



ANAS S.p.A.

Direzione Generale

DG 41/08

LAVORI DI COSTRUZIONE DEL 3° MEGALOTTO DELLA S.S. 106 JONICA - CAT. B - DALL'INNESTO CON LA S.S. 534 (km 365+150) A ROSETO CAPO SPULICO (km 400+000)

PROGETTO ESECUTIVO

INTERFERENZE 1-5-6 SORICAL

Tubi Armco

Relazione di calcolo

CONTRAENTE GENERALE: Società di Progetto

SIRJO S.C.p.A.

Presidente:

Dott. Arch. Maria Elena Cuzzocrea

PROGETTAZIONE :



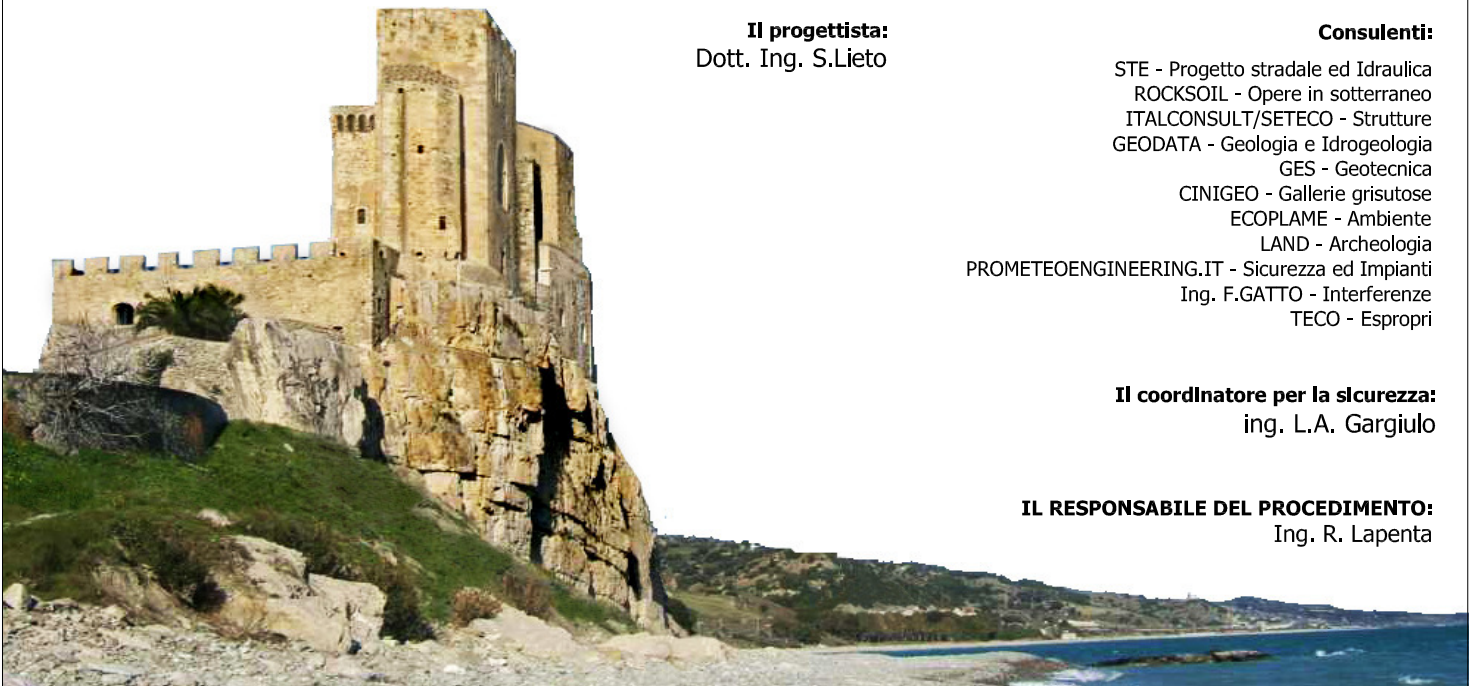
Il progettista: Dott. Ing. S.Lieto

Consulenti:

- STE - Progetto stradale ed Idraulica
ROCKSOIL - Opere in sotterraneo
ITALCONSULT/SETECO - Strutture
GEODATA - Geologia e Idrogeologia
GES - Geotecnica
CINIGEO - Gallerie grisuose
ECOPLAME - Ambiente
LAND - Archeologia
PROMETEOENGINEERING.IT - Sicurezza ed Impianti
Ing. F.GATTO - Interferenze
TECO - Espropri

Il coordinatore per la sicurezza: ing. L.A. Gargiulo

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. R. Lapenta



Rep.: -

Scala di rappresentazione: -

Codice Progetto:

Codice Elaborato:

