

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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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  $\leq 120$  cm;
- Larghezza misurata all'estradosso del tubo  $\leq 180$  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<sup>a</sup> 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 <sup>2</sup> )
RESISTENZE DI CALCOLO		
a) COMPRESSIONE		
$\gamma_{m,c}$	1,90	
$\gamma_r$	0,9	
$f_{cd}$	234	(kg/cm <sup>2</sup> )
b) TRAZIONE		
$F_{ctm} \geq$	30,36	(kg/cm <sup>2</sup> )
$F_{ctk}=0,70 \cdot F_{ctkm} \geq$	21,25	(kg/cm <sup>2</sup> )
$\gamma_{m,s}$	1,60	
$\gamma_r$	0,9	
$f_{cd}$	14,76	(kg/cm <sup>2</sup> )
c) FLESSO-TRAZIONE		
$F_{ctm f-t} \geq$	36,43	(kg/cm <sup>2</sup> )
$f_{ctm f-t} = 0,70 \cdot F_{ctm f-t} \geq$	25,50	(kg/cm <sup>2</sup> )
$\gamma_{m,s}$	1,60	
$\gamma_r$	0,9	
$f_{cd}$	17,71	(kg/cm <sup>2</sup> )

### SELLA D'APPOGGIO

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

## 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  $45^\circ$ .

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

$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\psi$
1	1	0,5

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

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

$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\psi$
1,40	1,50	0,7

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

$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\psi$
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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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 blue circular 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<sup>a</sup> 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.ub. 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  $\phi$  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 <sup>2</sup> )
RESISTENZE DI CALCOLO	
a) COMPRESSIONE	
$\gamma_{m,c}$	1,90
$\gamma_r$	0,9
$f_{cd}$	234 (kg/cm <sup>2</sup> )
b) TRAZIONE	
$F_{ctm} \geq$	31,49 (kg/cm <sup>2</sup> )
$F_{ctk} = 0,70 * F_{ctkm} \geq$	22,04 (kg/cm <sup>2</sup> )
$\gamma_{m,s}$	1,60
$\gamma_r$	0,9
$f_{cd}$	15,31 (kg/cm <sup>2</sup> )
c) FLESSO-TRAZIONE	
$F_{ctm f-t} \geq$	37,78 (kg/cm <sup>2</sup> )
$f_{ctm f-t} = 0,70 * F_{ctm f-t} \geq$	26,45 (kg/cm <sup>2</sup> )
$\gamma_{m,s}$	1,60
$\gamma_r$	0,9
$f_{cd}$	18,37 (kg/cm <sup>2</sup> )

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)

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

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

LAVORO      **DIAMETRO  $\phi$  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/m<sup>3</sup>)

    - 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 <sup>2</sup> )
- 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 <sup>2</sup> )
- 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 <sup>2</sup> )
- 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 <sup>2</sup> )
CARICO MOBILE AGENTE	6009 (kg/m <sup>2</sup> )
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)

$\gamma_G$	1,00
$\gamma_Q$	1,00
Coefficiente di combinazione $\psi$	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)
$\gamma_G$	1,40
$\gamma_Q$	1,50
Coefficiente di combinazione $\psi$	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
<b>Verifica soddisfatta</b>	
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
<b>Verifica soddisfatta</b>	

---

---

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 <sup>2</sup> )
- 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 <sup>2</sup> )
- 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 <sup>2</sup> )
- 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 <sup>2</sup> )
CARICO MOBILE AGENTE	797 (kg/m <sup>2</sup> )
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)

$\gamma_G$	1,00
$\gamma_Q$	1,00
Coefficiente di combinazione $\psi$	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)
$\gamma_G$	1,40
$\gamma_Q$	1,50
Coefficiente di combinazione $\psi$	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	<u>11177 (kg/m)</u>
Sicurezza a Collasso	1,14

