

ANAS S.p.A.

Direzione Generale

DG 48/04

MACROLOTTO N°2 - AUTOSTRADA SALERNO-REGGIO CALABRIA

LAVORI DI AMMODERNAMENTO ED ADEGUAMENTO AL TIPO 1/A DELLE NORME C.N.R./80 DEL TRATTO
DAL KM. 108+000 AL KM. 139+000 COMPOSTO DAI SEGUENTI LOTTI UNIFICATI: 1-2-3-4-5
CODICE UNICO PROGETTO: F11 B0400210000

**CONTRAENTE
GENERALE:**



SIS S.c.p.a.
Via Inverio, 24/A - 10146 Torino

Consorzio Stabile fra le Imprese:



SACYR CONSTRUCCION S.A.



INC S.p.A.



SIPAL S.p.A.

Progettazione	Direttore Tecnico	Geologo
 Sipal S.p.A. Direttore Tecnico Dott. Ing. Adriano TURSO Ordine degli Ingegneri Provincia di Taranto N° 1400	 SIS S.c.p.a. Dott. Ing. Massimiliano COLUCCI	Dott. Geol. Carlo ALESSIO Ordine dei Geologi del Piemonte N° 255
		Direttore Lavori INGEGNERIA SPM S.r.l. Dott. Ing. Stefano PEROTTI

PROGETTO COSTRUTTIVO

Titolo Elaborato:

OPERE D'ARTE MINORI - DEVIAZIONI CANALI
Deviazione Canale al Viadotto Pennarone 1
Relazione Tecnica

DG4804 PC02 DC01 1000 01 R 1

Scala: -

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
0	Prima emissione - Proposta di modifica progettuale ai sensi dell'art. 7 quater (modifiche nel 5%)	A.Sena	23/12/2011	T.Di Bari	23/12/2011	N.Trocchi	23/12/2011
1	Revisione - Proposta di modifica progettuale ai sensi dell'art. 7 quater (modifiche nel 5%)	M.Tezza	19/05/2014	M.Tezza	20/05/2014	A.Turso	23/05/2014

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Visto Dott. Ing. Francesco RUOCCO

ANAS S.p.A.

DG 48/04

MACROLOTTO N° 2

AUTOSTRADA SALERNO – REGGIO CALABRIA

LAVORI DI AMMODERNAMENTO ED ADEGUAMENTO AL TIPO 1/A DELLE
NORME C.N.R./80 DEL TRATTO DAL KM. 108+000 AL KM. 139+000
COMPOSTO DAI SEGUENTI LOTTI UNIFICATI: 1-2-3-4-5

PROGETTO COSTRUTTIVO

OPERE D'ARTE MINORI – DEVIAZIONE CANALI

**DEVIAZIONE CANALE AL VIADOTTO PENNARONE I
RELAZIONE TECNICA**

INDICE

<u>1. PREMESSA</u>	<u>3</u>
<u>2. VERIFICA IDRAULICA</u>	<u>4</u>
<u>3. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ.....</u>	<u>5</u>

2. VERIFICA IDRAULICA

La verifica della sezione del tombino è stato condotta sulla base della massima portata prevista con tempo di ritorno di 100 anni e determinando quindi il grado di riempimento atteso, facendo riferimento alle condizioni di moto uniforme attraverso la relazione di Chezy:

$$V = k_s R_H^{2/3} \sqrt{i}$$

in cui:

V = velocità media del flusso (m/s)

k_s = coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler ($m^{1/3}/s$)

R_H = raggio idraulico (m), rapporto tra area della sezione idraulica (m^2) e perimetro bagnato (m);

i = pendenza longitudinale (adim.)

Per quanto riguarda il valore del coefficiente di scabrezza si è assunto il valore $k_s = 28 m^{1/3}/s$ trattandosi di canalizzazioni in lamiera ondulata di acciaio.

Si riporta nella tabella di seguito riportata la verifica idraulica del tombino.

Tubi circolari		Convergenza Ok	
k_s	Scabrezza G-S	28,00	
R_h	Raggio idraulico	0,476	m
i	Pendenza	8,40%	
Q	Portata	7,280	m^3/sec
v	Velocità media	4,946	m/sec
A_b	Area bagnata	1,472	m^2
D	Diametro tubazione	2,400	m
G_r	Grado di riempimento	36,1%	
F	Franco idraulico	1,533	m

Tabella 2.1: Verifica a moto uniforme

3. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ

Di seguito si riporta la verifica di compatibilità dello spessore di parete della condotta ai carichi applicati.

CONDOTTA PORTANTE IN LAMIERA DI ACCIAIO ONDULATA

- con utilizzo di Elementi in Lamiera Ondulata di Acciaio –

Ondulazione mm 152,4x50,8 + relativa Bulloneria.

