

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche
Dot. Paolo Cucino
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

08 - GALLERIE

H-FINESTRA FORCH

-

Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Gianvecchia		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	C L	G N 0 3 0 0	0 0 1	C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	F.De Scrlì	20/12/2021	C. Iasiello	29/12/2021	D. Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA P. Cucino ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO 16/03/2023 Dot. Paolo Cucino ISCRIZIONE ALBO N° 2216
B	Emissione	M. Aganetti	26/07/2022	C. Iasiello	27/07/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	28/07/2022	
C	Emissione	M. Aganetti	13/03/2023	C. Iasiello	14/03/2023	D. Buttafoco	15/03/2023	

File: IB0U1BEZZCLGN0300001C.docx	n. Elab.: X
----------------------------------	-------------

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	2 di 159

SOMMARIO

1. PREMESSA	5
2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	6
3. NORMATIVA, ELABORATI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI	7
3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
3.3 ELABORATI DI PE DI RIFERIMENTO	7
3.4 SOFTWARE UTILIZZATI	7
4. CONFRONTO PD - PE COLLEGAMENTO LONGITUDINALE CONCIO-CONCIO	8
4.1 SOLUZIONE PD.....	8
4.2 SOLUZIONE PROPOSTA PE.....	8
5. DEFINIZIONE DEL METODO DI SCAVO	10
5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL' ANELLO	10
5.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA MACCHINA	11
6. GEOMETRIA ANELLI	12
6.1 POSIZIONI DI SEQUENZA DEGLI ANELLI CONSENTITE	15
6.2 ANALISI GEOMETRICA	15
6.2.1 Considerazioni generali	15
6.2.2 Output numerici grafici	16
7. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	20
7.1 TIPOLOGIA DI ELEMENTI DI RIVESTIMENTO	21
7.1.1 Dettaglio armature.....	21
7.2 COPRIFERRO	22
8. VERIFICA DELLE FASI TRANSITORIE	23
8.1 SCASSERO	27
8.1.1 Verifica dominio M-N SLU	29
8.2 PRIMA MOVIMENTAZIONE IN STABILIMENTO.....	30
8.2.1 Verifica dominio M-N SLU	32
8.3 STOCCAGGIO IN STABILIMENTO	33
8.3.1 Verifica dominio M-N SLU	35

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	3 di 159

8.4	TRASPORTO IN CANTIERE.....	36
8.4.1	Verifica dominio M-N SLU	39
8.5	STOCCAGGIO IN CANTIERE.....	40
8.5.1	Verifica dominio M-N SLU	43
8.6	MOBILITAZIONE CON ERETTORE TBM	44
8.6.1	Verifica dominio M-N SLU	46
8.7	VERIFICHE IN FASE DI SPINTA DEI MARTINETTI	47
8.7.1	Premessa	47
8.7.2	Ipotesi di base	50
8.7.3	Concio Tipo 2 – Analisi in condizioni ordinarie	68
8.7.4	Concio Tipo 2 – Analisi di rischio	94
9.	VERIFICA ELEMENTI SECONDARI	123
9.1	VERIFICA DEI CONNETTORI	123
9.1.1	Verifica del concio sospeso	123
9.1.2	Verifica di interazione gasket – connettore	126
9.1.3	Verifica del giunto longitudinale	126
9.1	VERIFICA DELLE GUARNIZIONI	128
9.1.1	Prestazione di tenuta idraulica.....	128
9.1.2	Caratteristiche della guarnizione	128
9.1.3	Verifica di tenuta idraulica	128
9.2	VERIFICA DEL CUNEO DI CALCESTRUZZO SOTTO LA SPINTA DELLA GUARNIZIONE.....	130
9.3	VERIFICA DEI CONI DI CENTRAGGIO.....	132
10.	VERIFICA DEI GIUNTI	133
10.1	PK 0+279 MOMENTO POSITIVO CONDIZIONE STATICA.....	134
10.2	PK 0+279 MOMENTO NEGATIVO CONDIZIONE STATICA	136
10.3	PK 0+279 MOMENTO POSITIVO CONDIZIONE SISMICA.....	139
10.4	PK 0+279 MOMENTO NEGATIVO CONDIZIONE SISMICA	141
11.	VERIFICA PER SPINTA AL VUOTO	144
12.	VERIFICA NEI RIGUARDI DELL’ESPOSIZIONE AL FUOCO	145
13.	FASE OPERATIVA	146

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	4 di 159

13.1	CRITERI DI VERIFICA	146
13.1.1	Parametri utilizzati per il rivestimento.....	146
13.2	FASE DI DIAGNOSI	147
13.2.1	Classi di comportamento del fronte di scavo.....	147
13.2.2	Determinazione delle categorie di comportamento.....	148
13.3	FASE DI TERAPIA.....	153
13.3.1	Definizione del metodo di scavo	154
13.3.2	Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi.....	155
13.4	VERIFICA IN ESERCIZIO	155
13.4.1	Stato Limite Ultimo (S.L.U.)	155
13.4.2	Stato Limite di Esercizio (S.L.E.).....	157
14.	CONCLUSIONI.....	158

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0300001</td> <td>C</td> <td>5 di 159</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	5 di 159													
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2																		

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica si inserisce nell'ambito del progetto della tratta ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena, Lotto 1 della linea Fortezza-Verona, accesso Sud alla galleria di Base del Brennero.

