

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

VIADOTTI E PONTI

VIADOTTO SU RIO GUÀ AV/AC DAL km 34+047,75 AL km 34+125,75

GENERALE

Relazione tecnica appoggio unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40 (-5850)

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

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
IN17	12	E	12	CL	V109B0	002	A	di

VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
Firma	Data
ing. Alberto LEVRATO	

Progettazione :

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	SETECO	Gen. 2023	M. Vaccarezza	Gen. 2023	G. Malavenda	Gen. 2023	Paolo Maestrelli
B								 Data: Gen. 2023
C								

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E9100000009

File: IN1712E12CLV109B0002A.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

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

**Appoggio mobile unidirezionale cedevole  
trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)**

*Tratta AV/AC Verona-Padova – Impalcati ad arco (75m) VI09*

*Disegno di riferimento 220127-GD-20*

**c.o. 220127**

PAESE	CLIENTE
	SALCEF S.P.A.



Rif.:220127-CN-20-B

19 Dicembre 2022

**FPC ITALIA SpA – UFFICIO TECNICO**

Via dei Missaglia, 97/A2

20142 MILANO

Telefono : +39 02 485691

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)

### NOTA PRELIMINARE

---

Ai termini di legge questo documento è di esclusiva e solo proprietà dell'ufficio tecnico.  
Questo documento è confidenziale, è quindi vietato riprodurlo, realizzarlo e/o in ogni modo possibile renderlo nota a terzi, senza una preventiva e scritta autorizzazione dell'ufficio tecnico.

### TABELLA DELLE REVISIONI

---

Rev	Data	Modifiche	Redatto	Controllato	Approvato
A	27/10/2022	Prima emissione	LFI	CGI	CGI
B	19/12/2022	Tabella dei carichi	LFI	GBI	GBI

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)

### Indice

1	INTRODUZIONE.....	6
1.1	Generalità.....	6
1.2	Materiali.....	6
1.2.a	Acciaio Strutturale .....	6
1.2.b	Acciaio non strutturale .....	6
1.2.c	ISOGLIDE .....	7
1.2.d	Acciaio inossidabile.....	8
1.2.e	Bulloni .....	8
1.2.6	Anello elastico.....	8
2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE, FORZE E SPOSTAMENTI .....	10
2.1	Simboli.....	10
2.2	Geometria .....	11
2.3	Forze e spostamenti.....	12
3	VERIFICHE .....	13
3.1	Calcolo dell'eccentricità .....	13
3.2	Verifica dell'ISOGLIDE .....	14
3.2.a	Verifica della resistenza dell'ISOGLIDE .....	14
3.2.b	Verifica delle dimensioni dell'ISOGLIDE.....	15
3.3	Capacità di rotazione .....	16
3.3.a	Movimento orizzontale della mediana (elemento sferico) .....	16
3.3.b	Gap x1 .....	16
3.3.c	Gap w/2 .....	17
3.4	Verifica della piastra di scorrimento .....	17
3.5	Calcestruzzo .....	19
3.6	Ancoraggi .....	22
3.7	Perno e contropiastra .....	23
3.8	Requisiti aggiuntivi per il trasporto e l'installazione .....	24
3.9	Pressioni di contatto fra piastra superiore e piastra di scorrimento .....	24
3.9.a	Contatto curvo fra piastra superiore e anello elastico .....	25
3.9.b	Contatto piano fra anello di posizionamento e anello di contenimento .....	26
3.9.c	Contatto piano fra piastra di base e piastra di scorrimento.....	27

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)

3.10	Calcolo della rigidezza dell'anello elastico .....	28
	APPENDICE A: ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI DELLA PIASTRA DI SCORRIMENTO .....	30
	APPENDICE B: ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI DELLA CONTROPIASTRA .....	32
	APPENDICE C: ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI DELL'ANELLO ELASTICO .....	33

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

### 1 INTRODUZIONE

#### 1.1 Generalità

Questa relazione è scritta facendo riferimento alla normativa europea EN 1337:2005 e alle istruzioni RFI-DTC-SICS-PS-SP-IFS-002-A e RFI-DTC-SI-PS-MA-IFS-001-A del gruppo Ferrovie dello Stato. Per il materiale di scorrimento ISOGLIDE si fa riferimento ai documenti ETA-17/0808 ed EAD 050009-00-0301 "Spherical and cylindrical bearing with special sliding material made of fluoropolymer".

#### 1.2 Materiali

##### 1.2.a Acciaio Strutturale

Tutte le parti strutturali degli appoggi sono realizzate in acciaio laminato EN 10025 tipo S355J2. Le proprietà sono riportate nella tabella seguente.

- Resilienza KV  $\geq 27$  J
- allungamento a rottura A  $\geq 18$  %

In accordo alla EN 10025 la tensione di rottura in funzione dello spessore vale:

spessore (mm)	$t \leq 100$	$100 < t \leq 150$	$150 < t$
Rottura $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	470	450	450

La tensione di snervamento differenziata in funzione dello spessore vale invece:

spessore (mm)	$\leq 16$	$>16$ $\leq 40$	$>40$ $\leq 63$	$>63$ $\leq 80$	$>80$ $\leq 100$	$>100$ $\leq 150$	$>150$ $\leq 200$	$>200$ $\leq 250$	$>250$
Snervamento $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	355	345	335	325	315	295	285	275	265

Alla condizione SLU è stato considerato un coefficiente di sicurezza pari a  $\gamma_m = 1.1$  in modo da definire la tensione di progetto valida per l'acciaio considerato.

##### 1.2.b Acciaio non strutturale

Le parti non strutturali dei dispositivi possono essere realizzate in acciaio tipo EN 10025 tipo S275JR o S235JR o equivalenti con le seguenti caratteristiche:

S275JR

- tensione di rottura a trazione  $f_u \geq 410$  N/mm<sup>2</sup>

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)

- tensione di snervamento (t > 20 mm)  $f_y \geq 265 \text{ N/mm}^2$
- resilienza a 20°C  $KV \geq 27 \text{ J}$
- allungamento a rottura  $A \geq 18 \%$

S235JR

- tensione di rottura a trazione  $f_u \geq 340 \text{ N/mm}^2$
- tensione di snervamento (t > 20 mm)  $f_y \geq 225 \text{ N/mm}^2$
- resilienza a 20°C  $KV \geq 27 \text{ J}$
- allungamento a rottura  $A \geq 18 \%$

#### 1.2.c ISOGLIDE

Le superfici di scorrimento sono costituite da un materiale antifrizione, in accordo al certificato ETA-17/0808. La resistenza a compressione allo SLU del materiale di scorrimento è pari a:

$$f_{d,ISOGLIDE} = \frac{f_{k,ISOGLIDE}}{\gamma_M}$$

Dove il coefficiente di sicurezza  $\gamma_M$  è pari a 1.4.

Le resistenze caratteristiche a compressione del materiale di scorrimento sono valide per temperature effettive fino a 90°C. Per gli appoggi con temperatura effettiva superiore a 35°C si prevede la riduzione della resistenza a compressione. Per temperature al di sopra di 35 °C fino ad un massimo di 90°C, le resistenze caratteristiche a compressione saranno valutate con una interpolazione lineare dei valori dati nella tabella seguente:

Temperatura effettiva T [°C]	≤ 35°C	48 °C	60°C	70°C	80°C	90°C
Resistenza caratteristica a compressione $f_{k,ISOGLIDE}$ [MPa]	180	150	135	120	100	90

Il coefficiente di attrito statico dell'ISOGLIDE è calcolato a seconda della temperatura effettiva minima e della pressione di contatto usando le seguenti formule:

$$- 50 \text{ °C} \leq T < - 35 \text{ °C} \quad 0.032 \leq \mu_{st} = \frac{3.9}{60 + \sigma_{ISOGLIDE}} \leq 0.052$$

$$- 35 \text{ °C} \leq T < - 5 \text{ °C} \quad 0.020 \leq \mu_{st} = \frac{2.0}{40 + \sigma_{ISOGLIDE}} \leq 0.036$$

$$T \geq - 5 \text{ °C} \quad 0.011 \leq \mu_{st} = \frac{1.35}{60 + \sigma_{ISOGLIDE}} \leq 0.018$$

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

Con  $\sigma_{\text{ISOGLIDE}}$  si indica la pressione media sul disco di ISOGLIDE.

#### 1.2.d Acciaio inossidabile

In accordo alla EN 10088-2 tutte le superfici di scorrimento in contatto con l'ISOGLIDE sono coperte da acciaio inossidabile del tipo X2CrNiMo17-12-2.

#### 1.2.e Bulloni

I bulloni impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

Grado 8.8 (EN 1993-1-8:2005)

$f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$       tensione di rottura

Grado 10.9 (EN 1993-1-8:2005)

$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$       tensione di rottura

Il coefficiente di sicurezza per i bulloni è preso uguale a  $\gamma_{M2} = 1,25$

#### 1.2.6 Anello elastico

L'anello elastico è realizzato in 39NiCrMo3 in accordo con la norma EN 10083, avendo le seguenti caratteristiche:

- resilienza                                       $KV \geq 30 \text{ J}$
- allungamento a rottura                       $A \geq 13\%$

Diametro [mm]	$d < 16$	$16 < d \leq 40$	$40 < d \leq 100$	$100 < d \leq 160$	$160 < d \leq 200$
Tensione di rottura $f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	980	930	880	830	740

Diametro [mm]	$d < 16$	$16 < d \leq 40$	$40 < d \leq 100$	$100 < d \leq 160$	$160 < d \leq 200$
Tensione di snervamento $f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	785	735	685	635	540



## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)

Alla condizione SLU è stato considerato un coefficiente di sicurezza pari a  $\gamma_m = 1.1$  in modo da definire la tensione di progetto valida per l'acciaio considerato.