VERIFICA DI COMPATIBILITA'
dello spessore di parete della condotta ai carichi applicati
Secondo metodo AISI (American Iron and Steel Institute)

VDC N°032/2011

File: V/Circ/11/VDC-CONS-SIS-3210035

INDICE

0.0.0.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE
1.0.0.	PREMESSA
2.0.0.	ANALISI CARICHI AGENTI
2.1.0.	CARICHI PERMANENTI
2.2.0.	CARICHI MOBILI
3.0.0.	VERIFICA DI RESISTENZA
3.1.0.	SOLLECITAZIONE AMMISSIBILE
3.2.0.	COMPRESSIONE NELL'ANELLO
4.0.0.	VERIFICA DI RESISTENZA
4.1.0.	PARETE ONDULATA
4.2.0.	FATTORE DI FLESSIBILITA'
5.0.0.	VERIFICA A FATICA

ALLEGATI :

- 1 - Diagrammi distribuzione pressione nel terreno (I - II - III);
- 2 - Caratteristiche geometriche ed elastiche ondulazione " Multiplate ";
- 3 - Diagramma tensioni ammissibili a fatica (n° cicli 2×10^6).

NOTA BENE:

Redatta sulla base di specifiche indicazioni di impiego fornite dal Cliente Utilizzatore (realizzazione di un manufatto tubolare per applicazioni stradali, altezza di terreno al di sopra della condotta), la presente Relazione ha lo scopo di fornire le necessarie informazioni circa le caratteristiche costruttive del Sistema Strutturale Elementi in Lamiera Ondulata + relativa Bulloneria nell'ambito di uno schema generale unicamente esemplificativo e non impegnativo. La presente Relazione è pertanto da svilupparsi e finalizzare a cura del Tecnico Progettista dell'opera a farsi, in funzione delle proprie condizioni di progetto e dei propri relativi connessi adempimenti di legge (esempio: deposito 1086/71).

0.0.0. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

SEZIONE CIRCOLARE

SPESSORE DELLA LAMIERA : s = cm 0,35

PESO TEORICO : Pt = kg/m 332

DIAMETRO O LUCE : cm. 244,00

PIASTRE PER ANELLO : N° 4

BASE/TETTO : Raggio = mm. 1045
Angolo = gradi 78,4

FIANCHI : Raggio = mm. 1350
Angolo = gradi 101,6

SPAZI : N° 32 (cm. 24,384)

AREA : mq. 4,70

PERIMETRO : cm. 780,28

LE CONDIZIONI DI CARICO PIU' GRAVOSE SI EVIDENZIANO IN CORRISPONDENZA
ALTEZZA DEL RILEVATO SULL'ESTRADOSSO DELLA CONDOTTA

z = cm. 100,0

1.0.0. PREMESSA

La condotta in oggetto si compone per assemblaggio in opera di elementi in lamiera ondulata in acciaio S235 secondo UNI EN 10025 ($R_{eH} = \text{Kg/cm}^2$ 2350; $R_m = \text{Kg/cm}^2$ 3600 per spessori minori di mm 3,0 - $R_{eH} = \text{Kg/cm}^2$ 2350 e $R_m = \text{Kg/cm}^2$ 3400 per spessori oltre mm 3,0; l'ampiezza dell'onda di mm. 152,4 e la profondita' di mm. 50,8; il raggio di curvatura interno onda e' di mm. 28,6. (secondo AASHTO SPECIFICATION M 167 - 82).

Le piastre sono protette con un trattamento anticorrosivo di zincatura a caldo, conforme alla UNI EN ISO 1461, con quantita' di zinco aderito in funzione dello spessore degli elementi interessati (mm 2,5/3,5/4,0/4,5/5,5/6,0/7,0).

L'assemblaggio avviene con l'adozione di bulloni da M20, classe 8.8 (UNI 3740) serrati con una coppia da Kgm 22 fino a Kgm 30; vite e dado sono muniti di sottotesta sferico raggio mm. 25,4.

Per l'installazione bisogna verificare che il piano di posa sia sufficientemente stabile, omogeneo e compatto; se il terreno naturale non ha le caratteristiche richieste, si operera' una bonifica con materiale inerte.

Per meglio accogliere la parte inferiore della struttura, si realizzerà un piano di posa opportunamente sagomato; in alternativa, realizzando una superficie piana , si curerà, dopo montaggio, l'inserimento e la compattazione di materiale granulare fine, da una parte e dall'altra della condotta, affinché alla base della stessa, si eviti la formazione di possibili vuoti.

Il materiale per il rinterro della condotta, accuratamente selezionato, deve essere compattato tutto intorno alla struttura procedendo a strati di cm. 20 c/a da una parte e dall'altra in modo che la quota di interrimento risulti sensibilmente uguale.