Le opere in oggetto ricadono nella provincia di Bolzano.

La finestra di Forch ha una lunghezza totale di 1270 m. La sua funzione principale è quella emergenza per accedere al punto di connessione di Forch e, contestualmente raggiungere gli impianti siti nella galleria tecnologica.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					PROGETTO ESECUTIVO
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 6 di 159

2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle gallerie della linea ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena – Lotto 1 con scavo meccanizzato.

Nel seguito, dopo aver illustrato brevemente le principali caratteristiche dei rivestimenti previsti in PE per la Finestra di Forch vengono illustrati i risultati delle valutazioni e delle analisi svolte al fine di confermare la validità della proposta tecnica e geometrica dell'anello in conci prefabbricati.

Per la realizzazione della galleria Finestra di Forch si prevede l'installazione di conci prefabbricati in armatura tradizionale, Tipo 2, dalla pk 0+144 alla pk 0+648 (elaborato IB0U1BEZZCLGN0300004).

Totale conci Tipo 2
2240

Tabella 2-1: Numero totale conci per tipologia per galleria Finestra di forch GN03

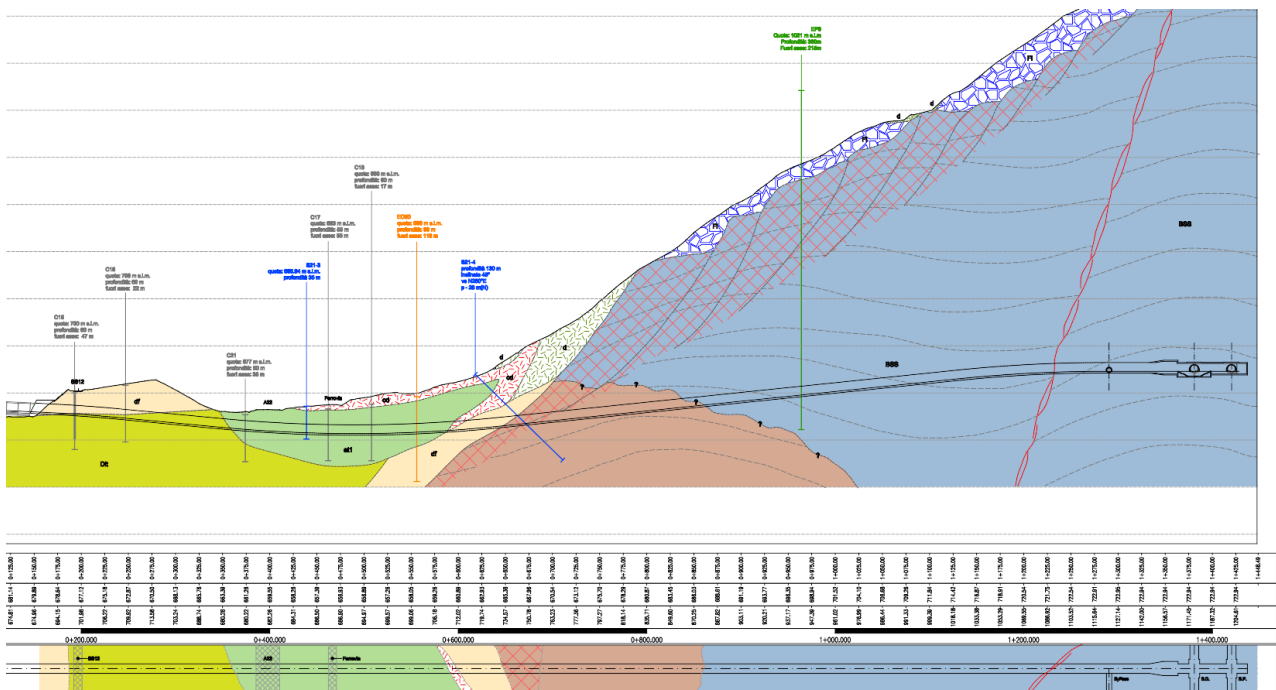


Fig. 2-1 Profilo Geotecnico di Forch

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	7 di 159

3. NORMATIVA, ELABORATI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI

3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2008)" - DM Infrastrutture 14.01.2008.
 [2] Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 costruzioni e dei carichi e sovraccarichi - C.S.LL.PP. 02.02.2009.
 [3] UNI EN 1992-1-1:2005.
 [4] "Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie" - DM 28-10-2005.
 [5] "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee in condizioni di incendio" – UNI 11076-2003.

