

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA

Linea di contatto

LC00 - Elaborati a carattere generale

Relazione di calcolo grappe e pendulo per sospensione linea di contatto in gall. policentrica- impiego interno ai binari

APPALTATORE Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 10/06/2020	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	PROGETTISTA Ing. S. Susani	REVISORE Ing. F. Rigoni
--	---	-----------------------------------	----------------------------

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF28	01	E	ZZ	CL	LC0000	004	B	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	C. Dalla Pria	21/02/2020	V. Corsini	21/02/2020	S. Eandi	21/02/2020	Ing. S. Eandi
B	Recepimento istruttoria	C. Dalla Pria	10/06/2020	V. Corsini	10/06/2020	S. Eandi	10/06/2020	
								10/06/2020

File: IF2801EZZCLLC0000004B.dwg

n.Elabor.: :

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA AV	<u>Soci</u> SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> ROCKSOIL S.P.A	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO						
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 1 di 45	

Indice

1	OGGETTO	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	SISTEMA CARTESIANO DI RIFERIMENTO	7
3	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELLE AZIONI.....	7
3.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE	7
3.2	SEZIONI.....	9
3.3	MATERIALI	10
3.4	CASI DI CARICO (§ 6.2 CEI EN 50119).....	11
3.4.1	CASO 1 :PENDULO NORMALE IN RETTIFILO CONFIGURAZIONE TESA.....	11
3.4.2	CASO 2 :PENDULO NORMALE IN RETTIFILO CONFIGURAZIONE COMPRESSA	12
3.4.3	CASO 3 :PENDULO NORMALE IN CURVA CONFIGURAZIONE TESA.....	13
3.4.4	CASO 4 :PENDULO NORMALE IN CURVA CONFIGURAZIONE COMPRESSA.....	14
3.4.5	CASO 5 :PENDULO PRECEDENTE ORMEGGIO IN RETTIFILO.....	15
3.4.6	CASO 6 : PENDULO PRECEDENTE ORMEGGIO IN CURVA.....	16
3.5	COMBINAZIONI DEI CASI DI CARICO AGLI SLU (STATI LIMITE ULTIMI).....	17
3.5.1	AZIONI APPLICATE.....	18
3.6	AZIONI DI ORIGINE SISMICA.....	18
3.7	AZIONI DOVUTE AI CONDUTTORI.....	19
3.7.1	DIAMETRI EQUIVALENTI DEI CONDUTTORI.....	19
3.7.2	FORMULAZIONI PER IL CALCOLO DELLE AZIONI RADIALI.....	21
4	ANALISI STRUTTURALE.....	22
4.1	TABELLA DELLA AZIONI AGENTI IN CONDIZIONE C	22
4.2	CARICHI APPLICATI ALLA STRUTTURA NEL MODELLO AD ELEMENTI FINITI IN CONDIZIONE C	23
5	VERIFICA STRUTTURALE (RIF. § 6 E SEGG. CEI EN 50119, §4.2 D.M.'18)	24
5.1	PENDULO TUBOLARE Ø159 (S355).....	25
5.2	VERIFICA TIRAFONDI M33 (S355).....	27
5.3	VERIFICA PIASTRA DI BASE(S355).....	29
5.3.1	RESISTENZA FLESSIONALE DELLA PIASTRA	29
5.3.2	PUNZONAMENTO PIASTRA.	30
5.3.3	RESISTENZA MATERIALE.....	30
5.4	VERIFICA DEL PERNO M24 (ACCIAIO CL 8.8)	32
5.4.1	VERIFICA DEL PERNO M24 PRECARICATO CON SERRAGGIO CONTROLLATO (ACCIAIO CL 8.8).....	35
6	VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI POST INSTALLATI SULLA VOLTA DELLA	

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</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;">2 di 45</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	LC0000 004	B	2 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	LC0000 004	B	2 di 45													

GALLERIA.....	36
VERIFICA A SFILAMENTO DELL'ANCORANTE CHIMICO	36
7 CONCLUSIONI	45

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 3 di 45

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Premessa

La presente relazione di calcolo strutturale, in conformità al §10.1 del DM 17/01/18, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

Modello numerico

In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (o i modelli numerici utilizzati) per l'analisi della struttura. La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 e relativi sotto paragrafi delle NTC-18, tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	\$s154\$
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	Licenza dsi4344

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
<https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo dimensionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.) .

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</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;">4 di 45</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	LC0000 004	B	4 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	LC0000 004	B	4 di 45													
PROGETTO ESECUTIVO																		

Verifiche agli stati limite ultimi

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLU vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità ed i criteri seguiti per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi ed i risultati delle valutazioni svolte. In via generale, oltre alle verifiche di resistenza e di spostamento, devono essere prese in considerazione verifiche nei confronti dei fenomeni di instabilità, locale e globale, di fatica, di duttilità, di degrado.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA AV	<u>Soci</u> SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> ROCKSOIL S.P.A.	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 5 di 45

DICHIARAZIONE DI AFFIDABILITÀ

Dichiarazione del produttore-distributore di PRO_SAP PROfessional SAP riguardante l'affidabilità del codice (NTC 2018 - Paragrafo 10.2)

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo: PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program

Autore-Produttore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Affidabilità dei codici

- Inquadramento teorico della metodologia

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi statici.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi dinamici (tra i quali quelli di tipo sismico).

Gli elementi, lineari e non lineari, utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento TRUSS (asta)

Elemento BEAM (trave)

Elemento MEMBRANE (membrana)

Elemento PLATE (piastra-guscio)

Elemento BRICK (solido)

Elemento CINGHIA

Elemento BOUNDARY (molla)

Elemento STIFFNESS

(matrice di rigidezza)

- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità

2S.I. ha verificato, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna e con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <http://www.2si.it/affidabilita.php>

- Filtri di autodiagnostica

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione.

Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi.

Garanzia di qualità

Dal 1 dicembre 1999 2S.I. ha prodotto un manuale di qualità in funzione dei requisiti della norma di riferimento UNI EN ISO 9001.

Tutte le attività dell'azienda sono regolate dalla documentazione e dalle procedure in esso contenute.

In relazione alla attività di validazione dei prodotti software si dichiara inoltre quanto segue:

- la fase di progetto degli algoritmi è preceduta dalla ricerca di risultati di confronto reperibili in bibliografia o riproducibili con calcoli manuali;

- la fase di implementazione degli algoritmi è continuamente validata con strumenti automatici (tools di sviluppo) e attraverso confronti;

- il software che implementa gli algoritmi è testato, confrontato e controllato anche da tecnici qualificati che non sono intervenuti nelle precedenti fasi.

Nella produzione del solutore FEM 2S.I. implementa componenti sviluppati da CM2 - Computing Objects SARL spin-off dell'École Centrale Paris, France. E' disponibile la documentazione di affidabilità di tali componenti all'indirizzo web:

http://www.2si.it/software/download/manuali/pro_sap_quaderni/Affidabilita/benchmarks_e_sap.zip

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 6 di 45

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 grappe e penduli per sospensione della linea di contatto in galleria.

Si sono individuati sei casi di analisi differenti, sui quali si è eseguita la verifica strutturale al fine di giustificarne l'impiego con il dovuto margine di sicurezza. La parte iniziale della relazione sarà volta alla descrizione dei criteri di calcolo e di determinazione dei carichi agenti sulle strutture. Nelle parti successive sarà dedicata l'attenzione al caso di analisi più gravoso del quale si riporterà la descrizione dettagliata e la verifica dei principali elementi strutturali.

Si elencano i casi analizzati:

- pendulo in rettilineo con mensola tesa,
- pendulo in rettilineo con mensola compressa,
- pendulo in esterno curva con mensola tesa,
- pendulo in interno curva con mensola compressa,
- pendulo precedente ormeggio in rettilineo,
- pendulo precedente ormeggio in curva.

La relazione presente è stata redatta seguendo lo schema di seguito illustrato:

Verifica STRUTTURALE:

1. Modellazione strutturale.
2. Modellazione delle azioni applicate alla struttura (carichi permanenti e variabili e di origine sismica).
3. Determinazione delle azioni maggiormente gravose (approccio progettuale 2 – Coefficienti parziali di sicurezza per i carichi di tipo STR A1).
4. Verifica della sicurezza (ai sensi del DM'18 e circ. esplicativa '19 n°7).

La struttura sarà analizzata mediante un modello agli elementi finiti al quale si applicheranno tutte le azioni concentrate e distribuite.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si è fatto riferimento alla seguente normativa:

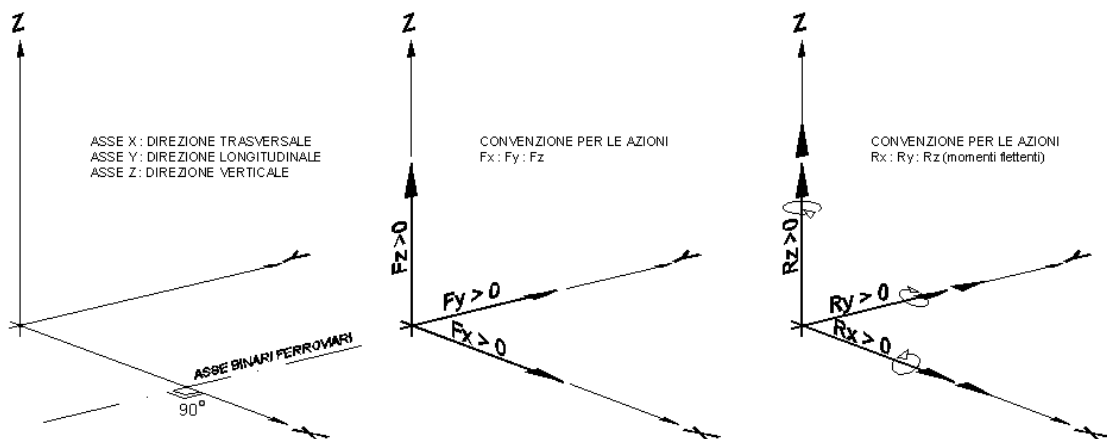
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Decreto 17 Gennaio 2018: "Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>>".
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>>" di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- Istruzione tecnica RFI DMAIM TE SP IFS 006 A "Procedimento di calcolo di verifica dei pali della linea di contatto in stazione e di piena linea".
- Istruzione tecnica RFI DMAIM TE SP IFS 060 A "Costruzione dei blocchi di fondazione con pilastrino ed installazione pali T.E. flangiati".
- Capitolato Tecnico TE RFI EDIZIONE 2014 – Allegato 4 – Capitolato tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione a 3 kv cc

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 7 di 45

- CEI EN 50119 ed. 2010-05 “Applicazioni ferroviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica”.

2.1 SISTEMA CARTESIANO DI RIFERIMENTO

Il sistema di riferimento delle coordinate globali della struttura, degli spostamenti e delle azioni determinate dai carichi è rappresentato dall'asse delle x orientato perpendicolarmente ai binari ferroviari, mentre l'asse y è longitudinale ad essi. L'asse verticale z è positivo diretto verso l'alto. Per quanto riguarda i valori delle azioni assiali F_x , F_y ed F_z si intendono positivi quando diretti nel verso positivo dei rispettivi assi.



3 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELLE AZIONI

3.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE

Riferimento normativo:

Capitolato Tecnico TE – Allegato 4A – capitolato tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione A 3 kV cc.

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.

APPALTATORE:
 Consorzio Soci
 HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.

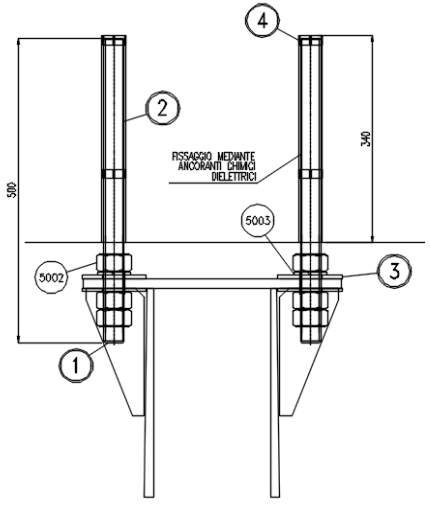
PROGETTAZIONE:
 Mandataria Mandanti
 ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI

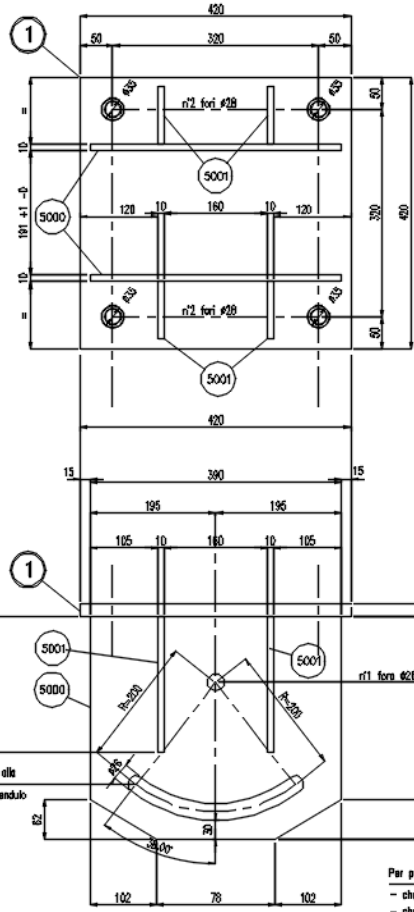
**RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
 I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 IF28 01 E ZZ CL LC0000 004 B 8 di 45



MATERIALE NECESSARIO PER L'ANCORAGGIO DI UN SUPPORTO PENDOLO PER SOSPENSIONE LINEA DI CONTATTO

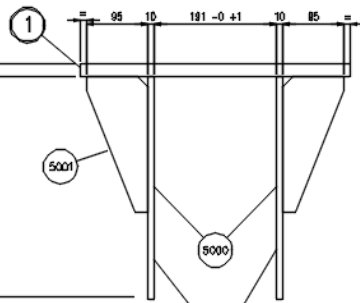
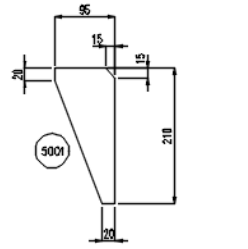
POS.	NUM.	DESCRIZIONE	Lg. (mm)	Peso (kg)	MATERIALE
2	4	Barra filetata M33 UNI EN 10003	500	13,421	Acciaio S355 JR UNI EN 10025
2	5002	Dado M33 UNI EN ISO 4033	-	4,484	Acciaio C1 6.8 UNI EN ISO 888-2
	5003	Rosetta Groover A33 UNI 1751A	-	0,256	Acciaio zincato
3	8	Rondelle 36x125 sp=6 - 100 HV ISO 7083 C	-	0,623	Acciaio zincato
4	8	Astelli di centraggio per barra M33	-	-	Polipropilene
TOTALE				18,784	



MATERIALE NECESSARIO PER LA PIASTRA D'ATTACCO DI UN SUPPORTO PENDOLO PER SOSPENSIONE LINEA DI CONTATTO

POS.	NUM.	DESCRIZIONE	Lg. (mm)	Peso (kg)	MATERIALE
1	1	Piastra 420x210 UNI EN 10029	420	27,731	Acciaio S355 JR UNI EN 10025
	5000	Piastra 380x10 UNI EN 10029	340	21,886	Acciaio S355 JR UNI EN 10025
	5001	Piastra 95x10 UNI EN 10029	210	6,272	Acciaio S355 JR UNI EN 10025
TOTALE				55,889	

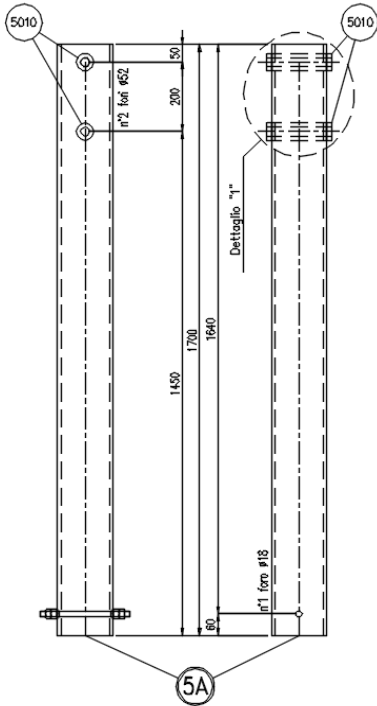
NOTA: Dopo la zincatura, verificare l'accoppiamento e la rotazione con il supporto pendolo



Per permettere la corretta rotazione del supporto pendolo fra la piastra, verificare:

- che le due piastre siano regolari e parallele fra loro;
- che i fori e le fessure circolari delle due piastre siano perfettamente allineati.