Buone caratteristiche di stabilita' si ottengono adoperando terreno con curva granulometrica continua; una miscela di pietrisco o ghiaia di fiume misto a terra esente da detriti organici ed inorganici, ed insensibile all'azione dell'umido e del gelo, e' l'ideale per un buon rinterro; un contenuto massimo di limo intorno al 3% migliora le caratteristiche di coesione e compattezza (terre ghiaio - argillose, gruppi A1 - A3 - A2, secondo CNR - UNI 10006 : tipo B, dimensione max dei grani mm. 30 ovvero tipo A, dimensione max dei grani mm. 71, contenente la frazione media o fine).

Nel corso del costipamento, si consiglia di utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti nelle immediate vicinanze della condotta al fine di non arrecare eventuali danni alla stessa.

Si deve inoltre evitare il passaggio dei mezzi di cantiere sulla condotta prima che si sia realizzato un adeguato ricoprimento: questa precauzione consente una idonea ripartizione dei carichi ed evita pericolose sovraccarichi al manufatto.

Il grado di compattazione deve risultare non minore al 95% della massima densita' (metodo di esame secondo AASHTO DESIGNATION T 99 - 82).

Nelle suddette condizioni di installazione, la condotta, soggetta all'azione dei carichi verticali di esercizio, trasferisce gli stessi al terreno di rinfianco, il quale concorre alla resistenza dell'insieme generando spinte passive distribuite pressoché uniformemente lungo la periferia della condotta stessa.

Ai fini della verifica statica e' pertanto possibile far riferimento ad uno schema strutturale di " anello uniformemente compresso " soggetto alla pressione trasmessa dal terreno per effetto dei carichi di esercizio in pratica tale schema viene sufficientemente realizzato quando la compattazione viene eseguita a perfetta regola d'arte attraverso l'utilizzo di materiale idoneo.

Il calcolo di verifica qui riportato, fa riferimento alle azioni dinamiche come disposto dal D.M. 4 maggio 1990 - Criteri Generali e Prescrizioni Tecniche per la Progettazione, Esecuzione e Collaudo di Ponti Stradali; pertanto devono essere presi in considerazione i seguenti carichi mobili:

- q_{1a}) - mezzo convenzionale da 60t a tre assi;
- q_{1b}) - carico ripartito a 3 t/m lungo l'asse della corsia d'ingombro;
- q_{1c}) - carico isolato da 10t con impronta quadrata di lato 0,3 m.;
- q_{1d}) - carico isolato da 1 t con impronta quadrata di lato 0,7 m.;
- q_{1e}) - carico della folla uniformemente ripartito pari a 0,4 t/m;

La disposizione degli assi, i carichi relativi e le dimensioni delle impronte sul piano stradale, sono indicate nello schema allegato.

2.0.0. ANALISI DEI CARICHI AGENTI

Le condotte interrate sono soggette ai seguenti tipi di carico:

- Carichi mobili dovuti al tipo di transito previsto sulla sovrastruttura stradale: la pressione sull'estradosso della condotta derivante dal transito o manovra di detti carichi mobili, decresce, ovviamente all'aumentare dell'altezza del rilevato.

Tale andamento e' schematizzato nei diagrammi I e II allegati, elaborati sperimentalmente dall'AISI (American Iron and Steel Institute - Handbook of steel drainage and Highway construction products), con riferimento ai carichi previsti dalle normative U.S.A. stradali (Highway H 20 Loading) e ferroviarie (Railway E 80 Loading). Dal diagramma I si evince che, per un rilevato di altezza superiore a metri 2,45 circa, il sovraccarico dinamico assume valori trascurabili.

- Carichi permanenti derivanti dal peso proprio delle strutture, dal peso del rilevato soprastante, pavimentazione stradale, etc.

Quando l'altezza del rilevato supera la luce della condotta, i carichi di esercizio sono assorbiti parzialmente, ma, in modo sensibile, dall' " arco di terreno " che involupa la struttura.

Tale effetto (fattore di carico K - diagramma III) comporta una riduzione del carico trasmesso dalla condotta.

Si assuma, per il rilevato, che insiste sul cielo della condotta, un peso specifico pari a kg./mc. 1900.

Nel prosieguo si determinano le pressioni che i suddetti carichi generano sull'estradosso della condotta considerando che le condizioni della specifica installazione prevedono un'altezza del rilevato pari a:

$$z = \text{cm. } 100,0$$

2.1.0. Carichi permanenti

La pressione per carichi permanenti g risulta dalla somma delle seguenti aliquote:

g_1 = peso proprio della struttura;

g_2 = pavimentazione stradale, marciapiedi, parapetti, etc.

g_3 = spinte delle terre, spinte idrauliche, etc.

