

Ondulazione T100 tipo R/12

Luce 2.68 m. Freccia 1.85 m.

Area 3.90 mq.

Le dimensioni effettive delle condotte, riferite all'asse neutro, possono differire da quelle teoriche entro una tolleranza di  $\pm 2\%$ .

Altezza di rilevato minima 0.50 m., suddivisa nel seguente modo:

0.30 m. di rilevato tecnico sull'estradosso della condotta + 0.20 m. di soletta di ripartizione in c.a.

Relazione tecnica relativa all'impiego di soletta di ripartizione in c.a. sul rilevato tecnico

Influenza della soletta in c.a. di ripartizione dei carichi

Nel rilevato tecnico di terreno superiore all'estradosso delle condotte metalliche, viene prevista la realizzazione di una soletta destinata a migliorare la ripartizione dei carichi dinamici ed a proteggere la sede stradale da eventuali esondazioni, realizzata in c.a. di spessore 0.20 m. armata con doppia rete elettrosaldata, estesa in corrispondenza della mezzeria longitudinale delle tubazioni in corrispondenza dell'intersezione dell'asse stradale con le strutture metalliche.

Ai fini del calcolo della pressione agente all'estradosso della tubazione, la soletta di ripartizione in c.a. genera una maggiore distribuzione del carico dinamico in confronto a quella ottenuta con il semplice rilevato tecnico.

Per tenere conto quindi dell'influenza di tale soletta, risulta possibile calcolare una altezza fittizia di rilevato tecnico che genera la stessa ripartizione del carico ottenuto con lo spessore della soletta adottata.

Calcolo dell'altezza fittizia di rilevato tecnico

Tale calcolo viene effettuato applicando il metodo di Odemark, che consiste nel sostituire a differenti spessori di strati di materiale costituenti il rilevato tecnico, aventi moduli di elasticità  $S_v1$ ,  $S_v2$ , ecc., una altezza fittizia di rilevato omogeneo con modulo di elasticità  $S_v$  analogo al rilevato situato immediatamente sopra la tubazione.

Per ogni strato di spessore  $H$ , l'altezza fittizia  $H'$  di rilevato viene espressa con la relazione:

$$H' = 0.90 H \frac{\sqrt[3]{S'v}}{Sv}$$

Nel caso in esame viene pertanto determinata per una soletta di spessore 0.20 m.

- Modulo di elasticità dovuto al materiale costituente il rilevato tecnico di terreno

$$S_v = 4.000 \text{ T/m}^2$$

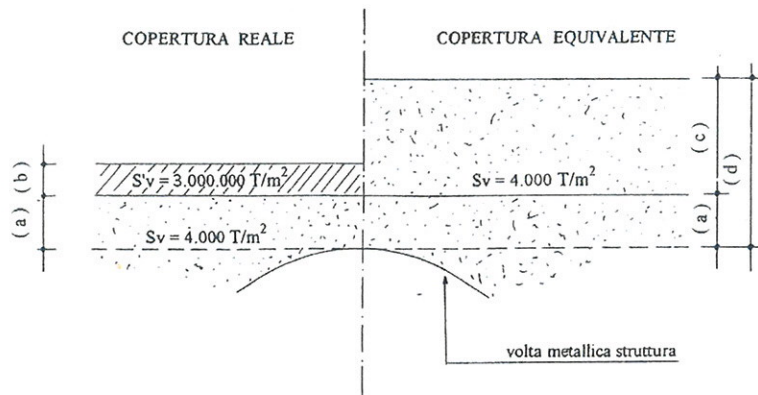
- Modulo di elasticità dovuto alla soletta di ripartizione in c.a.

$$S'v = 3.000.000 \text{ T/m}^2$$

$$H = 0.20 \text{ m.}$$

$$H' = 0.90 \cdot 0.20 \frac{\sqrt[3]{3.000.000}}{4.000} = 1.64 \text{ m.}$$

Si può pertanto ipotizzare nel calcolo della pressione agente all'estradosso della tubazione che, agli effetti della ripartizione del carico dinamico, uno spessore di soletta in c.a. pari a 0.20 m. (b) si comporti come una altezza di rilevato pari a 1.64 m. (c) secondo lo schema sotto riportato.