LO716C E 1901 T00 SORINT RE02 A

Table with 6 columns: Rev., Data, Descrizione, Redatto, Verificato, Approvato. Row 1: A, 15.04.2019, Emissione, SIRJO, SIRJO, Ing. S. Lieto

INDICE

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.1 NORMATIVE DI CARATTERE GENERALE.....	4
2.2 NORMATIVE SPECIFICHE PER LE STRUTTURE.....	4
3. CRITERI DI CALCOLO.....	5
4. MATERIALI IMPIEGATI	5
5. PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO	6
6. FASI DI LAVORO	7
7. CRITERI DI VERIFICA	12
8. CONDOTTA METALLICA IN LAMIERA ONDULATA E ZINCATA	13
8.1 VERIFICA PRELIMINARE PER INSTALLAZIONE IN ZONA SISMICA	13
8.2 VERIFICA SISMICA DELLA STRUTTURA IN LAMIERA ONDULATA	13
8.2.1 Valutazione delle forze sismiche.....	13
9. CALCOLO	15

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Di seguito si riportano i calcoli e verifica dei tubi armco ubicati rispettivamente alle progressive km 9-760 (interferenza 6); km 15+220 (interferenza 5) e all'incirca al km 34+022 asse nord dello svincolo si Roseto rampa "G" (interferenza 1) della S.S. 106 JONICA.

L'attraversamento ha una sezione ad arco ribassato di larghezza 3.72 m e altezza 2.66 m.

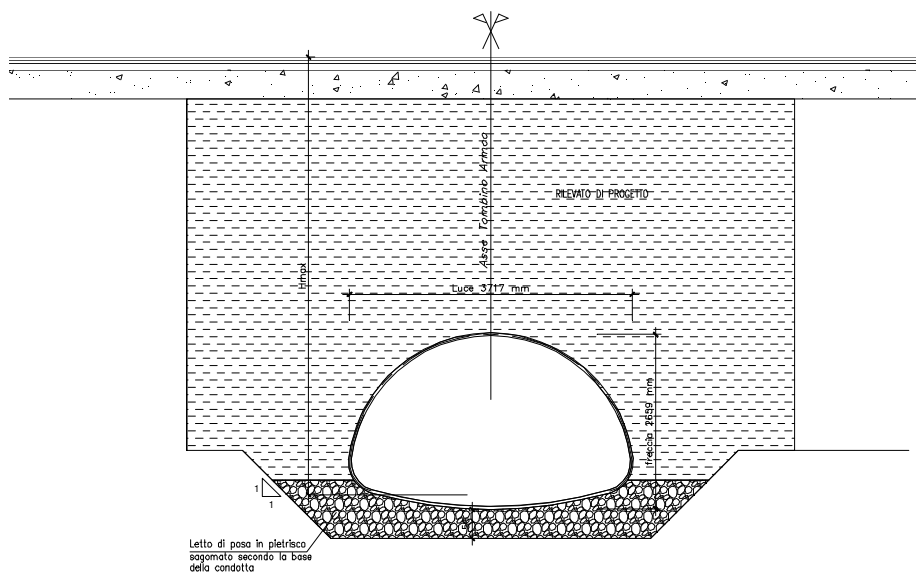
La condotta ha una pendenza longitudinale dell'1% circa ed un ricoprimento di circa 4.60 m.

La sezione trasversale è realizzata con lamiera ondulata in acciaio zincato e imbocchi conformati a becco di flauto.

Per maggiori dettagli ed una descrizione più completa si rimanda agli elaborati grafici.

L'area interessata dalle opere sismicamente è classificata di 2^a zona secondo l'Ordinanza 3274 del 20/03/2003.

Avendo le tre opere la stessa sezione trasversale, verrà calcolata quella con ricoprimento maggiore e pari a 4.60 m.



Sezione trasversale

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella esecuzione dei calcoli si è fatto riferimento ai seguenti documenti normativi.

2.1 NORMATIVE DI CARATTERE GENERALE

L. 05/11/1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";

L. 02/02/1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";

D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

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 delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Norme Tecniche 2018 (D.M. 17/01/2018)

Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

2.2 NORMATIVE SPECIFICHE PER LE STRUTTURE

Decreto Ministeriale 14 settembre 2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

OPCM 3274 d.d. 20/03/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni

CNR-UNI 10011: "Costruzioni di acciaio "Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".

UNI EN 1992-2005:"Progettazione delle strutture di calcestruzzo".

UNI EN 1993-2005: "Progettazione delle strutture di acciaio".

UNI EN 1997-2005: "Progettazione geotecnica".

UNI EN 1998-2005: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica".

UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo:"Specificazione, prestazione, produzione e conformità".