L'aliquota di pressione g' derivante dal peso del prisma di terreno e della pavimentazione stradale gravante sulla struttura e' espressa dalla seguente relazione:

$$g' = g_2 + g_3 = K \cdot \gamma \cdot z$$

dalla quale, essendo : $K = 1,00$ (altezza rilevato **minore** della luce della struttura)

$\gamma = 2000$ Kg/mc. = 0,0020 Kg/cmq (peso specifico del terreno)

$z = \text{cm } 100,0$

e, trascurando il peso proprio g_1 , risulta: $g = g' = \text{kg/cmq } 0,200$

2.2.0. CARICHI MOBILI

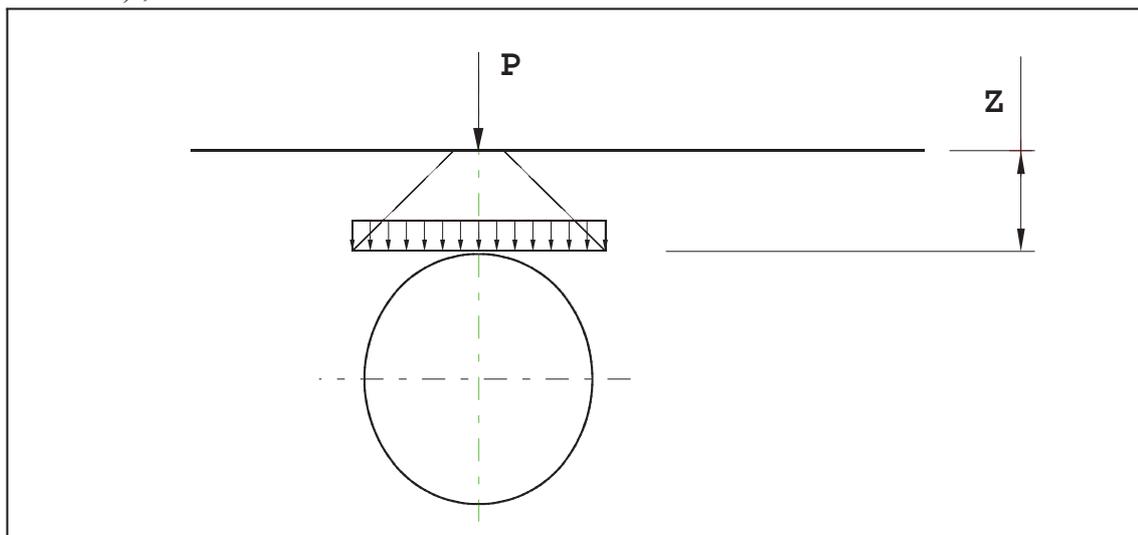
2.2.1. Pressione per carichi mobili: q_1

Risulta dalla somma delle seguenti aliquote:

a) Pressione derivante da mezzo convenzionale da 60 t a tre assi (q_{1a}).

Per la determinazione di detta aliquota, ammettiamo che:

- il carico si diffonda in profondita' con legge lineare secondo un prisma ideale avente fianchi inclinati a 45° ;
- che la pressione sia uniforme sulle sezioni orizzontali a superficie gradualmente crescente con la profondita' (Winkler);
- che l'impronta del rimorchio sia assimilabile ad un rettangolo (lati dimensioni cm. 200x300) ;



Sul piano di sollecitazione, a quota z risulterà, in tale ipotesi la pressione:

$$q_{1a} = \frac{3 p}{(200 + 2z)(300 + 2z)} = \frac{3 \times 20000}{(200 + 2 \times 100)(300 + 2 \times 100)} = \text{kg/cmq } 0,300$$

b) Pressione derivante da carico ripartito pari a 3 t/m disposto lungo l'asse della corsia di ingombro (q_{1b})

L'aliquota di pressione derivante da detto carico risulta non sommabile alla precedente.

c) Pressione derivante da carico isolato pari a 10 t con impronta quadrata lato m. 0,3 (q_{1c})

Detto carico genera la seguente aliquota di pressione :

$$q_{1c} = \frac{Q}{(30 + 2z)(30 + 2z)} = \frac{10.000}{(30 + 2 \times 100)(30 + 2 \times 100)} = \text{kg/cmq } 0,189$$

d) Pressione derivante da carico isolato pari a 1 t con impronta quadrata di lato m. 0,7 (q_{1d})

Detto carico genera la seguente aliquota di pressione :

$$q_{1d} = \frac{q}{(70 + 2z)(70 + 2z)} = \frac{1.000}{(70 + 2 \times 100)(70 + 2 \times 100)} = \text{kg/cmq } 0,014$$

e) Pressione derivante da carico folla uniformemente ripartito pari a 0,4 t/mq (q_{1e})

L'aliquota di pressione derivante da detto carico risulta non sommabile alle precedenti.