(a) = 0.30 m.

(b) = 0.20 m.

(c) = 1.64 m.

(d) = 1.94 m.

Considerato quindi che sull'estradosso della struttura metallica risultano posizionati 0.30 m. (a) di rilevato, l'altezza totale di ripartizione del carico dinamico viene assunta pari a 1.94 m. (d).

Spessore 3.5 mm. (20 b/m.)

Metodo di calcolo utilizzato AISI (American Iron and Steel Institute), con:

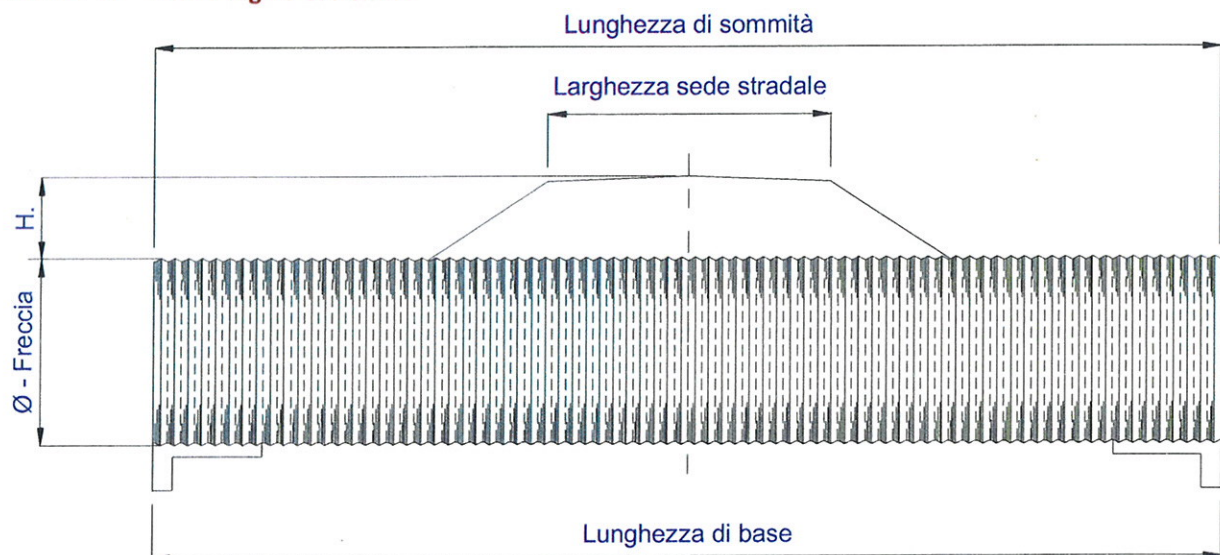
- carico statico dovuto al peso proprio del terreno costituente il rilevato assunto  $\gamma_t$  : 2000 kg/m<sup>3</sup>;
- carico statico dovuto al peso proprio della soletta di ripartizione in c.a. assunto  $\gamma_t$  : 2500 kg/m<sup>3</sup>;
- carico dinamico ITALIA, schemi di carico secondo D.M. 14/01/2008 (1° categoria – schema di carico 2 punto 5.1.3.3.5 “Norme tecniche per le costruzioni”);
- carico sismico determinato secondo CHBDC, Canadian Highway Bridge Design Code, (capitolo 6 – punto 4 “Earthquake Thrust”) che prevede l’inserimento di una accelerazione orizzontale (capitolo 12 “Norme tecniche per le costruzioni”).

Tale accelerazione, che può variare in funzione delle zone di installazione, deve essere fornita dal cliente.