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)

## 2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE, FORZE E SPOSTAMENTI

### 2.1 Simboli

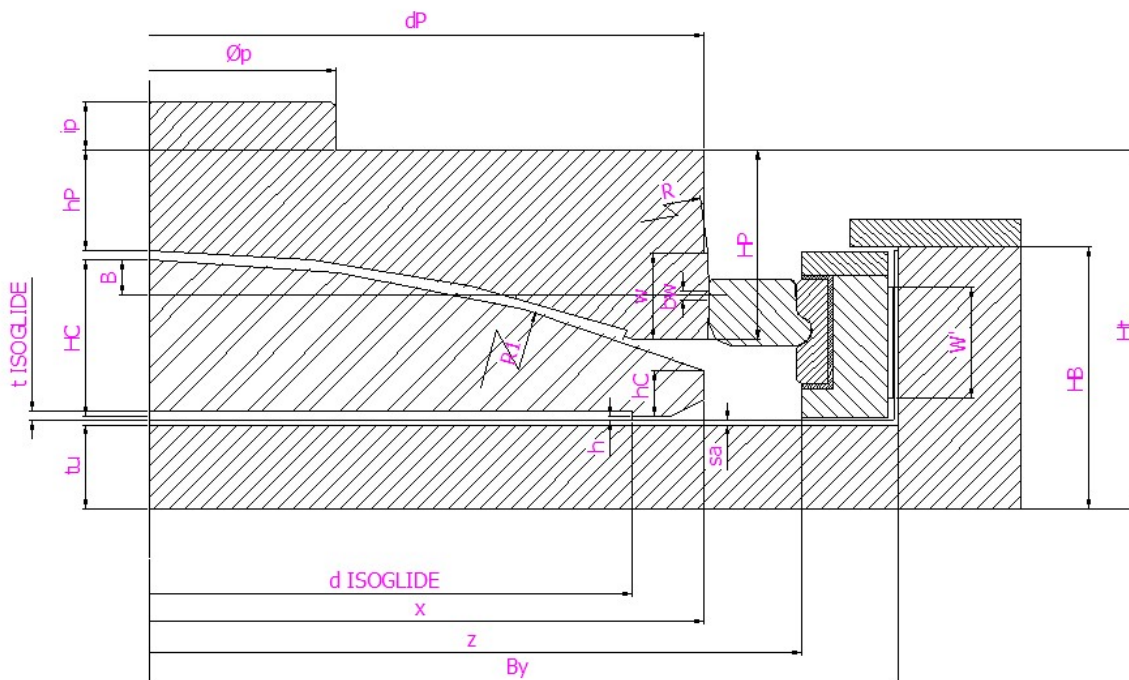
$A_b$	Area resistente dei bulloni
$B$	Distanza tra il vertice della piastra mediana e l'asse di rotazione
$d_P$	Diametro della piastra superiore
$d_{ISOGLIDE}$	Diametro di ISOGLIDE
$h$	Protrusione ISOGLIDE
$H$	Forza orizzontale
$HB$	Spessore totale del basamento o della piastra di scorrimento
$HC$	Altezza totale della piastra mediana
$hC$	Altezza minima della piastra mediana
$HP$	Altezza totale della piastra superiore
$hP$	Minima altezza della piastra superiore
$Ht$	Altezza totale dell'appoggio
$R$	Raggio di curvatura del contatto piastra superiore/anello
$R_1$	Raggio della piastra mediana
$s_a$	Spessore dell'acciaio inox
$t_u$	Spessore del basamento o della piastra di scorrimento
$t_{ISOGLIDE}$	Spessore ISOGLIDE
$V$	Carico verticale
$v$	Distanza tra piastra mediana e anello per dielettricità
$w$	Altezza del contatto
$x$	Diametro della calotta sferica
$z$	Diametro interno dell'anello per dielettricità

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)

#### 2.2 Geometria



## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

#### 2.3 Forze e spostamenti

Di seguito si riportano i carichi agenti sull'impalcato L=75m ad arco VI09 e nella tabella successiva i carichi di progetto assunti per il dimensionamento del dispositivo GX 22500-15250.40(-5850). Quest'ultimi essendo più gravosi rispetto ai carichi richiesti per i 75m permettono di massimizzare le sollecitazioni sul dispositivo.

		APPOGGIO UNIDIREZIONALE					
		Reazioni degli apparecchi di appoggio					
		max N	min N	max T <sub>long</sub>	min T <sub>long</sub>	max T <sub>trasv</sub>	min T <sub>trasv</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
SLE	N max	15550	-	-	-	-	-
	N min	-	6200	-	-	-	-
	Tl max	-	-	7550	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	-	-
SLU	N max	22419	-	-	-	-	-
	N min	-	5851	-	-	-	-
	Tl max	-	-	10500	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	-	-
SLV	N max	12360	-	-	-	-	-
	N min	-	-	-	-	-	-
	N min (*)	-	12150	-	-	-	-
	Tl max	-	-	15215	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	-	-
		(*) Nmin per Fh max					

				Carichi L=75m	Carichi di progetto	
SLE	Forza verticale max		V	kN	15550	15550
	Forza verticale min		V <sub>min</sub>	kN	6200	6200
	Forza orizzontale longitudinale max		H <sub>x</sub>	kN	7550	7550
	Rotazione totale		α	rad	0.05 (=3°)	0.05 (=3°)
SLU	Forza verticale max		V <sub>max</sub>	kN	22419	22700
	Forza orizzontale longitudinale		H <sub>x</sub>	kN	15215	19000
	Forza verticale concomitante con Hx		V <sub>conc</sub>	kN	12150	5850
	Rotazione totale		α	rad	0.05 (=3°)	0.05 (=3°)
	Spostamento max		d <sub>y</sub>	mm	±20	±20

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

### 3 VERIFICHE

#### 3.1 Calcolo dell'eccentricità

La norma prevede una formulazione per il calcolo dell'eccentricità dovuta a carico, attrito, rotazione forze orizzontali (EN 1337-7 Appendice A):

$$\begin{aligned}e_1 &= \mu_{max} R_1 \\e_3 &= \alpha_{tot} \times (R_1 - HC) \\e_4 &= \frac{H}{V} \times (R_1 - HC) = \mu_{max} \times (R_1 - HC) \\e_t &= e_1 - e_3 + e_4\end{aligned}$$

Dove:

$e_1$	Eccentricità dovuta all'attrito sulla superficie curva.
$e_3$	Eccentricità dovuta alla rotazione
$e_4$	Eccentricità dovuta alle forze orizzontali
$e_t$	Eccentricità totale
$\mu_{max}$	Massimo coefficiente di attrito
$R_1$	Raggio della piastra mediana
$\alpha_{tot}$	Rotazione totale
HC	Altezza della mediana

In questo caso i valori sono i seguenti:

S.L.E.

Per la determinazione della pressione sull'ISOGLIDE viene considerato il valore minimo del carico assiale per massimizzare le eccentricità. Questa condizione risulta infatti la peggiore al fine di soddisfare la non decomprimibilità del disco di ISOGLIDE.

$$\sigma_{ISOGLIDE} = \frac{V_{min}}{A_{ISOGLIDE}} = \frac{6200 \cdot 10^3}{520^2 \cdot \pi/4} = 29.2 \text{ Mpa}$$

Per temperature superiori a -5 °C, il coefficiente di attrito statico è:

$$\mu_{max} = \frac{1.35}{60 + \sigma_{ISOGLIDE}} = \frac{1.35}{60 + 29.2} = 0.015$$

$$e_1 = \mu_{max} \cdot R_1 = 0.015 \cdot 1100 = 16.5 \text{ mm} \quad (\text{EN 1337 - 7 A2})$$

$$e_3 = \alpha_{tot} \cdot (R_1 - HC) = 3 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot (1100 - 106) = 52.0 \text{ mm} \quad (\text{EN 1337 - 7 A3})$$

$$e_4 = \mu_{max} \cdot (R_1 - HC) = 0.015 \cdot (1100 - 106) = 14.9 \text{ mm} \quad (\text{EN 1337 - 7 A4})$$

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

$$e_t = |e_1 - e_3 + e_4| = 20.6 \text{ mm}$$

S.L.U.

Per la determinazione della pressione sull'ISOGLIDE viene considerato il valore massimo del carico assiale e il valore minimo del diametro di ISOGLIDE in quanto si vuole massimizzare la sollecitazione. Questa condizione risulta infatti la peggiore al fine di soddisfare la verifica di resistenza del disco di ISOGLIDE.

$$\sigma_{\text{ISOGLIDE}} = \frac{V_{\text{max}}}{A_{\text{ISOGLIDE}}} = \frac{22700 \cdot 10^3}{520^2 \cdot \pi/4} = 106.9 \text{ MPa}$$

$$\mu_{\text{max}} = \frac{1.35}{60 + \sigma_{\text{ISOGLIDE}}} = \frac{1.35}{60 + 106.9} = 0.008 < 0.011 \rightarrow \mu_{\text{max}} = 0.011$$

$$e_1 = \mu_{\text{max}} \cdot R_1 = 0.011 \cdot 1100 = 12.1 \text{ mm} \quad (\text{EN 1337-7 A2})$$

$$e_3 = \alpha_{\text{tot}} \cdot (R_1 - HC) = 3 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot (1100 - 106) = 51.7 \text{ mm} \quad (\text{EN 1337-7 A3})$$

$$e_4 = \mu_{\text{max}} \cdot (R_1 - HC) = 0.011 \cdot (1100 - 106) = 10.9 \text{ mm} \quad (\text{EN 1337-7 A4})$$

$$e_t = |e_1 - e_3 + e_4| = 28.7 \text{ mm}$$

### 3.2 Verifica dell'ISOGLIDE

#### 3.2.a Verifica della resistenza dell'ISOGLIDE

La massima pressione di compressione in corrispondenza dell'ISOGLIDE si trova con la seguente formula:

$$N_{\text{Rd,ISOGLIDE}} = \frac{f_{\text{k,ISOGLIDE}}}{\gamma_m} A_r$$

Dove:

$$N_{\text{sd}} = 22700 \text{ kN}$$

Massimo carico verticale SLU

$$f_{\text{k,ISOGLIDE}} = 180 \text{ MPa}$$

Resistenza caratteristica ISOGLIDE

$$\gamma_m = 1,4$$

coefficiente di sicurezza

$$A_r = \lambda \cdot A$$

Area ridotta

$$A_{\text{ISOGLIDE}} = 212372 \text{ mm}^2$$

Area ISOGLIDE

$$\lambda$$

Fattore di riduzione dell'area di ISOGLIDE (EN 1337-7 B)

