

DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE

In accordo all'allegato III, reg.(CE) 305/2011



ID Documento: 4-2013



- Codice identificazione unico del prodotto -tipo **ANELTEC ROT**
- N. Lotto o commessa **Generale per lotti prodotti dal 1 Luglio 2013**
- Usò previsto **impiego in costruzioni abitative e non abitative, guarnizione per tubi destinati al convogliamento di acqua fredda, acque fognarie e di scarico.**
- Costruttore: **ANELTEC S.r.l** Stabilimento: **Via G.Ferraris, 11 - Cusago (MI)**
Sede: **Via Tagiura, 10 - 20146 Milano**
- Mandatario **Nessuno.**
- Sistema di attestazione e di verifica della costanza di prestazione **4**

Loggetto della dichiarazione, descritto sopra è conforme ai requisiti dei seguenti documenti

Regolamento (CE) n° 305/2011

UNI EN 681-1:2006 Elementi di tenuta in elastomero - Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua - Parte 1: Gomma vulcanizzata

- A questo scopo e in conformità a quanto previsto per il sistema di attestazione e di verifica della costanza di prestazione indicato al punto 6, ANELTEC (fabbricante) ha effettuato sia la determinazione del prodotto-tipo in base a prove di tipo e a una documentazione descrittiva del prodotto, che il controllo della produzione in fabbrica, rilasciando sotto la propria responsabilità relazioni di prova e certificato di costanza della prestazione.
- NA
- Prestazioni dichiarate:

Requisito	Caratteristica essenziale (colonna 1)	Metodo di prova richiesto	Valore riscontrato (colonna 2)	Documento tecnico di riferimento (colonna)	Specificazione tecnica armonizzata (3)	
Tolleranze dimensionali	Classe delle tolleranze	ISO 3302	E2	-	UNI EN 681-1:2006	
Tenuta: gas e liquido	Durezza	ISO 48	Classe 50	Rapporto di prova per Aneltec del 6-04-2010		
	Resistenza alla trazione e allungamento a rottura	ISO 37	Carico rottura			12,3 MPa
		Provinci tipo 1	Allungamento a rottura			650%
	Deformazione residua a compressione in aria	ISO 815	24h, 70°C			12,8%
			72h, 23°C			8,2
Durabilità	Variazione di volume in acqua	ISO 1817	72h, -10°C	30,2%		
				+4%		
	Invecchiamento accelerato in aria	ISO 37	Carico rottura	-4%		
			Allungam. a rottura	-5%		
	Invecchiamento ISO 188	ISO 48		+2,5%		
Rilassamento della forza a compressione	ISO 3384	7d, 23°C	11,4%			
		100d, 23°C	16,7%			
Resistenza all'ozono	ISO 1431-1		Nessuna screpolatura visibile a 7x			

- La prestazione del prodotto di cui ai punti 1 e 2 è conforme alla prestazione dichiarata di cui al punto 9. Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante di cui al punto 4.

Firma per nome e a conto di

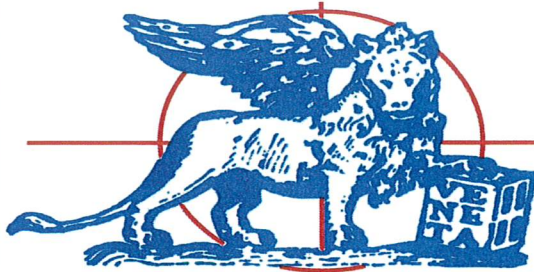
ANELTEC srl

Per il D.O.P. firmato fare richiesta via e-mail

Luogo **Milano, (MI)**

Data **1 Luglio 2013**

Roberto Baffè
Legale rappresentante
ANELTEC S.r.l.



MANUFATTI IN CEMENTO



VENETA
PREFABBRICATI SRL

WWW.VENETAPREFABBRICATI.IT - GENERAL INFO : INFO@VENETAPREFABBRICATI.IT

DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE

N. DOP 01 rif. 10/01/2017

1. Codice di identificazione unico del prodotto: **vedi catalogo**

2. Numero di tipo e serie che consente l'identificazione del prodotto da costruire:

TUBO IN CALCESTRUZZO A BICCHIERE A SEZIONE CIRCOLARE NON ARMATO, TUBO IN CALCESTRUZZO A BICCHIERE CON PIANO DI POSA NON ARMATO, NELLE DIMENSIONI DN 30, DN 40, DN 50, DN 60, DN 80, DN 100 E DN 120.

TUBI DI CUI SOPRA, CIRCOLARI, BASE PIANA E BASE PIANA ARMATI, SU ORDINAZIONE ANCHE FORATI.

3. Uso previsto per il prodotto da costruzione conformante alla specifica tecnica armonizzata, come previsto dal fabbricante:

TUBI PER IL CONVOGLIAMENTO DELLE ACQUE DI FOGNATURA, METEORICHE E SUPERFICIALI A GRAVITA' O OCCASIONALMENTE A BASSA PRESSIONE, IN CONDUTTURE GENERALMENTE INTERRATE UNI EN 1916 – UNI 11364

4. Nome del fabbricante: **VENETA PREFABBRICATI SRL**

S.S. ROMEA, 80

45010 ROSOLINA (RO)

5. Nome e indirizzo mandatario (art. 12,82): **non vi sono mandatarî**

6. Sistema di AVCP: **sistema 4**

7. Prestazioni dichiarate (vedi tabella "A" in calce al foglio)


8. Documentazione tecnica appropriata: relazione illustrativa e di calcolo (a richiesta su manufatti descritti al punto 1), requisiti soddisfatti richiamati nella scheda di prodotto tubi a bicchiere a sezione circolare e tubi a base piana armati e non.

9. La prestazione del prodotto di cui al punto 1 e 2 è conforme alla prestazione dichiarata al punto 6. Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante di cui al punto 4.

MANUFATTI IN CEMENTO
VENETA
PREFABBRICATI srl
Strada Naz. ROMEA, 80 - Tel. 0426-837027 - 45010 ROSOLINA (RO)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220298
Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CEIAA n. 74009

TABELLA "A", TABELLA DELLE CARATTERISTICHE ESSENZIALI DEL MANUFATTO

Caratteristiche essenziali	Prestazione	Specifica tecnica armonizzata
Dimensioni nominali	Vedasi scheda tecnica dei prodotti: TUBI IN CLS	UNI EN 1916:2004 "Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali" "Addendum nazionale UNI 11364:2010"
Resistenza alla compressione calcestruzzo	> 40 N/mm ²	
Assorbimento d'acqua	<4.50%	
Finitura	Fessurazioni > 0,15 mm assenti	
Tenuta all'acqua	Perdite o altri difetti visibili assenti	
Resistenza allo schiacciamento	Vedasi rapporti di prova allegati nelle schede tecniche. Secondo classi minime di resistenza 90-135-160	
Resistenza verticale elemento di chiusura	Ampiezza fessurazioni a carico rimosso →OK	
Altre proprietà	NPD	


MANUFATTI IN CEMENTO
VENETA
PREFABBRICATI srl
 Strada Naz. Roma, 80 - Tel. 0426.337027 - 48010 ROSOLINA (RO)
 Codice Fiscale e Partita IVA 00120220298
 Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CCIAA n. 74009

TUBI CIRCOLARI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO
PREFORMATI DI


DIAMETRO INTERNO cm 80
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 45 → 290 cm
SU SELLA DI CALCESTRUZZO ANGOLO $\geq 90^\circ$

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

La Ditta:

**VENETA**
PREFABBRICATI srl
C/da Naz. Roma, 80 - Tel. 0428.387027 - 45010 ROVERETO (MO)
Codice Fiscale e Partita IVA 00128220499
Trib. di Rovigo Reg. Sec. n. 2060 - CCIAA n. 74009

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS

Settembre 2006



DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 80 cm.
Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti :

- Diametro cm 80;
- Spessore minimo cm 9,00.
- Lunghezza elemento 200 cm.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali di 1^a Categoria ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo (cm)	Massimo (cm)
45	290

La trincea dovrà essere stretta con le seguenti caratteristiche

- Larghezza del piano d'appoggio ≤ 120 cm;
- Larghezza misurata all'estradosso del tubo ≤ 180 cm;

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- ❖ a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante.
- ❖ a sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn. complessive per strade di 1^a categoria;
- ❖ allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratorii utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alle dimensioni degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

MATERIALI

MANUFATTO

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,9	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk} = 0,70 * F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 * F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

SELLA D'APPOGGIO

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	200	(kg/cm ²)
----------------------------	-----	-----------------------

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$\Gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$$
$$\phi = 25^\circ$$

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a :

D.M. 14-09-2005 "Nuove norme tecniche per le Costruzioni"

Detto provvedimento, consente per il periodo di 18 mesi dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche cioè fino al 22/05/2007 la possibilità di applicare, in alternativa ai contenuti del medesimo Decreto, le normative precedenti. Si applicano queste ultime e cioè quanto di seguito citato.

- D.M. LL. PP. 16-01-96 e Circolare 4-07-1996 n° 156 AA/GG/STC del Ministero dei LL PP "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, le stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 12-12-85 del Ministero dei LL PP "Norme tecniche relative alle tubazioni e relative istruzioni".
- D.M. LL. PP. 04-05-90 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare di spessore costante che verrà appoggiato su un adeguato sella d'appoggio di cls gettato in sito eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- ◆ Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_t);
- ◆ Carichi verticali mobili rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonn; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Un asse da 20 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;
 - ⇒ Tre assi da 20 tonn;

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3m \rightarrow 1,30$
- per $0,30m \leq H \leq 0,6m \rightarrow 1,20$
- per $0,60m \leq H \leq 0,9m \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9m \rightarrow 1,00$

- ◆ Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3.D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} $C_{d-chiave}$

CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Sono state eseguite prove sperimentali di schiacciamento che hanno dato valori maggiori di quelli trovati teoricamente; a favore della stabilità si assume un carico di schiacciamento di calcolo inferiore al minimo valore riscontrato sia nel calcolo teorico che nelle prove di schiacciamento.

FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K.P_{fess}/P_{tot} > C_f$$

$$K.P_{coll}/P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_{tot} = P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

Combinazione b) $P_{tot} = P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

- 4. Terreno di riempimento P_t
- 5. Carico mobile M
- 6. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_{tot} = P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

Combinazione b) $P_{tot} = P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su pc sviluppato dallo studio dello scrivente professionista completamente affidabile ampiamente collaudato sulla base di controlli e riscontri passo passo.

1^a Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

A. Sezione Manufatto

- Diametro del tubo;
- Spessore del tubo.

B. Caratteristiche dei Materiali impiegati

- Calcestruzzo del manufatto preformato;
- Calcestruzzo per la sella d'appoggio;
- Acciaio;

Dati di Uscita:

- **Calcolo Sollecitazioni:**

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave alle reni ed alla base.

- **Carico di Schiacciamento:**

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2^a Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondono. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

- Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:
 - Terreno di riempimento;
 - Carico mobile;
 - Acqua interna alla tubazione

- Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

- Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL RIENTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su sella di cls gettato in sito che abbraccia un angolo non inferiore a 90°.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls con lo spessore minimo previsto ed appoggio uniforme del tubo per l'estensione dell'angolo di progetto;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati, da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine, fino a 30 sopra della tubazione;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

E' da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme; la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rincalzo;
- Riempimento;
- Copertura:

Il rincalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rincalzo dovrà avvenire con le, modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse cioè ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rincalzo verrà eseguito il riempimento il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolare cedimenti.

Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che ci sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo cioè in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse la tubo.

La sistemazione dello strato superficiale cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso siano garantite le condizioni d'appoggio di progetto, la penetrazione ed una accurata compattazione ai fianchi della tubazione.

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to be 'E. Centis', written over a circular blue professional stamp. The stamp contains the following text: 'ING. E. CENTIS N. 607' in the center, and 'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PADOVA' around the perimeter.

TABULATI DI CALCOLO

TUBI CIRCOLARI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO
PREFORMATI DI


DIAMETRO INTERNO cm 80
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 45 → 290 cm
SU SELLA DI CALCESTRUZZO ANGOLO $\geq 90^\circ$

- ⇒ - Calcolo del Carico di Schiacciamento teorico
- ⇒ - Calcolo delle azioni
- ⇒ - Calcolo delle sollecitazioni
- ⇒ - Verifica delle sezioni

La Ditta:

**ALBERGHI & CEMENTO**
VERENA
PREFABBRICATI srl
C. Ind. Naz. Roma, 80 - Tel. 0425.397027 - 45010 RIVIGNANO (PD)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220303
T.rib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CCIAA n. 74089


Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS



Settembre 2006

TUBI CIRCOLARI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO
CALCOLO DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO PER SOLO CONGLOMERATO

LAVORO DIAMETRO ϕ 80 cm
 VENETA
DITTA PREFABBRICATI s.r.l.
 Strada Naz. Romea, 67
 45010 ROSOLINA (Rovigo)
PROGETTO Ricoprimento 45 → 290 cm

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 26/09/2006

DATI D'INGRESSO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Diametro	80 (cm)
Spessore in chiave	9,00 (cm)
Spessore alle reni	9,00 (cm)
Spessore alla base	9,00 (cm)
Larghezza di base	

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400 (kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO	
a) COMPRESSIONE	
$\gamma_{m,c}$	1,90
γ_r	0,9
f_{cd}	234 (kg/cm ²)
b) TRAZIONE	
$F_{ctm} \geq$	31,49 (kg/cm ²)
$F_{ctk} = 0,70 * F_{ctkm} \geq$	22,04 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	15,31 (kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE	
$F_{ctm f-t} \geq$	37,78 (kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 * F_{ctm f-t} \geq$	26,45 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	18,37 (kg/cm ²)

COEFFICIENTE TECNOLGICO

C_t 1,15

COEFFICIENTI DIMENSIONALI

$C_{d-chiave}$ 0,90
 C_{d-reni} 0,90
 $C_{d-chiave}$ 0,90

DATI D'USCITA

CALCOLO del CARICO di SCHIACCIAMENTO del solo CONGLOMERATO


Rottura del cls in zona tesa

$M_{rott-Chiave}$ 1270,20 (kg·m/m)
 $M_{rott-Reni}$ 1270,20 (kg·m/m)
 $M_{rott-Base}$ 1270,20 (kg·m/m)

 $P_{rott-Chiave}$ 9178 (kg/m)
 $P_{rott-Reni}$ 16405 (kg/m)
 $P_{rott-Base}$ 15023 (kg/m)

CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS	9178 (kg/m)
---	--------------------

VERIFICA DI TUBI CIRCOLARI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO INTERRATI
PER FOGNATURE URBANE SOTTOSTANTI A SEDI STRADALI
CALCOLO con la teoria dei carichi ovalizzanti

LAVORO **DIAMETRO ϕ 80 cm**
 **VENETA**
PREFABBRICATI s.r.l.
DITTA **Strada Naz. Romea, 87**
35010 ROSOLINA (Rovigo)

PROGETTO Ricoprimento 45 → 290 cm

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 26/09/2006

DATI D'INGRESSO

CARICO di fessurazione di calcolo 7500 (kg/m)

CARICO di collasso di calcolo 7500 (kg/m)

AZIONI

⇒Peso proprio

⇒Peso del terreno di riempimento

 Caratteristiche medie del terreno di riempimento Argilloso normale

 - Peso specifico 1800 (kg/m³)

 - Angolo d'attrito interno 25 (°)

 - Coefficiente di spinta attiva 0,41

 - Angolo d'attrito terreno naturale-terreno di riempimento 16,67 (°)

⇒Carico mobile per strade di 1 Categoria

 MEZZO CONVENZIONALE A 3 ASSI DA 60 TONN

 - Angolo di ripartizione carico 45 (°)

⇒Peso acqua interna

COEFFICIENTE DI POSA

 Appoggio su sella in cls a 90° al di sotto della base di spessore ≥ 20 (cm)

Coefficiente adottato 1,70

INTERRAMENTO

 Ricoprimento minimo 0,45 (m)

 Ricoprimento massimo 2,90 (m)

VERIFICA A FESSURAZIONE ed A COLLASSO

CASO RICOPRIMENTO minimo

- Ricoprimento tubazione	0,45 (m)
- Larghezza trincea fondo scavo	1,20 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice superiore del tubo	1,80 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,29 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,29 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4712 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	2,79 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,29 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4358 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	4,29 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,29 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4251 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,29 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,29 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	6009 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	6009 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	1,29 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,29 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1081 (kg/m)
2 Carico mobile M	6418 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	509 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1081 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	6418 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	254 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7754 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,64

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1081 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	3209 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	509 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 4799 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 2,66

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1081 (kg/m)
2 Carico mobile M	6418 (kg/m)
3 Carico acqua interna Ac	509 (kg/m)
γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70
Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + Ac \times \psi$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1514 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	9627 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \psi$	356 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>11497 (kg/m)</u>
Sicurezza a Collasso	1,11
Verifica soddisfatta	
Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + Ac \times \gamma_Q$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1514 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	4493 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \gamma_Q$	763 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>6770 (kg/m)</u>
Sicurezza a Collasso	1,88
Verifica soddisfatta	

CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	2,90 (m)
- Larghezza trincea quota strada	13,80 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice superiore del tubo	6,10 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	,
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	6,19 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	8,19 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	395 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	7,69 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	8,19 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	635 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	9,19 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	8,19 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	797 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	6,19 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	6,19 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	261 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	797 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	9,19 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	8,19 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	6969 (kg/m)
2 Carico mobile M	709 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	509 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	6969 (kg/m)
2 Carico mobile $M \gamma_Q$	709 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \psi$	254 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7933 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,61

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	6969 (kg/m)
2 Carico mobile $M \psi$	355 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \gamma_Q$	509 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7832 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,63

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	6969 (kg/m)
2 Carico mobile M	709 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	509 (kg/m)
γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70
Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	9756 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	1064 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	356 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	11177 (kg/m)
Sicurezza a Collasso	1,14

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	9756 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	497 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	763 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	11016 (kg/m)
Sicurezza a Collasso	1,16

Verifica soddisfatta

TUBI CIRCOLARI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO
PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 100
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 45 → 280 cm
SU SELLA DI CALCESTRUZZO ANGOLO $\geq 90^\circ$

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

La Ditta:

 **MANUFATTI IN CEMENTO**
VENETA
PREFABBRICATI srl
Strada Naz. Romea, 80 - Tel. 0426.337027 - 45010 ROSOLINA (RO)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220298
di Rovigo Reg. Sez. n. 2080 - CCIAA n. 74009

Il Consulente:

ing. ENNIO GENTIS

Settembre 2006



DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 100 cm.
Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti :

Diametro cm 100;

Spessore minimo cm 11,00.

Lunghezza elemento 200 cm.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali di 1^a Categoria ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo	Massimo
(cm)	(cm)
45	280

La trincea dovrà essere stretta con le seguenti caratteristiche

- Larghezza del piano d'appoggio ≤ 140 cm;
- Larghezza misurata all'estradosso del tubo ≤ 200 cm;

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- ❖ a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno soprastante.
- ❖ a sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn. complessive per strade di 1^a categoria;
- ❖ allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratorii utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alle dimensioni degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

MATERIALI

MANUFATTO

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,9	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk}=0,70 \cdot F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 \cdot F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

SELLA D'APPOGGIO

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	200	(kg/cm ²)
----------------------------	-----	-----------------------

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$\Gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$\phi = 25^\circ$$

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a :

D.M. 14-09-2005 "Nuove norme tecniche per le Costruzioni"
Detto provvedimento, consente per il periodo di 18 mesi dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche cioè fino al 22/05/2007 la possibilità di applicare, in alternativa ai contenuti del medesimo Decreto, le normative precedenti. Si applicano queste ultime e cioè quanto di seguito citato.

- D.M. LL. PP. 16-01-96 e Circolare 4-07-1996 n° 156 AA/GG/STC del Ministero dei LL PP "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, le stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 12-12-85 del Ministero dei LL PP "Norme tecniche relative alle tubazioni e relative istruzioni".
- D.M. LL. PP. 04-05-90 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare di spessore costante che verrà appoggiato su un adeguato sella d'appoggio di cls gettato in sito eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- ◆ Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_t);
- ◆ Carichi verticali mobili rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonn; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Un asse da 20 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;
 - ⇒ Tre assi da 20 tonn;.

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3m \rightarrow 1,30$
- per $0,30m \leq H \leq 0,6m \rightarrow 1,20$
- per $0,60m \leq H \leq 0,9m \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9m \rightarrow 1,00$

- ◆ Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3.D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} $C_{d-chiave}$

CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Sono state eseguite prove sperimentali di schiacciamento che hanno dato valori maggiori di quelli trovati teoricamente; a favore della stabilità si assume un carico di schiacciamento di calcolo inferiore al minimo valore riscontrato sia nel calcolo teorico che nelle prove di schiacciamento.

FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K.P_{fess}/P_{tot} > C_f$$

$$K.P_{coll}/P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

$$\text{Combinazione a) } P_{tot} = P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

$$\text{Combinazione b) } P_{tot} = P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

- 4. Terreno di riempimento P_t
- 5. Carico mobile M
- 6. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_{tot} = P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

Combinazione b) $P_{tot} = P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su pc sviluppato dallo studio dello scrivente professionista completamente affidabile ampiamente collaudato sulla base di controlli e riscontri passo passo.

1^a Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

A. Sezione Manufatto

- Diametro del tubo;
- Spessore del tubo.

B. Caratteristiche dei Materiali impiegati

- Calcestruzzo del manufatto preformato;
- Calcestruzzo per la sella d'appoggio;
- Acciaio;

Dati di Uscita:

□ Calcolo Sollecitazioni:

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave alle reni ed alla base.

□ Carico di Schiacciamento:

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2^a Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondono. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

- Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:
 - Terreno di riempimento;
 - Carico mobile;
 - Acqua interna alla tubazione

- Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

- Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL REINTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su sella di cls gettato in sito che abbraccia un angolo non inferiore a 90°.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls con lo spessore minimo previsto ed appoggio uniforme del tubo per l'estensione dell'angolo di progetto;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati, da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine, fino a 30 sopra della tubazione;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

E' da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme; la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rincalzo;
- Riempimento;
- Copertura:

Il rincalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rincalzo dovrà avvenire con le modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse cioè ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rincalzo verrà eseguito il riempimento il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolare cedimenti.

Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che ci sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo cioè in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse la tubo.

La sistemazione dello strato superficiale cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso siano garantite le condizioni d'appoggio di progetto, la penetrazione ed una accurata compattazione ai fianchi della tubazione.

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'E' followed by a series of loops and a final flourish.



