

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

Appoggi campate c.a.p. 25 m VI09C

Fisso TRS-FS 3600/3512/1782 Relazione di calcolo

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

| | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------|---------------|----|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. | FOGLIO | |
| IN17 | 12 | E | 12 | CL | VI0900 | 007 | 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 | | | | | | | | |

CIG. 8377957CD1


CUP: J41E9100000009

File: IN1712E12CLVI0900007A.DWG

Cod. origine: CODICE



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

| | | | | |
|-------|------|------------|-----------------------|---|
| ID | Rev. | Date | TECHNICAL REPORT |  |
| R1456 | A | 30/11/2022 | TRS-FS 3600/3512/1782 | Page 1 of 25 |



RELAZIONE DI CALCOLO

conforme a
-EN 1337
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 E
- RFI DTC SI PS SP IFS 002 E

TRS-FS 3600/3512/1782

Dispositivo: Apparecchio d'appoggio Tens Railway Spherical fisso a risposta orizzontale elastica

Cliente: SALCEF

Lavoro: Progetto FS/AV VR-PD Lotto VR-VI VI09-VI10

SOMMARIO

| | | |
|--|-------|-----|
| DATI DI INPUT | ..... | .2 |
| VERIFICHE DI PROGETTO | ..... | .6 |
| 1. SUPPORTI IN CLS | ..... | .6 |
| 2. VERIFICA SUPERFICI DI SCORRIMENTO | ..... | .9 |
| 3. VERIFICA RESINA DIELETTICA | ..... | .10 |
| 4. CONTATTO ANELLO - PIASTRA DI SUPPORTO | ..... | .10 |
| 5. VERIFICA FONDELLO MEDIANTE ANALISI FEM | ..... | .11 |
| 6. PERNO DI CONTRASTO | ..... | .13 |
| 7. ANCORAGGIO SUPERIORE | ..... | .14 |
| 8. ANCORAGGIO INFERIORE | ..... | .14 |
| 10. VERIFICA DELL'ANELLO ELASTICO | ..... | .15 |
| APPENDICE A. VERIFICA CLS SUPERIORE IN CONDIZIONE SISMICA CON MODELLAZIONE FEM | ..... | .20 |
| APPENDICE B. VERIFICA DI CONFRONTO CON IL DISPOSITIVO OMOLOGATO | ..... | .22 |

DISTRIBUTION:

The present document is subject to controlled distribution.
To the holders of "controlled copies" any eventual following revision will be distributed.
To the holders of "non-controlled copies" new editions will not be distributed.

Controlled copies are addressed to the "process responsables" in the Company; both in the Office and in the production plant. Eventual further "controlled copies" will be defined and distributed from the Director of the Technical Department.
Any additional copy, not distributed as above, must be considered as "not controlled".

Notations:

Modifications from previous versions highlighted with a yellow bar on left side.

| ID | Rev. | Date | Description | Made by | Verified by | Approved by |
|-------|------|------------|-------------|---------|-------------|-------------|
| R1456 | A | 30/11/2022 | First issue | MI | LM | LM |



Handwritten signature

| | |
|----------------------------|--|
| EN 1337-2 | Appoggi strutturali - Elementi di scorrimento |
| EN 1337-7 | Appoggi strutturali - Appoggi sferici e cilindrici di PTFE |
| RFI DTC SI PS MA IFS 001 E | Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili |
| RFI DTC SI PS SP IFS 002 E | Manuale di progettazione delle opere civili |

L'apparecchio d'appoggio TRS-FS è un dispositivo di tipo fisso in ACCIAIO-PTFE a CERNIERA SFERICA con ANELLO ELASTICO, in grado di:

- 1) rotazioni rispetto agli assi orizzontali;
- 2) rotazione libera intorno a quello verticale;
- 3) vincolare gli spostamenti in tutte le direzioni, a cedevolezza controllata mediante anello elastico.

DATI DI INPUT

PRESTAZIONI

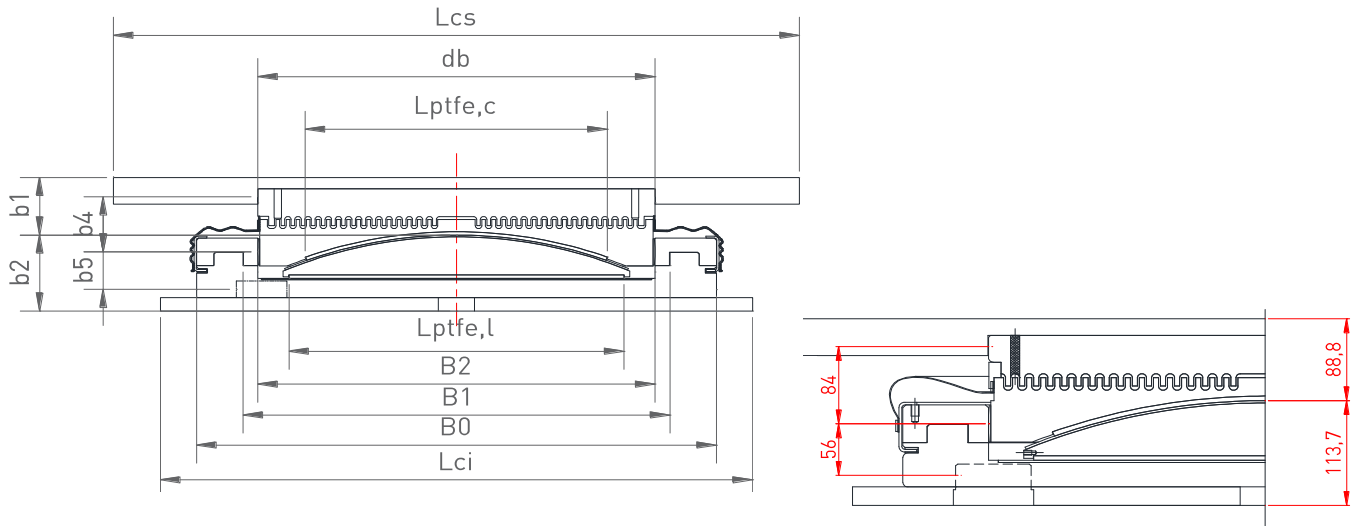
| COMBINAZIONI | | N [kN] | Tlong [kN] | Ttrasv [kN] |
|----------------------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| CARICHI DI PROGETTO | SLE | 2400 | 1017 | 347 |
| | | 2400 | 1017 | 347 |
| | | 2400 | 1017 | 347 |
| | PERM. | 1350 | - | - |
| | SLU statico | 3600 | 1526 | 520 |
| | | 3600 | 1526 | 520 |
| | | 1570 | 1526 | 520 |
| | SLU sismico | 3161 | 2845 | 289 |
| | | 1723 | 3512 | 502 |
| | | 1541 | 290 | 1782 |

| IMPALCATO | | CLS | |
|----------------------------|--------------------------|-------|-----|
| PILA | | CLS | |
| SCORRIMENTO (mm) | MASSIMO | LONG | ±0 |
| | | TRASV | ±0 |
| ROTAZIONE α [°] | STATO LIMITE D'ESERCIZIO | LONG | 3,0 |
| | | TRASV | 3,0 |
| | STATO LIMITE ULTIMO | LONG | 3,0 |
| | | TRASV | 3,0 |
| TEMP. OPERATIVA MAX | | 30°C | |
| TEMP. OPERATIVA MIN | | -5°C | |

DATI DIMENSIONALI

| | | | |
|----------|------|-------|--|
| r | [mm] | 589 | Raggio di curvatura calotta sferica |
| LPTFE,c | [mm] | 418 | Diametro proiettato calotta PTFE |
| h | [mm] | 115,5 | Piastra concava superiore - altezza complessiva |
| hs | [mm] | 55,0 | Pistone elemento superiore |
| db | [mm] | 550 | Piastra concava superiore - diametro |
| tb | [mm] | 64,2 | Piastra concava superiore - spessore minimo in mezzeria pistone assemblato |
| LPTFE,l | [mm] | 460 | Diametro proiettato lente PTFE piana |
| Lsap | [mm] | 480 | Diametro proiettato calotta sferica (comprensivo rotazioni sicurezza) |
| hsap,tot | [mm] | 60,0 | "Altezza totale calotta sferica" |
| tp | [mm] | 27,0 | Fondello - spessore BASE |
| H | [mm] | 60 | Fondello - altezza pareti WALLS - Hmin=60mm (consigliato60mm) |
| D0 | [mm] | 720 | Fondello - dimensione piatto di base |
| B0 | [mm] | 720 | Fondello - dimensione esterna |
| B1 | [mm] | 591,1 | Fondello - dimensione interna dente di battuta |
| B2 | [mm] | 550 | Pistone su anello elastico - diametro |
| Scs | [mm] | 40 | Contropiastra superiore - spessore |
| Lcs | [mm] | 950 | Contropiastra superiore - dimensione |
| Sci | [mm] | 20 | Contropiastra inferiore - spessore |
| Lci | [mm] | 820 | Contropiastra inferiore - dimensione |
| hallett | [mm] | 30 | Spessore strato di allettamento |
| φpn | [mm] | 550 | Diametro del perno - Perno portante verticalmente |
| b1 | [mm] | 88,8 | Distanza superficie proiettata PTFE - CLS superiore |
| b2 | [mm] | 113,7 | Distanza superficie proiettata PTFE - CLS inferiore |
| b4 | [mm] | 84,0 | Distanza superficie di contatto anello - sup. contatto perno |
| b5 | [mm] | 56,0 | Distanza superficie di contatto anello - sup. contatto zanca |
| w | [mm] | 39,0 | Altezza del dente di contatto - minima 34mm |

GEOMETRIA



PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

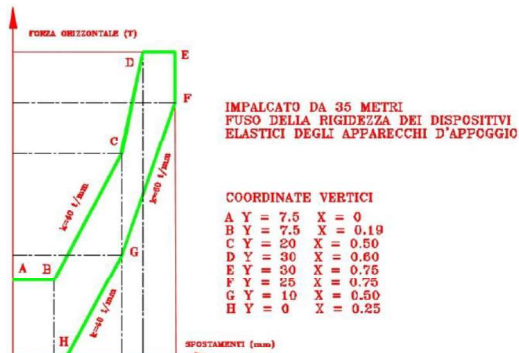
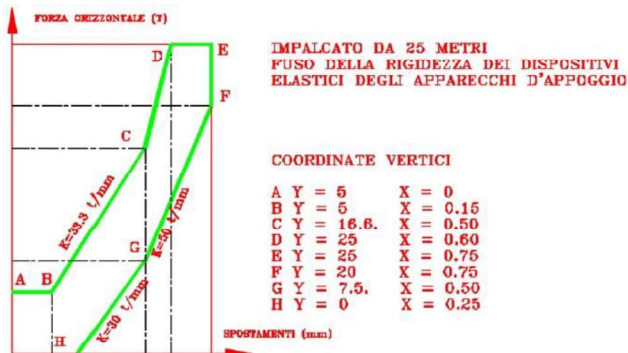
Il dispositivo ha comportamento a cerniera sferica, capace di rotazioni rispetto agli assi orizzontali fino a $\pm 3^\circ$ (0,052 rad) e libere attorno all'asse verticale, ed in grado di modulare la risposta orizzontale manifestando un comportamento a molla inкруdente assial-simmetrica, all'interno di un gioco predefinito; ad esaurimento del gioco la risposta è assimilabile a rigida fino al valore richiesto da progetto.

DIELETTICITA'

Nell'accoppiamento tra piastra isolante e pistone, al momento dell'assemblaggio in stabilimento, viene interposto uno strato di materiale dielettrico relizzato in resina epossidica.

DEFORMAZIONE ORIZZONTALE ELASTICA

(Fusi di tolleranza della risposta. Allegato A -RFI DTC SI PS SP IFS 002 E)



TRASMISSIONE DELLE FORZE ORIZZONTALI

Ancoraggio inferiore:

Il collegamento dell'apparecchio d'appoggio alla struttura portante è garantito da appositi tirafondi d'ancoraggio assemblati alla piastra di base tramite viti che ne garantiscono la smontabilità.

Ancoraggio superiore:

Il collegamento dell'apparecchio d'appoggio alla struttura portata è garantito da un perno che trova alloggiamento nella contropiastra in acciaio saldata all'intradosso della trave.

TARGHETTA DI IDENTIFICAZIONE

Gli appoggi sono muniti di targhetta di identificazione in alluminio (marcatura CE) sulla quale vengono riportate le seguenti indicazioni:

- Ente certificante;
- Nome del fabbricante ed anno di costruzione;
- Numero e tipo di appoggio;
- Valori del carico verticale, del carico orizzontale, delle rotazioni consentite;

PROTEZIONE DALLA CONTAMINAZIONE E DALLA CORROSIONE

- IL CICLO DI TRATTAMENTO UTILIZZATO SARA' CONFORME AI CICLI OMOLOGATI RFI -

I fogli di acciaio austenitico vengono collegati mediante saldatura di cordone continuo alla piastra di supporto. Non viene effettuato nessun trattamento alla piastra di supporto posta sotto il foglio di acciaio austenitico. L'area della piastra posta invece dietro il foglio di PTFE viene protetta mediante uno strato di imprimitura (spessore della pellicola essiccata da 20mm a 100mm). Gli apparecchi d'appoggio sono provvisti di un rivestimento protettivo delle superfici metalliche soggette ad aggressione chimica e fotochimica, realizzato come da specifica 16986K01-04

Questo sistema protettivo anti-corrosione garantisce che per un periodo di 10 anni gli appoggi siano conformi ai requisiti dettagliati in seguito:

- densità di bolle non superiore al grado 1 della ISO 4628-2
- ossidazione non superiore al grado R1 della ISO 4628-3
- distacco del rivestimento non superiore alla classe 1 della ISO 4628-4
- desquamazione non superiore alla classe 1 della ISO 4628-5

Il sistema di protezione anticorrosiva è stato testato attraverso le prove riportate in tabella:

| PROVE | NORMA | CRITERI DI ACCETTAZIONE |
|---------------------------------------|----------|--|
| nebbia salina | ISO 7253 | dopo 720h |
| | | bolle non superiori al grado 1 della ISO 4628-2 |
| | | ossidazione non superiore al grado R1 della ISO 4628-3 |
| | | distacco non superiore alla classe 1 della ISO 4628-4 |
| | | desquamazione non superiore alla classe 1 della ISO 4628-5 |
| spessore minimo della pellicola secca | ISO 2808 | come specificato dal produttore della vernice |
| adesione dopo quadrettatura | ISO 2409 | 0 od 1 |
| caduta di una massa | ISO 6272 | nessun danno visibile con un peso di 1 kg e una altezza di caduta di 10 cm |

MATERIALI IMPIEGATI

Laminati piatti

Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio sono secondo le UNI EN10025 e vengono di seguito riportate:

| S355 | UNI EN 10025 | | | | | | | |
|------|--------------|----------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | fyk | Spessore | | | | | | |
| | | <16 | 16<s≤40 | 40<s≤63 | 63<s≤80 | 80<s≤100 | 100<s≤150 | 150<s≤200 | 200<s≤250 |
| | 355 | 345 | 335 | 325 | 315 | 295 | 285 | 275 |
| ftk | Spessore | | | | | | | |
| | <16 | 16<s≤40 | 40<s≤63 | 63<s≤80 | 80<s≤100 | 100<s≤200 | 100<s≤200 | 200<s≤250 |
| | 470 | | | | 450 | | | |

| S460 | UNI EN 10025 | | | | | | | |
|------|--------------|----------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | fyk | Spessore | | | | | | |
| | | <16 | 16<s≤40 | 40<s≤63 | 63<s≤80 | 80<s≤100 | 100<s≤150 | 150<s≤200 | 200<s≤250 |
| | 460 | 440 | 430 | 410 | 400 | 380 | 370 | 370 |
| ftk | Spessore | | | | | | | |
| | <16 | 16<s≤40 | 40<s≤63 | 63<s≤80 | 80<s≤100 | 100<s≤200 | 100<s≤200 | 200<s≤250 |
| | 540 | | | | 530 | | | |

Acciaio fucinato e stampato

ACCIAIO LEGATO

Per la realizzazione dell'anello, dei perni di ancoraggio, dei tirafondi e delle zanche si utilizza acciaio 42CrMo4 o 42CrMoS4 bonificato.

Si riportano di seguito le tensioni ammesse dalle EN ISO 683 per l'acciaio 42CrMo4 o 42CrMoS4 bonificato:

| 42CrMo4 42CrMoS4 | EN ISO 683-2 | | | |
|---------------------|--------------|----------|----------|-----------|
| | fyk | Spessore | | |
| | | <16 | 16<s≤40 | 40<s≤100 | 100<s≤160 |
| | 900 | 750 | 650 | 550 |
| ftk | Spessore | | | |
| | <16 | 16<s≤40 | 40<s≤100 | 100<s≤160 |
| | 1100 | 1000 | 900 | 800 |

Acciaio inossidabile

AISI 316 - AISI 316L

Le superfici di scorrimento a contatto con il PTFE sono in acciaio austenitico X5 CrNiMo 17/12 (AISI 316) oppure X2 CrNiMo 17/12 (AISI 316 L) rispondenti alla EN10088-2.