Tuttavia, essendo presente anche una superficie piana, in favore di sicurezza si considera il coefficiente  $\lambda$  indicato nella EN 1337-2 A:

$$\lambda = 1 - \pi \cdot \frac{e_t}{d_{\text{ISOGLIDE}}} \cdot 0.75 = 1 - 3.14 \cdot \frac{28.7}{520} \cdot 0.75 = 0.87$$

**Relazione tecnica**  
**Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE**  
Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)

$$N_{Rd,ISOGLIDE} = \frac{f_{k,ISOGLIDE}}{\gamma_m} A_r = \frac{\left(\frac{180}{1.4} \cdot 0.87 \cdot 212372\right)}{1000} = 23760 \text{ kN}$$

Si deve rispettare la seguente verifica per la massima pressione di compressione:

$$N_{Rd,ISOGLIDE} \geq N_{Sd} \rightarrow 23760 \text{ kN} \geq 22700 \text{ kN}$$

Per gli Stati limite di Esercizio, l'ISOGLIDE deve essere non parzializzato (EN 1337-7 § 6.2.2):

$$\sigma_p \geq 0$$

ovvero:

$$e_t(\text{SLS}) = 20.6 \text{ mm} \leq \frac{d_{ISOGLIDE}}{8} = \frac{520}{8} = 65 \text{ mm}$$

### 3.2.b Verifica delle dimensioni dell'ISOGLIDE

Il documento EAD 050009-00-0301 prevede che le lastre di ISOGLIDE siano incassate nella piastra di supporto. Nello specifico viene prescritto che la protrusione dell'ISOGLIDE sia pari a:

$$h = \max \left\{ 2.5 \left[ 2.25 + \frac{d_{ISOGLIDE}}{2000} \pm 0.2 \right] \right\}$$

Lo spessore totale della lastra deve essere:

$$2.75 \cdot h \leq t_{ISOGLIDE} \leq 10 \text{ mm}$$

dove:

h            protrusione ISOGLIDE  
t<sub>ISOGLIDE</sub>    spessore lastra ISOGLIDE

Per rispettare tali prescrizioni viene impiegata una lastra di ISOGLIDE con spessore 8mm con una protrusione di 2.6 mm.

$$h = \max \left\{ 2.5 \left[ 2.25 + \frac{d_{ISOGLIDE}}{2000} \pm 0.2 = 2.25 + \frac{650}{2000} \pm 0.2 \right] \right\} = 2.6 \text{ mm}$$

$$2.75 \cdot h = 7.15 \leq t_{ISOGLIDE} = 8 \text{ mm} \leq 10 \text{ mm}$$

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

### 3.3 Capacità di rotazione

#### 3.3.a Movimento orizzontale della mediana (elemento sferico)

Al fine di garantire la rotazione del pistone la piastra mediana (elemento sferico) deve spostarsi orizzontalmente. Detto  $v$  lo spazio tra l'anello e la piastra mediana si dovrà verificare la seguente disequazione:

$$v \geq \alpha_{tot} \cdot R_3 + a_d$$

Con  $v$  pari a

$$v = \frac{z - x}{2} = \frac{980 - 680}{2} = 150 \text{ mm}$$

dove:

$\alpha$	rotazione di progetto
$R_3 = R_1 + B$	distanza dal punto di contatto pistone/anello al centro della calotta = 1100+12 = 1112 mm
$a_d$	marginale
$z$	diametro interno dell'anello
$x$	diametro della piastra mediana (elemento sferico)

La norma (EN 1337-1 § 5.4) prevede un incremento di rotazione dato dal massimo tra 0,005 rad e  $10/R_3$ . Ovvero:  $a_d = \max(10 \text{ mm}; 0.005 \times R_3) = 10 \text{ mm}$

In questo caso i 3° di rotazione sono considerati già comprensivi dei suddetti franchi prescritti dalla EN 1337-1 §5.4. Quindi il valore di  $a_d$  risulta implicitamente considerato nella rotazione totale. Si può perciò scrivere:

$$v = 150 \text{ mm} \geq \alpha_{tot} \times R_3 = 3 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot 1112 = 58.2 \text{ mm}$$

#### 3.3.b Gap $x_1$

Il gap  $x_1$  garantisce che durante la rotazione della piastra superiore (pistone) non si abbia interferenza con la piastra di scorrimento.

La norma prevede di incrementare il valore di  $x_1$ , sommando il movimento dovuto alla rotazione al valore massimo tra: 0,005 rad e  $10/(d_p/2)$ . La verifica risulta:

$$x_1 \geq \frac{d_p}{2} \times \alpha + a_d$$

$x_1$  è calcolata geometricamente come segue:

$$x_1 = 77.5 \text{ mm}$$



## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

$$a_d \text{ margine di sicurezza} = \max(10 \text{ mm}; 0.005 \times d_p/2) = 10$$

In questo caso i 3° di rotazione sono considerati già comprensivi dei suddetti franchi prescritti dalla EN 1337-1 §5.4. Quindi il valore di  $a_d$  risulta implicitamente considerato nella rotazione totale. Si può perciò scrivere:

$$x_1 = 77.5 \text{ mm} \geq \frac{d_p}{2} \times \alpha_{tot} = \frac{900}{2} \cdot 3 \cdot \frac{\pi}{180} = 23.6 \text{ mm}$$

#### 3.3.c Gap w/2

Al fine di garantire che durante la rotazione del pistone il contatto sia sempre all'interno dell'anello elastico bisogna calcolare il gap w/2.

È possibile definire tale gap, ovvero la distanza tra il punto di contatto pistone/anello e la parte inferiore della piastra superiore (pistone).

La verifica è:

$$\frac{w}{2} \geq \max\left(\frac{b_w}{2}; \alpha \cdot \frac{d_p}{2} + a_d\right)$$

$$a_d \text{ margine di sicurezza} = \max(10 \text{ mm}; 0.005 \times d_p/2) = 10$$

$$b_w = 3.04 \sqrt{\frac{1.5H \cdot R}{E_d d_p}} = 3.04 \sqrt{\frac{1.5 \cdot 19000 \cdot 10^3 \cdot 2120}{210000 \cdot 900}} = 54.4 \text{ mm} \text{ altezza di contatto}$$

In questo caso i 3° di rotazione sono considerati già comprensivi dei suddetti franchi prescritti dalla EN 1337-1 §5.4. Quindi il valore di  $a_d$  risulta implicitamente considerato nella rotazione totale. Si può perciò scrivere:

$$\frac{w}{2} = 43 \text{ mm} \geq \max\left(\frac{b_w}{2}; \alpha \cdot \frac{d_p}{2}\right) = \max\left(\frac{54.4}{2}; 3 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \frac{900}{2}\right) = 27.2 \text{ mm}$$

#### 3.4 Verifica della piastra di scorrimento

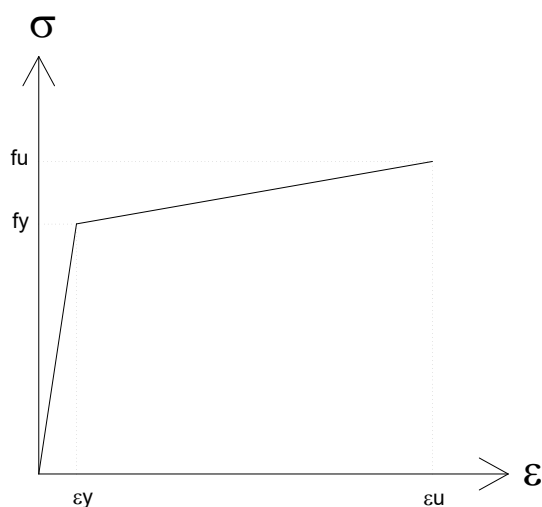
Per quanto riguarda la verifica dello stato di sollecitazioni nella piastra di scorrimento, è stata eseguita un'analisi non lineare agli elementi finiti.

Perciò, si definisce il diagramma sforzo-deformazione dell'acciaio utilizzato:

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)



con,

$f_y$ =limite elastico, funzione dello spessore (come da tabella 7 della UNI EN 10025-2)

$\epsilon_y=f_y/E_d$ , deformazione elastica, con  $E_d=210\text{GPa}$  il modulo elastico

$f_u$ =limite di rottura, funzione dello spessore (come da tabella 7 della UNI EN 10025-2)

$\epsilon_u=10\%$ , deformazione massima di incrudimento

Si effettua una prima analisi applicando il carico massimo orizzontale sismico SLU e il carico verticale concomitante e si verifica che lo stato di deformazioni combinate secondo il criterio di Von Mises  $\epsilon_{VM}$  non porti alla perdita di funzionalità degli appoggi, cioè non superi la deformazione massima  $\epsilon_u$ , applicando un fattore di sicurezza  $\gamma$  pari a 2:

$$\epsilon_{VM} \leq \frac{\epsilon_u}{\gamma} = 5\%$$

In seguito, per garantire la funzionalità e il transito dei treni dopo sisma, si verifica che lo spostamento residuo massimo  $d_{res,max}$  dell'elemento analizzato sia inferiore al gioco ammesso dal capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (parte II – sezione 12), applicando un fattore di sicurezza pari a 1.5:

$$d_{res,max} \leq \frac{\text{gioco elemento}}{1.5}$$

I risultati sono riportati nell'allegato A.

