Provincia di Chieti

SETTORE N. 6

Pianificazione, Progettazione e Manutenzione Stradale

Concessioni - Espropri

SERVIZIO AMMINISTRATIVO VIABILITA'

PROGETTO ESECUTIVO

LAVORI DI COSTRUZIONE S.P.

IN LOCALITA' SALETTI DI ATESSA

RELAZIONE DI CALCOLO

Condotta in acciaio

IL PROGETTISTA

Dott. Ing.Cinalli Enzo

TAVOLA 20.2

SCALA

DATA

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Carlo Cristini

Spazio Riservato agli Uffici

Dott. Ing. Cinalli Enzo

Via Cavalieri di Vittorio Veneto, 43 - 66041 Atessa (CH)

Tel. 0872/862196 - Cellulare 349/2102367

E-mail: enzo.cinalli@tin.it - PEC: enzo.cinalli@ingpec.eu

RELAZIONE DI CALCOLO

CONDOTTA IN ACCIAIO

Premessa

La costruzione della Strada Provinciale in oggetto prevede la realizzazione di una rotatoria sul tracciato esistente attraversato dal canale di bonifica ed un tratto della nuova strada in cui si prevede lôattraversamento del canale di bonifica esistente per cui si rende necessario la realizzazione di un ponticello, dopo un attenda analisi dei costi, tempi di realizzazione, confronto con altri materiali, zona di esecuzione, andamento planimetrico, vincoli di altezza tra quota del canale e quota stradale, la lunghezza da realizzare, la soluzione migliore e quella di utilizzare una condotta in acciaio zincato a sezione ribassata che meglio si adatta per lôopera da realizzare con costi contenuti.

La condotta è una struttura portante metallica, di forma tubolare, costituita da più piastre in lamiera ondulata opportunamente curvate e unite tra loro mediante giunzioni bullonate con configurazione a sezione ribassata.

La funzione statica della condotta è assicurata oltre che dal manufatto in acciaio dal terreno costituente il rilevato strutturale (denominato anche blocco tecnico) che dovrà essere perfettamente compattato nellôintorno della struttura.

Dimensioni condotta

Ondulazione T200 tipo R/New
Luce 3,46 m. Freccia 2,29 m.
Area 6,20 mq.
Spessore 5,0 mm n° 10 bulloni/m
Altezza rilevato 0,80 m.

Calcolo

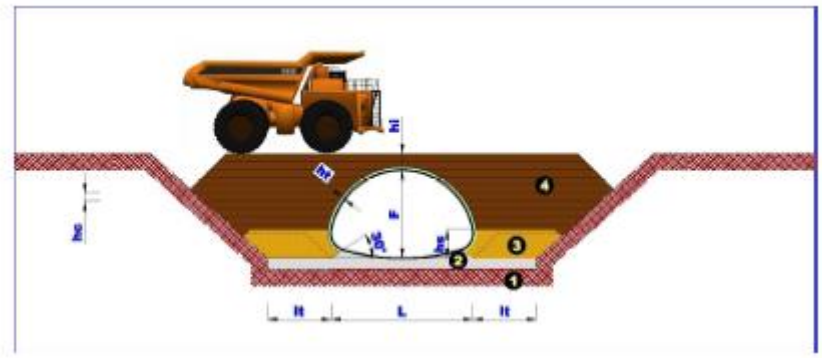
Il calcolo della condotta si fonda sulla teoria dellôanello compresso, la struttura metallica, grazie alla sua elasticità, interagisce con il terreno circostante, i carichi trasmessi dal terreno vengono trasferiti in modo uniforme a tutta la superficie della condotta.

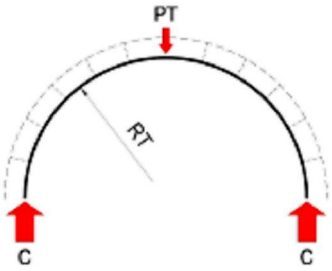
La struttura è quindi compressa e la sollecitazione indotta, ñ**C**ò (compressione dellôanello) è proporzionale a:

- la pressione esercitata dal terreno sullôanello, ñ**PT**ò;
- il raggio di curvatura volta della struttura, ñ**RT**ò (nel caso di una struttura a sezione circolare RT coincide con la metà del diametro);

secondo la formula: **C** = **PT · RT**

La teoria ammette che il terreno trasferisca in modo omogeneo i carichi alla struttura metallica e che questa reagisca in modo uniforme, senza punti di discontinuità.





