

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO-VENEZIA Tratta VERONA-PADOVA Lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

PONTI E VIADOTTI

Viadotto Fibbio dal Km 7+663,97 al Km 10+036,67

GENERALE

Ritegni sismici campate c.a.p.- Longitudinale TRSE-L 530x110x18.5 - Relazione di calcolo

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA :	
IL PROGETTISTA INTEGRATORE ing. Claudio DE GIUDICI iscritto all'ordine degli ingegneri di Udine n. 1875 Data:				Consorzio Iricav Due ing. Paolo CARMONA Data:				Varie	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
IN17	12	E	12	CL	V10100	006	A	di

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	ing. Alberto LEVORATO	

Progettazione :

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in.	Mar. 2023	M. Proietti	Mar. 2023	G. Grimaldi	Mar. 2023	
B								
C								

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1712E12CLV10100006A.DWG
		Cod. origine: CODICE



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

ID	Rev.	Data	RELAZIONE DI CALCOLO	
R 1528	0	21/02/23	TRSE - TENS RUBBER SINGLE EFFECT	Page 1 of 6



RELAZIONE DI CALCOLO
Commessa: 250190- COSSI
Lavoro: LINEA AV VR-PD
Lotto VR-VI - VI01,VI02,VI03

TRSE -L 530x110x18,5

Indice

1	GENERALITA'	2
2	MATERIALI E TRATTAMENTI.....	2
2.1	Acciaio.....	2
2.2	Gomma.....	2
2.3	Tasselli di ancoraggio	2
2.4	Trattamenti.....	2
3	DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA.....	2
4	VERIFICA APPOGGIO (EN 1337-3).....	3
4.1	Massima deformazione (EN 1337-3 §5.3.3).....	3
4.2	Deformazione dovuta alla compressione (EN 1337-3 §5.3.3.2).....	3
4.3	Deformazione di taglio (EN 1337-3 §5.3.3.3).....	3
4.4	Deformazione dovuta alla rotazione (EN 1337-3 §5.3.3.4).....	3
4.5	Spessore minimo dei lamierini (EN 1337-3 §5.3.3.5).....	4
4.6	Condizione limite: Rotazione (EN 1337-3 §5.3.3.6).....	4
4.7	Condizione limite: Stabilità (EN 1337-3 §5.3.3.6).....	4
4.8	Pressione massima sul supporto in callcestruzzo (RFI DTC INC PO SP IFS 005 A §1.2.4.1.1.4).....	4
6.	VERIFICHE.....	5

DISTRIBUZIONE:

Il presente documento è soggetto a distribuzione controllata.

Ai possessori di "copie controllate" verranno distribuite le eventuali e successive revisioni del presente documento.

Ai possessori di "copie non controllate" non verranno distribuite le successive edizioni.

Le copie controllate sono destinate ai "responsabili di processo" presso la sede e presso le unità produttive. Eventuali ulteriori "copie controllate" saranno definite e distribuite dal responsabile del coordinamento per la qualità. Copie aggiuntive, non distribuite dalla funzione qualità, devono essere considerate "non controllate".

Note:

Modifiche dalle versioni precedenti evidenziate con una barra laterale sul lato sinistro.

ID	Data	Rev	Descrizione	Redatta	Verificata	Approvata
R 1528	21/02/23	0	Prima emissione	MI	LM	LM

ID	Rev.	Data	RELAZIONE TECNICA	
R 1528	0	21/02/23	TRSE – TENS RUBBER SINGLE EFFECT	Page 2 of 6

1 GENERALITA'

Questa relazione di calcolo si riferisce alla progettazione di ritegni sismici meccanici con tamponi in gomma armata denominati TRSE (Tens Rubber Single Effect) in accordo con le normative EN 1337-3:2005 (E) e - RFI DTC SI PS MA IFS 001 F, RFI DTC SI PS SP IFS 002 F

2 MATERIALI E TRATTAMENTI

2.1 Acciaio

Le piastre interne di rinforzo e le piastre esterne vulcanizzate sono costituite da acciaio del tipo S 235 J2 (o J2+N) in accordo con EN 10025 o con acciaio di classe superiore (S 355) con egual allungamento a rottura. Lo spessore minimo non dovrà essere inferiore a 2 mm.