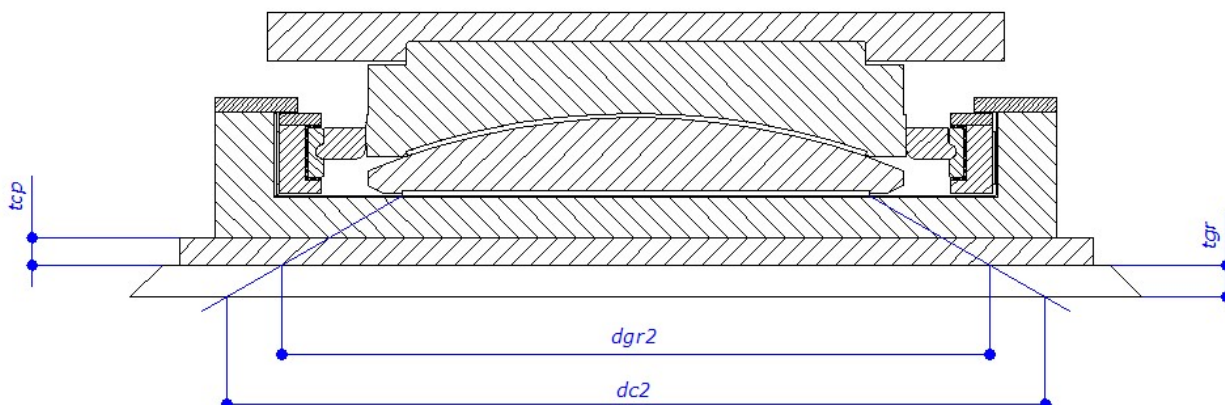
## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

#### 3.5 Calcestruzzo

L'area di contatto sul calcestruzzo viene ottenuta considerando una diffusione di 60° nell'acciaio e nel calcestruzzo.



dove,

$$d_{gr2} = d_{ISOGLIDE} + (2t_u + 2t_{cp}) \operatorname{tg}60^\circ \quad d_{gr2} = 650 + (2 \cdot 100 + 2 \cdot 25) \operatorname{tg}60^\circ = 1083 \text{ mm}$$

$$d_{c2} = d_{gr2} + 2 \cdot t_{gr2} \cdot \operatorname{tg}60^\circ \quad d_{c2} = 1083 + 2 \cdot 50 \cdot \operatorname{tg}60^\circ = 1256 \text{ mm}$$

$t_{gr2}$  spessore della malta ad alta resistenza

La condizione più gravosa per la verifica della sezione in calcestruzzo è quella allo stato limite SLV in cui si ha la massima sollecitazione orizzontale. La verifica della pressione sul calcestruzzo tiene conto del contributo dei momenti dovuti alle eccentricità, calcolati come segue:

$$M_1 = V_{conc} \cdot \mu_{ISOGLIDE} \cdot R_1 = 5850 \cdot 0.011 \cdot 1100 \cdot 10^{-3} = 99 \text{ kNm}$$

$$M_2 = \mu_{acciaio} \cdot H_{max} \cdot \frac{d_p}{2} = 0.2 \cdot 19000 \cdot \frac{900 \cdot 10^{-3}}{2} = 1710 \text{ kNm}$$

$$M_3 = \alpha_{tot} \cdot (R_1 - HC) \cdot V_{conc} = 3 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot (1100 - 106) \cdot 10^{-3} \cdot 5850 = 304 \text{ kNm}$$

$$M_4 = H_{max} \cdot b_H = 19000 \cdot 210 \cdot 10^{-3} = 3990 \text{ kNm}$$

In accordo al manuale di progettazione delle opere civili (parte II - sezione 2), i momenti dovuti alle rotazioni ( $e_3$ ) e alle forze orizzontali ( $e_4$ ) non si sommano. Perciò:

$$M_{Ed} = \max(M_1 + M_2 - M_3; M_1 + M_2 + M_4)$$

**Relazione tecnica**  
**Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE**  
Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)

$$M_{Ed} = \max(|99 + 1710 - 304|; |99 + 1710 + 3990|) = 5799 \text{ kNm}$$

Nel calcolo dei momenti  $M_2$  ed  $M_4$  si richiamano i parametri seguenti:

$\mu_{\text{acciaio}}$  coefficiente di attrito fra il pistone e l'anello uguale a 0.2  
 $d_p$  diametro del pistone  
 $b_H$  braccio della forza orizzontale

Si considererà la sezione di calcestruzzo reagente a compressione con diametro  $d_{c2}$  e limite di resistenza  $f_{cd}$  e delle barre di rinforzo reagenti a trazione di area pari all'area del nocciolo della vite e limite di resistenza  $f_{yd}$ .

Si calcola il diagramma M-N di resistenza utilizzando il software di calcolo VcaSLU del prof. Gelfi e si verifica che il momento agente  $M_{Ed}$  sia minore o uguale al momento resistente  $M_{Rd}$ .

In particolare,

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c} \times 1.3 = \frac{0.85 \cdot 32}{1.5} \times 1.3 = 23.6 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{0.9 f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 1000}{1.25} = 720 \text{ MPa (in accordo alla EN 1993-1-8, tabella 3.4)}$$

$$d_{c2} = 1256 \text{ mm}$$

$$A_s = 12 \cdot 1121 \text{ mm}^2$$

La verifica di resistenza a compressione del calcestruzzo risulta soddisfatta:

$$M_{Ed} = 5799 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 9654 \text{ kNm}$$

# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

Verifica C.A. S.L.U. - File: T3\_basamento\_SLV

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: T3\_basamento\_SLV

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 628 [mm]  
 Raggio interno: 0 [mm]  
 N° barre uguali: 0  
 Diametro barre: 0 [mm]  
 Copriferro (baric.): 0 [mm]

N° barre: 12 Zoom

N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	1121	-650	735
2	1121	-390	735
3	1121	-130	735
4	1121	130	735
5	1121	390	735
6	1121	650	735

**Tipologia Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Diagramma**

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 5850 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 5799 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN: 0 yN: 0

**Materiali**

10,9 C32/40\_RI  
 E<sub>su</sub>: 67.5 ‰ E<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 720 N/mm² E<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200,000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 23.6 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 7 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
 E<sub>syd</sub>: 3.6 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 13.5 ‰  
 σ<sub>s,adm</sub>: 720 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0.8  
 τ<sub>c1</sub>: 2.257

**Tipologia rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: 9,654 kNm  
 σ<sub>c</sub>: -23.6 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 720 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 8.635 ‰  
 d: 1,363 mm  
 x: 393.1 x/d: 0.2884  
 δ: 0.8005

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipologia flessione**

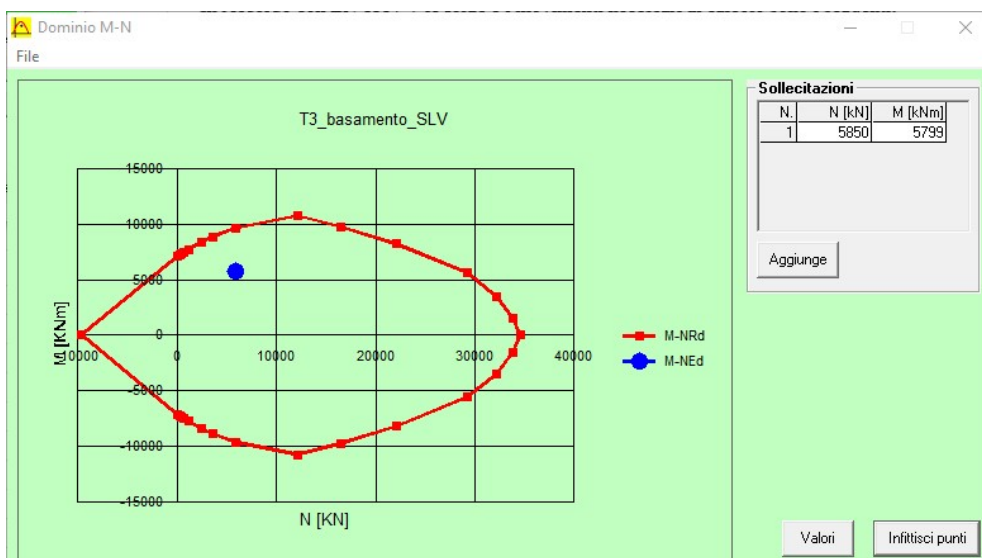
Retta  Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 mm Col. modello

Precompresso



## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

#### 3.6 Ancoraggi

L'ancoraggio viene eseguito mediante zanche incassate.