TABULATI DI CALCOLO

TUBI CIRCOLARI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO
PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 100
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 45 → 280 cm
SU SELLA DI CALCESTRUZZO ANGOLO $\geq 90^\circ$

- ⇒ - Calcolo del Carico di Schiacciamento teorico
- ⇒ - Calcolo delle azioni
- ⇒ - Calcolo delle sollecitazioni
- ⇒ - Verifica delle sezioni

La Ditta:

 **MANUFATTI IN CEMENTO**
VENETA
PREFABBRICATI srl
Strada Naz. Romea, 80 - Tel. 0426.337027 - 45010 ROSOLINA (RO)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220296
Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2088 - CCIAA n. 74008

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS



Settembre 2006

TUBI CIRCOLARI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO
CALCOLO DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO PER SOLO CONGLOMERATO

LAVORO DIAMETRO ϕ 100 cm

DITTA

PROGETTO Ricoprimento 45 → 280 cm

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 25/09/2006

DATI D'INGRESSO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Diametro	100 (cm)
Spessore in chiave	11,00 (cm)
Spessore alle reni	11,00 (cm)
Spessore alla base	11,00 (cm)
Larghezza di base	

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$ 400 (kg/cm²)

RESISTENZE DI CALCOLO

a) COMPRESSIONE

$\gamma_{m,c}$	1,90
γ_r	0,9
f_{cd}	234 (kg/cm ²)

b) TRAZIONE

$F_{ctm} \geq$	31,49 (kg/cm ²)
$F_{ctk} = 0,70 * F_{ctkm} \geq$	22,04 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	15,31 (kg/cm ²)

c) FLESSO-TRAZIONE

$F_{ctm f-t} \geq$	37,78 (kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 * F_{ctm f-t} \geq$	26,45 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	18,37 (kg/cm ²)

COEFFICIENTE TECNOLGICO

C_t 1,15

COEFFICIENTI DIMENSIONALI

$C_{d-chiave}$ 0,86
 C_{d-reni} 0,86
 $C_{d-chiave}$ 0,86

DATI D'USCITA

CALCOLO del CARICO di SCHIACCIAMENTO del solo CONGLOMERATO

Rottura del cls in zona tesa

$M_{rott-Chiave}$ 1808,77 (kg·m/m)
 $M_{rott-Reni}$ 1808,77 (kg·m/m)
 $M_{rott-Base}$ 1808,77 (kg·m/m)

 $P_{rott-Chiave}$ 10479 (kg/m)
 $P_{rott-Reni}$ 18730 (kg/m)
 $P_{rott-Base}$ 17153 (kg/m)

CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS	10479 (kg/m)
---	---------------------

VERIFICA DI TUBI CIRCOLARI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO INTERRATI
PER FOGNATURE URBANE SOTTOSTANTI A SEDI STRADALI
CALCOLO con la teoria dei carichi ovalizzanti

LAVORO DIAMETRO ϕ 100 cm

DITTA

PROGETTO Ricoprimento 45 → 280 cm

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 25/09/2006

DATI D'INGRESSO

CARICO di fessurazione di calcolo	8500 (kg/m)
CARICO di collasso di calcolo	8500 (kg/m)
AZIONI	
⇒Peso proprio	
⇒Peso del terreno di riempimento	
Caratteristiche medie del terreno di riempimento	Argilloso normale
- Peso specifico	1800 (kg/m ³)
- Angolo d'attrito interno	25 (°)
- Coefficiente di spinta attiva	0,41
- Angolo d'attrito terreno naturale-terreno di riempimento	16,67 (°)
⇒Carico mobile per strade di	1 Categoria
MEZZO CONVENZIONALE A 3 ASSI DA 60 TONN	
- Angolo di ripartizione carico	45 (°)
⇒Peso acqua interna	
COEFFICIENTE DI POSA	
Appoggio su sella in cls a 90° al di sotto della base di spessore \geq	20 (cm)
Coefficiente adottato	1,70
INTERRAMENTO	
Ricoprimento minimo	0,45 (m)
Ricoprimento massimo	2,80 (m)

VERIFICA A FESSURAZIONE ed A COLLASSO

CASO RICOPRIMENTO minimo

- Ricoprimento tubazione	0,45 (m)
- Larghezza trincea fondo scavo	1,40 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice superiore del tubo	2,00 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,31 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,31 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4612 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	2,81 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,31 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4301 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	4,31 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,31 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4206 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,31 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,31 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	5827 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	5827 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	1,31 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,31 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1349 (kg/m)
2 Carico mobile M	7762 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	795 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1349 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	7762 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	398 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 9508 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,52

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1349 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	3881 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	795 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 6025 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 2,40

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1349 (kg/m)
2 Carico mobile M	7762 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	795 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	1888 (kg/m)
2 Carico mobile $M \gamma_Q$	11643 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \psi$	557 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>14087 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,03

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	1888 (kg/m)
2 Carico mobile $M \psi$	5433 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \gamma_Q$	1193 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>8514 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,70

Verifica soddisfatta

CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	2,80 (m)
- Larghezza trincea quota strada	13,80 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice superiore del tubo	6,10 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	6,01 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	8,01 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	415 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	7,51 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	8,01 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	665 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	9,01 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	8,01 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	831 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	6,01 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	6,01 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	277 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	831 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	9,01 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	8,01 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	8392 (kg/m)
2 Carico mobile M	923 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	795 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	8392 (kg/m)
2 Carico mobile $M \gamma_Q$	923 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \psi$	398 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 9712 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,49

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	8392 (kg/m)
2 Carico mobile $M \psi$	461 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \gamma_Q$	795 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 9648 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,50

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	8392 (kg/m)
2 Carico mobile M	923 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	795 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	11748 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	1384 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	557 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>13689 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,06

Verifica soddisfatta

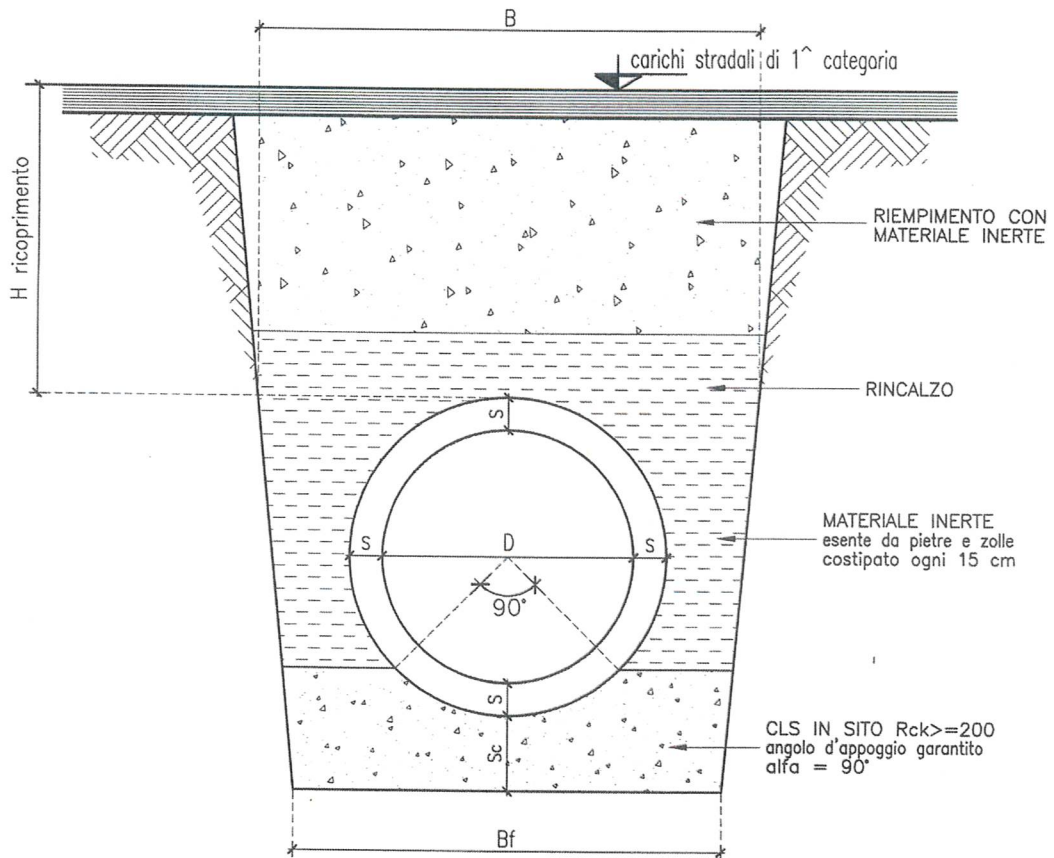
Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	11748 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	646 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	1193 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>13587 (kg/m)</u>

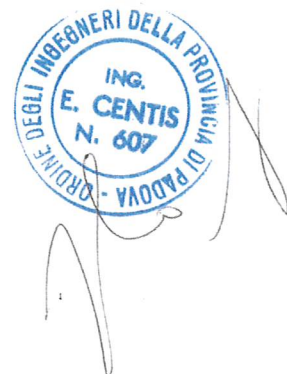
Sicurezza a Collasso 1,06

Verifica soddisfatta

SCHEMA DI POSA IN OPERA DI TUBI CIRCOLARI IN CLS



CARATTERISTICHE E CONDIZIONI DI POSA	
D	100 cm
S	11 cm
Sc	≥ 20 cm
B	$\leq 2,00$ m
Bf	circa 1,40 m
H	0,45 --- \rightarrow 2,80 m
CLS	$R_{ck} \geq 400$



Data: Settembre 2006

TUBI CIRCOLARI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO
PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 120
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 45 → 270 cm
SU SELLA DI CALCESTRUZZO ANGOLO $\geq 90^\circ$

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

La Ditta:

 **VENETA**
PREFABBRICATI srl
Via Naz. Romaz. 00 - Tel. 0429.387027 - 45610 ROVERETO (UD)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220200
Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CCIAA n. 74889

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS




Settembre 2006

DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 120 cm.
Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti :

Diametro cm 120;

Spessore minimo cm 13,00.

Lunghezza elemento 200 cm.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali di 1^a Categoria ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo	Massimo
(cm)	(cm)
45	270

La trincea dovrà essere stretta con le seguenti caratteristiche

- Larghezza del piano d'appoggio ≤ 160 cm;
- Larghezza misurata all'estradosso del tubo ≤ 220 cm;

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- ❖ a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno soprastante.
- ❖ a sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn. complessive per strade di 1^a categoria;
- ❖ allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratorii utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alle dimensioni degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

MATERIALI

MANUFATTO

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,9	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk} = 0,70 * F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 * F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

SELLA D'APPOGGIO

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	200	(kg/cm ²)
----------------------------	-----	-----------------------

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$\Gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$\phi = 25^\circ$$

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a :

D.M. 14-09-2005 "Nuove norme tecniche per le Costruzioni"
Detto provvedimento, consente per il periodo di 18 mesi dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche cioè fino al 22/05/2007 la possibilità di applicare, in alternativa ai contenuti del medesimo Decreto, le normative precedenti. Si applicano queste ultime e cioè quanto di seguito citato.

- D.M. LL. PP. 16-01-96 e Circolare 4-07-1996 n° 156 AA/GG/STC del Ministero dei LL PP "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 12-12-85 del Ministero dei LL PP "Norme tecniche relative alle tubazioni e relative istruzioni".
- D.M. LL. PP. 04-05-90 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare di spessore costante che verrà appoggiato su un adeguato sella d'appoggio di cls gettato in sito eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- ◆ Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_t);
- ◆ Carichi verticali mobili rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonn; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Un asse da 20 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;
 - ⇒ Tre assi da 20 tonn;.

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3m \rightarrow 1,30$
- per $0,30m \leq H \leq 0,6m \rightarrow 1,20$
- per $0,60m \leq H \leq 0,9m \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9m \rightarrow 1,00$

- ◆ Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3.D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} $C_{d-chiave}$

CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Sono state eseguite prove sperimentali di schiacciamento che hanno dato valori maggiori di quelli trovati teoricamente; a favore della stabilità si assume un carico di schiacciamento di calcolo inferiore al minimo valore riscontrato sia nel calcolo teorico che nelle prove di schiacciamento.

FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K \cdot P_{fess} / P_{tot} > C_f$$

$$K \cdot P_{coll} / P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_{tot} = P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

Combinazione b) $P_{tot} = P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

- 4. Terreno di riempimento P_t
- 5. Carico mobile M
- 6. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_{tot} = P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

Combinazione b) $P_{tot} = P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su pc sviluppato dallo studio dello scrivente professionista completamente affidabile ampiamente collaudato sulla base di controlli e riscontri passo passo.

1^a Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

A. Sezione Manufatto

- Diametro del tubo;
- Spessore del tubo.

B. Caratteristiche dei Materiali impiegati

- Calcestruzzo del manufatto preformato;
- Calcestruzzo per la sella d'appoggio;
- Acciaio;

Dati di Uscita:

- Calcolo Sollecitazioni:

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave alle reni ed alla base.

- Carico di Schiacciamento:

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2^a Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondono. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

□ Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:

- Terreno di riempimento;
- Carico mobile;
- Acqua interna alla tubazione

□ Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

□ Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL REINTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su sella di cls gettato in sito che abbraccia un angolo non inferiore a 90°.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls con lo spessore minimo previsto ed appoggio uniforme del tubo per l'estensione dell'angolo di progetto;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati, da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine, fino a 30 sopra della tubazione;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

E' da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme; la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rincalzo;
- Riempimento;
- Copertura:

Il rincalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rincalzo dovrà avvenire con le, modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse cioè ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rincalzo verrà eseguito il riempimento il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolare cedimenti.

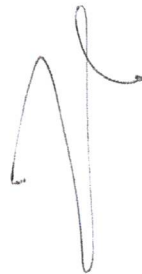
Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che ci sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo cioè in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse la tubo.

La sistemazione dello strato superficiale cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso siano garantite le condizioni d'appoggio di progetto, la penetrazione ed una accurata compattazione ai fianchi della tubazione.

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



COEFFICIENTE TECNOLGICO

C_t 1,15

COEFFICIENTI DIMENSIONALI

$C_{d-chiave}$ 0,82
 C_{d-reni} 0,82
 $C_{d-chiave}$ 0,82

DATI D'USCITA

CALCOLO del CARICO di SCHIACCIAMENTO del solo CONGLOMERATO

Rottura del cls in zona tesa

$M_{rott-Chiave}$	2417,29 (kg·m/m)
$M_{rott-Reni}$	2417,29 (kg·m/m)
$M_{rott-Base}$	2417,29 (kg·m/m)
$P_{rott-Chiave}$	11688 (kg/m)
$P_{rott-Reni}$	20891 (kg/m)
$P_{rott-Base}$	19132 (kg/m)

CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS	11688 (kg/m)
---	---------------------

VERIFICA A FESSURAZIONE ed A COLLASSO

CASO RICOPRIMENTO minimo

- Ricoprimento tubazione	0,45 (m)
- Larghezza trincea fondo scavo	1,60 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice superiore del tubo	2,20 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,33 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,33 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4516 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	2,83 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,33 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4245 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	4,33 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,33 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4161 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,33 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,33 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	5653 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	5653 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	1,33 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,33 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1616 (kg/m)
2 Carico mobile M	9023 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	1145 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	1616 (kg/m)
2 Carico mobile $M \gamma_Q$	9023 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \psi$	573 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 11211 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,52

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	1616 (kg/m)
2 Carico mobile $M \psi$	4511 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \gamma_Q$	1145 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7272 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 2,34

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1616 (kg/m)
2 Carico mobile M	9023 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	1145 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	2262 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	13534 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	802 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 16598 (kg/m)

Sicurezza a Collasso 1,02

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	2262 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	6316 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	1718 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 10296 (kg/m)

Sicurezza a Collasso 1,65

Verifica soddisfatta

CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	2,70 (m)
- Larghezza trincea quota strada	13,80 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice superiore del tubo	6,10 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	5,83 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,83 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	438 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	7,33 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,83 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	697 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	8,83 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,83 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	868 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	5,83 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	5,83 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	294 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	868 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	8,83 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,83 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	9696 (kg/m)
2 Carico mobile M	1154 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	1145 (kg/m)
γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50
Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	9696 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	1154 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	573 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	11422 (kg/m)
Sicurezza a fessurazione	1,49

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	9696 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	577 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	1145 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	11418 (kg/m)
Sicurezza a fessurazione	1,49

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	9696 (kg/m)
2 Carico mobile M	1154 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	1145 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	13574 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	1731 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	802 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>16107 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,06

Verifica soddisfatta

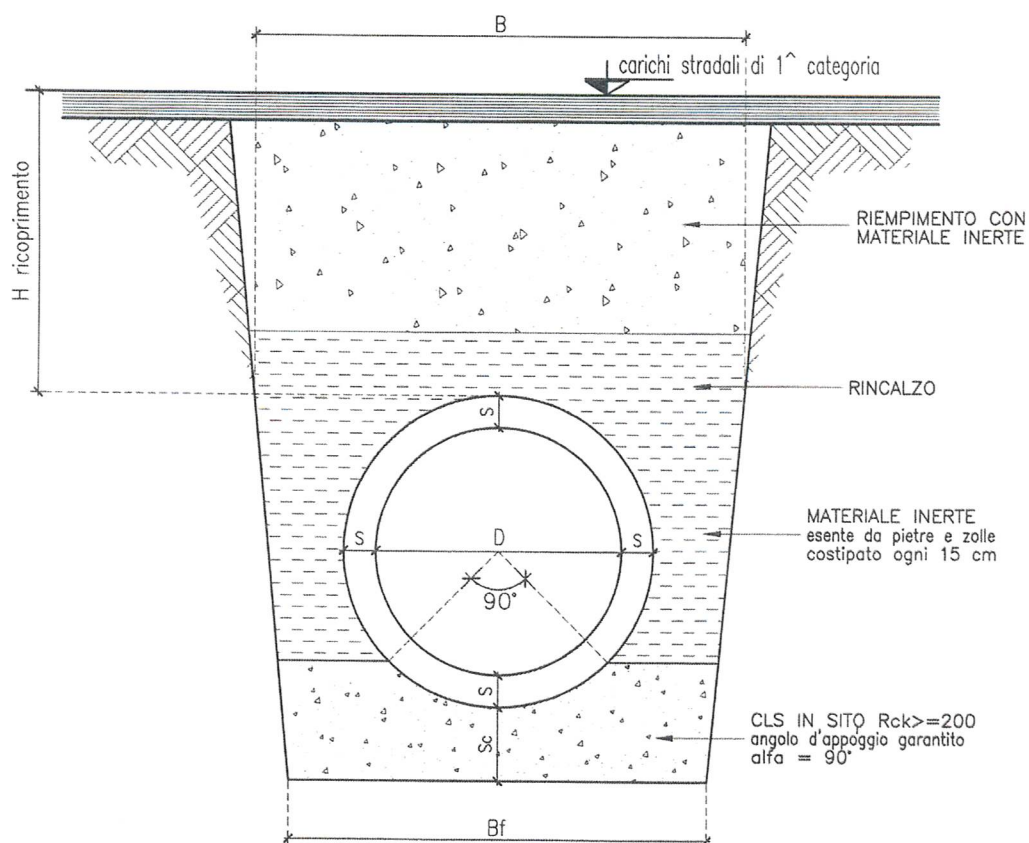
Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	13574 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	808 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	1718 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>16100 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,06

Verifica soddisfatta

SCHEMA DI POSA IN OPERA DI TUBI CIRCOLARI IN CLS



CARATTERISTICHE E CONDIZIONI DI POSA	
D	120 cm
S	13 cm
Sc	≥ 20 cm
B	$\leq 2,20$ m
Bf	circa 1,60 m
H	0,45 --- $> 2,70$ m
CLS	$R_{ck} \geq 400$

Data: Settembre 2006





TUBO D. 50 A BICCHIERE DA 2 ML

CARATTERISTICHE GENERALI

DIAMETRO NOMINALE	PESO TUBO	LUNGHEZZA INTERNA/UTILE	SPESSORE
DN 500 cm	7,80 Q.LI	210 cm. / Utile 200 cm	6,8 cm

CARATTERISTICHE TECNICHE (UNI EN 1916)

CARICO DI COLLASSO	PESO SUPPORTI/CARICO	CARICO EFFETTIVO	CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS
181 P	P= 0,42 KN	92,6 KN/m	/

RICOPRIMENTI

MINIMO	MASSIMO	MATERIALE REINTERRO	PIANO D'APPOGGIO	RELAZIONE DI CALCOLO
55 cm	200 cm	Ghiaia natura, frantumato, riciclato secco	Sabbia fina o magrone	Su richiesta

AL DI FUORI DELLE SUDETTE MISURE LE TUBAZIONI NECESSITANO DI RINFIANCHI IN CALESTRUZZO.

Tubo a sezione circolare con giunto a bicchiere in conglomerato cementizio non armato, di diametro interno cm 50, da porsi in opera orizzontalmente interrati.

Il foro centrale superiore è eseguito solo su richiesta.



TUBO D. 30 A BICCHIERE DA 2 ML

CARATTERISTICHE GENERALI

DIAMETRO NOMINALE	PESO TUBO	LUNGHEZZA INTERNA/UTILE	SPESSORE
DN 300 cm	3,60 Q.LI	210 cm. / Utile 200 cm	6 cm

CARATTERISTICHE TECNICHE (UNI EN 1916)

CARICO DI COLLASSO	PESO SUPPORTI/CARICO	CARICO EFFETTIVO	CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS
160,9 P	P= 0,42 KN	82,3 KN/m	/

RICOPRIMENTI

MINIMO	MASSIMO	MATERIALE REINTERRO	PIANO D'APPOGGIO	RELAZIONE DI CALCOLO
55 cm	330 cm	Ghiaia natura, frantumato, riciclato secco	Sabbia fina o magrone	Su richiesta

AL DI FUORI DELLE SUDETTE MISURE LE TUBAZIONI NECESSITANO DI RINFIANCHI IN CALESTRUZZO.

Tubo a sezione circolare con giunto a bicchiere in conglomerato cementizio non armato, di diametro interno cm 30, da porsi in opera orizzontalmente interrati.

Il foro centrale superiore è eseguito solo su richiesta.



TUBO D. 40 A BICCHIERE DA 2 ML

CARATTERISTICHE GENERALI

DIAMETRO NOMINALE	PESO TUBO	LUNGHEZZA INTERNA/UTILE	SPESSORE
DN 400 cm	4.80 Q.LI	210 cm. / Utile 200 cm	6 cm

CARATTERISTICHE TECNICHE (UNI EN 1916)

CARICO DI COLLASSO	PESO SUPPORTI/CARICO	CARICO EFFETTIVO	CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS
160,9 P	P= 0,42 KN	82,3 KN/m	/

RICOPRIMENTI

MINIMO	MASSIMO	MATERIALE REINTERRO	PIANO D'APPOGGIO	RELAZIONE DI CALCOLO
55 cm	330 cm	Ghiaia natura, frantumato, riciclato secco	Sabbia fina o magrone	Su richiesta

AL DI FUORI DELLE SUDDETTE MISURE LE TUBAZIONI NECESSITANO DI RINFIANCHI IN CALESTRUZZO.

Tubo a sezione circolare con giunto a bicchiere in conglomerato cementizio non armato, di diametro interno cm 40, da porsi in opera orizzontalmente interrati.

Il foro centrale superiore è eseguito solo su richiesta.