In definitiva, la pressione totale per carichi mobili risulta :

$$q_1 = q_{1a} + q_{1c} + q_{1d} = 0,300 + 0,189 + 0,014 = \text{kg/cmq } 0,503$$

2.2.2. Incremento dinamico dei carichi mobili: q_2

I carichi mobili devono essere maggiorati per tener conto degli effetti dinamici. In assenza di analisi specifiche che contemplano le caratteristiche dinamiche della struttura nonché la velocità di progetto della strada, le caratteristiche delle sospensioni dei carichi etc. , l'incremento q_2 e' fornito da:

$$q_2 = (\phi - 1) q_1$$

con ϕ , coefficiente dinamico, dato da:

$$\phi = 1,4 - (L - 10) / 150$$

ove $\phi = 1,4$ per luci minori di m. 10.

Il fattore L rappresenta la lunghezza della stesa di carico in esame, ossia, il diametro o la luce della condotta (in metri).

Per quanto sopra:

$$q_2 = 0,4 q_1 = \text{kg/cmq } 0,201$$

2.2.3. - Azione longitudinale di frenamento: q_3

Per tale azione, ipotizzata agente in direzione asse strada ed a livello della superficie stradale, si assuma un incremento non inferiore del 20% del totale del carico q_{1a} che interessa la struttura:

$$q_3 = 0,20 q_{1a} = \text{kg/cmq } 0,060$$

3.0.0. VERIFICA DI RESISTENZA

3.1.0. Sollecitazione ammissibile: σ_{amm}

La sollecitazione max σ_c di compressione al limite di stabilita' elastica per condotte in lamiera ondulata in acciaio S235 (tensione di snervamento $\sigma_s = 2350$ kg/cmq) risulta dalle seguenti equazioni:

$$1) \sigma_c = \sigma_s \quad \text{quando } (D/r) < 294$$

$$2) \sigma_c = 2812 - 0,0057 (D/r)^2 \quad \text{quando } 294 < (D/r) < 500$$

$$3) \sigma_c = 3,466 \cdot 10^8 (r/D)^2 \quad \text{quando } (D/r) > 500$$

In queste equazioni, definite dalla verifica sperimentale in condizioni di rinterro con caratteristiche di compattazione controllata pari all'85% della densita' standard - AASHTO T 99:

D = diametro luce della condotta

r = raggio di inerzia

Nel caso in oggetto, essendo :

$$D = \text{cm } 244$$

$$s = \text{cm } 0,35$$

$$I = \text{momento d'inerzia specifico} = \text{cm}^4/\text{cm } 1,3062$$

$$A = \text{area specifica} = \text{cm}^2/\text{cm } 0,4342$$

$$r = \text{raggio d'inerzia} = (I/A)^{1/2} = \text{cm } 1,734$$

$$\text{risulta :} \quad D / r = 141$$

Si assuma, pertanto, come sollecitazione di riferimento , il valore σ_c dell'equazione 1, ossia:

$$\sigma_c = \text{kg/cm}^2 2350$$

Il valore della sollecitazione ammissibile e' fornito dalla relazione $\sigma_{\text{amm.}} = \sigma_c / v$.
Ai fini della verifica della compressione nelle pareti, si assuma $v = 2$ (HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE AND HIGHWAY CONSTRUCTION PRODUCTS - AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE) per cui :

$$\sigma_{\text{amm}} = \sigma_c / 2 = 2350 / 2 = \text{kg/cm}^2 1175$$

3.2.0. Compressione nell'anello - Calcolo di verifica .

La pressione totale p agente sulla struttura e' espressa dalla relazione :

$$p = \alpha_p + \alpha \quad \text{nella quale :}$$

– α_p , pressione agente sulla struttura per effetto della combinazione di carico G_{III} ; assume il seguente valore :

$$\alpha_p = g + q_1 + q_2 + q_3 = 0,200 + 0,503 + 0,201 + 0,060 = \text{kg/cm}^2 0,964$$