Per l'ITALIA si deve fare riferimento alle accelerazioni previste nel D.M. 14/01/2008 (ai soli fini della tabelle dimensionali è stato preso in considerazione il valore di accelerazione:  $a_g = 0.05 g$ );

- 85 % valore della Densità Proctor Standard, fattore di carico  $K = 0.86$ ; se l'altezza del rilevato è inferiore alla luce/diametro della struttura, fattore di carico  $K = 1.0$ ;
- coefficiente di sicurezza della lamiera = 2;
- coefficiente di sicurezza del giunto bullonato = 4;
- coefficiente di sicurezza della pressione esercitata sul terreno in corrispondenza degli angolari alla base (sezioni policentriche) = 3 kg./cm<sup>2</sup>;
- deformazione sotto carico (formula di Spangler-Jowa) < 5 % luce/diametro.

### Soluzione “A” – senza tagli d'estremità



Larghezza della sede stradale 5.00 m.

Lunghezza 5.40 m. (n. 6 anelli standard, interasse 0.90 m.)

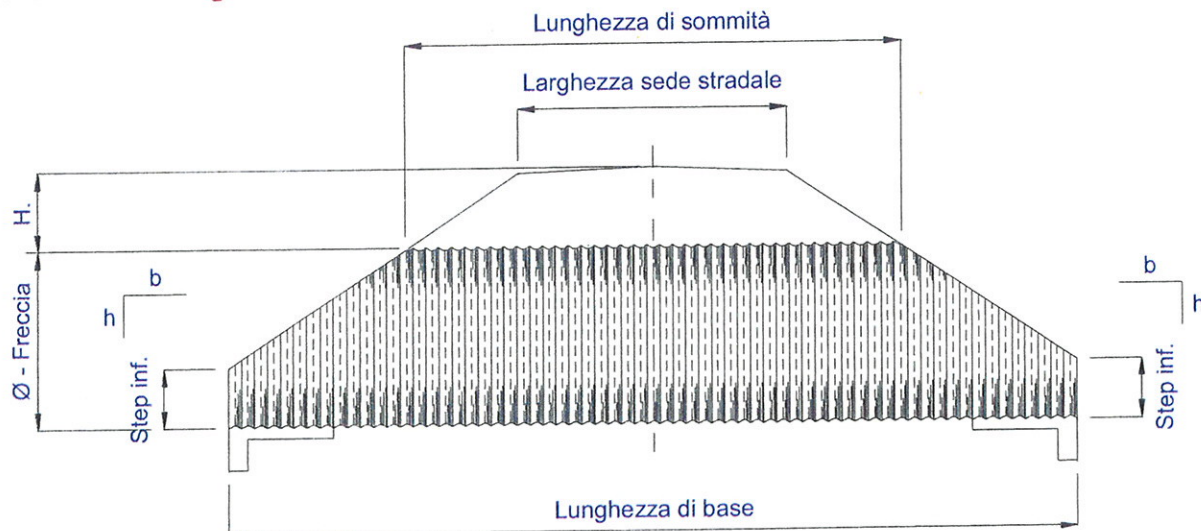
Le lunghezze effettive delle condotte possono differire da quelle teoriche entro una tolleranza di  $\pm 2\%$ .

Peso kg./m. 270

Peso totale kg. 1458

Occorre considerare il costo supplementare per la fornitura di n. 23 + 23 tirafondi di ancoraggio M12, da posizionare alle estremità della condotta in corrispondenza dei muri di testa in c.a.; peso kg. 8.  
 I tirafondi d'ancoraggio M12 saranno posizionati in corrispondenza della foratura circonferenziale, iniziale e finale, ad una distanza tra loro nel senso circonferenziale di 314 mm.  
 Quantità n. 3 strutture posizionate in batteria (\*)  
 Peso totale fornitura kg. **4398**

#### Soluzione "B" – con tagli d'estremità



Larghezza della sede stradale 5.00 m.  
 Lunghezza di sommità 7.07 m.  
 Lunghezza di base 9.90 m.