TUBO D. 60 A BICCHIERE DA 2 ML

CARATTERISTICHE GENERALI

DIAMETRO NOMINALE	PESO TUBO	LUNGHEZZA INTERNA/UTILE	SPESSORE
DN 600 cm	9,65 Q.LI	210 cm. / Utile 200 cm	8 cm

CARATTERISTICHE TECNICHE (UNI EN 1916)

CARICO DI COLLASSO	PESO SUPPORTI/CARICO	CARICO EFFETTIVO	CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS
140,8 P	P= 0,42 KN	72 KN/m	/

RICOPRIMENTI

MINIMO	MASSIMO	MATERIALE REINTERRO	PIANO D'APPOGGIO	RELAZIONE DI CALCOLO
55 cm	200 cm	Ghiaia natura, frantumato, riciclato secco	Sabbia fina o magrone	Su richiesta

AL DI FUORI DELLE SUDETTE MISURE LE TUBAZIONI NECESSITANO DI RINFIANCHI IN CALESTRUZZO.

Tubo a sezione circolare con giunto a bicchiere in conglomerato cementizio non armato, di diametro interno cm 60, da porsi in opera orizzontalmente interrati.

Il foro centrale superiore è eseguito solo su richiesta.

DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE

In accordo all'allegato III, reg.(CE) 305/2011



ID Documento: 4-2013



1. Codice identificazione unico del prodotto -tipo **ANELTEC ROT**
2. N. Lotto o commessa **Generale per lotti prodotti dal 1 Luglio 2013**
3. Uso previsto **impiego in costruzioni abitative e non abitative, guarnizione per tubi destinati al convogliamento di acqua fredda, acque fognarie e di scarico.**
4. Costruttore: **ANELTEC S.r.l** **Stabilimento: Via G.Ferraris, 11 - Cusago (MI)**
Sede: Via Tagiura, 10 - 20146 Milano
5. Mandatario **Nessuno.**
6. Sistema di attestazione e di verifica della costanza di prestazione **4**

Loggetto della dichiarazione, descritto sopra è conforme ai requisiti dei seguenti documenti

Regolamento (CE) n° 305/2011

UNI EN 681-1:2006 Elementi di tenuta in elastomero - Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua - Parte 1: Gomma vulcanizzata

7. A questo scopo e in conformità a quanto previsto per il sistema di attestazione e di verifica della costanza di prestazione indicato al punto 6, ANELTEC (fabbricante) ha effettuato sia la determinazione del prodotto-tipo in base a prove di tipo e a una documentazione descrittiva del prodotto, che il controllo della produzione in fabbrica, rilasciando sotto la propria responsabilità relazioni di prova e certificato di costanza della prestazione.
8. NA
9. Prestazioni dichiarate:

Requisito	Caratteristica essenziale (colonna 1)	Metodo di prova richiesto	Valore riscontrato (colonna 2)	Documento tecnico di riferimento (colonna)	Specificia tecnica armonizzata (3)	
Tolleranze dimensionali	Classe delle tolleranze	ISO 3302	E2	-	UNI EN 681-1:2006	
Tenuta: gas e liquido	Durezza	ISO 48	Classe 50	Rapporto di prova per Aneltec del 6-04-2010		
	Resistenza alla trazione e allungamento a rottura	ISO 37	Carico rottura			12,3 MPa
		Provinci tipo 1	Allungamento a rottura			650%
	Deformazione residua a compressione in aria	ISO 815	24h, 70°C			12,8%
			72h, 23°C			8,2
		72h, -10°C	30,2%			
	Variazione di volume in acqua	ISO 1817	+4%			
Durabilità	Invecchiamento accelerato in aria	ISO 37	Carico rottura	-4%		
			Allungam. a rottura	-5%		
	Invecchiamento ISO 188	ISO 48	+2,5%	CERISIE, RP n.642/2008		
	Rilassamento della forza a compressione	ISO 3384	7d,23°C		11,4%	
			100d,23°C		16,7%	
Resistenza all'ozono	ISO 1431-1	Nessuna screpolatura visibile a 7x				

10. La prestazione del prodotto di cui ai punti 1 e 2 è conforme alla prestazione dichiarata di cui al punto 9. Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante di cui al punto 4.

Firma per nome e a conto di

ANELTEC srl

Per il D.O.P. firmato fare richiesta via e-mail

Luogo **Milano, (MI)**

Data **1 Luglio 2013**

Roberto Baffè
Legale rappresentante
ANELTEC S.r.l.

DICHIARAZIONE di PRESTAZIONE (DoP)

Anno 2020



- Codice di identificazione unico del prodotto-tipo:**
TBP (TUBI BASE PIANA) Lunghezza 2,00 mt
- Numero di tipo, lotto, serie o qualsiasi altro elemento che consenta l'identificazione del prodotto da costruzione ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 4:**
TBP-10
- Uso o usi previsti del prodotto da costruzione, conformemente alla relativa specifica tecnica armonizzata, come previsto dal fabbricante:**
*UNI-EN 1916: Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali.
L'impiego principale previsto è il convogliamento delle acque di fognatura, di acque meteoriche e acque superficiali a gravità non in pressione, in condutture generalmente interrate.*
- Se opportuno, nome e indirizzo del mandatario il cui mandato copre i compiti di cui all'articolo 12, paragrafo 2:**
Non applicabile
- Sistema o sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto da costruzione di cui allegato V:**
Sistema 4
- Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione che rientra nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata:**
Non applicabile
- Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione per il quale è stata rilasciata una valutazione tecnica europea:**
Non applicabile
- Prestazione dichiarata:**

Caratteristiche Essenziali	Prestazione	Specifica Tecnica Armonizzata
Resistenza a compressione	$R_{cK} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	UNI EN 1916:2004
Resistenza a schiacciamento	Classe di resistenza $110 \geq 110,0 \text{ Kn/m}$	UNI EN 1916:2004
Tenuta all'acqua	0,5 bar	UNI EN 1916:2004
Durabilità	XA1	UNI 11104
Rapporto acqua/cemento	$a/c \leq 0,50$	UNI 11104

- La prestazione del prodotto di cui ai punti 1 e 2 è conforme alla prestazione dichiarata di cui al punto 9.
Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione esclusiva del fabbricante di cui al punto 4.**

Firmato a nome e per conto di:



TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 80
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 45 → 270 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

 **MANUFATTI IN CEMENTO**
VENETA
PREFABBRICATI srl
Strada Naz. Romea, 80 - Tel. 0426.337027 - 45010 ROSOLIMA (RO)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220298
Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CCIAA n. 74009

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



Agosto 2006

DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 80 cm.
Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti :

Diametro cm 80;
Spessore in chiave cm 10,50;
Spessore alle reni cm 9,00;
Spessore alla base cm 14,50;
Larghezza di base cm 55,00;
Lunghezza elemento 200 cm.

Poiché lo stampo risulta conico a favore della stabilità si è assunto lo spessore minimo in chiave, alle reni, alla base e della larghezza di base; la lunghezza assunta è quella nominale.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali di 1^a Categoria ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo	Massimo
(cm)	(cm)
45	270.

La trincea dovrà essere stretta di larghezza non superiore a m 2,16 misurata all'estradosso della tubazione.

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno soprastante.
- a sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn. complessive per strade di 1^a categoria;
- allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratorii utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alle dimensioni degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,9	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk}=0,70 \cdot F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm} f_t \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$f_{ctm} f_{-t} = 0,70 \cdot F_{ctm} f_{-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$\Gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$$
$$\phi = 25^\circ$$

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a :

D.M. 14-09-2005 "Nuove norme tecniche per le Costruzioni"

Detto provvedimento, consente per il periodo di 18 mesi dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche cioè fino al 22/05/2007 la possibilità di applicare, in alternativa ai contenuti del medesimo Decreto, le normative precedenti. Si applicano queste ultime e cioè quanto di seguito citato.

- D.M. LL. PP. 16-01-96 e Circolare 4-07-1996 n° 156 AA/GG/STC del Ministero dei LL PP "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, le stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 12-12-85 del Ministero dei LL PP "Norme tecniche relative alle tubazioni e relative istruzioni".
- D.M. LL. PP. 04-05-90 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare munito di piano d'appoggio con spessori variabili che verrà appoggiato su un adeguato cuscinetto di magrone eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- ◆ Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_1);
- ◆ Carichi verticali mobili rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonn; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Un asse da 20 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;
 - ⇒ Tre assi da 20 tonn;.

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3m \rightarrow 1,30$
- per $0,30m \leq H \leq 0,6m \rightarrow 1,20$
- per $0,60m \leq H \leq 0,9m \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9m \rightarrow 1,00$

- ◆ Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3.D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} $C_{d-chiave}$

CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Saranno effettuate prove sperimentali di schiacciamento, nello stabilimento di produzione, in modo da poter controllare che i valori siano comparabili con quelli trovati teoricamente. Nelle verifiche finali tuttavia, ad ulteriore favore della stabilità, si assumono dei valori di calcolo (del carico di fessurazione che per quello di collasso) inferiori al minimo valore teorico riscontrato.

COEFFICIENTI DI SICUREZZA E FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Come consiglia la letteratura tecnica in materia vengono assunti i seguenti coefficienti di sicurezza:

C_f Coefficiente di sicurezza tra il carico di fessurazione totale (stato limite di esercizio) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,00.

C_c Coefficiente di sicurezza tra il carico totale di collasso (stato limite ultimo) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,50.

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K \cdot P_{fess} / P_{tot} > C_f$$

$$K \cdot P_{coll} / P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su pc sviluppato dallo studio dello scrivente professionista completamente affidabile ampiamente collaudato sulla base di controlli e riscontri passo passo.

1^a Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

A. Sezione Manufatto

- Diametro del tubo;
- Spessore in chiave;
- Spessore alle reni;
- Spessore di base;
- Larghezza di base.

B. Caratteristiche dei Materiali impiegati

- Calcestruzzo;
- Acciaio;

Dati di Uscita:

- Calcolo Sollecitazioni:

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave alle reni ed alla base.

- Carico di Schiacciamento:

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2^a Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondono. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

□ Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:

- Terreno di riempimento;
- Carico mobile;
- Acqua interna alla tubazione

□ Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

□ Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL REINTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su cuscinetto di cls magrone gettato in sito.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls magrone;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati fino a strati variabili da 30 → 60 cm sopra la tubazione da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

E' da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme; la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rincalzo;
- Riempimento;
- Copertura:

Il rincalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rincalzo dovrà avvenire con le, modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse cioè ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rincalzo verrà eseguito il riempimento il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolare cedimenti.

Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che ci

sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo cioè in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse la tubo.

La sistemazione dello strato superficiale cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso sia garantita la penetrazione e la compattazione ai fianchi della tubazione.

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 80
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 45 → 270 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

TABULATI DI CALCOLO

- ⇒ - Calcolo del Carico di Schiacciamento teorico
- ⇒ - Calcolo delle azioni
- ⇒ - Calcolo delle sollecitazioni
- ⇒ - Verifica delle sezioni

La Ditta:

 **MANUFATTI IN CEMENTO**
VENETA
PREFABBRICATI srl
Strada Naz. Romea, 80 - Tel. 0426.337027 - 45010 ROSOLINA (RO)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220298
Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CCIAA n. 74009

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



Agosto 2006

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE
CALCOLO DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO PER SOLO CONGLOMERATO

LAVORO DIAMETRO ϕ 80 cm

DITTA

PROGETTO RICOPRIMENTO h = 0,45 → 2,70 m

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 30/08/2006

DATI D'INGRESSO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Diametro	80 (cm)
Spessore in chiave	10,50 (cm)
Spessore alle reni	9,00 (cm)
Spessore alla base	14,50 (cm)
Larghezza di base	55,00 (cm)

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$ 400 (kg/cm²)

RESISTENZE DI CALCOLO

a) COMPRESSIONE

$\gamma_{m,c}$	1,90
γ_r	0,9
f_{cd}	234 (kg/cm ²)

b) TRAZIONE

$F_{ctm} \geq$	30,36 (kg/cm ²)
$F_{ctk} = 0,70 * F_{ctkm} \geq$	21,25 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	14,76 (kg/cm ²)

c) FLESSO-TRAZIONE

$F_{ctm f-t} \geq$	36,43 (kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 * F_{ctm f-t} \geq$	25,50 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	17,71 (kg/cm ²)

COEFFICIENTE TECNOLGICO

C_t 1,15

COEFFICIENTI DIMENSIONALI

$C_{d-chiave}$ 0,87
 C_{d-reni} 0,90
 $C_{d-chiave}$ 0,80

DATI D'USCITA

CALCOLO del CARICO di SCHIACCIAMENTO del solo CONGLOMERATO

Rottura del cls in zona tesa

$M_{rott-Chiave}$	1004,81 (kg·m/m)
$M_{rott-Reni}$	765,40 (kg·m/m)
$M_{rott-Base}$	1759,17 (kg·m/m)
$P_{rott-Chiave}$	9696 (kg/m)
$P_{rott-Reni}$	15221 (kg/m)
$P_{rott-Base}$	9643 (kg/m)

CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO	9643 (kg/m)
---	--------------------

VERIFICA DI TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CLS SEMPLICE INTERRATI
PER FOGNATURE URBANE SOTTOSTANTI A SEDI STRADALI
CALCOLO con la teoria dei carichi ovalizzanti

LAVORO DIAMETRO ϕ 80 cm

DITTA

PROGETTO RICOPRIMENTO h = 0,45 → 2,70 m

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 30/08/2006

DATI D'INGRESSO

CARICO di fessurazione di calcolo	8000 (kg/m)
CARICO di collasso di calcolo	8000 (kg/m)
AZIONI	
⇒Peso proprio	
⇒Peso del terreno di riempimento	
Caratteristiche medie del terreno di riempimento	Argilloso normale
- Peso specifico	1800 (kg/m ³)
- Angolo d'attrito interno	25 (°)
- Coefficiente di spinta attiva	0,41
- Angolo d'attrito terreno naturale-terreno di riempimento	16,67 (°)
⇒Carico mobile per strade di	
MEZZO CONVENZIONALE A 3 ASSI DA 60 TONN	1 Categoria
- Angolo di ripartizione carico	45 (°)
⇒Peso acqua interna	
COEFFICIENTE DI POSA	
Appoggio su cuscinetto in cls di larghezza \geq Lb	1,50
INTERRAMENTO	
Ricoprimento minimo	0,45 (m)
Ricoprimento massimo	2,70 (m)

VERIFICA A FESSURAZIONE ed A COLLASSO

CASO RICOPRIMENTO minimo

- Ricoprimento tubazione	0,45 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	2,16 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,31 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,31 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4637 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	2,81 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,31 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4315 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	4,31 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,31 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4217 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,31 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,31 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	5872 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	5872 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	1,31 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,31 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1081 (kg/m)
2 Carico mobile M	6271 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	509 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1081 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	6271 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	254 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7607 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,58

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1081 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	3136 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	509 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 4726 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 2,54

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1081 (kg/m)
2 Carico mobile M	6271 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	509 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1514 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	9407 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	356 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>11277 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,06

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1514 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	4390 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	763 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>6667 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,80

Verifica soddisfatta

CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	2,70 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	2,16 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,5
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	5,81 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,81 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	441 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	7,31 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,81 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	702 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	8,81 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,81 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	873 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	5,81 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	5,81 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	297 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	873 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	8,81 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,81 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	6488 (kg/m)
2 Carico mobile M	777 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	509 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	6488 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	777 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	254 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7520 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,60

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	6488 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	389 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	509 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7386 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,62

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	6488 (kg/m)
2 Carico mobile M	777 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	509 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	9083 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	1166 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	356 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>10605 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,13

Verifica soddisfatta

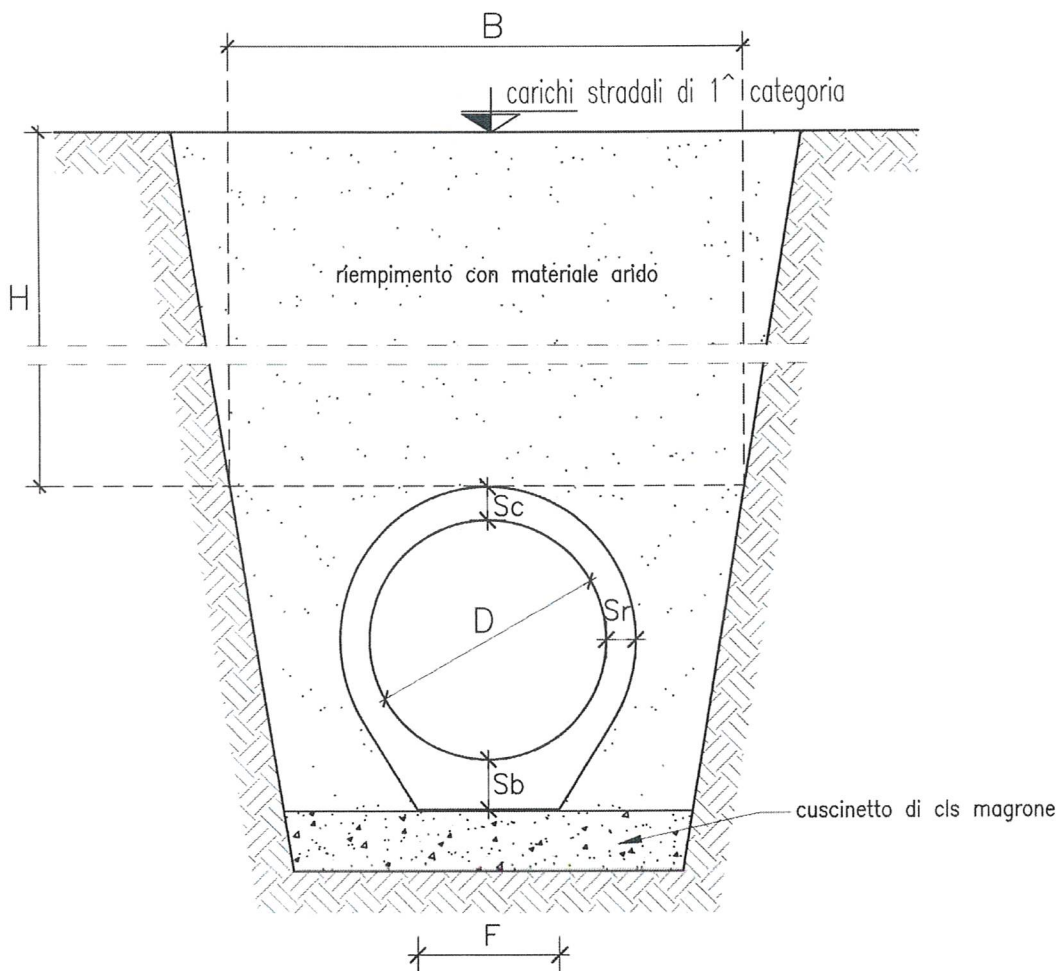
Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	9083 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	544 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	763 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>10391 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,15

Verifica soddisfatta

TUBO CIRCOLARE - SCHEMA GRAFICO DI POSA IN OPERA



D	Sc	Sr	Sb	F
80	10.50	9.00	14.50	55
misure espresse in centimetri				

Larghezza scavo : $B \leq 2,16$ m
Ricoprimento : $H = 0,45 \rightarrow 2,70$ m

Calcestruzzo $R_{ck} \geq 400$ kg/cm ²



Data : Agosto 2006

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 100
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1ª CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 50 → 250 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

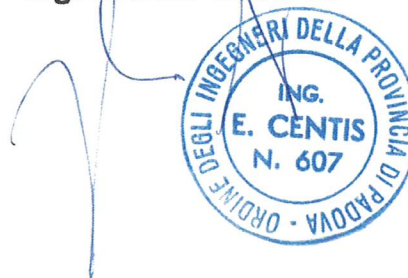
RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

La Ditta:

 **MANUFATTI IN CEMENTO**
VENETA
PREFABBRICATI srl
Strada Naz. Romea, 80 - Tel. 0426.337027 - 45010 ROSOLINA (RO)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220298
Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CCIAA n. 74009

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS



DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 100 cm.

Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti :

Diametro cm 100;
Spessore in chiave cm 12,50;
Spessore alle reni cm 11,00;
Spessore alla base cm 17,50;
Larghezza di base cm 65,00;
Lunghezza elemento 200 cm.

Poiché lo stampo risulta conico a favore della stabilità si è assunto lo spessore minimo in chiave, alle reni, alla base e della larghezza di base; la lunghezza assunta è quella nominale.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali di 1^a Categoria ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo (cm)	Massimo (cm)
50	250.

La trincea dovrà essere stretta di larghezza non superiore a m 2,44 misurata all'estradosso della tubazione.

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante.
- a sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn. complessive per strade di 1^a categoria;
- allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratorii utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alle dimensioni degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,9	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk}=0,70 * F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 * F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$\Gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$$
$$\phi = 25^\circ$$

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a :

D.M. 14-09-2005 "Nuove norme tecniche per le Costruzioni"

Detto provvedimento, consente per il periodo di 18 mesi dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche cioè fino al 22/05/2007 la possibilità di applicare, in alternativa ai contenuti del medesimo Decreto, le normative precedenti. Si applicano queste ultime e cioè quanto di seguito citato.

- D.M. LL. PP. 16-01-96 e Circolare 4-07-1996 n° 156 AA/GG/STC del Ministero dei LL PP "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, le stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 12-12-85 del Ministero dei LL PP "Norme tecniche relative alle tubazioni e relative istruzioni".
- D.M. LL. PP. 04-05-90 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare munito di piano d'appoggio con spessori variabili che verrà appoggiato su un adeguato cuscinetto di magrone eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- ◆ Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_1);
- ◆ Carichi verticali mobili rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonn; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Un asse da 20 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;
 - ⇒ Tre assi da 20 tonn;

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3\text{m} \rightarrow 1,30$
- per $0,30\text{m} \leq H \leq 0,6\text{m} \rightarrow 1,20$
- per $0,60\text{m} \leq H \leq 0,9\text{m} \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9\text{m} \rightarrow 1,00$

- ◆ Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3.D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} $C_{d-chiave}$

CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Saranno effettuate prove sperimentali di schiacciamento, nello stabilimento di produzione, in modo da poter controllare che i valori siano comparabili con quelli trovati teoricamente. Nelle verifiche finali tuttavia, ad ulteriore favore della stabilità, si assumono dei valori di calcolo (del carico di fessurazione che per quello di collasso) inferiori al minimo valore teorico riscontrato.

COEFFICIENTI DI SICUREZZA E FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Come consiglia la letteratura tecnica in materia vengono assunti i seguenti coefficienti di sicurezza:

C_f Coefficiente di sicurezza tra il carico di fessurazione totale (stato limite di esercizio) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,00.

C_c Coefficiente di sicurezza tra il carico totale di collasso (stato limite ultimo) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,50.

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K \cdot P_{fess} / P_{tot} > C_f$$

$$K \cdot P_{coll} / P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su pc sviluppato dallo studio dello scrivente professionista completamente affidabile ampiamente collaudato sulla base di controlli e riscontri passo passo.

1^a Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

A. Sezione Manufatto

- Diametro del tubo;
- Spessore in chiave;
- Spessore alle reni;
- Spessore di base;
- Larghezza di base.

B. Caratteristiche dei Materiali impiegati

- Calcestruzzo;
- Acciaio;

Dati di Uscita:

- Calcolo Sollecitazioni:

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave alle reni ed alla base.

