

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

PONTI E VIADOTTI

VIADOTTO MONTEBELLO VICENTINO DAL km 33+463,75 AL km 33+722,75

APPOGGI CAMPATE C.A.P. 25 m

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60 - Relazione tecnica

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

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO	
IN17	12	E	12	CL	V12100	004	A		DI

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	ing. <i>(Signature)</i> ALBERTO LEVRATO	

Progettazione :

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in.	Dic. 2022	M. Proietti	Dic. 2022	G. Malavenda	Dic. 2022	
B								
C								
								Data: Dic. 2022

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E9100000009

File: IN1712EI2CLV12100004A.DWG

Cod. origine: CODICE



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60
Tratta AV/AC Verona-Padova – Impalcati da 25m VI21
Disegno di riferimento 220127-GD-92
c.o. 220127

PAESE	CLIENTE
	SALCEF S.P.A



Rif.:220127-CN-92-A

14 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 PTFE
Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

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	14/12/2022	Prima emissione	<i>SSI</i>	<i>CGI</i>	<i>CGI</i>

Relazione tecnica
Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE
Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

Indice

1	INTRODUZIONE	5
1.1	Generalità.....	5
1.2	Materiali.....	5
1.2.a	Acciaio Strutturale	5
1.2.b	Acciaio non strutturale.....	6
1.2.c	PTFE.....	6
1.2.d	Acciaio inossidabile	7
1.2.e	Bulloni	7
2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE, FORZE E SPOSTAMENTI.....	8
2.1	Simboli.....	8
2.2	Geometria.....	9
2.3	Forze e spostamenti	10
3	VERIFICHE.....	12
3.1	Calcolo dell'eccentricità.....	12
3.1.a	PTFE curvo	12
3.1.b	PTFE piano	14
3.2	Verifica del PTFE	15
3.2.a	Verifica della resistenza del PTFE curvo	15
3.2.b	Verifica della resistenza del PTFE piano	16
3.2.c	Verifica delle dimensioni del PTFE.....	18
3.3	Capacità di rotazione.....	19
3.3.a	Gap x_1	19
3.4	Calcestruzzo.....	20
3.4.a	Verifica calcestruzzo (lato piastra di scorrimento).....	20
3.4.b	Verifica calcestruzzo (lato piastra concava).....	23
3.5	Perno.....	24
3.6	Requisiti aggiuntivi per il trasporto e l'installazione	25

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

1 INTRODUZIONE

1.1 Generalità

Questa relazione è scritta facendo riferimento alla normativa europea EN 1337:2005 e alle istruzioni RFI-DTC-SI-PS-SP-IFS-002-E (nel seguito indicato come il "capitolato") e RFI-DTC-SI-PS-MA-IFS-001-B (nel seguito indicato come il "manuale") del gruppo Ferrovie dello Stato. Per il materiale di scorrimento PTFE si fa riferimento alla norma EN 1337-2.

1.2 Materiali

1.2.a Acciaio Strutturale

In accordo a quanto specificato nel "Capitolato Parte II – Sezione 12" 12.9.2.5.7 si riportano le proprietà degli acciai strutturali utilizzati.

- Resilienza KV ≥ 27 J
- allungamento a rottura A ≥ 18 % per acciaio S355, A ≥ 17 % per acciaio S460 e A ≥ 14 % per acciaio S690

Le proprietà dell'acciaio S355 in accordo alla EN 10025-2 tabella 7 sono riportate nel seguito:
la tensione di rottura in funzione dello spessore vale:

spessore (mm)	$t \leq 100$	$100 < t \leq 150$	$150 < t$
Acciaio S355 Rottura f_u (N/mm ²)	470	450	450

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

spessore (mm)	≤ 16	>16 ≤ 40	>40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	>80 ≤ 100	>100 ≤ 150	>150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	>250
Acciaio S355 Snervamento f_y (N/mm ²)	355	345	335	325	315	295	285	275	265

