

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA LINEA DI CONTATTO

LC00 – ELABORATI A CARATTERE GENERALE

Relazione di calcolo supporto pendulo tubolare impiego ormeggio fili/funi o CdT
di linea in galleria con relativo TT

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio ORSARA - BOVINO AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 08/06/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. M. De Leo

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. SCALA:

IF3A 02 E ZZ CL LC0000 004 B -

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	C 08.00 - Emissione 180gg	M. Granzotto	08/02/2022	G. Canneti	08/02/2022	M. Simeone	08/02/2022	Ing. M. Simeone
B	C 08.01 - A valle del contraddittorio	M. Granzotto	08/06/2022	G. Canneti	08/06/2022	M. Simeone	08/06/2022	
								08/06/2022

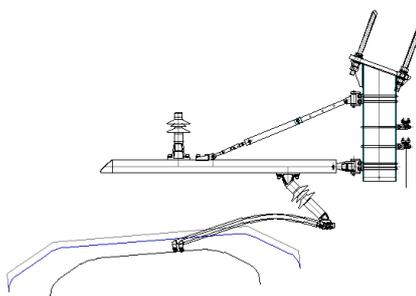
Indice

1	OGGETTO.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	MATERIALI.....	5
3.1	ACCIAIO DA CARPENTERIA.....	5
3.2	ACCIAIO PER TIRAFONDI.....	5
3.3	CALCESTRUZZO.....	5
4	SOFTWARE DI CALCOLO.....	6
5	ANALISI DEI CARICHI.....	7
5.1	PESO PROPRIO.....	7
5.2	AZIONI SUL PENDULO.....	7
5.2.1	AZIONI VERTICALI.....	7
5.2.2	AZIONI RADIALI.....	7
5.2.3	AZIONE DEL VENTO.....	8
5.2.4	PRESSIONE AERODINAMICA DOVUTA AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI.....	8
5.3	AZIONI DI ORIGINE SISMICA.....	10
5.4	CASI DI CARICO.....	10
5.5	COMBINAZIONI DEI CASI DI CARICO AGLI SLU.....	10
6	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELLE AZIONI.....	12
6.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE.....	12
7	VERIFICA STRUTTURALE.....	14
7.1	PENDULO.....	14
7.2	PIASTRA DI ANCORAGGIO.....	16
7.2.1	VERIFICA TENSIONALE.....	16
7.2.2	VERIFICA A PUNZONAMENTO.....	18
7.3	VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI POST INSTALLATI SULLA VOLTA DELLA GALLERIA.....	19
8	CONCLUSIONI.....	24

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">LC0000 004</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">3 di 24</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	LC0000 004	B	3 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF3A	02	E ZZ CL	LC0000 004	B	3 di 24												
PROGETTO ESECUTIVO																	

1 OGGETTO

La presente relazione tecnica ha lo scopo di verificare le strutture di sostegno della linea di trazione elettrica da utilizzare in galleria. In particolare, ci riferiremo a penduli per sospensione della linea di contatto in galleria.



Il pendulo offre ancoraggio alla mensola di sospensione della linea (non oggetto di verifica) ed è costituito da una piastra nervata di spessore 15mm di ancoraggio alla volta della galleria e da un profilo cavo rettangolare 250x150x6.3mm di lunghezza pari a 850mm (in asse) da essa sporgente.

L'ancoraggio avviene tramite tirafondi M33 in acciaio inox inghisati alla volta della galleria tramite ancorante chimico.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 5 di 24

3 MATERIALI

3.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA

Tipo acciaio	S355	
Modulo elastico	E=210000 MPa	
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 355\text{MPa}$	per sp.<40 mm
Tensione di rottura	$f_{tk} = 510\text{MPa}$	per sp.<40 mm
Coefficiente di sicurezza materiale	$\gamma_M = 1.05$	

3.2 ACCIAIO PER TIRAFONDI

Tipo acciaio	AISI 316 (A4)	
Modulo elastico	E=210000 MPa	
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 200\text{MPa}$	per 16mm < d < 63mm
Tensione di rottura	$f_{tk} = 500\text{MPa}$	per 16mm < d < 63mm
Coefficiente di sicurezza materiale	$\gamma_M = 1.15$	

3.3 CALCESTRUZZO

In assenza di indicazioni certe sulla classe di resistenza del calcestruzzo costituente la volta della galleria, si assume cautelativamente C25/30:

Resistenza caratteristica a compressione cubica:	$R_{ck} = 30\text{MPa}$
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica:	$f_{ck} = 25\text{MPa}$
Modulo elastico	E=31447MPa
Coefficiente di sicurezza materiale	$\gamma_M = 1.5$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 6 di 24

4 SOFTWARE DI CALCOLO

L'analisi delle sollecitazioni e dello stato tensionale della struttura è condotta tramite il software ad elementi finiti Straus7 R 2.4.6



La verifica dei tirafondi di ancoraggio è svolta tramite il software HILTI Profis Anchor 2.8.8, prodotto dalla HILTI.