Tutte le superfici sono lucidate a specchio e dopo il trattamento superficiale la rugosità Rz non deve eccedere 1 micron e la durezza deve essere compresa tra 150 HV1 e 220 HV1.

| materiale | X5 CrNiMo 17/12 | X2 CrNiMo 17/12 |
|---|-----------------|-----------------|
| AISI | 316 | 316 L |
| allungamento minimo (%) | 40 | 40 |
| tensione di rottura (MPa) | 540 | 520 |
| tens.di snervamento (MPa) | 205 | 195 |
| <i>resistenze agli stati limite (MPa)</i> | | |
| trazione compressione | 205 | 195 |
| taglio | 118 | 113 |

Acciaio austenoferritico (Duplex)

Duplex F51

L'anello elastico, ed il riporto per il contatto tra pistone ed anello, sono in acciaio austenoferritico DUPLEX F51 (ASTM A182) / X2CrNiMoN22-5-3 (EN 10088-3) rispondente alla EN 10088-3.

| materiale | Duplex F51 |
|-------------------------------|------------|
| allungamento minimo [%] | 25 |
| tensione di rottura (Mpa) | 650 |
| tensione di snervamento (Mpa) | 450 |

Bulloneria

Per il fissaggio meccanico dei tirafondi si impiega bulloneria che può essere a seconda dei casi di classe 8.8 - 10.9 - 12.9 .

| vite classe | 8.8 | 10.9 | 12.9 |
|---|-----|------|------|
| tensione di rottura (MPa) | 800 | 1000 | 1200 |
| tens.di snervamento (MPa) | 640 | 900 | 1080 |
| <i>resistenze agli stati limite (MPa)</i> | | | |
| trazione compressione | 560 | 700 | 840 |
| taglio | 396 | 495 | 595 |

PTFE

Le superfici di scorrimento sono realizzate in PTFE vergine di primo impiego in lastre ottenute per libero deposito e non addensate.

Il PTFE ha le seguenti caratteristiche meccaniche:

| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Densità | 2140 ÷ 2200 Kg / m ³ |
| Resistenza a trazione (23°C) | 29 ÷ 40 MPa |
| Allungamento a rottura (23°C) | > 300 % |
| Durezza con penetratore a sfera | 23 ÷ 33 MPa |

I valori della resistenza a compressione caratteristica $f_{k,c}$, validi per temperature sino a 30°C, sono i seguenti:

| materiale | posizione | azione | fk (MPa) | |
|-----------|---|-----------------------------------|----------|---|
| PTFE | per le superfici principali dell'appoggio | carichi permanenti e variabili | 90 | Il valore va ridotto del 2% per ogni grado maggiore di 30°C |
| | | carichi variabili | 90 | |
| | per le guide | temp., ritiro e deformaz. viscosa | 30 | |
| | | carichi permanenti | 10 | |

Lubrificante

Nelle impronte delle superfici in PTFE trova alloggiamento il lubrificante costituito da grasso di silicone con le seguenti caratteristiche:

| | | |
|---|-------------|----------|
| Penetrazione dopo lavorazione | 26.5 ÷ 29.5 | mm |
| Punto di gocciolamento | ≥ 180 | °C |
| Separazione dell'olio dopo 24 ore a 100°C | ≤ 3 % | in massa |
| Resistenza all'ossidazione - caduta della pressione dopo 100h a 160°C | ≤ 0.1 | MPa |
| Punto di scorrimento dell'olio base | ≤ - 60 | °C |

Resina epossidica isolante

Tra il pistone e la piastra isolante si interpone una resina epossidica di sicuro potere dielettrico tipo EPOJET, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

| | | |
|--------------------------------------|----------------|-----------|
| Tipologia del prodotto | bicomponente | |
| Consistenza dell'impasto | liquido fluido | |
| Tempo di lavorabilità a + 23°C | max | 40 minuti |
| Caricabilità alla massima resistenza | dopo | 7 giorni |
| Resistenza a compressione | 95 | Mpa |

Malta reoplastica

Per l'inghisaggio dei tirafondi si utilizza malta reoplastica premicelata a ritiro compensato tipo MASTERFLOW O SIMILARE con le seguenti caratteristiche:

| | | |
|--------------------------------------|---------|-----|
| Resistenza a compressione dopo 28 gg | 75 | MPa |
| Resistenza a compressione dopo 90 gg | 85 | MPa |
| Modulo elastico dopo 28 gg | 30000 | MPa |
| Aderenza al cls | elevata | |
| Aderenza all'acciaio | elevata | |

VERIFICHE DI PROGETTO

1. SUPPORTI IN CLS

1.1 Cls Superiore

1.1.1 Verifica sovrastruttura condizione Statica (Nmax-Hmax)

La verifica verrà eseguita considerando sollecitazioni di sola compressione e quindi una pressione media calcolata su un'area ridotta del cls in funzione dell'eccentricità.

| | |
|---|------------|
| - Carico verticale massimo N_{max} | 3600 (kN) |
| - Carico longitudinale concomitante V_x | 1526 (kN) |
| - Carico trasversale concomitante V_y | 520 (kN) |
| - Diam. area proiettata calotta PTFE $L_{PTFE,c}$ | 418 (mm) |
| - Altezza piastra di supporto superiore h | 115,5 (mm) |
| - Diametro piastra di supporto superiore d_b | 550 (mm) |
| - Spessore contropiastra superiore S_{cs} | 40 (mm) |
| - Lato contropiastra superiore L_{cs} | 950 (mm) |
| - Raggio di curvatura superficie sferica r | 589 (mm) |
| - Coeff. attrito mmax sul PTFE $26,2$ (MPa) | 0,022 |
| - Coeff. di attrito acciaio / acciaio μ_a | 0,20 |
| - Angolo di rotazione α | 0,052 rad |
| - Distanza PTFE / supporto superiore b_1 | 88,8 (mm) |
| - Distanza contatto anello / perno b_4 | 84,0 (mm) |

Calcolo domanda V_{ud}

$$V_{ud} = \text{MAX}(V_x, V_y) = \mathbf{1,53E+06 \text{ (N)}}$$

Incremento del carico verticale per attrito basculante - fondello

$$N_{TL} = \mu_a \cdot V_{ud} = 0,00E+00 \text{ (N)}$$

$$N_{TOT} = N_{max} \cdot 10^3 + N_{TL} = \mathbf{3,60E+06 \text{ (N)}}$$

Calcolo eccentricità totale

MdP 2.8.1.3.2.1 Per ciò che concerne i momenti agenti si potrà ipotizzare che i momenti dovuti alle rotazioni potranno essere considerati solo quelli in senso long., mentre i momenti dovuti alle forze orizzontali dovrà assumersi il maggiore tra long e trasv. Tuttavia i momenti dovuti a forze orizzontali e rotazioni non si sommano.

| | | |
|----------------|--|------------------|
| attrito | $e_1 = \mu_{max} \cdot r =$ | 13,0 (mm) |
| | $e_2 = V_{ud}/N_{TOT} \cdot \mu_a \cdot D/2 =$ | 23,3 (mm) |
| rotazione | $e_3 = \alpha \cdot (r+b_1)$ | 35,5 (mm) |
| forze laterali | $e_4 = V_{ud}/N_{TOT} \cdot b_4 =$ | 35,6 (mm) |
| totale | $e_{TOT} = e_1 + e_2 + e_4$ | 71,9 (mm) |

Impronta di carico cls con ripartizione a 60°

$$\phi_{cls} = \phi_{pn} + 2 \tan 60^\circ (S_{cs} - h_{pen}) = 612 \text{ (mm)}$$

Calcolo area di contatto circolare A

$$A_{cls} = \pi \cdot (1/2 \phi_{cls})^2 = 294506 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo coefficiente riduttivo λ

Il coefficiente riduttivo fa riferimento ad elementi con superfici piane e con aree di impronta esclusivamente circolari.

$$\text{rapporto } e_{tot}/\phi_{cls} = 0,117$$

$$\lambda = 1 - 0,75 \pi \cdot (e_{tot}/\phi_{cls}) = 0,72$$

Calcolo area ridotta

$$A_{r,cls} = A_{cls} \cdot \lambda = 213007 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo pressione media su area ridotta

$$f_c = N_{tot} / A_{r,cls} = \mathbf{16,90 \text{ (MPa)}}$$

Calcolo resistenza cilindrica a compressione cls confinato

$$R_{ck} = 55 \text{ (MPa)}$$

$$f_d = 0,85 \cdot 1,3 \cdot (0,83 \cdot R_{ck}) / 1,5 = \mathbf{33,63 \text{ (MPa)}}$$

OK VERIFICA SODDISFATTA $f_c < f_d$

1.1.2 Verifica sovrastruttura condizione Sismica (Ncon-Hmax)

La verifica verrà eseguita considerando sollecitazioni di sola compressione e quindi una pressione media calcolata su un'area ridotta del cls in funzione dell'eccentricità.

| | |
|---|------------|
| - Carico verticale concomitante N | 1723 (kN) |
| - Carico longitudinale massimo V_x | 3512 (kN) |
| - Carico trasversale concomitante V_y | 502 (kN) |
| - Diam. area proiettata calotta PTFE $L_{PTFE,c}$ | 418 (mm) |
| - Altezza piastra di supporto superiore h | 115,5 (mm) |
| - Diametro piastra di supporto superiore d_b | 550 (mm) |
| - Spessore contropiastra superiore S_{cs} | 40 (mm) |
| - Lato contropiastra superiore L_{cs} | 950 (mm) |
| - Raggio di curvatura superficie sferica r | 589 (mm) |
| - Coeff. attrito mmax (sul PTFE $12,6$ (MPa) | 0,035 |
| - Coeff. di attrito acciaio / acciaio μ_a | 0,20 |
| - Angolo di rotazione α | 0,052 rad |
| - Distanza PTFE / supporto superiore b_1 | 88,8 (mm) |
| - Distanza contatto anello / perno b_4 | 84,0 (mm) |

Calcolo domanda V_{ud}

$$V_{ud} = \text{MAX}(V_x, V_y) = \mathbf{3,51E+06 \text{ (N)}}$$

Incremento del carico verticale per attrito basculante - fondello

$$N_{TL} = \mu_a \cdot V_{ud} = 0,00E+00 \text{ (N)}$$

$$N_{TOT} = N \cdot 10^3 + N_{TL} = \mathbf{1,72E+06 \text{ (N)}}$$

Calcolo eccentricità totale

MdP 2.8.1.3.2.1 Per ciò che concerne i momenti agenti si potrà ipotizzare che i momenti dovuti alle rotazioni potranno essere considerati solo quelli in senso long., mentre i momenti dovuti alle forze orizzontali dovrà assumersi il maggiore tra long e trasv. Tuttavia i momenti dovuti a forze orizzontali e rotazioni non si sommano.

| | | |
|----------------|--|-------------------|
| attrito | $e_1 = \mu_{max} \cdot r =$ | 20,9 (mm) |
| | $e_2 = V_{ud}/N_{TOT} \cdot \mu_a \cdot D/2 =$ | 112,1 (mm) |
| rotazione | $e_3 = \alpha \cdot (r+b_1)$ | 35,5 (mm) |
| forze laterali | $e_4 = V_{ud}/N_{TOT} \cdot b_4 =$ | 171,2 (mm) |
| totale | $e_{TOT} = e_1 + e_2 + e_4$ | 304,2 (mm) |

Impronta di carico cls con ripartizione a 60°

$$\phi_{cls} = 0,5(db+B_0) + \tan 60^\circ (S_{cs} + S_{ci}) + \tan 60^\circ h_{all} = 790 \text{ (mm)}$$

(diametro in condiz. sismica secondo RFI DTC INC PO SP INF 005 A §1.2.4.2.1)

Calcolo area di contatto circolare A

$$A_{cls} = \pi \cdot (1/2 \phi_{cls})^2 = 490167 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo coefficiente riduttivo λ

Il coefficiente riduttivo fa riferimento ad elementi con superfici piane e con aree di impronta esclusivamente circolari.

$$\text{rapporto } e_{tot}/\phi_{cls} = 0,385$$

$$\lambda = 1 - 0,75 \pi \cdot (e_{tot}/\phi_{cls}) = 0,09$$

SI RIMANDA AD APPENDICE -MODELLAZIONE FEM

1.1.3 Verifica sovrastruttura condizione Statica (Nmin-Hmax)

La verifica verrà eseguita considerando sollecitazioni di sola compressione e quindi una pressione media calcolata su un'area ridotta del cls in funzione dell'eccentricità.

| | |
|---|------------|
| - Carico verticale N_{min} | 1570 (KN) |
| - Carico longitudinale concomitante V_x | 1526 (KN) |
| - Carico trasversale concomitante V_y | 520 (KN) |
| - Diam. area proiettata calotta PTFE $L_{PTFE,c}$ | 418 (mm) |
| - Altezza piastra di supporto superiore h | 115,5 (mm) |
| - Diametro piastra di supporto superiore d_b | 550 (mm) |
| - Spessore contropiastra superiore S_{cs} | 40 (mm) |
| - Lato contropiastra superiore L_{cs} | 950 (mm) |
| - Lato contropiastra inferiore L_{ci} | 820 (mm) |
| - Raggio di curvatura superficie sferica r | 589 (mm) |
| - Coeff. attrito mmax (sul PTFE 11,4 MPa) | 0,037 |
| - Coeff. di attrito acciaio / acciaio μ_a | 0,20 |
| - Angolo di rotazione α | 0,052 rad |
| - Distanza PTFE / supporto superiore b_1 | 88,8 (mm) |
| - Distanza contatto anello / perno b_4 | 84,0 (mm) |

Calcolo domanda V_{ud}

$$V_{ud} = \text{MAX}(V_x, V_y) = \mathbf{1,53E+06 \text{ (N)}}$$

Incremento del carico verticale per attrito basculante - fondello

$$N_{TL} = \mu_a \cdot V_{ud} = 0,00E+00 \text{ (N)}$$

$$N_{TOT} = N_{min} \cdot 10^3 + N_{TL} = \mathbf{1,57E+06 \text{ (N)}}$$

Calcolo eccentricità totale

MdP 2.8.1.3.2.1 Per ciò che concerne i momenti agenti si potrà ipotizzare che i momenti dovuti alle rotazioni potranno essere considerati solo quelli in senso long., mentre i momenti dovuti alle forze orizzontali dovrà assumersi il maggiore tra long e trasv. Tuttavia i momenti dovuti a forze orizzontali e rotazioni non si sommano.

| | | |
|----------------|--|-------------------|
| attrito | $e_1 = \mu_{max} \cdot r =$ | 22,0 (mm) |
| | $e_2 = V_{ud}/N_{TOT} \cdot \mu_a \cdot D/2 =$ | 53,5 (mm) |
| rotazione | $e_3 = \alpha \cdot (r+b_1)$ | 35,5 (mm) |
| forze laterali | $e_4 = V_{ud}/N_{TOT} \cdot b_4 =$ | 81,6 (mm) |
| totale | $e_{TOT} = e_1 + e_2 + e_4$ | 157,1 (mm) |

Impronta di carico cls con ripartizione a 60°

$$\emptyset_{cls} = L_{PTFE,CURVO} + 2 \tan 60^\circ (h+S_{cs}) \quad 612 \text{ (mm)}$$

Calcolo area di contatto circolare A

$$A_{cls} = \pi \cdot (1/2 \emptyset_{cls})^2 = 294506 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo coefficiente riduttivo λ

Il coefficiente riduttivo fa riferimento ad elementi con superfici piane e con aree di impronta esclusivamente circolari.

$$\text{rapporto } e_{tot}/\emptyset_{cls} = 0,26$$

$$\lambda = 1 - 0,75 \pi \cdot (e_{tot}/\emptyset_{cls}) = 0,40$$

Calcolo area ridotta

$$A_{r,cls} = A_{cls} \cdot \lambda = 116510 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo pressione media su area ridotta

$$f_c = N_{tot} / A_{r,cls} = \mathbf{13,48 \text{ (MPa)}}$$

Calcolo resistenza cilindrica a compressione cls confinato

$$R_{ck} = 55 \text{ (MPa)}$$

$$f_d = 0,85 \cdot 1,3 \cdot (0,83 \cdot R_{ck}) / 1,5 = \mathbf{33,63 \text{ (MPa)}}$$

1.2 CIs Inferiore

1.2.1 Verifica sottostruttura condizione Statica (Nmax-Hmax)

La verifica verrà eseguita considerando sollecitazioni di sola compressione e quindi una pressione media calcolata su un'area ridotta del cls in funzione dell'eccentricità.