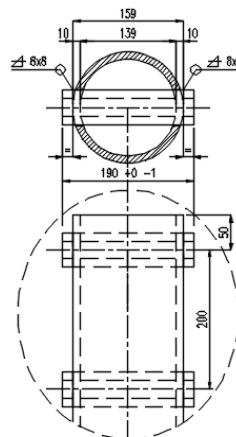
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 9 di 45



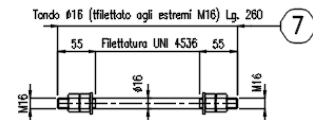
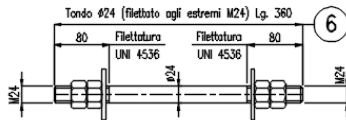
MATERIALE NECESSARIO PER UN SUPPORTO PENDULO PER SOSPENSIONE LINEA DI CONTATTO						
POS.	NUM.	DESCRIZIONE	Lg. (mm)	Peso (kg)	MATERIALE	
5A	5A	1 Tubo \varnothing 159	UNI EN 10220	1700	40,221	Acciaio S355 JR UNI EN 10025
	5010	2 Tubo \varnothing 50 sp. 12 (ottenuto da un tozzo \varnothing 50)	UNI EN 10060	190	2,477	Acciaio S355 JR UNI EN 10025
TOTALE					42,698	

MATERIALE NECESSARIO PER UN SUPPORTO PENDULO PER SOSPENSIONE LINEA DI CONTATTO						
POS.	NUM.	DESCRIZIONE	Lg. (mm)	Peso (kg)	MATERIALE	
6	2	Tondo M24 (filettato agli estremi M24)	UNI EU 10060	360	2,692	Acciaio Cl. 8.8 UNI EN ISO 898-2
	8	Dado M24	UNI EN ISO 4033	-	1,134	Acciaio Cl. 8.8 UNI EN ISO 898-2
	4	Rondella 24 - 200 HV	UNI EN ISO 7083-1	-	0,108	Acciaio zincato
	1	Tondo M16 (filettato agli estremi M16)	UNI EU 10060	280	0,453	Acciaio Cl. 8.8 UNI EN ISO 898-2
7	4	Dado M16	UNI EN ISO 4033	-	0,168	Acciaio Cl. 8.8 UNI EN ISO 898-2
	2	Rondella 16 - 100 HV	UNI EN ISO 7091	-	0,018	Acciaio zincato
TOTALE					4,573	

NOTA: Dopo la zincatura, verificare accoppiamento e rotazione tra supporto pendulo e attacco (pos. 1)



Dettaglio "1"



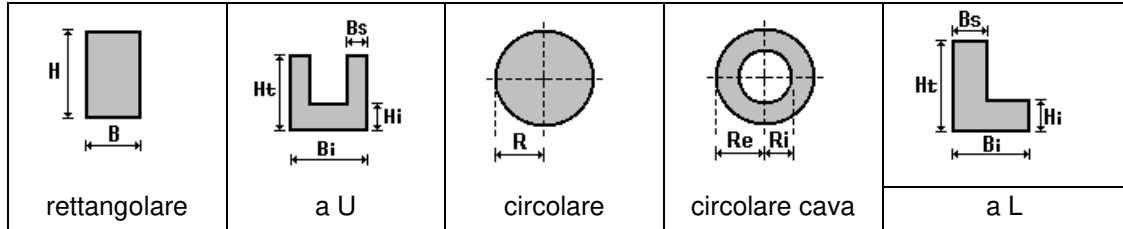
3.2 SEZIONI

Si sono utilizzati profili semplici e di tipo generico (introdotti dall'utente). Le sezioni sono individuate da una sigla e da un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidità
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

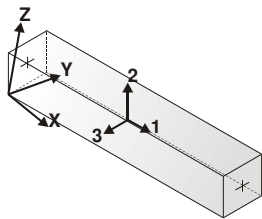
I dati soprariportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidità degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 10 di 45

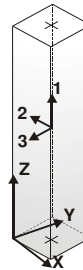


Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
1	m33	8.55	7.22	7.22	11.64	5.82	5.82	3.53	3.53	5.99	5.99
7	tirafondi M24-Circolare: r=1.2	4.52	3.82	3.82	3.26	1.63	1.63	1.36	1.36	2.30	2.30
10	palina-Circolare cava: re=7.95 ri=6.95	46.81	0.0	0.0	2609.76	1304.88	1304.88	164.14	164.14	222.34	222.34
11	tirante palo mensola-Circolare: r=0.8	2.01	1.70	1.70	0.64	0.32	0.32	0.40	0.40	0.68	0.68
12	TUBO 76.1x5.0 MENSOLA TUBOLARE	11.17	0.0	0.0	141.84	70.92	70.92	18.64	18.64	25.32	25.32
13	elemento rigido-Circolare: r=1	3.14	2.65	2.65	1.57	0.79	0.79	0.79	0.79	1.33	1.33

Riferimenti locali delle sezioni degli elementi 2D:



Orientamento elementi 2D non verticali



Orientamento elementi 2D verticali

3.3 MATERIALI

Di seguito le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nella modellazione agli elementi finiti:

acciaio			Young	modulo di elasticità normale
	Ft	tensione di rottura a trazione	Poisson	coefficiente di contrazione trasversale
	Fy	tensione di snervamento	G	modulo di elasticità tangenziale
	Fd	resistenza di calcolo	Gamma	peso specifico
			Alfa	coefficiente di dilatazione termica

Il riferimento per il materiale proviene dai documenti di capitolato tecnico RFI2014 dove è indicato l'acciaio S355 per profili UPN, tralicciatura, tirafondi, piastra di base ed alette di rinforzo. Riportiamo la tabella delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio utilizzato nelle verifiche di seguito descritte:

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
12	acciaio Fe510 - S355	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/cm ²	daN/cm ³		
	Tensione ft	5100.0		2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.80e-03	1.20e-05	
	Resistenza fd	3550.0							
47	acciaio inf. rigi.			2.100e+09	0.30	8.077e+08	7.80e-03	1.00e-05	

La simulazione dei collegamenti per il trasferimento delle sollecitazioni derivati dai carichi applicati viene seguita mediante link infinitamente rigidi.

Per quanto relativo ai coefficienti parziali e ai criteri di progetto si è fatto riferimento alle seguenti tabelle:

Aste acc.	
Generalità	
Beta assegnato	0.80

Pilastrini acc.	
Lunghezze libere	
Metodo di calcolo 2-2	Assegnato

Travi acc.	
Lunghezze libere	
3-3 Beta * L automatico	Si

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 11 di 45

Verifica come controvento	Si
Usa condizioni I e II	No
Coefficiente gamma M0	1.05
Coefficiente gamma M1	1.05
Coefficiente gamma M2	1.25

2-2 Beta assegnato	2.00
2-2 Beta * L assegnato [cm]	0.0
Metodo di calcolo 3-3	Assegnato
3-3 Beta assegnato	2.00
3-3 Beta * L assegnato [cm]	0.0
1-1 Beta assegnato	1.00
1-1 Beta * L assegnato [cm]	0.0
Generalità	
Coefficiente gamma M0	1.05
Coefficiente gamma M1	1.05
Coefficiente gamma M2	1.25
Effetti del 2 ordine	Si

3-3 Beta assegnato	1.00
3-3 Beta assegnato [cm]	0.0
2-2 Beta * L automatico	Si
2-2 Beta assegnato	1.00
2-2 Beta * L assegnato [cm]	0.0
1-1 Beta * L automatico	Si
1-1 Beta assegnato	1.00
1-1 Beta * L assegnato [cm]	0.0
Generalità	
Coefficiente gamma M0	1.05
Coefficiente gamma M1	1.05
Coefficiente gamma M2	1.25

3.4 CASI DI CARICO (§ 6.2 CEI EN 50119)

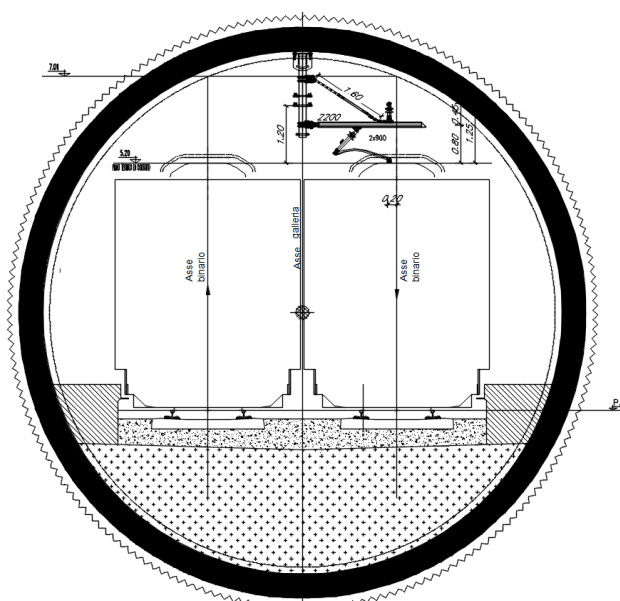
I casi di carico che si sono considerati e che danno origine alle azioni applicate alle strutture sono rappresentati dai:

- Pesì propri strutturali.
- Carichi variabili dovuti al peso dei conduttori.
- Carichi variabili dovuti al tiro dei conduttori.
- Carichi di origine sismica (Sismicità di base valutata per Apice (BN), opere in classe d'uso III, vita nominale 75 anni, tipo di suolo A e categoria topografica T1).

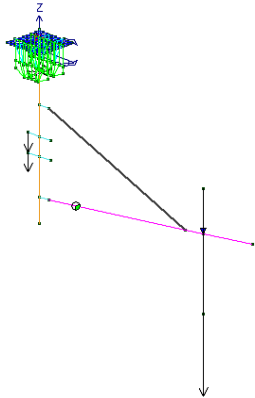
I carichi da vento meteorologico non si sono applicati in quanto le strutture in questione si trovano in galleria e in quanto l'azione del vento risulta poco rilevante sui penduli costituiti da una struttura tubolare il cui coefficiente di resistenza C_{str} sarebbe 0,7 (§ 6.2.4.7 CEI EN 50119) .

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

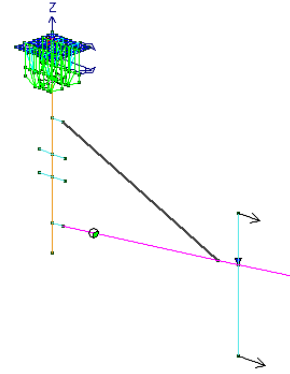
3.4.1 CASO 1 :PENDULO NORMALE IN RETTIFILLO CONFIGURAZIONE TESA



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 12 di 45

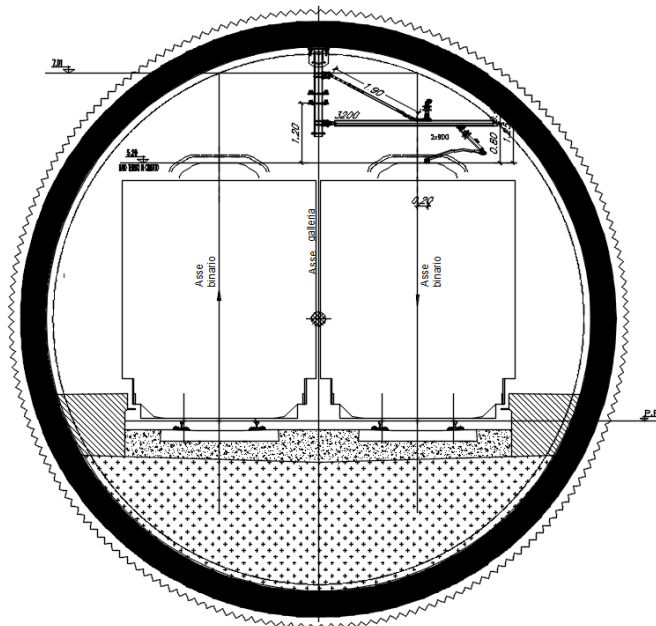


Pesi conduttori

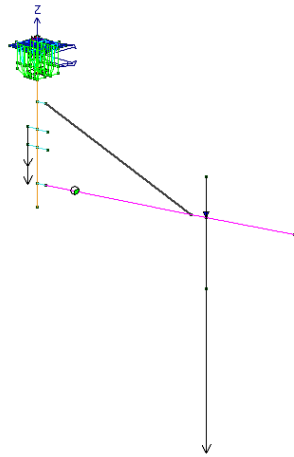


Tiri conduttori

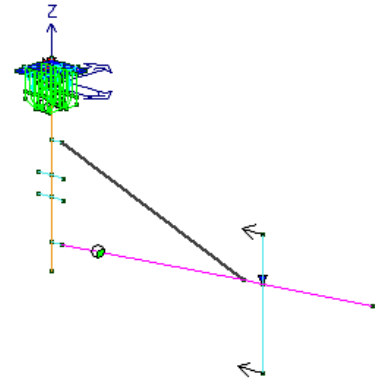
3.4.2 CASO 2 :PENDULO NORMALE IN RETTIFILLO CONFIGURAZIONE COMPRESSA



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO		IF28	01	E ZZ CL	LC0000 004	B	13 di 45