Le lunghezze effettive delle condotte possono differire da quelle teoriche entro una tolleranza di  $\pm 2\%$ .  
 Peso kg./m. 270

Peso totale kg. **2419**

Occorre considerare il costo supplementare per la fornitura di n. 23 + 23 tirafondi di ancoraggio M12, da posizionare alle estremità della condotta in corrispondenza dei muri di testa in c.a.; peso kg. 8.  
 I tirafondi d'ancoraggio M12 saranno posizionati a 100 mm. dalla linea di taglio a seguire la medesima, e ad una distanza tra loro nel senso circonferenziale di 314 mm.

Lavorazioni speciali:

a) Tagli d'estremità

Lato monte

- rapporto  $b/h = 3/2$   $b/h$  reale in funzione della pendenza = 1.48/1
- step inferiore,  $h. = 0.91$  m.
- skew, angolo  $90^\circ$

Lato vale

- rapporto  $b/h = 3/2$   $b/h$  reale in funzione della pendenza = 1.52/1
- step inferiore,  $h. = 0.91$  m.
- skew, angolo  $90^\circ$

Quantità n. 3 strutture posizionate in batteria (\*)

Peso totale fornitura kg. **7281**

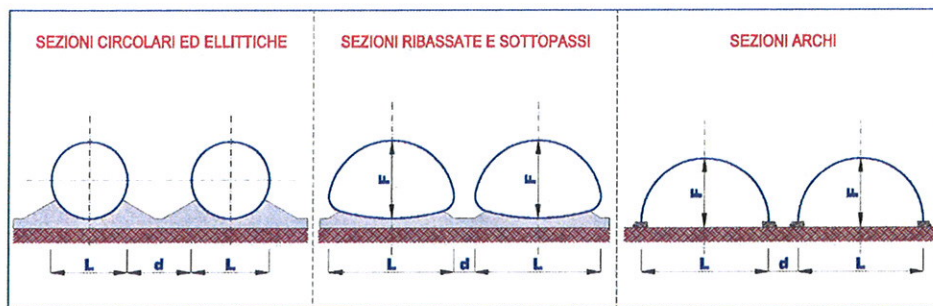
**Richiesta dati per la determinazione dei valori medi di velocità e di portata idraulica delle condotte – formula di Manning**

Pendenza minima	0.70 %		
Raggio idraulico	0.66 m.		
Velocità	2.55 m./sec.		
Portata	8.65 mc./sec.	totale per n. 3 strutture	25.95 mc./sec.



### (\*) Installazioni multiple

Al fine di permettere una adeguata compattazione del terreno di costipamento, quando due o più strutture vengono installate in batteria è necessario interporre tra le varie tubazioni uno spazio minimo:



$d \geq L/2$  per le sezioni circolari ed ellittiche – L minimo 1.00 m.

$d \geq L/3$  per le sezioni ribassate e sottopassi – L minimo 1.00 m.

$d \geq L/3$  per le sezioni archi – L minimo 1.00 m.

### Responsabilità

Il dimensionamento delle strutture metalliche in acciaio ondulato viene effettuato seguendo le caratteristiche di progetto

I calcoli utilizzati seguono i criteri della Scienza delle Costruzioni con particolari riferimenti alle teorie di calcolo sviluppate su questi manufatti, ed in rispetto alle leggi vigenti in materia.

L'altezza "H" del rilevato di ricoprimento, riferita all'estradosso della condotta, è sempre indicata

- sul catalogo per le condotte di produzione standard;
- su apposita documentazione tecnica allegata al contratto di vendita per le condotte non a catalogo.

Esulano dalle responsabilità

- la valutazione della portanza del terreno sul quale verrà collocata la struttura;
- la scelta dei materiali costituenti il blocco tecnico, ed il loro posizionamento;
- l'esecuzione delle fasi di reinterro, e della relativa compattazione del rilevato tecnico;
- Il rispetto delle prescrizioni contenute nel "MANUALE DI MONTAGGIO" che viene sempre allegato alla fornitura

## Caratteristiche dei materiali

Tutte le condotte vengono prodotte con materiali aventi le caratteristiche seguenti:

### Piastre

Le lamiere in acciaio del tipo S235JR, secondo la norma EN 10025-2 Aprile 2005, devono avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