| | |
|---|------------|
| - Carico verticale massimo N_{max} | 3600 (KN) |
| - Carico longitudinale concomitante V_x | 1526 (KN) |
| - Carico trasversale concomitante V_y | 520 (KN) |
| - Diametro area PTFE piano $L_{PTFE,l}$ | 460 (mm) |
| - Spessore base fondello t_a | 27 (mm) |
| - Dimensione interna fondello B_2 | 550 (mm) |
| - Spessore contropiastra inferiore S_{ci} | 20 (mm) |
| - Lato contropiastra superiore L_{cs} | 950 (mm) |
| - Lato contropiastra inferiore L_{ci} | 820 (mm) |
| - Raggio di curvatura superficie sferica r | 589 (mm) |
| - Coeff. attrito mmax (sul PTFE 21,7 MPa) | 0,025 |
| - Coeff. di attrito acciaio / acciaio μ_a | 0,20 |
| - Angolo di rotazione α | 0,052 rad |
| - Distanza PTFE supporto inferiore b_2 | 113,7 (mm) |
| - Distanza contatto anello / zanca b_5 | 56,0 (mm) |

Calcolo domanda V_{ud}

$$V_{ud} = \text{MAX}(V_x, V_y) = \mathbf{1,53E+06 \text{ (N)}}$$

Incremento del carico verticale per attrito basculante - fondello

$$N_{TL} = \mu_a \cdot V_{ud} = 0,00E+00 \text{ (N)}$$

$$N_{TOT} = N_{max} \cdot 10^3 + N_{TL} = \mathbf{3,60E+06 \text{ (N)}}$$

Calcolo eccentricità totale

MdP 2.8.1.3.2.1 Per ciò che concerne i momenti agenti si potrà ipotizzare che i momenti dovuti alle rotazioni potranno essere considerati solo quelli in senso long., mentre i momenti dovuti alle forze orizzontali dovrà assumersi il maggiore tra long e trasv. Tuttavia i momenti dovuti a forze orizzontali e rotazioni non si sommano.

| | | |
|----------------|--|------------------|
| attrito | $e_1 = \mu_{max} \cdot r =$ | 14,9 (mm) |
| | $e_2 = V_{ud}/N_{TOT} \cdot \mu_a \cdot D/2 =$ | 23,3 (mm) |
| rotazione | $e_3 = \alpha \cdot (r - b_2)$ | 24,9 (mm) |
| forze laterali | $e_4 = V_{ud}/N_{TOT} \cdot b_5 =$ | 23,7 (mm) |
| totale | $e_{TOT} = e_1 + e_2 + e_4$ | 61,9 (mm) |

Impronta di carico cls con ripartizione a 60°

$$\emptyset_{cls} = L_{PTFE,PIANO} + 2 \tan 60^\circ (t_p+S_{ci}+h_{all}) \quad 734 \text{ (mm)}$$

Calcolo area di contatto circolare A

$$A_{cls} = \pi \cdot (1/2 \emptyset_{cls})^2 = 422750 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo coefficiente riduttivo λ

Il coefficiente riduttivo fa riferimento ad elementi con superfici piane e con aree di impronta esclusivamente circolari.

$$\text{rapporto } e_{tot}/\emptyset_{cls} = 0,084$$

$$\lambda = 1 - 0,75 \pi \cdot (e_{tot}/\emptyset_{cls}) = 0,80$$

Calcolo area ridotta

$$A_{r,cls} = A_{cls} \cdot \lambda = 338671 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo pressione media su area ridotta

$$f_c = N_{tot} / A_{r,cls} = \mathbf{10,6 \text{ (MPa)}}$$

Calcolo resistenza cilindrica a compressione cls confinato

$$R_{ck} = 40 \text{ (MPa)}$$

$$f_d = 0,85 \cdot 1,3 \cdot (0,83 \cdot R_{ck}) / 1,5 = \mathbf{24,5 \text{ (MPa)}}$$

OK VERIFICA SODDISFATTA $f_c < f_d$

OK VERIFICA SODDISFATTA $f_c < f_d$

1.2.2 Verifica sottostruttura condizione Sismica (Nconc-Hmax)

La verifica verrà eseguita considerando sollecitazioni di sola compressione e quindi una pressione media calcolata su un'area ridotta del cls in funzione dell'eccentricità.

| | |
|---|------------|
| - Carico verticale concomitante N | 1723 (KN) |
| - Carico longitudinale V_x | 3512 (KN) |
| - Carico trasversale V_y | 502 (KN) |
| - Diametro area PTFE piano $L_{PTFE,I}$ | 460 (mm) |
| - Spessore base fondello t_b | 27 (mm) |
| - Dimensione interna fondello B_2 | 550 (mm) |
| - Spessore contropiastra inferiore S_{ci} | 20 (mm) |
| - Lato contropiastra superiore L_{cs} | 950 (mm) |
| - Lato contropiastra inferiore L_{ci} | 820 (mm) |
| - Raggio di curvatura superficie sferica r | 589 (mm) |
| - Coeff. attrito mmax (sul PTFE 10,4 MPa) | 0,039 |
| - Coeff. di attrito acciaio / acciaio μ_a | 0,20 |
| - Angolo di rotazione α | 0,052 rad |
| - Distanza PTFE supporto inferiore b_2 | 113,7 (mm) |
| - Distanza contatto anello / zanca b_5 | 56,0 (mm) |

Calcolo domanda V_{ud}

$$V_{ud} = \text{MAX}(V_x; V_y) = \mathbf{3,51E+06 \text{ (N)}}$$

Incremento del carico verticale per attrito basculante - fondello

$$N_{TL} = \mu_a \cdot V_{ud} = 0,00E+00 \text{ (N)}$$

$$N_{TOT} = N \cdot 10^3 + N_{TL} = \mathbf{1,72E+06 \text{ (N)}}$$

Calcolo eccentricità totale

MdP 2.8.1.3.2.1 Per ciò che concerne i momenti agenti si potrà ipotizzare che i momenti dovuti alle rotazioni potranno essere considerati solo quelli in senso long., mentre i momenti dovuti alle forze orizzontali dovrà assumersi il maggiore tra long e trasv. Tuttavia i momenti dovuti a forze orizzontali e rotazioni non si sommano.

| | |
|--|-------------------|
| attrito $e_1 = \mu_{max} \cdot r =$ | 23,1 (mm) |
| $e_2 = V_s/N_s \cdot \mu_a \cdot D/2 =$ | 112,1 (mm) |
| rotazione $e_3 = \alpha \cdot (r - b_2)$ | 24,9 (mm) |
| forze laterali $e_4 = V_s/N_s \cdot b_5 =$ | 114,1 (mm) |
| totale $e_{TOT} = e_1 + e_2 + e_4$ | 249,4 (mm) |

Impronta di carico cls con ripartizione a 60°

$$\phi_{cls} = 0.5(db+B_0) + \tan 60^\circ (S_{cs} + S_{ci} + h_{all}) = 790 \text{ (mm)}$$

(diametro in condizione sismica secondo RFI DTC INC PO SP INF 005 A §1.2.4.2.1)

Calcolo area di contatto circolare A

$$A_{cls} = \pi \cdot (1/2 \phi_{cls})^2 = 490167 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo coefficiente riduttivo λ

Il coefficiente riduttivo fa riferimento ad elementi con superfici piane e con aree di impronta esclusivamente circolari.

$$\text{rapporto } e_{tot}/\phi_{cls} = 0,316$$

$$\lambda = 1 - 0,75 \pi \cdot (e_{tot}/\phi_{cls}) = 0,26$$

Calcolo area ridotta

$$A_{r,cls} = A_{cls} \cdot \lambda = 125589 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo pressione media su area ridotta

$$f_c = N_{tot} / A_{r,cls} = \mathbf{13,72 \text{ (MPa)}}$$

Calcolo resistenza cilindrica a compressione cls confinato

$$R_{ck} = 40 \text{ (MPa)}$$

$$f_d = 0,85 \cdot 1,3 \cdot (0,83 \cdot R_{ck}) / 1,5 = \mathbf{24,46 \text{ (MPa)}}$$

1.2.3 Verifica sottostruttura condizione Statica (Nmin-Hmax)

La verifica verrà eseguita considerando sollecitazioni di sola compressione e quindi una pressione media calcolata su un'area ridotta del cls in funzione dell'eccentricità

| | |
|---|------------|
| - Carico verticale N_{min} | 1570 (KN) |
| - Carico longitudinale concomitante V_x | 1526 (KN) |
| - Carico trasversale concomitante V_y | 520 (KN) |
| - Diametro area PTFE piano $L_{PTFE,I}$ | 460 (mm) |
| - Spessore base fondello t_b | 27 (mm) |
| - Dimensione interna fondello B_2 | 550 (mm) |
| - Spessore contropiastra inferiore S_{ci} | 20 (mm) |
| - Lato contropiastra superiore L_{cs} | 950 (mm) |
| - Lato contropiastra inferiore L_{ci} | 820 (mm) |
| - Raggio di curvatura superficie sferica r | 589 (mm) |
| - Coeff. attrito mmax (sul PTFE 9,5 MPa) | 0,041 |
| - Coeff. di attrito acciaio / acciaio μ_a | 0,20 |
| - Angolo di rotazione α | 0,052 rad |
| - Distanza PTFE supporto inferiore b_2 | 113,7 (mm) |
| - Distanza contatto anello / zanca b_5 | 56,0 (mm) |

Calcolo domanda V_{ud}

$$V_{ud} = \text{MAX}(V_x; V_y) = \mathbf{1,53E+06 \text{ (N)}}$$

Incremento del carico verticale per attrito basculante - fondello

$$N_{TL} = \mu_a \cdot V_{ud} = 0,00E+00 \text{ (N)}$$

$$N_{TOT} = N_{min} \cdot 10^3 + N_{TL} = \mathbf{1,57E+06 \text{ (N)}}$$

Calcolo eccentricità totale

MdP 2.8.1.3.2.1 Per ciò che concerne i momenti agenti si potrà ipotizzare che i momenti dovuti alle rotazioni potranno essere considerati solo quelli in senso long., mentre i momenti dovuti alle forze orizzontali dovrà assumersi il maggiore tra long e trasv. Tuttavia i momenti dovuti a forze orizzontali e rotazioni non si sommano.

| | |
|--|-------------------|
| attrito $e_1 = \mu_{max} \cdot r =$ | 24,2 (mm) |
| $e_2 = V_s/N_s \cdot \mu_a \cdot D/2 =$ | 53,5 (mm) |
| rotazione $e_3 = \alpha \cdot (r - b_2)$ | 24,9 (mm) |
| forze laterali $e_4 = V_s/N_s \cdot b_5 =$ | 54,4 (mm) |
| totale $e_{TOT} = e_1 + e_2 + e_4$ | 132,1 (mm) |

Impronta di carico cls con ripartizione a 60°

$$\phi_{cls} = L_{PTFE,PIANO} + 2 \tan 60^\circ (t_p + S_{ci} + h_{all}) = 734 \text{ (mm)}$$

Calcolo area di contatto circolare A

$$A_{cls} = \pi \cdot (1/2 \phi_{cls})^2 = 422750 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo coefficiente riduttivo λ

Il coefficiente riduttivo fa riferimento ad elementi con superfici piane e con aree di impronta esclusivamente circolari.

$$\text{rapporto } e_{tot}/\phi_{cls} = 0,180$$

$$\lambda = 1 - 0,75 \pi \cdot (e_{tot}/\phi_{cls}) = 0,58$$

Calcolo area ridotta

$$A_{r,cls} = A_{cls} \cdot \lambda = 243383 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Calcolo pressione media su area ridotta

$$f_c = N_{tot} / A_{r,cls} = \mathbf{6,45 \text{ (MPa)}}$$

Calcolo resistenza cilindrica a compressione cls confinato

$$R_{ck} = 40 \text{ (MPa)}$$

$$f_d = 0,85 \cdot 1,3 \cdot (0,83 \cdot R_{ck}) / 1,5 = \mathbf{24,46 \text{ (MPa)}}$$

OK VERIFICA SODDISFATTA $f_c < f_d$

OK VERIFICA SODDISFATTA $f_c < f_d$

2. VERIFICA SUPERFICI DI SCORRIMENTO

2.1 PTFE CALOTTA CURVA

2.1.1 Determinazione della pressione con Nmax

La verifica verrà eseguita considerando sollecitazioni di sola compressione e quindi una pressione media calcolata su un'area ridotta del PTFE in funzione dell'eccentricità. Per la verifica del PTFE della calotta, l'area delle superfici curve di scorrimento è sostituita dall'area della sua proiezione su una superficie piana. La verifica dimensionante viene eseguita con la combinazione con N_{max} in quanto le eccentricità dipendenti dalle forze orizzontali e2 ed e4 non sono presenti nel PTFE della calotta sferica. Poiché la superficie curva è posizionata sul pistone il carico verticale sarà sempre centrato anche in condizioni ruotate pertanto e3=0

| | | |
|--|---------------------|-----------|
| - Carico verticale massimo | N _{max} | 3600 (KN) |
| - Carico longitudinale concomitante | V _x | 1526 (KN) |
| - Carico trasversale concomitante | V _y | 520 (KN) |
| - Diam. area proiettata lente PTFE | L _{PTFE,C} | 418 (mm) |
| - Raggio di curvatura superficie sferica | r | 589 (mm) |
| - Coeff. attrito mmax (sul PTFE) | 26,2 MPa) | 0,022 |
| - Coeff. di attrito acciaio / acciaio | μ _a | 0,2 |
| - Angolo di rotazione | α | 0,052 rad |

Calcolo domanda V_{ud}
 $V_{ud} = (V_x^2 + V_y^2)^{1/2} * 10^3 =$ **1,61E+06 (N)**

Incremento del carico verticale per attrito basculante - fondello
 $N_{TL} = \mu_a * V_{ud} =$ (non agente) **0,00E+00 (N)**
 $N_{TOT} = N_{max} * 10^3 + N_{TL} =$ **3,60E+06 (N)**

Calcolo eccentricità totale

| | | |
|----------------|--|------------------|
| attrito | e ₁ = μ _{max} · r = | 13,0 (mm) |
| | e ₂ = nullo PTFE sup. concava | 0,0 (mm) |
| rotazione | e ₃ = nullo PTFE sup. concava | 0,0 (mm) |
| forze laterali | e ₄ = nullo PTFE sup. concava | 0,0 (mm) |
| totale | e _{TOT} = \|e ₁\| | 13,0 (mm) |

Calcolo area di contatto circolare APTFE
 $APTFE = \pi \cdot (1/2 L_{PTFE,C})^2 =$ **137228 (mm)**

Calcolo coefficiente riduttivo λ
 Il coefficiente riduttivo fa riferimento ad elementi con superfici di scorrimento curve e con aree di impronta circolari ed è funzione del rapporto e_{TOT}/L e θ.

| | | |
|---|-------|------------------|
| Semiangolo incluso dalle superfici PTFE | qPTFE | 20,78 (°) |
| rapporto etot / LPTFE = | | 0,031 |
| λ (da prospetto B.1. EN 1337/7) | | 0,938 |

Calcolo area ridotta
 $Ar = APTFE \cdot \lambda$ **128720 (mm²)**

Calcolo pressione media su area ridotta
 $fc = N_{tot} / Ar =$ **27,97 (MPa)**

Calcolo valore di progetto fd del PTFE
 $fd = f_k / \gamma_m$ (carichi permanenti e variabili) **64,29 (MPa)**

2.2 PTFE PIANO

2.1.2 Determinazione della pressione con Nmax

La verifica verrà eseguita considerando sollecitazioni di sola compressione e quindi una pressione media calcolata su un'area ridotta del PTFE in funzione dell'eccentricità. La verifica dimensionante viene eseguita con la combinazione con N_{max} in quanto le eccentricità dipendenti dalle forze orizzontali e2 ed e4 non sono presenti nel PTFE della calotta sferica.

| | | |
|--|---------------------|-----------|
| - Carico verticale massimo | N _{max} | 3600 (KN) |
| - Carico longitudinale concomitante | V _x | 1526 (KN) |
| - Carico trasversale concomitante | V _y | 520 (KN) |
| - Diametro area PTFE piano | L _{PTFE,L} | 460 (mm) |
| - Raggio di curvatura superficie sferica | r | 589 (mm) |
| - Coeff. attrito mmax (sul PTFE) | 21,7 MPa) | 0,025 |
| - Coeff. di attrito acciaio / acciaio | μ _a | 0,2 |
| - Angolo di rotazione | α | 0,052 rad |

Calcolo domanda V_{ud}
 $V_{ud} = (V_x^2 + V_y^2)^{1/2} * 10^3 =$ **1,61E+06 (N)**

Incremento del carico verticale per attrito basculante - fondello
 $N_{TL} = \mu_a * V_{ud} =$ (non agente) **0,00E+00 (N)**
 $N_{TOT} = N_{max} * 10^3 + N_{TL} =$ **3,60E+06 (N)**