3.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [6] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoeppli Ed.);
 [7] Bernaud D., Benamar I., Rousset G. (1994). La "nouvelle methode implicite" pour le calcul des tunnel dans les milieux elastoplastiques et viscoplastiques - Revue Francaise de Geotechnique, N° 68;
 [8] Bernaud D., Rousset G. (1992). La "nouvelle methode implicite" pour l'etude du dimensionnement des tunnels – Revue Francaise de Geotechnique, N° 60;
 [9] B. Maidl, M. Herrenknecht et al. "Mechanised Shield Tunnelling" (2012).

3.3 ELABORATI DI PE DI RIFERIMENTO

- [10] IB0U1BEZZCLGN0300004 - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo 1 e 2

3.4 SOFTWARE UTILIZZATI

I software utilizzati per la progettazione sono:

- Midas FEA NX versione 2021 v1.1 CSPFea

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	8 di 159

4. CONFRONTO PD - PE COLLEGAMENTO LONGITUDINALE CONCIO-CONCIO

4.1 SOLUZIONE PD

In progetto definitivo si prevedeva un rivestimento costituito da conci rettangolari a facce piane con collegamento longitudinale mediante bulloni.

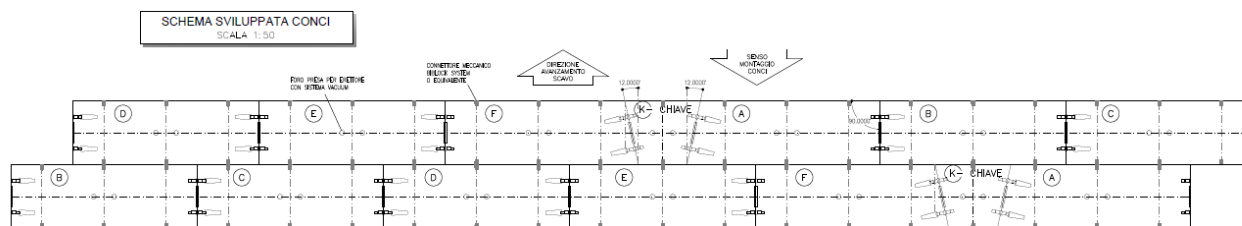


Fig. 4-1 Anello universale Progetto Definitivo

4.2 SOLUZIONE PROPOSTA PE

La soluzione proposta in fase di progetto esecutivo prevede l'adozione di conci a geometria romboidale senza l'utilizzo dei bulloni concio-concio.

Tale scelta si basa sulle considerazioni riportate di seguito:

- Dal punto di vista funzionale nella galleria in oggetto non transitano treni; si tratta infatti di una galleria di accesso che ospita una strada di tipo F (Decreto Ministeriale numero 6792 del 05/11/2001);
- Lo standard richiesto per le finestre di accesso è di norma leggermente inferiore a quelle delle gallerie di linea tanto per requisiti progettuali come per quelli legati alla manutenzione;
- Non è prevista la presenza di un livello freatico al di sopra della calotta della galleria, eccetto per una possibile zona di faglia in roccia (rischio medio) sita alla pk 1+200;
- Lo scavo della finestra avverrà per i primi 600 m circa in modalità EPB (in terreni) per poi passare in modalità di scavo aperta. Il riempimento del vuoto anulare (backfilling) avverrà mediante intasamento immediato a tergo del concio con una miscela bicomponente con gel time ridotto (8-10 secondi) che garantisce l'immediato confinamento dell'anello in uscita dallo scudo, limitando quindi eventuali effetti di deformabilità del concio stesso;
- Tale finestra non presenta aperture, come nicchie o collegamenti trasversali, che potrebbero generare un'instabilità nell'anello;
- La geometria dell'anello è stata accuratamente studiata e prevede un anello di tipo universale tale da seguire l'andamento plano-altimetrico del tracciato. I conci hanno una sviluppata romboidale con giunti longitudinali inclinati (12°). Un'immagine della sviluppata dell'anello è visualizzata nell'immagine seguente;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 9 di 159