Si definiscono le seguenti quantità:

$\varnothing_b$	diametro del bullone = 42 mm
$\varnothing_z$	diametro min. della zanca = 115 mm
$\varnothing_z'$	diametro max. della zanca = 130 mm
$n_z$	numero delle zanche = 12 zanche
$n'_z$	numero effettivo di anelli nella zanca = 8
$\varnothing_p$	diametro del pozzetto = 225 mm
$l_p$	profondità del pozzetto = 515 mm
$n_p$	numero di pozzetti = 12
$f_{yk}$	tensione di snervamento = 635 MPa
$\gamma_m$	coefficiente parziale di sicurezza pari uguale a 1.1

La verifica di contatto diretto della zanca annegata nella malta è soddisfatta:

$$\varnothing_{min} = \sqrt{\frac{3.5(H/n_z)}{2.5\sqrt{(R_{ck}f_{yk})}}} = \sqrt{\frac{3.5(19000 \cdot 10^3/12)}{2.5\sqrt{(75 \cdot 635)}}} = 101 \text{ mm} \leq \varnothing_z = 115 \text{ mm}$$

La verifica di resistenza a taglio nella sezione minore della zanca è la seguente:

$$\tau = \frac{H/n_z}{(\varnothing_z^2 - \varnothing_b^2)\pi/4} = \frac{19000 \cdot 10^3/12}{(115^2 - 42^2)\pi/4} = 176 \text{ MPa} \leq \frac{f_{yk}}{\gamma_m\sqrt{3}} = 333 \text{ MPa}$$

La pressione di contatto laterale tra la malta di riempimento dei pozzetti e il calcestruzzo dei baggioli risulta inferiore alla resistenza di progetto  $f_{cd}$ :

$$p = \frac{H/n_p}{\varnothing_p l_p} = \frac{19000 \cdot 10^3/12}{225 \cdot 515} = 14 \text{ MPa} \leq f_{cd} = 23.6 \text{ MPa}$$

Si calcola il valore di sforzo di pressione che si sviluppa sugli anelli della zanca di ancoraggio per effetto della forza di trazione nella situazione di minimo carico verticale, come indicato nel paragrafo 3.5. A favore di sicurezza, si assume come valore di trazione agente il valore limite di trazione del bullone e come valore limite di pressione sulla malta di allettamento  $1.3\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$ . Non si considera reagente il primo anello ma soltanto gli anelli successivi in quanto sono disposti al di sotto dell'armatura di rinforzo del baggiolo. Perciò, la verifica è la seguente:

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

$$\sigma_m = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{n'_z(\phi'_z{}^2 - \phi_z^2)\pi/4} = \frac{1121 \cdot 720}{8(130^2 - 115^2)\pi/4} = 35 \text{ MPa} \leq f_{cd} = 1.3\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c = 44 \text{ MPa}$$

Per quanto riguarda la verifica di contatto della zanca incassata nel basamento, si fa riferimento all'analisi agli elementi finiti descritta nel paragrafo 3.4. I risultati sono riportati nell'allegato A e rispettano i criteri limiti già indicati nel paragrafo 3.4.

#### 3.7 Perno e contropiastra

Definite le seguenti quantità:

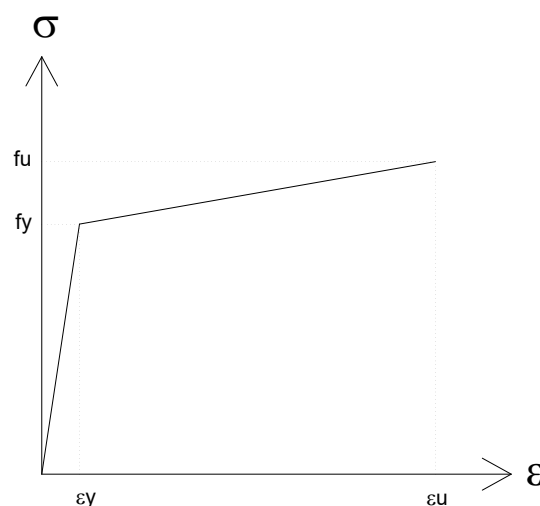
$\phi_p$	diametro della sezione resistente minore del perno = 855 mm
A	area sezione resistente minore del perno = 574146 mm <sup>2</sup>
$f_{up}$	resistenza ultima dell'acciaio del perno = 450 MPa
$\gamma_{M2}$	coefficiente di sicurezza=1.25.

La verifica a taglio del perno risulta la seguente:

$$H = 19000 \text{ kN} \leq F_{vrd} = \frac{0.6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = 124015 \text{ kN}$$

Per quanto riguarda la verifica delle sollecitazioni nella contropiastra, è stata eseguita un'analisi non lineare agli elementi finiti poiché i carichi orizzontali sono molto rilevanti e quindi la verifica a rifollamento valida per piastre non vincolate ai bordi risulta troppo cautelativa.

Perciò, si definisce il diagramma sforzo-deformazione dell'acciaio utilizzato:



con,

$f_y$ =limite elastico, funzione dello spessore (come da tabella 7 della UNI EN 10025-2)

$\epsilon_y=f_y/E_d$ , deformazione elastica, con  $E_d=210\text{GPa}$  il modulo elastico

$f_u$ =limite di rottura, funzione dello spessore (come da tabella 7 della UNI EN 10025-2)

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

$\epsilon_u=10\%$ , deformazione massima di incrudimento

Si effettua una prima analisi applicando il carico massimo orizzontale sismico SLU e il carico verticale concomitante e si verifica che lo stato di deformazioni combinate secondo il criterio di Von Mises  $\epsilon_{VM}$  non porti alla perdita di funzionalità degli appoggi, cioè non superi la deformazione massima  $\epsilon_u$ , applicando un fattore di sicurezza  $\gamma$  pari a 2:

$$\epsilon_{VM} \leq \frac{\epsilon_u}{\gamma} = 5\%$$

In seguito, per garantire la funzionalità e il transito dei treni dopo sisma, si verifica che lo spostamento residuo massimo  $d_{res,max}$  dell'elemento analizzato sia inferiore al gioco ammesso dal capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (parte II – sezione 12), applicando un fattore di sicurezza pari a 1.5:

$$d_{res,max} \leq \frac{\text{gioco elemento}}{1.5}$$

I risultati sono riportati nell'allegato B.

### 3.8 Requisiti aggiuntivi per il trasporto e l'installazione

Al fine di garantire la non deformabilità dell'appoggio durante la fase di trasporto ed installazione si deve verificare che:

$$t_u = 100 \text{ mm} \geq 0.04 \sqrt{(B_x^2 + B_y^2)} = 0.04 \cdot \sqrt{1330^2 + 1540^2} = 81.4 \text{ mm}$$

Dove:

- $t_u$  Altezza minima della piastra di scorrimento.
- $B_x$  lunghezza della piastra di scorrimento
- $B_y$  larghezza della piastra di scorrimento

### 3.9 Pressioni di contatto fra piastra superiore e piastra di scorrimento

Il trasferimento delle forze orizzontali tra piastra superiore e basamento avviene tramite l'anello elastico e l'anello di posizionamento.

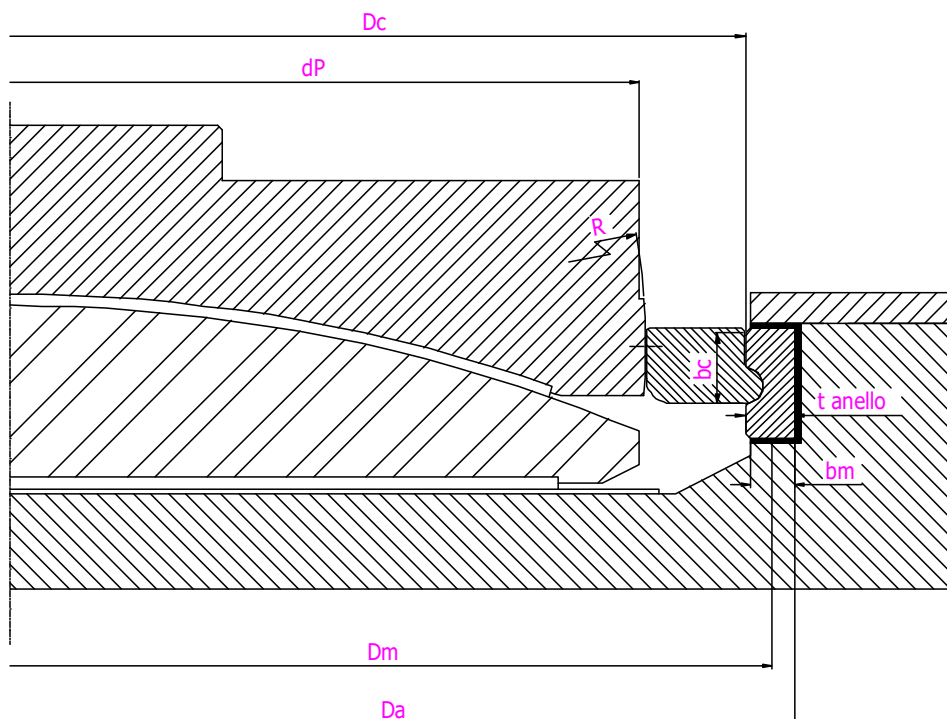
Per tutte le verifiche che seguiranno, ci si riferisca alle dimensioni riportate nella figura sottostante:



## Relazione tecnica

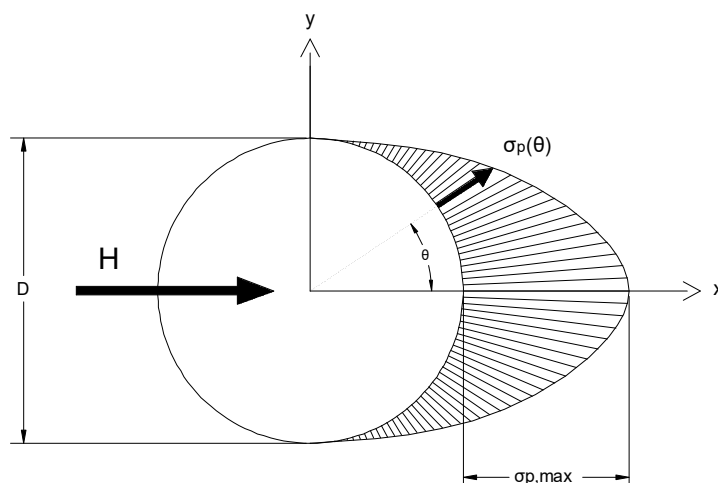
### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)



#### 3.9.a Contatto curvo fra piastra superiore e anello elastico

In accordo alla EN 1337-5, si assume che la pressione risultante dalle azioni orizzontali esterne sia distribuita parabolicamente su metà perimetro e il valore massimo sia considerato 1.5 volte il valore medio.