3. CRITERI DI CALCOLO

I calcoli sono stati effettuati secondo il Metodo di calcolo AISI (American Iron and Steel Institute) con i carichi determinati sia nel rispetto della normativa italiana NTC 2018 (decreto MIT del 17 gennaio 2018, pubblicate sulla Serie Generale n. 42 del 20-2-2018) 1° categoria – schema di carico 2 punto 5.1.3.3.5 “Norme tecniche per le costruzioni”) e secondo gli Eurocodici norma EN 1991-2: 2005 (modello di carico 1 punto 4.3.2 “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”).

Ai fini del calcolo la condotta in metallo si può schematizzare come un anello compresso con i carichi che attraverso il terreno sovrastante vengono trasferiti alla struttura metallica in modo uniforme.

La struttura risulta compressa da una sollecitazione C proporzionale a:

la pressione esercitata dal terreno sull anello, PT ;

il raggio di curvatura della struttura, RT secondo la formula: $C = PT \cdot RT$

Affinchè il terreno trasferisca in modo uniforme il carico alla condotta esso dovrà essere ben compattato in fase di realizzazione. Risulta fondamentale anche il dimensionamento delle giunzioni delle piastre che costituiscono la condotta, perché devono essere in grado di garantire continuità alla struttura. Per un rilevato eseguito a regola d’arte sono ammissibili deformazioni del 2 % della freccia teorica del tubo ma anche in presenza di deformazioni del 5% la struttura in lamiera è in grado di comportarsi in modo elastico.

4. MATERIALI IMPIEGATI

Piastre in lamiera di acciaio del tipo S235JR, secondo la norma EN 10025-2 Aprile 2005 e Bulloni di tipo M20 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. 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).

5. PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

Nel calcolo dell'opera, per quanto riguarda la determinazione della spinta delle terre, della capacità portante del terreno e delle caratteristiche di interazione terreno-struttura, si adottano, a favore di sicurezza, i seguenti parametri geotecnici:

Strato di ricoprimento

Spessore dello strato	4.6 m	
Peso di volume	20	kN/m ³
Peso di volume saturo	20	kN/m ³
Angolo di attrito	32°	
Coesione	0,00	MPa

Strato di rinfiacco

Peso di volume	20	kN/m ³
Peso di volume saturo	20	kN/m ³
Angolo di attrito	32°	
Angolo di attrito terreno struttura	0°	
Coesione	0,00	MPa
Costante di Winkler	200	MPa/m

Strato di base

Peso di volume	18,00	kN/m ³
Peso di volume saturo	18,00	kN/m ³
Angolo di attrito	35,00°	
Angolo di attrito terreno struttura	0°	
Coesione	0,000	MPa
E'	30÷40	MPa

6. FASI DI LAVORO

Il sottopasso è costituito da una condotta portante ad arco ribassato realizzata in lamiera ondulata zincata, assemblata in opera mediante pannelli, giuntati con bulloni.

In una fase successiva si procederà al rinterro della condotta e alla successiva sistemazione delle opere complementari.

Fondazione

Il piano di posa dovrà essere il più possibile livellato e costituito da materiale granulare per avere una distribuzione uniforme dei carichi.

Si eseguirà uno scavo di forma trapezoidale in asse al tracciato della condotta che successivamente sarà colmato con pietrisco compattato. Si avrà cura nel sagomare il profilo del pietrisco come quello della base della condotta per realizzare un idoneo appoggio ed evitare deformazioni e dissimmetrie della condotta.

Montaggio delle condotte

L'assemblaggio delle lamiere avviene secondo uno schema predefinito in cui è indicato l'ordine di montaggio e la posizione di ciascuna lamiera.

Il montaggio avverrà usando un numero limitato di bulloni per assemblare gli elementi nella giusta posizione.

In una seconda fase si procederà a completare l'inserimento dei bulloni e al serraggio definitivo.

Gli imbrocchi saranno a becco di flauto e realizzati con elementi speciali, per conformare i profili terminali della condotta e quelli delle scarpate stradali.

Costipamento del terreno

Le operazioni di rinterro della condotta e costipamento del terreno sono di primaria importanza per assicurare l'azione di contenimento del terreno sull'Armco ed evitare deformazioni trasversali instabilizzanti.

Si selezionerà materiale sabbioso di granulometria uniforme e si procederà con regolarità nella successione delle fasi su entrambi i lati della sezione.

Il costipamento avverrà per strati di 30 cm, curando particolarmente la compattazione sui lati inferiori per assicurare una spinta uniforme del terreno sulle pareti, che dovrà raggiungere il 95% circa della massima densità secca.