– α , pressione agente sulla struttura per effetto della ulteriore combinazione di carico G_{VI} con azione sismica piu' sfavorevole agente trasversalmente alla condotta nel senso verticale (azione sussultoria); assume il seguente valore (ipotesi di zona sismica I categoria) :

$$\alpha = 2 \times 0,10 [g + ((q_1 + q_2 + q_3) / 3)] = \text{Kg/cm}^2 0,091$$

Quanto sopra considerando la struttura come soggetta ad un sistema di forze verticali, distribuite proporzionalmente alle masse presenti, la cui risultante e' espressa dalla seguente relazione:

$$F_V = m C I W \quad \text{ove: } m = 2$$

$$C = (S - 2) / 100 \quad \text{in cui: } 1^{\text{a}} \text{ Cat: } S = 12 \text{ e } 2^{\text{a}} \text{ Cat: } S = 9$$

$$I = 1,0$$

$$W = \text{compressione sulla massa strutturale}$$

In definitiva la pressione totale agente sulla struttura, derivante dalla sovrapposizione delle aliquote innanzi ricercate, risulta quindi :

$$p = \alpha_p + \alpha = 0,964 + 0,091 = \text{kg/cm}^2 \text{ } 1,055$$

Lo sforzo di compressione nell'anello, per centimetrolineare di struttura assume pertanto il seguente valore:

$$c = p D/2 = 1,055 \times 244/2 = \text{kg / centimetrolineare } 129$$

4.0.0. VERIFICA DI RESISTENZA

4.1.0. Parete ondulata

Essendo $A = \text{cm}^2/\text{cm}$ $0,4342$ (sezione specifica della lamiera ondulata adottata) la sollecitazione di esercizio risulta:

$$\sigma_p = c/A = 129/0,4342 = \text{kg/cm}^2 \text{ } 297$$

4.1.1. Giunto bullonato

La determinazione analitica della resistenza a rottura del giunto bullonato e' legata alla valutazione di fattori specifici e particolari del tipo di giunto, ossia :

a) resistenza allo scorrimento dovuto alle forze di attrito:

espressa dalla seguente relazione :

$$V_{f, o} = \mu \cdot N_b \cdot n / v_s \quad \text{in cui}$$

μ = coefficiente di attrito (per superfici zincate e assemblaggi eseguiti in opera si assume valore $0,30$)

N_b = trazione del bullone per effetto del serraggio; per viti di classe 8.8 e per coppie di serraggio intorno a 32 kg/m il valore e' pari a $8,9 \text{ tons}$.

v_s = coefficiente di sicurezza contro lo slittamento pari a $1,25$

n = numero delle superfici a contatto(13 bulloni per metro lineare di giunto nel caso di $n^{\circ}2$ bulloni/onda; 26 bulloni per metro lineare di giunto nel caso di $n^{\circ}4$ bulloni/onda).

b) Resistenza al limite di rifollamento, espressa dalla seguente relazione:

$$V_{rif} = \alpha \cdot \sigma_{rif} \cdot d \cdot s \cdot n \quad \text{in cui :}$$

α = coefficiente caratteristico della giunzione pari a 2,5 per giunto a sovrapposizione semplice soggetto a compressione.

d = diametro esterno del bullone (pari a mm 20)

s = spessore della lamiera

c) Effetto di contenimento delle deformazioni, dovuta alla pressione esercitata dai dadi e dalle sottoteste delle viti sulle lamiera.

Tale effetto, cui puo' corrispondere un incremento anche sensibile delle aliquote di cui ai precedenti punti a) e b) e' quantizzabile solo attraverso la valutazione di fattori specifici e particolari del tipo di giunto (geometria dei bulloni - sottotesta sferico raggio mm. 25,4 - spessore delle lamiera giuntate, etc.).

La verifica sperimentale (si veda stralcio da Dossier n°2001 6H 21 elaborato dal Laboratorio accreditato CETE - Centre d'Etudes Techineques de l'Equipement de l'Est Laboratoire Regional de Nancy – Feuille de résultats: ESSAIS DE COMPRESSION – ONDULATIONS DE 150 mm) indica , in corrispondenza ad uno spessore della lamiera cm. 0,35 (n°2 bulloni onda) con un valore di resistenza a rottura di un metro lineare di giunto bullonato, pari a kN 1077 (kg/m 107.700):

$$R = V_{f,o} + V_{rif} + V_{c,d} = \text{kg/m } 107.700$$

Con riferimento a detto valore sperimentale il coefficiente di sicurezza espresso dalla seguente relazione :

$$\varepsilon = R/C \quad \text{ove } C = \text{compressione nell'anello per metrolineare di giunto (} c \times 100 \text{)}$$

risulta : $\varepsilon = 107.700 / 12.900 = 8,3$ (valore da raffrontare alle prescrizioni di Capitolato)

4.2.0. Fattore di flessibilità

Una ulteriore restrizione, che talvolta puo' richiedere la nuova verifica di tutti i parametri, e' imposta dalla necessita' di attribuire una resistenza flessionale sufficiente a contrastare la spinta durante la stratificazione e la compattazione del rinterro ed a scongiurare eventuali fenomeni di instabilita' elastica.