- Carico di Schiacciamento:

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2ª Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondono. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

- Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:
 - Terreno di riempimento;
 - Carico mobile;
 - Acqua interna alla tubazione

- Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

- Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL REINTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su cuscinetto di cls magrone gettato in sito.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls magrone;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati fino a strati variabili da 30 → 60 cm sopra la tubazione da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

E' da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme; la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rincalzo;
- Riempimento;
- Copertura:

Il rincalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rincalzo dovrà avvenire con le modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse cioè ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rincalzo verrà eseguito il riempimento il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolare cedimenti.

Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che ci

sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo cioè in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse la tubo.

La sistemazione dello strato superficiale cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso sia garantita la penetrazione e la compattazione ai fianchi della tubazione.

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



The image shows a handwritten signature in blue ink, which appears to be 'ENNIO CENTIS', written over a circular blue stamp. The stamp contains the following text: 'ING. E. CENTIS N. 607' in the center, and 'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PADOVA' around the perimeter.

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 100
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 50 → 250 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

TABULATI DI CALCOLO

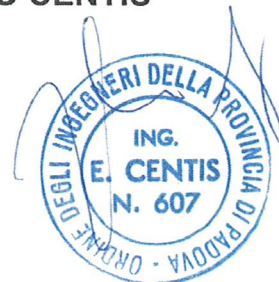
- ⇒ - Calcolo del Carico di Schiacciamento teorico
- ⇒ - Calcolo delle azioni
- ⇒ - Calcolo delle sollecitazioni
- ⇒ - Verifica delle sezioni

La Ditta:

 **MANUFATTI IN CEMENTO**
VENETA
PREFABBRICATI srl
Strada Naz. Romea, 80 - Tel. 0426.337027 - 45010 ROSSIGNA (RO)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220298
Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CCIAA n. 74009

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS



TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE
CALCOLO DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO PER SOLO CONGLOMERATO

LAVORO DIAMETRO ϕ 100 cm

DITTA

PROGETTO RICOPRIMENTO $h = 0,50 \rightarrow 2,50$ m

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

 **MANUFATTI IN CEMENTO**
VENETA
PREFABBRICATI s.r.l.
 Strada Naz. Romea, 80 - Tel. 0426.337027 - 45010 ROSOLINA (RO)
 Codice Fiscale e Partita IVA 00120220298
 Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CCIAA n. 74009

DATI D'INGRESSO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Diametro	100 (cm)
Spessore in chiave	12,50 (cm)
Spessore alle reni	11,00 (cm)
Spessore alla base	17,00 (cm)
Larghezza di base	65,00 (cm)

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$ 400 (kg/cm²)

RESISTENZE DI CALCOLO

a) COMPRESSIONE

$\gamma_{m,c}$	1,90
γ_r	0,9
f_{cd}	234 (kg/cm ²)

b) TRAZIONE

$F_{ctm} \geq$	30,36 (kg/cm ²)
$F_{ctk} = 0,70 * F_{ctkm} \geq$	21,25 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	14,76 (kg/cm ²)

c) FLESSO-TRAZIONE

$F_{ctm f-t} \geq$	36,43 (kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 * F_{ctm f-t} \geq$	25,50 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	17,71 (kg/cm ²)

COEFFICIENTE TECNOLGICO

C_t	1,15
-------	------

COEFFICIENTI DIMENSIONALI

$C_{d-chiave}$	0,83
C_{d-reni}	0,86
$C_{d-chiave}$	0,77

DATI D'USCITA

CALCOLO del CARICO di SCHIACCIAMENTO del solo CONGLOMERATO

Rottura del cls in zona tesa

$M_{rott-Chiave}$	1361,03 (kg·m/m)
$M_{rott-Reni}$	1089,93 (kg·m/m)
$M_{rott-Base}$	2316,75 (kg·m/m)
$P_{rott-Chiave}$	10565 (kg/m)
$P_{rott-Reni}$	17379 (kg/m)
$P_{rott-Base}$	10257 (kg/m)

CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO	10257 (kg/m)
---	---------------------

VERIFICA A FESSURAZIONE ed A COLLASSO

CASO RICOPRIMENTO minimo

- Ricoprimento tubazione	0,50 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	2,44 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,43 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,43 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4098 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	2,93 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,43 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	3993 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	4,43 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,43 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	3959 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,43 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,43 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4925 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	4925 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	1,43 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,43 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1499 (kg/m)
2 Carico mobile M	6560 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	795 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1499 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	6560 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	398 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 8456 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,51

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1499 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	3280 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	795 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 5574 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 2,29

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1499 (kg/m)
2 Carico mobile M	6560 (kg/m)
3 Carico acqua interna Ac	795 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + Ac \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	2098 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	9839 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \psi$	557 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>12494 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,02

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + Ac \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	2098 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	4592 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \gamma_Q$	1193 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>7882 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,62

Verifica soddisfatta

CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	2,50 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	2,44 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,5
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	5,43 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,43 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	497 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	6,93 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,43 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	778 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	8,43 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,43 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	959 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	5,43 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	5,43 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	340 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	959 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	8,43 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,43 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	7493 (kg/m)
2 Carico mobile M	1065 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	795 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	7493 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	1065 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	398 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 8955 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,42

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	7493 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	532 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	795 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 8820 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,45

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	7493 (kg/m)
2 Carico mobile M	1065 (kg/m)
3 Carico acqua interna Ac	795 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + Ac \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	10490 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	1597 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \psi$	557 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>12643 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,01

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + Ac \times \gamma_Q$

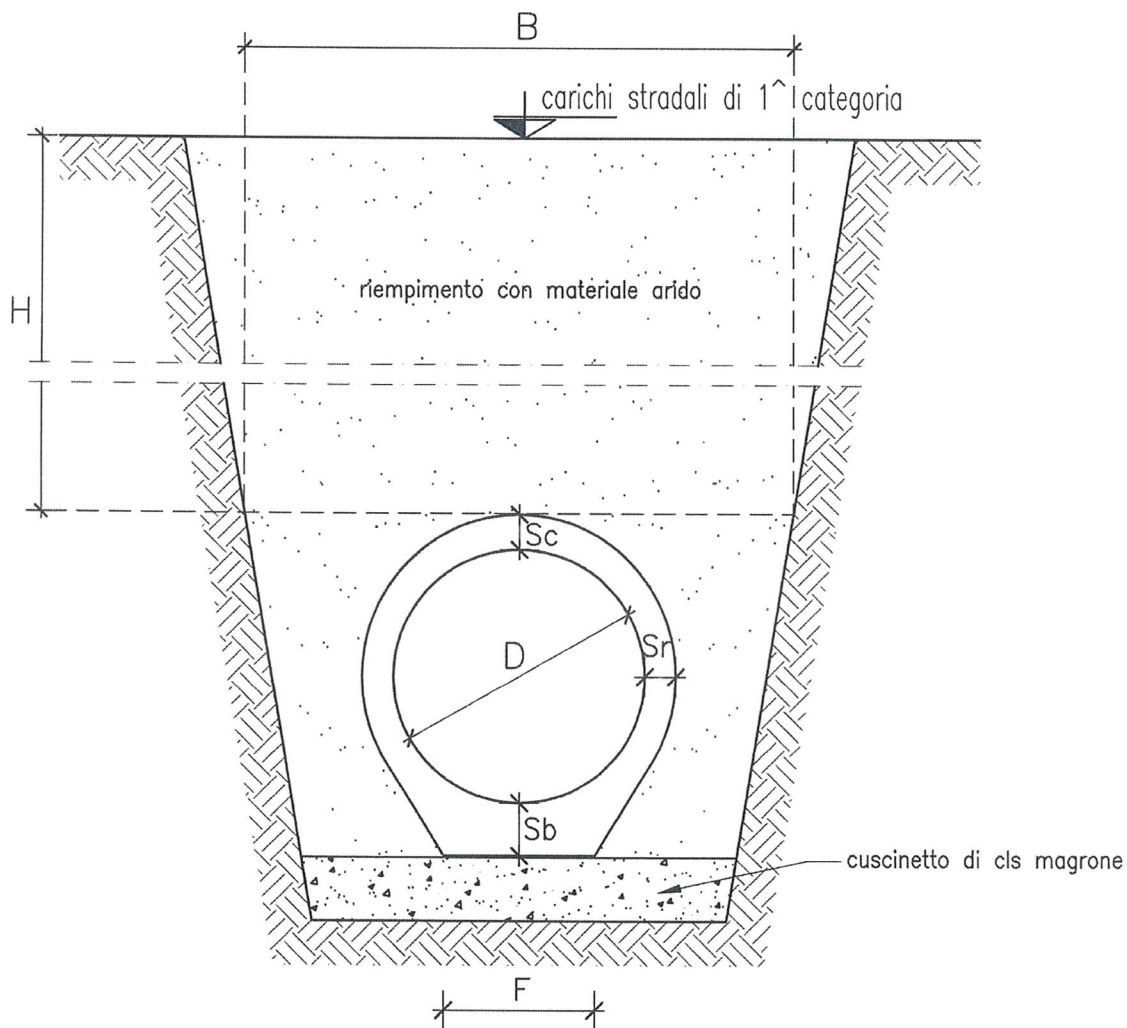
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	10490 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	745 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \gamma_Q$	1193 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>12428 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,03

Verifica soddisfatta

Ditta produttrice:

TUBO CIRCOLARE - SCHEMA GRAFICO DI POSA IN OPERA

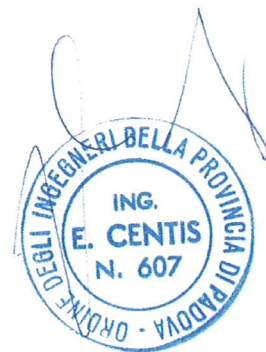


D	Sc	Sr	Sb	F
100	12,50	11,00	17,50	65
misure espresse in centimetri				

Larghezza scavo : $B \leq 2,44 \text{ m}$

Ricoprimento : $H = 0,50 \text{---} 2,50 \text{ m}$

Calcestruzzo $R_{ck} \geq 400 \text{ kg/cm}^2$



TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 120
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1ª CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 55 → 240 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

La Ditta:

 **MANUFATTI IN CEMENTO**
VENETA
PREFABBRICATI srl
Strada Naz. Romea, 80 - Tel. 0426.337027 - 45010 ROSOLINA (RO)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220298
Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CCIAA n. 74009

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS



Settembre 2006

DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 120 cm.

Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti :

Diametro cm 120;
Spessore in chiave cm 15,00;
Spessore alle reni cm 13,00;
Spessore alla base cm 21,70;
Larghezza di base cm 73,00;
Lunghezza elemento 200 cm.

Poiché lo stampo risulta conico a favore della stabilità si è assunto lo spessore minimo in chiave, alle reni, alla base e della larghezza di base; la lunghezza assunta è quella nominale.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali di 1^a Categoria ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo (cm)	Massimo (cm)
55	240.

La trincea dovrà essere stretta di larghezza non superiore a m 2,72 misurata all'estradosso della tubazione.

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno soprastante.
- a sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn. complessive per strade di 1^a categoria;
- allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratorii utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alle dimensioni degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,9	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk}=0,70 \cdot F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 \cdot F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$\Gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$$
$$\phi = 25^\circ$$

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a :

D.M. 14-09-2005 "Nuove norme tecniche per le Costruzioni"
Detto provvedimento, consente per il periodo di 18 mesi dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche cioè fino al 22/05/2007 la possibilità di applicare, in alternativa ai contenuti del medesimo Decreto, le normative precedenti. Si applicano queste ultime e cioè quanto di seguito citato.

- D.M. LL. PP. 16-01-96 e Circolare 4-07-1996 n° 156 AA/GG/STC del Ministero dei LL PP "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, le stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 12-12-85 del Ministero dei LL PP "Norme tecniche relative alle tubazioni e relative istruzioni".
- D.M. LL. PP. 04-05-90 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare munito di piano d'appoggio con spessori variabili che verrà appoggiato su un adeguato cuscinetto di magrone eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- ◆ Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_t);
- ◆ Carichi verticali mobili rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonn; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Un asse da 20 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;
 - ⇒ Tre assi da 20 tonn;.

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3m \rightarrow 1,30$
- per $0,30m \leq H \leq 0,6m \rightarrow 1,20$
- per $0,60m \leq H \leq 0,9m \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9m \rightarrow 1,00$

- ◆ Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3.D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} $C_{d-chiave}$

CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Saranno effettuate prove sperimentali di schiacciamento, nello stabilimento di produzione, in modo da poter controllare che i valori siano comparabili con quelli trovati teoricamente. Nelle verifiche finali tuttavia, ad ulteriore favore della stabilità, si assumono dei valori di calcolo (del carico di fessurazione che per quello di collasso) inferiori al minimo valore teorico riscontrato.

COEFFICIENTI DI SICUREZZA E FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Come consiglia la letteratura tecnica in materia vengono assunti i seguenti coefficienti di sicurezza:

- C_f Coefficiente di sicurezza tra il carico di fessurazione totale (stato limite di esercizio) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,00.
- C_c Coefficiente di sicurezza tra il carico totale di collasso (stato limite ultimo) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,50.

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K \cdot P_{fess} / P_{tot} > C_f$$

$$K \cdot P_{coll} / P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su pc sviluppato dallo studio dello scrivente professionista completamente affidabile ampiamente collaudato sulla base di controlli e riscontri passo passo.

1^a Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

A. Sezione Manufatto

- Diametro del tubo;
- Spessore in chiave;
- Spessore alle reni;
- Spessore di base;
- Larghezza di base.

B. Caratteristiche dei Materiali impiegati

- Calcestruzzo;
- Acciaio;

Dati di Uscita:

□ Calcolo Sollecitazioni:

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave alle reni ed alla base.

□ Carico di Schiacciamento:

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2^a Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondono. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

□ Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:

- Terreno di riempimento;
- Carico mobile;
- Acqua interna alla tubazione

□ Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

□ Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL REINTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su cuscinetto di cls magrone gettato in sito.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls magrone;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati fino a strati variabili da 30 → 60 cm sopra la tubazione da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

E' da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme; la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rincalzo;
- Riempimento;
- Copertura:

Il rincalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rincalzo dovrà avvenire con le, modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse cioè ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rincalzo verrà eseguito il riempimento il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolare cedimenti.

Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che ci

sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo cioè in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse la tubo.

La sistemazione dello strato superficiale cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso sia garantita la penetrazione e la compattazione ai fianchi della tubazione.

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 120
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1ª CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 55 → 240 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

TABULATI DI CALCOLO

- ⇒ - Calcolo del Carico di Schiacciamento teorico
- ⇒ - Calcolo delle azioni
- ⇒ - Calcolo delle sollecitazioni
- ⇒ - Verifica delle sezioni

La Ditta:

 **MANUFATTI IN CEMENTO**
VENETA
PREFABBRICATI srl
Strada Naz. Romea, 80 - Tel. 0426.337027 - 45010 ROSOLINA (RO)
Codice Fiscale e Partita IVA 00120220298
Trib. di Rovigo Reg. Soc. n. 2080 - CCIAA n. 74009

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS



Settembre 2006

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE
CALCOLO DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO PER SOLO CONGLOMERATO

LAVORO DIAMETRO ϕ 120 cm

DITTA

PROGETTO RICOPRIMENTO h = 0,55 → 2,40 m

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 21/09/2006

DATI D'INGRESSO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Diametro	120 (cm)
Spessore in chiave	15,00 (cm)
Spessore alle reni	13,00 (cm)
Spessore alla base	21,70 (cm)
Larghezza di base	73,00 (cm)

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$ 400 (kg/cm²)

RESISTENZE DI CALCOLO

a) COMPRESSIONE

$\gamma_{m,c}$	1,90
γ_r	0,9
f_{cd}	234 (kg/cm ²)

b) TRAZIONE

$F_{ctm} \geq$	30,36 (kg/cm ²)
$F_{ctk}=0,70 \cdot F_{ctkm} \geq$	21,25 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	14,76 (kg/cm ²)

c) FLESSO-TRAZIONE

$F_{ctm f-t} \geq$	36,43 (kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 \cdot F_{ctm f-t} \geq$	25,50 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	17,71 (kg/cm ²)

COEFFICIENTE TECNOLGICO

C_t	1,15
-------	------

COEFFICIENTI DIMENSIONALI

$C_{d\text{-chiave}}$	0,79
$C_{d\text{-reni}}$	0,82
$C_{d\text{-chiave}}$	0,72

DATI D'USCITA

CALCOLO del CARICO di SCHIACCIAMENTO del solo CONGLOMERATO

Rottura del cls in zona tesa

$M_{\text{rott-Chiave}}$	1865,31 (kg·m/m)
$M_{\text{rott-Reni}}$	1456,62 (kg·m/m)
$M_{\text{rott-Base}}$	3551,50 (kg·m/m)
$P_{\text{rott-Chiave}}$	11862 (kg/m)
$P_{\text{rott-Reni}}$	22535 (kg/m)
$P_{\text{rott-Base}}$	12946 (kg/m)

CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO	11862 (kg/m)
---	---------------------

VERIFICA DI TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CLS SEMPLICE INTERRATI PER FOGNATURE URBANE SOTTOSTANTI A SEDI STRADALI CALCOLO con la teoria dei carichi ovalizzanti
--

LAVORO DIAMETRO ϕ 120 cm

DITTA

PROGETTO RICOPRIMENTO h = 0,55 → 2,40 m

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 21/09/2006

DATI D'INGRESSO

CARICO di fessurazione di calcolo	10000 (kg/m)
CARICO di collasso di calcolo	10000 (kg/m)
AZIONI	
⇒Peso proprio	
⇒Peso del terreno di riempimento	
Caratteristiche medie del terreno di riempimento	Argilloso normale
- Peso specifico	1800 (kg/m ³)
- Angolo d'attrito interno	25 (°)
- Coefficiente di spinta attiva	0,41
- Angolo d'attrito terreno naturale-terreno di riempimento	16,67 (°)
⇒Carico mobile per strade di	1 Categoria
MEZZO CONVENZIONALE A 3 ASSI DA 60 TONN	
- Angolo di ripartizione carico	45 (°)
⇒Peso acqua interna	
COEFFICIENTE DI POSA	
Appoggio su cuscinetto in cls di larghezza \geq Lb	1,50
INTERRAMENTO	
Ricoprimento minimo	0,55 (m)
Ricoprimento massimo	2,40 (m)

VERIFICA A FESSURAZIONE ed A COLLASSO

CASO RICOPRIMENTO minimo

- Ricoprimento tubazione	0,55 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	2,72 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,55 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	3635 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	3,05 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,55 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	3694 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	4,55 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,55 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	3715 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4162 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	4162 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1975 (kg/m)
2 Carico mobile M	6643 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	1145 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1975 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	6643 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	573 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 9191 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,63

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1975 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	3322 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	1145 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 6442 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 2,33

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	1975 (kg/m)
2 Carico mobile M	6643 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	1145 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	2765 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	9965 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	802 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>13531 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,11

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	2765 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	4650 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	1718 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>9133 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,64

Verifica soddisfatta

CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	2,40 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	2,72 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,5
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	5,25 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,25 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	525 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	6,75 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,25 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	817 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	8,25 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,25 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	1003 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	5,25 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	5,25 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	363 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	1003 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	8,25 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	7,25 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	8618 (kg/m)
2 Carico mobile M	1334 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	1145 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	8618 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	1334 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	573 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 10525 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,43

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	8618 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	667 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	1145 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 10431 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,44

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	8618 (kg/m)
2 Carico mobile M	1334 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	1145 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	12066 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	2001 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	802 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 14869 (kg/m)

Sicurezza a Collasso 1,01

Verifica soddisfatta

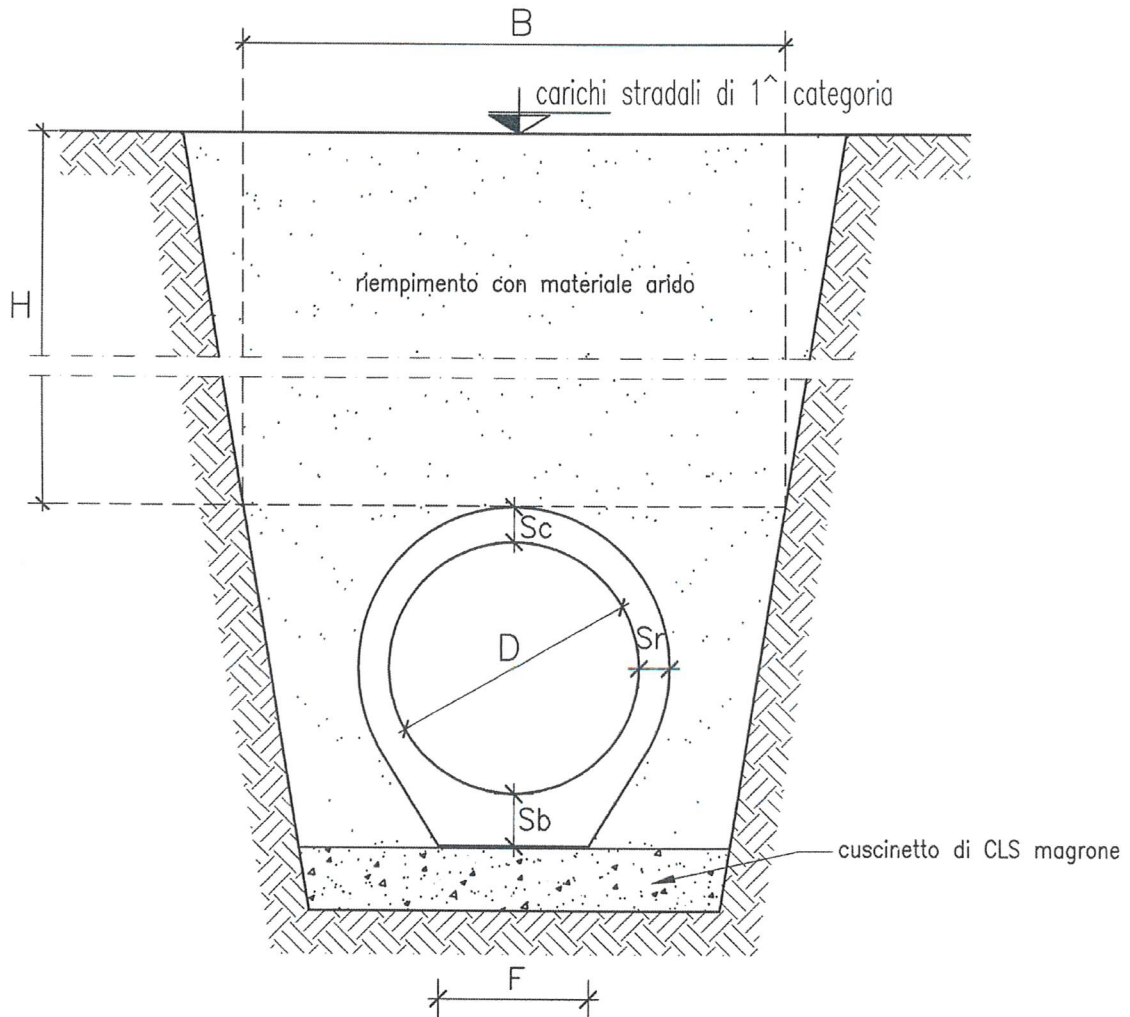
Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	12066 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	934 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	1718 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 14717 (kg/m)

Sicurezza a Collasso 1,02

Verifica soddisfatta

TUBO CIRCOLARE - SCHEMA GRAFICO DI POSA IN OPERA



D	Sc	Sr	Sb	F
120	15	13	21,70	73
misure espresse in centimetri				

Larghezza scavo : $B \leq 2,72 \text{ m}$
Ricoprimento : $H = 0,55 \text{---} \rightarrow 2,40 \text{ m}$
Calcestruzzo $R_{ck} \geq 400 \text{ kg/cm}^2$



Data : Settembre 2006



SCHEDA TECNICA CODICE TB040

TUBO D.40 BASE PIANA NON ARMATO

CARATTERISTICHE GENERALI

DIAMETRO NOMINALE	PESO TUBO	LUNGHEZZA INTERNA/UTILE	SPESSORE
DN 400 cm	6,40 Q.LI	210 cm. / Utile 200 cm	6,2 cm

CARATTERISTICHE TECNICHE (UNI EN 1916)

CARICO DI COLLASSO	PESO SUPPORTI/CARICO	CARICO EFFETTIVO	CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS
203,1 P	0,5 P	100,3	N.D.