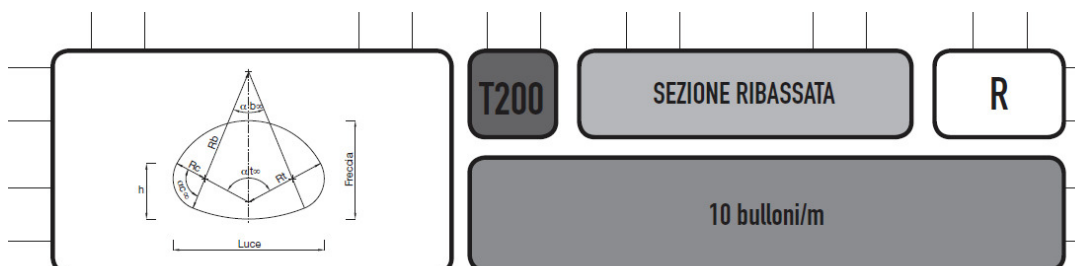
Caratteristiche geometriche e statiche delle lamiere

Spessore delle lamiere

4.0 mm

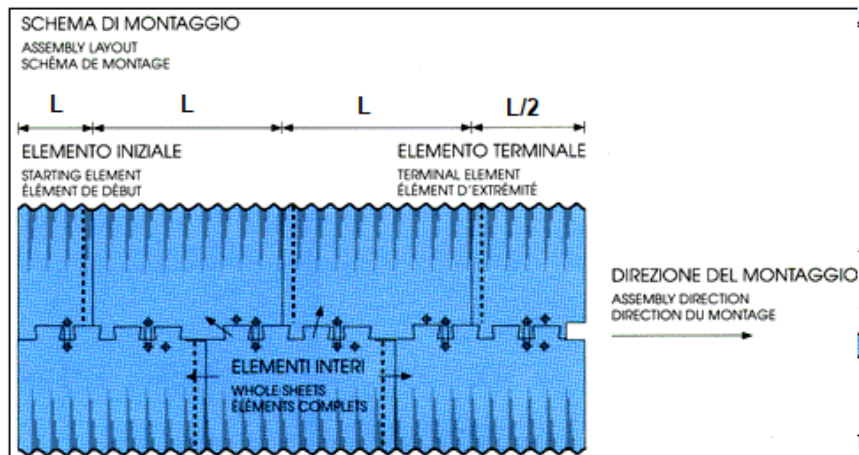
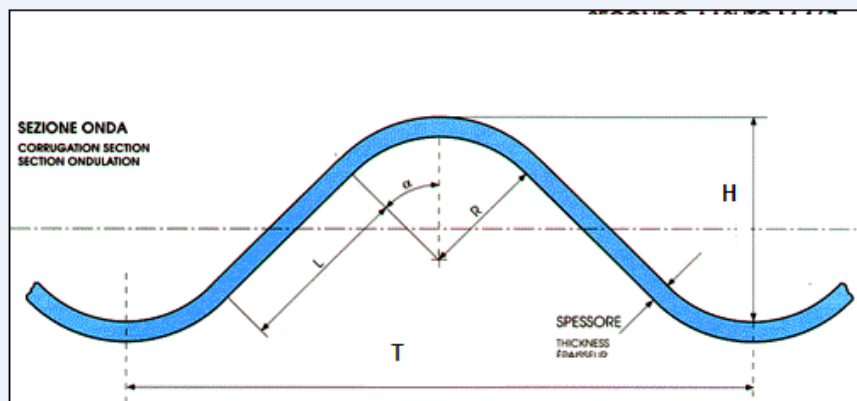
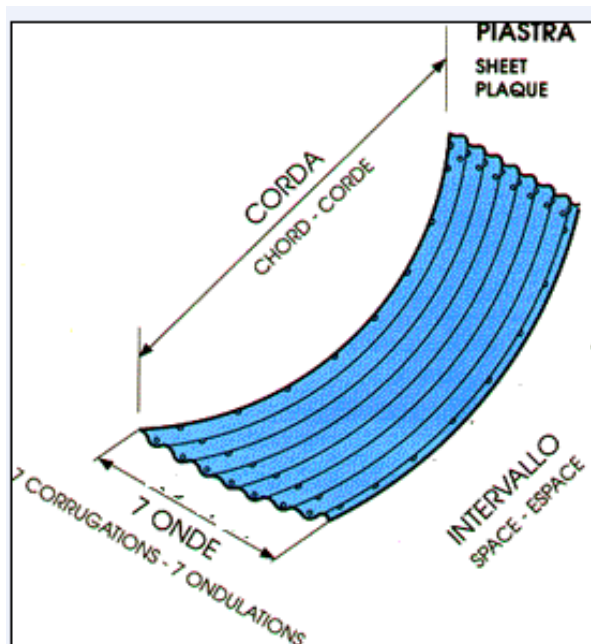
Numero dei bulloni