Quindi riveste una grande importanza:
- la realizzazione del blocco tecnico, ossia la composizione ed il grado di compattazione con cui vengono selezionati e stesi i materiali che costituiscono il sottofondo ed il ricoprimento della condotta, materiali che devono assicurare che, effettivamente, ai fini della tenuta della condotta, la pressione del terreno PT si traduca completamente in pressione radiale C;
- il dimensionamento delle giunzioni delle piastre che costituiscono la condotta, perché devono essere in grado di garantire continuità alla struttura.

Per un blocco tecnico eseguito a regola d'arte sono ammissibili deformazioni inferiori o uguali al 2 % della freccia teorica della condotta.
In qualsiasi caso la struttura in lamiera è in grado di comportarsi in modo elastico anche in presenza di deformazioni inferiori o uguali al 5 % della freccia della condotta.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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	2 360	N/mm^2
• *allungamento percentuale*	Sp. > 1.0 7 ::: 1.5 mm.	A	2 18	%
	Sp. > 1.5 7 ::: 2.0 mm.	A	2 19	%
	Sp. > 2.0 7 ::: 2.5 mm.	A	2 20	%
	Sp. > 2.5 7 < 3.0 mm.	A	2 21	%
	Sp. 2 3.0 7 ::: 40.0 mm.	A	2 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 ISO 898-2 (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. [a] Nm.	Max. [b] Nm.
T150 T200	M20	220	439 [c]

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

b Secondo la norma CNR-UNI 10011/97.

c 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 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.

Il calcolo della condotta viene sviluppato secondo le indicazioni della casa produttrice in base alle caratteristiche della condotta, la forma, le dimensioni strutturali e l'altezza del rilevato come di seguito illustrato:

Ondulazione T200 tipo R/New
Luce 3.46 m. Freccia 2.29 m.
Area 6.20 mq.
Le dimensioni effettive delle condotte, riferite all'asse neutro, possono differire da quelle teoriche entro una tolleranza di ± 2 %.

Composizione dell'anello standard:
Tetto
n. 1 piastra da 8 intervalli, raggio 1824 mm.
n. 1 piastra da 10 intervalli, raggio 1824 mm.
Corners
n. 1+1 piastra da 5 intervalli, raggio 726 mm.
Base
n. 1 piastra da 5 intervalli, raggio 3564 mm.
n. 1 piastra da 6 intervalli, raggio 3564 mm.

Altezza di rilevato minima 0.80 m. (estradosso condotta – piano stradale)
Spessore 5.0 mm. (10 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 γ_t : 2000 kg/m^3;
- 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").

La **classificazione sismica** del territorio nazionale ha introdotto **normative tecniche** specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

In basso è riportata la **zona sismica** per il territorio di Atessa, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale dell'Abruzzo n. 438 del 29.03.2003.

Zona sismica **3**	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. $\mathbf{a_g} = 0.15_g$

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiate $\mathbf{a_g}$, che ha una probabilità del 10 % di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica **alta**. Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0.25_g$
2	Zona con pericolosità sismica **media**, dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0.15_g \leq a_g < 0.25_g$
3	Zona con pericolosità sismica **bassa**, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0.05_g \leq a_g < 0.15_g$

4	Zona con pericolosità sismica **molto bassa**. E' la zona meno pericolosa, dove la possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0.05_g$

- 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^2;
- deformazione sotto carico (formula di Spangler-Jowa) < 5 % luce/diametro.

Lunghezza multipla di 1.20 m.
Le lunghezze effettive delle condotte possono differire da quelle teoriche entro una tolleranza di ± 2 %.
Peso kg./m. 526

Note:

Elementi in ingresso alla progettazione e sviluppo

L'offerta tecnica è stata elaborata sulla base degli elementi ricevuti che si presumono riesaminati per quanto riguarda la loro adeguatezza, e sulla base dei requisiti che si presumono completi, non ambigui e non in conflitto tra loro.

Responsabilità

Il dimensionamento delle strutture metalliche in acciaio ondulato viene effettuato seguendo le caratteristiche di progetto indicate dal cliente.