• carico unitario di rottura a trazione	Rm	≥ 360 N/mm <sup>2</sup>
• carico unitario di snervamento	ReH	≥ 235 N/mm <sup>2</sup>
• allungamento percentuale	Sp. > 1.0 ÷ ≤ 1.5 mm.	A ≥ 18 %
	Sp. > 1.5 ÷ ≤ 2.0 mm.	A ≥ 19 %
	Sp. > 2.0 ÷ ≤ 2.5 mm.	A ≥ 20 %
	Sp. > 2.5 ÷ < 3.0 mm.	A ≥ 21 %
	Sp. ≥ 3.0 ÷ ≤ 40.0 mm.	A ≥ 26 %

Le dimensioni delle lamiere sono nominali e si riferiscono alle lamiere di origine grezze, non zincate; per esse valgono le tolleranze secondo la norma EN 10051; anche i pesi, essendo teorici, sono variabili in funzione delle dimensioni reali delle lamiere.

### Bulloneria

Vengono utilizzati bulloni ad alta resistenza classe 8.8, aventi le caratteristiche meccaniche indicate nella norma EN ISO 898-1 (viti) e nella norma EN 20898-2 (dadi).

A seconda, del tipo di ondulazione sono impiegate le seguenti tipologie di bulloni con le relative coppie di serraggio:

Ondulazione tipo	Bullone tipo	Coppie di serraggio Classe 8.8	
		Min. <sup>a</sup> Nm.	Max. <sup>b</sup> Nm.
T70 T100	M12	45	90 <sup>c</sup>
T150 T200	M20	220	439 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Il numero dei bulloni con serraggio minimo non può comunque superare il 10 % della quantità totale dei bulloni utilizzati nelle giunzioni longitudinali.

<sup>b</sup> Secondo la norma CNR-UNI 10011/97.

<sup>c</sup> Valori superiori alla coppia di serraggio max. sono ammissibili previo verifica sperimentale che il serraggio applicato non determini la rottura dei bulloni.

### Protezioni superficiali

Ai fini della protezione contro la corrosione si prescrive per le piastre e la bulloneria una zincatura per immersione in bagno caldo con un quantitativo di zinco variabile in funzione dello spessore delle piastre e del tipo di bulloneria, ciò conforme alla norma EN ISO 1461: 2009, o ad altre norme vigenti.

La protezione è idonea ad assicurare la durata del prodotto in condizioni ambientali ordinarie.

Condizioni di aggressività diverse da quelle esposte devono essere oggetto di uno studio particolare, ai fini di decidere il tipo di protezione supplementare da adottare (spessori sacrificali oppure trattamenti epossidici).

### Estremità delle condotte

Essendo le suddette condotte delle applicazioni idrauliche, le estremità dei manufatti dovranno essere protette mediante muri di testa in c.a., platee di invito per l'ingresso e l'uscita dell'acqua dalle tubazioni, ciò al fine di evitare lo scalzamento del rilevato compattato all'intorno delle condotte.

Si possono inserire dei repellenti in c.a., destinati a proteggere le condotte metalliche contro l'urto di elementi estranei dovuti a flussi d'acqua torrenziali (tronchi d'alberi o blocchi rocciosi).