Le proprietà dell'acciaio S460 in accordo alla EN 10025-3 tabella 5 sono riportate nel seguito:
la tensione di rottura in funzione dello spessore vale:

spessore (mm)	$t \leq 100$	$100 < t \leq 200$
Acciaio S460 Rottura f_u (N/mm ²)	540	530

La tensione di snervamento differenziata in funzione dello spessore vale:

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

spessore (mm)	≤ 16	>16 ≤ 40	>40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	>80 ≤ 100	>100 ≤ 150	>150 ≤ 200
Acciaio S460 Snervamento f_y (N/mm ²)	460	440	430	410	400	380	370

Le proprietà dell'acciaio S690 in accordo alla EN 10025-6 tabella 5 sono riportate nel seguito:
la tensione di rottura in funzione dello spessore vale:

spessore (mm)	$3 \leq t \leq 50$	$50 < t \leq 100$	$100 < t \leq 150$
Acciaio S690 Rottura f_u (N/mm ²)	770	760	710

La tensione di snervamento differenziata in funzione dello spessore vale:

spessore (mm)	≥ 3 ≤ 50	>50 ≤ 100	>100 ≤ 150
Acciaio S690 Snervamento f_y (N/mm ²)	690	650	630

In accordo alla EN 1993-1-1 §3.2.6, nella progettazione si assumono le seguenti proprietà dell'acciaio:

- Modulo elastico, $E = 210\,000\text{ MPa}$;
- Modulo di Poisson, $\nu = 0.3$;

Alla condizione SLU è stato considerato un coefficiente di sicurezza pari a $\gamma_m = 1.1$ ("Manuale" punto 2.8.1.3.1.1.5) 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 S275JR o equivalenti in accordo alla EN 10025-2 con le seguenti caratteristiche:

S275JR

- tensione di rottura a trazione $f_u \geq 410\text{ N/mm}^2$
- tensione di snervamento ($t > 20\text{ mm}$) $f_y \geq 265\text{ N/mm}^2$
- resilienza a 20°C $KV \geq 27\text{ J}$
- allungamento a rottura $A \geq 18\%$

1.2.c PTFE

Le superfici di scorrimento sono costituite da un materiale antifrizione, in accordo alla EN 1337-2. La resistenza a compressione allo SLU del materiale di scorrimento è pari a:

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

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

Dove il coefficiente di sicurezza γ_M è pari a 1.4.

La normativa prevede la riduzione del valore caratteristico per temperature di esercizio superiori ai 30°C secondo la legge:

$$f_{k,PTFE} = 90 \text{ MPa per } T < 30 \text{ °C}$$

$$f_{k,PTFE} = 90 \times (1 - 0,02 \times (T - 30 \text{ °C})) \text{ MPa per } 30 \text{ °C} < T < 48 \text{ °C}$$

Ovvero, la resistenza caratteristica deve essere ridotta del 2% per ogni grado al di sopra di 30 °C, fino ad una temperatura massima ammissibile di 48 °C.

Il coefficiente di attrito del PTFE a contatto con l'acciaio è calcolato in accordo alla normativa EN 1337-2 usando la formulazione riportata nell'appendice B:

$$0.03^{a)} \leq \mu_{max} = \frac{1.2}{10 + \sigma_{PTFE}} \leq 0.08$$

a) per le superfici curve, il valore di attrito si riduce a 0.025

Nel caso in cui la temperatura minima non scende sotto -5°C, i valori di attrito riportati potranno essere moltiplicati di un fattore 2/3.

1.2.d Acciaio inossidabile

Le superfici di scorrimento in contatto con PTFE sono coperte da acciaio inossidabile del tipo X2CrNiMo17-12-2 conforme alla EN 10088-2.