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 da **TUBOSIDER**:

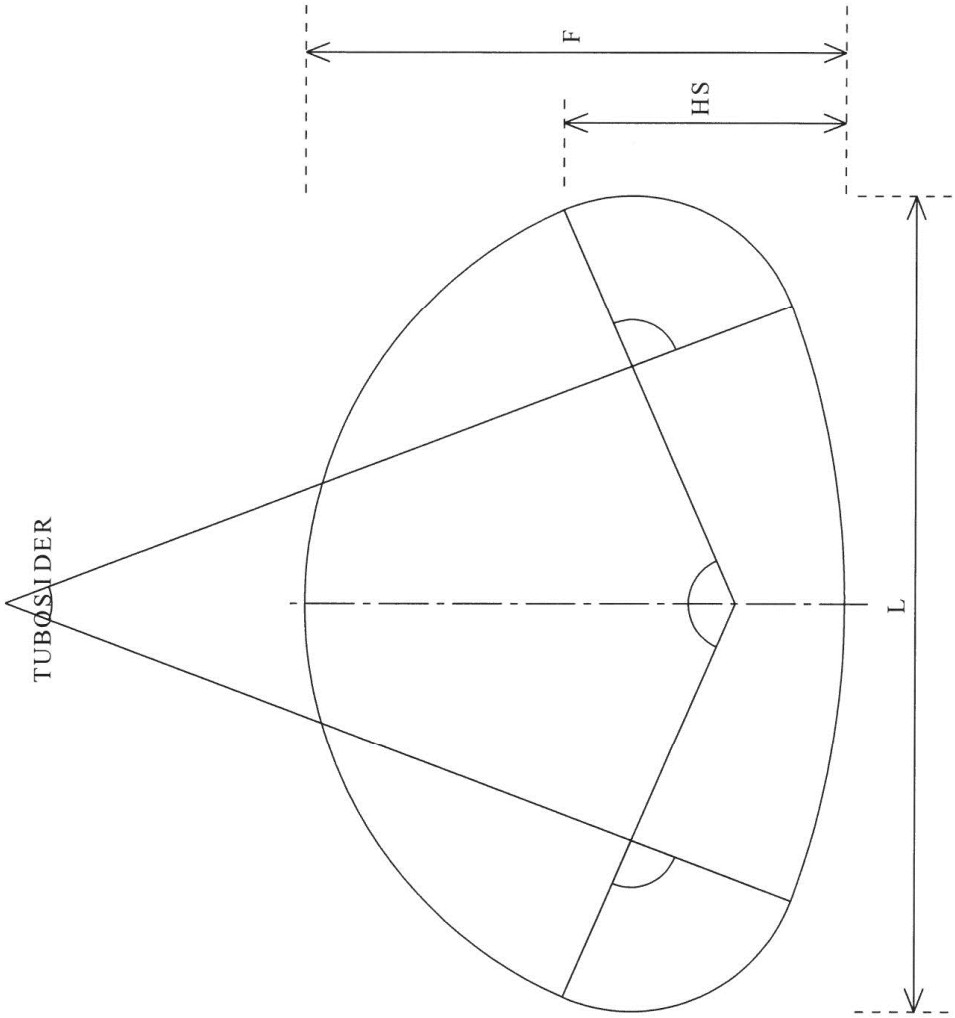
- sul catalogo per le condotte di produzione standard;
- su apposita documentazione tecnica allegata al contratto di vendita per le condotte non a catalogo.

Esulano dalle responsabilità della **TUBOSIDER**, e sono a carico del cliente:

- 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 e che può essere scaricabile, previa registrazione, dal sito: www.tubosider.it

Il presente "MANUALE DI MONTAGGIO" si propone di fornire le principali indicazioni sia per il corretto assemblaggio in cantiere della struttura metallica sia per la realizzazione del blocco tecnico.

Codice R/New	
Tipo	T200
Luce	3465 mm
Freccia	2295 mm
Svil. t	18 int
Angolo t	132.86°
Raggio t	1824 mm
Svil. c	5 int
Angolo c	92.79°
Raggio c	726 mm
Svil. b	11 int
Angolo b	41.56°
Raggio b	3564 mm
Svil.tot.	9165 mm
Int.tot.	39
Area	6.202 mq
h Step	1200 mm



TUBOSIDER GRUPPO RUSCALLA

CALCOLO PESO CONDOTTE IN ACCIAIO ONDULATO (kg/m.)

Data:	23/10/2015	Compilatore :	L. MARTINETTI	Versione 1.0/2015	
Documento n°.:	2015BA01				
Cliente :					
Cantiere :					
Progetto :					

DATI DI INPUT :

Ondulazione :	T200	Interasse anello :	m.	1.20
Spessore : mm.	5	Trattamento superficiale :	ZINCATA + BULLONERIA	
Bulloneria / m.:	10	Tipologia condotta :	RIBASSATA "R"	
DIAMETRO: m.		Condotte tipo A-HPA-LPA		
		Tipologia canali di base :	.....	
LUCE: m.	3.46			
		Condotte tipo HPE-HPA-LPA		
FRECCIA: m.	2.29	Tipologia angolari trave di spinta	.....	