Calcolo eccentricità totale

| | | |
|----------------|--|------------------|
| attrito | e ₁ = μ _{max} · r = | 14,9 (mm) |
| | e ₂ = nullo PTFE sup piana | 0,0 (mm) |
| rotazione | e ₃ = α · r | 30,8 (mm) |
| forze laterali | e ₄ = nullo PTFE sup piana | 0,0 (mm) |
| totale | e _{TOT} = max(\|e ₁\|; \|e ₃\|) = | 30,8 (mm) |

Calcolo area di contatto circolare APTFE
 $APTFE = \pi \cdot (1/2 L_{PTFE,L})^2 =$ **166190 (mm)**

Calcolo coefficiente riduttivo λ
 Il coefficiente riduttivo fa riferimento ad elementi con superfici di scorrimento curve e con aree di impronta circolari ed è funzione del rapporto e_{TOT}/L e θ.

| | | |
|---|--|-------|
| rapporto etot / LPTFE = | | 0,067 |
| λ = 1 - 0,75 π · (e _{tot} / φ _{cls}) | | 0,84 |

Calcolo area ridotta
 $Ar = APTFE \cdot \lambda$ **139938 (mm²)**

Calcolo pressione media su area ridotta
 $fc = N_{tot} / Ar =$ **25,73 (MPa)**

Calcolo valore di progetto fd del PTFE
 $fd = f_k / \gamma_m$ (carichi permanenti e variabili) **64,29 (MPa)**

OK VERIFICA SODDISFATTA fc < fd

OK VERIFICA SODDISFATTA fc < fd

2.3 SEPARAZIONE SUPERFICI DI SCORRIMENTO (SLE)

2.3.1 Superficie curva

La separazione delle superfici di scorrimento può condurre alla perdita di lubrificante, all'usura dovuta alla contaminazione e all'aumento della deformazione dovuto alla mancanza di confinamento del PTFE. Deve pertanto risultare $sp > 0$ condizione soddisfatta quando l'eccentricità totale ricade all'interno del nocciolo d'inerzia dell'area proiettata ($e < L/8$).

| | | |
|--|----------------------------------|-------------|
| - Diam area proiettata lente PTFE | $L_{PTFE,c}$ | 418 (mm) |
| - Carico verticale massimo | Nse | 2400 (KN) |
| - Carico orizzontale max | $V_{ue} = (V_x^2 + V_y^2)^{1/2}$ | 1075 (KN) |
| - Coeff. attrito μ_{max} sul PTFE | 17,5 MPa) | 0,029 |
| - Raggio di curvatura superficie sferica | r | 589 (mm) |
| - Angolo di rotazione | α | 0,052 (rad) |

Calcolo eccentricità totale

| | | |
|----------------|----------------------------------|------------------|
| attrito | $e_1 = \mu_{max} \cdot r =$ | 17,1 (mm) |
| | $e_2 =$ nullo PTFE sup. concava | 0,0 (mm) |
| rotazione | $e_3 =$ nullo PTFE sup. concava | 0,0 (mm) |
| forze laterali | $e_4 =$ nullo PTFE sup. concava | 0,0 (mm) |
| totale | $e_{TOT} = \max(e_1 ; e_3) =$ | 17,1 (mm) |
| | $L_{PTFE} / 8 =$ | 52,3 (mm) |

OK VERIFICA SODDISFATTA $e < L/8$

2.3.2 Superficie piana

La separazione delle superfici di scorrimento può condurre alla perdita di lubrificante, all'usura dovuta alla contaminazione e all'aumento della deformazione dovuto alla mancanza di confinamento del PTFE. Deve pertanto risultare $sp > 0$ condizione soddisfatta quando l'eccentricità totale ricade all'interno del nocciolo d'inerzia dell'area proiettata ($e < L/8$).

| | | |
|--|----------------------------------|-------------|
| - Diam area sup PTFE piana | $L_{PTFE,l}$ | 460 (mm) |
| - Carico verticale massimo | Nse | 2400 (KN) |
| - Carico orizzontale max | $V_{ue} = (V_x^2 + V_y^2)^{1/2}$ | 1075 (KN) |
| - Coeff. attrito μ_{max} sul PTFE | 14,4 MPa) | 0,033 |
| - Raggio di curvatura superficie sferica | r | 589 (mm) |
| - Angolo di rotazione | α | 0,052 (rad) |

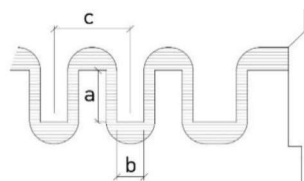
Calcolo eccentricità totale

| | | |
|----------------|----------------------------------|------------------|
| attrito | $e_1 = \mu_{max} \cdot r =$ | 19,3 (mm) |
| | $e_2 =$ nullo PTFE sup. concava | 0,0 (mm) |
| rotazione | $e_3 = \alpha r$ | 30,8 (mm) |
| forze laterali | $e_4 =$ nullo PTFE sup. concava | 0,0 (mm) |
| totale | $e_{TOT} = \max(e_1 ; e_3) =$ | 30,8 (mm) |
| | $L_{PTFE} / 8 =$ | 52,3 (mm) |

OK VERIFICA SODDISFATTA $e < L/8$

3. VERIFICA RESINA DIELETRICA

Verificata delle tensioni di compressione agenti sulla superficie dielettrica in resina epossidica non rinforzata, utilizzata per il riempimento degli anelli dentati di ingranamento fra calotta sferica e piastra superiore.



3.1 Verifica a compressione resina dielettrica

| | | |
|---|---------|--------------------------|
| - Carico longitudinale max V_x | Sismica | 3512 (KN) |
| - Carico trasversale conc V_y | Sismica | 502 (KN) |
| - Coefficiente parziale di sicurezza γ_{m0} | | 1,5 |
| - Resistenza carat. resina epossidica f_k | | 95 (N/mm ²) |
| - Diametro dente resina più esterno | | 516 (mm) |
| - Diametro dente resina più interno | | 58 (mm) |
| - Altezza utile denti di ritegno dei settori circolari, a | | 9,0 (mm) |
| - Spessore denti di ritegno dei settori circ. b | | 5,0 (mm) |
| - Interasse anelli, c | | 14,0 (mm) |
| - Numero di anelli previsti | | 17 (mm) |
| - Area cumulativa del fronte di battuta - Ab | | 87822 (mm ²) |

Calcolo domanda

| | |
|--|------------------------------|
| $V_{sd} = (V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2)^{1/2} =$ | 3548 (KN) |
| $f_c = 1,5 \cdot V_{sd} / Ab =$ | 61 (N/mm²) |

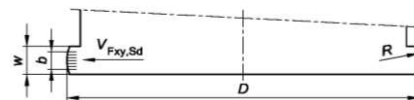
Calcolo capacità

| | |
|------------------------|------------------------------|
| $f_d = f_k / \gamma_M$ | 63 (N/mm²) |
|------------------------|------------------------------|

OK VERIFICA SODDISFATTA $f_c < f_d$

4. CONTATTO ANELLO - PIASTRA DI SUPPORTO

Verifiche eseguite in funzione delle combinazioni di carico, secondo RFI DTC SI PS MA IFS 001 E §2.8.1.3.2.6.2: SLU non sismica - faccia di contatto curva (UNI EN 1337-5 § 6.2.3.3); SLV sismica - faccia di contatto potizzata piana (UNI EN 1337-5 § 6.2.3.2).



| | | |
|---|---------|-----------------------------|
| - Carico longitudinale V_x | Sismica | 3512 (KN) |
| | Statica | 1526 (KN) |
| - Carico trasversale V_y | Sismica | 502 (KN) |
| | Statica | 520 (KN) |
| - Resistenza a trazione (SLU) f_{yk} | | 325 (N/mm ²) |
| - Resistenza ultima (SLU) f_u | | 470 (N/mm ²) |
| - Lato interno anello di ritegno B2 | | 550 (mm) |
| - Modulo di elasticità E_d | | 205000 (N/mm ²) |
| - Raggio di curvatura $R > \min(100\text{mm}; 0.5 \cdot D)$ | | 275 (mm) |
| - Massima rotazione di progetto α | | 0,052 rad |
| - Coefficiente parziale di sicurezza γ_m | | 1,1 |
| <i>Requisiti geometrici per superfici piane</i> | | |
| - Altezza del dente w | | 39,0 (mm) |
| - Altezza zona di contatto del dente b | | 7,4 (mm) |

Calcolo domanda V_{sd}

| | | |
|--|---------|------------------|
| $V_{sd} = (V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2)^{1/2} =$ | Sismica | 3548 (KN) |
| | Stat | 1612 (KN) |

Calcolo capacità V_{rd}

| | | |
|--|---------|------------------|
| $V_{rd} = (D \cdot w \cdot f_y) / (1.5 \cdot \gamma_m) =$ | Sismica | 4225 (KN) |
| $V_{rd} = 15 \cdot (D \cdot R \cdot f_u^2) / (E_d \cdot \gamma_m^2) =$ | Stat | 2020 (KN) |

OK VERIFICA SODDISFATTA $V_{rd} > V_{sd}$

5. VERIFICA FONDELLO MEDIANTE ANALISI FEM

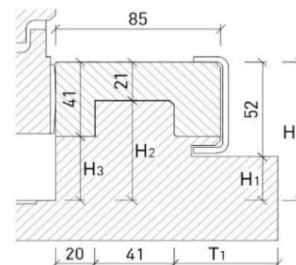
S460NL

Vista la particolare configurazione del fondello dell'appoggio con pareti piuttosto tozze ha poco senso effettuare la verifica del basamento separando le pareti dalla base. Sia le pareti che la base del basamento offrono un notevole contributo reciproco alla resistenza dell'elemento.

Per la verifica del basamento si ricorrerà pertanto ad una analisi più accurata agli elementi finiti mediante Software di analisi Nastran. La possibilità di eseguire un'analisi agli elementi finiti, in alternativa alle formule semplificate presenti in normativa, è anche riportata nella EN 1337-5 par. 6.2.2.

Geometria del fondello

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| - Lato esterno fondello D_0 | 720 (mm) |
| - Dimensione interna fondello B_2 | 591 (mm) |
| - Dimensione interna fondello B_1 | 550 (mm) |
| - Altezza parete fondello H | 60,0 (mm) |
| - Altezza H1 fondello | 19,0 (mm) |
| - Altezza H2 fondello | 38,8 (mm) |
| - Altezza H3 fondello | 19,0 (mm) |
| - Spessore T1 fondello | 24,5 (mm) |
| - Spessore base anello t_a | 27 (mm) |



Carichi applicati e materiali

Calcolo domanda V_{sd}

| | | |
|--|---------|------------------|
| - Carico longitudinale V_x | Sismica | 3512 (KN) |
| - Carico trasversale V_y | Sismica | 502 (KN) |
| $V_{sd} = [V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2]^{1/2} =$ | | 3548 (KN) |

Materiale fondello

S460

| | |
|--|--------------------------|
| - Resistenza a trazione (SLU) f_{yk} | 410 (N/mm ²) |
| - Resistenza ultima (SLU) f_u | 540 (N/mm ²) |
| - Resistenza a trazione (SLU) $f_d = f_y / \gamma_m$ | 373 (N/mm ²) |

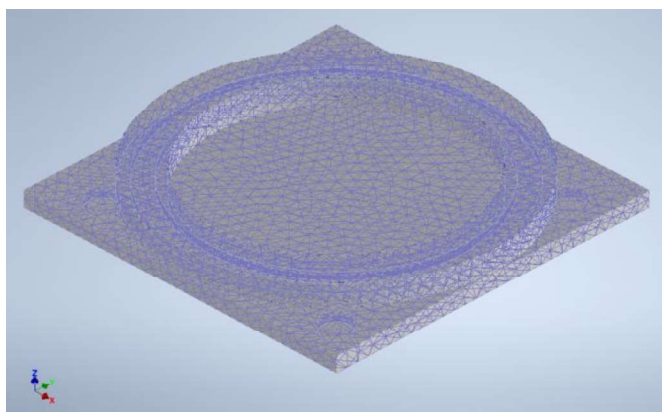
Modello - Mesh

E' stato modellato l'intero fondello in accoppiamento con l'anello elastico.

E' stata eseguita un'analisi non lineare a causa della presenza dei contatti tra anello e fondello. Tutte le interfacce tra corpi, sono infatti ricoperte da coppie di elementi di contatto Target e Contact per realizzare contatti di tipo Node to Surface.

La mesh è stata eseguita utilizzando elementi SOLIDI isoparametrici a 4 nodi (Linear Tetrahedrons).

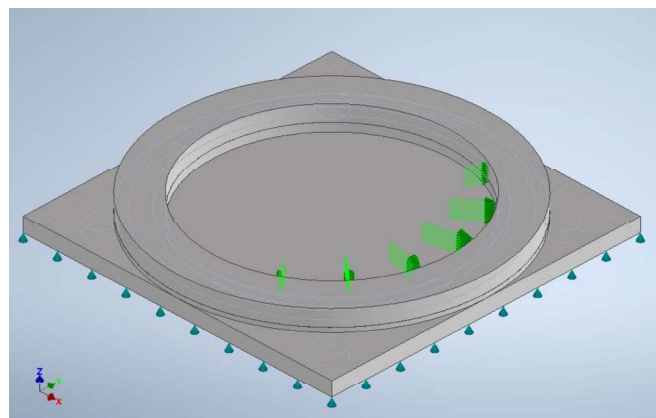
Si riporta di seguito un'immagine del modello eseguito.



Carichi - Vicoli

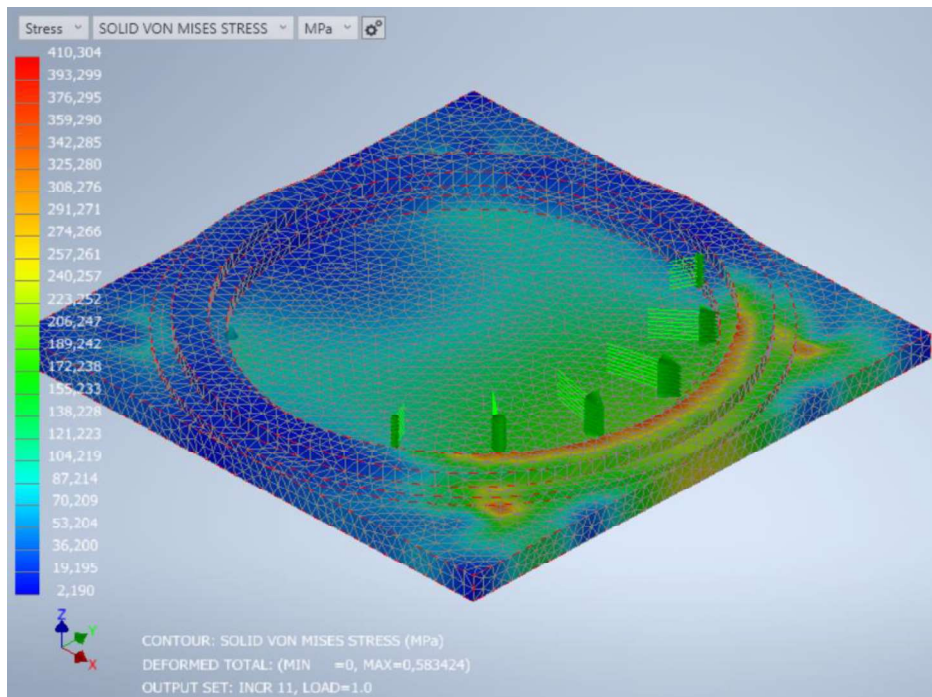
La forza è stata applicata mediante "bearing load" ovvero una configurazione di carico che rappresenta la tipica distribuzione del carico di compressione che si verifica nelle aree di contatto tra elementi cilindrici.

I vicoli alle forze orizzontali sono stati applicati all'interno dei fori per le zanche mentre sulla superficie inferiore del fondello è stato applicato un carrello per prendere la reazione verticale simulando la presenza della sottostruttura.