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B FOGLIO 7 di 24

5 ANALISI DEI CARICHI

5.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è ottenuto automaticamente attraverso il software di calcolo a partire dal peso di volume dell'acciaio pari a 7850kg/m³.

5.2 AZIONI SUL PENDULO

5.2.1 Azioni verticali

Il peso della linea di contatto è pari a:

$$G1 = 225\text{kg}$$

ad essa si aggiungono il peso della sospensione:

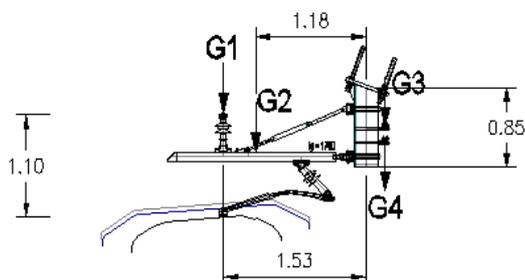
$$G2 = 40\text{kg}$$

ed il peso dei due cavi TACSR:

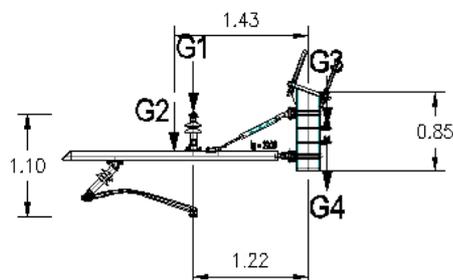
$$G3 = 16\text{kg}$$

$$G4 = 16\text{kg}$$

Configurazione TESA



Configurazione COMPRESSA



Essendo la struttura in oggetto collocata all'interno di una galleria, non si considera il peso del ghiaccio sui conduttori.

5.2.2 Azioni radiali

Per i tratti in curva si considera l'azione radiale sulla linea di contatto e sulle corde di terra.

Azione radiale su 2 corde di sospensione 120mm²:

$$G5 = \pm 70\text{kg} (\pm 55\text{kg in caso di sospensione prima dell'ormeggio)}$$

Azione radiale su 2 fili 150mm²:

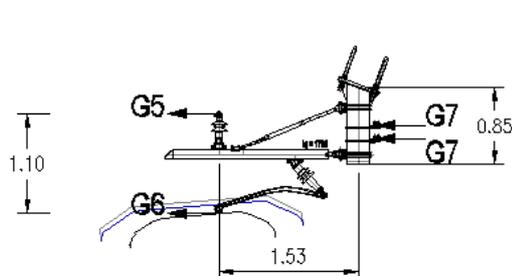
$$G6 = \pm 80\text{kg} (\pm 75\text{kg in caso di sospensione prima dell'ormeggio)}$$

Azione radiale su 1 cavo TACSR 170mm²:

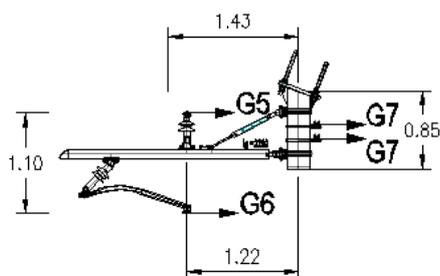
$$G7 = \pm 15\text{kg}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 8 di 24

Configurazione TESA



Configurazione COMPRESSA



5.2.3 Azione del vento

I carichi da vento meteorologico non si sono applicati in quanto le strutture in questione si trovano in galleria e in quanto l'azione del vento risulterebbe poco rilevante sui penduli costituiti da una struttura tubolare il cui coefficiente di resistenza C_{str} è 0,7 (§ 6.2.4.7 CEI EN 50119).