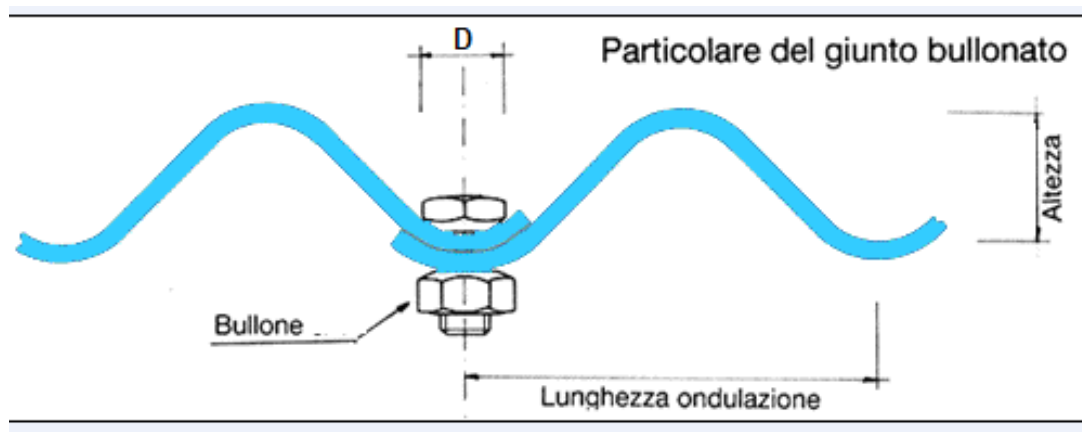
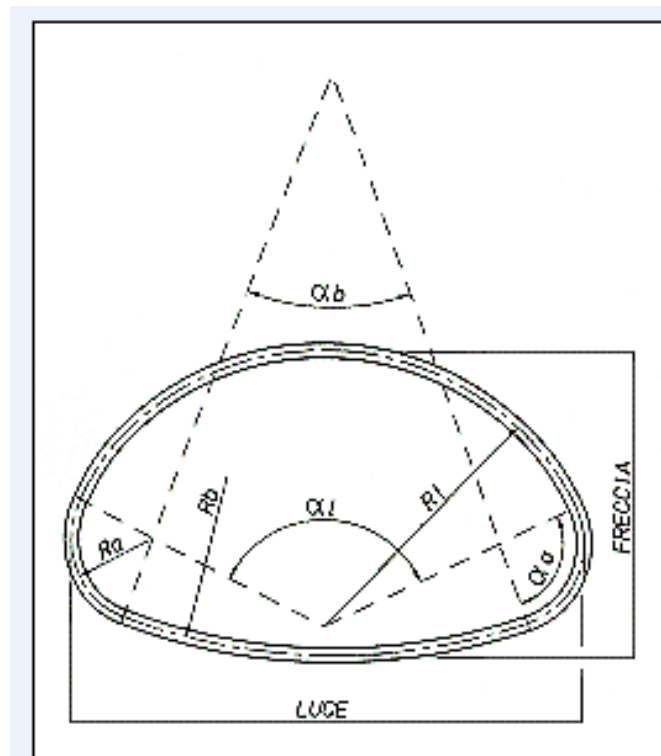
10



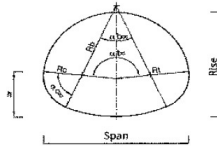
Tipo	Luca m	Freccia m	Area mq	Svil. m	Altezza in m - Spessore in mm				Peso in kg/m - Spessore in mm			
					4.0 min. max.	5.0 min. max.	6.0 min. max.	7.0 min. max.	4.0	5.0	6.0	7.0
R/1	2.19	1.69	2.88	6.11	0.65÷ 7.50	0.60÷ 7.50			286	352	420	486
R/2	2.29	1.73	3.10	6.35	0.70÷ 7.25	0.65÷ 7.25			296	364	434	502
R/3	2.40	1.78	3.32	6.58	0.75÷ 6.75	0.65÷ 6.75			305	376	448	519
R/4	3.02	2.05	4.77	7.99	0.95÷ 5.50	0.85÷ 5.50			370	456	544	629
R/5	3.40	2.24	5.88	8.93	1.10÷ 5.00	0.90÷ 5.25			409	503	601	696
R/6	3.72	2.66	7.75	10.11	1.25÷ 4.50	0.85÷ 6.00	0.65÷ 7.25		457	563	673	779
R/7	3.81	2.70	8.08	10.34	1.25÷ 4.50	0.85÷ 6.00	0.70÷ 7.00	0.65÷ 7.00	467	575	687	796
R/8	4.02	2.78	8.77	10.81	1.35÷ 4.25	0.95÷ 5.75	0.75÷ 6.75	0.70÷ 6.75	493	607	725	840
R/9	4.19	2.87	9.49	11.28	1.40÷ 4.00	0.95÷ 5.50	0.75÷ 6.75		512	631	754	873
R/10	4.65	3.03	10.99	12.22	1.80÷ 3.50	1.15÷ 4.75	0.85÷ 6.00		551	679	811	939
R/11	5.29	3.28	13.42	13.63	-	1.35÷ 4.25	1.00÷ 5.25		609	750	897	1039
R/12	5.46	3.37	14.29	14.10	-	1.35÷ 4.00	1.05÷ 5.25	1.00÷ 5.25	628	774	925	1072
R/13	5.67	3.45	15.17	14.57	-	1.45÷ 4.00	1.10÷ 5.00		647	798	954	1105
R/14	5.89	3.53	16.08	15.04	-	1.55÷ 3.75	1.15÷ 4.75		681	839	1002	1160
R/15	6.04	3.62	17.03	15.51	-	1.60÷ 3.75	1.15÷ 4.75		700	862	1030	1193
R/16	6.23	3.65	17.49	15.75	-	1.80÷ 3.25	1.25÷ 4.50		710	874	1045	1210
R/17	6.39	3.74	18.47	16.22	-	1.80÷ 3.25	1.25÷ 4.50		729	898	1073	1243
R/18	6.60	3.83	19.46	16.69	-	2.00÷ 3.00	1.30÷ 4.25		748	922	1102	1276
R/19	6.68	3.87	19.98	16.92	-	2.00÷ 3.00	1.30÷ 4.25		758	934	1116	1293
R/20	6.95	3.95	20.99	17.39	-	-	1.45÷ 4.00		777	958	1145	1326
R/21	7.23	4.24	23.64	18.33	-	-	1.50÷ 3.75	4.00	816	1006	1202	1393