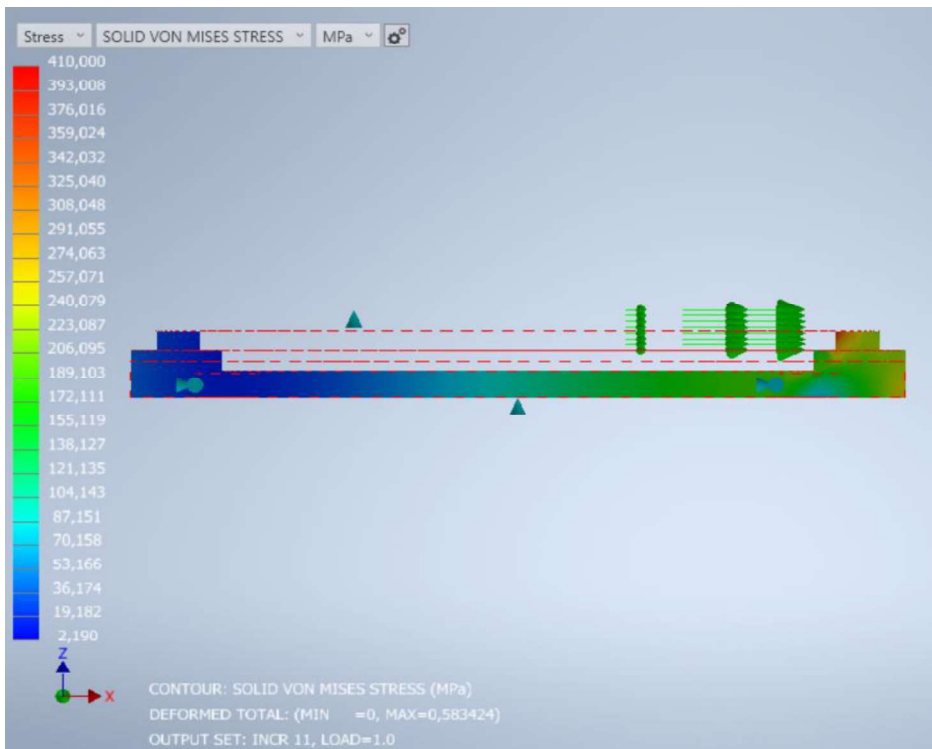
5.1 Verifica a trazione e taglio delle pareti laterali (WALL)

-Diagramma delle tensioni di Von Mises all'interno del fondello



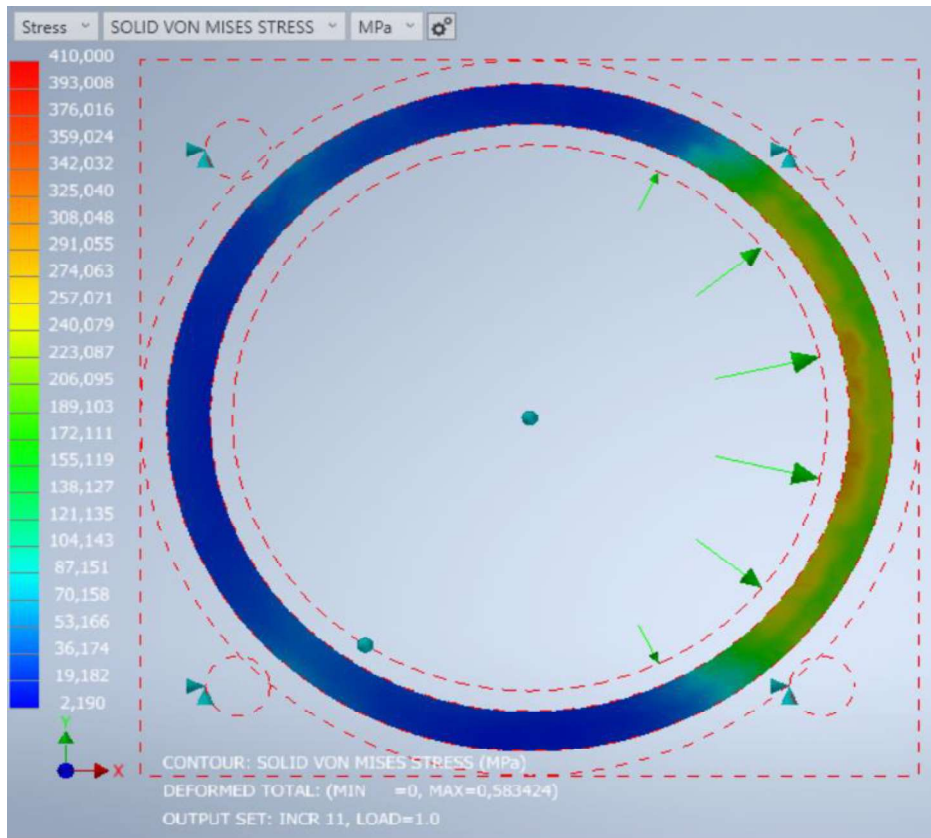
In nessun punto del fondello viene superato il valore di tensione di snervamento del materiale $f_y=410$ Mpa.
La verifica risulta SODDISFATTA

5.2 Verifica a trazione della base del fondello



Come si vede dalla sezione nella figura sopra riportata ,in nessun punto del fondello (base e pareti) viene superato il valore di tensione di snervamento del materiale $f_y=410$ Mpa.

La verifica risulta SODDISFATTA



Come si vede dalla sezione nelle figure sopra riportata ,in nessun punto della sezione del dente viene superato il valore di tensione di snervamento del materiale $f_y=410$ Mpa.

La verifica risulta SODDISFATTA

6. PERNO DI CONTRASTO S355J2

6.1 Verifica a taglio

| | | |
|---|---------|--------------------------|
| - Diametro perno ϕ_{pn} | | 550 (mm) |
| - Diametro foro per perno ϕ_{pn0} | | 551 (mm) |
| - Numero perni n_p | | 1 (mm) |
| - Penetrazione perno nella controp. h_{pn} | | 22,0 (mm) |
| - Altezza piastra concava h | | 115,5 (mm) |
| - Resistenza a taglio [SLU] $f_d = f_{tk} \cdot 0.6 / 1.25$ | | 226 (N/mm ²) |
| - Carico longitudinale V_x | Sismica | 3512 (KN) |
| - Carico trasversale V_y | Sismica | 502 (mm) |
| - Coef. per non ispezionabilità γ_m | | 1,5 |

Calcolo domanda Vsd

$V_{sd} = \gamma_m (V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2)^{1/2} =$ **5322 (KN)**

Calcolo capacità Vrd

$V_{rd} = (\phi_{pn}^2 \cdot \pi \cdot f_d) / 4 =$ **53599 (KN)**

OK VERIFICA SODDISFATTA Vrd > Vsd

6.2 Verifica a rifollamento perno - contropiastra

S355J2

| | |
|--|--------------------------|
| - Battuta del perno t | 20,0 (mm) |
| - Lato contropiastra L_{min} | 950 (mm) |
| - spessore contropiastra S_{cs} | 40,0 (mm) |
| - Resistenza a snervamento contropiastra f_y : | 345 (N/mm ²) |
| - Coefficiente parziale di sicurezza γ_{m0} | 1,1 |

Calcolo domanda Vsd

$V_{sd} = (V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2)^{1/2} =$ **3548 (KN)**

Calcolo capacità Vrd

La verifica completa della contropiastra è riportata in Appendice

$f_d = f_y / \gamma_{m0} =$ 314 (N/mm²)

$V_{rd} = 1.5 f_d \cdot t \cdot \phi_{pn} =$ **5175 (KN)**

OK VERIFICA SODDISFATTA Vrd > Vsd

7. ANCORAGGIO SUPERIORE

42CrMo4

7.1 Verifica a taglio zanche

| | | |
|--|---------|---------------------------|
| - Diametro zanca ϕ_t | | 40,0 (mm) |
| - Numero zanca n_t | | 16 |
| - Resist. a rottura ft | | 1000 (N/mm ²) |
| - Resist. a taglio zanca $fd = ft \cdot 0.6 / \gamma_{m2}$ | | 480 (N/mm ²) |
| - Carico longitudinale V_x | Sismica | 3512 (KN) |
| - Carico trasversale V_y | Sismica | 502 (KN) |
| - Coef. per non ispezionabilità γ_m | | 1,5 |

Calcolo domanda sul singolo tirafondo/zanca Vsd

$$Vsd = \gamma_m (V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2)^{1/2} / n_t = \mathbf{333 \text{ [KN]}}$$

Calcolo capacità del singolo tirafondo/zanca Vrd

$$Vrd = (\phi_t^2 \cdot \pi \cdot fd) / 4 = \mathbf{603 \text{ [KN]}}$$

OK VERIFICA SODDISFATTA Vrd > Vsd

7.2 Calcolo lunghezza zanche superiori

La lunghezza della zanca viene calcolata moltiplicando per tre volte il diametro minimo necessario dello stesso.

$$L_t = \phi_t \cdot 3 = \mathbf{250 \text{ mm}}$$

(minimo 250 mm comprensivo di contropiastra)

7.3 Verifica a rifollamento zanca - contropiastra

S355J2

| | | |
|--|---------------------------------|-----------|
| - Diametro foro ϕ_{toro} | | 40,5 (mm) |
| - Penetrazione zanca t | <input type="text" value="40"/> | (mm) |
| - spessore contropiastra S_{cs} | | 40,0 (mm) |
| - Resistenza a snervamento f_{yk} | | 345 (Mpa) |
| - Coefficiente parziale di sicurezza γ_{m0} | | 1,1 |

Calcolo domanda in corrispondenza di un tirafondo Vsd

$$Vsd = (V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2)^{1/2} / n_t = \mathbf{222 \text{ [KN]}}$$

$$fd = f_{yk} / \gamma_{m0} = \mathbf{314 \text{ [N/mm}^2\text{]}}$$

$$Vrd = 1.5 \cdot fd \cdot t \cdot \phi_{toro} = \mathbf{753 \text{ [KN]}}$$

OK VERIFICA SODDISFATTA Vrd > Vsd

7.4 Sollecitazioni di contatto

| | | |
|--|--|-----------|
| - Diametro zanca ϕ_t | | 40,0 (mm) |
| - Resistenza caratteristica cls R_{ck} | | 55 (MPa) |
| - Tens. di snerv. zanca (42CrMo4) R_s | | 750 (MPa) |

Calcolo carico limite P_u

$$P_u = 2.5 \cdot \phi_{cls}^2 \cdot (R'_{bk} \cdot R_{bk})^{1/2} = \mathbf{812404 \text{ [N]}}$$

Calcolo domanda CLS Vsd

$$Vsd = (V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2)^{1/2} / n_t = \mathbf{222 \text{ [KN]}}$$

Calcolo capacità CLS Vrd

$$P_{amm} = P_u / (3.5) = \mathbf{232 \text{ [KN]}}$$

OK VERIFICA SODDISFATTA per CLS

R1456RevA

8. ANCORAGGIO INFERIORE

42CrMo4

8.1 Verifica a taglio tirafondi

| | | |
|--|---------|--------------------------|
| - Diametro zanca ϕ_t | | 75,0 (mm) |
| - Numero zanca n_t | | 4 |
| - Resist. a rottura ft | | 900 (N/mm ²) |
| - Resist. a taglio tirafondo $fd = ft \cdot 0.6 / \gamma_{m2}$ | | 432 (N/mm ²) |
| - Carico longitudinale V_x | Sismica | 3512 (KN) |
| - Carico trasversale V_y | Sismica | 502 (KN) |
| - Coef. per non ispezionabilità γ_m | | 1,5 |

Calcolo domanda sul singolo tirafondo Vsd

$$Vsd = \gamma_m (V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2)^{1/2} / n_t = \mathbf{1330 \text{ [KN]}}$$

Calcolo capacità del singolo tirafondo Vrd

$$Vrd = (\phi_t^2 \cdot \pi \cdot fd) / 4 = \mathbf{1909 \text{ [KN]}}$$

OK VERIFICA SODDISFATTA Vrd > Vsd

8.2 Calcolo lunghezza zanche inferiori

La lunghezza del tirafondo viene calcolata moltiplicando per tre volte il diametro minimo necessario dello stesso.

$$L_t = \phi_t \cdot 3 = \mathbf{250 \text{ mm}}$$

(minimo 250 mm)

8.3 Verifica a rifollamento zanca - basamento

S460NL

| | | |
|--|--|-------------|
| - Diametro foro ϕ_{toro} | | 75,5 (mm) |
| - Battuta fondello- zanca t | | 23,0 (mm) |
| - spessore minimo basamento t_b | | 37,0 (mm) |
| - Resistenza a snervamento fondello f_{yk} | | 410,0 (Mpa) |
| - Coefficiente parziale di sicurezza γ_{m0} | | 1,1 |

Calcolo domanda in corrispondenza di un tirafondo Vsd

$$Vsd = (V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2)^{1/2} / n_t = \mathbf{887 \text{ [KN]}}$$

$$fd = f_{yk} / \gamma_{m0} = \mathbf{373 \text{ [N/mm}^2\text{]}}$$

$$Vrd = 1.5 \cdot fd \cdot t \cdot \phi_{toro} = \mathbf{964 \text{ [KN]}}$$

OK VERIFICA SODDISFATTA Vrd > Vsd

8.4 Verifica inghisaggio zanche con Masterflow o similare

| | | |
|--|--|-----------|
| - Diametro zanca ϕ_t | | 80,0 (mm) |
| - Resistenza carat. MASTERFLOW 928 R'_{bk} | | 75 (MPa) |
| - Tens. di snerv. zanca (42CrMo4) R_s | | 650 (MPa) |

Calcolo domanda MASTERFLOW 928 Vsd

$$Vsd = (V_{x,sd}^2 + V_{y,sd}^2)^{1/2} / n_t = \mathbf{887 \text{ [KN]}}$$

Calcolo capacità MASTERFLOW 928 Vrd

$$P_{amm} = 2.5 / 3.5 \cdot \phi_t^2 \cdot (R'_{bk} \cdot R_s)^{1/2} = \mathbf{1009 \text{ [KN]}}$$

OK VERIFICA SODDISFATTA Vsd < Pamm

| | | |
|---|--|----------|
| - Diametro minimo foro nel cls ϕ_{cls} | | 180 (mm) |
| - Resistenza caratteristica cls R_{bk} | | 40 (MPa) |

Calcolo capacità CLS Vrd

$$P_{CLS} = 2.5 / 3.5 \cdot \phi_{cls}^2 \cdot (R'_{bk} \cdot R_{bk})^{1/2} = \mathbf{1268 \text{ [KN]}}$$

OK VERIFICA SODDISFATTA Vsd < PCLS

10. VERIFICA DELL'ANELLO ELASTICO

Le verifiche seguenti sono quelle riportate nell'OMOLOGAZIONE TENSA 10/A

STUDIO DEL COMPONENTE A DEFORMAZIONE ORIZZONTALE ELASTICA

Il carico orizzontale H viene trasmesso dal pistone al fondello attraverso il componente a deformazione elastica rappresentato dall'anello in acciaio, realizzato in **Duplex F51** (X2CrNiMoN22-5-3 EN 10088-3).

La validazione del procedimento di calcolo che segue ha lo scopo di comprovare l'esattezza del modello matematico utilizzato per definire le seguenti grandezze in funzione dello spostamento:

- Mappa delle tensioni nella sezione critica
- Reazione di contrasto

Giochi e tolleranze di lavorazione.

Nel comportamento complessivo del dispositivo è importante, per il rispetto del fuso di risposta richiesto, controllare con precisione nell'ordine del centesimo di millimetro le lavorazioni di alcune dimensioni del fondello, anello e pistone. A tale riguardo si riportano le tolleranze di lavorazione ed il conseguenziale gioco max/min atteso:

| A C C O P P I A M E N T I | | | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|-------------------|----------|--------|----------------|--------|
| (dimensioni in mm) | | | | | | | |
| PISTONE - ANELLO | | | ANELLO - FONDELLO | | | GIOCO APPOGGIO | |
| pistone | anello | gioco | anello | fondello | gioco | MAX | MIN |
| φ 550 | φ 550 | | φ 672 | φ 672 | | | |
| - 0.00 | + 0.10 | + 0.10 | + 0.10 | - 0.00 | + 0.10 | | + 0.20 |
| - 0.05 | + 0.15 | + 0.20 | + 0.15 | - 0.05 | + 0.20 | + 0.40 | |
| | | | φ 590 | φ 591.1 | | | |
| | | | - 0.00 | + 0.10 | + 1.20 | | |
| | | | - 0.05 | + 0.15 | + 1.30 | | |

Si riporta di seguito lo spostamento totale (*gioco + deformazione anello*) consentito dal dispositivo. Per permettere l'immediato confronto con il fuso di risposta richiesto, i movimenti sono calcolati sul *raggio*:

| M O V I M E N T O | | | | |
|--------------------|----------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------------|
| (dimensioni in mm) | | | | |
| | LIBERO | | ELASTICO | TOTALE |
| | pistone-anello | anello-fondello | deformazione elastica anello | spostam. totale appoggio |
| min | + 0.05 | + 0.05 | 1.2/2-0.05 = + 0.55 | 0.05+0.05+0.55 = + 0.65 |
| max | + 0.10 | + 0.10 | 1.3/2-0.10 = + 0.55 | 0.10+0.10+0.55 = + 0.75 |

La deformabilità elastica dei contatti fa ritenere i movimenti riportati passibili di un aumento di circa 0.05 mm.

- Validazione del modello matematico

Il sistema composto da anello e fondello è stato studiato agli "elementi finiti". Allo scopo di semplificare la computazione e confrontare le risultanze ottenute, l'elaborazione è stata così scomposta:

- Studio dell'anello
- Studio del fondello

STEP 1:

E' stato studiato l'anello con gli effettivi giochi tra anello-pistone e anello-fondello realizzati mediante elementi GAP. Il fondello è ipotizzato infinitamente rigido imponendo nei punti di collegamento dei vincoli fissi.

Finalità: raccogliere le reazioni sui vincoli fissi da tradurre in azioni sul fondello nell'analisi da condurre nello step 2.

STEP 2:

Le reazioni raccolte nello step 1 sono state applicate nei corrispondenti punti del fondello.