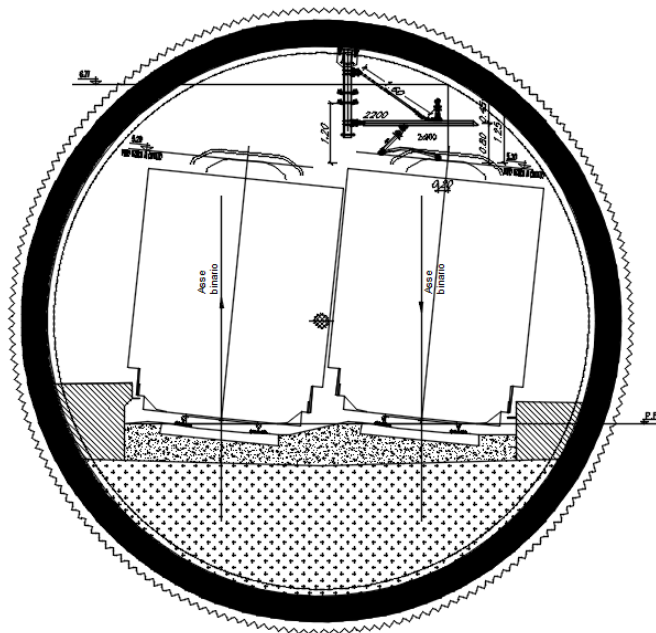


Pesi conduttori

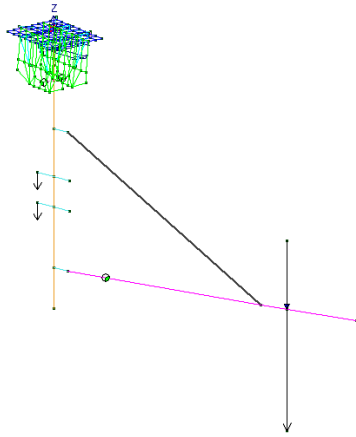


Tiri conduttori

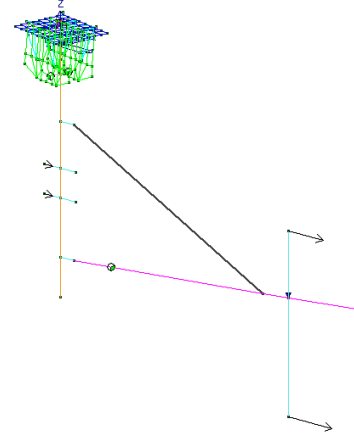
3.4.3 CASO 3 :PENDULO NORMALE IN CURVA CONFIGURAZIONE TESA



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 14 di 45
PROGETTO ESECUTIVO						

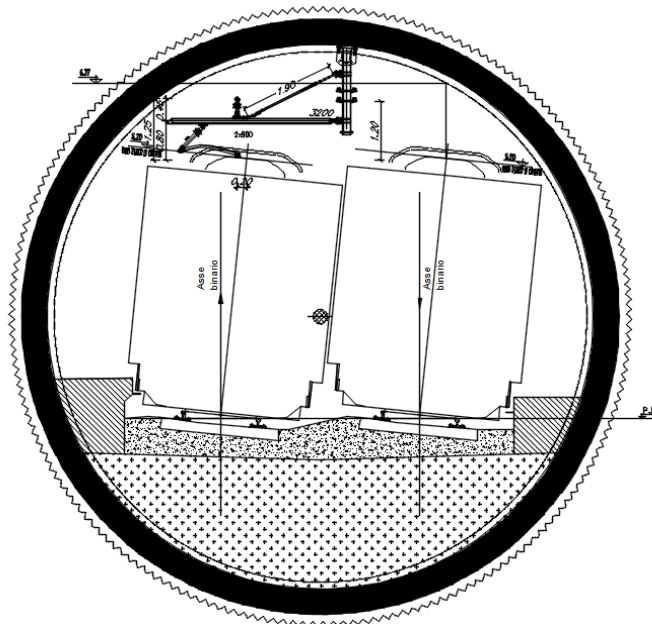


Pesi conduttori

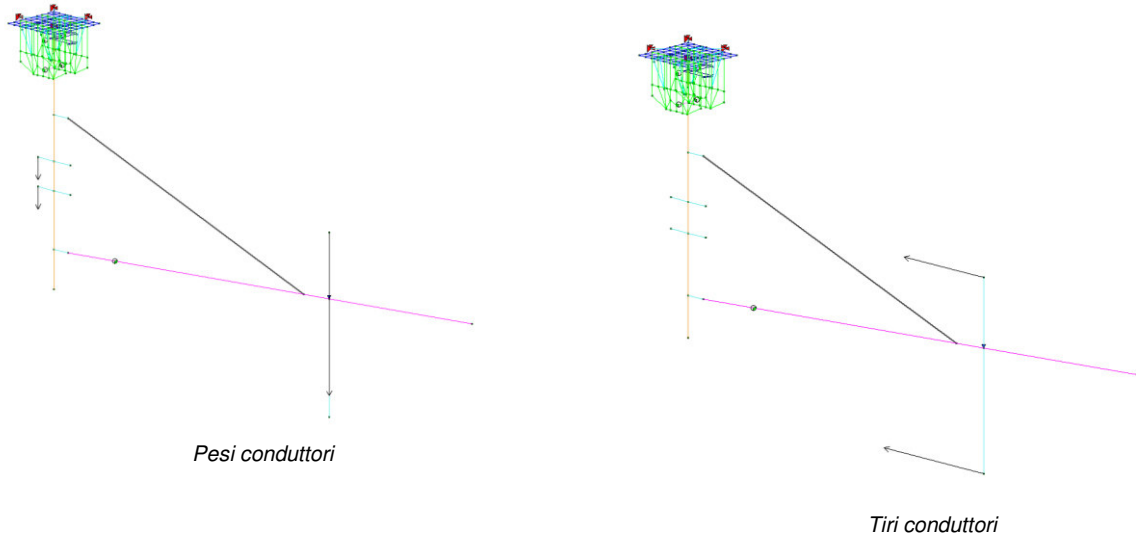


Tiri conduttori

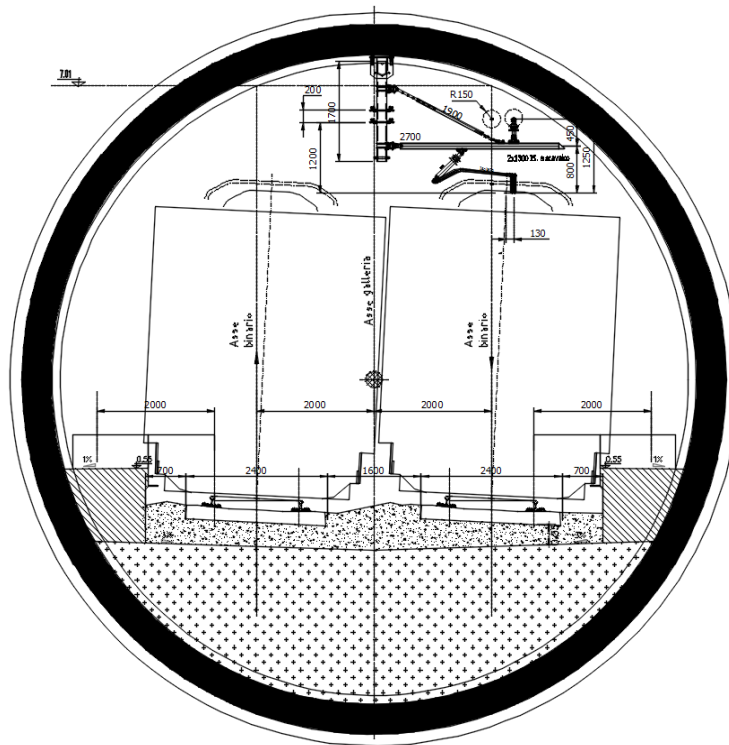
3.4.4 CASO 4 :PENDULO NORMALE IN CURVA CONFIGURAZIONE COMPRESSA



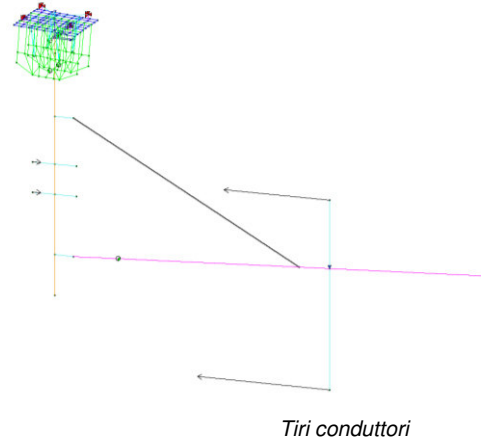
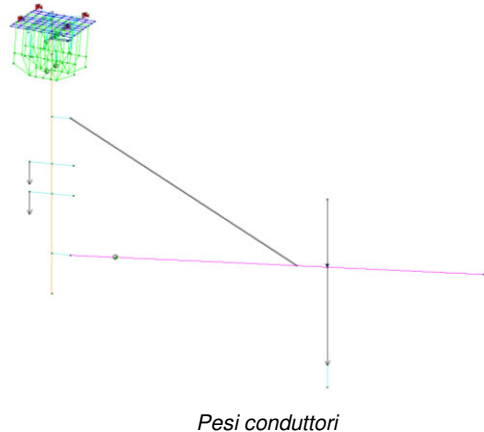
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 16 di 45



3.4.6 CASO 6 : PENDULO PRECEDENTE ORMEGGIO IN CURVA



APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 17 di 45



Il caso 4 di pendulo normale in curva con mensola compressa risulta la configurazione di carico più gravosa e di questo si riporteranno le verifiche strutturali.

3.5 COMBINAZIONI DEI CASI DI CARICO AGLI SLU (STATI LIMITE ULTIMI)

L'analisi delle azioni agenti sulla struttura in acciaio è stata eseguita seguendo quanto previsto dalla normativa DM '18 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 riportiamo in forma tabellare i coefficienti parziali e di combinazione utilizzati nella determinazione delle combinazioni di carico agli SLU.

Tabella 1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU (tab. 2.6.I del DM'18)

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

Tabella 2 - Valori dei coefficienti di combinazione (tab. 2.5.I del DM'18)

	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini...	1,00	0,90	0,80
Vento	0,60	0,20	0,00

Le combinazioni utilizzate nelle verifiche prevedono la dipendenza dei tiri dei conduttori con i relativi pesi. Analogamente le combinazioni sismiche sono prive delle azioni del vento e le combinazioni caratteristiche hanno tutte coefficienti parziali unitari. Le combinazioni saranno riportate nelle verifiche condotte nel seguito.

Per la verifica della struttura in acciaio seguiremo l'approccio 2 definito in §2.6.1 per stati limite ultimi di tipo STR con coefficienti parziali per le azioni di tipo A1.

In particolare, si è ritenuto di utilizzare il seguente approccio progettuale:

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 18 di 45

- Approccio 2 in combinazione 2 del tipo (A1+M1+R3).

In questo approccio progettuale si considerano i coefficienti parziali di tipo A1 per la determinazione delle azioni di progetto e quelli di sicurezza agenti sulle proprietà geotecniche dei materiali di tipo M1 ed R3 per la determinazione della resistenza di progetto.

Si eseguiranno le verifiche sia per i casi statici che per i casi sismici.

Combinazioni di tipo statico

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori
1	SLU	Comb. SLU A1 1	1.30	1.50	1.50
2	SLU	Comb. SLU A1 2	1.00	1.50	1.50

Combinazioni di tipo sismico

Cmb	Tipo	Sigla Id	Peso proprio	Peso conduttori	Tiro conduttori	Sisma in X	Sisma in Y
1	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 1	1.00	0.80	0.80	-1.00	-0.30
2	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 2	1.00	0.80	0.80	-1.00	0.30
3	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 3	1.00	0.80	0.80	1.00	-0.30
4	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 4	1.00	0.80	0.80	1.00	0.30
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5	1.00	0.80	0.80	-0.30	-1.00
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6	1.00	0.80	0.80	-0.30	1.00
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7	1.00	0.80	0.80	0.30	-1.00
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8	1.00	0.80	0.80	0.30	1.00

Contrariamente alle combinazioni sismiche del dis RFI E64864c il coefficiente di combinazione utilizzato è pari a 0,8 anziché 1. Questo perché si è tenuto in conto anche della presenza del ghiaccio sui conduttori (a differenza di ciò che invece dice il Capitolato, in cui nella combinazioni sismiche il coefficiente di moltiplicazione del ghiaccio Q1 è nullo). Da un'analisi condotta infatti risulta che utilizzare il coefficiente 0,8 considerando anche il peso del ghiaccio, va a compensare l'utilizzo del coefficiente 1 sui carichi tipo G2 escludendo la presenza del ghiaccio Q1. I risultati che si ottengono sono analoghi.

Come specificato sempre nel Capitolato Tecnico RFI E 64564c a pag 6, a favore di sicurezza, il coefficiente sismico orizzontale k_h e quello verticale k_v sono stati calcolati raddoppiando l'accelerazione come previsto al punto 3.10.3.1 del "Manuale di progettazione delle opere civili- Parte II- Sezione 3- Corpo Stradale".

3.5.1 Azioni applicate

Prendendo a riferimento la parte relativa alle verifiche strutturali della CEI EN 50119 si è scelto di considerare solo un caso di calcolo tra quelli proposti: il caso di carico C in cui sono presenti solo i carichi del ghiaccio.

Condizione C

$$T = -5^{\circ}\text{C}$$

$$W = 0 \text{ m/s}$$

$$P_g = 7 \text{ N/m}$$

3.6 AZIONI DI ORIGINE SISMICA

Le azioni di origine sismica sono state messe in conto prendendo a riferimento la sismicità di base della zona di Apice (BN). Inoltre sono state applicate le seguenti ipotesi di base (D.M. '18 §2.4 e segg.):

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 19 di 45

• Vita nominale dell'opera	≥ 50 anni
• Classe d'uso	Classe III
• Periodo di riferimento per l'azione sismica	$V_R = 75$ anni
• Accelerazione orizzontale massima attesa (SLV)	$a_g = 0,318$
• Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	$F_o = 2,290$
• Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	$T^*c = 0,390$
• Categoria di sottosuolo	C
• Categoria topografica	T1
• Classe di duttilità	Alta

Nota:

L'analisi sismica effettuata è del tipo statica equivalente.

Le azioni di origine sismica sono state messe in conto prendendo a riferimento la sismicità di base della zona di Apice (BN). Se si confronta il valore dell'accelerazione orizzontale massima attesa di Apice (0,3184) con quella di Grottaminarda (0,3211), si può notare che si, il valore di Grottaminarda è più gravoso, ma che se si calcola la loro differenza (0,0027) e la si moltiplica per il basso valore della massa sollecitata di un palo di sostegno della TE, la differenza risulta ininfluente sui carichi alla base del palo.