Per condotte da realizzare in opera mediante bullonatura di piastre ondulate - dimensione dell'onda: mm. 152,4 x mm. 50,8 - il fattore di flessibilita', espresso dalla relazione:

$$FF = D^2/EI \quad \text{in cui:} \quad \begin{array}{l} D = \text{diametro luce} \\ E = \text{modulo di elasticita' = kg/cm}^2 \text{ } 2.100.000 \\ EI = \text{rigidezza flessionale} \end{array}$$

non dovra' superare il valore sperimentale max raccomandato di 0,1125.

Nel n/s caso spessore della lamiera pari a $s = \text{cm } 0,35$ la restrizione risulta soddisfatta essendo :

$$FF = 244^2 / (21 \times 10^5 \times 1,3062) = 0,0217 < 0,1125$$

5.0.0. VERIFICA A FATICA

Le norme tecniche di cui ad D.M. in riferimento prevedono l'obbligatorietà della verifica a fatica che deve assicurare una durata di almeno

$$2 \times 10^6 \quad \text{cicli}$$

Il ciclo di fatica della sezione più sollecitata è definito dagli estremi σ_{\min} e σ_{\max}

$$\sigma_{\min} = g \frac{D}{2} \times \frac{1}{A} = \text{kg/cmq } 56$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} + (q_1 + q_2 + q_3) \frac{D}{2} \times \frac{1}{A} = \text{kg/cmq } 271$$

$$\text{con rapporto di fatica } R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = 0,207$$

Dal diagramma MKJ relativo a 2×10^6 cicli previsti dalla normativa UNI - CNR, la sollecitazione max che assicura detta durata, risulta, nel nostro caso (acciaio tipo 1 - curva H), pari a

$$\bar{\sigma}_{am} = \text{kg/mm}^2 \quad 7,10 \quad (\text{kg/cm}^2 \quad 710)$$

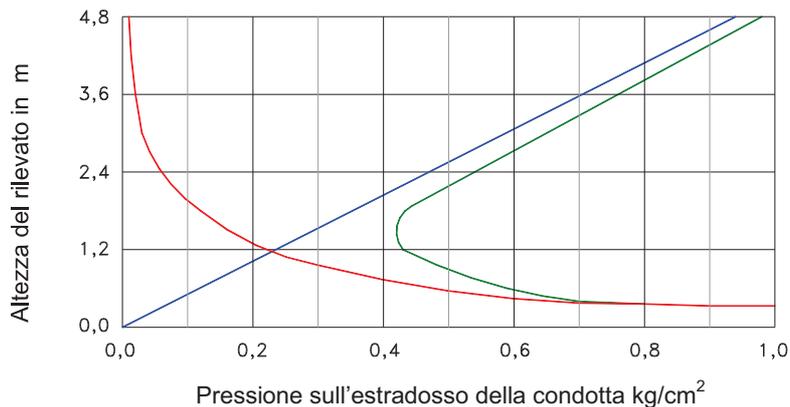


DIAGRAMMA I

CARICO DINAMICO STRADALE
H20

Distribuzione delle pressioni nel terreno secondo la soluzione di Boussinesq. I Carichi sono applicati in superficie su impronta rettangolare di cm 92x100.

Legenda : — Carico dinamico Pd — Carico statico Ps — Carico totale P=Ps+Pd

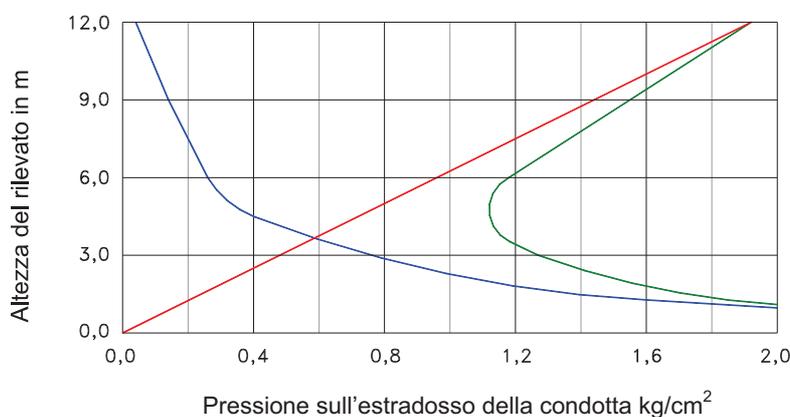


DIAGRAMMA II

CARICO DINAMICO FERROVIARIO
E80

Distribuzione delle pressioni nel terreno secondo la soluzione di Boussinesq. I Carichi sono applicati in superficie su tre impronte rettangolari di cm 60x250, ad interasse di cm 150.