Consultare la Nota 1 a pagina 50





Bolted plate structures



T200 R

Profile geometry

Code	Span	Rise	Area	Periphery	Step h	Total intervals	Total plates	Top		Corner		Base	
								Rt	αt	Rc	αc	Rb	αb
T200	m	m	m ²	m	m	n	n	mm	°	mm	°	mm	°
R/1	2.19	1.69	2.88	6.11	1.03	26	5	1147	129.15	634	85.00	1549	60.85
R/2	2.29	1.73	3.10	6.35	0.99	27	5	1181	136.76	634	85.00	1770	53.24
R/3	2.40	1.78	3.32	6.58	1.07	28	5	1265	127.73	634	85.00	1730	62.27
R/4	3.02	2.05	4.77	7.99	1.19	34	6	1627	124.11	634	85.00	2248	65.89
R/5	3.40	2.24	5.88	8.93	1.13	38	6	1787	135.61	634	85.00	2971	54.39
R/6	3.72	2.66	7.75	10.11	1.63	43	6	1983	122.23	982	96.00	3236	45.78
R/7	3.81	2.70	8.08	10.34	1.59	44	6	2012	127.15	982	96.00	3625	40.86
R/8	4.02	2.78	8.77	10.81	1.62	46	7	2135	126.14	982	96.00	3859	41.87
R/9	4.19	2.87	9.49	11.28	1.51	48	7	2188	135.41	982	96.00	4958	32.59
R/10	4.65	3.03	10.99	12.22	1.71	52	7	2510	123.37	982	96.00	4526	44.63
R/11	5.29	3.28	13.42	13.63	1.81	58	7	2894	120.95	982	96.00	5151	47.05
R/12	5.46	3.37	14.29	14.10	1.70	60	7	2918	129.22	982	96.00	6249	38.79
R/13	5.67	3.45	15.17	14.57	1.73	62	7	3043	128.33	982	96.00	6448	39.67
R/14	5.89	3.53	16.08	15.04	1.77	64	9	3169	127.47	982	96.00	6644	40.53
R/15	6.04	3.62	17.03	15.51	1.65	66	9	3189	135.11	982	96.00	8188	32.89
R/16	6.23	3.65	17.49	15.75	1.89	67	9	3420	122.05	982	96.00	6446	45.95
R/17	6.39	3.74	18.47	16.22	1.77	69	9	3429	129.59	982	96.00	7712	38.41
R/18	6.60	3.83	19.46	16.69	1.81	71	9	3555	128.77	982	96.00	7894	39.23
R/19	6.68	3.87	19.98	16.92	1.75	72	9	3560	132.37	982	96.00	8692	35.63
R/20	6.95	3.95	20.99	17.39	1.93	74	9	3811	123.65	982	96.00	7590	44.35
R/21	7.23	4.24	23.64	18.33	2.06	78	9	3897	127.84	1122	96.00	8381	40.16

7. CRITERI DI VERIFICA

Nella verifica si segue il metodo degli stati limite, così come stabilito nel NTC 2018

I valori di calcolo delle azioni sulle strutture e le loro combinazioni fanno riferimento *“Opere stradali”* ed alle *“Azione sismica”* definite nel NTC2018.