3.7 AZIONI DOVUTE AI CONDUTTORI

Si prevede l'impiego dei seguenti conduttori:

- Catenaria 540 mm² CPR
- Corde di terra tipo TACSR

In seguito in forma tabellare saranno riportati i valori delle azioni applicate nella condizione C.

3.7.1 Diametri equivalenti dei conduttori

In riferimento al calcolo delle azioni dovute ai conduttori nella condizione di carico C, nella quale è concomitante la presenza del ghiaccio e del vento, è necessario tenere in conto lo spessore del manicotto di ghiaccio che determina un aumento di peso (0,7 daN/m) ed un aumento della superficie investita dal vento. Normativamente il doc. E64864 riprende il §6.2.6 della EN 50119:2010-05 relativo ai "Carichi combinati del vento e del ghiaccio" dove il valore del diametro equivalente, indicato di seguito con D_I , si valuta mediante la formula:

$$D_I = (d^2 + 4 g_{IK} / (\pi \rho_1))^{0,5}$$

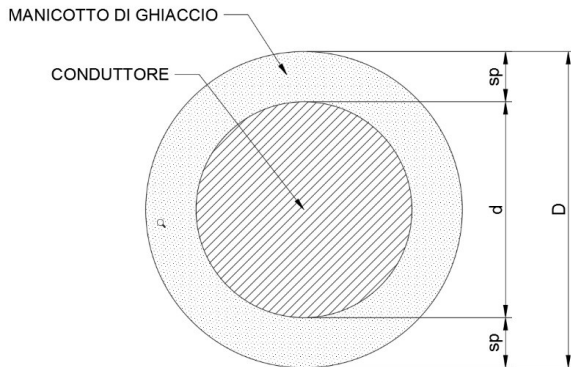
Nella quale si è indicato con:

d = diametro del conduttore

g_{IK} = peso del manicotto di ghiaccio (nel nostro caso 0,7 daN/m)

ρ_1 = peso dell'unità di volume del ghiaccio (peso specifico pari a 900 daN/m³)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 20 di 45



$$D = d + 2 \text{ sp}$$

$$A_m = A_T - A_c = \pi D^2 / 4 - \pi d^2 / 4$$

$$P_g = A_m \gamma L = (\pi / 4) (D^2 - d^2) \gamma \quad (L = 1 \text{ m})$$

$$4 P_g / (\pi \gamma) = D^2 - d^2$$

$$D = (d^2 + 4 P_g / (\pi \gamma))^{0,5}$$

Esplicitiamo adesso i valori delle azioni eseguiti automaticamente dal programma Pali 16-14-3-1 previo calcolo dei diametri equivalenti.

Conduttura 540 mm² e 270 mm²

Fili

- diametro fili d=14,5 mm
- peso lineare p=1,3335 daN/m

Calcolo del diametro equivalente:

$$D_i = (d^2 + 4 g_{IK} / (\pi \rho_i))^{0,5} = (0,0145^2 + 4 \times 0,7 / (3,14 \times 900))^{0,5} = 0,03465 \text{ m}$$

Spessore del manicotto $sp = (D_i - d) / 2 = (0,03465 - 0,0145) / 2 = 0,0101 \text{ m}$

Funi

- diametro funi d=14 mm
- peso lineare p=1,07 daN/m

calcolo del diametro equivalente:

$$D_i = (d^2 + 4 g_{IK} / (\pi \rho_i))^{0,5} = (0,014^2 + 4 \times 0,7 / (3,14 \times 900))^{0,5} = 0,03445 \text{ m}$$

Spessore del manicotto $sp = (D_i - d) / 2 = (0,03445 - 0,014) / 2 = 0,0102 \text{ m}$

Corda di terra tipo TACSR

- Diametro d=15,82 mm
- Peso lineare p=0,4682 daN/m

Calcolo del diametro equivalente:

$$D_i = (d^2 + 4 g_{IK} / (\pi \rho_i))^{0,5} = (0,01582^2 + 4 \times 0,7 / (3,14 \times 900))^{0,5} = 0,03523 \text{ m}$$

Spessore del manicotto $sp = (D_i - d) / 2 = (0,03523 - 0,01582) / 2 = 0,0097 \text{ m}$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 21 di 45

3.7.2 Formulazioni per il calcolo delle azioni radiali

Azione trasversale conduttori deviati

$$H_{t\alpha} = Td \times \text{sen} (\alpha)$$

$$H_{t\beta} = Td \times \text{sen} (\beta)$$

Azione trasversale dovuta alle corde di terra:

$$H_{Ew} = T_{Ew} \cdot \left(\frac{C_1}{2 \cdot R} + \frac{C_2}{2 \cdot R} \right)$$

Dove:

T_i = tiro corda di terra

C_1 = lunghezza campata precedente

C_2 = lunghezza campata successiva

R = raggio curva (caso di rettilineo)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 22 di 45

4 ANALISI STRUTTURALE

Mettendo a confronto gli sfruttamenti dei vari elementi che costituiscono la struttura, il caso 4 risulta quello più gravoso dei sei analizzati.

Di quest'ultimo (pendulo normale in curva con configurazione compressa) si riporta l'analisi strutturale.

4.1 TABELLA DELLA AZIONI AGENTI IN CONDIZIONE C

Condizione C.

(Temperatura -5°C; Vento assente; peso ghiaccio=7 N/m).

Tracciato geometrico

-	Condizione di tracciato : Curva Interna	-	-
R	Raggio di curva	2000	[m]
s	Sopraelevazione binari	145	[mm]
C1	Campata precedente	60	[m]
C2	Campata successiva	60	[m]
Cg	Campata di calcolo	60	[m]
-	Sostegno tipo	PENDULO	[-]
T	Temperatura di calcolo	-5	[°C]
pg	Peso del manicotto di ghiaccio	0,7	[daN/m]
p pen	Peso lineare della pendinatura	0,35	[daN/m]

Proprietà dei conduttori

-	Tipologia conduttore (1) : 540	-	[-]
d fdc1	Diametro fili di contatto conduttore (1)	14,5	[mm]
d fp1	Diametro funi portanti conduttore (1)	14	[mm]
Dp1 fdc1	Poligonazione precedente fili conduttore (1)	150	[mm]
Dp1 fp1	Poligonazione precedente funi conduttore (1)	150	[mm]
Dp fdc1	Poligonazione di calcolo fili conduttore (1)	150	[mm]
Dp fp1	Poligonazione di calcolo funi conduttore (1)	150	[mm]
Dp2 fdc1	Poligonazione successiva fili conduttore (1)	150	[mm]
Dp2 fp1	Poligonazione successiva funi conduttore (1)	150	[mm]
p fdc1	Peso lineare fili di contatto conduttore (1)	1,3335	[daN/m]
p fp1	Peso lineare funi portanti conduttore (1)	1,07	[daN/m]
T fdc1	Tiro fili di contatto conduttore (1)	1875	[daN]
T fp1	Tiro funi portanti conduttore (1)	1500	[daN]
-	Tipologia cdt (1) : TACSR sez.170 De 15,82	-	[-]
Cg1	Campata di calcolo (1)	60	[m]
d cdt1	Diametro corde di terra (1)	15,82	[mm]
h cdt1	Altezza corde di terra (1)	0	[mm]
p cdt1	Peso lineare corde di terra (1)	0,4682	[daN/m]
-	Tipologia cdt (2) : TACSR sez.170 De 15,82	-	[-]
Cg2	Campata di calcolo (2)	60	[m]
d cdt2	Diametro corde di terra (2)	15,82	[mm]

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>LC0000 004</td> <td>B</td> <td>23 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	LC0000 004	B	23 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	LC0000 004	B	23 di 45								

h cdt2	Altezza corde di terra (2)	0	[mm]
p cdt2	Peso lineare corde di terra (2)	0,4682	[daN/m]

Azioni verticali

P fdc1	Azione verticale dovuta ai fili conduttore (1)	-244,02	[daN]
P fp1	Azione verticali dovuta alle funi conduttore (1)	-212,4	[daN]
P cdt1	Azione verticale dovuta alla corda di terra (1)	-70,09	[daN]
P cdt2	Azione verticale dovuta alla corda di terra (2)	-70,09	[daN]

Azioni trasversali

Hx fdc1	Azione trasversale dovuta ai fili conduttore (1)	112,5	[daN]
Hx fp1	Azione trasversale dovuta alle funi conduttore (1)	90	[daN]
Hx cdt1	Azione trasversale dovuta alla corda di terra (1)	29,24	[daN]
Hx cdt2	Azione trasversale dovuta alla corda di terra (2)	29,24	[daN]

4.2 CARICHI APPLICATI ALLA STRUTTURA NEL MODELLO AD ELEMENTI FINITI IN CONDIZIONE C

Carico concentrato nodale

Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
1	C.Conduttore di linea 1 Funi Pesi=-212.4	0.0	0.0	-212.40	0.0	0.0	0.0
2	C.Conduttore di linea 1 Funi Tiri=90	90.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	C.Conduttore di linea 1 Fili Pesi=-244.02	0.0	0.0	-244.02	0.0	0.0	0.0
5	C.Conduttore di linea 1 Fili Tiri=112.5	112.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	C.Conduttore di linea 1 Pendinatura e Sospensione=-51	0.0	0.0	-51.00	0.0	0.0	0.0
8	C.Corda di terra 1 Peso=-70.09	0.0	0.0	-70.09	0.0	0.0	0.0
9	C.Corda di terra 1 Tiro=29.24	29.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	C.Corda di terra 2 Peso=-70.09	0.0	0.0	-70.09	0.0	0.0	0.0
12	C.Corda di terra 2 Tiro=29.24	29.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 24 di 45

5 VERIFICA STRUTTURALE (RIF. § 6 E SEGG. CEI EN 50119, §4.2 D.M.'18)

Ai fini delle verifiche (come da D.M. 17 Gennaio 2018 e circolare 21 Gennaio 2019 n.7) i tipi elementi differiscono per i seguenti aspetti:

Verifica	Aste	Travi	Pilastri
4.2.3.1 Classificazione	X	X	X
4.2.4.1.2 Trazione, Compressione	X	X	X
Taglio, Torsione		X	X
Flessione, taglio e forza assiale		X	X
4.2.4.1.3.1 Aste compresse	X	X	X
4.2.4.1.3.2 Instabilità flessio-torsionale		X	X
4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse		X	X

L'insieme delle verifiche sopra riportate è condotto sugli elementi purché dotati di sezione idonea come da tabella seguente:

Azione	SEZIONI GENERICHE	PROFILI SEMPLICI	PROFILI ACCOPPIATI
4.2.3.1 Classificazione automatica	L, doppio T, C, rettangolare cava, circolare cava	Tutti	Da profilo semplice
4.2.3.1 Classificazione di default 2	Circolare		
4.2.3.1 Classificazione di default 3	restanti		
4.2.4.1.2 Trazione	si	si	si
4.2.4.1.2 Compressione	si	si	si
4.2.4.1.2 Taglio, Torsione	si	si	si
4.2.4.1.2 Flessione, taglio e forza assiale	si	si	si
4.2.4.1.3.1 Aste compresse	si	si	per elementi ravvicinati e a croce o coppie calastrellate
4.2.4.1.3.2 Travi inflesse	doppio T simmetrica	doppio T	no

Le verifiche sono riportate in tabelle con il significato sotto indicato; le verifiche sono espresse dal rapporto tra l'azione di progetto e la capacità ultima, pertanto la verifica ha esito positivo per rapporti non superiori all'unità.

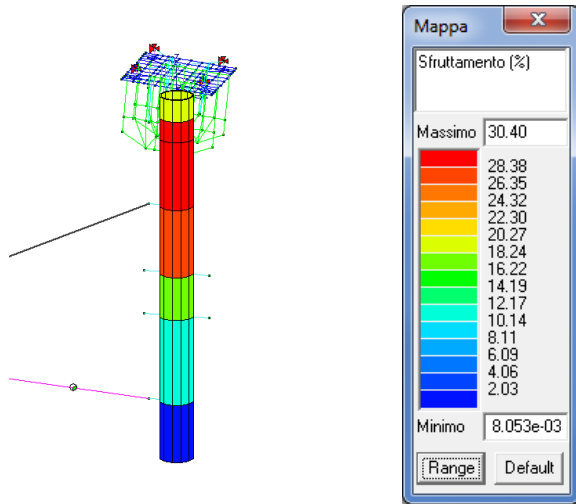
Asta	Trave	Pilastro	numero dell'elemento
Stato	codice di verifica per resistenza, stabilità, svergolamento		
Note	sezione e materiali adottati per l'elemento		
V N	(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per punto (4.2.6) e (4.2.10)		
V V/T	(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per azioni taglio-torsione		
V N/M	(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per azioni composte con riduzione per taglio (4.2.41) ove richiesto		
N M3 M2 V2 V3 T	sollecitazioni di interesse per la verifica		
V stab	(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punto (4.2.42)		
V stab	(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punti (C4.2.32) o (C4.2.36) (membrature inflesse e compresse senza/con presenza di instabilità flessio-torsionale)		
BetaxL B22xL B33xL	lunghezze libere di inflessione (se indicato riferiti al piano di normale 22 o 33 rispettivamente)		
Snellezza	snellezza massima		
Classe	classe del profilo		
Chi mn	coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità pertinente		
Rif. cmb	combinazioni in cui si sono rispettivamente attinti i valori di verifica più elevati		

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 25 di 45

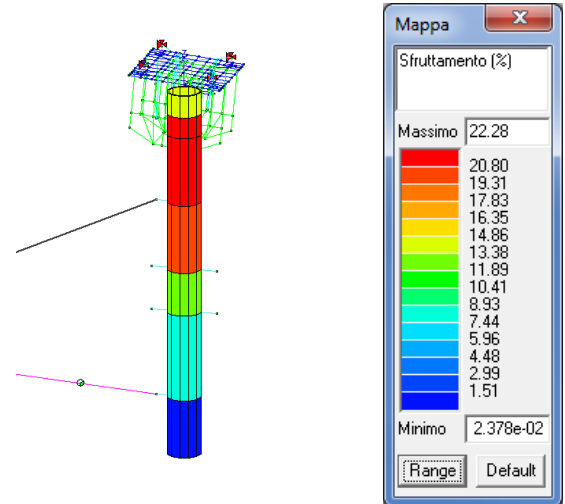
5.1 PENDULO TUBOLARE Ø159 (S355)

Dalle verifiche condotte si sono ottenuti i seguenti valori dello sfruttamento massimo delle sezioni in condizione C:

Combinazioni statiche



Combinazioni sismiche



Riportiamo in forma tabellare i valori delle verifiche eseguite per ogni elemento finito rappresentante il profilo (acciaio S355) nelle combinazioni statiche in condizione c:

Pilas.	Stato	Note	V V/T	V N/M	V stab	Cl.	LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V flst	LamS LT	Chi LT	Rif. cmb
3	ok	s=10,m=13	0.04	0.26		1								1,1,0,0
4	ok	s=10,m=13	0.19	0.30		1								1,1,0,0
11	ok	s=10,m=13	0.04	0.11		1								1,1,0,0
12	ok	s=10,m=13	0.19	0.16		1								1,1,0,0
13	ok	s=10,m=13	0.0	8.05e-05		1								1,1,0,0
14	ok	s=10,m=13	6.80e-03	0.30		1								2,1,0,0
15	ok	s=10,m=13	0.04	0.17		1								1,1,0,0
Pilas.			V V/T	V N/M	V stab		LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V flst	LamS LT	Chi LT	
			0.19	0.30										

Ogni singolo elemento risulta verificato. Il valore massimo raggiunto dello sfruttamento è pari al 30,40 % raggiunto nella verifica di resistenza.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 26 di 45

Verifiche di Resistenza, di Stabilità e di Taglio/Torsione [DM'18 e circ. esplic. 7/19].