La formula della pressione di contatto  $\sigma_p(\theta)$  in funzione dell'angolo  $\theta$  variando da  $-\pi/2$  a  $\pi/2$ , è la seguente:

$$\sigma_p(\theta) = \sigma \cos^2(\theta)_{p,max}$$

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

La verifica di pressione massima è la seguente:

$$\sigma_{p,max} = \sqrt{\frac{H \cdot E_d}{15R \cdot D}} = \sqrt{\frac{19000 \cdot 10^3 \cdot 210000}{15(2120) \cdot 900}} = 373.4 \text{ MPa} \leq \frac{f_{uk}}{\gamma_m} = \frac{450}{1.1} = 409.1 \text{ MPa}$$

Con,

H forza orizzontale applicata

D diametro della piastra di contatto

R raggio di curvatura del contatto

$E_d$  modulo elastico dell'acciaio impiegato per la realizzazione della piastra superiore assunto pari a 210000N/mm<sup>2</sup>

$f_{uk}$  tensione di rottura

#### 3.9.b Contatto piano fra anello di posizionamento e anello di contenimento

##### Contatto orizzontale

In corrispondenza della forza H si genera un carico dovuto alla differenza fra l'attrito di tipo attivo che nasce al contatto fra piastra superiore ed anello smorzante (con coefficiente pari a 0.3) e quello di tipo passivo che si ha al contatto fra anello di posizionamento e resina fenolica (con coefficiente pari a 0.25); tale carico è posto in asse al contatto fra anello di posizionamento ed anello di contenimento ( $D_m$ ). Con una distribuzione delle tensioni di tipo uniforme con larghezza  $b_m$ , si assume il seguente valore:

$$\sigma_{p,max} = \frac{1.5H(0.3 - 0.25)}{b_m \cdot D_m} \leq f_d$$

Con,

H = 19000 kN

$b_m$  = 48 mm

$D_m$  = 1028 mm

$f_d$  = 300/1.1 = 273 N/mm<sup>2</sup> valore della resistenza a compressione della resina fenolica allo SLU sismico

Abbiamo quindi  $\sigma_{p,max} = 28.9 \text{ N/mm}^2 \leq 273 \text{ N/mm}^2$

##### Contatto verticale

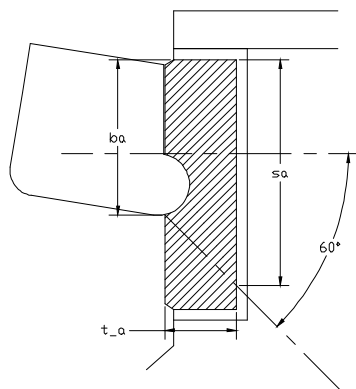
Considerando una distribuzione delle tensioni a 60°, la larghezza della superficie verticale di resina fenolica a ridosso dell'anello di posizionamento risulta essere:

$$s_a = b_a + t_a \cdot \tan 60^\circ$$

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)



La tensione di contatto vale quindi:

$$\sigma = \frac{1.5H}{s_a \cdot D_a} \leq f_d$$

Con,

$H = 19000 \text{ kN}$

$s_a = 116 \text{ mm}$

$D_a = 1080 \text{ mm}$

$f_d = 300/1.1 = 273 \text{ N/mm}^2$  valore della resistenza a compressione della resina fenolica allo SLU sismico

Abbiamo quindi  $\sigma_{p,\max} = 227 \text{ N/mm}^2 \leq 273 \text{ N/mm}^2$

#### 3.9.c Contatto piano fra piastra di base e piastra di scorrimento

Il contatto tra la piastra di base e la piastra di scorrimento avviene mediante una lastrina di ISOGLIDE.

La pressione sulla lastrina di ISOGLIDE è pari a:

$$H_{Rd,ISOGLIDE} = \frac{f_{k,ISOGLIDE}}{\gamma_m} B_{x,d} \cdot w' = \frac{180}{1.4} \cdot 1290 \cdot 115 = 19074 \text{ kN} \geq H = 19000 \text{ kN}$$

$w'$  è l'altezza della lastra di ISOGLIDE incassata nell'elemento *Piastra di base* mentre  $B_{x,d}$  rappresenta la lunghezza di detta lastra.

## Relazione tecnica

### Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

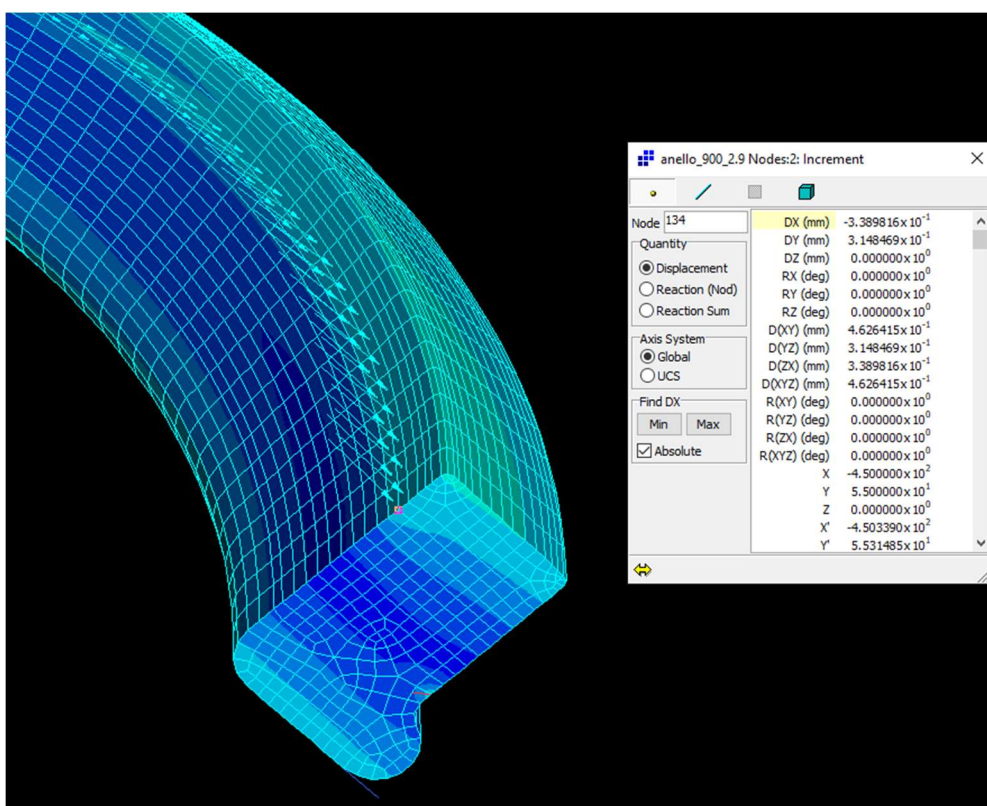
Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

#### 3.10 Calcolo della rigidezza dell'anello elastico

Utilizzando il programma Straus7 si è eseguita un'analisi agli elementi finiti dell'anello smorzante soggetto ad una forza orizzontale pari a 300 kN distribuita.

Data la simmetria, è stata schematizzata una metà dell'anello servendosi di una mesh di 25900 elementi brick ad 8 nodi per complessivi 32200 nodi.

Come condizione di carico si è distribuita una forza orizzontale di 300 kN con legge sinusoidale, secondo quanto riportato in precedenza, ottenendo una deformazione elastica utile di 0.34 mm (nodo 134).



La rigidezza di calcolo del dispositivo risulta essere:

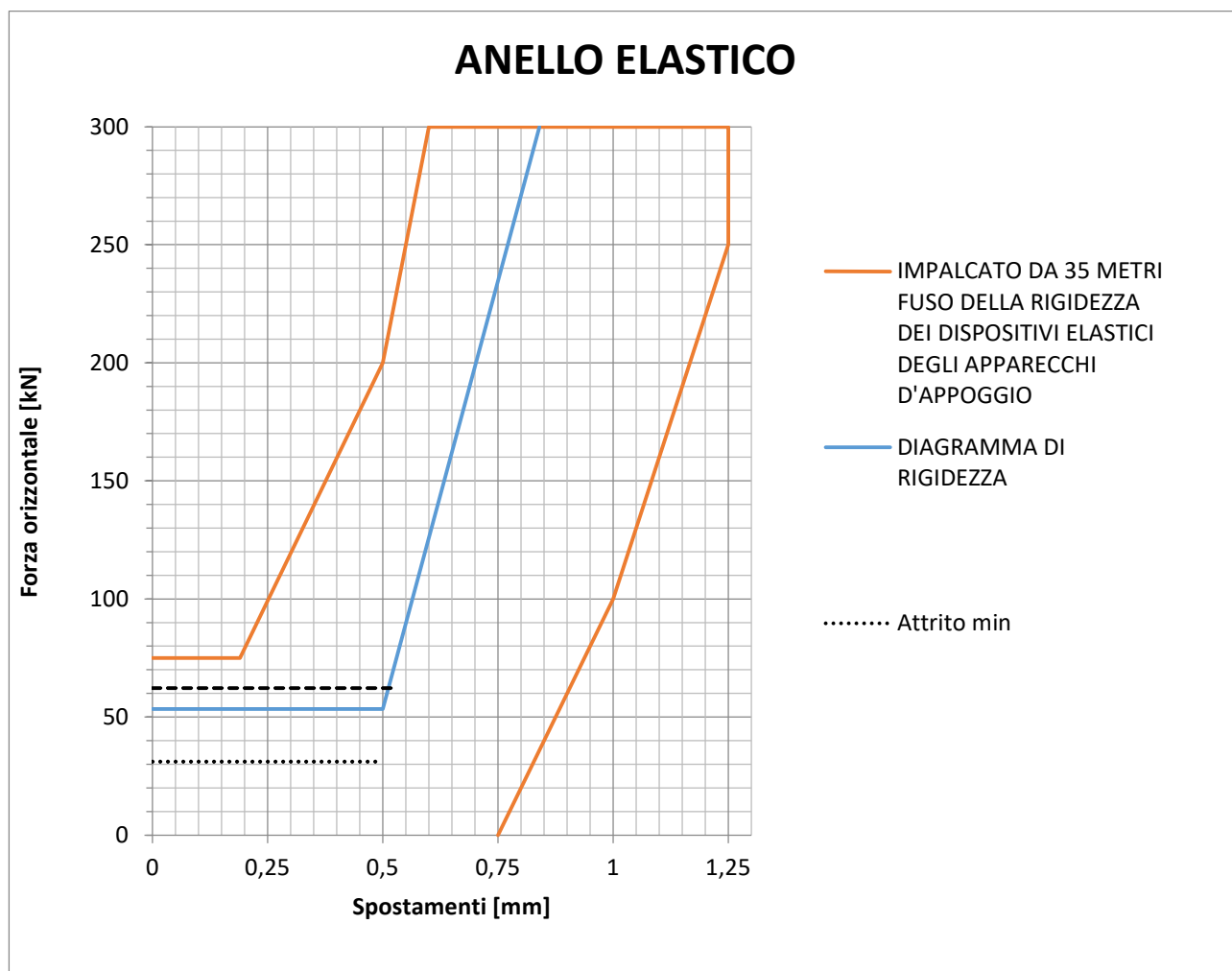
$$K \cong 300/0.34 = 880 \text{ kN/mm}$$