Nel modello di calcolo i carichi accidentali sul rilevato, l'azione di frenamento ed il sisma vengono applicati sulla parte sinistra dello scatolare o in direzione da sinistra verso destra, onde massimizzare lo sbilanciamento delle forze per la verifica della struttura senza aumentare notevolmente il numero delle combinazioni di carico.

8. CONDOTTA METALLICA IN LAMIERA ONDULATA E ZINCATA

8.1 VERIFICA PRELIMINARE PER INSTALLAZIONE IN ZONA SISMICA

La verifica statica viene eseguita in base ai seguenti riferimenti:

1. *Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products, fifth edition, 1994, edito da American Iron and Steel Institute;*
2. *Standard Specifications for Highway Bridges, sixteenth edition, 1996, edito da AASHTO.*
3. *[D.M. 17 – 01 – 2018 recante “Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni”.*
4. *Sito Internet Ufficiale: www.ncspa.org*

8.2 VERIFICA SISMICA DELLA STRUTTURA IN LAMIERA ONDULATA

Le sollecitazioni provocate dalle azioni sismiche orizzontali e verticali sono valutate mediante analisi statica, secondo i criteri generali delle Norme Tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Il calcolo è condotto con riferimento al *D.M. 17 – 01 – 2018*.

Le masse delle strutture sottoposte al moto impresso dal sisma sono quelle del peso proprio, dei sovraccarichi permanenti e un'aliquota dei sovraccarichi accidentali.

In favore di sicurezza si considera partecipante l'intera massa del sovraccarico accidentale.

La combinazione di carico per la verifica in presenza di sisma prevede la concomitanza delle azioni del sisma, delle azioni permanenti e delle azioni accidentali non amplificate da coefficiente dinamico, con coefficienti di combinazione pari a 1,0.

8.2.1 Valutazione delle forze sismiche

La struttura è soggetta ad un sistema di forze verticali e ad un sistema di forze orizzontali.

Il sistema di forze orizzontali nella direzione diametrale da considerare nel caso di evento sismico può essere valutato come:

$$F_h = \frac{a_g}{g} \cdot W_h \text{ [kN/m]}$$

dove si ha:

$$a_g = 1,4 \cdot 0,25g = 0,35g \quad (\text{accelerazione orizzontale massima assunto per la zona in oggetto})$$

$$W_h \text{ [kN/m]} \quad (\text{peso complessivo delle masse})$$

Il sistema di forze verticali applicato alla struttura può essere stimato come:

$$F_v = \frac{a_g}{g} \cdot W_v \text{ [kN/m]}$$

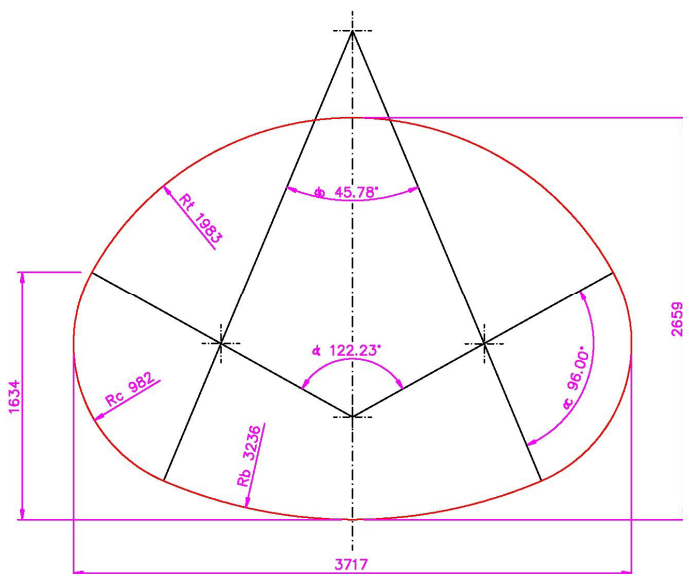
W_v [kN/m]

(Peso complessivo delle masse)

9. CALCOLO

Il calcolo è eseguito secondo le indicazioni della casa produttrice ed è qui allegato. Sono state progettate e verificate delle Condotte T200 di sezione R/6 con le seguenti caratteristiche geometriche ed uno spessore di mm 4.