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 $\gamma_{M2} = 1,25$

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE, FORZE E SPOSTAMENTI

2.1 Simboli

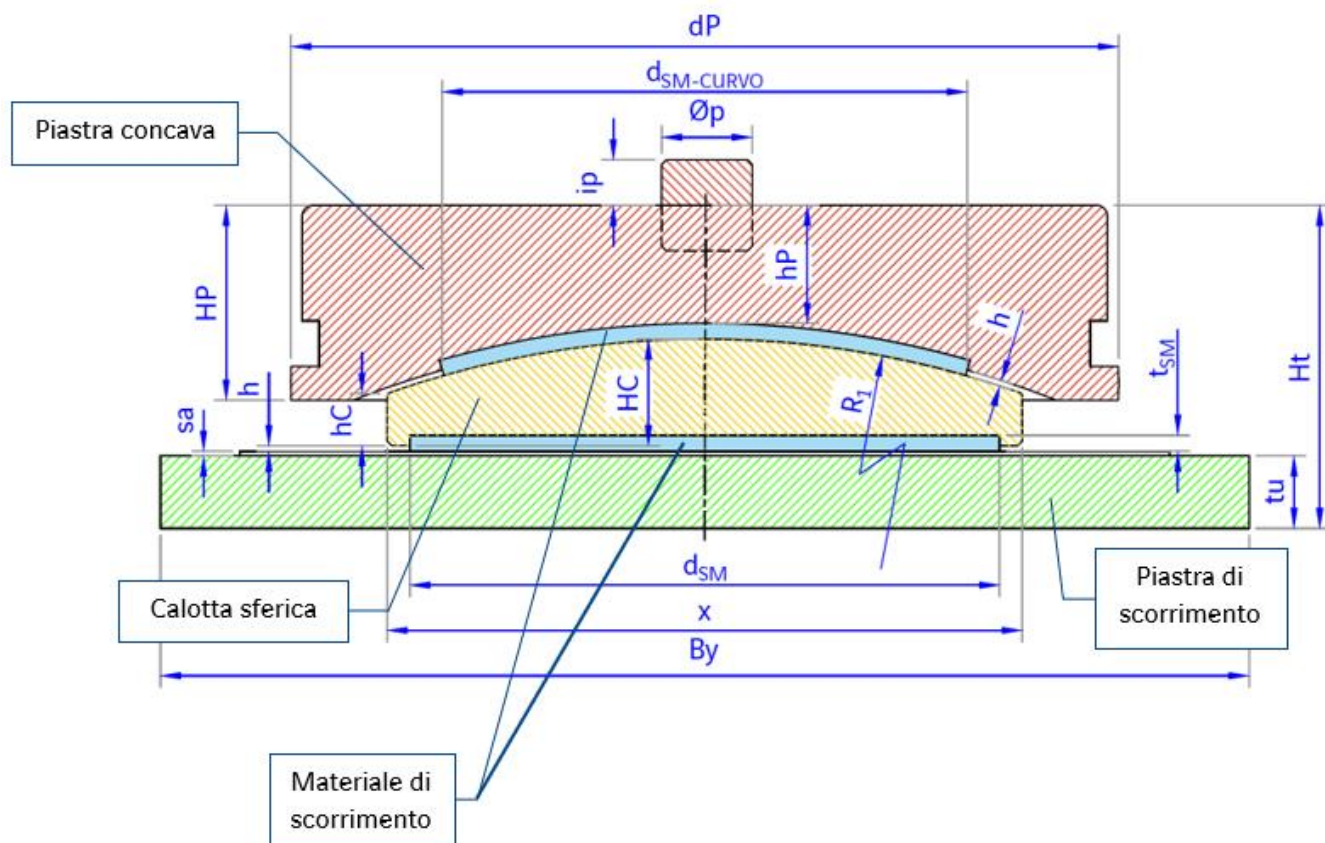
b	Spessore della parete del basamento
B1x	Lunghezza contropiastra superiore lato piastra concava
B1y	Larghezza contropiastra superiore lato piastra concava
B2x	Lunghezza contropiastra inferiore lato basamento/piastra di scorrimento
B2y	Larghezza contropiastra inferiore lato basamento/piastra di scorrimento
Bx	Lunghezza della piastra di scorrimento
By	Larghezza della piastra di scorrimento
dP	Diametro della piastra concava
d _{SM}	Diametro materiale di scorrimento
d _{SM-CURVO}	Diametro materiale di scorrimento curvo
h	Protrusione materiale di scorrimento
HB	Altezza totale del basamento
hC	Altezza minima della calotta sferica
HC	Altezza totale della calotta sferica
hP	Altezza minima della piastra concava (altezza del perno esclusa)
HP	Altezza totale della piastra concava
Ht	Altezza totale dell'appoggio
ip	Altezza del perno
Øp	Diametro del perno
R	Raggio di curvatura mensola piastra concava
R ₁	Raggio della calotta sferica
sa	Spessore dell'acciaio inox
t1_	Spessore contropiastra superiore lato piastra concava
t2_	Spessore contropiastra inferiore lato basamento/piastra di scorrimento
t _{SM}	Spessore materiale di scorrimento
tu	Spessore della piastra di scorrimento
x	Diametro della calotta sferica
x ₁	Distanza tra il piano inferiore della piastra concava ed il piano di scorrimento