* SECONDO RAPPORTO VENETA ENGINEERING R.P. 60/EN VAR DEL 28/01/2008

CLASSE DI RESISTENZA MINIMA 160

RICOPRIMENTI

MINIMO	MASSIMO	MATERIALE REINTERRO	PIANO D'APPOGGIO	RELAZIONE DI CALCOLO
55 cm	340 cm	Ghiaia natura, frantumato, riciclato secco	Sabbia fina o magrone	Su richiesta

AL DI FUORI DELLE SUDETTE MISURE LE TUBAZIONI NECESSITANO DI RINFIANCHI IN CALCESTRUZZO.

Tubo a sezione circolare con giunto a bicchiere e base d'appoggio in conglomerato cementizio non armato, di diametro interno cm 40, da porsi in opera orizzontalmente interrati, sottostanti a strade di 1^a categoria.

Il foro centrale superiore è eseguito solo su richiesta.



SCHEDA TECNICA

TUBO D.30 BASE PIANA NON ARMATO

CARATTERISTICHE GENERALI

DIAMETRO NOMINALE	PESO TUBO	LUNGHEZZA INTERNA/UTILE	SPESSORE
DN 300 cm	4,20 Q.LI	210 cm. / Utile 200 cm	4,20 cm

CARATTERISTICHE TECNICHE (UNI EN 1916)

CARICO DI COLLASSO	PESO SUPPORTI/CARICO	CARICO EFFETTIVO	CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS
221,2 P	0,5 P	109,2	N.D.

* SECONDO RAPPORTO DI PROVA VENETA ENGINEERING R.P. 59/E VAR DEL 28.01.2008

CLASSE DI RESISTENZA MINIMA 160

RICOPRIMENTI

MINIMO	MASSIMO	MATERIALE REINTERRO	PIANO D'APPOGGIO	RELAZIONE DI CALCOLO
55 cm	330 cm	Ghiaia natura, frantumato, riciclato secco	Sabbia fina o magrone	Su richiesta

AL DI FUORI DELLE SUDETTE MISURE LE TUBAZIONI NECESSITANO DI RINFIANCHI IN CALCESTRUZZO.

Tubo a sezione circolare con giunto a bicchiere e base d'appoggio in conglomerato cementizio non armato, di diametro interno cm 30, da porsi in opera orizzontalmente interrati, sottostanti a strade di 1^a categoria.

Il foro centrale superiore è eseguito solo su richiesta.



TUBO D.50 BASE PIANA NON ARMATO

CARATTERISTICHE GENERALI

DIAMETRO NOMINALE	PESO TUBO	LUNGHEZZA INTERNA/UTILE	SPESSORE
DN 500 cm	9,20 Q.LI	210 cm. / Utile 200 cm	6,4 cm

CARATTERISTICHE TECNICHE (UNI EN 1916)

CARICO DI COLLASSO	PESO SUPPORTI/CARICO	CARICO EFFETTIVO	CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS
205,1 P	0,5 P	101,3	N.D.

RICOPRIMENTI

MINIMO	MASSIMO	MATERIALE REINTERRO	PIANO D'APPOGGIO	RELAZIONE DI CALCOLO
70 cm	250 cm	Ghiaia natura, frantumato, riciclato secco	Sabbia fina o magrone	Su richiesta

AL DI FUORI DELLE SUDETTE MISURE LE TUBAZIONI NECESSITANO DI RINFIANCHI IN CALESTRUZZO.

Tubo a sezione circolare con giunto a bicchiere e base d'appoggio in conglomerato cementizio non armato, di diametro interno cm 50, da porsi in opera orizzontalmente interrati, sottostanti a strade di 1^a categoria.

Il foro centrale superiore è eseguito solo su richiesta.



TUBO D. 60 BASE PIANA NON ARMATO

CARATTERISTICHE GENERALI

DIAMETRO NOMINALE	PESO TUBO	LUNGHEZZA INTERNA/UTILE	SPESSORE
DN 600 cm	11,60 Q.LI	210 cm. / Utile 200 cm	7,3 cm

CARATTERISTICHE TECNICHE (UNI EN 1916)

CARICO DI COLLASSO	PESO SUPPORTI/CARICO	CARICO EFFETTIVO	CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO CLS
201,1 P	8,0 P	100,8	N.D.

RICOPRIMENTI

MINIMO	MASSIMO	MATERIALE REINTERRO	PIANO D'APPOGGIO	RELAZIONE DI CALCOLO
80 cm	180 cm	Ghiaia natura, frantumato, riciclato secco	Sabbia fina o magrone	Su richiesta

AL DI FUORI DELLE SUDDETTE MISURE LE TUBAZIONI NECESSITANO DI RINFIANCHI IN CALESTRUZZO.

Tubo a sezione circolare con giunto a bicchiere e base d'appoggio in conglomerato cementizio non armato, di diametro interno cm 60, da porsi in opera orizzontalmente interrati, sottostanti a strade di 1^a categoria.

Il foro centrale superiore è eseguito solo su richiesta.

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI


DIAMETRO INTERNO cm 30
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 30 → 500 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

La Ditta:

 **VENETA**
PREFABBRICATI s.r.l.
Strada Naz. Romea, 60
45010 ROSOLINA (Rovigo)

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS



Ottobre 2006

DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 30 cm.
Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti :

Diametro cm 30;
Spessore in chiave cm 7,10;
Spessore alle reni cm 5,10;
Spessore alla base cm 10,00;
Larghezza di base cm 24,00;
Lunghezza elemento 200 cm.

Poiché lo stampo risulta conico a favore della stabilità si è assunto lo spessore minimo in chiave, alle reni, alla base e della larghezza di base; la lunghezza assunta è quella nominale.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali di 1^a Categoria ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo	Massimo
(cm)	(cm)
30	500.

La trincea dovrà essere stretta di larghezza non superiore a m 1,50 misurata all'estradosso della tubazione.

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante.
- a sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn. complessive per strade di 1^a categoria;
- allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratori utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alle dimensioni degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,9	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk}=0,70 * F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 * F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$\Gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$\phi = 25^\circ$$

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a :

D.M. 14-09-2005 "Nuove norme tecniche per le Costruzioni"

Detto provvedimento, consente per il periodo di 18 mesi dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche cioè fino al 22/05/2007 la possibilità di applicare, in alternativa ai contenuti del medesimo Decreto, le normative precedenti. Si applicano queste ultime e cioè quanto di seguito citato.

- D.M. LL. PP. 16-01-96 e Circolare 4-07-1996 n° 156 AA/GG/STC del Ministero dei LL PP "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, le stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 12-12-85 del Ministero dei LL PP "Norme tecniche relative alle tubazioni e relative istruzioni".
- D.M. LL. PP. 04-05-90 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare munito di piano d'appoggio con spessori variabili che verrà appoggiato su un adeguato cuscinetto di magrone eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- ◆ Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_t);
- ◆ Carichi verticali mobili rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonn; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Un asse da 20 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;
 - ⇒ Tre assi da 20 tonn;

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3m \rightarrow 1,30$
- per $0,30m \leq H \leq 0,6m \rightarrow 1,20$
- per $0,60m \leq H \leq 0,9m \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9m \rightarrow 1,00$

- ◆ Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3.D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} $C_{d-chiave}$

CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Saranno effettuate prove sperimentali di schiacciamento, nello stabilimento di produzione, in modo da poter controllare che i valori siano comparabili con quelli trovati teoricamente. Nelle verifiche finali tuttavia, ad ulteriore favore della stabilità, si assumono dei valori di calcolo (del carico di fessurazione che per quello di collasso) inferiori al minimo valore teorico riscontrato.

COEFFICIENTI DI SICUREZZA E FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Come consiglia la letteratura tecnica in materia vengono assunti i seguenti coefficienti di sicurezza:

C_f Coefficiente di sicurezza tra il carico di fessurazione totale (stato limite di esercizio) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,00.

C_c Coefficiente di sicurezza tra il carico totale di collasso (stato limite ultimo) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,50.

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K \cdot P_{fess} / P_{tot} > C_f$$

$$K \cdot P_{coll} / P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su pc sviluppato dallo studio dello scrivente professionista completamente affidabile ampiamente collaudato sulla base di controlli e riscontri passo passo.

1^a Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

A. Sezione Manufatto

- Diametro del tubo;
- Spessore in chiave;
- Spessore alle reni;
- Spessore di base;
- Larghezza di base.

B. Caratteristiche dei Materiali impiegati

- Calcestruzzo;
- Acciaio;

Dati di Uscita:

- Calcolo Sollecitazioni:

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave alle reni ed alla base.

- Carico di Schiacciamento:

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2^a Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondono. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

- Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:
 - Terreno di riempimento;
 - Carico mobile;
 - Acqua interna alla tubazione

- Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

- Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL REINTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su cuscinetto di cls magrone gettato in sito.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls magrone;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati fino a strati variabili da 30 → 60 cm sopra la tubazione da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

E' da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme; la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rincalzo;
- Riempimento;
- Copertura:

Il rincalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rincalzo dovrà avvenire con le modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse cioè ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rincalzo verrà eseguito il riempimento il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolare cedimenti.

Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che ci

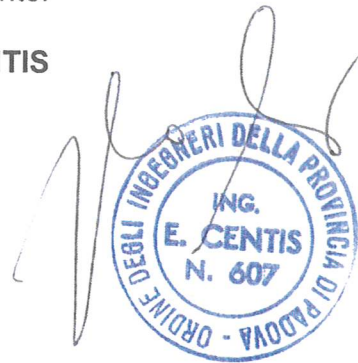
sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo cioè in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse la tubo.

La sistemazione dello strato superficiale cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso sia garantita la penetrazione e la compattazione ai fianchi della tubazione.

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 30
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 30 → 500 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

TABULATI DI CALCOLO

- ⇒ - Calcolo del Carico di Schiacciamento teorico
- ⇒ - Calcolo delle azioni
- ⇒ - Calcolo delle sollecitazioni
- ⇒ - Verifica delle sezioni

La Ditta:

 **VENETA**
PREFABBRICATI s.r.l.
Strada Naz. Romea, 80
45010 ROSOLINA (Rovigo)

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS



Ottobre 2006

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE
CALCOLO DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO PER SOLO CONGLOMERATO


LAVORO DIAMETRO ϕ 30 cm

DITTA

PROGETTO RICOPRIMENTO h = 0,30 → 5,00 m

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 02/10/2006

 **VENETA**
PREFABBRICATI s.r.l.
 Strada Naz. Romea, 100
 45010 ROSOLINA (Rovigo)

DATI D'INGRESSO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Diametro	30 (cm)
Spessore in chiave	7,10 (cm)
Spessore alle reni	5,10 (cm)
Spessore alla base	10,00 (cm)
Larghezza di base	24,00 (cm)

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$ 400 (kg/cm²)

RESISTENZE DI CALCOLO

a) COMPRESSIONE

$\gamma_{m,c}$	1,90
γ_r	0,9
f_{cd}	234 (kg/cm ²)

b) TRAZIONE

$F_{ctm} \geq$	30,36 (kg/cm ²)
$F_{ctk} = 0,70 * F_{ctkm} \geq$	21,25 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	14,76 (kg/cm ²)

c) FLESSO-TRAZIONE

$F_{ctm f-t} \geq$	36,43 (kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 * F_{ctm f-t} \geq$	25,50 (kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60
γ_r	0,9
f_{cd}	17,71 (kg/cm ²)

COEFFICIENTE TECNOLGICO

C_t	1,15
-------	------

COEFFICIENTI DIMENSIONALI

$C_{d-chiave}$	0,94
C_{d-reni}	0,98
$C_{d-chiave}$	0,88

DATI D'USCITA

CALCOLO del CARICO di SCHIACCIAMENTO del solo CONGLOMERATO

Rottura del cls in zona tesa

$M_{rott-Chiave}$	498,31 (kg·m/m)
$M_{rott-Reni}$	267,17 (kg·m/m)
$M_{rott-Base}$	922,32 (kg·m/m)
$P_{rott-Chiave}$	13165 (kg/m)
$P_{rott-Reni}$	21748 (kg/m)
$P_{rott-Base}$	11984 (kg/m)

CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO	11984 (kg/m)
---	---------------------

VERIFICA A FESSURAZIONE ed A COLLASSO

CASO RICOPRIMENTO minimo

- Ricoprimento tubazione	0,30 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	1,50 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	0,97 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	2,97 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	6933 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	2,47 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	2,97 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	5449 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	3,97 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	2,97 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	5086 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	0,97 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	0,97 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	10606 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	10606 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	0,97 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	0,97 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	284 (kg/m)
2 Carico mobile M	4467 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	72 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	284 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	4467 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	36 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 4787 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,88

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	284 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	2234 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	72 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 2590 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 3,48

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	284 (kg/m)
2 Carico mobile M	4467 (kg/m)
3 Carico acqua interna Ac	72 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + Ac \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	398 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	6701 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \psi$	50 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>7149 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 1,26

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + Ac \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	398 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	3127 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \gamma_Q$	107 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>3633 (kg/m)</u>

Sicurezza a Collasso 2,48

Verifica soddisfatta

CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	5,00 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	1,50 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,5
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	10,37 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	12,37 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	156 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	11,87 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	12,37 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	272 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	13,37 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	12,37 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	363 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	10,37 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	10,37 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	93 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	363 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	13,37 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	12,37 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	4739 (kg/m)
2 Carico mobile M	127 (kg/m)
3 Carico acqua interna Ac	72 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + Ac \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	4739 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	127 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \psi$	36 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 4902 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,84

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + Ac \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	4739 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	64 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \gamma_Q$	72 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 4874 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,85

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

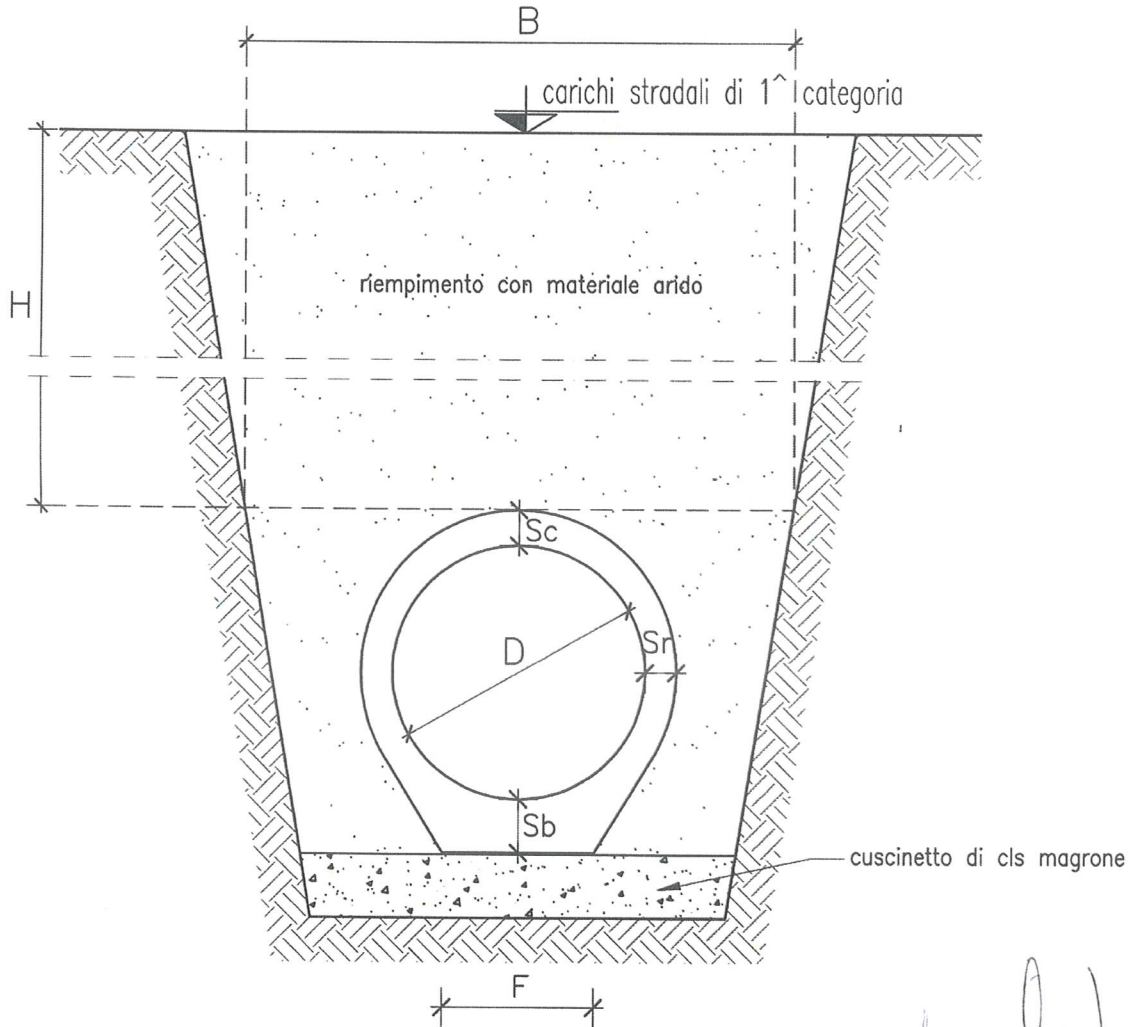
1 Terreno di riempimento P_t	4739 (kg/m)
2 Carico mobile M	127 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	72 (kg/m)
γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70
Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$:
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	6634 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	191 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	50 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 6875 (kg/m)
Sicurezza a Collasso	1,31

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	6634 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	89 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	107 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 6830 (kg/m)
Sicurezza a Collasso	1,32

Verifica soddisfatta

SCHEMA GRAFICO DI POSA IN OPERA TUBO CIRCOLARE



D	Sc	Sr	Sb	F
30	7,1	5,1	10	24
misure espresse in centimetri				

Larghezza scavo : $B \leq 1,50$ m
Ricoprimento : $H = 0,30 \rightarrow 5,00$ m

Calcestruzzo $R_{ck} \geq 400$ kg/cm ²



Data : Ottobre 2006

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 40
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 30 → 480 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

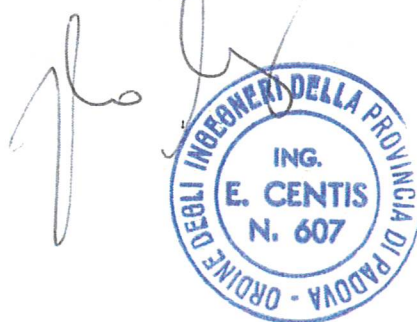
RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

La Ditta:

 **VENETA**
PREFABBRICATI s.r.l.
Strada Naz. Romea, 17
15010 ROSOLINA (Rovigo)

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS



Ottobre 2006

DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 40 cm.
Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti :

Diametro cm	40;
Spessore in chiave cm	9,10;
Spessore alle reni cm	5,60;
Spessore alla base cm	10,00;
Larghezza di base cm	32,00;
Lunghezza elemento	200 cm.

Poiché lo stampo risulta conico a favore della stabilità si è assunto lo spessore minimo in chiave, alle reni, alla base e della larghezza di base; la lunghezza assunta è quella nominale.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali di 1^a Categoria ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo	Massimo
(cm)	(cm)
30	480.

La trincea dovrà essere stretta di larghezza non superiore a m 1,62 misurata all'estradosso della tubazione.

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante.
- a sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn. complessive per strade di 1^a categoria;
- allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratorii utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alle dimensioni degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,9	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk}=0,70 \cdot F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 \cdot F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$\Gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$$
$$\phi = 25^\circ$$

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a :

D.M. 14-09-2005 "Nuove norme tecniche per le Costruzioni"
Detto provvedimento, consente per il periodo di 18 mesi dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche cioè fino al 22/05/2007 la possibilità di applicare, in alternativa ai contenuti del medesimo Decreto, le normative precedenti. Si applicano queste ultime e cioè quanto di seguito citato.

- D.M. LL. PP. 16-01-96 e Circolare 4-07-1996 n° 156 AA/GG/STC del Ministero dei LL PP "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, le stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 12-12-85 del Ministero dei LL PP "Norme tecniche relative alle tubazioni e relative istruzioni".
- D.M. LL. PP. 04-05-90 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare munito di piano d'appoggio con spessori variabili che verrà appoggiato su un adeguato cuscinetto di magrone eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- ◆ Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_t);
- ◆ Carichi verticali mobili rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonn; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Un asse da 20 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;
 - ⇒ Tre assi da 20 tonn;

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3m \rightarrow 1,30$
- per $0,30m \leq H \leq 0,6m \rightarrow 1,20$
- per $0,60m \leq H \leq 0,9m \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9m \rightarrow 1,00$

- ◆ Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3.D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} $C_{d-chiave}$

CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Saranno effettuate prove sperimentali di schiacciamento, nello stabilimento di produzione, in modo da poter controllare che i valori siano comparabili con quelli trovati teoricamente. Nelle verifiche finali tuttavia, ad ulteriore favore della stabilità, si assumono dei valori di calcolo (del carico di fessurazione che per quello di collasso) inferiori al minimo valore teorico riscontrato.

COEFFICIENTI DI SICUREZZA E FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Come consiglia la letteratura tecnica in materia vengono assunti i seguenti coefficienti di sicurezza:

C_f Coefficiente di sicurezza tra il carico di fessurazione totale (stato limite di esercizio) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,00.

C_c Coefficiente di sicurezza tra il carico totale di collasso (stato limite ultimo) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,50.

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K \cdot P_{fess} / P_{tot} > C_f$$

$$K \cdot P_{coll} / P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su pc sviluppato dallo studio dello scrivente professionista completamente affidabile ampiamente collaudato sulla base di controlli e riscontri passo passo.

1^a Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

A. Sezione Manufatto

- Diametro del tubo;
- Spessore in chiave;
- Spessore alle reni;
- Spessore di base;
- Larghezza di base.

B. Caratteristiche dei Materiali impiegati

- Calcestruzzo;
- Acciaio;

Dati di Uscita:

□ Calcolo Sollecitazioni:

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave alle reni ed alla base.