2.2 Gomma

L'elastomero con cui sono costituiti gli appoggi è gomma naturale dielettrica conforme ad EN 1337 ed omologata da RFI con le seguenti caratteristiche:

Shore	A	60±5
Modulo di taglio	G	0.9 N/mm ²
Modulo di Bulk	E _b	2000N/mm ²
Allungamento a rottura		450%

2.3 Tasselli di ancoraggio

I tasselli meccanici sono del tipo Fisher-FBN II 12/160 (o equivalente) di classe 8.8 oppure classe 10.9, le caratteristiche sono le seguenti:

Classe 8.8

$$f_{yb}=640 \text{ MPa}$$

$$f_{ub}=800 \text{ MPa}$$

Classe 10.9

$$f_{yb}=900 \text{ MPa}$$

$$f_{ub}=1000 \text{ MPa}$$

dove:

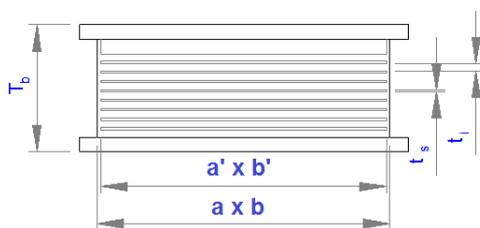
f_{yb} è la tensione di snervamento;

f_{ub} è la tensione di rottura.

2.4 Trattamenti

Le piastre in lamiera metallica di base saranno zincate a caldo. Il rivestimento di zincatura a caldo dovrà avere uno spessore \geq a 100 μm .

3 DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA



ID	Rev.	Data	RELAZIONE TECNICA	
R 1528	0	21/02/23	TRSE – TENS RUBBER SINGLE EFFECT	Page 3 of 6

t_i	spessore del singolo strato in gomma;
t_s	spessore del piatto di rinforzo;
T_b	altezza totale del dispositivo;
T_q	altezza totale della sola gomma;
a	lato dell'appoggio;
a'	lunghezza effettiva del lato dell'appoggio;
b	lato dell'appoggio;
b'	lunghezza effettiva del lato dell'appoggio;
A	area dell'appoggio;
A'	area effettiva dell'appoggio;
l_p	perimetro;
S	fattore di forma;
A_r	area ridotta.

4 VERIFICA APPOGGIO (EN 1337-3)

4.1 Massima deformazione (EN 1337-3 §5.3.3)

$$\varepsilon_{t,d} = K_L (\varepsilon_{c,d} + \varepsilon_{q,d} + \varepsilon_{\alpha,d}) \leq 7.0$$

dove:

$K_L=1$	Vedere annex C EN 1337-3;
$\varepsilon_{c,d}$	deformazione dovuta alla compressione;
$\varepsilon_{q,d}$	deformazione dovuta alla forza orizzontale;
$\varepsilon_{\alpha,d}$	deformazione dovuta alla rotazione;

4.2 Deformazione dovuta alla compressione (EN 1337-3 §5.3.3.2)

La deformazione dovuta alla compressione risulta:

$$\varepsilon_{c,d} = \frac{1.5 \cdot N_{Sd,max}}{G \cdot A_r \cdot S}$$

Dove:

S è il fattore di forma pari a:

$$S = \frac{A'}{l_p \cdot t_i}$$

A_r è l'area ridotta pari a:

$$A_r = A' \left(1 - \frac{V_{xd}}{a'} - \frac{V_{yd}}{b'} \right)$$

4.3 Deformazione di taglio (EN 1337-3 §5.3.3.3)

La deformazione di taglio dovuta alla forza orizzontale non deve eccedere il valore 1.00 come riportato nella seguente formula:

$$\varepsilon_{q,d} = \frac{d_{sd}}{T_q} \leq 1.0$$

4.4 Deformazione dovuta alla rotazione (EN 1337-3 §5.3.3.4)

La deformazione dovuta alla rotazione risulta pari a:

$$\varepsilon_{\alpha,d} = \frac{[(a')^2 \alpha_{SL} + (b')^2 \alpha_{ST}] \cdot t_i}{2 \cdot \sum_i (t_i)^3}$$

ID	Rev.	Data	RELAZIONE TECNICA	
R 1528	0	21/02/23	TRSE – TENS RUBBER SINGLE EFFECT	Page 4 of 6

4.5 Spessore minimo dei lamierini (EN 1337-3 §5.3.3.5)

Lo spessore minimo dei lamierini di rinforzo risulta pari a:

$$t_{s,min} = \max \left(2; \frac{K_p \cdot N_{sd,max} \cdot (t_1 + t_2) \cdot K_h \cdot \gamma_m}{A_r \cdot f_y} \right) = \max \left(2; \frac{K_p \cdot N_{sd,max} \cdot 2 \cdot t_i \cdot K_h \cdot \gamma_m}{A_r \cdot f_y} \right)$$

$$t_{s,min} \leq t_s = 2 \text{ mm}$$

Where:

f_y 235 MPa snervamento dell'acciaio S235;

$K_{\eta}=1.0$ coefficiente;

$\gamma_m=1.0$ fattore parziale di sicurezza;

K_p coefficienti pari a 1.3.