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

2.2 Geometria



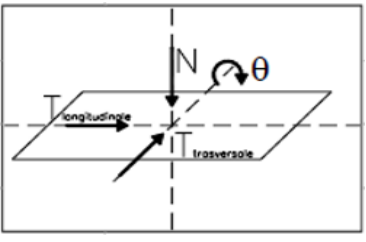
Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

2.3 Forze e spostamenti

Di seguito si riportano i carichi agenti sull'impalcato in c.a.p. L=25m VI21:

		APPOGGIO MULTIDIREZIONALE					
		Reazioni degli apparecchi di appoggio					
		max N	min N	max T _{long}	min T _{long}	max T _{trasv}	min T _{trasv}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
SLE	N max	3302	-	-	-	-	-
	N min	-	1164	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLU	N max	4623	-	-	-	-	-
	N min	-	1599	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
SLV	N max	4567	-	-	-	-	-
	N min	-	700	-	-	-	-
	N min (*)	-	0	-	-	-	-
	Tl max	-	-	0	-	-	-
	Tt max	-	-	-	-	0	-
(*) Nmin per Fh max							

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

Di seguito si riportano i carichi agenti sull'impalcato in c.a.p. L=25m VI21 assunti per il dimensionamento del dispositivo GL 4625.170.60:

				Carichi L=25m
SLE	Forza verticale max	N	kN	3302
	Forza verticale permanente	N_{perm}	kN	1612
	Forza verticale min	N_{min}	kN	1164
	Rotazione totale	α	rad	0.05 (=3°)
SLU statica	Forza verticale max	N_{max}	kN	4625
SLU sismica SLV	Forza verticale max sismica	N_{seism}	kN	4567
	Rotazione totale	α	rad	0.05 (=3°)
	Spostamento longitudinale massimo	d_L	mm	±85
	Spostamento trasversale massimo	d_T	mm	±30

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

3 VERIFICHE

3.1 Calcolo dell'eccentricità

3.1.a PTFE curvo

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

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

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
μ_{max}	Massimo coefficiente di attrito
R_1	Raggio della piastra mediana
α_{tot}	Rotazione totale
HC	Altezza della calotta sferica

Combinazione S.L.E.

Per la determinazione della pressione sul PTFE 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 PTFE.

$$\sigma_{PTFE} = \frac{N_{min}}{A_{PTFE}}$$

Combinazione S.L.U.