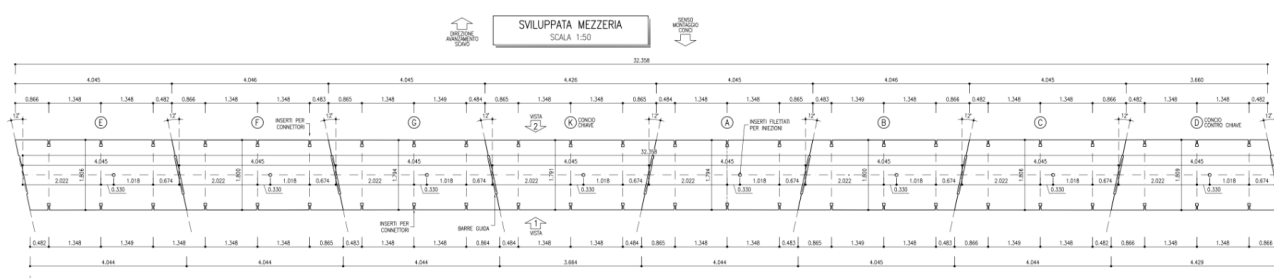


Fig. 4-2 Anello universale Progetto Esecutivo

- Sono previste barre guida sul giunto longitudinale;
- La geometria inclinata dei conci, proposta in sostituzione di quella a facce parallele prevista nel PD, e l'accoppiamento con le barre guida, garantisce un migliore accoppiamento delle facce e la corretta compressione della guarnizione. La forza necessaria per la chiusura viene fornita dai cilindri della TBM che, spingendo in direzione dell'asse della galleria, trasferiscono sulla faccia inclinata la necessaria forza di chiusura. In fase di montaggio la funzione data tanto alle barre guida (allineamento giunto) quanto ai connettori circolari (posizione concio) è quella di controllare la geometria complessiva dell'anello;
- La geometria adottata nel PE consente di mantenere la piena integrità e funzionalità delle guarnizioni.

La soluzione proposta nel PE è stata utilizzata con successo in altri progetti dall'Appaltatore. Di seguito alcuni progetti recenti dove non sono stati utilizzati i bulloni (i seguenti tunnel hanno diametri compresi fra i 4.2m di Abu Hamour ai 10.7 m del progetto Snowy 2.0).

Progetti in Italia:

- Milano M4
- Cociv
- Metro Roma B1 tratto Bologna - Conca d'oro

Progetti all'estero:

- Metro 3 di Riad
- Doha - Abu Hamour
- Abu Dhabi - STEP T02 e T03
- Australia - Snowy 2.0 – Tunnels: MAT, ECVT, HRT e TRT.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	10 di 159

5. DEFINIZIONE DEL METODO DI SCAVO

A seguito dell'analisi del tracciato plano-altimetrico, dell'inquadramento geologico-idrogeologico, della previsione della risposta deformativa allo scavo (determinazione della categoria di comportamento) e in funzione della configurazione della galleria, deriva la scelta del metodo di scavo più appropriato per la realizzazione della galleria naturale di progetto.

I principali criteri considerati nella scelta del metodo di scavo sono:

- esigenza di operare nelle migliori condizioni di sicurezza in fase realizzativa (per l'ambiente e per gli addetti ai lavori);
- superamento di zone potenzialmente critiche dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico
- fasce tettonizzate, elevati carichi idraulici, sottoattraversamento di zone a bassa copertura in terreni sciolti in presenza di falda e di preesistenze superficiali;
- contenimento del fronte di scavo per evitare possibili instabilità del fronte medesimo legate alle condizioni geotecniche ed idrogeologiche degli ammassi attraversati;

La galleria attraversa depositi alluvionali e detriti glaciali a basse coperture interferendo con la statale S12, l'autostrada A22 e la ferrovia per i primi 600 metri. Nell'ultimo tratto si incontrano le Filladi di Bressanone in condizioni di medio-alta copertura con materiali che presentano buone caratteristiche geotecniche. Per le condizioni di scavo della prima tratta si è optato per la scelta di una TBM EPB.

5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'ANELLO

Le principali caratteristiche geometriche dell'anello che definiscono la carpenteria di progetto sono riportate nella seguente tabella. Nei capitoli successivi vengono descritte le analisi condotte per tale definizione.

Tipo di Anello	Universale
Raggio Interno	4.95 m
Diametro Esterno	10.70 m
Diametro Scavo	11.05 m
Spessore conci	40 cm
Lunghezza media	1.80 m
Geometria conci	Trapezoidali / romboidali
Svasatura	17 mm
Raggio di curvatura minimo	1500 m (1200 m di calcolo)
Numero di conci	8+0
Connessioni anello / anello	n° 3 connettori (n° 24 totali)
Connessioni concio / concio	Facce inclinate con barra guida
Barra guida	Ø 50 L = 800 mm
Guarnizioni	EPDM P ≥ 10 bar

Tabella 5-1: Caratteristiche sezione tipo

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	11 di 159

5.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA MACCHINA

Nella seguente tabella vengono riassunte le principali caratteristiche geometriche della macchina ipotizzata in questa fase di progetto. Le caratteristiche sono da considerarsi preliminari e potranno subire variazioni in seguito alla definizione di dettaglio della macchina.