4.6 Condizione limite: Rotazione (EN 1337-3 §5.3.3.6)

L'abbassamento verticale della gomma risulta essere data dalla somma delle deflessioni verticali dei singoli strati, ovvero:

$$v_c = \sum \frac{N_{sd,max} \cdot t_i}{A'} \cdot \left(\frac{1}{5 \cdot G \cdot S^2} + \frac{1}{E_b} \right)$$

Il modulo di bulk E_b è uguale a 2000 MPa.

Per gli appoggi in gomma armata, la condizione limite alla rotazione risulta verificata se:

$$v_c - \frac{a' \cdot \alpha_S}{K_{r,d}} - \frac{b' \cdot \alpha_T}{K_{r,d}} \geq 0 \text{ mm}$$

4.7 Condizione limite: Stabilità (EN 1337-3 §5.3.3.6)

La seguente equazione deve essere verificata:

$$\frac{N_{sd,max}}{A_r} \leq \frac{2 \cdot a' \cdot G \cdot S}{3 \cdot T_q}$$

4.8 Pressione massima sul supporto in calcestruzzo (RFI DTC SI PS MA IFS 001 E §2.8.1.3.1.1.4)

La pressione sollecitante sul calcestruzzo deve essere calcolata assumendo una distribuzione nella piastra di base pari a 60°.

La pressione resistente lato calcestruzzo confinato è data dalla formula:

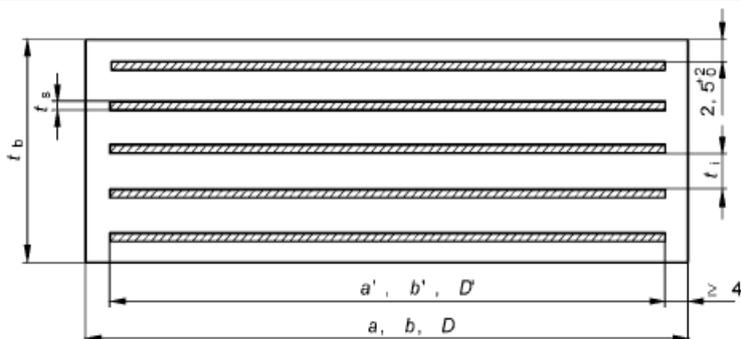
$$f_{cd,c} = \frac{0.85 \cdot 1.3 \cdot 0.83 \cdot R_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.85 \cdot 1.3 \cdot 0.83 \cdot R_{ck}}{1.5}$$

ID	Rev.	Data	RELAZIONE TECNICA	
R 1528	0	21/02/23	TRSE – TENS RUBBER SINGLE EFFECT	Page 5 of 6

6. VERIFICHE

DIMENSIONAMENTO APPOGGI IN GOMMA "TR"

UNI-EN 1337 part.3 - appoggi rettangolari



CARICHI DI PROGETTO	sigla	udm	funzioni	rif.	valori
CV statico	$F_{z,d}$	KN			1800
CARATTERISTICHE APPOGGIO	sigla	udm	funzioni	rif.	valori
Dimensione longitudinale gomma	x	mm			530
Dimensione trasversale gomma	y	mm			110
Spessore ricoprimento laterale	s_l	mm	$s_l \geq 4$	5.3.2	5
Dimensione longitudinale lamierini	x'	mm			520
Dimensione trasversale lamierini	y'	mm			100
Spessore strato gomma esterna	s_e	mm	$s_e = 2,5$	5.3.2	2,5
Numero strati gomma esterna	n_{se}	n			1
Spessore strato gomma interna	t_i	mm	$5 \leq t_i \leq 25$		5
Numero strati gomma interna	n_{ti}	n			2
Spessore lamierini interni	t_s	mm	$t_s \geq 2$		3
Numero lamierini interni	n_s	n			2
Spessore piastre esterne	s_p	mm			10
Numero piastre esterne	n_{sp}	n			1
Spessore gomma interna	Σt_i		$t_i * n_{ti}$		10
Spessore totale gomma	Tq		$(t_i * n_{ti}) + (s_e * n_{se})$		13
Spessore totale acciaio	Ta		$(t_s * n_s) + (s_p * n_{sp})$		16
Altezza totale appoggio	Htot		Tq+Ta		28,5
Area appoggio	A	mm ²	$x * y$		58300
Area compressa	A1	mm ²	$x' * y'$	5.3.3.1	52000
Area ridotta	Ar	mm ²	$A1 * [1 - (v_{x,d}/x') - (v_{y,d}/y')]$	5.3.3.2	52000
Temperatura minima prevista	T	°C			-25
Modulo tangenziale elastico	G	MPa		4.3.1.1	0,9
Modulo elastico di Bulk	Eb	MPa			2000
Fattore di forma	S		$A1 / [2 * t_i * (x' + y')]$	5.3.3.1	8,39