5.2.4 Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei convogli

In ossequio al §5.2.2.6 delle NTC 2018, ed a favore di sicurezza, si valutano le sovrappressioni seguenti, derivanti da §5.2.2.6.1 Superfici verticali parallele al binario, per tenere conto di un treno transitante sul binario a fianco dell'ormeggio, e da §5.2.2.6.2 Superfici orizzontali al di sopra del binario, per tenere conto del treno in transito sul binario al di sotto dell'ormeggio.

5.2.2.6.1 Superfici verticali parallele al binario

I valori caratteristici dell'azione $\pm q_{1k}$ relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti in Fig. 5.2.8 in funzione della distanza a_g dall'asse del binario più vicino.

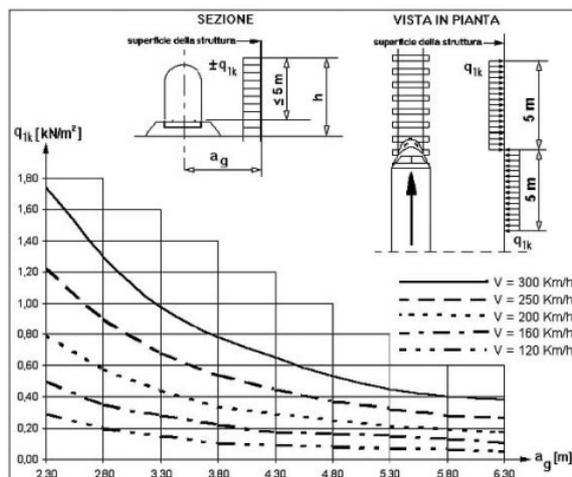


Fig. 5.2.8 - Valori caratteristici delle azioni q_{1k} per superfici verticali parallele al binario

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 9 di 24

I suddetti valori sono relativi a treni con forme aerodinamiche sfavorevoli; per i casi di forme aerodinamiche favorevoli, questi valori dovranno essere corretti per mezzo del fattore k_1 , ove:

$k_1 = 0,85$ per convogli formati da carrozze con sagoma arrotondata;

$k_1 = 0,60$ per treni aerodinamici.

Se l'altezza di un elemento strutturale (o parte della sua superficie di influenza) è $\leq 1,0$ m o se la larghezza è $\leq 2,50$ m, l'azione q_{1k} deve essere incrementata del fattore $k_2 = 1,3$.

I penduli si trovano ad un'altezza superiore ai 5m dal piano del ferro, pertanto non è necessario tenere conto di questo effetto.

5.2.2.6.2 Superfici orizzontali al di sopra del binario

I valori caratteristici dell'azione $\pm q_{2k}$, relativi a superfici orizzontali al di sopra del binario, sono forniti in Fig. 5.2.9 in funzione della distanza h_g della superficie inferiore della struttura dal PF.

La larghezza d'applicazione del carico per gli elementi strutturali da considerare si estende sino a 10 m da ciascun lato a partire dalla mezzzeria del binario.

Per convogli transittanti in due direzioni opposte le azioni saranno sommate. Nel caso di presenza di più binari andranno considerati solo due binari.

Anche l'azione q_{2k} andrà ridotta del fattore k_1 , in accordo a quanto previsto nel precedente § 5.2.2.6.1.

Le azioni agenti sul bordo di elementi nastriformi che attraversano i binari, come ad esempio le passerelle, possono essere ridotte con un fattore pari a 0,75 per una larghezza fino a 1,50 m.

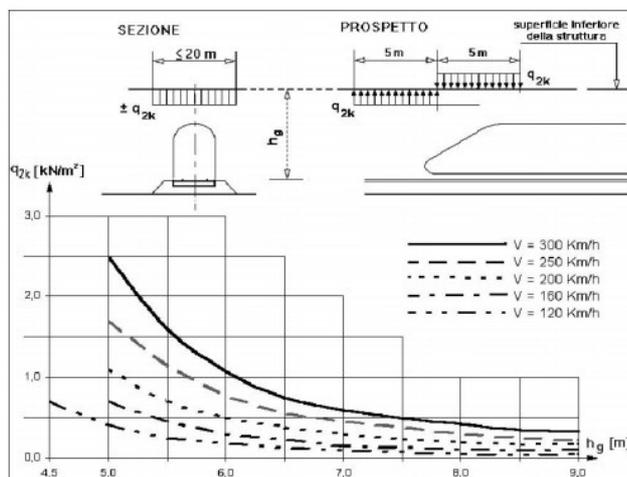


Fig. 5.2.9 - Valori caratteristici delle azioni q_{2k} per superfici orizzontali al di sopra del binario