Descrizione	u.m.	Valore
<i>Diametro di scavo nominale</i>	mm	11050
<i>Diametro di scavo massimo</i>	mm	11130
<i>Eccentricità cutterhead – scudo frontale</i>	mm	5
<i>Diametro ext scudo frontale</i>	mm	11020
<i>Spessore scudo frontale</i>	mm	70
<i>Diametro ext scudo posteriore</i>	mm	11000
<i>Spessore scudo posteriore</i>	mm	70
<i>Conicità (differenza sul raggio)</i>	mm	10
<i>Lunghezza scudi</i>	mm	11126
<i>Lunghezza macchina</i>	mm	12019
<i>Gap scavo nominale – estradosso tail shield</i>	mm	30
<i>Gap intradosso tail shield – estradosso concio (spazzole)</i>	mm	80 (45)

Tabella 5-2: Caratteristiche geometriche della macchina

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	12 di 159

6. GEOMETRIA ANELLI

Si riporta di seguito la descrizione del workflow implementato da SWS utilizzato per la definizione del posizionamento degli anelli per le gallerie eseguite con scavo meccanizzato per i lavori di realizzazione del lotto 1 del quadruplicamento della linea ferroviaria Fortezza-Ponte Gardena, tratta "Fortezza – Ponte Gardena".

Questo tipo di investigazione consente di simulare l'avanzamento della TBM durante la costruzione del tunnel attraverso l'installazione di ogni anello, determinando la deviazione della TBM dal tracciato ferroviario teorico e verificare che le tolleranze previste dal Cliente vengano rispettate.

L'implementazione sistematica dell'anello universale su tutta la lunghezza del tunnel è oggi una tendenza attuale a livello mondiale. Questo approccio consente di seguire il tracciato orizzontale e verticale del tracciato senza l'utilizzo di nessun altro elemento speciale e di correggere eventuali deviazioni provocate dalla TBM durante il suo avanzamento. Il vantaggio principale di questo anello è che può essere regolato in tutte le direzioni mediante una corrispondente rotazione dei segmenti, consentendo l'implementazione di un singolo anello (l'anello universale) per adattarsi al layout del binario.

La principale caratteristica geometrica che rende universale un anello è rappresentata dalla sua conicità, cioè dalla differenza (conicità dell'anello) tra la sua larghezza massima e minima. La conicità dell'anello deve essere dimensionata per garantire il rispetto delle curve di progetto e per consentire il recupero delle deviazioni della TBM. La figura successiva presenta una sequenza di installazione schematica adottata per adattarsi a un tipico layout di allineamento:

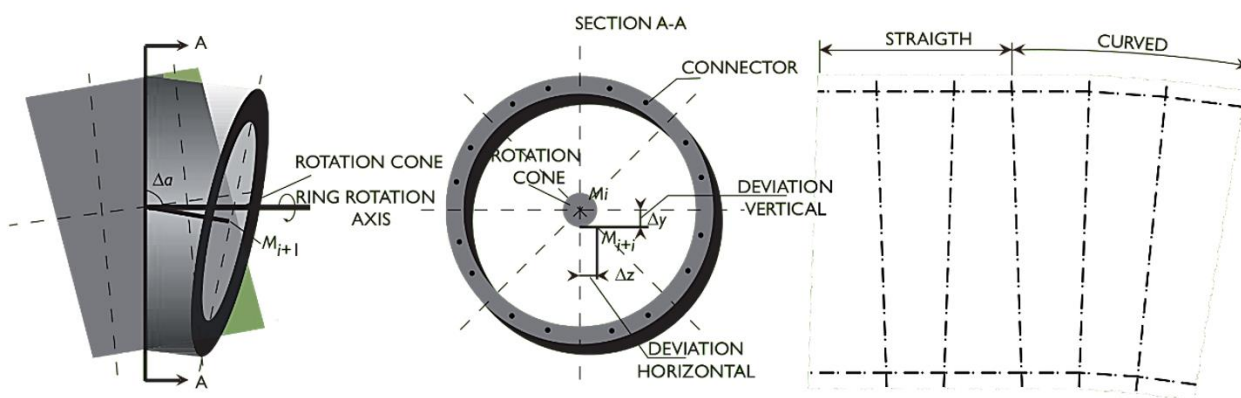


Figura 6-1: Sequenza di installazione

La costruzione del tunnel richiede un rivestimento con conci trapezoidali di 9.90 m DI x 10.70 m DE. La larghezza minima dell'anello è 1791,0 mm e la larghezza massima dell'anello è 1809,0 mm, la larghezza nominale dell'anello è 1800,0 mm mentre la conicità dell'anello risultante è 18,0 mm. L'anello è composto da 8 segmenti prefabbricati.