Finalità: raccogliere gli spostamenti nei punti di applicazione delle forze, da imporre nello step 3 ai vincoli dell'anello.

STEP 3:

Analisi dell'anello nelle stesse condizioni dello step 1, a meno degli spostamenti imposti ai punti di vincolo così come ricavati dallo step 2.

Finalità: ricavare lo stato tensionale effettivo nell'anello.

In considerazione delle basse variazioni delle reazioni ricavate nello step 3 rispetto a quelle dello step 1, si è ritenuto lecito interrompere l'iterazione in questa fase.

STUDIO DELL'ANELLO

- Software utilizzato -
COSMOS/M

- Geometria -

E' stato realizzato un semi anello con diametro interno 550 mm e diametro esterno 720 mm con alleggerimento 41x20. All'interno è stato simulato il pistone ed il dente di contrasto del fondello.

- Elementi -

Sono stati utilizzati elementi SOLIDI isoparametrici a 8 nodi per simulare l'anello ed elementi TRUSS 3D per simulare il pistone. Il fondello è stato schematizzato mediante vincoli rigidi. Per simulare il gioco esistente tra anello e pistone sono stati utilizzati elementi GAP di collegamento all'estremità delle TRUSS 3D. Per simulare il gioco esistente tra anello e fondello, sono stati utilizzati elementi GAP di collegamento ai punti di vincolo.

- Materiale -

Il materiale utilizzato viene caratterizzato dai seguenti parametri:

a) Modulo di elasticità (Young) = 206840 Mpa

b) Modulo di Poisson = 0.28

- Vincoli -

Negli elementi TRUSS 3D rappresentanti il fondello:

| <i>nodì</i> | <i>spostamenti</i> | <i>rotazioni</i> |
|-------------------------|--------------------|------------------|
| centrali | X Y Z | X Y Z |
| a contatto con l'anello | X Y Z | X |

Negli elementi TRUSS 3D rappresentanti il pistone:

| <i>nodì</i> | <i>spostamenti</i> | <i>rotazioni</i> |
|-------------------------|--------------------|------------------|
| centrali | Y Z (X imposto) | X Y Z |
| a contatto con l'anello | Y | nessuno |

Gli elementi SOLIDI rappresentanti l'anello:

| <i>nodì</i> | <i>spostamenti</i> | <i>rotazioni</i> |
|--------------------------|--------------------|------------------|
| sul piano di simmetria | Z | X Y |
| su 1/2 perimetro esterno | Y | nessuno |
| su 1/2 perimetro interno | Y | nessuno |

- Azioni -

E' stato imposto uno spostamento in direzione X ai punti centrali degli elementi TRUSS 3D rappresentanti il pistone in step di 0.1 mm.

- RegISTRAZIONI -

Sono state rilevate le reazioni sui vincoli fissi.

STUDIO DEL FONDELLO

- Software utilizzato -
COSMOS/M

- Geometria -

E' stato modellato metà fondello con diametro esterno 722 mm avente il dente di contrasto all'anello di diametro esterno 672 mm e diametro interno 591 mm. Lo spessore totale è 68 mm mentre lo spessore minimo è 27.2 mm. In corrispondenza del contatto con l'anello sono state applicate le azioni orizzontali agenti.

- Elementi -

Sono stati utilizzati elementi SOLIDI isoparametrici a 8 nodi per simulare il fondello.

- Materiale -

Il materiale utilizzato viene caratterizzato dai seguenti parametri:

a) Modulo di elasticità (Young) = 206840 Mpa

b) Modulo di Poisson = 0.28

- Vincoli -

Gli elementi SOLIDI rappresentanti il fondello:

| <i>nodi</i> | <i>spostamenti</i> | <i>rotazioni</i> |
|--|--------------------|------------------|
| sul piano di simmetria | Z | X Y |
| punti giacenti sul perimetro esterno ϕ 722 mm | X Y | nessuno |
| sulla superficie di contatto con la contropiastro | Y | nessuno |

- Azioni -

Sono state imposte le azioni derivanti dallo studio dell'anello nelle direzioni X e Z.

- Registrazioni -

Sono stati rilevati gli spostamenti nei punti di applicazione della forza.

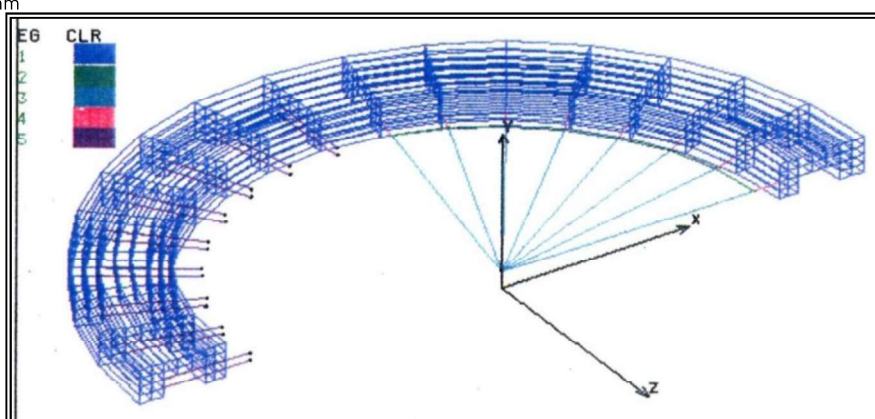
RISULTATO ANALISI STRUTTURALE

STEP 1

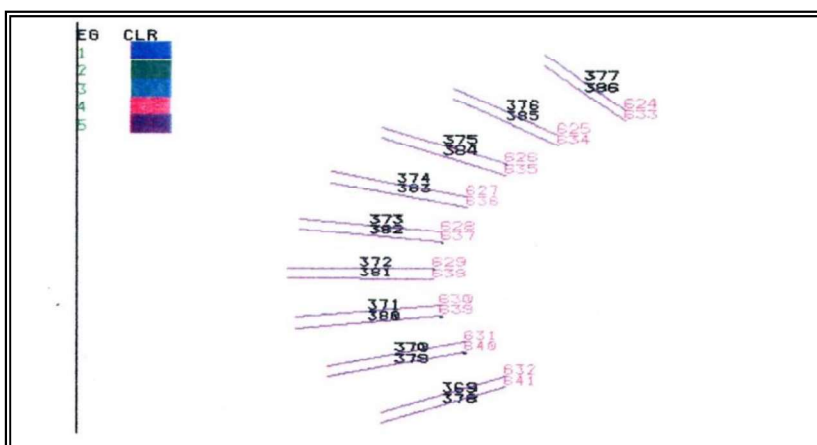
Studio ANELLO

Spostamento imposto + 0.70 mm

Allungamento anello + 0.50 mm



SCHEMA DI VINCOLO



REAZIONI

REAZIONE NEI NODI DEL FONDELLO

F7=Sblock,F8=Eblock ,F9=Search/rep,F10=Find

Windows:1 File:ANELLO.OUT Dedit Ver. 1.3 Line:95 col:4

LOAD CASE NUMBER =1

FORCED IN THE CLOSED BOUNDARY/GAP ELEMENT(S), NCE = 18

| ELEMENT | FX | FY | FZ | GAP DISTANCE |
|---------|-------------|------|--------------|--------------|
| 369 | 0.11097E+05 | 0.00 | -0.37902E-02 | 0.100 |
| 370 | 0.23197E+05 | 0.00 | 0.47720E+4 | 0.100 |
| 371 | 0.20511E+05 | 0.00 | 0.86645E+04 | 0.100 |
| 372 | 0.19066E+05 | 0.00 | 0.12856E+05 | 0.100 |
| 373 | 0.19334E+05 | 0.00 | 0.19334E+05 | 0.100 |
| 374 | 0.16041E+05 | 0.00 | 0.23790E+05 | 0.100 |
| 375 | 0.64137E+04 | 0.00 | 0.15182E+05 | 0.100 |
| 376 | 0.13790E+04 | 0.00 | 0.67034E+04 | 0.100 |
| 384 | 0.30740E+04 | 0.00 | 0.72768E+04 | 0.100 |
| 385 | 0.25392E+05 | 0.00 | 0.12343E+05 | 0.100 |

F7=Sblock,F8=Eblock ,F9=Search/rep,F10=Find

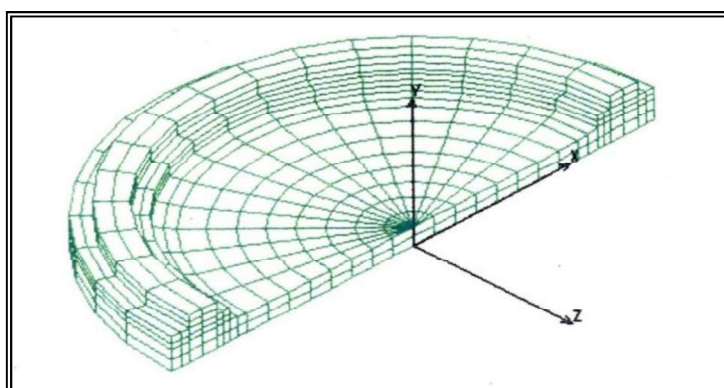
Windows:1 File:ANELLO.OUT Dedit Ver. 1.3 Line:115 col:3

REACTION FORCE

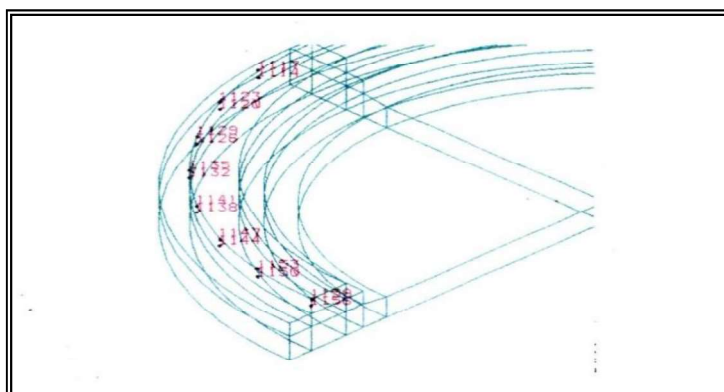
| NODE | REACTION FORCE -DIR 1 | REACTION FORCE DIR 3 |
|------|-----------------------|----------------------|
| 625 | -1379,0 | -6703,4 |
| 626 | -6413,7 | -15182 |
| 627 | -16041 | -23790 |
| 628 | -19334 | -19334 |
| 629 | -19066 | -12856 |
| 630 | -20511 | -8664,5 |
| 631 | -23197 | -4772,0 |
| 632 | -11097 | |
| 634 | -2539,2 | -12343 |

STEP 2

Studio FONDELLO



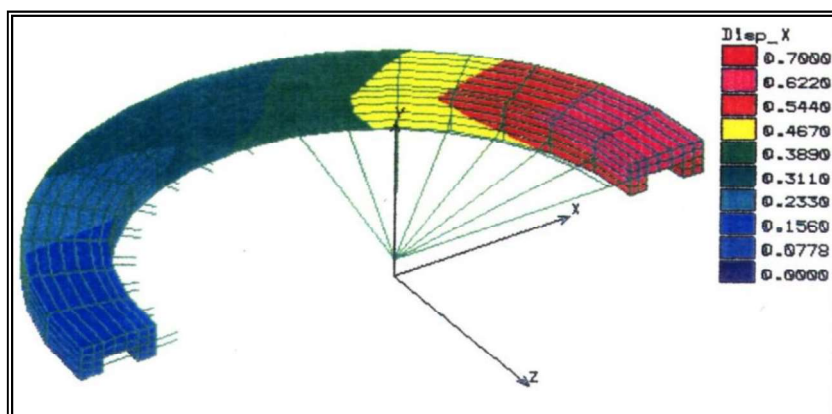
SCHEMA DI VINCOLO



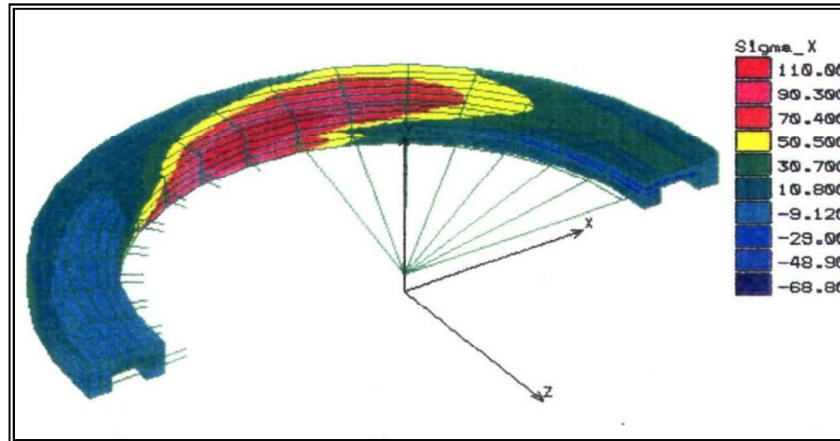
AZIONI

STEP 3

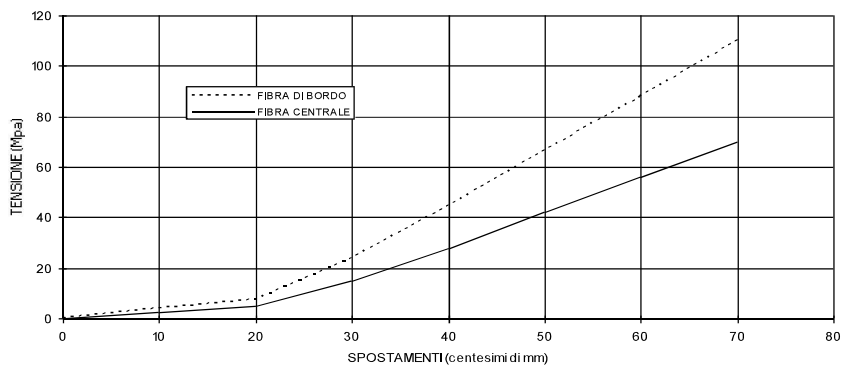
Studio ANELLO + FONDELLO



MAPPA DEGLI SPOSTAMENTI



Si riporta di seguito il diagramma della *tensione in X* registrata allo spigolo interno dell'anello e nella fibra centrale in funzione dello spostamento imposto come desunto dall'elaborazione effettuata.



CONCLUSIONI

Nel rispetto del fuso di tolleranza richiesto e sfruttando quanto più è possibile il gioco di fabbricazione consentito tra gli elementi, è sufficiente deformare l'anello di 0.5 mm registrando nella sezione critica le seguenti tensioni:

- AL BORDO = 110 Mpa
- AL CENTRO = 70 Mpa

Verifica a fatica

In conformità a quanto previsto dalla ISTRUZIONE 44 f con riferimento ai particolari strutturali riportati in fig. 2A si fa presente che la sezione di verifica [sezione diametrale ortogonale alla forza] è caratterizzata da:

- mancanza di concentrazione di carico ortogonale agli spigoli interni;
- assenza di saldature;
- assenza di intagli ortogonali alla forza esterna;
- verso di lavorazione concorde alla direzione della forza esterna.

Per quanto detto si adotta:
 $\Delta\sigma = 160$ Mpa

La verifica secondo il metodo della regola di Miner (par. 2.4.1) fornisce per il numeri di cicli N_i :

essendo:

dove:

$\Delta\sigma = 110$ Mpa = Ampiezza calcolata al bordo
 $\Delta\sigma_D =$ Ampiezza consentita per vita indefinita

risulta pertanto:

$$N_i = \frac{1}{(\gamma_s \times \gamma_m \times \Delta\sigma)^3} \times \Delta\sigma_A^3 \times 2 \times 10^6$$

$$= \frac{1}{(1 \times 1.25 \times 110)^3} \times 160^3 \times 2 \times 10^6 = 3.1E6$$

dove:

$\gamma_s = 1$ = Coefficiente d'incremento D_s
 $\gamma_m = 1.25$ = Coefficiente per probabilità di sopravvivenza > 95%

Dalla sperimentazione effettuata si è riscontrato che gli anelli, sottoposti a 4E6 di cicli (due serie da 2E6), non hanno subito alcuna alterazione nella risposta orizzontale, determinata con le prove statiche per la verifica del rispetto del fuso.

APPENDICE A. VERIFICA CLS SUPERIORE IN CONDIZIONE SISMICA CON MODELLAZIONE FEM

Visto il valore esiguo del λ ottenuto con la verifica al paragrafo 1.1.2, si è proceduto a eseguire un'analisi agli elementi finiti per valutare la pressione sul calcestruzzo in condizioni di massimo carico orizzontale.

È stato pertanto modellato il calcestruzzo superiore, la contropiastra superiore, il pistone, il PTFE e la lente sferica.

Ad eccezione del contatto tra PTFE e pistone, considerato come contatto unito, gli altri contatti sono di tipo unilaterale.