Si assume una velocità di progetto $v = 300\text{ km/h}$ e treni aerodinamici ($k_1 = 0.6$). Si considerano due treni transittanti contemporaneamente ed un'altezza $h_g = 6\text{ m}$. Pertanto, si ottiene:

$$q_{sp} = 2 \cdot q_{2k} \cdot k_1 = 2 \cdot 1.1 \cdot 0.6 = 1.32 \text{ kN/m}^2$$

Considerando l'esigua superficie esposta a tale pressione (inferiore a 0.5 m^2), si valuta che il carico dato dalla pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei convogli sia trascurabile.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 10 di 24

5.3 AZIONI DI ORIGINE SISMICA

In base all'istruzione RFI E6484c si considera, conservativamente, un'accelerazione sismica pari a 0.75g in entrambe le direzioni orizzontali.

Si trascura la componente verticale del sisma.

5.4 CASI DI CARICO

I casi di carico che si sono considerati e che danno origine alle azioni applicate alle strutture sono rappresentati dai:

- Pesì propri strutturali.
- Carichi variabili dovuti al peso dei conduttori.
- Carichi variabili dovuti al tiro dei conduttori.
- Azione sismica

I carichi da vento meteorologico non si sono applicati in quanto le strutture in questione si trovano in galleria e in quanto l'azione del vento risulta poco rilevante sui penduli.

Di seguito si riportano i quattro casi di pendulo analizzati. Solo del caso di analisi più gravoso si riporterà la descrizione dettagliata e la verifica dei principali elementi strutturali.

1. Pendulo corrente in curva configurazione tesa
2. Pendulo corrente in curva configurazione compressa
3. Pendulo precedente ormeggio in rettilineo
4. Pendulo precedente ormeggio in curva

Il caso 4 risulta la configurazione di carico più gravosa e di questo si riporteranno le verifiche strutturali.

5.5 COMBINAZIONI DEI CASI DI CARICO AGLI SLU

L'analisi delle azioni agenti sulla struttura in acciaio è stata eseguita seguendo quanto previsto dalle NTC2018 al §2.6.1 e dal documento RFI E64864, relativamente alle verifiche agli stati limite ultimi.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Di seguito si riportano in forma tabellare i coefficienti parziali e di combinazione utilizzati nella determinazione delle combinazioni di carico agli SLU.

		Coefficiente g_f	EQU	A1	A2
<i>Carichi permanenti</i>	<i>Favorevoli</i>	g_{G1}	0,9	1,0	1,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,1	1,3	1,0
<i>Carichi variabili</i>	<i>Favorevoli</i>	g_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 11 di 24

Combinazioni statiche

Cmb	Tipo	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori
1	SLU	1.30	1.50	1.50
2	SLU	1.00	1.50	1.50

Combinazioni sismiche

Cmb	Tipo	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Sisma in X	Sisma in Y
1	SLU	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30
2	SLU	1.00	1.00	1.00	-1.00	0.30
3	SLU	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00
4	SLU	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00

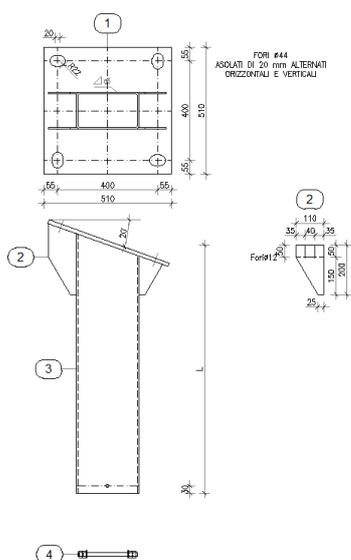
Essendo la struttura ed i carichi permanenti simmetrici rispetto all'asse X, il sisma Y risulta equivalente in entrambi i versi, pertanto si considera solamente con verso positivo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 12 di 24