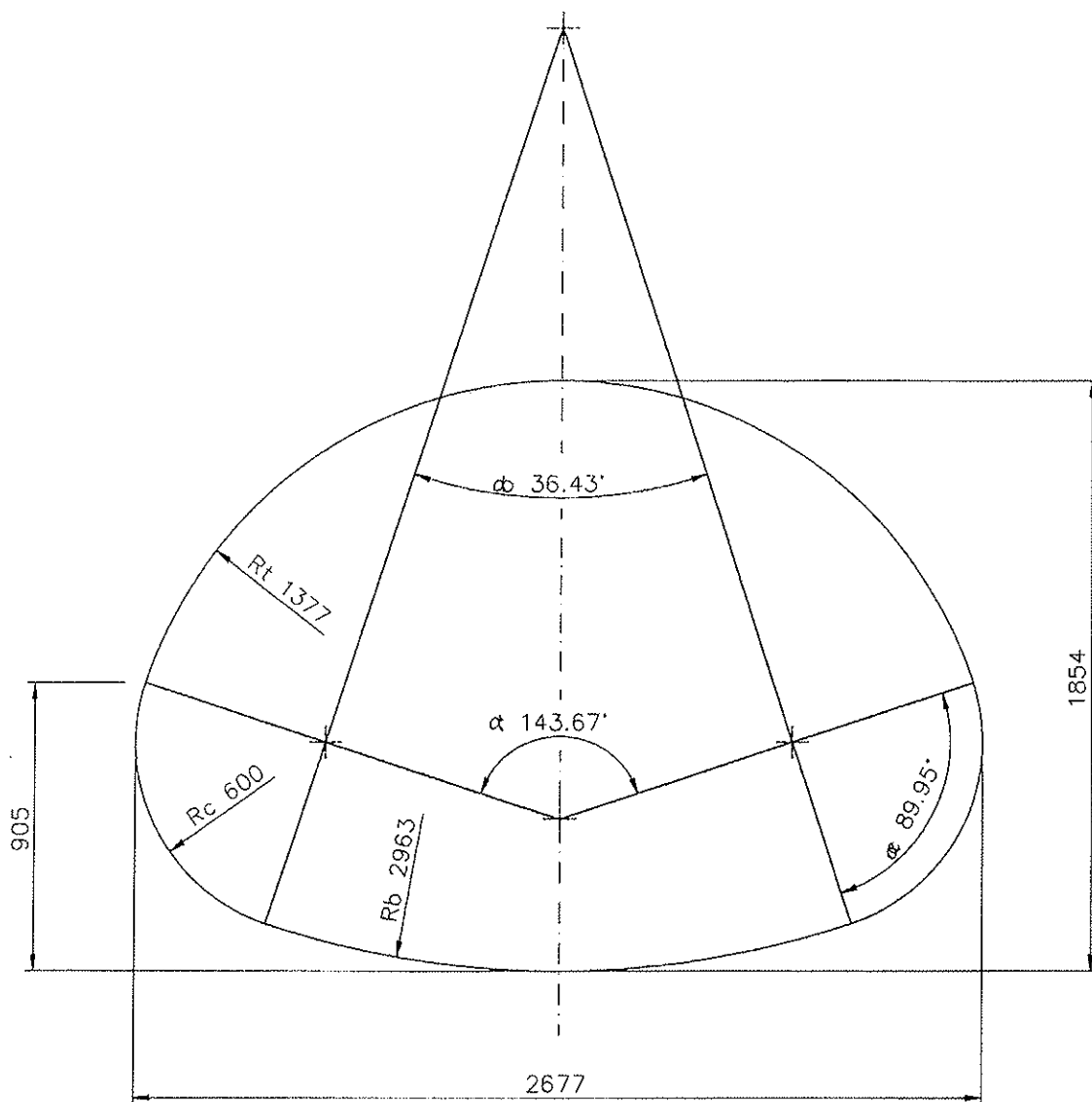
Essi vengono eseguiti a monte e contribuiscono, nello stesso tempo, a dividere il flusso d'acqua e a diminuire le turbolenze.

La parte anteriore è profilata per sollevare e non per arrestare i corpi fluttuanti.



Allegato:

- sezione geometrica
- relazione di calcolo
- richiesta dati per l'esecuzione dei tagli estremità delle condotte
- richiesta dati per la determinazione dei valori medi di velocità e di portata idraulica delle condotte – formula di Manning



SEZIONE GEOMETRICA - Scala 1:20  
 SECTION TRANSVERSALE - Echelle 1:20  
 GEOMETRICAL SECTION - Scale 1:20  
 SECCIÓN TRANSVERSAL - Escala 1:20  
 QUERSCHNITT - Masslab 1:20

T100-R/12

R2006

TUBOSIDER

24-03-11

ASTI - ITALIA

Ver. 2.20 del 20-07-09

# RELAZIONE DI CALCOLO

METODO DI CALCOLO AISI (American Iron and Steel Institute)