La dimensione del taper dL viene calcolata cautelativamente in funzione del raggio di curvatura pari a 1500 m e ridotto dell'80%.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 13 di 159

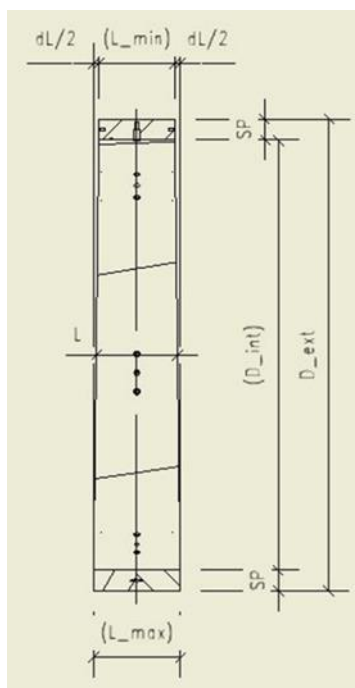


Tabella 6-1: Dimensioni Taper

Di seguito si riporta la formulazione per il calcolo del valore dL tale da consentire la modellazione di anelli universali da poter utilizzare sull'intero progetto:

$$dL = \frac{L \cdot D_{est}}{R} = 16.05 \text{ mm}$$

Dove:

R è il raggio minimo considerato ridotto dell'80% e risulta pari a 1200 m

D_{est} è il diametro esterno dell'anello pari a 10.7m

L è la larghezza dell'anello in mezzera pari a 1.8 m

Si riporta di seguito la geometria dell'anello utilizzato per la modellazione considerando $dL=18.0$ mm.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0300001</td> <td>C</td> <td>14 di 159</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	14 di 159
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	14 di 159								