È stata valutata la condizione di carico sismica, applicando alla calotta un carico verticale pari a 1723 kN associato ad un carico orizzontale concomitante pari a 3550 kN ed alla relativa forza di attrito di 710 kN (attrito = 20%).

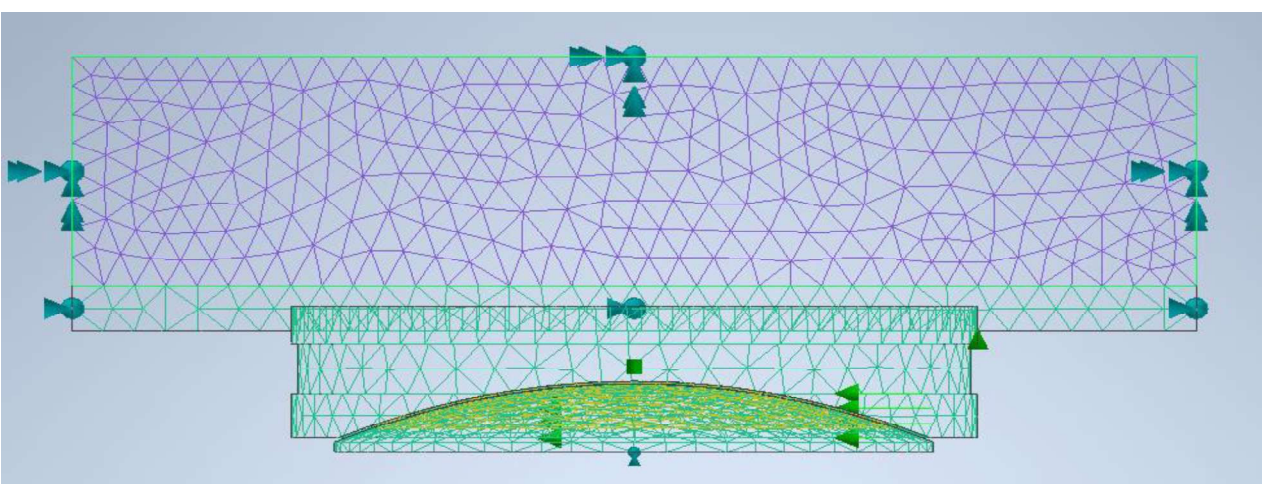
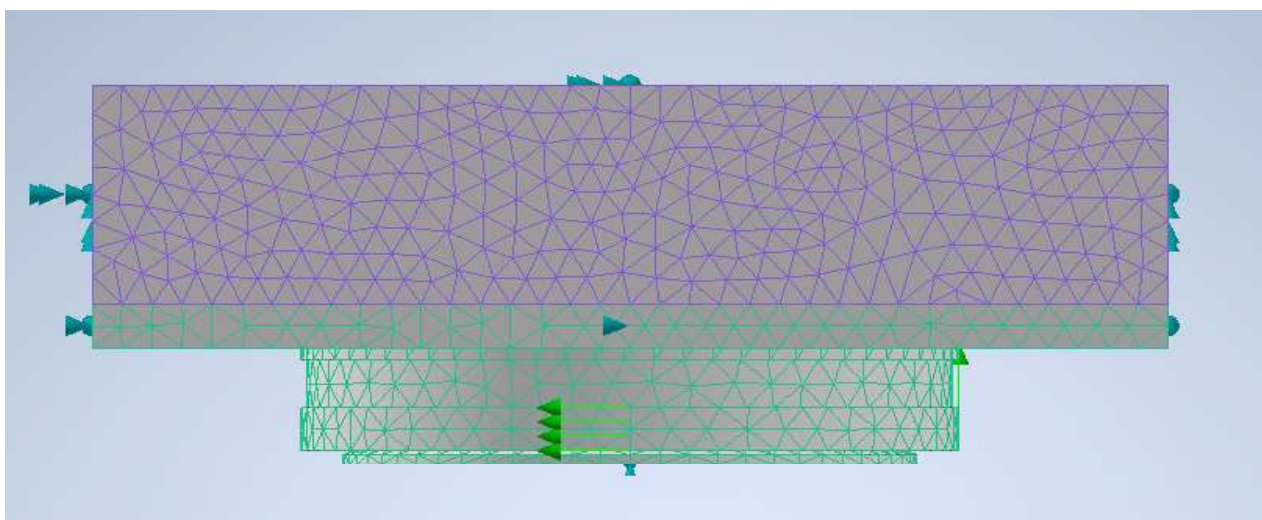
Caratteristiche modelli:

Interfaccia di contatto unilatero tra PTFE e pistone, tra pistone e contropiastra superiore e tra contropiastra superiore e calcestruzzo.

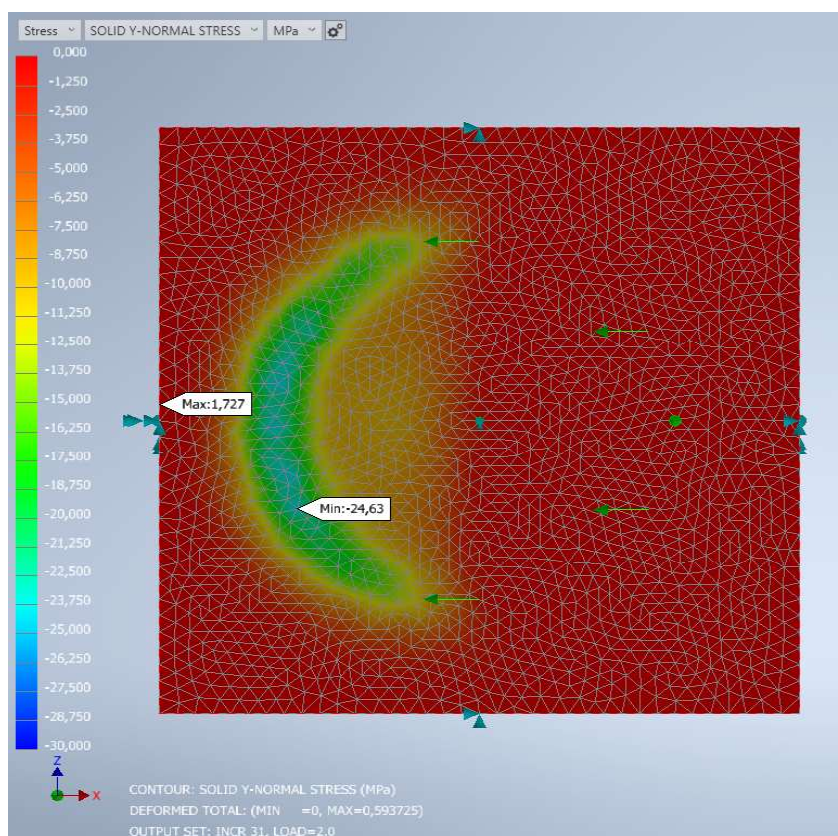
Vincoli bilateri rigidi nelle 3 direzioni all'estradosso del supporto superiore modellato, Vincoli bilateri rigidi all'intradosso della calotta in direzione e verticale (dopo applicazione carico verticale). Contropiastra superiore vincolata in direzione longitudinale e trasversale per il trasferimento dei carichi orizzontali (le forze passano per le zanche superiori ma ai fini di questa analisi non sono influenti e appesantirebbero notevolmente la modellazione)

Il supporto in calcestruzzo è modellato con materiale lineare elastico

MODELLO- VINCOLI E FORZE APPLICATE

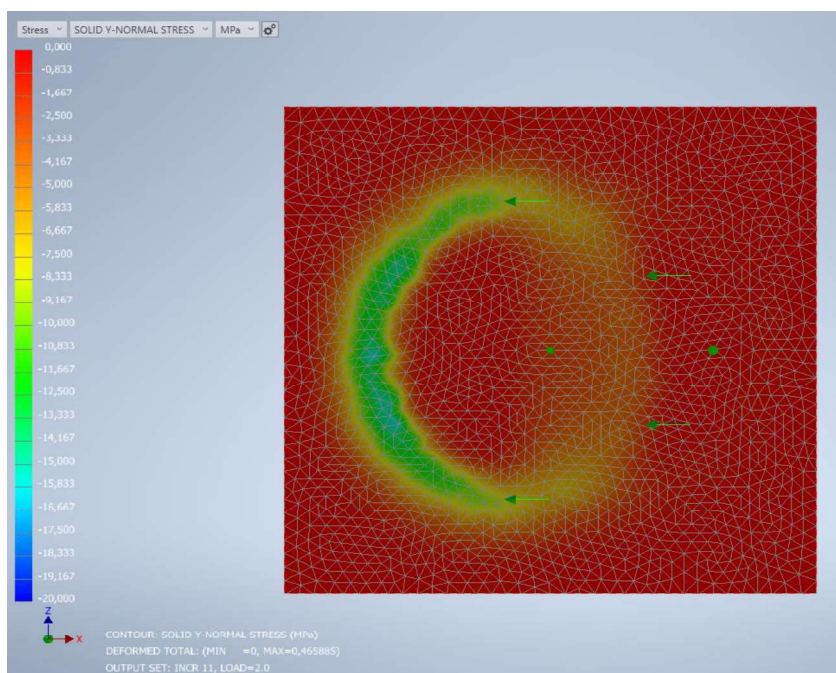


TENSIONI DI COMPRESSIONE NEL CALCESTRUZZO ALL'INTERFACCIA DI CONTATTO CON LA CONTROPIASTRA IMMAGINANDO IL VERSO DELLA FORZA DOVUTA ALL'ATTRITO VERSO L'ALTO



Il valore di tensione di compressione è pari a circa 24 Mpa., pertanto inferiore al valore limite $f_{cd} = 33,6$ Mpa
 La verifica risulta soddisfatta

TENSIONI DI COMPRESSIONE NEL CALCESTRUZZO ALL'INTERFACCIA DI CONTATTO CON LA CONTROPIASTRA IMMAGINANDO IL VERSO DELLA FORZA DOVUTA ALL'ATTRITO VERSO IL BASSO



Il valore di tensione di compressione è pari a circa 16 Mpa., pertanto inferiore al valore limite $f_{cd} = 33,6$ Mpa
 La verifica risulta soddisfatta

L'appoggio sferico fisso progettato, TRS-FS 3600/3512/1782, presenta le stesse dimensioni in pianta ed in altezza della soluzione omologata, TRS-FS 5700/2500/2500, quindi centrando in pieno la prescrizione del rispetto geometrico con quanto omologato. TENSA, per tener conto dei carichi di progetto leggermente più alti, ha provveduto alla sola sostituzione dell'acciaio del basamento con un acciaio al carbonio, sempre riconducibile alla norma EN10025, ma con caratteristiche prestazionali maggiori [S460J2 anziché S355J2].

Sottolineiamo che l'anello elastico, elemento a cui è deputata la risposta elastica dell'appoggio all'interno del fuso previsto dal Capitolato Ferroviario, è rimasto inalterato sia per dimensioni, per forma e per materiale.

Di seguito viene eseguita un'analisi agli elementi finiti del fondello (unico elemento con variazione rispetto a quanto omologato), comparando lo stato tensionale tra le due configurazioni e verificando l'assenza di plasticizzazioni:

- CONFIGURAZIONE DI PROGETTO Carico agente 3550 kN - Resistenza acciaio Fondello $f_{yk}=410$ Mpa

- CONFIGURAZIONE DI OMOLOGAZIONE Carico agente 2500 kN - Resistenza acciaio Fondello $f_{yk}=325$ Mpa

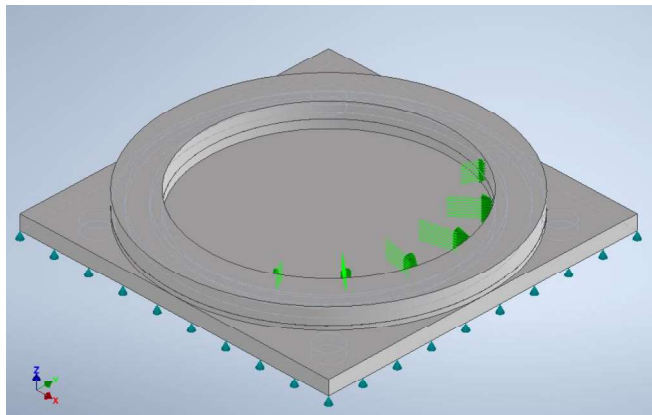
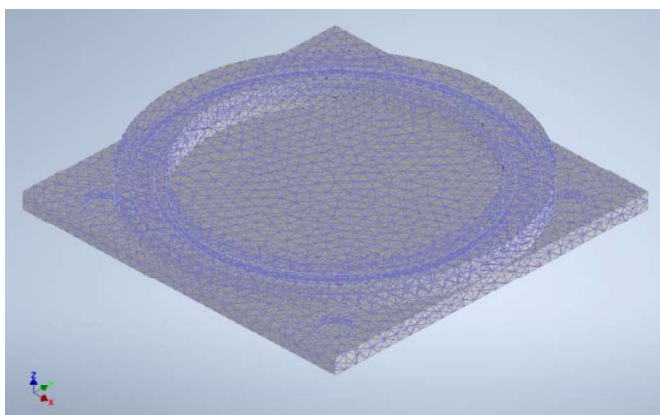
La tipologia di modello, mesh, materiali, il sistema di vincolo, l'applicazione del carico (ad eccezione del valore) sono analoghi a quanto riportato al par.5 della presente relazione.

Modello - Mesh

E' stato modellato l'intero fondello in accoppiamento con l'anello elastico. E' stata eseguita un'analisi non lineare a causa della presenza dei contatti tra anello e fondello. Tutte le interfacce tra corpi, sono infatti ricoperte da coppie di elementi di contatto Target e Contact per realizzare contatti di tipo Node to Surface. La mesh è stata eseguita utilizzando elementi SOLIDI isoparametrici a 4 nodi (Linear Tetrahedrons). Si riporta di seguito un'immagine del modello eseguito.

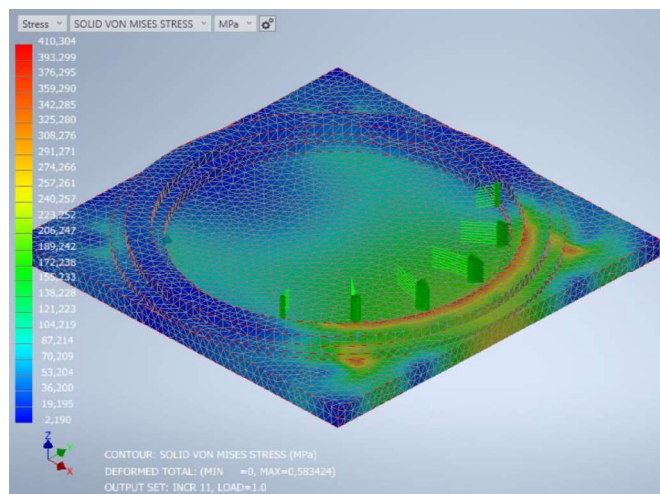
Carichi - Vicoli

La forza è stata applicata mediante "bearing load" ovvero una configurazione di carico che rappresenta la tipica distribuzione del carico di compressione che si verifica nelle aree di contatto tra elementi cilindrici. I vicoli alle forze orizzontali sono stati applicati all'interno dei fori per le zanche mentre sulla superficie inferiore del fondello è stato applicato un carrello per prendere la reazione verticale simulando la presenza della sottostruttura.