Verifiche di resistenza M/N [DM'18 §4.2.4.1.2 e segg.].Classificazione della sezione. Rif.§4.2.3.1 DM'18.

Tipologia sezione: Profilo Circolare Cavo

Coefficiente Epsilon= 0,81

Profilo in classe di resistenza: 1.

Parti soggette a compressione e/o flessione:

Classe 1: Rapporto $d / t = 159 / 10 = 15,9 \leq 32,81 = 50 \times \text{Epsilon}^2$

Classe 2: Rapporto $d / t = 159 / 10 = 15,9 \leq 45,93 = 70 \times \text{Epsilon}^2$

Classe 3: Rapporto $d / t = 159 / 10 = 15,9 \leq 59,05 = 90 \times \text{Epsilon}^2$

Profilo in classe di resistenza: 1.

Le azioni maggiormente gravose per il tratto più sollecitato in esame sono quelle relative all'elemento 14 in combinazione 1 :

Coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza : $gM0 = 1,05$

Resistenza caratteristica dell'acciaio : $f_{yk} = 3550 \text{ daN/cm}^2$

Area sezione lorda: $A = 46,81 \text{ cm}^2$

Azione assiale di progetto: $N_{Ed} = 1099,5 \text{ daN}$

$NRd = A \times f_{yk} / g M0 = 46,81 \times 3550 / 1,05 = 158262,38 \text{ daN}$

$N_{Ed} / NRd = 1099,5 / 158262,38 = 0,69 \%$

Modulo di elasticità plastico $W_{22pl} = 222,34 \text{ cm}^3$

$M_{22pl,Rd} = W_{22pl} \times f_{yk} / g M0 = 222,34 \times 3550 / 1,05 = 751720,95 \text{ daNcm}$

$M_{22Ed} / M_{22pl,Rd} = 0 / 751720,95 = 0 \%$

Modulo di elasticità plastico $W_{33pl} = 222,34 \text{ cm}^3$

$M_{33pl,Rd} = W_{33pl} \times f_{yk} / g M0 = 222,34 \times 3550 / 1,05 = 751720,95 \text{ daNcm}$

$M_{33Ed} / M_{33pl,Rd} = 223334,73 / 751720,95 = 29,71 \%$

Eseguiamo la verifica di resistenza N-M:

$N_{Ed} / (A f_y / gM0) + M_{22,Ed} / (W_{22pl} f_y / gM0) + M_{33,Ed} / (W_{33pl} f_y / gM0) \leq 1$

$1099,5 \times 1,05 / (3550 \times 46,81) + 0 \times 1,05 / (3550 \times 222,34) + 223334,73 \times 1,05 / (3550 \times 222,34) \leq 1$

$0,69 + 0 + 29,71 = 30,4 \%$

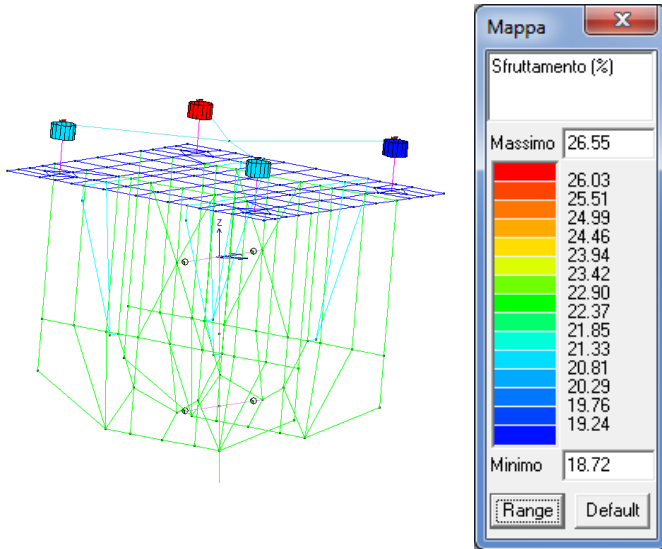
Complessivamente si ha uno sfruttamento della sezione pari al 30,4 %

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 27 di 45
PROGETTO ESECUTIVO						

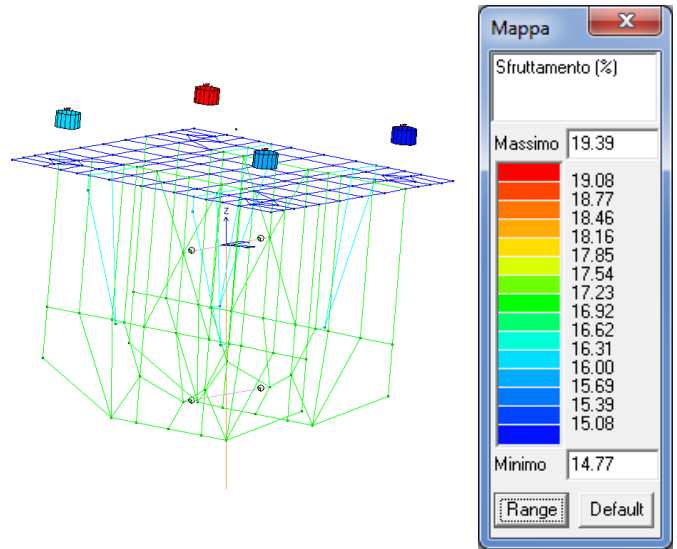
5.2 VERIFICA TIRAFONDI M33 (S355)

Dalle verifiche condotte si sono ottenuti i seguenti valori dello sfruttamento massimo delle sezioni in condizione C:

Combinazioni statiche



Combinazioni sismiche



Riportiamo in forma tabellare i valori delle verifiche eseguite per ogni elemento finito rappresentante i tirafondi (acciaio S355) in condizione C:

Trave	Stato	Note	V V/T	V N/M	V stab	Cl.	LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V fist	LamS LT	Chi LT	Rif. cmb
9	ok	s=1,m=13	0.05	0.19		2								1,1,0,0
31	ok	s=1,m=13	0.05	0.21		2								1,1,0,0
33	ok	s=1,m=13	0.07	0.27		2								1,1,0,0
35	ok	s=1,m=13	0.06	0.21		2								1,1,0,0
Trave			V V/T	V N/M	V stab		LamS 22	LamS 33	Snell.	Chi mn	V fist	LamS LT	Chi LT	
			0.07	0.27										

Ogni singolo elemento tondo $\Phi 33$ risulta verificato. Il valore massimo raggiunto dello sfruttamento è pari al 26,55 % raggiunto nella verifica di resistenza.

Tabella delle sezioni

Sezioni generiche		Profili semplici		Profili accoppiati	
Dati sezione	Progetto acciaio	Verifica acciaio	Soletta cls		
A	8.553	J 2-2	5.821	J 3-3	5.821
A V2	7.216	W 2-2	3.528	W 3-3	3.528
A V3	7.216	Wp 2-2	5.989	Wp 3-3	5.989
Jt	11.643	Altezza	3.3	Base	3.3
%R A	100	%R Jt	100	Alfa pr	0.0
Analisi resistenza al fuoco				J 2-3	0.0
Unità in cm					

m33

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 28 di 45

Verifiche di Resistenza, di Stabilità e di Taglio/Torsione [DM'18 e circ. esplic. 7/19].

Verifiche di resistenza M/N [DM'18 §4.2.4.1.2 e segg.].Classificazione della sezione. Rif.§4.2.3.1 DM'18.

Tipologia sezione: Profilo Circolare Pieno

Coefficiente Epsilon= 0,81

Profilo in classe di resistenza: 1.

Parti soggette a compressione e/o flessione:

Classe 1: Rapporto $d / t = 159 / 10 = 15,9 \leq 32,81 = 50 \times \text{Epsilon}^2$

Classe 2: Rapporto $d / t = 159 / 10 = 15,9 \leq 45,93 = 70 \times \text{Epsilon}^2$

Classe 3: Rapporto $d / t = 159 / 10 = 15,9 \leq 59,05 = 90 \times \text{Epsilon}^2$

Profilo in classe di resistenza: 1.

Le azioni maggiormente gravose per il tratto più sollecitato in esame sono quelle relative all'elemento 33 in combinazione 1 :

Coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza : $gM0 = 1,05$

Resistenza caratteristica dell'acciaio : $f_{yk} = 3550 \text{ daN/cm}^2$

Area sezione lorda: $A = 8,55 \text{ cm}^2$

Azione assiale di progetto: $N_{Ed} = 4551,05 \text{ daN}$

$NRd = A \times f_{yk} / g M0 = 8,55 \times 3550 / 1,05 = 28907,14 \text{ daN}$

$N_{Ed} / NRd = 4551,05 / 28907,14 = 15,74 \%$

Modulo di elasticità plastico $W_{22pl} = 5,99 \text{ cm}^3$

$M_{22pl,Rd} = W_{22pl} \times f_{yk} / g M0 = 5,99 \times 3550 / 1,05 = 20251,9 \text{ daNcm}$

$M_{22Ed} / M_{22pl,Rd} = 0 / 20251,9 = 0 \%$

Modulo di elasticità plastico $W_{33pl} = 5,99 \text{ cm}^3$

$M_{33pl,Rd} = W_{33pl} \times f_{yk} / g M0 = 5,99 \times 3550 / 1,05 = 20251,9 \text{ daNcm}$

$M_{33Ed} / M_{33pl,Rd} = 2189,93 / 20251,9 = 10,81 \%$

Eseguiamo la verifica di resistenza N-M:

$N_{Ed} / (A f_y / gM0) + M_{22,Ed} / (W_{22pl} f_y / gM0) + M_{33,Ed} / (W_{33pl} f_y / gM0) \leq 1$

$4551,05 \times 1,05 / (3550 \times 8,55) + 0 \times 1,05 / (3550 \times 5,99) + 2189,93 \times 1,05 / (3550 \times 5,99) \leq 1$

$15,74 + 0 + 10,81 = 26,56 \%$

Complessivamente si ha uno sfruttamento della sezione pari al 26,56 %

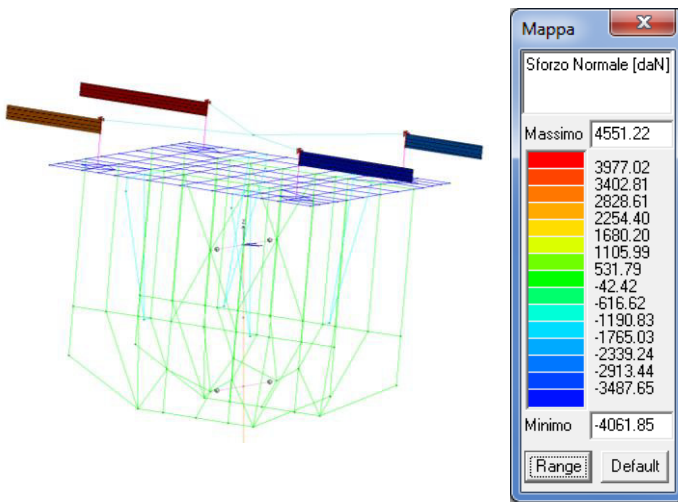
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 29 di 45

5.3 VERIFICA PIASTRA DI BASE(S355)

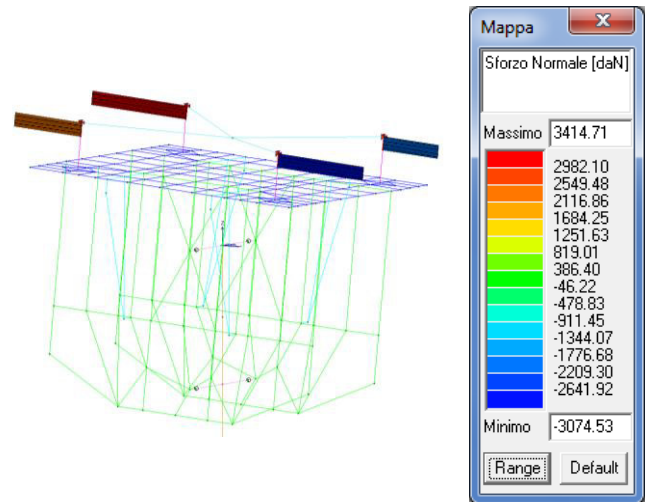
La piastra di base e le piastre di rinforzo laterali sono state modellate attraverso l'utilizzo di elementi d3 denominati shell. Di seguito le verifiche condotte considerando i valori delle sollecitazioni più gravose.