### Verifica soddisfatta

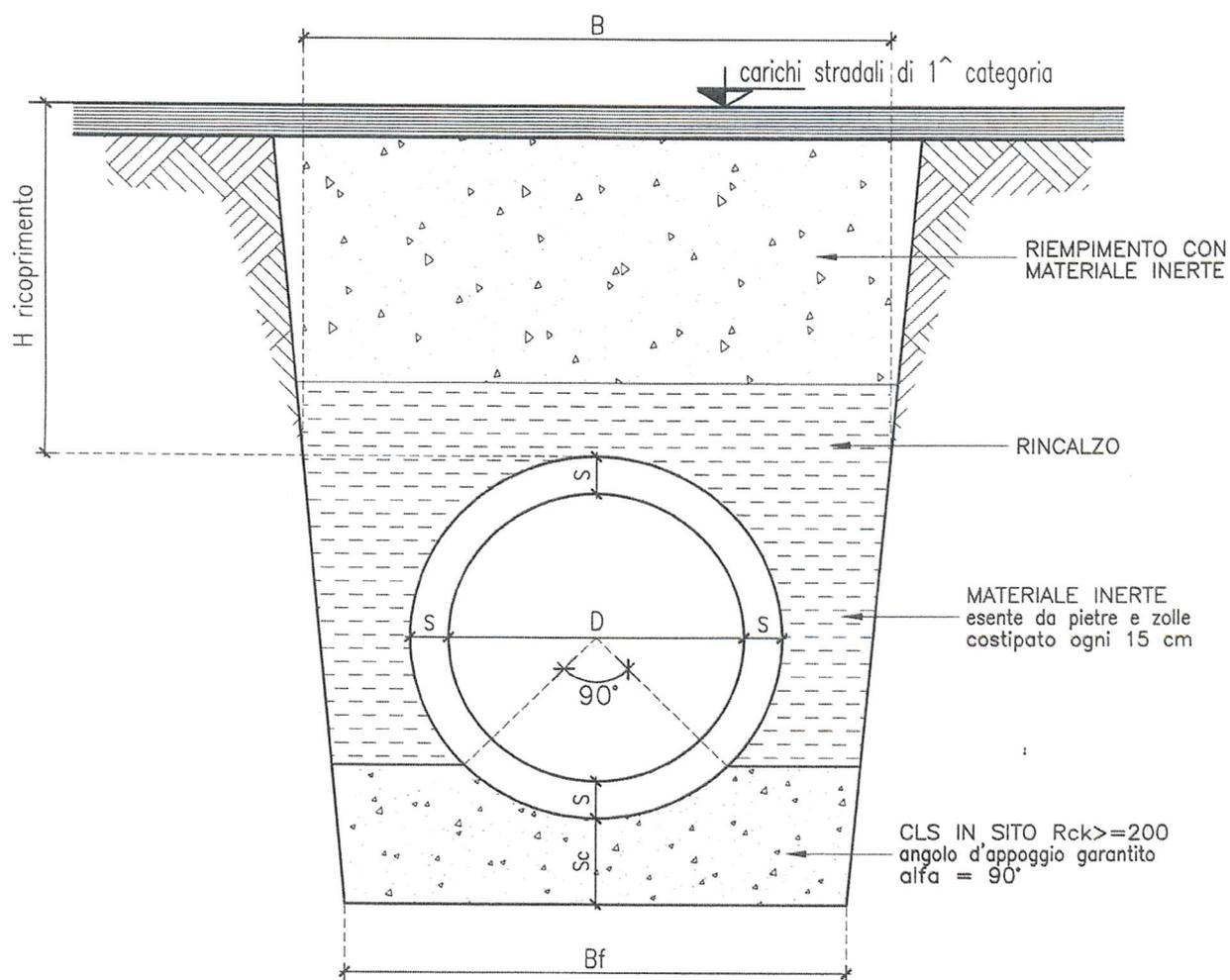
Combinazione b) $P_t \times \gamma_G + M \times \psi + A_c \times \gamma_Q$	
1 Terreno di riempimento $P_t \times \gamma_G$	9756 (kg/m)
2 Carico mobile $M \times \psi$	497 (kg/m)
3 Carico acqua interna $A_c \times \gamma_Q$	763 (kg/m)
CARICO ESTERNO DI SCHIACCIAMENTO AGENTE SUL TUBO	<u>11016 (kg/m)</u>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

### Verifica soddisfatta

---

---

## SCHEMA DI POSA IN OPERA DI TUBI CIRCOLARI IN CLS



CARATTERISTICHE E CONDIZIONI DI POSA	
D	80 cm
S	9 cm
Sc	$\geq 20$ cm
B	$\leq 1,80$ m
Bf	circa 1,20 m
H	0,45 --- $> 2,90$ m
CLS	$R_{ck} \geq 400$



Data: Settembre 2006