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

$$\sigma_{PTFE} = \frac{N_{max}}{A_{PTFE}}$$

Relazione tecnica
Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE
 Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

Calcolo eccentricità PTFE curvo		
SLE		
Vmin	1164	KN
$d_{SM-curvo}$	355	mm
σ_{SM}	11.8	Mpa
μ_{max}	0.055	per T<-5
α	0.052	rad
R1	380	mm
HC	79.0	mm
e1	21.0	mm
e3	19.9	mm
e4	16.6	mm
et	17.7	mm
SLU		
Vmax	4625	KN
$d_{SM-curvo}$	355	mm
σ_{SM}	46.7	Mpa
μ_{max}	0.025	per T<-5
α	0.052	rad
R1	380	mm
HC	79.0	mm
e1	9.5	mm
e3	19.9	mm
e4	7.5	mm
et	2.9	mm

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

3.1.b PTFE piano

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

$$\begin{aligned}e_1 &= \mu_{max} R_1 \\e_3 &= \alpha_{tot} \times R_1 \rightarrow 0 \\e_4 &= \frac{H}{V} \times (R_1 - HC) = \mu_{max} \times (R_1 - HC) \rightarrow 0 \\e_t &= e_1\end{aligned}$$

Dove:

e_1	Eccentricità dovuta all'attrito sulla superficie curva.
e_3	Eccentricità dovuta alla rotazione (nulla per superfici piane)
e_4	Eccentricità dovuta alle forze orizzontali (nulla per superfici piane)
e_t	Eccentricità totale
μ_{max}	Massimo coefficiente di attrito
R_1	Raggio della piastra mediana
α_{tot}	Rotazione totale
HC	Altezza della calotta sferica

In questo caso i valori sono i seguenti:

S.L.E.

Per la determinazione della pressione sul PTFE 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 PTFE.

$$\sigma_{PTFE} = \frac{N_{min}}{A_{PTFE}}$$

S.L.U.

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

$$\sigma_{PTFE} = \frac{N_{max}}{A_{PTFE}}$$

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

Calcolo eccentricità PTFE piano		
SLE		
Vmin	1164	KN
d _{SM}	360	mm
σ _{SM}	11.4	Mpa
μmax	0.056	per T<-5
R1	380	mm
e1	21.3	mm
et	21.3	mm
SLU		
Vmax	4625	KN
d _{SM}	360	mm
σ _{SM}	45.4	Mpa
μmax	0.030	per T<-5
R1	380	mm
e1	11.4	mm
et	11.4	mm

3.2 Verifica del PTFE

3.2.a **Verifica della resistenza del PTFE curvo**

La massima pressione di compressione in corrispondenza del PTFE si trova con la seguente formula:

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

Dove:

N _{sd}	Massimo carico verticale SLU
f _{k,PTFE}	Resistenza caratteristica PTFE
γ _m = 1,4	coefficiente di sicurezza
A _r = λxA	Area ridotta
A _{PTFE}	Area PTFE
λ	Fattore di riduzione dell'area di PTFE (EN 1337-7 B)

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

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

$$\lambda = 1 - \pi \cdot \frac{e_t}{d_{SM-CURVO}} \cdot 0.75$$

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

$$N_{Rd,PTFE} \geq N_{Sd}$$

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

$$\sigma_p \geq 0$$

ovvero:

$$e_t(SLE) \leq \frac{d_{SM-CURVO}}{8}$$

Verifica PTFE SLU		
Nsd,SLU	4625	KN
d _{SM-curvo}	355	mm
A	98980	mm ²
λ	0.99	
f _{k,SM}	81	Mpa
γ _m	1.4	
Nrd,SM	5675	KN
Nrd,SM > Nsd,SLU	OK	81.5%
Verifica PTFE SLE		
d/8	44.4	mm
et < d/8	OK	39.8%

3.2.b Verifica della resistenza del PTFE piano

La massima pressione di compressione in corrispondenza del PTFE si trova con la seguente formula:

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

Dove:

N _{sd}	Massimo carico verticale SLU
f _{k,PTFE}	Resistenza caratteristica PTFE
γ _m = 1,4	coefficiente di sicurezza