Il diagramma di rigidezza atteso del dispositivo elastico (ottenuto considerando un carico permanente  $V_{\text{Perm}}$  e un coefficiente di attrito dell'ISOGLIDE di primo distacco  $\mu_{\text{ISOGLIDE},1}$ ) è rappresentato in seguito, insieme al fuso della rigidezza, con:

$$V_{\text{Perm}} = 6200 \text{ kN}$$

$$0.005 \leq \mu_{\text{ISOGLIDE},1} \leq 0.010$$

**Relazione tecnica**  
**Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE**  
Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GGX 22500-15250.40(-5850)



In allegato C si riportano i risultati dell'analisi non lineare in termini di deformazioni dell'anello elastico in condizioni sismiche SLV.

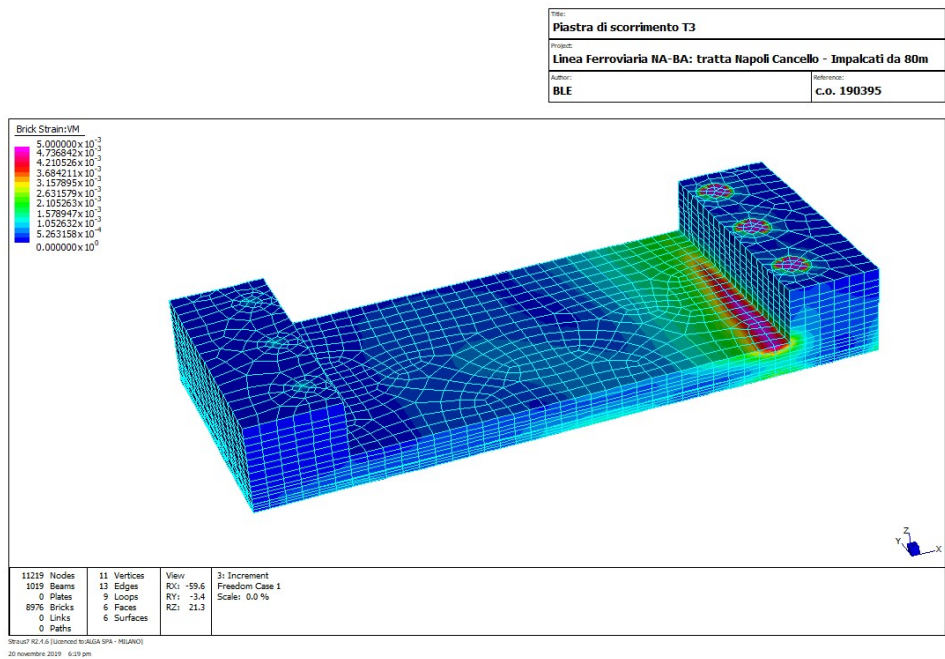
# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

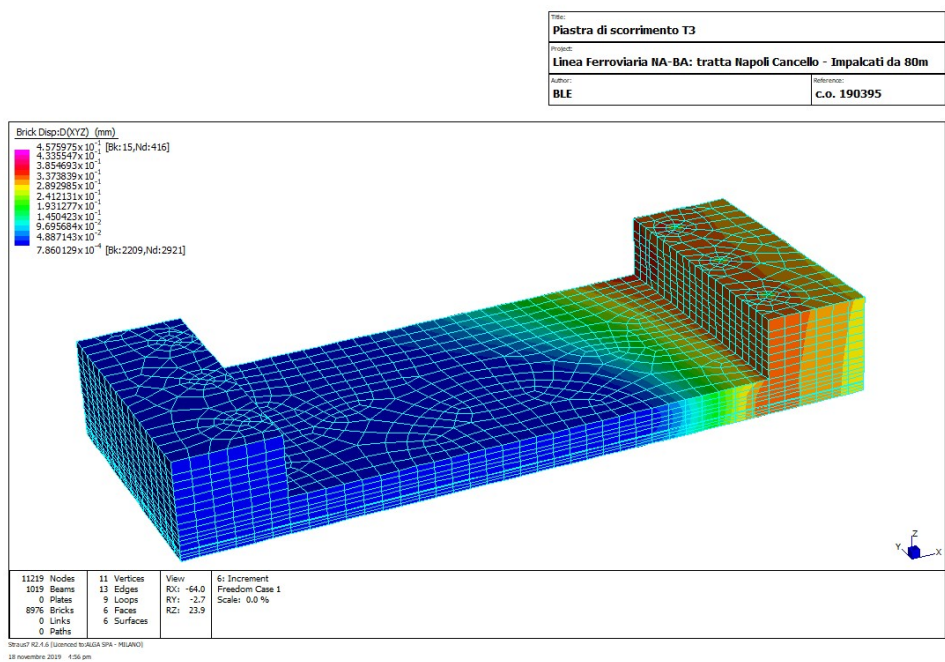
Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

### APPENDICE A: ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI DELLA PIASTRA DI SCORRIMENTO

A1. Guida dell'appoggio unidirezionale in fase sismica (deformazione massima = 0.5% < 5%)



A2. Guida dell'appoggio unidirezionale in fase post-sismica (spostamento residuo massimo = 0.46mm < 1.5mm/1.5=1mm)