Di seguito si riporta la geometria della sezione di calcolo e i tabulati di calcolo:



altezza di rinterro medio	4.60 m
spessore lamiera	0.004 m
larghezza	3.72 m
altezza max	2.66 m
area	7.75 mq
peso	457 kg p/m



Ver. 1.0.2 - 03/10/11

07/06/2019

RICHIESTA DATI PER L'ELABORAZIONE DELLA RELAZIONE PRELIMINARE 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: X
 Cantiere: X
 Progetto: X
 Tipo: T200 - R/6

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

L	Luce	m	3,72
F	Freccia	m	2,66
Rt	Raggio tetto	m	1,98
Rc	Raggio corner	m	0,98
Rb	Raggio base	m	3,24

VERIFICHE DI FORMA⁽¹⁾

$L \leq 8,00$	m	3,72	Verificato
$Rb / Rt \leq 3,50$		1,63	Verificato
$Rc / Rt \geq 0,20$		0,50	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	3,0

Selezione livello di compattazione del suolo

Hi	Altezza rilevato minima	m	0,62
----	-------------------------	---	------

Rilevato tecnico

H	Altezza rilevato tecnico	m	4,60
γ	Peso specifico rilevato tecnico	kg/m ³	2000
K	Standard Proctor Density	%	90
	Fattore di carico		0,75

VERIFICHE DI PROGETTO⁽²⁾**Calcolo della pressione**

Ps	Carico statico	$H \cdot \gamma$	kg/m ²	9200,00
Pd	Carico dinamico		kg/m ²	1253,66
Pt	Pressione totale	$H \geq L \rightarrow K \cdot (Ps + Pd)$	kg/m ²	7840,25

Calcolo della compressione

Ct	Compressione totale	$Pt \cdot Rt$	kg/m	15547,21
----	---------------------	---------------	------	----------

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	0,35	
	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	22500,44

Viene assunto, ai fini del calcolo, il valore di 22500,44 Kg/m in quanto risulta essere il piu' sfavorevole

Calcolo della pressione sismica

Pts	Pressione totale sismica	Cts / Rt	kg/m	11346,67
-----	--------------------------	------------	------	----------

Calcolo dello spessore della lamiera

S Spessore mm 4,0

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 cm ^{4*}	Modulo di resistenza cm ^{3*}	Raggio giratorio cm	Area cm ^{2*}
	S	T	Δ	J	W	RG	A
T200	4.0	30.41	45.73	1.8192	0.6167	1.961	0.473

* per cm lineare di proiezione sull'asse neutro

Ar	Area richiesta	Cts / fc			cm ² /cm		0,192
Aa	Area adottata				cm ² /cm		0,473
	Aa / Ar > 1,00				2,47		Verificato
σ_{MAX}	Sollecitazione di compressione				kg/cm ²		475,70
R _{eH}	Carico unitario di snervamento	Cts / Aa			kg/cm ²		2345,31
Fsl	Fattore di sicurezza della lamiera						2,00
	R _{eH} / σ_{MAX} > 2,00				4,93		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	4.0	10	891.26	20	1342.50	M20 8.8
					kN/m	891,26
Pg	Resistenza a rottura giunto bullonato da prova di laboratorio				kg/m	90881,78

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		3,00
	$P_g / Cts > 3,00$	4,04	Verificato

Calcolo della sollecitazione di compressione generata nella parete

	Tensione di snervamento		
fy	$(L/100)/RG < 294$		189,55
fb	Tensione ultima di compressione dell'anello	$= fy = 2345,31 \text{ kg/cm}^2$	2345,31
fc	Tensione ammissibile	$fb / 2$	1172,66

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

L1	$5,850 + H$	m	10,45
L2	$L_1 + (0,785 \cdot L)$	m	13,37
Cl	L_1 / L_2		0,78
Pc	Pressione ai corner	$Pts \cdot (Rt / Rc) \cdot Cl$	1,79
	$Pc < 3,00$		Verificato

Calcolo del fattore di flessibilità in fase di installazione

Ff	Fattore di flessibilità	$L^2/(E \cdot J)$	mm/N	0,037
	$Ff \leq 0,171 \text{ mm/N}$			Verificato
E	Modulo di elasticità dell'acciaio		kg/cm²	2039400
J	Momento di inerzia dell'ondulazione		cm⁴/cm	1,8192

Calcolo della deformazione elastica⁽⁴⁾

E'	$E' = K \text{ Standard Proctor Density} = 90\%$		kg/cm²	210
	Deformazione elastica			
De	$1,25 \cdot 0,1 \cdot \{(2 \cdot Rt \cdot PTS \cdot Rt^3)/[(E \cdot J) + (0,061 \cdot E' \cdot Rt^3)]\}$		cm	4,23
De_{MAX}	Deformazione massima ammissibile	$0,05 \cdot L$	cm	18,59
	$De < De_{MAX}$			Verificato

BIBLIOGRAFIA

(1) BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR Abteilung Straßenbau – 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 de l'art – SETRA Service d'Etudes Techniques 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

Piano di manutenzione.

A cadenza annuale è necessario far ispezionare l'opera da una ditta specializzata per riscontrare eventuali anomalie quali corrosione, deformazioni, bolle e screpolature dello strato protettivo, perdita della forza di serraggio dei bulloni di giunzione, e successivamente intervenire per ripristinare le condizioni ottimali.