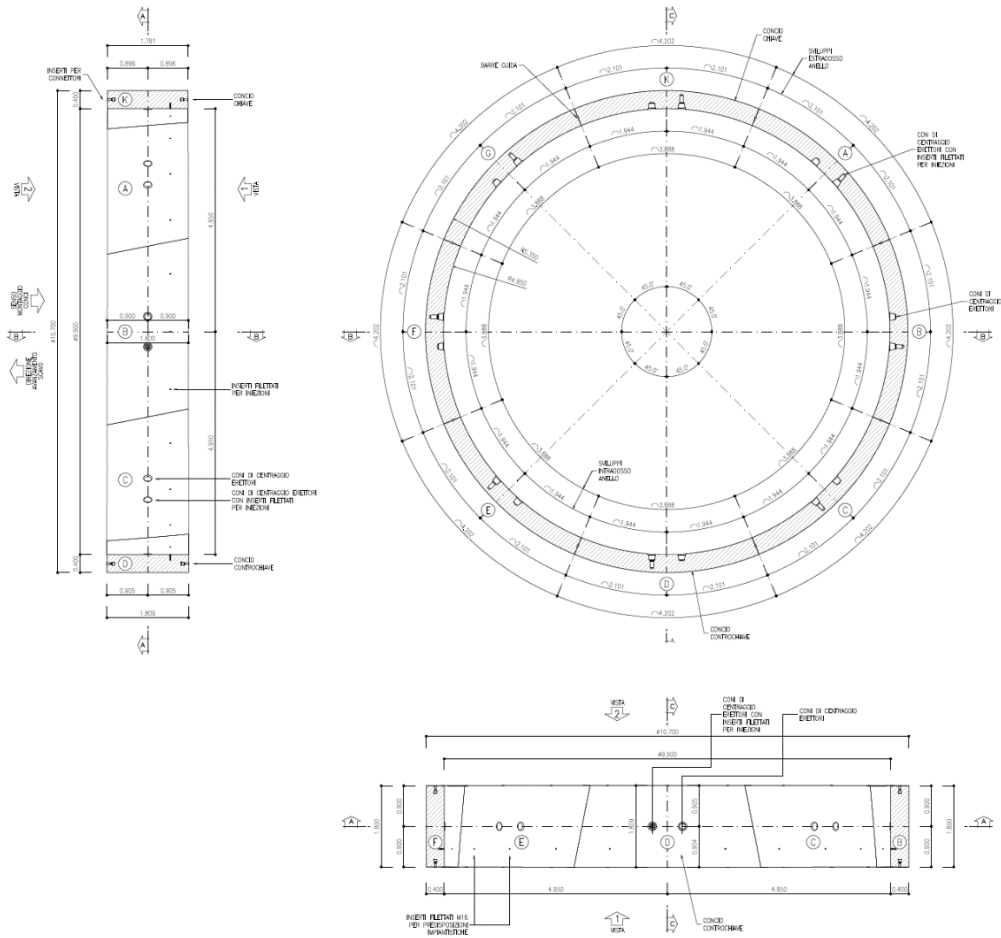


Figura 6-2: Geometria anello

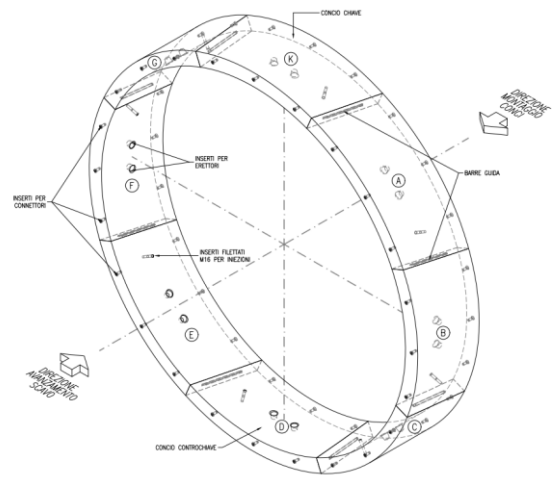


Figura 6-3: Vista 3D anello

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 15 di 159	

6.1 POSIZIONI DI SEQUENZA DEGLI ANELLI CONSENTITE

Il rivestimento del tunnel è costituito da una sequenza di anelli affiancati: la disposizione di ciascun anello consente al rivestimento di adattarsi al meglio alla curvatura di progetto all'allineamento orizzontale e verticale.

Teoricamente il numero di posizioni possibili, ottenute con anelli rotanti sul loro asse longitudinale, è pari al numero di connettori longitudinali; a seconda di più vincoli strutturali (es. sovrapposizione dei giunti) e operativi, l'assemblaggio degli anelli è caratterizzato da un insieme di sequenze limitate.

Infatti, una sequenza di posizioni in cui i giunti di due anelli consecutivi si trovano nella stessa posizione non è ottimale, perché può generare un punto di debolezza in termini di risposta strutturale e impermeabilità (vedi sequenza P01-P01 della figura seguente).

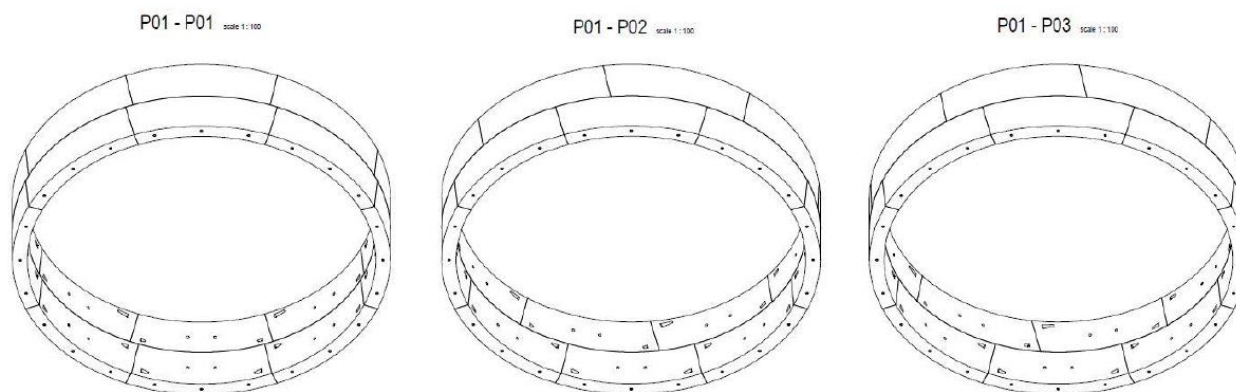


Figura 6-4: Sequenze differenti: P01-P01 non è consentita, P01-P02 o P01-P03 sono consentite

6.2 ANALISI GEOMETRICA

6.2.1 Considerazioni generali

Utilizzando strumenti di progettazione computazionale come Dynamo e programmando uno script specifico con linguaggio Python, la sequenza dell'anello è stata definita in uno spazio 3D virtuale con l'obiettivo di ridurre al minimo la deviazione dall'asse di progettazione del tunnel.

I punti target (T) sono stati definiti lungo l'asse del tunnel; la distanza tra due punti consecutivi è uguale alla lunghezza media dell'anello.

Provando tutte le posizioni consentite, si ottiene il miglior fitting minimizzando la distanza (dT) tra i punti target e i punti giacenti sul lato di scavo di ciascun asse dell'anello (R).

Considerando un sistema di coordinate cartesiane locali, la cui origine coincide con il punto precedentemente descritto (R), tutte le deviazioni sono state misurate sulla componente orizzontale (dRx), sulla componente verticale (dRy) e sulla risultante norma euclidea (dR).

Il punto di intersezione (P) tra questo vettore e l'asse del tunnel, definisce la progressiva rispetto al binario di progetto.