6 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELLE AZIONI

6.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE

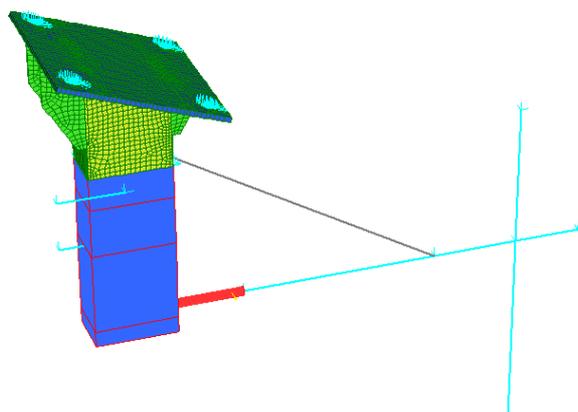
La struttura è stata modellata mediante elementi finiti mono e bidimensionali rispettando le dimensioni geometriche dedotte dagli elaborati di progetto esecutivo ed utilizzando le misure riportate negli schemi di montaggio. I materiali utilizzati nella modellazione della struttura sono gli stessi dedotti dai documenti di progetto.



Posizione	Q.tà	MATERIALE PER 1 PENDULO DI SOSPENSIONE	Peso	Materiale
1	1	Lamiere 510x510x15	30,63	Acciaio S355
2	4	Lamiere 110x200x8	5,53	Acciaio S355
3	1	HFRHS EN 10210 250X150X6.3 UNI 7813	37,2/m	Acciaio S355J2H
	1	Tondo Ø16 L=240 UNI EU 60	0,38	Acciaio S355
4	4	Dado M16 UNI 5591	0,13	Acciaio cl. 5.5
	2	Rosetta B16 UNI 1751	0,00	Acciaio UNI 3545

La parte di ancoraggio è modellata tramite elementi bidimensionali tipo plate, in modo da cogliere con maggior precisione l'andamento delle tensioni ed eventuali concentrazioni di tensione dovuti alla presenza degli irrigidimenti e degli ancoraggi.

Il corpo del pendulo è modellato tramite un elemento beam mentre la mensola, non oggetto del calcolo, è stata modellata tramite link di tipo *rigid* o *pinned* in modo da conferire la corretta posizione dei carichi e trasmetterli al pendulo in modo realistico.



I vincoli sono applicati ai nodi creati al centro dei fori della piastra e collegati rigidamente al contorno degli stessi tramite elementi rigid link.

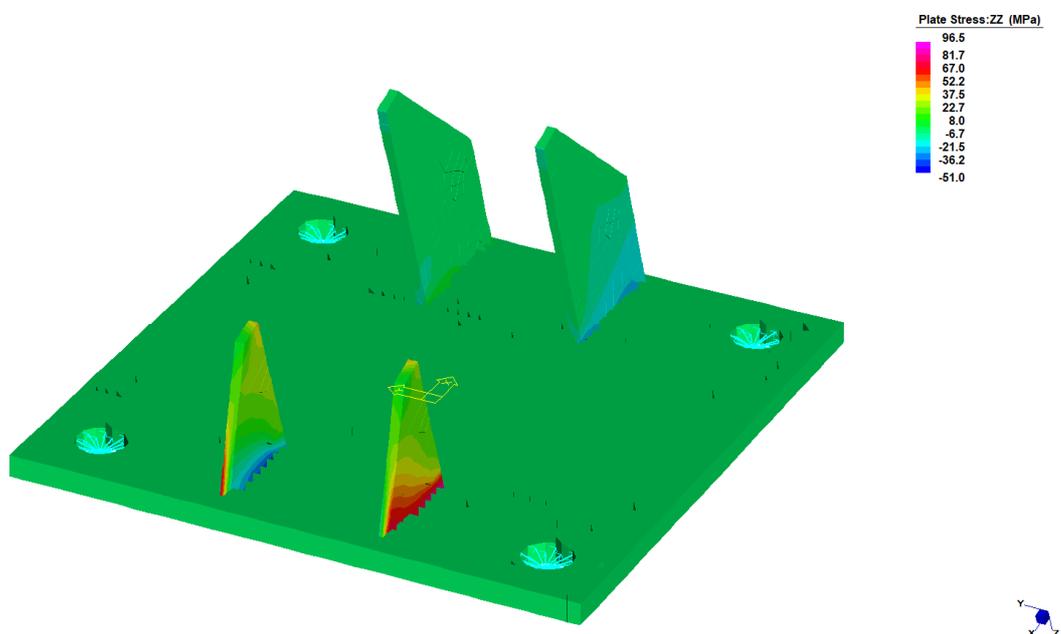
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 16 di 24
PROGETTO ESECUTIVO						

7.2 PIASTRA DI ANCORAGGIO

7.2.1 Verifica tensionale

La verifica della piastra di ancoraggio e delle nervature viene condotta in termini tensionali, controllando che la massima tensione ideale di calcolo sia inferiore al limite di snervamento del materiale ($f_{yd} = 338\text{MPa}$). A tale scopo si riportano le mappe tensionali di involuppo agli SLU e SLV delle tensioni normali σ_{zz} , delle tensioni tangenziali τ_{zx} e, infine, delle tensioni combinate secondo Von Mises.