ID	Rev.	Data	RELAZIONE TECNICA	
R 1528	0	21/02/23	TRSE – TENS RUBBER SINGLE EFFECT	Page 6 of 6

VERIFICHE DEFORMAZIONI	sigla	udm	funzioni	ref.	valori
Deformazione carichi verticali	ϵ_{cd}		$1,5 F_{zd} / (G \cdot A_r \cdot S)$	5.3.3.2	6,88
Deformazione di taglio	ϵ_{qd}		v_{xy} / Tq	5.3.3.3	0,00
Deformazione dovuta alla rotazione	ϵ_{ad}		$(x'^2 \cdot \alpha_{xd} + y'^2 \cdot \alpha_{yd}) \cdot t_i / 2 \cdot \Sigma t_i^3$	5.3.3.4	0,00
Deformazione totale	ϵ_d		$K_L \cdot (\epsilon_{cd} + \epsilon_{qd} + \epsilon_{ad})$	5.3.3	6,88

OK<=1

OK<=7

VERIFICA LAMIERINI	sigla	udm	funzioni	ref.	valori
Resistenza a snervamento acciaio	f_y	MPa		4.4.3.1	275
Spessore lamierini interni	t_s	mm			3
Spessore di calcolo	$t_{s,min}$	mm	$K_p \cdot F_{zd} \cdot (t_1 + t_2) \cdot K_h \cdot \gamma_m / (A_r \cdot f_y)$	5.3.3.5	1,64

OK<=3

VERIFICA STABILITA'	sigla	udm	funzioni	ref.	valori
Stabilità rotazionali					
Spost. vert. singolo strato di gomma	v_{ci}	mm	$(F_{zd} \cdot t_i / A_1) \cdot [(1/5GS^2) + (1/E_b)]$	5.3.3.7	0,63
Spost. vert. totale	$v_{c,tot}$	mm	$n_{ti} \cdot v_{ci}$	5.3.3.7	1,27
Spost. vert. dovuto alla rotazione	v_{α}	mm	$(x' \cdot \alpha_{xd} + y' \cdot \alpha_{yd}) / K_r$	5.3.3.6	0,00
Condizione limite	Δ	mm	$v_{c,tot} - v_{\alpha} > 0$	5.3.3.6	1,27

OK>0

Stabilità di Buckling					
Pressione gomma	σ_g	MPa	F_{zd} / A_r	5.3.3.6	34,62
Pressione critica	σ_{cr}	MPa	$2 \cdot \min\{x'; y'\} \cdot G \cdot S / (3 \cdot \Sigma t_i)$	5.3.3.7	50,32
Condizione limite	Ω	MPa	$\sigma_{cr} - \sigma_g > 0$	5.3.3.7	15,71

STABILE

AZIONI SULLA STRUTTURA	sigla	udm	funzioni	ref.	valori
Spessore grout	s_g	mm	-	5.3.3.7	10
Pressione sul supporto	σ_{supp}	MPa	$F_{zd,s} / ((x+2 \tan(60) s_p)(y+2 \tan(60) s_p))$	5.3.3.7	22,04
Calcestruzzo	f_{ck}	MPa	-	5.3.3.7	32
Pressione resistente	$f_{cd,c}$	MPa	$0,85 \cdot 1,3 \cdot f_{ck} / 1,5$	1.2.4.1.1.4	23,57
Condizione di verifica	-	MPa	$f_{cd,c} - \sigma_{supp} > 0$	5.3.3.7	1,53

OK>0