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

$$A_r = \lambda \times A$$

Area ridotta

$$A_{PTFE}$$

Area PTFE

$$\lambda$$

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

Si considera il coefficiente λ indicato nella EN 1337-2 A:

$$\lambda = 1 - \pi \cdot \frac{e_t}{d_{SM}} \cdot 0.75$$

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

$$N_{Rd,PTFE} \geq N_{Sd}$$

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

$$\sigma_p \geq 0$$

ovvero:

$$e_t(SLE) \leq \frac{d_{SM}}{8}$$

Verifica PTFE SLU		
Nsd,SLU	4625	KN
d _{SM}	360	mm
A	101788	mm ²
λ	0.93	
fk,SM	81	Mpa
γ_m	1.4	
Nrd,SM	5479	KN
Nrd,SM > Nsd,SLU	OK	84.4%
Verifica PTFE SLE		
d/8	45.0	mm
et < d/8	OK	47.3%

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

3.2.c Verifica delle dimensioni del PTFE

La EN 1337-2 prevede che le lastre di PTFE siano incassate nella piastra di supporto. Nello specifico viene prescritto che la protrusione del PTFE sia pari a:

$$h = \max \left\{ \begin{array}{l} 2.2 \text{ mm} \\ 1.75 + \frac{d_{SM}}{1200} \pm \begin{cases} 0.2 \text{ mm} & \text{per } d_{SM} \leq 1200 \\ 0.3 \text{ mm} & \text{per } d_{SM} > 1200 \end{cases} \end{array} \right.$$

Lo spessore totale della lastra deve essere:

$$2.2 \cdot h \leq t_{SM} \leq 8 \text{ mm}$$

dove:

h protrusione PTFE
t_{SM} spessore lastra PTFE
d_{SM} diametro lastra PTFE

Verifica dimensioni PTFE		
1) Calotta		
d _{SM}	360	mm
h	2.2	mm
h _{scelta}	2.2	mm
check	OK	
t _{scelta}	5	mm
2.2 h	4.8	mm
check	OK	

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

3.3 Capacità di rotazione

3.3.a **Gap x₁**

Il gap x₁ garantisce che durante la rotazione della piastra concava non si abbia interferenza con il basamento.

La norma prevede di incrementare il valore di x₁, sommando il movimento dovuto alla rotazione al valore massimo tra: 0,005 rad e 10/(dP/2). La verifica risulta:

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

a_d margine di sicurezza = max (10 mm; 0.005 x d_p/2)

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:

$$x_1 \geq \frac{dP}{2} \times \alpha_{tot}$$

Capacità di rotazione		
Gap x1		
x1	36.2	mm
dP	425.0	mm
α	0.052	rad
dp/2 * α	11.1	mm
x₁ > α · d_p/2	OK	30.7%

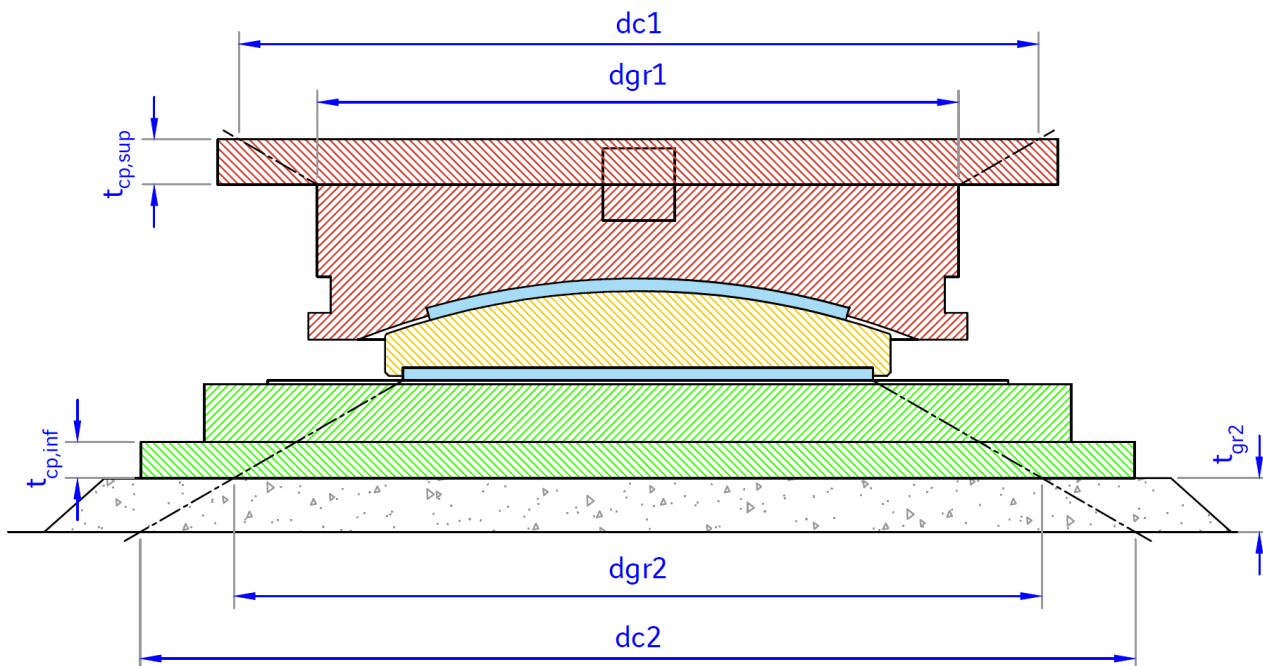
Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