Piastre	N°. / anello	N°. Intervalli	Peso Cad.	Peso Totale	Bulloni Cada Piastra	Bulloni totali	Bullone Tipo 1 M20x35	Totale Tipo 1 PESO	Bullone Tipo 2 M20x45	Totale Tipo 2 PESO
P1)	1	8	122.8	122.8	19	19	16	3.600	3	0.705
P2)	1	10	151.6	151.6	21	21	18	4.050	3	0.705
P3)	2	5	79.5	159.0	16	32	26	5.850	6	1.410
P4)	1	5	79.5	79.5	16	16	13	2.925	3	0.705
P5)	1	6	93.9	93.9	17	17	14	3.150	3	0.705
P6)										
P7)										
P8)										
P9)										
	Piastre totali	Intervalli totali	Kg.	Kg.	N°.	N°.	N°.	Kg.	N°.	Kg.
	6	39		606.8		105	87	19.575	18	4.23

a)	Peso totale cada anello Kg	630.6	TRATTAMENTO SUPERFICIALE ZINCATA + BULLONERIA	
	Peso Kg/m	526	TRATTAMENTO SUPERFICIALE ZINCATA + BULLONERIA	
b)	Canale di base :	.....	Kg Cad.	Kg/m .....
c)	Angolare trave di spinta tipo :	.....	Kg Cad.	Kg/m .....
	Peso totale Kg/m	526	TRATTAMENTO SUPERFICIALE ZINCATA + BULLONERIA	

		Tipo			
d)	Tirafondi d'ancoraggio :	M20x250	N°.	Kg. Cad.	Kg. Tot.
	1 Sola estremità della condotta		39	0.770	30.03
	2 Estremità della condotta		78	0.770	60.06

Il peso Kg/m. non tiene conto del peso dei tirafondi d'ancoraggio.

TUBOSIDER
GRUPPO RUSCALLA

Ver. 1.0.2 - 03/10/11

23/10/2015

RICHIESTA DATI PER L'ELABORAZIONE DELLA RELAZIONE ESECUTIVA DI CALCOLO DELLE CONDOTTE

Metodo di calcolo AISI (American Iron and Steel Institute)

Condotta portante in acciaio ondulato e zincato a piastre multiple bullonate

Cliente:

Cantiere:

Progetto:

Tipo T200 - R/0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

L	Luce	m	3,46
F	Freccia	m	2,29
Rt	Raggio tetto	m	1,82
Rc	Raggio corner	m	0,73
Rb	Raggio base	m	3,56

VERIFICHE DI FORMA(1)

L ≤ 8,00	m	3,46	Verificato
Rb / Rt ≤ 3,50		1,96	Verificato
Rc / Rt ≥ 0,20		0,40	Verificato

CARATTERISTICHE DI PROGETTO(2)

Disposizione dei carichi mobili per realizzare le condizioni di carico più gravose

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")

Fsl	Fattore di sicurezza della lamiera	2,0
Fsb	Fattore di sicurezza del giunto bullonato della lamiera	4,0

Selezione livello di compattazione del suolo

Hi	Altezza rilevato minima		m	0,58

Rilevato tecnico

H	Altezza rilevato tecnico		m	0,80
γ	Peso specifico rilevato tecnico		kg/m³	2000
K	Standard Proctor Density		%	85
	Fattore di carico			0,86

VERIFICHE DI PROGETTO(2)

Calcolo della pressione

Ps	Carico statico	H · γ	kg/m²	1600,00
Pd	Carico dinamico		kg/m²	14369,22
Pt	Pressione totale	H < L → Ps + Pd	kg/m²	15969,22

Calcolo della compressione

Ct	Compressione totale	Pt · Rt	kg/m	29063,99

Installazione in zona sismica

Carico sismico 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")

a_g	Accelerazione orizzontale		g	0,15
	espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni			
Fcs	Fattore di carico statico			1,00
Cts	Compressione totale sismica	$[Fcs + (2 / 3 \cdot a_g)] \cdot Ps \cdot Rt$	kg/m	3203,20

Viene assunto, ai fini del calcolo, il valore di 29063,99 Kg/m in quanto risulta essere il piu' sfavorevole

