

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

Trasversale TRSE-T 600x110x18,5 - Relazione di calcolo

| GENERAL CONTRACTOR | | | | | DIRETTORE LAVORI | | | | SCALA : |
|---|--|--|--|--|---|--|--|--|---------|
| IL PROGETTISTA INTEGRATORE Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 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 | VI0900 | 012 | A | di |

| | VISTO CONSORZIO IRICAV DUE | |
|--|----------------------------|------|
| | Firma | Data |
| | 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 | |
| B | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | |

Data: Gen. 2023

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E9100000009

File: IN1712EI2CLVI0900012A.DWG


Cod. origine: CODICE



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

Scala di plot:

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA PRODUZIONE ANCHE PARZIALE È VIETATA

| | | | | |
|--------|------|----------|----------------------------------|---|
| ID | Rev. | Data | RELAZIONE DI CALCOLO |  |
| R 1463 | A | 07/12/22 | TRSE - TENS RUBBER SINGLE EFFECT | Page 1 of 6 |



RELAZIONE DI CALCOLO Commessa: 250185-SALCEF

TRSE -T 600x110x18,5

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.



Tommaso Ciccone

| ID | Data | Rev | Descrizione | Redatta | Verificata | Approvata |
|--------|----------|-----|-----------------|---------|------------|-----------|
| R 1463 | 15/09/22 | A | Prima emissione | MI | LM | LM |

| ID | Rev. | Data | RELAZIONE TECNICA |  |
|--------|------|----------|----------------------------------|---|
| R 1463 | 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 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:

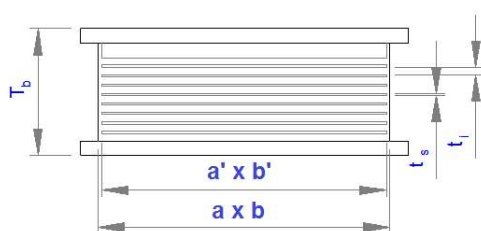
f_{yb} è la tensione di snervamento;


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 1463 | 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 1463 | 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°.

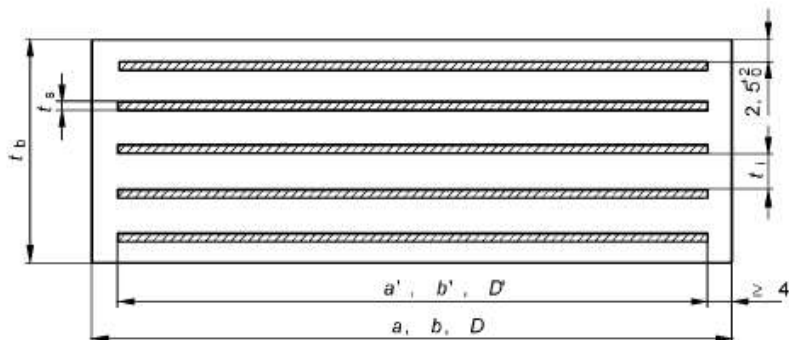
La pressione resistente lato calcestruzzo confinato è data dalla formula:

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


| | | | | |
|--------|------|----------|----------------------------------|---|
| ID | Rev. | Data | RELAZIONE TECNICA |  |
| R 1463 | 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



| CARICHI DI PROGETTO | sigla | udm | funzioni | rif. | valori |
|------------------------------------|--------------|-----------------|--|---------|--------|
| CV statico | $F_{z,d}$ | KN | | | 2050 |
| CARATTERISTICHE APPOGGIO | sigla | udm | funzioni | rif. | valori |
| Dimensione longitudinale gomma | x | mm | | | 600 |
| 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 | | | 590 |
| 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 | $x * y$ | | 66000 |
| Area compressa | A1 | mm ² | $x' * y'$ | 5.3.3.1 | 59000 |
| Area ridotta | Ar | mm ² | $A1 * [1 - (v_{xd}/x') - (v_{yd}/y')]$ | 5.3.3.2 | 59000 |
| 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 | 8,55 |

| ID | Rev. | Data | RELAZIONE TECNICA |  |
|--------|------|----------|----------------------------------|---|
| R 1463 | A | 07/12/22 | TRSE – TENS RUBBER SINGLE EFFECT | Page 6 of 6 |

| VERIFICHE DEFORMAZIONI | sigla | udm | funzioni | rif. | valori | |
|------------------------------------|-----------------|-----|--|---------|--------|-------|
| Deformazione carichi verticali | ϵ_{cd} | | $1,5 F_{zd} / (G \cdot A_r \cdot S)$ | 5.3.3.2 | 6,77 | |
| Deformazione di taglio | ϵ_{qd} | | v_{xy} / Tq | 5.3.3.3 | 0,00 | OK<=1 |
| 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_{td} | | $K_L \cdot (\epsilon_{cd} + \epsilon_{qd} + \epsilon_{ad})$ | 5.3.3 | 6,77 | OK<=7 |

| VERIFICA LAMIERINI | sigla | udm | funzioni | rif. | 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 | rif. | 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 | 0,61 | |
| Spost. vert. totale | $v_{c\ tot}$ | mm | $n_{ti} \cdot v_{ci}$ | 5.3.3.7 | 1,23 | |
| 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 | 1,23 | OK>0 |

| Stabilità di Buckling | | | | | | |
|------------------------------|---------------|-----|---|---------|-------|---------|
| Pressione gomma | σ_g | MPa | F_{zd} / A_r | 5.3.3.6 | 34,75 | |
| Pressione critica | σ_{cr} | MPa | $2 \cdot \min(x'; y') \cdot G \cdot S / (3 \cdot \Sigma t_i)$ | 5.3.3.7 | 51,30 | |
| Condizione limite | Ω | MPa | $\sigma_{cr} - \sigma_g > 0$ | 5.3.3.7 | 16,56 | STABILE |

| AZIONI SULLA STRUTTURA | sigla | udm | funzioni | rif. | valori | |
|------------------------|-----------------|-----|---|-------------|--------|------|
| Spessore grout | s_g | mm | - | 5.3.3.7 | 10 | |
| Pressione sul supporto | σ_{supp} | MPa | $F_{zd,s} / ((x+2 \tan(60)(s_p+s_g))(y+2 \tan(60)(s_p+s_g)))$ | 5.3.3.7 | 17,08 | |
| 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 | 6,49 | OK>0 |