3.4 Calcestruzzo

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



dove,

$$d_{c1} = d_{gr1} + 2 t_{cp,sup} \cdot \operatorname{tg}60^\circ$$

$$d_{gr2} = d_{SM} + (2s_a + 2t_u + 2t_{cp,inf}) \operatorname{tg}60^\circ$$

$$d_{c2} = d_{gr2} + 2 t_{gr2} \cdot \operatorname{tg}60^\circ$$

t_{gr2}

spessore della malta

3.4.a Verifica calcestruzzo (lato piastra di scorrimento)

La verifica della pressione sul calcestruzzo dei baggioli allo stato limite ultimo SLU tiene conto del contributo delle eccentricità calcolate come segue:

$$e_1 = \mu_{max} \cdot R_1$$

$$e_3 = \alpha_{tot} \cdot R_1$$

$$e_{4,inf} = \mu_{max} \cdot b_{H,inf}$$

$b_{H,inf}$ braccio tra la forza orizzontale (forza di attrito sulla superficie piana di scorrimento) e intradosso piastra di scorrimento

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

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. Poiché la piastra concava è libera di muoversi, l'eccentricità e_2 vale 0. Dunque, l'eccentricità totale risulta:

$$e_{t,inf} = \max(|e_1 - e_3|; e_1 + e_{4,inf})$$

L'area di contatto A_{c2} è ridotta per effetto dell'eccentricità totale $e_{t,inf}$ del carico verticale secondo la formula seguente:

$$A_{r2} = \lambda_2 \cdot A_{c2}$$

La verifica è:

$$\sigma_{c,sd2} = \frac{N}{A_{r2}} \leq f_{cd,inf}$$

Dove:

$$f_{cd,inf} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c} \times 1.3 \quad \text{resistenza di progetto}$$

$$\lambda_2 = 1 - 0.75\pi \frac{e_{t,inf}}{d_{c2}} \quad \text{coefficiente di riduzione}$$

$$A_{r2} = \lambda_2 \cdot A_{c2} = \lambda_2 \cdot \frac{\pi}{4} d_{c2}^2 \quad \text{area di diffusione ridotta}$$

Relazione tecnica
Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE
 Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