CONDOTTA PORTANTE IN ACCIAIO ONDULATO E ZINCATO

A PIASTRE MULTIPLE BULLONATE

Ondulazione T100 - Tipo R/12

Cliente

## CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA

L Luce	m	2.68
F Freccia	m	1.85
RT Raggio tetto	m	1.38
RC Raggio angolare	m	0.60
F/L		0.69

## CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

h Altezza rilevato (rilevato+soletta di rip. in c.a.)	m	0.50
Ps Peso specifico medio	kg/m3	2200.00
K (Densita' Proctor 0.85%)		0.86



# CALCOLO DELL'ALTEZZA FITTIZIA DEL RILEVATO TECNICO

## METODO DI ODEMARK

hs	Soletta di ripartizione in c.a.	m	0.20
hs'	$0.9 * hs * (S'V/SV)^{1/3}$	m	1.64
hv	virtuale	m	1.94

## CARICHI APPLICATI ALLA STRUTTURA

ITALIA, schemi di carico secondo D.M. 14/01/2008

(1^ categoria - schema di carico 2 punto 5.1.3.3.5

'Norme tecniche per le costruzioni')

PS	Pressione statica	$h \times Ps$	kg/m2	1100.00
PD	Pressione dinamica		kg/m2	4764.98
PT	Pressione totale	$(PS + PD)$	kg/m2	5864.98
C	Compressione totale	$PT \times RT$	kg/m	8076.07

## VERIFICA DELL'AZIONE SISMICA

Carico determinato secondo CHBDC, Canadian Highway Bridge Design Code,  
(capitolo 6 - punto 4 'Earthquake Thrust')  
che prevede l'inserimento di un'accelerazione orizzontale  
(capitolo 12 'Norme tecniche per le costruzioni')

CTS	Compressione totale sismica	$= 1.00 * RT + (2/3)*A$	kg/m	1565.19
ag	accelerazione orizzontale		g	0.05
CT	compressione utilizzata	$= \max (C, CTS)$	kg/m	8076.07

CALCOLO DELLA SOLLECITAZIONE DI COMPRESSIONE GENERATA  
NELLA PARETE DELLA STRUTTURA

$$294 \leq (L \cdot 100 / R_G = 356,46) < 500$$

$$\sigma_{amm} = (2851.08 - (5856.14 \cdot 10^{-6}) \cdot (L \cdot 100 / R_G)) \cdot 10.197$$

σ <sub>amm</sub> soll. ammissibile (AISI)	kg/cm <sup>2</sup>	2106.99
---	--------------------	---------

CALCOLO DELLO SPESSORE DELLA CONDOTTA

Ac Area calcolata = CT/(σ <sub>amm</sub> /2)	cm <sup>2</sup> /cm	0.077
--	---------------------	-------

S Spessore	mm	3.50
------------	----	------

N Numero di bulloni per onda		2
------------------------------	--	---

Aa Area adottata	cm <sup>2</sup> /cm	0.388
------------------	---------------------	-------

Aa / Ac > 1.00 verificato

σ <sub>max</sub> soll. di compressione CT/Aa	kg/cm <sup>2</sup>	208.15
--	--------------------	--------

RS carico di snervamento	kg/cm <sup>2</sup>	2345.31
--------------------------	--------------------	---------

VERIFICA DELLE GIUNZIONI BULLONATE

PG carico sul giunto da prove di laboratorio 8.8	kN/m	956.87
--	------	--------

	kg/m	97572.03
--	------	----------

γ <sub>G</sub> coefficiente giunzione bullonata		4.00
---	--	------

γ <sub>Gr</sub> coefficiente di sicurezza reale del giunto PG/CT		12.08
--	--	-------

γ<sub>Gr</sub> > γ<sub>G</sub> verificato

PRESSIONE ESERCITATA SUL TERRENO IN CORRISPONDENZA  
DEGLI ANGOLARI ALLA BASE

L1 = 5.850 + h	m	7.79
----------------	---	------

L2 = L1 + 0.785 * L	m	9.89
---------------------	---	------

CI = L1/L2		0.7875
------------	--	--------

PC pressione ai corner = PTS*RT/RC*CI	kg/cm <sup>2</sup>	1.06
---------------------------------------	--------------------	------