Per maggior chiarezza la piastra viene rappresentata capovolta nelle seguenti mappe contour.



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 19 di 24

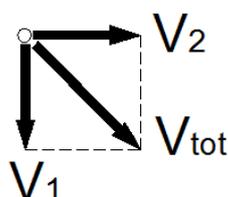
7.3 VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI POST INSTALLATI SULLA VOLTA DELLA GALLERIA

I tirafondi sono inghisati nel c.a. costituente la galleria mediante un ancoraggio di tipo chimico. Si tratta di un ancoraggio del tipo post-installato che non viene esplicitamente trattato dalle NTC 2018. L'ancorante chimico impiegato per l'ancoraggio dovrà essere comunque conforme alla specifica RFI DTC STS ENE SP IFS TE 673 A. Si fa riferimento ai sistemi di verifica previsti dalle linee guida ETA Guideline (ETAG) nella versione semplificata del metodo ETAG Annex C (Technical Report TR 029, 2007 per gli ancoraggi chimici) proposto da HILTI e denominato HILTI CC.

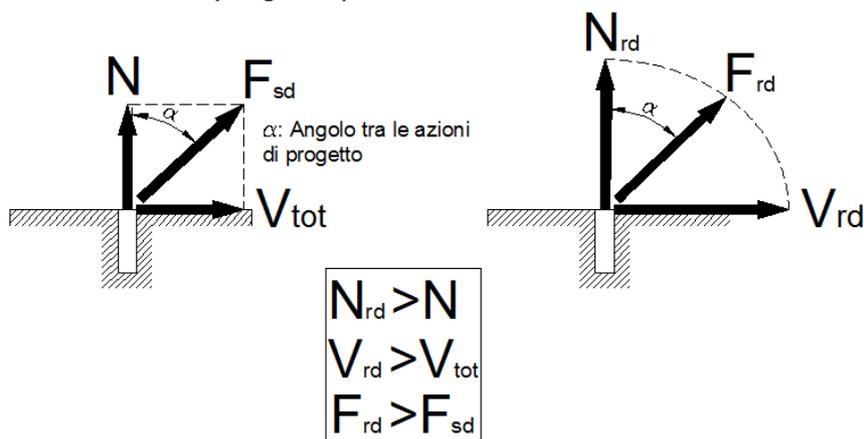
Sostanzialmente si procede alla verifica delle modalità di rottura classiche:

- Trazione
- Taglio

-Composizione del taglio-



-Azione di progetto per verifica a carico combinato-



In entrambi i casi si individua la condizione più gravosa (cioè quella che offre una minore resistenza) confrontando il comportamento dell'acciaio e del calcestruzzo. Alla fine le minori resistenze vengono combinate per la verifica a "Carico Combinato" confrontandole con le massime azioni agenti sugli ancoranti.

Consideriamo le seguenti verifiche:

- Resistenza a trazione dell'acciaio
- Resistenza allo sfilamento
- Resistenza a rottura conica del calcestruzzo
- Resistenza a taglio dell'acciaio senza braccio di leva
- Resistenza a rottura del bordo di calcestruzzo

Come input progettuale è stata considerata l'infissione per tirafondi M33 all'interno della parete per una profondità minima di 300mm.

I valori delle sollecitazioni di progetto sono quelle che derivano dall'involuppo dei massimi valori risultanti dalle combinazioni di carico statiche e sismiche.

Le verifiche sono effettuate tramite il software HILTI Profis Anchor 2.8.8, prodotto dalla HILTI di cui si riporta l'output.