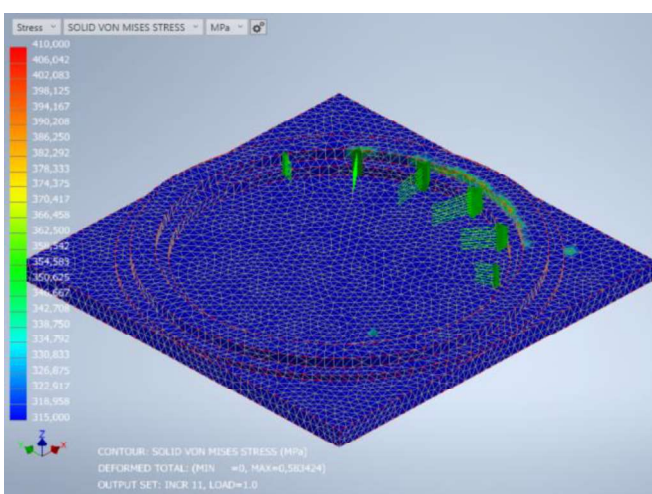


-Diagramma delle tensioni di Von Mises all'interno del fondello CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

Diagramma tensioni fondello



Porzione del fondello con fattore di sicurezza $F.S = 410/315 = 1,3$

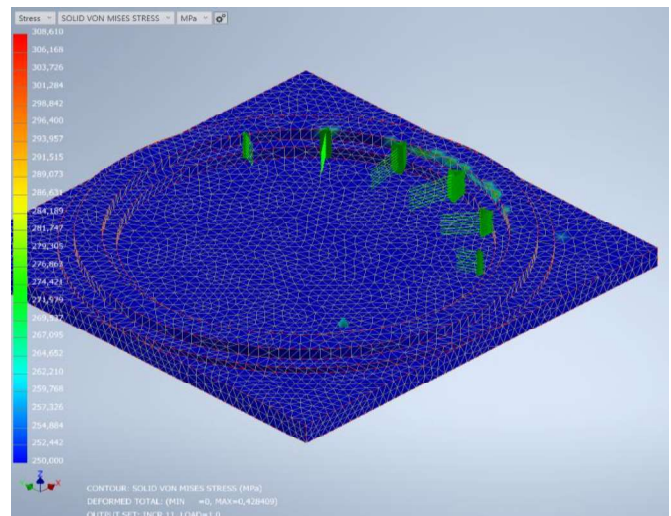
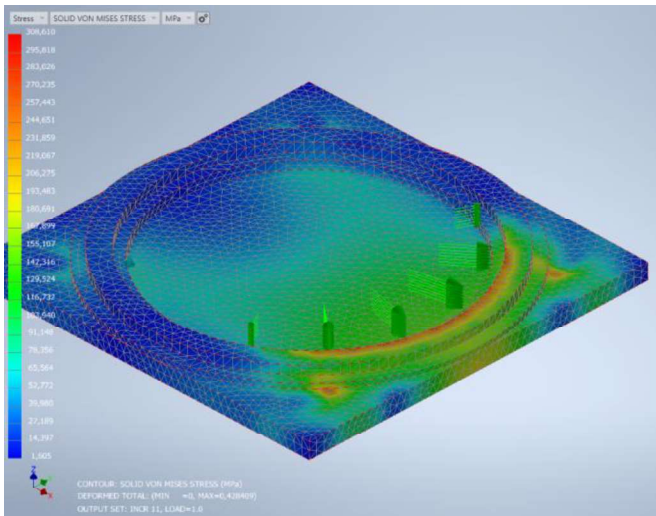


Come si vede dalle immagini sopra, la fascia di colore verde ha tensioni medie di circa 340 Mpa. $F.S = 410/340 = 1,20$ e non supera in nessun punto lo snervamento del materiale S460 pari a 410 MPa

-Diagramma delle tensioni di Von Mises all'interno del fondello CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

Diagramma tensioni fondello

Porzione del fondello con fattore di sicurezza $F.S = 325/250 = 1,3$

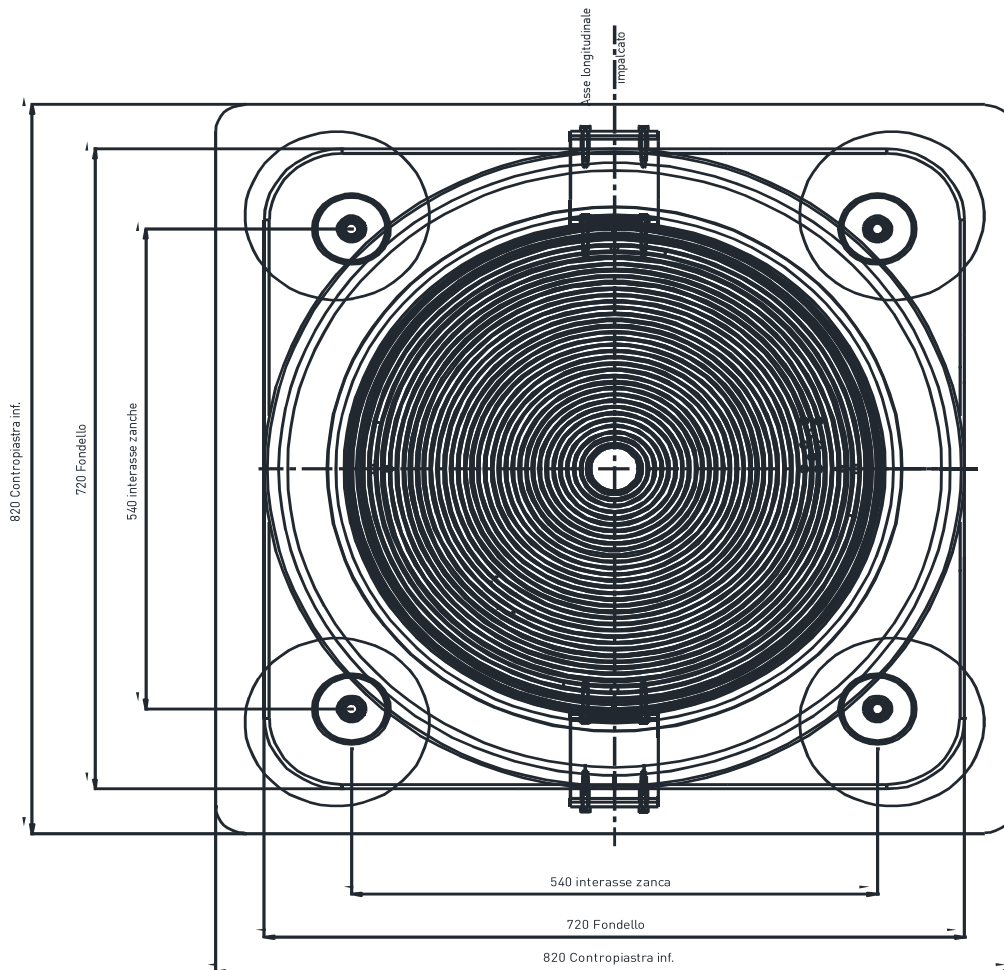
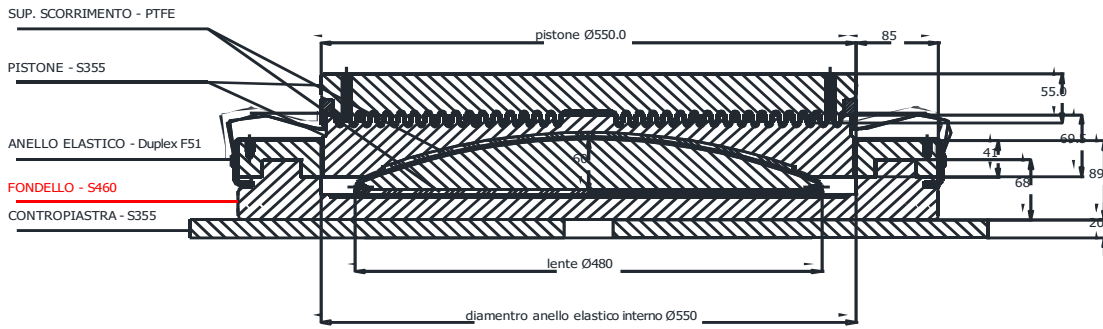


Come si vede dalle immagini sopra, la fascia di colore verde ha tensioni medie di circa 270 Mpa . $F.S = 325/270 = 1,20$ e non supera in nessun punto lo snervamento del materiale S355 pari a 325 MPa

Si fa inoltre presente che, per esigenze legate al mercato ed alla difficoltà di reperimento di materiale dotato di DoP (Declaration of Performance) soprattutto per i tondi da cosatruzione e a causa della variazione della norma armonizzata che lo regola, si è proceduto, a sostituire il materiale delle zanche di ancoraggio, mantenendo sempre un acciaio legato ovviamente di pari caratteristiche prestazionali ma passando dal 39NiCrMo3 a un 42CrMo4. Tale sostituzione, che non impatta minimamente nel funzionamento dell'appoggio e tantomeno nella trasmissione delle forze, si rende necessaria per poter consegnare un appoggio che possa essere marcabile CE, altrimenti non sarebbe più possibile ottemperare a detta prescrizione di legge.

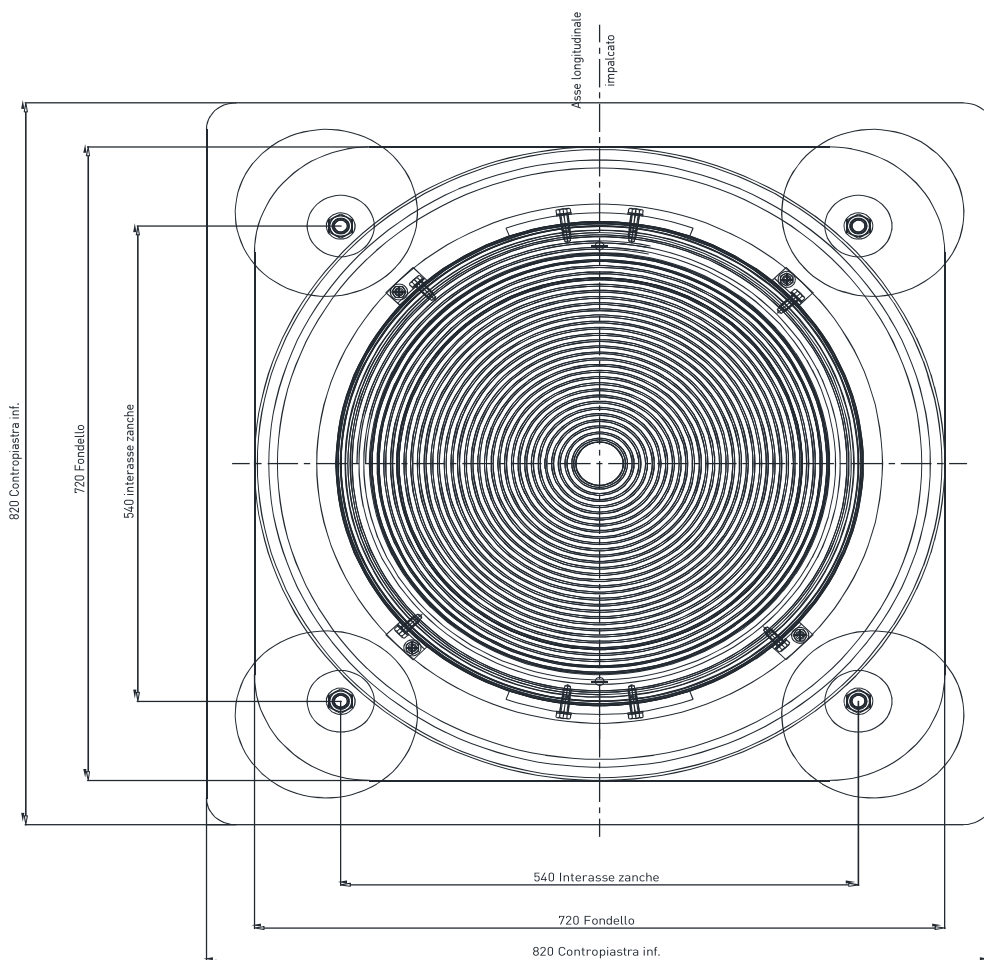
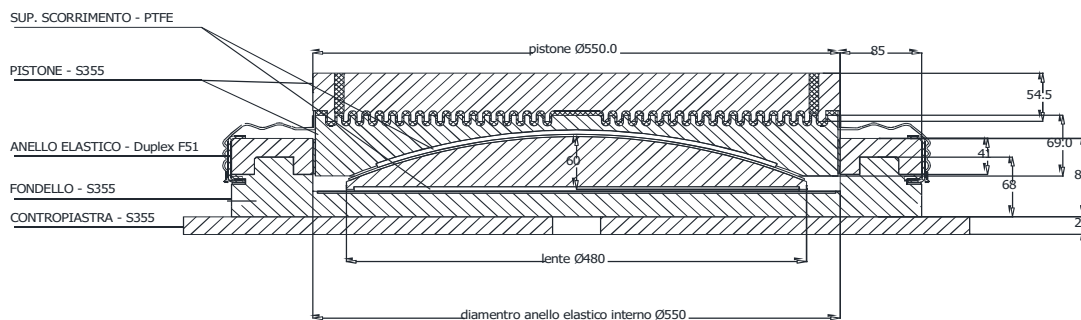
Di seguito si riportano i disegni con le dimensioni e i materiali principali dell'appoggio. In rosso le variazioni rispetto al dispositivo omologato.

SALCEF – LINEA AV VR-PD Lotto VR-VI
campate cap 25 m
APPOGGIO FISSO ELASTICO
TRS FS 3600/3512/1782



| POS | DENOMINAZIONE | MATERIALE | NORMATIVA | TRATTAMENTI | Q |
|-----|----------------------|-----------|-----------|--------------|----|
| 26 | Pistone | Ø550.0 | CN-10892 | | 1 |
| 25 | Angolo in acciaio | Ø550.0 | CN-10892 | Vericolatura | 1 |
| 24 | Fondello per post.20 | Ø480 | CN-20090 | Zincolatura | 10 |
| 23 | Rettili per post.20 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 22 | Rettili per post.21 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 21 | Rettili per post.22 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 20 | Rettili per post.23 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 19 | Rettili per post.24 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 18 | Rettili per post.25 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 17 | Rettili per post.26 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 16 | Rettili per post.27 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 15 | Rettili per post.28 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 14 | Rettili per post.29 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 13 | Rettili per post.30 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 12 | Rettili per post.31 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 11 | Rettili per post.32 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 10 | Rettili per post.33 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 9 | Rettili per post.34 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 8 | Rettili per post.35 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 7 | Rettili per post.36 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 6 | Rettili per post.37 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 5 | Rettili per post.38 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 4 | Rettili per post.39 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 3 | Rettili per post.40 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 2 | Rettili per post.41 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 1 | Rettili per post.42 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.43 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.44 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.45 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.46 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.47 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.48 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.49 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.50 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.51 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.52 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.53 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.54 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.55 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.56 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.57 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.58 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.59 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.60 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.61 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.62 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.63 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.64 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.65 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.66 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.67 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.68 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.69 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.70 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.71 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.72 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.73 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.74 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.75 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.76 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.77 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.78 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.79 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.80 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.81 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.82 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.83 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.84 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.85 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.86 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.87 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.88 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.89 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.90 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.91 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.92 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.93 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.94 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.95 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.96 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.97 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.98 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.99 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |
| 0 | Rettili per post.100 | Ø140 | CN-20090 | Zincolatura | 2 |

OMOLOGAZIONE TENSA 10/A
 APPOGGIO FISSO ELASTICO
 TRS FS 5700/2500/2500



| | | | | | |
|-----|-----------------------------------|-------------------|-------------|-----------------------|----|
| 26 | Paravolere | Omnia | EN 1337/2 | - | 1 |
| 25 | Angolare d'assemblaggio provvis. | S275JR | EN 10025 | Verniciatura | 4 |
| 24 | Rondella per part. z3 | A40 | EN 20898 | Zincatura | 12 |
| 23 | Vite d'assemblaggio provvisorio | Classe 8.8 | EN 20898 | Zincatura | 12 |
| 22 | Rondella per part. z1 | A40 | EN 20898 | Zincatura | 2 |
| 21 | Vite d'assemblaggio provvisorio | Classe 8.8 | EN 20898 | Zincatura | 2 |
| 20 | Distanziale d'assemblaggio provv. | S275JR | EN 10025 | Verniciatura | 2 |
| 19 | Staffa d'assemblaggio provvisorio | S275JR | EN 10025 | Verniciatura | 2 |
| 18 | Placca d'assemblaggio provvisorio | S275JR | EN 10025 | Verniciatura | 2 |
| 17 | Anello antisaltellamento | X2-XSUTNMot17/12 | EN 10088/2 | - | 1 |
| 16 | Rondella per part. 1s | A40 | EN 10025 | Zincatura | 4 |
| 15 | Vite d'ancoraggio | Classe 8.8 | EN 20898 | Zincatura | 4 |
| 14 | Zanca d'ancoraggio inferiore | D9N1CrMo3 bonif. | EN 10083 | - | 4 |
| 13 | Zanca d'ancoraggio superiore | D9N1CrMo3 bonif. | EN 10083 | - | 4 |
| 12 | Contropiastro inferiore | S355J2 | EN 10025 | Vedi tavola specifica | 1 |
| 11 | Contropiastro superiore | S355J2 | EN 10025 | Vedi tavola specifica | 1 |
| 10 | Piastro di collegamento | S355J2 | EN 10025 | Vedi tavola specifica | 1 |
| 9 | Supporto isolante | Resina epossidica | DIN 18156 | - | 1 |
| 8 | Elemento basculante | S355J2 | EN 10025 | Vedi tavola specifica | 1 |
| 7 | Superficie di scorrimento | X2-XSUTNMot17/12 | EN 1337/2 | - | 1 |
| 6 | Superficie di scorrimento | P.T.F.E. vergine | EN 1337/2 | - | 1 |
| 5 | Calotta sferica | S355J2 | EN 10025 | Vedi tavola specifica | 1 |
| 4 | Superficie di scorrimento | P.T.F.E. vergine | EN 1337/2 | - | 1 |
| 3 | Superficie di scorrimento | X2-XSUTNMot17/12 | EN 10088/2 | - | 1 |
| 2 | Anello | F51 | ASTM A182/A | Vedi tavola specifica | 1 |
| 1 | Fondello | S355J2 | EN 10025 | Vedi tavola specifica | 1 |
| POS | DENOMINAZIONE | MATERIALE | NORMATIVA | TRATTAMENTI | QZ |