

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



**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**

VI - VIADOTTI E PONTI

VIADOTTO SU RIO GUA' DAL KM 33+722,75 AL KM 34+800,75

Ritegni sismici campate c.a.p. 25 m VI09C

Longitudinale TRSE-L 530x110x18,5 - Relazione di calcolo

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>					<b>DIRETTORE LAVORI</b>			<b>SCALA :</b>	
<b>IL PROGETTISTA INTEGRATORE</b> Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503					Consorzio <b>Iricav Due</b> ing. Paolo CARMONA			VARIE	
Data:					Data:				

<b>COMMESSA</b>	<b>LOTTO</b>	<b>FASE</b>	<b>ENTE</b>	<b>TIPO DOC.</b>	<b>OPERA/DISCIPLINA</b>	<b>PROGR.</b>	<b>REV.</b>	<b>FOGLIO</b>	
IN17	12	E	12	CL	VI0900	011	A		di

<p><b>IRICAV2</b></p>	<b>VISTO CONSORZIO IRICAV DUE</b>	
	<b>Firma</b>	<b>Data</b>
	ing. Alberto LEVRATO	

Progettazione :

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	EDIN	Gen. 2023	M. Proietti	Gen. 2023	G. Malavenda	Gen. 2023	<p>Data: Gen. 2023</p>
B								
C								

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E9100000009

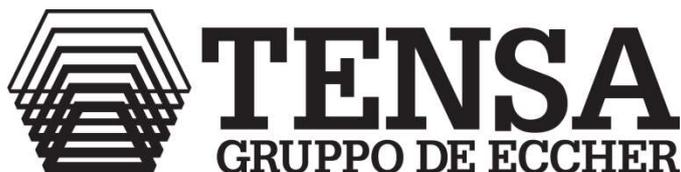
File: IN1712EI2CLVI0900011A.DWG

Cod. origine: CODICE



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

ID	Rev.	Data	RELAZIONE DI CALCOLO	
R 1462	A	07/12/22	TRSE - TENS RUBBER SINGLE EFFECT	Page 1 of 6



## RELAZIONE DI CALCOLO Commessa: 250185-SALCEF

### 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 calcestruzzo (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 1462	07/12/22	0	Prima emissione	MI	LM	LM

ID	Rev.	Data	RELAZIONE TECNICA	
R 1462	A	07/12/22	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 E, RFI DTC SI PS SP IFS 002 E

## 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 <sup>2</sup>
Modulo di Bulk	E <sub>b</sub>	2000N/mm <sup>2</sup>
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:

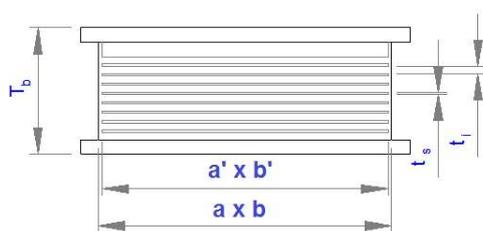
$f_{yb}$  è la tensione di snervamento;

$f_{ub}$  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  $\mu\text{m}$ .

## 3 DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA



ID	Rev.	Data	RELAZIONE TECNICA	
R 1462	A	07/12/22	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 1462	A	07/12/22	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;  
 $K_h=1.0$  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:

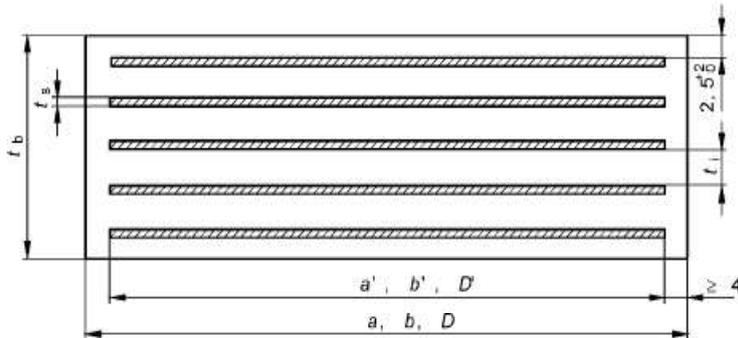
$$f_{cd,c} = \frac{0.85 \cdot 1.3 \cdot 0.83 \cdot R_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.85 \cdot 1.3 \cdot 0.83 \cdot R_{ck}}{1.5}$$

ID	Rev.	Data	RELAZIONE TECNICA	
R 1462	A	07/12/22	TRSE – TENS RUBBER SINGLE EFFECT	Page 5 of 6

## 6. VERIFICHE

### DIMENSIONAMENTO APPOGGI IN GOMMA "TR"

UNI-EN 1337 part.3 - appoggi rettangolari



11,6      15,08  
3,48

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	$\Sigma t_i$		$t_i * n_{ti}$		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 <sup>2</sup>	x * y		58300
Area compressa	A1	mm <sup>2</sup>	x' * y'	5.3.3.1	52000
Area ridotta	Ar	mm <sup>2</sup>	$A1 * [1 - (v_{x,d}/x') - (v_{y,d}/y')]$	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 1462	A	07/12/22	TRSE – TENS RUBBER SINGLE EFFECT	Page 6 of 6

VERIFICHE DEFORMAZIONI	sigla	udm	funzioni	ref.	valori	
Deformazione carichi verticali	$\epsilon_{cd}$		$1,5 F_{zd} / (G \cdot A_r \cdot S)$	5.3.3.2	6,88	
Deformazione di taglio	$\epsilon_{qd}$		$v_{xy} / Tq$	5.3.3.3	0,00	OK<=1
Deformazione dovuta alla rotazione	$\epsilon_{rd}$		$(x'^2 \cdot \alpha_{xd} + y'^2 \cdot \alpha_{yd}) \cdot t_i / 2 \cdot \Sigma t_i^3$	5.3.3.4	0,00	
Deformazione totale	$\epsilon_{td}$		$K_L \cdot (\epsilon_{cd} + \epsilon_{qd} + \epsilon_{rd})$	5.3.3	6,88	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	
<b>Stabilità rotazionali</b>						
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	$v_{\alpha}$	mm	$(x' \cdot \alpha_{xd} + y' \cdot \alpha_{yd}) / K_r$	5.3.3.6	0,00	
Condizione limite	$\Delta$	mm	$v_{c\ tot} - v_{\alpha} > 0$	5.3.3.6	1,27	OK>0

<b>Stabilità di Buckling</b>						
Pressione gomma	$\sigma_g$	MPa	$F_{zd} / A_r$	5.3.3.6	34,62	
Pressione critica	$\sigma_{cr}$	MPa	$2 \cdot \min(x', y') \cdot G \cdot S / (3 \cdot \Sigma t_i)$	5.3.3.7	50,32	
Condizione limite	$\Omega$	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	$\sigma_{supp}$	MPa	$F_{zd, s} / [(x + 2 \tan(60) s_p + 2 s_g)(y + 2 \tan(60) s_p + 2 s_g)]$	5.3.3.7	18,70	
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	4,87	OK>0