Verifica calcestruzzo inferiore		
d_{SM}	360	mm
$d_{min,cpinf}$	650	mm
$d_{min,piastra\ di\ base}$	585	mm
t_u	36	mm
t_{cp} (spessore contropiastra inf)	20	mm
t_{gr2} (spessore malta)	25	mm
s_a	2.0	mm
d_{gr2}	560.9	mm
d_{c2}	647.5	mm
$V_{max,slu}$	4625	kN
SLU STATICO		
σ_{SM}	46.7	Mpa
μ_{slu}	0.025	per $T < -5$
$d_{SM-curvo}$	355	mm
α	0.052	rad
R1	380	mm
e1	9.5	mm
e3	19.9	mm
b_h	58.0	mm
e4	1.5	mm
e_t	11.0	mm
f_{ck}	32	Mpa
λ	0.96	
A_{r2}	316183	mm ²
σ_{cls}	14.6	Mpa
f_{cd}	23.6	Mpa
$\sigma_{cls} < f_{cd}$	OK	62%

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

3.4.b Verifica calcestruzzo (lato piastra concava)

La verifica della pressione sul calcestruzzo della trave superiore allo stato limite ultimo SLU tiene conto del contributo delle eccentricità calcolate come segue:

$$e_1 = \mu_{SM} \cdot R_1$$

$$e_3 = \alpha_{tot} \cdot R_1$$

$$e_{4,sup} = \mu_{SM} \cdot b_{H,sup}$$

$b_{H,sup}$ braccio tra il punto di trasmissione della forza (contatto del perno) e estradosso della contropiastra superiore

In accordo al manuale di progettazione delle opere civili (parte II - sezione II), i momenti dovuti alle rotazioni (e_3) e alle forze orizzontali (e_4) non si sommano. Poiché la piastra concava è libera di muoversi, l'eccentricità e_2 vale 0. Dunque, l'eccentricità totale risulta:

$$e_{t,sup} = \max(e_1 - e_3; e_1 + e_{4,sup})$$

L'area di contatto A_{c1} è ridotta per effetto dell'eccentricità totale e_t del carico verticale secondo la formula seguente:

$$A_{r1} = \lambda_1 \cdot A_{c1}$$

La verifica è:

$$\sigma_{c,sd1} = \frac{N}{A_{r1}} \leq f_{cd,inf}$$

Dove:

$$f_{cd,inf} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c} \times 1.3$$

resistenza di progetto

$$\lambda_1 = 1 - 0.75\pi \frac{e_{t,sup}}{d_{c1}}$$

coefficiente di riduzione

$$A_{r1} = \lambda_1 \cdot A_{c1} = \lambda_1 \cdot \frac{\pi}{4} d_{c1}^2$$

area di diffusione ridotta

Relazione tecnica
Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE
 Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

Verifica calcestruzzo superiore		
dp superiore	415	mm
t _{cp} (spessore contropiastra sup)	25	mm
dmin,cpsup	465	mm
d _{c1}	465.0	mm
V _{max,slu}	4625	kN
SLU STATICO		
σ _{SM}	46.7	Mpa
μ _{slu}	0.025	per T<-5
d _{SM-curvo}	355	mm
α	0.052	rad
R1	380	mm
e1	9.5	mm
e3	19.9	mm
b _h	15.0	mm
e4	0.4	mm
e _t	10.4	mm
f _{ck}	45	Mpa
λ	0.95	
A _{r2}	160876	mm ²
σ _{cls}	28.7	Mpa
f _{cd}	33.2	Mpa
σ _{cls} < f _{cd}	OK	87%

3.5 **Perno**

L'appoggio essendo libero di muoversi in tutte le direzioni, la forza di attrito fra PTFE ingrassato ed inox risulterà sempre minore della forza di attrito fra le piastre di acciaio, perciò la verifica può essere omessa.

Relazione tecnica

Appoggi sferici FREYSSINET TETRON SB-D PTFE

Appoggio multidirezionale GL 4625.170.60

3.6 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:

$$t_u \geq 0.04 \sqrt{(B_x^2 + B_y^2)}$$

Dove:

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

Requisiti aggiuntivi per il trasporto e l'installazione		
Bx (dimensione x basamento)	660.00	mm
By (dimensione y basamento)	585.00	mm
t _u	36.0	mm
t _{lim}	35.3	mm
t_u > t_{lim}	OK	98.0%