Legenda : — Carico dinamico Pd — Carico statico Ps — Carico totale P=Ps+Pd

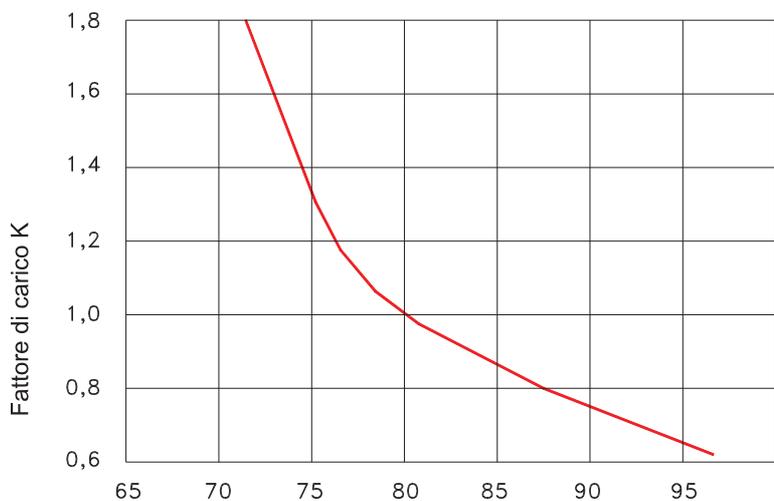


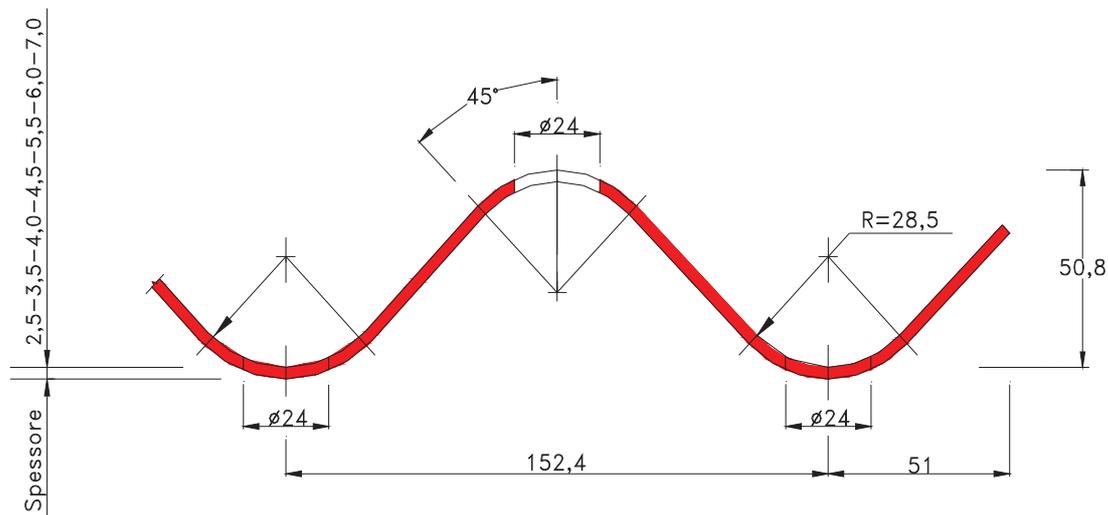
DIAGRAMMA III

Fattore di carico per condotte in lamiera ondulata. Ad un grado di compattazione pari al 90-95% della massima densità, corrisponde un fattore di riduzione dei carichi di 0,70.

DENSITA' STD PROCTOR

PIASTRE PER "MULTIPLATE" - ONDULAZIONE Dim. mm 152,4 x 50,8

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ELASTICHE



LATO INTERNO CONDOTTA A CURVATURA CONCAVA

PIASTRE PER "MULTIPLATE" - ONDULAZIONE Dim. mm 152,4 x 50,8

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ELASTICHE

T [⊗] mm	MOMENTO D'INERZIA I [cm / cm ⁴]	RAGGIO D'INERZIA r [cm]	AREA SPECIFICA a [cm / cm] ²	RESISTENZA ULTIMA A COMPRESSIONE GIUNTO BULLONATO	
				(n°2 bulloni / onda) Kg / m di giunto	(n°4 bulloni / onda) Kg / m di giunto
2,5	0,9279	1,441	0,3100	73.200	
3,5	1,3062	1,734	0,4342	107.700	
4,0	1,4968	1,736	0,4965	135.200	
4,5	1,6884	1,738	0,5588	141.300	
5,5	2,0746	1,742	0,6835	188.400	297.100
6,0	2,2693	1,744	0,7460	223.700	328.800
7,0	2,6617	1,748	0,8712	236.300	354.500

⊗ SPESSORE LAMIERA DI ORIGINE GREZZA NON ZINCATA
- TOLLERANZE UNI EN 10051

COPPIA DI SERRAGGIO Nm
da 220 fino a 300

TENSIONI AMMISSIBILI A FATICA PER 2×10^6 CICLI

σ_{amm} τ_{amm}
in kg/mm^2