□ Carico di Schiacciamento:

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2^a Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondono. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

- Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:
 - Terreno di riempimento;
 - Carico mobile;
 - Acqua interna alla tubazione

- Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

- Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL RIENTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su cuscinetto di cls magrone gettato in sito.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls magrone;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati fino a strati variabili da 30 → 60 cm sopra la tubazione da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

E' da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme; la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rincalzo;
- Riempimento;
- Copertura:

Il rincalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rincalzo dovrà avvenire con le modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse cioè ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rincalzo verrà eseguito il riempimento il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolare cedimenti.

Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che ci

sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo cioè in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse la tubo.

La sistemazione dello strato superficiale cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso sia garantita la penetrazione e la compattazione ai fianchi della tubazione.

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



The image shows a handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Ennio Centis'. To the right of the signature is a circular blue stamp. The stamp contains the following text: 'ING. E. CENTIS' in the center, 'N. 607' below it, and 'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PADOVA' around the perimeter.

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 40
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 30 → 480 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

TABULATI DI CALCOLO

- ⇒ - Calcolo del Carico di Schiacciamento teorico
- ⇒ - Calcolo delle azioni
- ⇒ - Calcolo delle sollecitazioni
- ⇒ - Verifica delle sezioni

La Ditta:

 **VENETA**
PREFABBRICATI s.p.a.
Strada Naz. Romea, 80
45010 ROSOLINA (Rovigo)

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS

Ottobre 2006



COEFFICIENTE TECNOLGICO

C_t 1,15

COEFFICIENTI DIMENSIONALI

$C_{d-chiave}$ 0,90
 C_{d-reni} 0,97
 $C_{d-chiave}$ 0,88

DATI D'USCITA

CALCOLO del CARICO di SCHIACCIAMENTO del solo CONGLOMERATO

Rottura del cls in zona tesa

$M_{rott-Chiave}$ 780,60 (kg-m/m)
 $M_{rott-Reni}$ 319,54 (kg-m/m)
 $M_{rott-Base}$ 922,32 (kg-m/m)

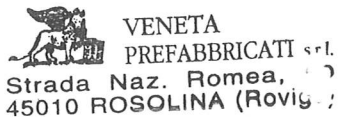
 $P_{rott-Chiave}$ 12828 (kg/m)
 $P_{rott-Reni}$ 18939 (kg/m)
 $P_{rott-Base}$ 10922 (kg/m)

CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO	10922 (kg/m)
---	---------------------

VERIFICA DI TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CLS SEMPLICE INTERRATI
PER FOGNATURE URBANE SOTTOSTANTI A SEDI STRADALI
CALCOLO con la teoria dei carichi ovalizzanti

LAVORO DIAMETRO ϕ 40 cm

DITTA



PROGETTO RICOPRIMENTO h = 0,30 → 4,80 m

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 02/10/2006

DATI D'INGRESSO

CARICO di fessurazione di calcolo 7500 (kg/m)

CARICO di collasso di calcolo 7500 (kg/m)

AZIONI

⇒Peso proprio

⇒Peso del terreno di riempimento

Caratteristiche medie del terreno di riempimento

Argilloso normale

- Peso specifico

1800 (kg/m³)

- Angolo d'attrito interno

25 (°)

- Coefficiente di spinta attiva

0,41

- Angolo d'attrito terreno naturale-terreno di riempimento

16,67 (°)

⇒Carico mobile per strade di

1 Categoria

MEZZO CONVENZIONALE A 3 ASSI DA 60 TONN

- Angolo di ripartizione carico

45 (°)

⇒Peso acqua interna

COEFFICIENTE DI POSA

Appoggio su cuscinetto in cls di larghezza \geq Lb

1,50

INTERRAMENTO

Ricoprimento minimo

0,30 (m)

Ricoprimento massimo

4,80 (m)

VERIFICA A FESSURAZIONE ed A COLLASSO

CASO RICOPRIMENTO minimo

- Ricoprimento tubazione	0,30 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	1,62 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	0,99 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	2,99 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	6747 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	2,49 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	2,99 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	5369 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	3,99 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	2,99 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	5026 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	0,99 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	0,99 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	10182 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	10182 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	0,99 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	0,99 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	369 (kg/m)
2 Carico mobile M	5572 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	127 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	369 (kg/m)
2 Carico mobile $M \gamma_Q$	5572 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \psi$	64 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 6005 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,87

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	369 (kg/m)
2 Carico mobile $M \psi$	2786 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \gamma_Q$	127 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 3283 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 3,43

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	369 (kg/m)
2 Carico mobile M	5572 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	127 (kg/m)
γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70
Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$,
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	517 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	8358 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	89 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>8964 (kg/m)</u>
Sicurezza a Collasso	1,26

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$,
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	517 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	3900 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	191 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>4608 (kg/m)</u>
Sicurezza a Collasso	2,44

Verifica soddisfatta

CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	4,80 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	1,62 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,5
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	9,99 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	11,99 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	167 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	11,49 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	11,99 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	290 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	12,99 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	11,99 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	385 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	9,99 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	9,99 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	100 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	385 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	12,99 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	11,99 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	5910 (kg/m)
2 Carico mobile M	176 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	127 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	5910 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	176 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	64 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 6149 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,83

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	5910 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	88 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	127 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 6125 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,84

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

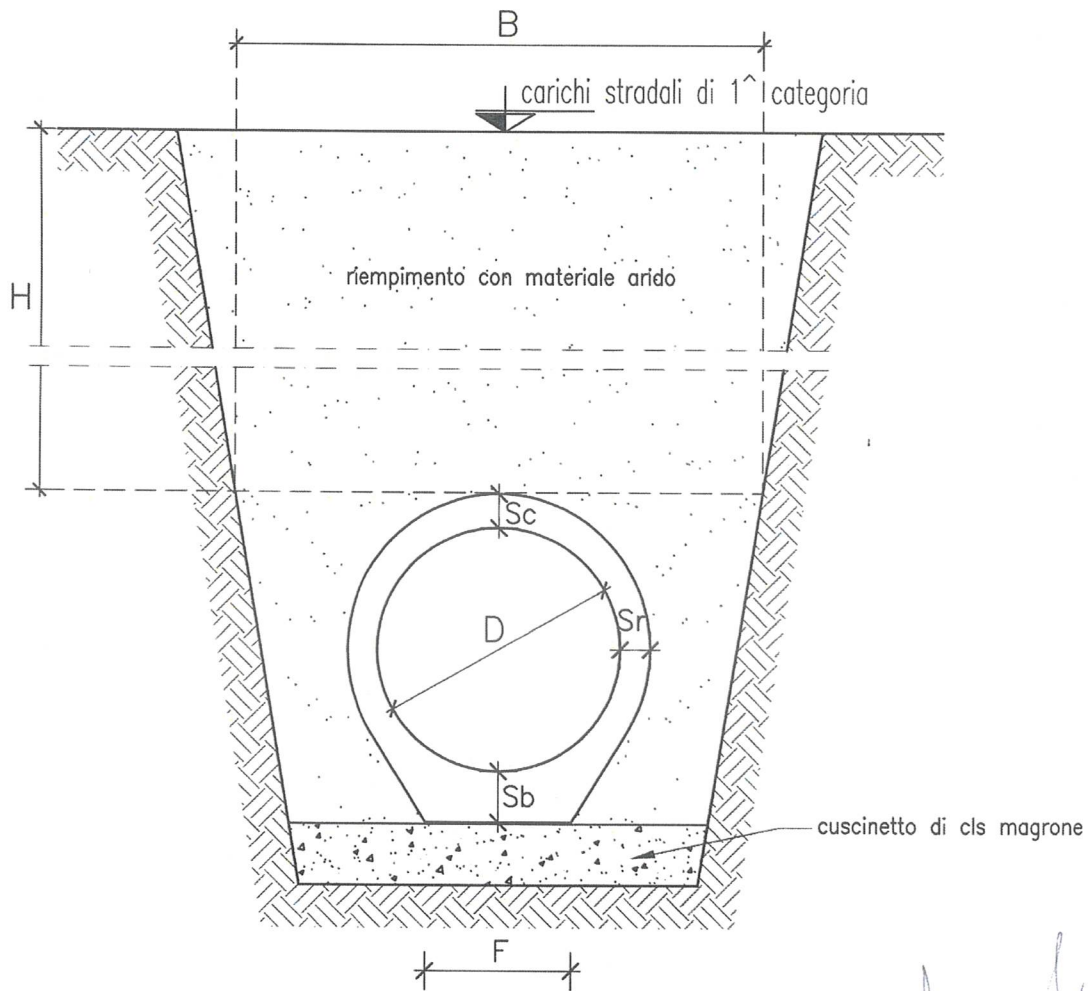
1 Terreno di riempimento P_t	5910 (kg/m)
2 Carico mobile M	176 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	127 (kg/m)
γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70
Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$:
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	8274 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	263 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	89 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 8626 (kg/m)
Sicurezza a Collasso	1,30

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	8274 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	123 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	191 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 8587 (kg/m)
Sicurezza a Collasso	1,31

Verifica soddisfatta

SCHEMA GRAFICO DI POSA IN OPERA TUBO CIRCOLARE



D	Sc	Sr	Sb	F
40	9,1	5,6	10	32
misure espresse in centimetri				

Larghezza scavo : $B \leq 1,62$ m
Ricoprimento : $H = 0,30 \text{--} \text{--} 4,80$ m

Calcestruzzo $R_{ck} \geq 400$ kg/cmq



Data : Ottobre 2006

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI


DIAMETRO INTERNO cm 50
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 30 → 450 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

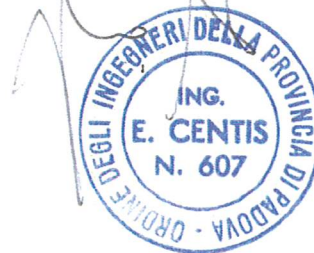
La Ditta:

 **VENETA**
PREFABBRICATI s.r.l.
Strada Naz. Romea, 83
45010 ROSOLINA (Rovigo)

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS

Ottobre 2006



DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 40 cm.
Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti :

Diametro cm	50;
Spessore in chiave cm	9,50;
Spessore alle reni cm	7,00;
Spessore alla base cm	12,00;
Larghezza di base cm	40,00;
Lunghezza elemento	200 cm.

Poiché lo stampo risulta conico a favore della stabilità si è assunto lo spessore minimo in chiave, alle reni, alla base e della larghezza di base; la lunghezza assunta è quella nominale.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali di 1^a Categoria ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo	Massimo
(cm)	(cm)
30	450.

La trincea dovrà essere stretta di larghezza non superiore a m 1,62 misurata all'estradosso della tubazione.

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante.
- a sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn. complessive per strade di 1^a categoria;
- allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratorii utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alle dimensioni degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,9	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk}=0,70 \cdot F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 \cdot F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$\Gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$$
$$\phi = 25^\circ$$

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a :

D.M. 14-09-2005 "Nuove norme tecniche per le Costruzioni"
Detto provvedimento, consente per il periodo di 18 mesi dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche cioè fino al 22/05/2007 la possibilità di applicare, in alternativa ai contenuti del medesimo Decreto, le normative precedenti. Si applicano queste ultime e cioè quanto di seguito citato.

- D.M. LL. PP. 16-01-96 e Circolare 4-07-1996 n° 156 AA/GG/STC del Ministero dei LL PP "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, le stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 12-12-85 del Ministero dei LL PP "Norme tecniche relative alle tubazioni e relative istruzioni".
- D.M. LL. PP. 04-05-90 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare munito di piano d'appoggio con spessori variabili che verrà appoggiato su un adeguato cuscinetto di magrone eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- ◆ Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_t);
- ◆ Carichi verticali mobili rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonn; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Un asse da 20 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;
 - ⇒ Tre assi da 20 tonn;

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3m \rightarrow 1,30$
- per $0,30m \leq H \leq 0,6m \rightarrow 1,20$
- per $0,60m \leq H \leq 0,9m \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9m \rightarrow 1,00$

- ◆ Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3.D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} $C_{d-chiave}$

CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K.P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Saranno effettuate prove sperimentali di schiacciamento, nello stabilimento di produzione, in modo da poter controllare che i valori siano comparabili con quelli trovati teoricamente. Nelle verifiche finali tuttavia, ad ulteriore favore della stabilità, si assumono dei valori di calcolo (del carico di fessurazione che per quello di collasso) inferiori al minimo valore teorico riscontrato.

COEFFICIENTI DI SICUREZZA E FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Come consiglia la letteratura tecnica in materia vengono assunti i seguenti coefficienti di sicurezza:

C_f Coefficiente di sicurezza tra il carico di fessurazione totale (stato limite di esercizio) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,00.

C_c Coefficiente di sicurezza tra il carico totale di collasso (stato limite ultimo) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,50.

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K \cdot P_{fess} / P_{tot} > C_f$$

$$K \cdot P_{coll} / P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su pc sviluppato dallo studio dello scrivente professionista completamente affidabile ampiamente collaudato sulla base di controlli e riscontri passo passo.

1^a Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

A. Sezione Manufatto

- Diametro del tubo;
- Spessore in chiave;
- Spessore alle reni;
- Spessore di base;
- Larghezza di base.

B. Caratteristiche dei Materiali impiegati

- Calcestruzzo;
- Acciaio;

Dati di Uscita:

□ Calcolo Sollecitazioni:

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave alle reni ed alla base.

□ Carico di Schiacciamento:

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2ª Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondono. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

- Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:
 - Terreno di riempimento;
 - Carico mobile;
 - Acqua interna alla tubazione

- Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

- Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL REINTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su cuscinetto di cls magrone gettato in sito.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls magrone;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati fino a strati variabili da 30 → 60 cm sopra la tubazione da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

E' da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme; la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rincalzo;
- Riempimento;
- Copertura:

Il rincalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rincalzo dovrà avvenire con le modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse cioè ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rincalzo verrà eseguito il riempimento il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolare cedimenti.

Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che ci

sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo cioè in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse la tubo.

La sistemazione dello strato superficiale cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso sia garantita la penetrazione e la compattazione ai fianchi della tubazione.

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



A handwritten signature in blue ink is written over a circular blue stamp. The stamp contains the text: "ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PADOVA" around the perimeter, "ING. E. CENTIS" in the center, and "N. 607" below the name.

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 50
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 30 → 450 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

TABULATI DI CALCOLO

- ⇒ - Calcolo del Carico di Schiacciamento teorico
- ⇒ - Calcolo delle azioni
- ⇒ - Calcolo delle sollecitazioni
- ⇒ - Verifica delle sezioni

La Ditta:

 **VENETA**
PREFABBRICATI s.r.l.
Strada Naz. Romea, 80
45010 ROSOLINA (Rovigo)

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS



Ottobre 2006

COEFFICIENTE TECNOLGICO

C_t	1,15
-------	------

COEFFICIENTI DIMENSIONALI

$C_{d-chiave}$	0,89
C_{d-reni}	0,95
$C_{d-chiave}$	0,84

DATI D'USCITA

CALCOLO del CARICO di SCHIACCIAMENTO del solo CONGLOMERATO

Rottura del cls in zona tesa

$M_{rott-Chiave}$	842,51 (kg·m/m)
$M_{rott-Reni}$	485,45 (kg·m/m)
$M_{rott-Base}$	1268,05 (kg·m/m)
$P_{rott-Chiave}$	12430 (kg/m)
$P_{rott-Reni}$	20849 (kg/m)
$P_{rott-Base}$	11484 (kg/m)


CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

11484 (kg/m)

**VERIFICA DI TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CLS SEMPLICE INTERRATI
PER FOGNATURE URBANE SOTTOSTANTI A SEDI STRADALI
CALCOLO con la teoria dei carichi ovalizzanti**

LAVORO DIAMETRO ϕ 50 cm

DITTA

 **VENETA
PREFABBRICATI s.r.l.**
Strada Naz. Romea, 10
45010 ROSOLINA (Rovigo)

PROGETTO RICOPRIMENTO h = 0,30 → 4,50 m

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 03/10/2006

DATI D'INGRESSO

CARICO di fessurazione di calcolo 8500 (kg/m)

CARICO di collasso di calcolo 8500 (kg/m)

AZIONI

⇒Peso proprio

⇒Peso del terreno di riempimento

Caratteristiche medie del terreno di riempimento

Argilloso normale

- Peso specifico	1800 (kg/m ³)
- Angolo d'attrito interno	25 (°)
- Coefficiente di spinta attiva	0,41
- Angolo d'attrito terreno naturale-terreno di riempimento	16,67 (°)

⇒Carico mobile per strade di 1 Categoria
MEZZO CONVENZIONALE A 3 ASSI DA 60 TONN

- Angolo di ripartizione carico 45 (°)

⇒Peso acqua interna

COEFFICIENTE DI POSA

Appoggio su cuscinetto in cls di larghezza \geq Lb 1,50

INTERRAMENTO

Ricoprimento minimo 0,30 (m)

Ricoprimento massimo 4,50 (m)

VERIFICA A FESSURAZIONE ed A COLLASSO

CASO RICOPRIMENTO minimo

- Ricoprimento tubazione	0,30 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	1,78 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,00 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,00 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	6711 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	2,50 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,00 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	5353 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	4,00 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,00 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	5015 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,00 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,00 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	10101 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	10101 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	1,00 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,00 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	462 (kg/m)
2 Carico mobile M	6909 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	199 (kg/m)
γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50
Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	462 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	6909 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	99 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7470 (kg/m)
Sicurezza a fessurazione	1,71
Verifica soddisfatta	
Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	462 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	3454 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	199 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 4115 (kg/m)
Sicurezza a fessurazione	3,10
Verifica soddisfatta	

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	462 (kg/m)
2 Carico mobile M	6909 (kg/m)
3 Carico acqua interna Ac	199 (kg/m)
γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70
Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + Ac \times \psi$:
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	646 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	10363 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \psi$	139 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	11149 (kg/m)
Sicurezza a Collasso	1,14

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + Ac \times \gamma_Q$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	646 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	4836 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \gamma_Q$	298 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	5781 (kg/m)
Sicurezza a Collasso	2,21

Verifica soddisfatta

CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	4,50 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	1,78 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,5
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	9,40 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	11,40 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	187 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	10,90 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	11,40 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	322 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	12,40 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	11,40 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	425 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	9,40 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	9,40 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	113 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	425 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	12,40 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	11,40 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	6926 (kg/m)
2 Carico mobile M	242 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	199 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	6926 (kg/m)
2 Carico mobile $M \gamma_Q$	242 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \psi$	99 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7267 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,75

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \gamma_G$	6926 (kg/m)
2 Carico mobile $M \psi$	121 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \gamma_Q$	199 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7245 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,76

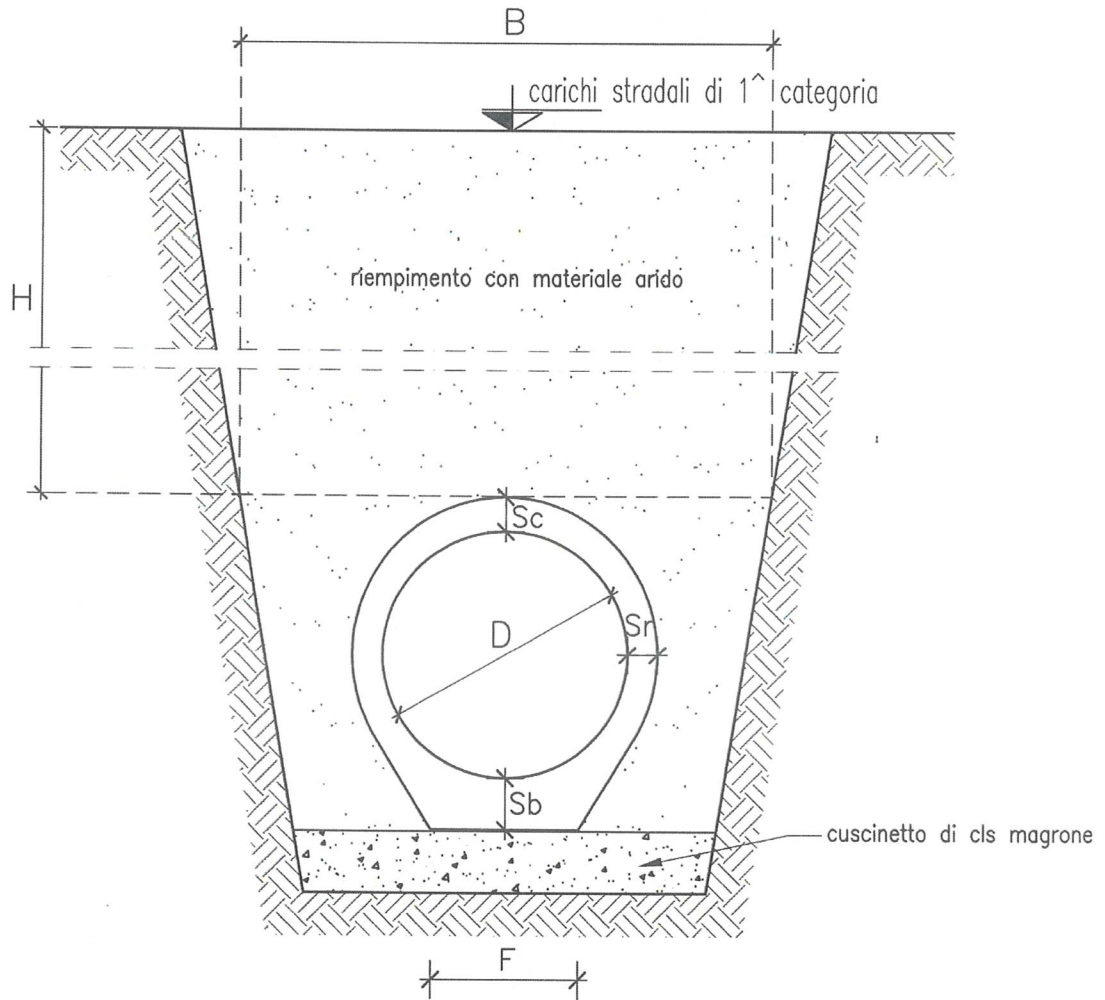
Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	6926 (kg/m)
2 Carico mobile M	242 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	199 (kg/m)
γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70
Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	9696 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	363 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	139 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>10198 (kg/m)</u>
Sicurezza a Collasso	1,25
Verifica soddisfatta	
Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	9696 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	169 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	298 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>10163 (kg/m)</u>
Sicurezza a Collasso	1,25
Verifica soddisfatta	

SCHEMA GRAFICO DI POSA IN OPERA TUBO CIRCOLARE



D	Sc	Sr	Sb	F
50	9,5	7	12	40
misure espresse in centimetri				

Larghezza scavo : $B \leq 1,78$ m
Ricoprimento : $H = 0,30 \rightarrow 4,50$ m
Calcestruzzo $R_{ck} \geq 400$ kg/cm ²



Data : Ottobre 2006

TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 60
Lunghezza manufatto cm 200

DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 30 → 400 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

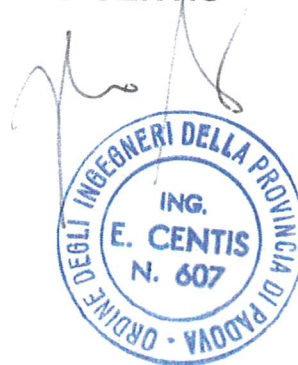
La Ditta:

 **VENETA**
PREFABBRICATI srl.
Strada Naz. Romea, 80
45010 ROSOLINA (Rovigo)

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS

Ottobre 2006



DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 40 cm.
Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti :

Diametro cm	50;
Spessore in chiave cm	11,50;
Spessore alle reni cm	8,50;
Spessore alla base cm	13,10;
Larghezza di base cm	45,00;
Lunghezza elemento	200 cm.