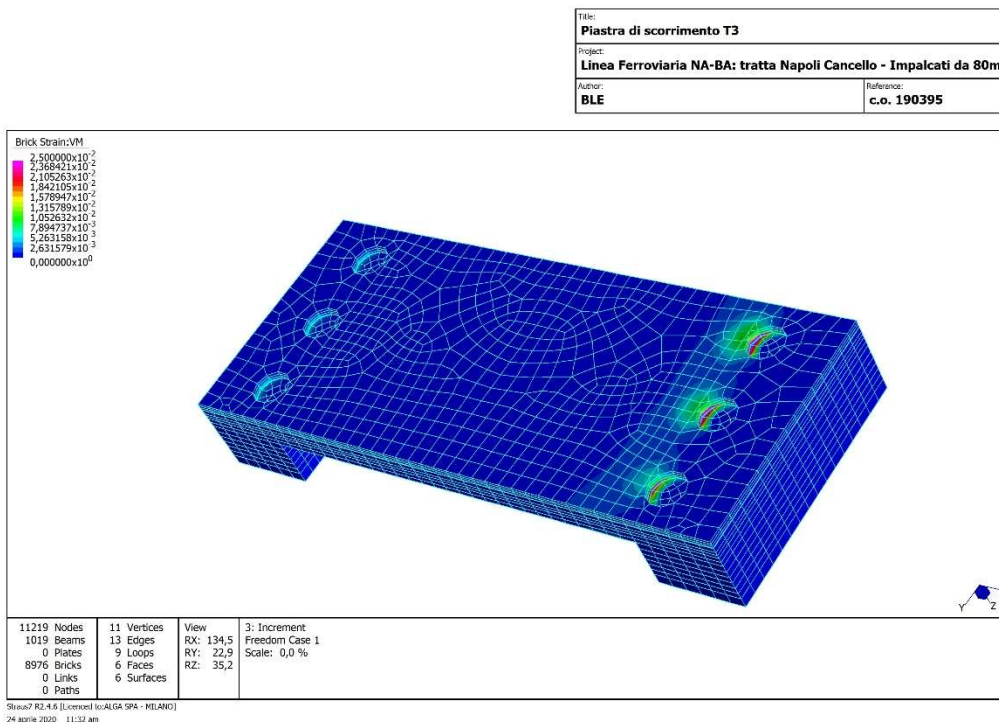


# Relazione tecnica

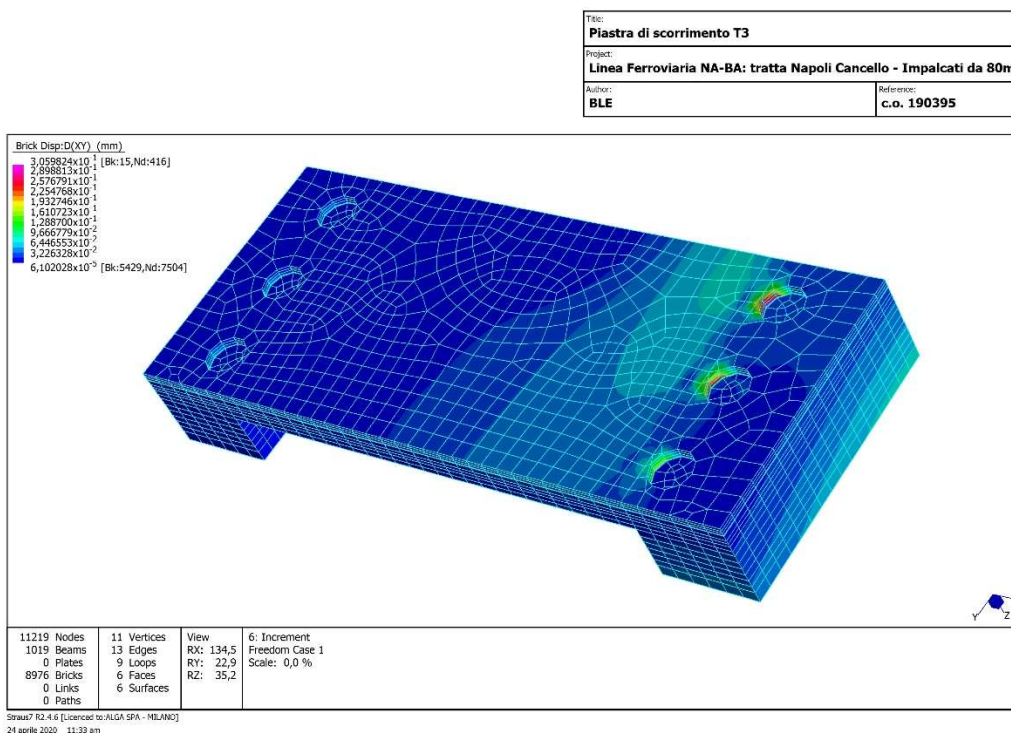
## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

### Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

A3. Zona di contatto zanca / piastra di base dell'appoggio fisso in fase sismica (deformazione massima = 2.5% < 5%):



A4. Zona di contatto zanca / piastra di base dell'appoggio fisso in fase post-sismica (spostamento residuo massimo = 0.31mm < 0.5mm/1.5=0.33mm):



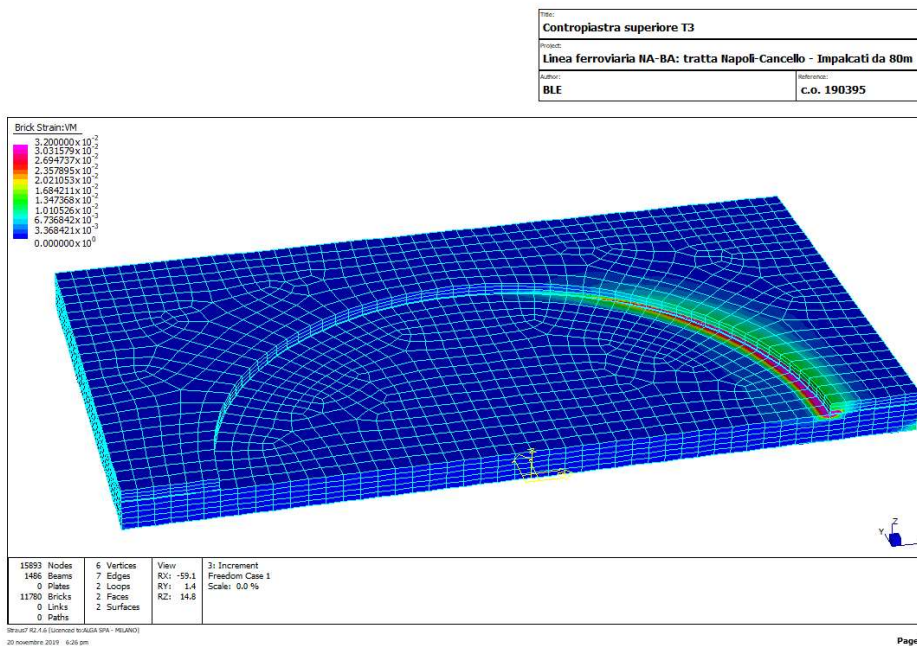
# Relazione tecnica

## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

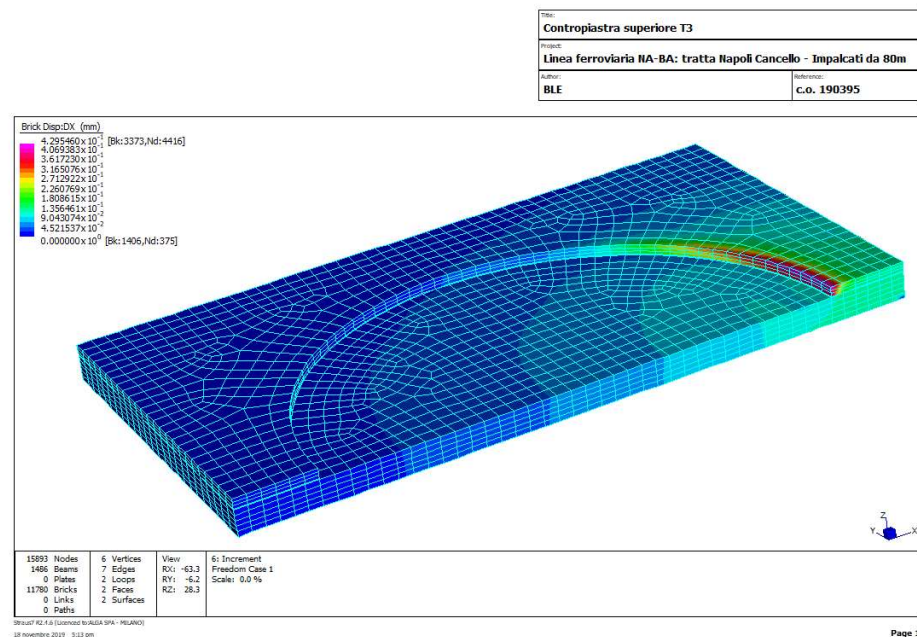
### Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

## APPENDICE B: ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI DELLA CONTROPIASTRA

B1. Contropiastra dell'appoggio unidirezionale in fase sismica (deformazione massima = 3.2% < 5%)



B2. Contropiastra dell'appoggio unidirezionale in fase post-sismica (spostamento residuo massimo = 0.43 mm < 1mm/1.5=0.66mm)





# Relazione tecnica

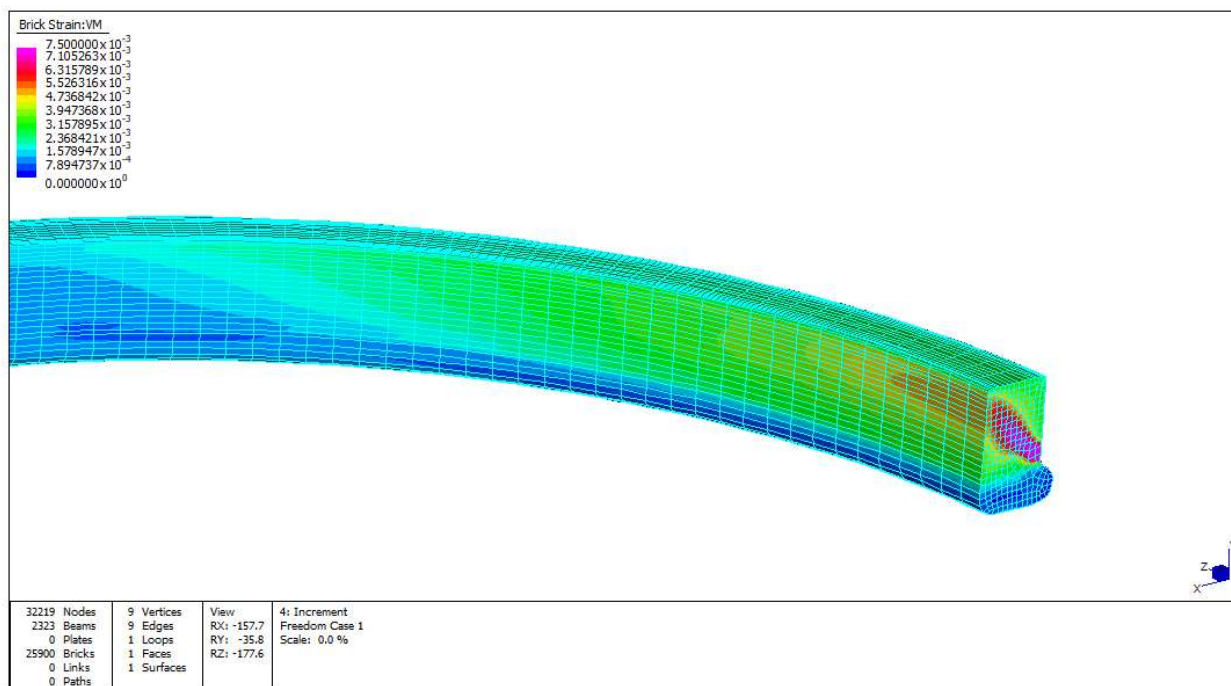
## Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D ISOGLIDE

Appoggio mobile unidirezionale cedevole trasversale GX 22500-15250.40(-5850)

### APPENDICE C: ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI DELL'ANELLO ELASTICO

C1. Deformazioni dell'anello elastico in fase sismica (deformazione massima = 0.75% < 5%)

<b>Titolo:</b> Anello elastico T3	
<b>Project:</b> Linea ferroviaria NA-BA: tratta Napoli-Cancello - Impalcati da 80m	
<b>Author:</b> BLE	<b>Reference:</b> c.o. 190395



Straus7 R2.4.6 (Licensed to ALGIA SPA - MILANO)  
20 novembre 2019 6:10 pm