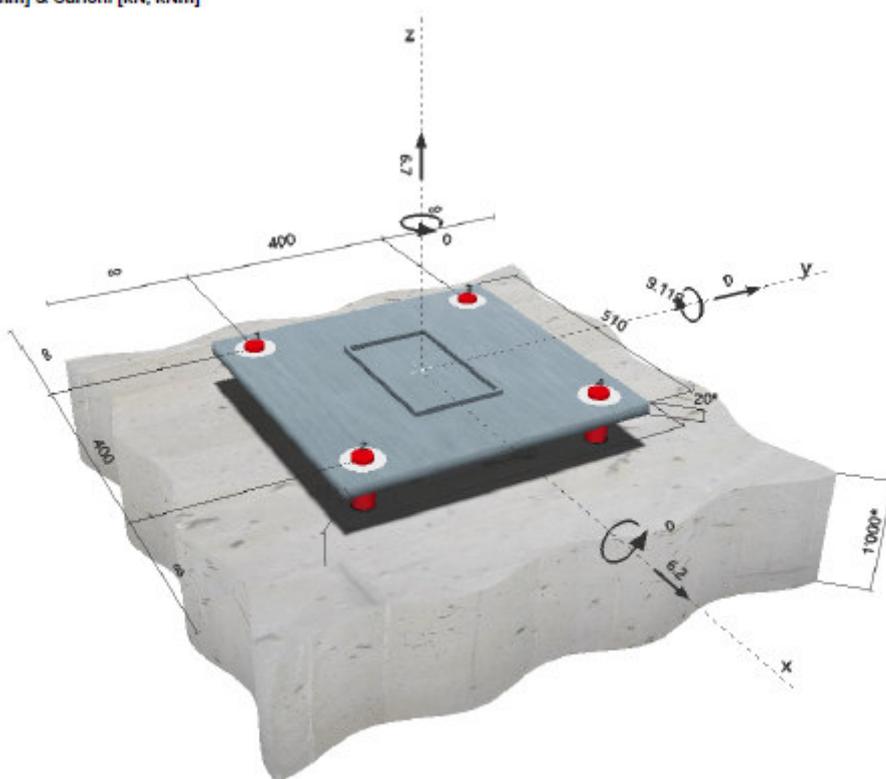
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 20 di 24

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V3 + HAS-U A4 M33	
Return period (service life in years):	50	
Hilti Seismic set o altro sistema per il riempimento dello spazio aulare tra piastra e ancorante.		
Profondità di posa effettiva:	$h_{w,act} = 300 \text{ mm}$ ($h_{w,limit} = - \text{ mm}$)	
Materiale:	A4	
Certificazione No.:	Dati Tecnici Hilti	
Emesso l Valido:	- -	
Prova:	Metodo di calcolo SOFA + fib (07/2011) – dopo prove ETAG BOND	
Fissaggio distanziato:	senza serraggio (ancorante); livello di incastro (piastra di base): 2.00; $e_y = 55 \text{ mm}$; $t = 20 \text{ mm}$	
Piastra d'ancoraggio:	$l_x \times l_y \times t = 510 \text{ mm} \times 510 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)	
Profilo:	Profilo cavo allungato, : (L x W x T) = 250 mm x 150 mm x 8 mm	
Materiale base:	non fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{c,sp} = 25.00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1'000 \text{ mm}$, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C	
Installazione:	Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto	
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque \emptyset) o $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) senza armatura di bordo longitudinale	

^R - Il calcolo dell'ancoraggio presuppone la presenza di una piastra di ancoraggio rigida.

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 21 di 24

2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Condizione di carico: Carichi di progetto

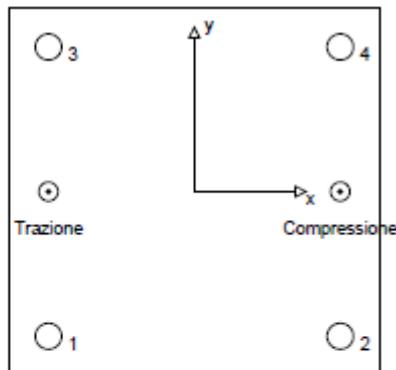
Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	13.085	1.550	1.550	0.000
2	-9.715	1.550	1.550	0.000
3	13.085	1.550	1.550	0.000
4	-9.715	1.550	1.550	0.000

Compressione max. nel calcestruzzo: - [%]
Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: - [N/mm²]
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(-200/0): 26.130 [kN]
risultante delle forze di compressione (x/y)=(200/0): 19.430 [kN]

Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.