Si riporta il valore massimo degli sforzi assiali agenti sui tirafondi:

Combinazioni statiche

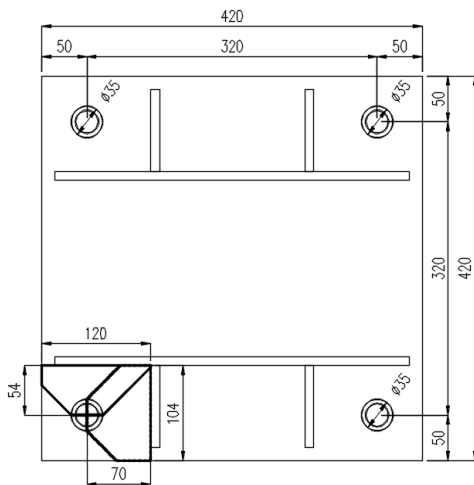


Combinazioni sismiche



5.3.1 Resistenza flessionale della piastra

Il massimo valore dello sforzo assiale di progetto si raggiunge in cmb 1 delle combinazioni statiche ed è pari a $F_{t,Ed} = 4551,22$ daN. La resistenza flessionale della piastra di base si può calcolare considerando la resistenza flessionale delle mensole che convergono nel centro del tirafondo:



- Spessore (t) : 20 [mm]
- Materiale : S355 [-]
- Tensione di rottura piastra (ft) : 510 [N/mm²]
- Tensione di snervamento piastra (fy) : 355 [N/mm²]

Calcolo delle rigidzze flessionali mensole.
 Calcolo del Momento plastico della Mensola 1 :

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 30 di 45

Base mensola (B1) : 120 [mm]

Altezza mensola (H1) : 54 [mm]

Calcolo del Momento plastico della sezione (per unità di larghezza) : $M_{p1} = (t^2 / 4) \times f_{yk} = 33809,52$ [Nmm]

Calcolo della forza che produce il Momento plastico della sezione : $F_{p1} = M_{p1} / H1 = 75,13$ [kN]

Calcolo della deformazione in corrispondenza del foro : $\Delta_1 = F_{p1} \times H1^3 / (3 \times E \times J) = 0,23$ [mm]

Calcolo del Momento plastico della Mensola 2 :

Base mensola (B2) : 104 [mm]

Altezza mensola (H2) : 70 [mm]

Calcolo del Momento plastico della sezione (per unità di larghezza) : $M_{p2} = (t^2 / 4) \times f_{yk} = 33809,52$ [Nmm]

Calcolo della forza che produce il Momento plastico della sezione : $F_{p2} = M_{p2} / H2 = 50,23$ [kN]

Calcolo della deformazione in corrispondenza del foro : $\Delta_2 = F_{p2} \times H2^3 / (3 \times E \times J) = 0,39$ [mm]

Calcolo della forza complessiva in corrispondenza della deformazione minore :

$$R_{fls} = \Delta_{min} \times \left\{ \frac{3 \times E \times J1}{H1^3} + \frac{3 \times E \times J2}{H2^3} \right\} = 105,03 \text{ [kN]}$$

$$R_{fls} = 105,03 \text{ [kN]} > 45,51 \text{ [kN]}$$

5.3.2 Punzonamento piastra.

Resistenza a punzonamento della piastra:

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$$

t = 20 mm

$f_u = 510 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_{M2} = 1,25$

$d_m = 35 \text{ mm}$ (cautelativamente il diametro del foro del tirafondo)

$$B_{p,Rd} = 0,6 \times 3,14 \times 35 \times 15 \times 510 / 1,25 = 538,34 \text{ [kN]}$$

$$B_{p,Rd} = 538,34 \text{ [kN]} > 45,51 \text{ [kN]}$$

5.3.3 Resistenza materiale

Verifichiamo la condizione:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 + \sqrt{\sigma_{x,Ed} \sigma_{z,Ed} + 3 \tau_{Ed}^2} \leq (f_{yk} / \gamma_{M0})^2$$

Per ogni elemento, e per ogni combinazione (o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi.

In particolare vengono riportati in ogni nodo di un elemento per ogni combinazione:

tensione di Von Mises	(valore riassuntivo del complessivo stato di sollecitazione)
-----------------------	--

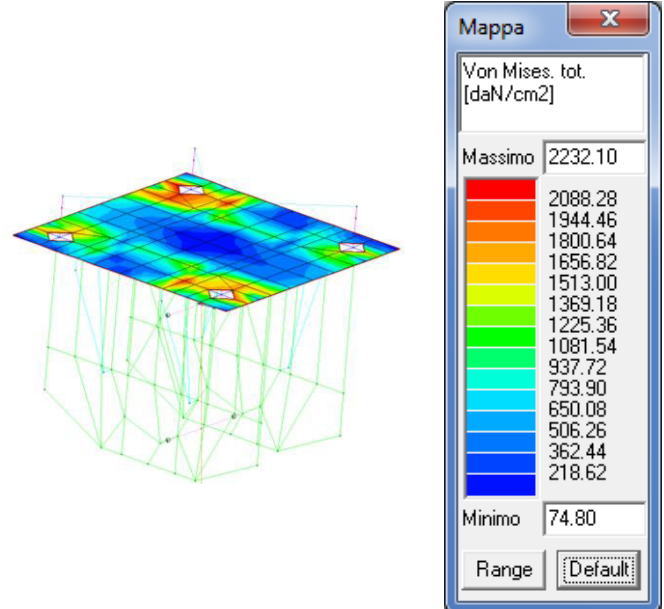
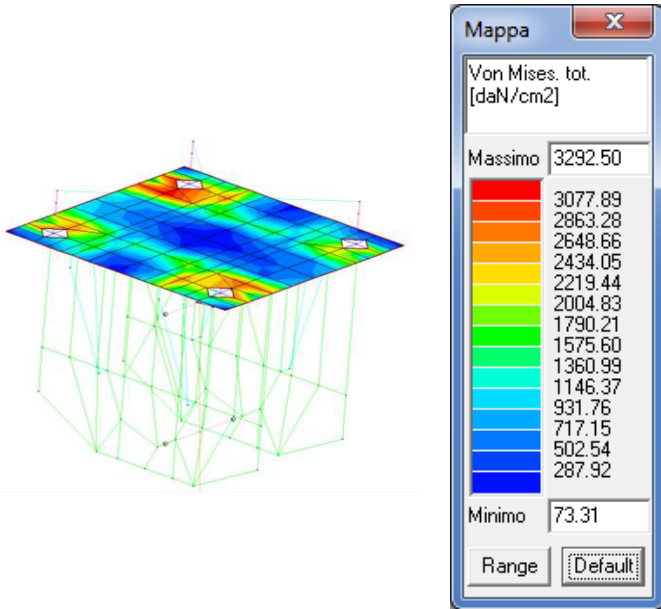
Facciamo notare che nella modellazione gli elementi orizzontali (piastre di base) sono considerati gusci, mentre quelli verticali (alette di rinforzo) setti. Il valore massimo è inferiore alla tensione caratteristica di snervamento della piastra che per acciai tipo Fe510 S355 è $f_{yk} = 3550 \text{ daN/cm}^2$. Considerando un coefficiente di sicurezza $\gamma_{M0} = 1,05$ otteniamo una resistenza pari a 3380 daN/cm^2 .

Dalle verifiche condotte si sono ottenuti i seguenti valori delle tensioni massime sulla piastra (con esclusione degli elementi in corrispondenza dei tirafondi):

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO		IF28	01	E ZZ CL	LC0000 004	B	31 di 45

Combinazioni statiche

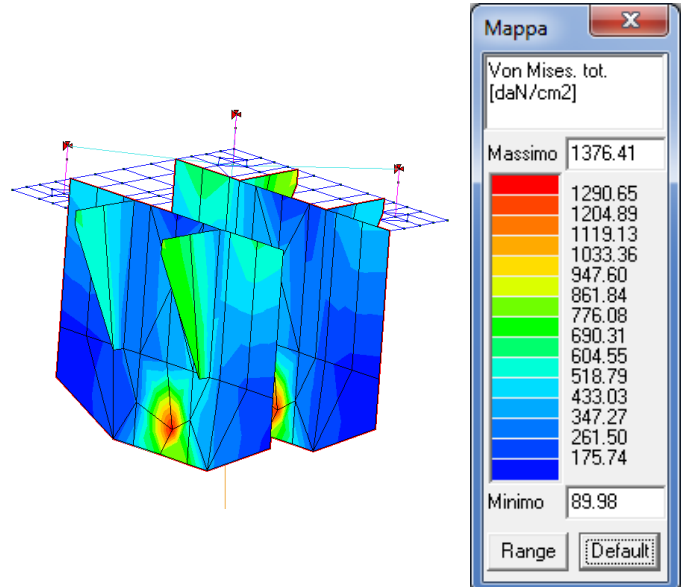
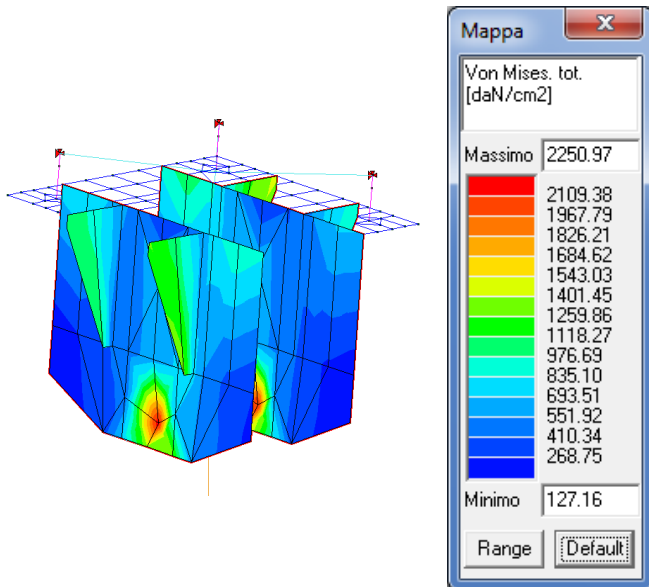
Combinazioni sismiche



E sulle alette di rinforzo:

Combinazioni statiche

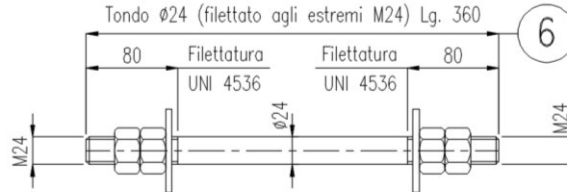
Combinazioni sismiche



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 32 di 45

5.4 VERIFICA DEL PERNO M24 (ACCIAIO CL 8.8)

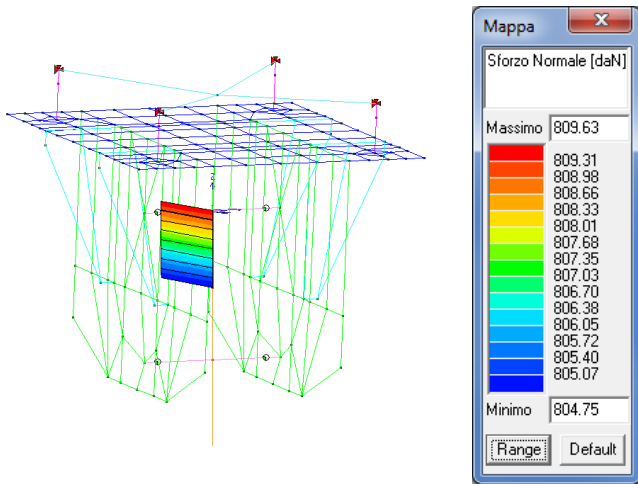
Il collegamento a perno è realizzato mediante un bullone M24 in acciaio cl 8.8.



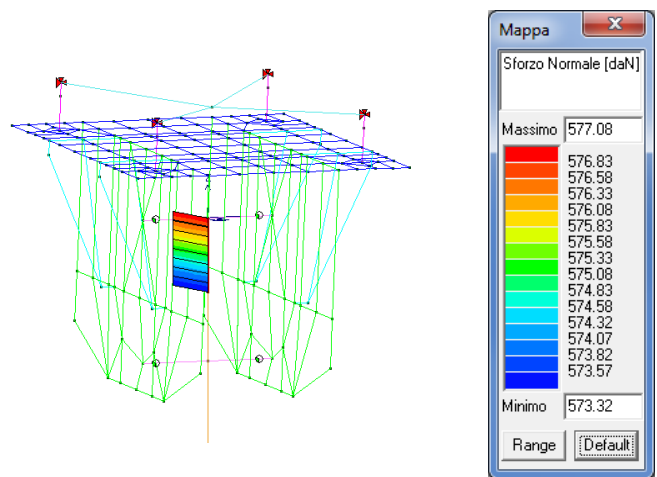
Il perno è realizzato mediante la barra filettata inserita in un tubo $\Phi 50$ sp 12. Eseguiamo la verifica di resistenza del perno utilizzando come azione di progetto la massima trazione agente su uno dei due perni presenti nel collegamento.

Perno superiore:

Combinazioni statiche

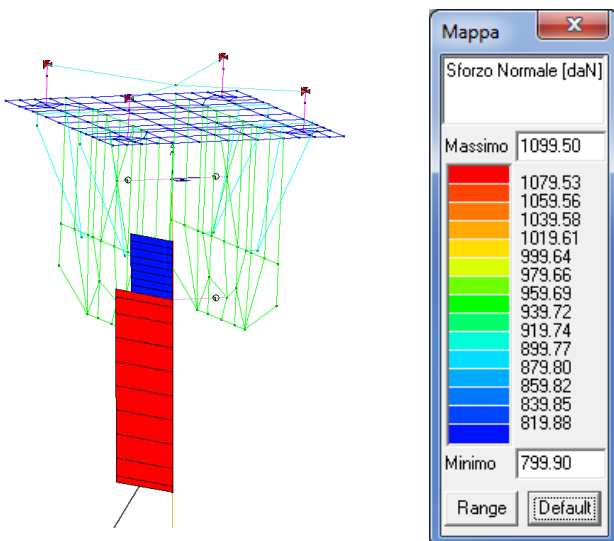


Combinazioni sismiche

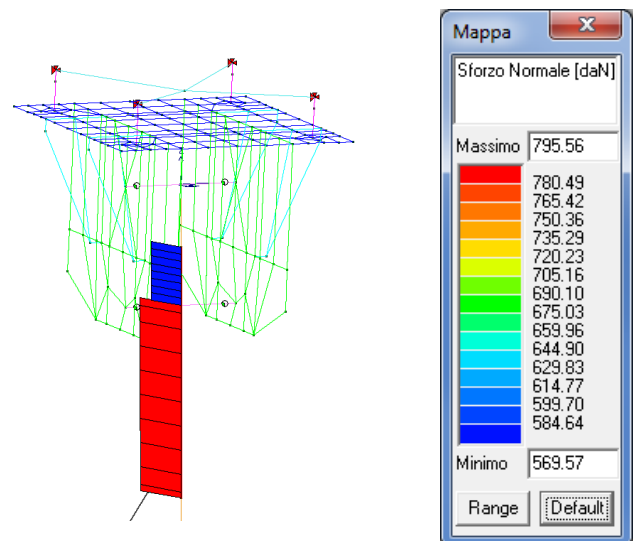


Perno inferiore:

Combinazioni statiche



Combinazioni sismiche



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 33 di 45
PROGETTO ESECUTIVO						

Sul perno superiore abbiamo uno sforzo di trazione pari a 809,63 daN circa.