Calcolo della pressione sismica

Pts	Pressione totale sismica	Cts / Rt	kg/m	15969,22

Calcolo dello spessore della lamiera

S	Spessore	mm	5,0

Acciaio del tipo S235JR secondo al norma EN1025-2 Aprile 2005

Bm	Bulloneria/m	10

Caratteristiche geometriche dell'ondulazione

Ondulazione	Spessore mm	Tangente mm	Angolo Δ°	Momento di inerzia cm⁴*	Modulo di resistenza cm³*	Raggio giratorio cm	Area cm²*
	S	T	Δ	J	W	RG	A
T200	5.0	28.55	46.33	2.2888	0.7629	1.967	0.591

* per cm lineare di proiezione sull'asse neutro

Ar	Area richiesta	Ct / fc	cm²/cm	0,248
Aa	Area adottata		cm²/cm	0,591
	Aa / Ar > 1,00		2,38	Verificato
σ_{MAX}	Sollecitazione di compressione		kg/cm²	491,78
R_{eH}	Carico unitario di snervamento	Ct / Aa	kg/cm²	2345,31
Fsl	Fattore di sicurezza della lamiera			2,00
	$R_{eH} / \sigma_{MAX} > 2,00$		4,77	Verificato

Calcolo del giunto bullonato della lamiera

Valore medio provini

Prove meccaniche su provini relativi alle varie ondulazioni, eseguiti nell'anno 2006/2007 c/o il Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica – Laboratorio Sperimentale Materiali e Strutture.

Ondulazione	Spessore mm	Bulloneria/m	Valore medio kN/m	Bulloneria/m	Valore medio kN/m	Bullone Classe
T200	5.0	10	1209.44	20	1903.60	M20

8.8

Pg	Resistenza a rottura giunto bullonato da prova di laboratorio	kN/m	1209,44
		kg/m	123326,60

Bullone ad alta resistenza classe 8.8, avente le caratteristiche meccaniche indicate nella norma EN ISO 898-1 (viti) e nella norma EN 20898-2 (dadi)

Fsb	Fattore di sicurezza del giunto bullonato della lamiera		4,00
	Pg / Ct > 4,00	4,24	Verificato

Calcolo della sollecitazione di compressione generata nella parete

fy	Tensione di snervamento (L/100)/RG < 294			175,90
fb	Tensione ultima di compressione dell'anello	= fy = 2345,31kg/cm²	kg/cm²	2345,31
fc	Tensione ammissibile	fb / 2	kg/cm²	1172,66

Calcolo della pressione esercitata sul terreno in corrispondenza degli angolari alla base

L_1	5,850 + H		m	6,65
L_2	$L_1 + (0,785 \cdot L)$		m	9,37
Cl	L_1 / L_2			0,71
Pc	Pressione ai corner	Pt · (Rt / Rc) · Cl	kg/cm²	2,83
	Pc < 3,00			Verificato

Calcolo del fattore di flessibilità in fase di installazione

Ff	Fattore di flessibilità	$L^2/(E \cdot J)$	mm/N	0,026
	Ff ≤ 0,171 mm/N			Verificato
E	Modulo di elasticità dell'acciaio		kg/cm²	2039400
J	Momento di inerzia dell'ondulazione		cm^4/cm	2,2888

Calcolo della deformazione elastica(4)

E'	E' = K Standard Proctor Density = 85%	kg/cm²	140
De	Deformazione elastica $1,25 \cdot 0,1 \cdot \{(2 \cdot Rt \cdot PT \cdot Rt^3)/[(E \cdot J)+(0.061 \cdot E' \cdot Rt^3)]\}$	cm	7,80

De_{MAX}	Deformazione massima ammissibile	0,05 · L	cm	17,30
	$De < De_{MAX}$			Verificato

BIBLIOGRAFIA

(1) **BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR Abteilung Straβenbau – Bedingungen für die Anwendung von Wellstahlrohren – Ausgabe 1997**

(2) **Australian/New Zealand Standard – Buried corrugated metal structures – AS/NZS 2041: 1998 NCSPA (National Corrugated Steel Institute Association) Corrugated Steel Pipe Design Manual – December 2008**

CHBDC (Canadian Highway Bridge Design Code) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products – November 2007

AISI (American Iron and Steel Institute) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products – 1994

Recommandations et règles del'art – SETRA Service d'Etudes Tèchniques des Routes et Autoroutes – Octobre 1985

(3) **Metodo di Odemark (MET) Metodo degli spessori equivalenti – 1949**

(4) **Formula di Spangler Iowa Calcolo della deformazione sottocarico – 1941**

(5) **NCSPA (National Corrugated Steel Institute Association) CSP Durability Guide – May 2000**