Poiché lo stampo risulta conico a favore della stabilità si è assunto lo spessore minimo in chiave, alle reni, alla base e della larghezza di base; la lunghezza assunta è quella nominale.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali di 1^a Categoria ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo	Massimo
(cm)	(cm)
30	400.

La trincea dovrà essere stretta di larghezza non superiore a m 1,94 misurata all'estradosso della tubazione.

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- a sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno soprastante.
- a sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn. complessive per strade di 1^a categoria;
- allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratorii utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alle dimensioni degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,9	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk}=0,70 \cdot F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$f_{ctm f-t} = 0,70 \cdot F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,9	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$\Gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$$
$$\phi = 25^\circ$$

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a :

D.M. 14-09-2005 "Nuove norme tecniche per le Costruzioni"
Detto provvedimento, consente per il periodo di 18 mesi dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche cioè fino al 22/05/2007 la possibilità di applicare, in alternativa ai contenuti del medesimo Decreto, le normative precedenti. Si applicano queste ultime e cioè quanto di seguito citato.

- D.M. LL. PP. 16-01-96 e Circolare 4-07-1996 n° 156 AA/GG/STC del Ministero dei LL PP "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" e Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, le stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 12-12-85 del Ministero dei LL PP "Norme tecniche relative alle tubazioni e relative istruzioni".
- D.M. LL. PP. 04-05-90 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare munito di piano d'appoggio con spessori variabili che verrà appoggiato su un adeguato cuscinetto di magrone eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- ◆ Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_t);
- ◆ Carichi verticali mobili rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonn; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Un asse da 20 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;
 - ⇒ Tre assi da 20 tonn;.

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3m \rightarrow 1,30$
- per $0,30m \leq H \leq 0,6m \rightarrow 1,20$
- per $0,60m \leq H \leq 0,9m \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9m \rightarrow 1,00$

- ◆ Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3.D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} $C_{d-chiave}$

CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Saranno effettuate prove sperimentali di schiacciamento, nello stabilimento di produzione, in modo da poter controllare che i valori siano comparabili con quelli trovati teoricamente. Nelle verifiche finali tuttavia, ad ulteriore favore della stabilità, si assumono dei valori di calcolo (del carico di fessurazione che per quello di collasso) inferiori al minimo valore teorico riscontrato.

COEFFICIENTI DI SICUREZZA E FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Come consiglia la letteratura tecnica in materia vengono assunti i seguenti coefficienti di sicurezza:

C_f Coefficiente di sicurezza tra il carico di fessurazione totale (stato limite di esercizio) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,00.

C_c Coefficiente di sicurezza tra il carico totale di collasso (stato limite ultimo) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,50.

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K \cdot P_{fess} / P_{tot} > C_f$$

$$K \cdot P_{coll} / P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1	1	0,5

STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a) $P_t \gamma_G + M \gamma_Q + A_c \psi$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

Combinazione b) $P_t \gamma_G + M \psi + A_c \gamma_Q$

γ_G	γ_Q	ψ
1,40	1,50	0,7

PROGRAMMA DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su pc sviluppato dallo studio dello scrivente professionista completamente affidabile ampiamente collaudato sulla base di controlli e riscontri passo passo.

1^a Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

A. Sezione Manufatto

- Diametro del tubo;
- Spessore in chiave;
- Spessore alle reni;
- Spessore di base;
- Larghezza di base.

B. Caratteristiche dei Materiali impiegati

- Calcestruzzo;
- Acciaio;

Dati di Uscita:

□ Calcolo Sollecitazioni:

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave alle reni ed alla base.

□ Carico di Schiacciamento:

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2^a Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondono. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

□ Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:

- Terreno di riempimento;
- Carico mobile;
- Acqua interna alla tubazione

□ Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

□ Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL REINTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su cuscinetto di cls magrone gettato in sito.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls magrone;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati fino a strati variabili da 30 → 60 cm sopra la tubazione da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

E' da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme; la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rincalzo;
- Riempimento;
- Copertura:

Il rincalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rincalzo dovrà avvenire con le modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse cioè ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rincalzo verrà eseguito il riempimento il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolare cedimenti.

Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che ci

sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo cioè in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse la tubo.

La sistemazione dello strato superficiale cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso sia garantita la penetrazione e la compattazione ai fianchi della tubazione.

Il Consulente:

Ing. ENNIO CENTIS



TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO
CEMENTIZIO PREFORMATI DI

DIAMETRO INTERNO cm 60
Lunghezza manufatto cm 200


DA PORSI IN OPERA INTERRATI SOTTOSTANTI A STRADE
DI 1^a CATEGORIA

RICOPRIMENTO DA 30 → 400 cm
SU CUSCINETTO DI CALCESTRUZZO

TABULATI DI CALCOLO

- ⇒ - Calcolo del Carico di Schiacciamento teorico
- ⇒ - Calcolo delle azioni
- ⇒ - Calcolo delle sollecitazioni
- ⇒ - Verifica delle sezioni

La Ditta:

 **VENETA**
PREFABBRICATI srl.
Strada Naz. Romea, 1
45010 ROSOLINA (Rovig-)

Il Consulente:

ing. ENNIO CENTIS

Ottobre 2006



COEFFICIENTE TECNOLGICO

C_t	1,15
-------	------

COEFFICIENTI DIMENSIONALI

$C_{d-chiave}$	0,86
C_{d-reni}	0,91
$C_{d-chiave}$	0,82

DATI D'USCITA

CALCOLO del CARICO di SCHIACCIAMENTO del solo CONGLOMERATO

Rottura del cls in zona tesa

$M_{rott-Chiave}$	1089,93 (kg·m/m)
$M_{rott-Reni}$	691,06 (kg·m/m)
$M_{rott-Base}$	1476,05 (kg·m/m)
$P_{rott-Chiave}$	12883 (kg/m)
$P_{rott-Reni}$	20974 (kg/m)
$P_{rott-Base}$	12062 (kg/m)

CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO	12062 (kg/m)
---	---------------------

VERIFICA DI TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CLS SEMPLICE INTERRATI
PER FOGNATURE URBANE SOTTOSTANTI A SEDI STRADALI
CALCOLO con la teoria dei carichi ovalizzanti

LAVORO DIAMETRO ϕ 60 cm

DITTA

PROGETTO RICOPRIMENTO $h = 0,30 \rightarrow 4,50$ m

CONSULENTE Ing. ENNIO CENTIS

PADOVA 03/10/2006



VENETA
PREFABBRICATI s.r.l.
 Strada Naz. Romea, 87
 45010 ROSOLINA (Rovigo)

DATI D'INGRESSO

CARICO di fessurazione di calcolo	9000 (kg/m)
CARICO di collasso di calcolo	9000 (kg/m)
AZIONI	
⇒Peso proprio	
⇒Peso del terreno di riempimento	
Caratteristiche medie del terreno di riempimento	Argilloso normale
- Peso specifico	1800 (kg/m ³)
- Angolo d'attrito interno	25 (°)
- Coefficiente di spinta attiva	0,41
- Angolo d'attrito terreno naturale-terreno di riempimento	16,67 (°)
⇒Carico mobile per strade di MEZZO CONVENZIONALE A 3 ASSI DA 60 TONN	1 Categoria
- Angolo di ripartizione carico	45 (°)
⇒Peso acqua interna	
COEFFICIENTE DI POSA	
Appoggio su cuscinetto in cls di larghezza \geq Lb	1,50
INTERRAMENTO	
Ricoprimento minimo	0,30 (m)
Ricoprimento massimo	4,00 (m)

VERIFICA A FESSURAZIONE ed A COLLASSO

CASO RICOPRIMENTO minimo

- Ricoprimento tubazione	0,30 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	1,94 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,01 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,01 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	6579 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	2,51 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,01 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	5294 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	4,01 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,01 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4971 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,01 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,01 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	9803 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	9803 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	1,01 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,01 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	555 (kg/m)
2 Carico mobile M	8058 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	286 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	555 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	8058 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	143 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 8756 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,54

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	555 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	4029 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	286 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 4870 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 2,77

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	555 (kg/m)
2 Carico mobile M	8058 (kg/m)
3 Carico acqua interna Ac	286 (kg/m)

γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + Ac \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	777 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	12087 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \psi$	200 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 13064 (kg/m)

Sicurezza a Collasso 1,03

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + Ac \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	777 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	5641 (kg/m)
3 Carico acqua interna $Ac \times \gamma_Q$	429 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 6847 (kg/m)

Sicurezza a Collasso 1,97

Verifica soddisfatta

CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	4,00 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	1,94 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,5
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 ASSE DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	8,41 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	10,41 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	228 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	9,91 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	10,41 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	388 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	3 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	11,41 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	10,41 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	505 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	8,41 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	8,41 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	141 (kg/m ²)
CARICO MOBILE AGENTE	505 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	11,41 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	10,41 (m)

DATI DI USCITA

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1 Terreno di riempimento P_t	7398 (kg/m)
2 Carico mobile M	346 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	286 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	7398 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	346 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	143 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7887 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,71

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$

1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	7398 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	173 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	286 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 7857 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,72

Verifica soddisfatta

VERIFICA A COLLASSO

CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

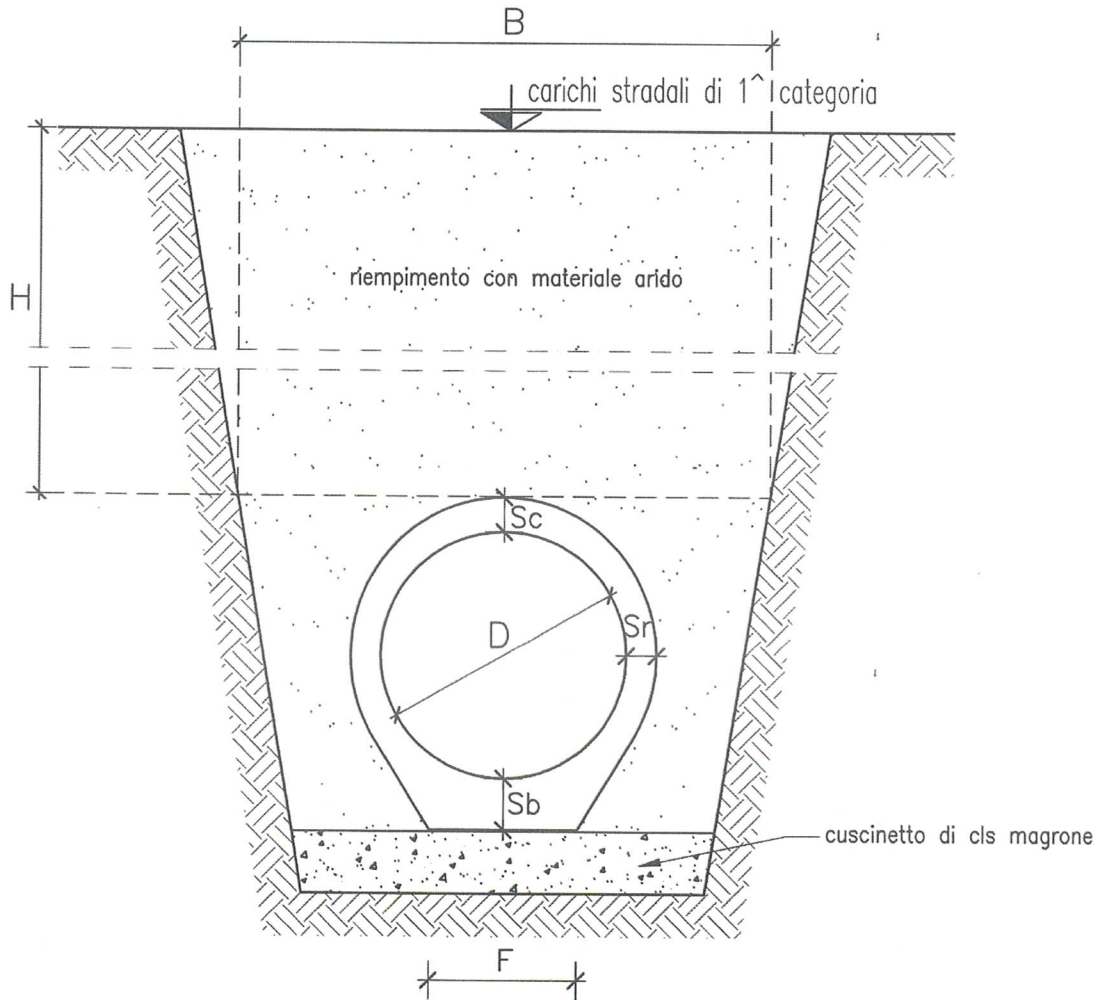
1 Terreno di riempimento P_t	7398 (kg/m)
2 Carico mobile M	346 (kg/m)
3 Carico acqua interna A_c	286 (kg/m)
γ_G	1,40
γ_Q	1,50
Coefficiente di combinazione ψ	0,70
Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M \times \gamma_Q + A_c \times \psi$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	10357 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \gamma_Q$	519 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \psi$	200 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 11077 (kg/m)
Sicurezza a Collasso	1,22

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	10357 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	242 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	429 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<hr/> 11029 (kg/m)
Sicurezza a Collasso	1,22

Verifica soddisfatta

SCHEMA GRAFICO DI POSA IN OPERA TUBO CIRCOLARE



D	Sc	Sr	Sb	F
60	11	8,5	13,1	45
misure espresse in centimetri				

Larghezza scavo : $B \leq 1,94$ m

Ricoprimento : $H = 0,30 \rightarrow 4,00$ m

Calcestruzzo Rck ≥ 400 kg/cmq



Data : Ottobre 2006



RELAZIONE
TUBI CIRCOLARE CON PIANO DI POSA
IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PREFORMATI DI
D 120 cm – L = 200 cm
Norma tecnica NTC2018 – D.M. 17/01/2018

VENETA PREFABBRICATI S.R.L

Strada Statale Romea 80 – 45010 Rosolina

Via della Borsa n. 1/D, 31033 Castelfranco Veneto (TV)

Ing. Loris Luison

Progettista

RELAZIONE

DI CALCOLO

NOVEMBRE 2024

ELABORATO

TBP-12

ARCHIVIO 24.A13

REVISIONE	DATA	RESPONSABILE	FILE
01	08-11-2024	SLM	Rel. TBP-12 05-11-2024

INDICE

1 DESCRIZIONE	3
2 METODO COSTRUTTIVO	4
2.1 MATERIALI	4
2.1.1 RESISTENZE DI CALCOLO	4
2.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO	4
3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4 METODO DI CALCOLO	6
4.1 DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO	6
4.1.1 <i>Calcolo del Carico di Schiacciamento</i>	6
4.2 CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA	6
4.3 COEFFICIENTI DI SICUREZZA E FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO	7
4.4 VERIFICA	7
4.4.1 STATI LIMITE DI ESERCIZIO	8
4.4.2 STATI LIMITE ULTIMI	8
5 FOGLIO DI CALCOLO	9
6 PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL REINTERRO	11
7 TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE	14
7.1.1 DATI D'INGRESSO	14
7.1.1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	14
7.1.1.2 MATERIALI	14
7.1.1.3 RESISTENZE DI CALCOLO	14
7.1.1.4 COEFFICIENTE TECNOLOGICO	15
7.1.1.5 COEFFICIENTE DIMENSIONALE	15
7.1.2 DATI D'USCITA	15
7.1.2.1 CALCOLO DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO DEL SOLO CONGLOMERATO	15
8 VERIFICA DI TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CLS SEMPLICE INTERRATI	16
8.1.1 DATI D'INGRESSO	16
8.1.1.1 AZIONI	16
8.1.1.2 COEFFICIENTE DI POSA	16
8.1.1.3 INTERRAMENTO	16
8.2 VERIFICA A FESSURAZIONE ED A COLLASSO	17
8.2.1 CASO RICOPRIMENTO <i>minimo</i>	17
8.2.2 DATI DI USCITA	17
8.2.2.1 VERIFICA A FESSURAZIONE	17

8.2.2.2	CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI	17
8.2.2.3	VERIFICA A COLLASSO	18
8.2.2.4	CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI	18
8.2.3	CASO RICOPRIMENTO <i>massimo</i>	19
8.2.4	DATI DI USCITA	19
8.2.4.1	VERIFICA A FESSURAZIONE	19
8.2.4.2	CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI	19
8.2.4.3	VERIFICA A COLLASSO	20
8.2.4.4	CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI	20
9 TUBO CIRCOLARE – SCHEMA GRAFICO DI POSA IN OPERA		21

1 DESCRIZIONE

Si tratta di tubi a sezione circolare in conglomerato cementizio, confezionati con il metodo della vibrocompressione, di lunghezza 200 cm da porsi in opera orizzontalmente aventi diametro interno 120 cm.

Le unioni tra i vari elementi sono del tipo a bicchiere.

Le principali caratteristiche geometriche sono le seguenti:

Diametro cm 120;

Spessore in chiave cm - 15,00;

Spessore alle reni cm - 13,00;

Spessore alla base cm - 21,70;

Larghezza di base cm 73,00;

Lunghezza elemento 200 cm.

Poiché lo stampo risulta conico a favore della stabilità si è assunto lo spessore minimo in chiave, alle reni, alla base e della larghezza di base; la lunghezza assunta è quella nominale.

Data la cura necessaria per produrre tale manufatto è previsto prefabbricato in cantiere specializzato.

Risulta idoneo allo smaltimento delle acque (non in pressione) ed a sopportare i carichi stradali determinati al capitolo 5.1.3.3.4 ed i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno sovrastante l'elemento.

I ricoprimenti potranno variare come di seguito riportato:

Minimo (cm)	Massimo (cm)
55	240.

La trincea dovrà essere stretta di larghezza non superiore a m 2,72 misurata all'estradosso della tubazione.

Gli elementi dovranno risultare idonei:

- A Sopportare i carichi permanenti dovuti al riempimento del terreno soprastante.
- A sopportare i carichi massimi rappresentati da un automezzo di 60 tonn, complessive per strade di 1° categoria;
- allo smaltimento delle acque ed a sopportare le spinte dell'acqua interna.

2 METODO COSTRUTTIVO

I manufatti saranno prodotti a mezzo opportuni getti di calcestruzzo entro speciali casseri muniti di accurati vibratori utilizzando il metodo della vibrocompressione.

La curva granulometrica degli inerti dovrà essere in conformità a quanto previsto dalle norme UNI vigenti ed in particolare alla dimensione degli inerti che dovranno essere variabili in funzione degli spessori adottati.

Il calcestruzzo sarà prodotto con moderne centrali di betonaggio nel cantiere di prefabbricazione in modo che sia tenuto conto dell'umidità degli inerti.

2.1 MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
----------------------------	-----	-----------------------

2.1.1 RESISTENZE DI CALCOLO

a) COMPRESSIONE

$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,90	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)

b) TRAZIONE

$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk} = 0,70 \cdot F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,90	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)

c) FLESSO-TRAZIONE

$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$F_{ctm f-t} = 0,70 \cdot F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,90	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

2.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI APPOGGIO

Si è adottato un terreno con le seguenti caratteristiche medie:

$$D_1 = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$\phi = 25^\circ$$

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto strutturale la determinazione delle azioni, delle sollecitazioni e la procedura di verifica si è fatto riferimento alla normativa italiana vigente con particolare riguardo a:

- D. M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord.) – “Norme tecniche per le Costruzioni”;
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 – Suppl. Ord.) - “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018”;

4 METODO DI CALCOLO

Il principio di calcolo utilizzato sarà quello dei carichi ovalizzanti che prende in esame i carichi dovuti al rinterro ai sovraccarichi esterni agenti sui tubi interrati rigidi e al liquido interno ma non in pressione.

Lo schema considerato è quello di un telaio chiuso simmetrico a forma circolare munito di piano d'appoggio con spessori variabili che verrà appoggiato su un adeguato cuscinetto di magrone eseguito in opera su suolo alla Winkler e soggetto alle seguenti condizioni di carico:

- Carichi verticali permanenti dovuti al rinterro (P_i);
- Carichi verticali mobili rappresentati secondo il capito 5.1.3.3.4 delle NTC18; viene considerato un carico equivalente uniforme (M) scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:
 - ⇒ Una ruota da 10 tonn;
 - ⇒ Carico Tandem 2 Q_{ik} da 30 tonn;
 - ⇒ Due assi da 20 tonn;

Per semplicità e a favore della stabilità si è considerata una diffusione del carico in profondità con un angolo di 45° .

Sarà considerato il carico più gravoso trovato incrementato del coefficiente vibratorio dinamico; quest'ultimo sarà assunto come segue:

- per $H \leq 0,3 \text{ m} \rightarrow 1,30$
- per $0,30 \text{ m} \leq H \leq 0,6 \text{ m} \rightarrow 1,20$
- per $0,60 \text{ m} \leq H \leq 0,9 \text{ m} \rightarrow 1,10$
- per $H \geq 0,9 \text{ m} \rightarrow 1,00$

- Effetti della massa dell'acqua interna (A_c).

4.1 DETERMINAZIONE DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO TEORICO

Simulando che la tubazione sia nelle medesime condizioni di quelle in cui si trova quando viene sottoposta alla prova di schiacciamento standard in laboratorio a mezzo speciale programma automatico di calcolo viene determinato il carico di schiacciamento teorico per m di condotta. Si considera che il tubo appoggi su due traversi di legno posti a distanza di $1/3 \cdot D_n$ e che sia soggetto ad una forza verticale in chiave, ripartita su un tratto di 10 cm rappresentante l'ala del profilato di ripartizione su cui poggia il martinetto, che cresce fino ad arrivare allo schiacciamento. Da un punto di vista teorico lo studio si può schematizzare come un telaio chiuso e soggetto ad una forza concentrata in chiave ed al peso proprio.

4.1.1 Calcolo del Carico di Schiacciamento

Nelle tre sezioni fondamentali chiave reni e base vengono calcolati i momenti di fessurazione e quelli di collasso.

Lo schema di equilibrio finale della sezione interna che viene considerato è quello della sezione tesa uniforme per tutto lo spessore equilibrata da una forza di compressione concentrata al lembo compresso.

Viene tenuto conto del costipamento esercitato dalle macchine formatrici a mezzo di un opportuno Coefficiente tecnologico. Infine, si tiene altresì conto della progressiva diminuzione di efficienza delle pareti del manufatto, in funzione dell'aumento dello spessore, applicando dei Coefficienti dimensionali $C_{d-chiave}$ C_{d-reni} C_{d-base}

4.2 CONDIZIONI DI APPOGGIO E COEFFICIENTI DI POSA

Durante la prova di schiacciamento il tubo è in condizioni del tutto diverse da quelle di esercizio.