Su quello inferiore viene scaricato un valore pari a circa :1099,50 – 799,90=299,6 daN

Eseguiremo la verifica di resistenza del perno considerando uno sforzo di trazione pari a $T_{Ed} = 809,63$ daN

Requisiti geometrici per estremità di membrature munite di perni:

Tipo A: Per un dato spessore t

t : [mm]

a >= OK

c >= OK

$$a \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{2H_y} + \frac{2d_0}{3}; c \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{2H_y} + \frac{d_0}{3}$$

Tipo B: Per una data geometria

d0 : [mm] d0 <= OK

a >= OK

c >= OK

L >= OK

s >= OK

t >= OK

$$t \geq 0,7 \sqrt{\frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{f_y}}; d_0 \leq 2,5t$$

Elemento centrale

Elemento laterale

a : [mm]

c : [mm]

s : [mm]

(smusso min s=0.3 d0)

L : [mm]

(Lmin piastra 2.5 d0)

gM0 : [-]

gM2 : [-]

Resistenza Piastra

[Classe] ▾

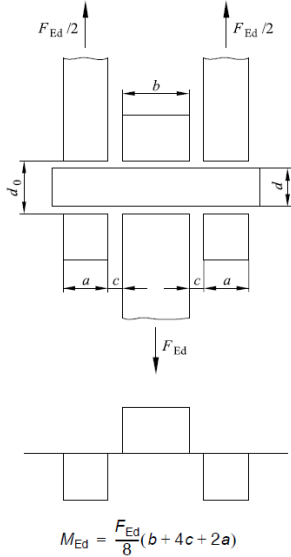
f_y : [N/mm²]

I requisiti geometrici sono rispettati, si può dunque procedere con la verifica del perno.

Posto:

- a=10 mm
- d₀=26 mm
- c=0 mm
- t=190 mm
- $F_{Ed} = 809,63 / 2 = 404,815$ daN (per ipotesi ogni piastra riceve metà della trazione)
- $\gamma_{M0} = 1,05$
- $f_y = 355$ N/mm²

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 34 di 45



prospetto 3.10 Criteri di progetto per connessioni a perno

Modalità di collasso	Requisiti di progetto
Resistenza a taglio del perno	$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{up} / \gamma_{M2} \geq F_{v,Ed}$
Resistenza a rifollamento per contatto della piastra e del perno	$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y / \gamma_{M0} \geq F_{b,Ed}$
Se il perno si considera sostituibile si raccomanda di soddisfare anche questo requisito.	$F_{b,Rd,ser} = 0,6 t d f_{yp} / \gamma_{M0,ser} \geq F_{b,Ed,ser}$
Resistenza a flessione del perno	$M_{Rd} = 1,5 W_{el} f_{yp} / \gamma_{M0} \geq M_{Ed}$
Se il perno si considera sostituibile si raccomanda di soddisfare anche questo requisito.	$M_{Rd,ser} = 0,8 W_{el} f_{yp} / \gamma_{M0,ser} \geq M_{Ed,ser}$
Resistenza del perno per combinazione di taglio e flessione	$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1$
<i>d</i>	è il diametro del perno;
<i>f_y</i>	è la minore tra la resistenza di progetto del perno e della parte collegata;
<i>f_{up}</i>	è la resistenza a trazione ultima del perno;
<i>f_{yp}</i>	è la resistenza allo snervamento del perno;
<i>t</i>	è lo spessore della parte collegata;
<i>A</i>	è l'area della sezione trasversale del perno.

Resistenza a taglio del perno M24 cl 8.8 (parte filettata del gambo non coinvolta dal taglio):

$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{up} / \gamma_{M2} = 0,6 \times 452,4 \times 800 / 1,25 = 173,7 \text{ kN} > 4,04 \text{ kN}$ [verificata]

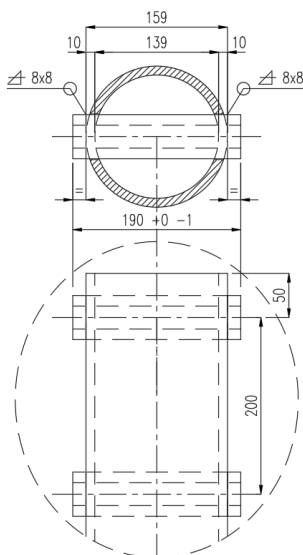
Resistenza a rifollamento:

$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y / \gamma_{M0} = 1,5 \times 10 \times 24 \times 355 / 1,05 = 121,7 \text{ kN} > 4,04 \text{ kN}$ [verificata]

Resistenza a flessione del perno:

$M_{Rd} = 1,5 W_{el} f_{yp} / \gamma_{M0} = 1,5 (\pi d^3 / 32) f_{yp} / \gamma_{M0} = 1,5 \times (3,14 \times 24^3 / 32) \times 640 / 1,05 = 1240,8 \text{ kNm}$

Posto:



- b=190 mm
- c=1 mm
- a=10 mm

Otteniamo:

$M_{Ed} = F_{Ed} / 8 \times (b + 4c + 2a) = 8,09 / 8 \times (190 + 4 \times 1 + 2 \times 10) = 216,4 \text{ kNm}$
 $M_{Rd} = 1240,8 \text{ kNm} > M_{Ed} = 216,4 \text{ kNm}$ [verificata]

Resistenza per combinazione di taglio e flessione:

$(M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2 < 1$
 $(216,4 / 1240,8)^2 + (4,04 / 173,7)^2 = 0,0304 + 0,0005 = 0,031 < 1$ [verificata]

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 35 di 45
PROGETTO ESECUTIVO						

5.4.1 Verifica del perno M24 precaricato con serraggio controllato (acciaio cl 8.8)

La resistenza di progetto allo scorrimento $F_{s,Rd}$ di un bullone di classe 8.8 precaricato può essere assunta pari a:

$$F_{s,Rd} = n \mu F_{p,Cd} / \gamma_{M3}$$

dove:

n è il numero delle superfici di attrito = 4

μ è il coefficiente di attrito tra le piastre = 0,2 (per superfici non trattate) a favore di sicurezza

$F_{p,Cd}$ è la forza di precarico del bullone che in caso di serraggio controllato può essere assunta pari a $0,7 f_{tbk} A_{res}$, invece che pari a $0,7 f_{tbk} A_{res} / \gamma_{M7}$

Per perno M24 cl 8.8

$$f_{tbk} = 800 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{res} = 352,9 \text{ mm}^2$$

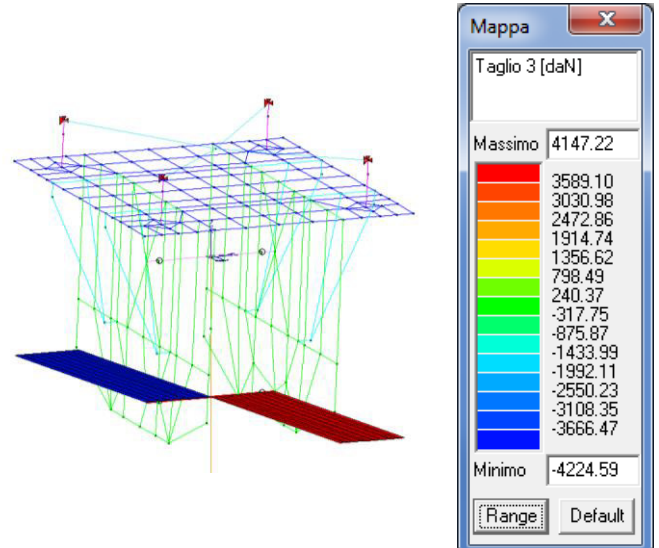
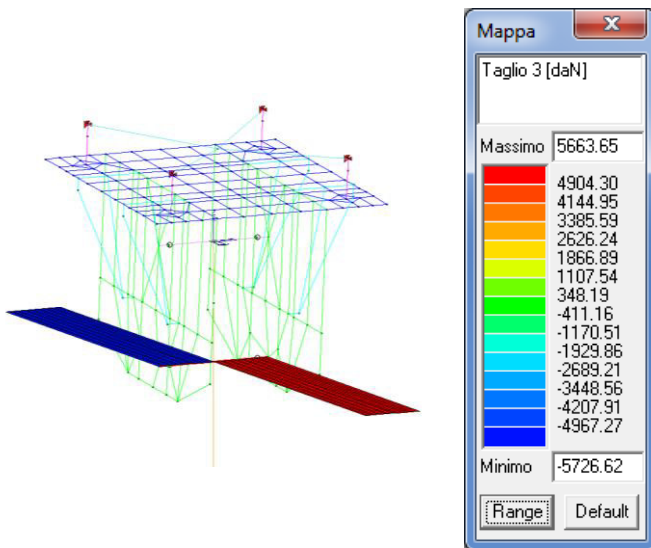
$$F_{p,Cd} = 0,7 \times 800 \times 352,9 = 197624 \text{ N}$$

$$F_{s,Rd} = 4 \times 0,2 \times 197624 / 1,25 = 126479,36 \text{ N} = 12647,94 \text{ daN}$$

Confrontiamo la resistenza di progetto allo scorrimento con il taglio che agisce sul perno.

Combinazioni statiche

Combinazioni sismiche



Nelle combinazioni statiche agisce un taglio pari $F_{V,Ed} = 5663,65 + 5726,62 = 11390,27 \text{ daN}$, quindi il perno risulta verificato.

$$F_{V,Ed} = 11390,27 < F_{s,Rd} = 12647,94 \text{ daN}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 36 di 45

6 VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI POST INSTALLATI SULLA VOLTA DELLA GALLERIA

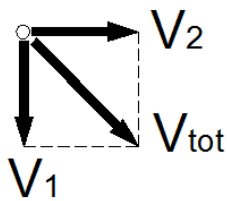
Verifica a sfilamento dell'ancorante chimico

Le aggrappature sono inserite 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. Faremo 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.

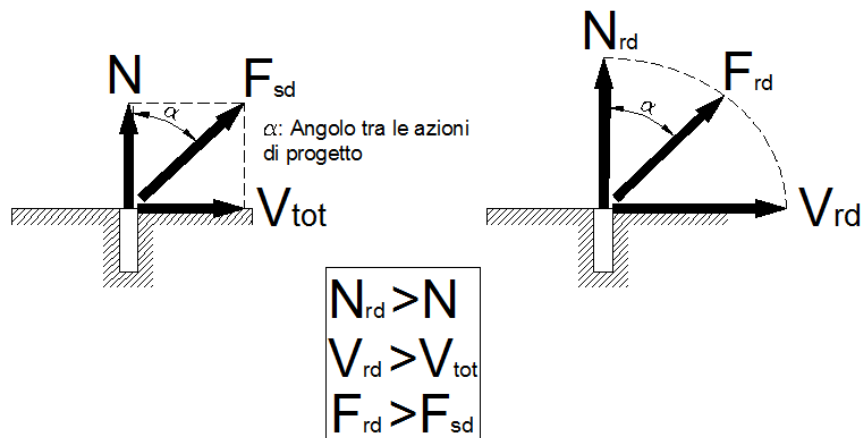
Sostanzialmente si procede alla verifica delle modalità di rottura classiche:

- 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 cosiddetta 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 di 335 mm, come da disegni costruttivi. Inoltre si è analizzata la situazione prendendo a riferimento una parete in **calcestruzzo C25/30** non fessurata.

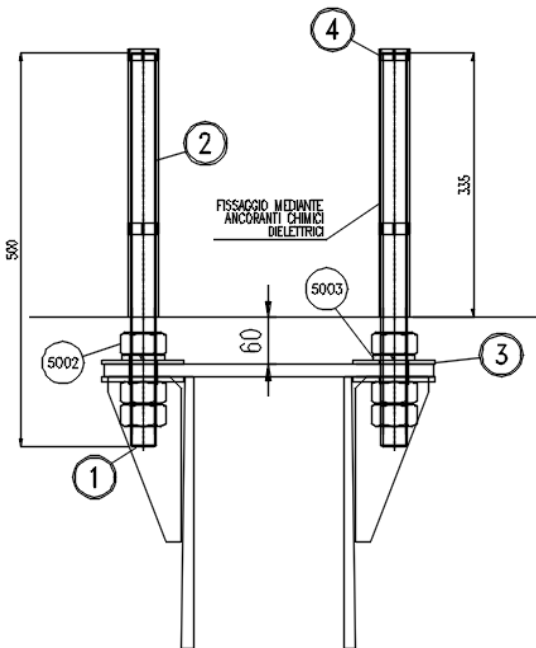
I valori delle sollecitazioni di progetto sono quelle che derivano dalle combinazioni di carico statiche e sismiche.

Le analisi si possono effettuare utilizzando il software tecnico sviluppato da Hilti. Consideriamo quale input progettuale la configurazione della piastra di base con 4 tirafondi M33:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 37 di 45

Verifiche post-installati.

Dalle verifiche eseguite si evince che il collegamento post installato eseguito con tirafondi M33 cl. 5.8 con infissione 335 mm è verificato se la volta della galleria sulla quale si esegue il collegamento è realizzata in cls **C25/30 non fessurato con armatura rada e con armatura di bordo rettilinea**. I risultati ottenuti **non si possono ritenere validi per condizioni differenti di infissione**.



MATERIALE NECESSARIO PER LANCORAGGIO DI UN SUPPORTO PENDOLO PER SOSPENSIONE LINEA DI CONTATTO					
POS.	NUM.	DESCRIZIONE	Lg. (mm)	Peso (kg)	MATERIALE
2	4	Barra filetata M33 UNI EU 10060	500	13,421	Acciaio S355 JR UNI EN 10025
	5002	Dado M33 UNI EN ISO 4033	-	4,484	Acciaio Cl. 6.8 UNI EN ISO 898-2
	5003	Rosetta Groover A33 UNI 1751A	-	0,256	Acciaio zincato
3	8	Rondella 36x105 sp=6 - 100 HV ISO 7083 C	-	0,623	Acciaio zincato
4	8	Anelli di centraggio per barra M33	-	-	Polipropilene
TOTALE				18,784	

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>LC0000 004</td> <td>B</td> <td>38 di 45</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	LC0000 004	B	38 di 45
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	LC0000 004	B	38 di 45								



Profis Anchor 2.8.5

www.hilti.it

Impresa:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono / Fax:

E-mail:

Pagina:

Progetto:

Contratto N°:

Data:

1

13/01/2020

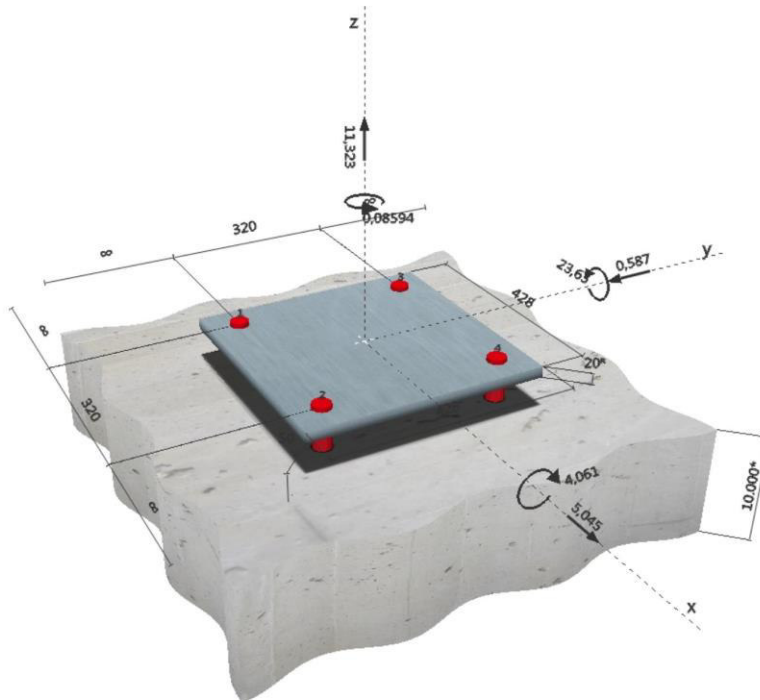
Commenti del progettista:

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V3 + HIT-V(5.8) M33	
Return period (service life in years):	50	
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,act} = 335 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)	
Materiale:	5.8	
Certificazione No.:	Dati Tecnici Hilti	
Emesso / Valido:	- / -	
Prova:	metodo di calcolo Extended ETAG BOND (EOTA TR 029)	
Fissaggio distanziato:	senza serraggio (ancorante); livello di incastro (piastra di base): 1,00; $e_b = 50 \text{ mm}$; $t = 20 \text{ mm}$	
Piastra d'ancoraggio:	$l_x \times l_y \times t = 428 \text{ mm} \times 428 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)	
Profilo:	nessun profilo	
Materiale base:	non fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{c,cube} = 30,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 10.000 \text{ mm}$, 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 \varnothing) o $\geq 100 \text{ mm}$ ($\varnothing \leq 10 \text{ mm}$) con armatura di bordo longitudinale $d \geq 12$	

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

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità.
 PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 39 di 45



Profis Anchor 2.8.5

www.hilti.it

Impresa:
Progettista:
Indirizzo:
Telefono | Fax:
E-mail:

Pagina:

2

Progetto:

Contratto N°:

13/01/2020

Data:

1.1 Combinazioni di carico

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Utilizzo massimo [%]
1	Imported 1	$V_x = 5,045; V_y = -0,587; N = 11,323;$ $M_x = -4,061; M_y = -23,630; M_z = 0,086;$	no	no	34
2	Imported 2	$V_x = 5,001; V_y = -0,587; N = 10,874;$ $M_x = -4,030; M_y = -23,450; M_z = 0,086;$	no	no	34
3	Imported 3	$V_x = 5,393; V_y = -0,465; N = 8,063;$ $M_x = -2,681; M_y = -17,340; M_z = 0,122;$	no	no	25
4	Imported 4	$V_x = 5,234; V_y = -1,061; N = 8,029;$ $M_x = -3,512; M_y = -17,470; M_z = 0,082;$	no	no	25
5	Imported 5	$V_x = 0,238; V_y = 0,435; N = 4,965;$ $M_x = -0,883; M_y = -8,097; M_z = 0,009;$	no	no	12
6	Imported 6	$V_x = 0,079; V_y = -0,161; N = 4,932;$ $M_x = -1,714; M_y = -8,233; M_z = -0,031;$	no	no	13
7	Imported 7	$V_x = 3,774; V_y = 0,545; N = 7,018;$ $M_x = -1,082; M_y = -13,950; M_z = 0,130;$	no	no	20
8	Imported 8	$V_x = 3,244; V_y = -1,441; N = 6,906;$ $M_x = -3,852; M_y = -14,400; M_z = -0,004;$	no	no	22
9	Imported 9	$V_x = 2,228; V_y = 0,815; N = 6,089;$ $M_x = -0,543; M_y = -11,170; M_z = 0,096;$	no	no	16
10	Imported 10	$V_x = 1,698; V_y = -1,171; N = 5,976;$ $M_x = -3,313; M_y = -11,630; M_z = -0,038;$	no	no	18

* I risultati descritti (Imported 1, riportati di seguito) non costituiscono la combinazione di carico decisiva Imported 2

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	-27,746	1,346	1,329	-0,214
2	46,098	1,331	1,329	-0,080
3	-40,437	1,213	1,194	-0,214
4	33,407	1,197	1,194	-0,080

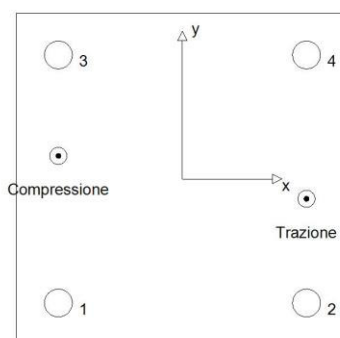
Compressione max. nel calcestruzzo: - [%]

Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: - [N/mm²]

risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(160/-26): 79,505 [kN]

risultante delle forze di compressione (x/y)=(-160/30): 68,182 [kN]

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



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 40 di 45



Profis Anchor 2.8.5

www.hilti.it

Impresa:
Progettista:
Indirizzo:
Telefono | Fax:
E-mail:

Pagina:
Progetto:
Contratto N°:
Data:

3
13/01/2020

3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_N [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	46,098	231,333	20	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	79,505	284,499	28	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	79,505	236,427	34	OK
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

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

3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
347,000	1,500	231,333	46,098

3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{p,N}$ [mm ²]	$A_{p,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
894,656	638,880	11,00	799	400	∞
ψ_c	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm ²]	k	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
1,018	11,20	3,200	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	26	0,940	1,000	1,000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]	
389,063	512,099	1,800	284,499	79,505	

3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
1.331.625	1.010.025	503	1.005		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1,000	26	0,952	1,000	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]	
10,100	339,195	1,800	236,427	79,505	

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 41 di 45



Profis Anchor 2.8.5

www.hilti.it

Impresa:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono | Fax:

E-mail:

Pagina:

Progetto:

Contratto N°:

Data:

4

13/01/2020

4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_V [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	1,331	12,954	11	OK
Rottura per pryout**	5,079	757,729	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 (con braccio di leva)

l [mm]	α_M			
77	1,00			
$N_{Sd} / N_{Rd,s}$	$1 - N_{Sd} / N_{Rd,s}$	$M_{Rk,s}^0$ [kNm]	$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 (1 - N_{Sd} / N_{Rd,s})$ [kNm]	
0,199	0,801	1,547	1,239	
$V_{Rk,s}^M = \alpha_M * M_{Rk,s} / l$ [kN]	$\gamma_{Ms,b,V}$	$V_{Rd,s}^M$ [kN]	V_{Sd} [kN]	
16,193	1,250	12,954	1,331	

4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k-factor	k_1
1.755.625	1.010.025	503	1.005	2,000	10,100
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
2	0,996	17	0,968	1,000	1,000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Sd} [kN]		
339,195	1,500	757,729	5,079		

5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.4)

Rottura dell'acciaio

β_N	β_V	α	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,336	0,103	1,500	23	OK

$$\beta_N^2 + \beta_V^2 \leq 1,0$$

6 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

$$N_{Sk} = 34,147 \text{ [kN]} \quad \delta_N = 0,088 \text{ [mm]}$$

$$V_{Sk} = 0,986 \text{ [kN]} \quad \delta_V = 0,020 \text{ [mm]}$$

$$\delta_{NV} = 0,091 \text{ [mm]}$$

Carichi a lungo termine:

$$N_{Sk} = 34,147 \text{ [kN]} \quad \delta_N = 0,197 \text{ [mm]}$$

$$V_{Sk} = 0,986 \text{ [kN]} \quad \delta_V = 0,030 \text{ [mm]}$$

$$\delta_{NV} = 0,199 \text{ [mm]}$$

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 AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 42 di 45


Profis Anchor 2.8.5
www.hilti.it

Impresa:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono / Fax:

E-mail:

Pagina:

Progetto:

Contratto N°:

Data:

5

13/01/2020

7 Attenzione

- Fenomeni di redistribuzione 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!
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- **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.
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- 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.
- Contattare Hilti per verificare la fornitura delle barre HIT-V.
- L'armatura di bordo non è necessaria per evitare la modalità di rottura per fessurazione (splitting)
- The characteristic bond resistances depend on the return period (service life in years): 50

L'ancoraggio risulta verificato!

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 43 di 45



Profis Anchor 2.8.5

www.hilti.it

Impresa:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono | Fax:

E-mail:

Pagina:

Progetto:

Contratto N°:

Data:

6

13/01/2020

8 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: -

Profilo: nessun profilo

Diametro del foro nella piastra: $d_f = 36$ mm

Spessore della piastra (input): 20 mm

Spessore della piastra raccomandato: non calcolato

Metodo di perforazione: Foro con perforazione a roto-percussione

Pulizia: E' necessaria una pulizia accurata del foro (Premium cleaning)

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-RE 500 V3 + HIT-V(5.8) M33

Coppia di serraggio: 0,330 kNm

Diametro del foro nel materiale base: 37 mm

Profondità del foro nel materiale base: 335 mm

Spessore minimo del materiale base: 409 mm

8.1 Accessori richiesti

Perforazione

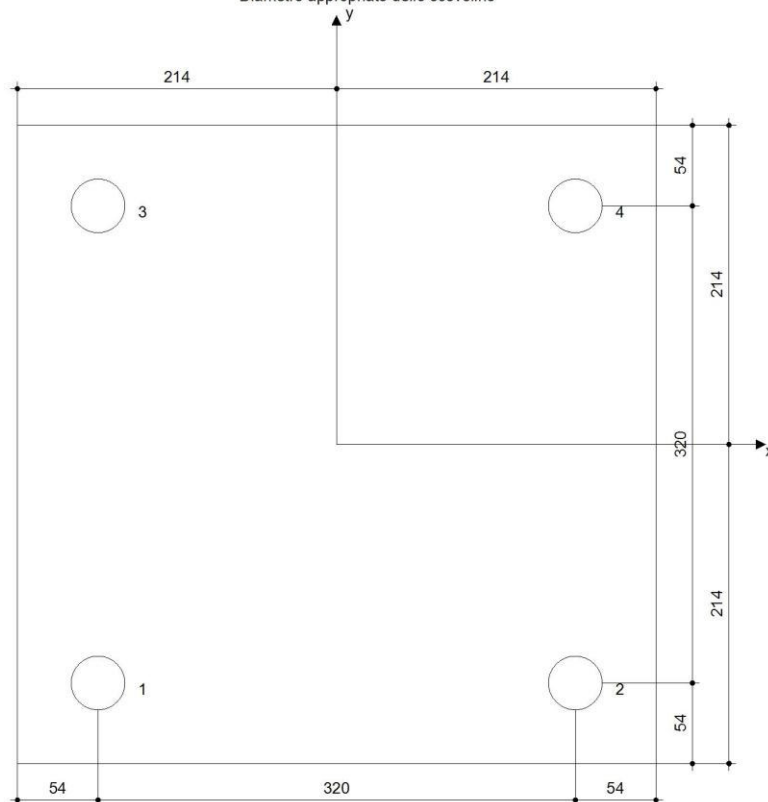
- Idoneo per rotopercussione
- Dimensione appropriata della punta del trapano

Pulizia

- Aria compressa con i relativi accessori necessari per soffiare a partire dal fondo del foro.
- Diametro appropriato dello scovolino

Posa

- Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore
- Chiave dinamometrica



Coordinate dell'ancorante [mm]

Ancorante	x	y	C_{-x}	C_{+x}	C_{-y}	C_{+y}
1	-160	-160	-	-	-	-
2	160	-160	-	-	-	-
3	-160	160	-	-	-	-
4	160	160	-	-	-	-

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità.
 PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 44 di 45



Profis Anchor 2.8.5

www.hilti.it

Impresa:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono / Fax:

E-mail:

Pagina:

Progetto:

Contratto N°:

Data:

7

13/01/2020

9 Osservazioni; doveri del cliente

- Tutte le informazioni e i dati contenuti nel Software riguardano solamente l'uso di prodotti Hilti e si basano su principi, formule e norme di sicurezza in conformità con le indicazioni tecniche, di funzionamento, montaggio e assemblaggio, ecc. della Hilti che devono essere rigorosamente rispettate da parte dell'utente. Tutti i valori in esso contenuti sono valori medi, quindi vanno effettuati test specifici prima di utilizzare il prodotto Hilti in questione. I risultati dei calcoli effettuati mediante il software si basano essenzialmente sui dati che l'utente ha inserito. Di conseguenza l'utente è l'unico responsabile per l'assenza di errori, la completezza e la pertinenza dei dati che vanno immessi. Inoltre, l'utente ha la responsabilità di far controllare e correggere i risultati dei calcoli da parte di un esperto, con particolare riguardo al rispetto di norme e autorizzazioni, prima di utilizzarli per uno scopo specifico. Il software serve solo come un compendio per interpretare le norme e i permessi, senza alcuna garanzia circa l'assenza di errori, la correttezza e la pertinenza dei risultati o di idoneità per una specifica applicazione.
- L'utente deve applicare tutti gli accorgimenti necessari e ragionevoli per prevenire o limitare i danni causati dal software. In particolare, l'utente deve organizzare un backup periodico dei programmi e dei dati e, se necessario, effettuare gli aggiornamenti del software offerti da Hilti in maniera regolare. Se non si utilizza la funzione di aggiornamento automatico del software, l'utente deve assicurarsi di utilizzare l'ultima versione e quindi di mantenere aggiornato il Software effettuando aggiornamenti manuali dal sito web Hilti. Hilti non è responsabile per le conseguenze derivanti da una violazione colposa di responsabilità da parte dell'utente, come il recupero di dati o programmi persi o danneggiati.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LC0000 004	REV. B	FOGLIO 45 di 45

7 CONCLUSIONI

Riportiamo in forma tabellare le conclusioni delle verifiche condotte sulle strutture:

VERIFICA	VALORI	ESITO
Verifica pendulo tubolare (Acciaio S355)	30,40 %	Positivo
Verifica tirafondi M33 (Acciaio S355)	26,55 %	Positivo
Verifica flessionale piastra base (Acciaio S355)	$F_{F,Rd} = 59,08 \text{ kN} > 45,51 \text{ kN} = F_{t,Ed}$	Positivo
Verifica punzonamento piastra base (Acciaio S355)	$B_{p,Rd} = 403,55 \text{ daN} > 45,51 \text{ kN} = F_{t,Ed}$	Positivo
Verifica resistenza materiale piastra base (Acc. S355)	$3380 \text{ daN/cm}^2 > 2232 \text{ daN/cm}^2$	Positivo
Verifica a taglio perno (Acciaio cl 8.8)	$173,7 \text{ kN} > 4,04 \text{ kN}$	Positivo
Verifica a rifollamento perno (Acciaio cl 8.8)	$121,7 \text{ kN} > 14,30 \text{ kN}$	Positivo
Verifica a flessione perno (Acciaio cl 8.8)	$1240,8 \text{ kNmm} > 216,4 \text{ kNmm}$	Positivo
Verifica a taglio e flessione perno (Acciaio cl 8.8)	3,1 %	Positivo
Verifica a scorrimento del perno (Acciaio cl 8.8)	$F_{v,Ed} = 11390,27 < F_{s,Rd} = 12647,94 \text{ daN}$	Positivo
Verifica tirafondi M33 post installati (Acciaio S355):		
• trazione	34%	Positivo
• taglio	11%	Positivo
• trazione + taglio	23%	Positivo