PCmax = kg/cm2 3.00

(PC < PCmax verificato)

VERIFICA DELLA STRUTTURA IN FASE DI INSTALLAZIONE SECONDO AISI

HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION PRODUCTS

FF Fattore di flessibilita'  $L^3/(E \cdot I)$  0.1608

FF < 0.1880 verificato

VERIFICA DELLA DEFORMAZIONE SOTTO CARICO

(formula di Spangler-Jowa)

E' 85% Standard density Proctor = 140 Kg/cm2

$E' = E_s / (2 * (1 - 0.5^2))$

$$\text{Def.H} = 1.25 * 0.1 * \frac{W * R^3}{(E * I) + 0.061 * (E' * R^3)} = \text{cm} \quad 2.32$$

Deformazione massima ammissibile  $\approx 0.05 * L$  cm 13.39

DEFH < 0.05 \* L verificato

=====



# CARATTERISTICHE CORRUGAZIONE

Lungh. onda x profondita' (mm) 100 x 22

S	Spessore	mm	3.50
N	Numero di bulloni per onda		2.00
A	Area	cm2 / cm	0.388
RG	Raggio giratorio	cm	0.751
I	Mom. di inerzia	cm4 / cm	0.2185
W	Mod. di resistenza	cm3 / cm	0.1714

=====

L/RG			3.5646
E	Mod. di elasticita'	kg / cm2	2039400.00
F/L			0.6926

## RICHIESTA DATI PER L'ESECUZIONE DEI TAGLI ESTREMITA' DELLE CONDOTTE

Tipo		T100 - R/12		
L	Luce		m	2,68
F	Freccia		m	1,85
Lss	Larghezza sede stradale		m	5,00
H	Altezza rilevato		m	0,50
P	Pendenza		%	0,70
Tagli		2 Diversi		
Estremità - Lato			Monte	Valle
b	Rapporto taglio valore orizzontale		3,00	3,00
h	Rapporto taglio valore verticale		2,00	2,00
bhr	Rapporto reale taglio		1,48	1,52
Ss	Step superiore	m	0,00	0,00
Si	Step inferiore	m	0,91	0,91
□s	Angolo planimetrico (skew)	°	90,00	90,00
Ls	Lunghezza sommità		m	7,07
Lb	Lunghezza base		m	9,90
Lf	Lunghezza di calcolo		m	8,96
Na	Numero anelli		n	11

## Note

Le dimensioni effettive della condotta, riferite all'asse neutro, e le relative lunghezze possono differire da quelle teoriche entro una tolleranza di  $\pm 2\%$ .

**RICHIESTA DATI PER LA DETERMINAZIONE DEI VALORI MEDI DI VELOCITA' E DI PORTATA  
IDRAULICA DELLE CONDOTTE - formula Manning**

<b>Tipo</b>		<b>T100 - R/12</b>	
L	Luce	m	2,68
F	Freccia	m	1,85
Rt	Raggio tetto	m	1,38
A	Area condotta	m <sup>2</sup>	3,90
C	Sviluppo condotta	m	7,22
n	Coefficiente di scabrezza ondulazione	AISI - T100	0,0250
	Tipo fondo	Standard	
P	Pendenza	%	0,700
	Massima portata		
Al	Area liquida	m <sup>2</sup>	3,40
Cb	Sviluppo bagnato	m	5,12
Anl	Area non liquida	m <sup>2</sup>	0,50
Cnb	Sviluppo non bagnato	m	2,10
Ri	Raggio idraulico	m	0,66
V	Velocità	m/s	2,55
Q	Portata	m <sup>3</sup> /s	8,65

**Note**

Le dimensioni effettive della condotta, riferite all'asse neutro, possono differire da quelle teoriche entro una tolleranza di  $\pm 2\%$ .