Nelle prove sperimentali la tubazione è soggetta ad un carico concentrato ed appoggiata inferiormente su due appoggi, mentre in esercizio la tubazione appoggia invece su una lunghezza di ampiezza prefissata ed il carico verticale si può ritenere uniforme. Pertanto, si dovrà tener conto di un opportuno coefficiente denominato "Coefficiente di posa".

La relazione di passaggio sarà:

$$P = K \cdot P_{sch}$$

- K Coefficiente di posa;
- P_{sch} Carico di schiacciamento;
- P Carico di schiacciamento da confrontare con il carico totale agente in esercizio nella tubazione.

Il coefficiente di posa è funzione del tipo di posa che viene effettuata e viene riportato nell'allegato tabulato di calcolo.

Saranno effettuate prove sperimentali di schiacciamento, nello stabilimento di produzione, in modo da poter controllare che i valori siano comparabili con quelli trovati teoricamente. Nelle verifiche finali, tuttavia, ad ulteriore favore della stabilità, si assumono dei valori di calcolo (del carico di fessurazione che per quello di collasso) inferiori al minimo valore teorico riscontrato.

4.3 COEFFICIENTI DI SICUREZZA E FORMULE DI VERIFICA E CALCOLO

Come consiglia la letteratura tecnica in materia vengono assunti i seguenti coefficienti di sicurezza:

- C_f Coefficiente di sicurezza tra il carico di fessurazione totale (stato limite di esercizio) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,00.
- C_c Coefficiente di sicurezza tra il carico totale di collasso (stato limite ultimo) ed il carico totale agente sul tubo.
Viene assunto pari a 1,50.

Per la verifica si calcola il massimo carico verticale per ml, trascurando la benefica spinta orizzontale del terreno, e lo si confronta rispettivamente con il carico di fessurazione ed il carico di collasso maggiorati del coefficiente di posa in modo che si abbia sempre:

$$K \cdot P_{fess} / P_{tot} > C_f$$

$$K \cdot P_{coll} / P_{tot} > C_c$$

dove:

- P_{tot} Carico totale verticale
- C_{fess} Coefficiente di sicurezza a fessurazione
- C_{coll} Coefficiente di sicurezza a collasso

4.4 VERIFICA

Si utilizzano le procedure del metodo semiprobabilistico eseguendo le verifiche degli stati limite di esercizio (S.L.E.) e agli stati limite ultimi (S.L.U.) condotte come segue.

4.4.1 STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a)	$P_t \times \gamma_G + M_{X\gamma_Q} + A_{CX\Psi}$			
		γ_G	γ_Q	Ψ
		1	1	0,5
Combinazione b)	$P_t \times \gamma_G + M_{X\Psi} + A_{CX\gamma_Q}$			
		γ_G	γ_Q	Ψ
		1	1	0,5

4.4.2 STATI LIMITE ULTIMI

Carichi agenti:

1. Terreno di riempimento P_t
2. Carico mobile M
3. Acqua interna A_c

Combinazione a)	$P_t \times \gamma_G + M_{X\gamma_Q} + A_{CX\Psi}$			
		γ_G	γ_Q	Ψ
		1,30	1,50	0,7
Combinazione b)	$P_t \times \gamma_G + M_{X\Psi} + A_{CX\gamma_Q}$			
		γ_G	γ_Q	Ψ
		1,30	1,50	0,7

5 FOGLIO DI CALCOLO

L'Analisi strutturale viene sviluppata con il modello precedentemente descritto con l'ausilio di un foglio di calcolo automatico sviluppato dallo studio dello scrivente professionista.

1° Fase: Calcolo del carico di Schiacciamento

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- A. Sezione Manufatto
 - Diametro del tubo;
 - Spessore in chiave;
 - Spessore alle reni;
 - Spessore di base;
 - Larghezza di base.

- B. Caratteristiche dei Materiali impiegati
 - Calcestruzzo;
 - Acciaio;

Dati di Uscita:

- Calcolo Sollecitazioni:

Vengono calcolati nelle tre sezioni fondamentali M_{rott} in chiave, alle reni e alla base e conseguentemente il carico applicato (in una prova simulata) che provoca la rottura per cedimento del cls in zona tesa in chiave, alle reni ed alla base.

- Carico di Schiacciamento:

Viene adottato come carico di Schiacciamento teorico il minore dei tre valori trovati

2° Fase: Verifica della condotta

Vengono forniti i seguenti Dati di Ingresso:

- I. Le caratteristiche di resistenza allo Schiacciamento: Carico di Fessurazione e Carico di collasso. Nel caso di elementi in cls corrispondano. Il Carico di Fessurazione e quello di collasso di calcolo saranno assunti prudenzialmente inferiori a quello teorico e dovranno essere confermati da prove sperimentali di laboratorio.
- II. Caratteristiche del terreno di riempimento:
 - Peso specifico;
 - Angolo d'attrito interno;
 - Coefficiente di spinta attiva;
 - Angolo d'attrito terreno naturale e terreno di riempimento;
- III. Tipo di posa e Coefficiente di posa
- IV. Interramento minimo e massimo e larghezza massima della trincea misurata nella generatrice superiore del tubo;

Dati di Uscita:

- Calcolo Carichi equivalenti agenti sulla condotta dovuti a:
 - Terreno di riempimento;
 - Carico mobile;
 - Acqua interna alla tubazione

- Combinazioni di carico:

Viene calcolato il carico esterno totale di schiacciamento per le combinazioni di carico previste

- Verifiche:

Viene verificato che il Coefficiente di sicurezza a fessurazione sia $\geq 1,00$ e che quello di collasso sia $\geq 1,50$ per tutte le combinazioni di carico previste

Nell'allegato di facile lettura vengono rilevati tutti i valori delle azioni, sollecitazioni e i risultati delle verifiche effettuate.

6 PRESCRIZIONI SOMMARIE PER LA POSA IN OPERA E PER IL REINTERRO

La posa in opera deve avvenire scrupolosamente in modo che sia osservato il tipo di appoggio prescelto.

Le condizioni di appoggio prescelto nel caso in esame è quella di Appoggio su cuscinetto di cls magrone gettato in sito.

La procedura di posa in opera sarà la seguente:

1. Scavo della trincea, accurata costipazione del terreno di base in modo da assicurare un appoggio uniforme sul terreno di fondo;
2. Preparazione del fondo in cls magrone;
3. Posa in opera della tubazione;
4. Riempimento ai fianchi con sabbietta o materiale fine ai lati fino a strati variabili da 30 → 60 cm sopra la tubazione da eseguire in modo che il materiale di rinterro sia compattato sino ad una densità pari a quella del terreno indisturbato in origine;
5. Riempimento superiore non dovrà essere eccessivamente compattato per non creare sollecitazioni localizzate;
6. Copertura.

È da evitare che i tubi possano essere appoggiati su massi, macigni o blocchi di materiale rigido di qualsiasi natura; la preparazione del fondo deve consentire un appoggio stabile ed uniforme, la base (fondazione) deve avere una capacità portante che garantisca da cedimenti differenziati dovuti ai carichi agenti e assicuri il mantenimento dell'allineamento e livellamento della condotta. Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno d'appoggio non siano soddisfacenti bisognerà adottare gli accorgimenti necessari.

L'operazione di rinterro assorbe le fasi 4-5-6 che chiameremo:

- Rinalzo;
- Riempimento;
- Copertura;

Il rinalzo è l'operazione di riempimento dal piede fino ad un'altezza di cm 30 sopra il vertice del tubo. Il rinalzo dovrà avvenire con le modalità del punto 4) con terreno privo di particelle grosse, cioè, ciottolame ecc. e dovrà essere costipato con molta cura da ambo i lati del tubo, in modo da evitare spostamenti dell'asse della condotta e le spinte trasversali.

Dopo il rinalzo verrà eseguito il riempimento, il quale dovrà essere eseguito con un opportuno materiale di riempimento che non fornisca particolari cedimenti.

Le apparecchiature dovranno essere scelte in stretta dipendenza del materiale impiegato e tali da ottenere un buon costipamento senza che i sia la possibilità di danneggiamento della tubazione tenendo, cioè, in debito conto delle sollecitazioni dinamiche che vengono trasmesse al tubo.

La sistemazione dello strato superficiale, cioè la copertura dovrà essere ben cilindrata rullato in modo da consentire in seguito una sicura ed agevole circolazione.

Affinché il calcolo del presente elaborato assuma validità è indispensabile che siano scrupolosamente rispettate le condizioni di posa prescritte e che le operazioni di preparazione del fondo e di riempimento siano eseguite accuratamente e che in ogni caso sia garantita la penetrazione e la compattazione ai fianchi della tubazione.

Castelfranco Veneto

08 novembre 2024

Ing. Loris Luison



Studio **L**
Architettura | Ingegneria

TABULATI DI CALCOLO

TUBI CIRCOLARE CON PIANO DI POSA
IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PREFORMATI DI
D 120 cm – L = 200 cm
Norma tecnica NTC2018 – D.M. 17/01/2018

VENETA PREFABBRICATI S.R.L

Firma

Strada Statale Romea 80 – 45010 Rosolina

Firma

Via della Borsa n. 1/D, 31033 Castelfranco Veneto (TV)

Ing. Loris Luison

Progettista

TABULATI

DI CALCOLO

NOVEMBRE 2024

ELABORATO

TBP-12

ARCHIVIO

24.A13

REVISIONE	DATA	RESPONSABILE	FILE	DESCRIZIONE
01	08-11-2024	SLM	Rel. TBP-12 05-11-2024	

Studio L - Via della Borsa 1/D int. 5, 31033 Castelfranco Veneto (TV) - tel: +39.0423.37.09.37 - www.studioluison.com - info@studioluison.com

7 TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE

Calcolo del carico di schiacciamento teorico per solo conglomerato

Lavoro	Diametro ϕ 120 cm
Ditta	Veneta Prefabbricati S.r.l
Progetto	Ricoprimento $h = 0,55 \rightarrow 2,40$ m
Consulente	Ing. Loris Luison
Castelfranco Veneto	08/11/2024

7.1.1 DATI D'INGRESSO

7.1.1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

○ Diametro	120 (cm)
○ Spessore in chiave	15,00 (cm)
○ Spessore alle reni	13,00 (cm)
○ Spessore alla base	21,70 (cm)
○ Lunghezza di base	73,00 (cm)

7.1.1.2 MATERIALI

CALCESTRUZZO $R_{ck} \geq$	400	(kg/cm ²)
----------------------------	-----	-----------------------

7.1.1.3 RESISTENZE DI CALCOLO

a) COMPRESSIONE

$\gamma_{m,c}$	1,90	
γ_r	0,90	
f_{cd}	234	(kg/cm ²)

b) TRAZIONE

$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm ²)
$F_{ctk} = 0,70 \cdot F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,90	
f_{cd}	14,76	(kg/cm ²)

c) FLESSO-TRAZIONE

$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm ²)
$F_{ctm f-t} = 0,70 \cdot F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm ²)
$\gamma_{m,s}$	1,60	
γ_r	0,90	
f_{cd}	17,71	(kg/cm ²)

7.1.1.4 COEFFICIENTE TECNOLOGICO

C_t	1,15
-------	------

7.1.1.5 COEFFICIENTE DIMENSIONALE

$C_{d-chiave}$	0,79
C_{d-ren}	0,82
C_{d-base}	0,72

7.1.2 DATI D'USCITA

7.1.2.1 CALCOLO DEL CARICO DI SCHIACCIAMENTO DEL SOLO CONGLOMERATO

Rottura del cls in zona tesa

$M_{rott-Chiave}$	1865,31 (kg · m/m)
$M_{rott-Ren}$	1456,62 (kg · m/m)
$M_{rott-Base}$	3551,50 (kg · m/m)
$P_{rott-Chiave}$	11862 (kg/m)
$P_{rott-Reni}$	22535 (kg/m)
$P_{rott-Base}$	12946 (kg/m)

Carico di schiacciamento teorico: 11862 (kg/m)

8 VERIFICA DI TUBI CIRCOLARI CON PIANO DI POSA IN CLS SEMPLICE INTERRATI

Per fognature urbane sottostanti a sedi stradali

Calcolo con la teoria dei carichi ovalizzanti

Lavoro	Diametro ϕ 120 cm
Ditta	Veneta Prefabbricati S.r.l
Progetto	Ricoprimento $h = 0,55 \rightarrow 2,40$ m
Consulente	Ing. Loris Luison
Castelfranco Veneto	08/11/2024

8.1.1 DATI D'INGRESSO

- CARICO di fessurazione di calcolo 10000 (kg/m)
- CARICO di collasso di calcolo 10000 (kg/m)

-
-

8.1.1.1 AZIONI

Peso proprio

Peso del terreno di riempimento

- | | |
|--|--------------------|
| Caratteristiche medie del terreno di riempimento | Argilloso normale |
| - o Peso specifico | 1800 (kg/m^3) |
| - o Angolo d'attrito interno | 25 ($^\circ$) |
| - o Coefficiente di spinta attiva | 0,41 |
| - o Angolo d'attrito terreno naturale-terreno di riempimento | 16,67 ($^\circ$) |

Carico mobile per strade secondo il capitolo 5.1.3.3.4 delle NTC18

Angolo di ripartizione carico 45 ($^\circ$)

Peso acqua interna

8.1.1.2 COEFFICIENTE DI POSA

Appoggio su cuscinetto in cls di larghezza $> L_b$ 1,50

8.1.1.3 INTERRAMENTO

Ricoprimento minimo 0,55 (m)

Ricoprimento massimo 2,40 (m)

8.2 VERIFICA A FESSURAZIONE ED A COLLASSO

8.2.1 CASO RICOPRIMENTO *minimo*

- Ricoprimento tubazione	0,55 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	2,72 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,50
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1,20
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	
MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
○ CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	3,05 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,55 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	3694 (kg/m^2)
○ CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	CARICO TANDEM 2 Q_{ik}
	DA 30 T
LARGHEZZA IMPRONTA	4,55 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,55 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	3715 (kg/m^2)
○ CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4162 (kg/m^2)
- CARICO MOBILE AGENTE	4162 (kg/m^2)
LARGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)

8.2.2 DATI DI USCITA

8.2.2.1 VERIFICA A FESSURAZIONE

8.2.2.2 CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

1. Terreno di riempimento P_t	1975 (kg/m)
2. Carico mobile M	6643 (kg/m)
3. Carico acqua interna A_c	1145 (kg/m)
γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione Ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M_{X\gamma_Q} + A_{CX\Psi}$	
1. Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1975 (kg/m)
2. Carico mobile $M_{X\gamma_Q}$	6643 (kg/m)
3. Carico acqua interna A_{CX}	<u>573 (kg/m)</u>
<u>Carico esterno di schiacciamento agente sul tubo</u>	9191 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,63

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M_{X\Psi} + A_{CX\gamma_Q}$	
1. Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	1975 (kg/m)
2. Carico mobile $M_{X\Psi}$	3322 (kg/m)
3. Carico acqua interna $A_{CX\gamma_Q}$	<u>1145 (kg/m)</u>
<u>Carico esterno di schiacciamento agente sul tubo</u>	6442 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 2,33

Verifica soddisfatta

8.2.2.3 VERIFICA A COLLASSO

8.2.2.4 CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

4. Terreno di riempimento P_t	1975 (kg/m)
5. Carico mobile M	6643 (kg/m)
6. Carico acqua interna A_c	1145 (kg/m)

γ_G 1,30

γ_Q 1,50

Coefficiente di combinazione Ψ 0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M_{X\gamma_Q} + A_{CX\Psi}$	
4. Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	2765 (kg/m)
5. Carico mobile $M_{X\gamma_Q}$	9965 (kg/m)
6. Carico acqua interna $A_{CX\Psi}$	<u>802 (kg/m)</u>
<u>Carico esterno di schiacciamento agente sul tubo</u>	13531 (kg/m)

Sicurezza a collasso 1,11

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M_{X\Psi} + A_{CX\gamma_Q}$	
4. Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	2765 (kg/m)
5. Carico mobile $M_{X\Psi}$	4650 (kg/m)
6. Carico acqua interna A_{CX}	<u>1718 (kg/m)</u>
<u>Carico esterno di schiacciamento agente sul tubo</u>	9133 (kg/m)

Sicurezza a collasso 1,64

Verifica soddisfatta

8.2.3 CASO RICOPRIMENTO massimo

- Ricoprimento tubazione	2,40 (m)
- Larghezza trincea nella generatrice sup.	2,72 (m)
- Coefficiente di carico del terreno funzione della geometria della trincea	1,5
- Coefficiente dinamico vibratorio amplificativo del carico mobile	1
- CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	
MEZZO CONVENZIONALE DA 60 T	
○ CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	2 ASSI DA 20 T
LARGHEZZA IMPRONTA	3,05 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,55 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	3694 (kg/m ²)
○ CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	CARICO TANDEM 2 Q _{ik}
	DA 30 T
LARGHEZZA IMPRONTA	4,55 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	3,55 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	3715 (kg/m ²)
○ CARICO MOBILE GRAVANTE SULLA TUBAZIONE	1 RUOTA DA 10 T
LARGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)
CARICO MOBILE UNITARIO AGENTE	4162 (kg/m ²)
- CARICO MOBILE AGENTE	4162 (kg/m ²)
LARGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)
LUNGHEZZA IMPRONTA	1,55 (m)

8.2.4 DATI DI USCITA

8.2.4.1 VERIFICA A FESSURAZIONE

8.2.4.2 CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

7. Terreno di riempimento P _t	8618 (kg/m)
8. Carico mobile M	1334 (kg/m)
9. Carico acqua interna A _C	1145 (kg/m)

γ_G	1,00
γ_Q	1,00
Coefficiente di combinazione Ψ	0,50

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M_{X\gamma_Q} + A_{CX}$

7. Terreno di riempimento P _t × γ_G	8618 (kg/m)
8. Carico mobile M _{Xγ_Q}	1334 (kg/m)
9. Carico acqua interna A _{CX}	573 (kg/m)
<u>Carico esterno di schiacciamento agente sul tubo</u>	<u>10525 (kg/m)</u>

Sicurezza a fessurazione 1,43

Verifica soddisfatta

Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M_{X\psi} + A_{CX\gamma_Q}$

7. Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	8618 (kg/m)
8. Carico mobile $M_{X\psi}$	667 (kg/m)
9. Carico acqua interna A_{CX}	<u>1145 (kg/m)</u>
<u>Carico esterno di schiacciamento agente sul tubo</u>	10431 (kg/m)

Sicurezza a fessurazione 1,44

Verifica soddisfatta

8.2.4.3 VERIFICA A COLLASSO

8.2.4.4 CALCOLO CARICHI EQUIVALENTI

10. Terreno di riempimento P_t	8618 (kg/m)
11. Carico mobile M	1334 (kg/m)
12. Carico acqua interna A_C	1145 (kg/m)

γ_G 1,30

γ_Q 1,50

Coefficiente di combinazione Ψ 0,70

Combinazione a) $P_t \times \gamma_G + M_{X\gamma_Q} + A_{CX\psi}$

10. Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	12066 (kg/m)
11. Carico mobile $M_{X\gamma_Q}$	2001 (kg/m)
12. Carico acqua interna $A_{CX\psi}$	<u>802 (kg/m)</u>
<u>Carico esterno di schiacciamento agente sul tubo</u>	14869 (kg/m)

Sicurezza a collasso 1,01

Verifica soddisfatta

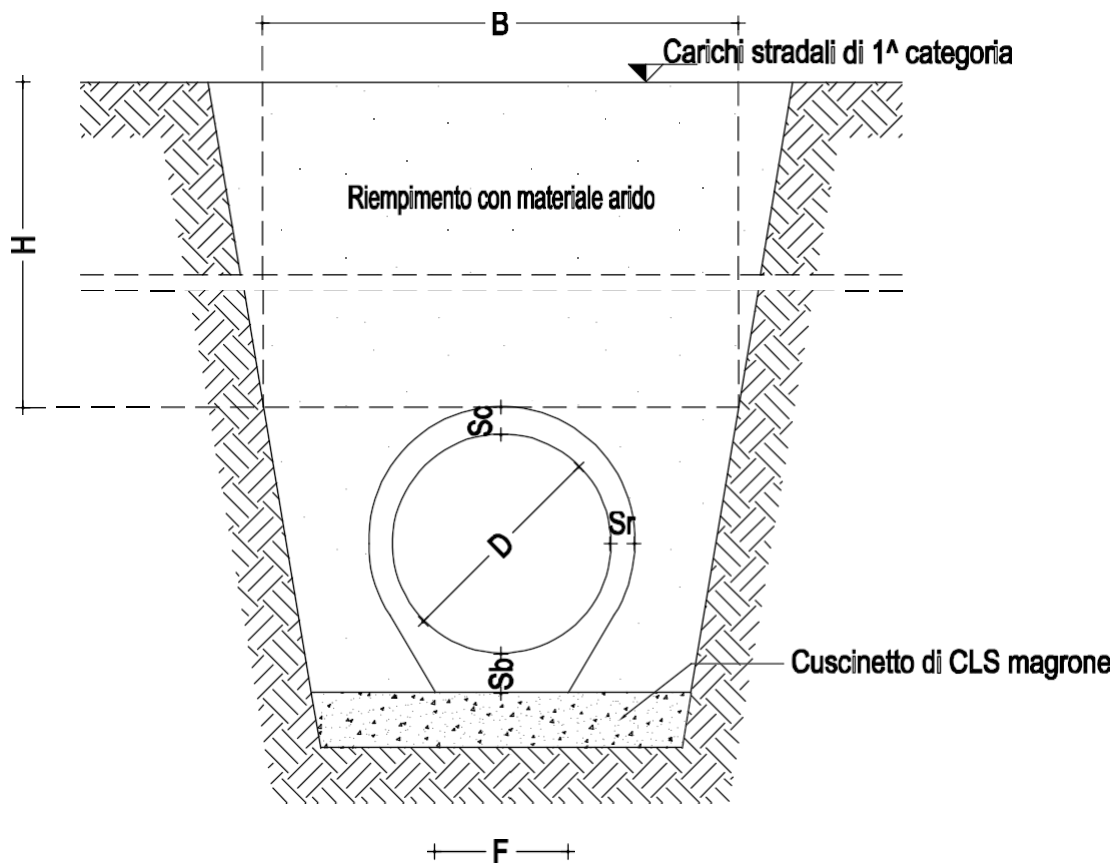
Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M_{X\psi} + A_{CX\gamma_Q}$

10. Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	12066 (kg/m)
11. Carico mobile $M_{X\psi}$	934 (kg/m)
12. Carico acqua interna $A_{CX\gamma_Q}$	<u>1718 (kg/m)</u>
<u>Carico esterno di schiacciamento agente sul tubo</u>	14717 (kg/m)

Sicurezza a collasso 1,02

Verifica soddisfatta

9 TUBO CIRCOLARE – SCHEMA GRAFICO DI POSA IN OPERA



D	Sc	Sr	Sb	F
120	15	13	21,70	73
Misure espresse in cm				

Larghezza scavo: $B \leq 2,72$ m
Ricoprimento: $H = 0,55 \rightarrow 2,40$ m

Calcestruzzo $R_{ck} \geq 400$ kg/cm ²

Castelfranco Veneto

08 novembre 2024

Ing. Loris Luison