3 Carico di trazione SOFA (fib (07/2011), paragrafo 16.2.1)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_N [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	13.085	121.329	11	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	26.130	290.430	9	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	26.130	229.336	12	OK
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,x}$ [kN]	$\gamma_{M,x}$	$N_{Rd,x}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
347.000	2.880	121.329	13.085

3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$\psi_{A,Np}$	$\tau_{Rk,uz,25}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
958'600	638'880	1.500	11.00	799	400	∞
ψ_c	$\tau_{Rk,uz}$ [N/mm ²]	$\max \tau_{Rk,uz}$ [N/mm ²]	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$		
1.018	11.20	9.19	1.000	1.000		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000	
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$N_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]		
348.414	522.774	1.800	290.430	26.130		

3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
1'170'000	810'000	1.444	450	900		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000	
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]		
11.000	285.788	1.800	229.336	26.130		

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 22 di 24

4 Carico di taglio SOFA (fib (07/2011), paragrafo 16.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_V [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	1.550	72.899	3	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	1.550	14.233	11	OK
Rottura per pryout**	6.200	795.033	1	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
173.500	2.380	72.899	1.550

4.2 Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)

I [mm]	α_M				
82	2.00				
$N_{Ed} / N_{Rd,s}$	$1 - N_{Ed} / N_{Rd,s}$	$M_{Rk,s}^0$ [kNm]	$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 (1 - N_{Ed} / N_{Rd,s})$ [kNm]		
0.108	0.892	1.547	1.380		
$V_{Rk,s}^M = \alpha_M \cdot M_{Rk,s} / I$ [kN]	$\gamma_{M,s,b,v}$	$V_{Rd,s}^M$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
33.875	2.380	14.233	1.550		

4.3 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$\Psi_{s,N}$	$c_{sp,N}$ [mm]	$s_{sp,N}$ [mm]	k_s
1690000	810000	2.086	450	900	2.000
$e_{c1,V}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{ec,N}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,sp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
285.788	1.500	795.033	6.200		

5 Carichi combinati di trazione e di taglio SOFA (fib (07/2011), paragrafo 10.3)

	β_N	β_V	α	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
Acciaio senza braccio di leva	0.108	0.021	2.000	2	OK
Acciaio con braccio di leva	0.012	0.097	1.000	11	OK
Calcestruzzo	0.114	0.008	1.500	4	OK

$$\beta_N + \beta_V \leq 1$$

6 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

$$\begin{aligned} N_{Sk} &= 9.678 \text{ [kN]} & \delta_N &= 0.028 \text{ [mm]} \\ V_{Sk} &= 1.148 \text{ [kN]} & \delta_V &= 0.023 \text{ [mm]} \\ & & \delta_{NV} &= 0.036 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

Carichi a lungo termine:

$$\begin{aligned} N_{Sk} &= 9.678 \text{ [kN]} & \delta_N &= 0.062 \text{ [mm]} \\ V_{Sk} &= 1.148 \text{ [kN]} & \delta_V &= 0.034 \text{ [mm]} \\ & & \delta_{NV} &= 0.071 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

Commenti: Gli spostamenti a trazione risultano validi con metà del valore della coppia di serraggio richiesta per non fessurato calcestruzzo! Gli spostamenti a taglio sono validi trascurando l'attrito tra il calcestruzzo e la piastra d'ancoraggio! Lo spazio derivante dal foro eseguito con perforatore e dalle tolleranze dei fori non viene considerato in questo calcolo!

Gli spostamenti ammissibili dell'ancorante dipendono dalla struttura fissata e devono essere definiti dal progettista!

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 23 di 24

7 Attenzione

- Fenomeni di ridistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- **Attenzione!** In caso di forze di compressione sull'ancorante, la verifica a inflessione e la verifica della distribuzione locale dei carichi nel materiale base (incluso il punzonamento) devono essere svolte separatamente.
- Hai selezionato il riempimento dei fori. Assicurati che vi sia un metodo corretto per riempire lo spazio anulare tra l'installazione e HIT-RE 500 V3 + HAS-U A4 M33, e contatta Hilti in caso di domande.
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- Il metodo Fib (07/2011) assume l'assenza di spazi anulari tra gli ancoranti e la piastra di ancoraggio. Questo può essere ottenuto mediante il riempimento con resina di sufficiente resistenza a compressione (p.e. usando il sistema Hilti Seismic/Filling set) o attraverso altri mezzi idonei.
- L'utente è responsabile della conformità alle norme correnti (e.g. EC3)
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo a fib (07/2011)!
- The characteristic bond resistances depend on the return period (service life in years): 50

L'ancoraggio risulta verificato!