La convenzione geometrica utilizzata è presentata nell'immagine seguente.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 16 di 159

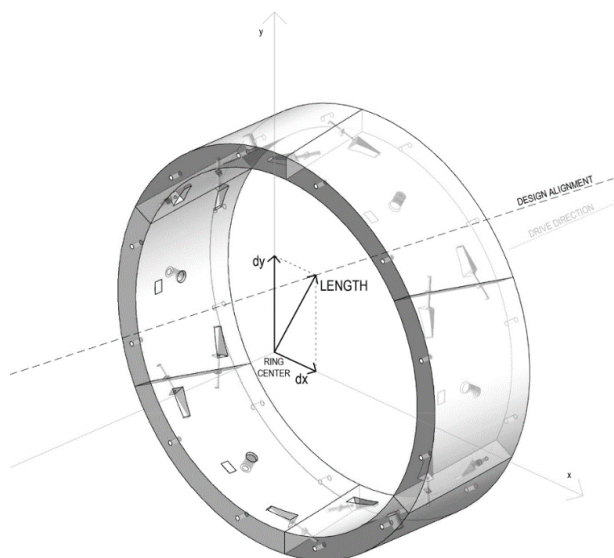


Figura 6-5: Convenzione geometrica

6.2.2 Output numerici grafici

La scelta della migliore opzione progettuale, riferita alla sequenza di anelli ottimale in termini di distanza dal caposaldo, è supportata dall'interpretazione dei dati statistici ottenuti dall'analisi.

I risultati sono presentati sia in forma numerica che grafica; di seguito si riportano gli output relativi alla curva di raggio minimo prevista per il tracciato.

I risultati presentati di seguito sono:

- vista in pianta semplificata del tracciato come colormap degli scostamenti geometrici
- grafico a barre delle deviazioni geometriche lungo la sequenza dell'anello
- grafico a barre di frequenza (aka densità) delle deviazioni geometriche

Il tracciato di Forch è composto da:	713 anelli circa
Primo anello:	1
Ultimo anello:	713

Su ogni grafico è stato evidenziato il valore massimo di tutte le deviazioni insieme al valore medio e al 95 percentile.

Valore massimo:	11.02 mm
Valore medio:	2.30 mm
95 percentile:	7.08 mm
Limite di tolleranza:	0.1 m
Numero di anelli oltre il limite:	0 anelli

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMessa: IB0U LOTTO: 1BEZZ CODIFICA: CL DOCUMENTO: GN0300001 REV.: C FOGLIO: 17 di 159	

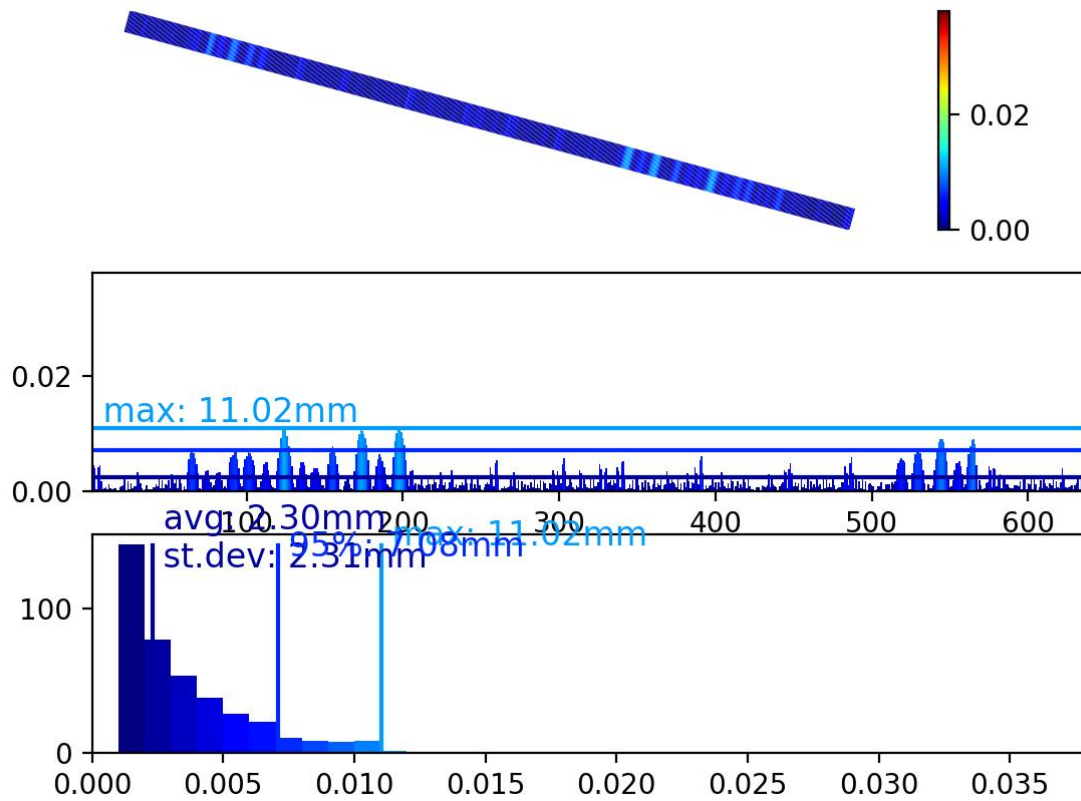


Figura 6-6: Discostamenti da tracciato di progetto

Di seguito viene riportato il grafico radiale che descrive la deviazione massima per ogni posizione dell'anello e il grafico a dispersione con tutte le deviazioni visualizzate come cerchi sulla sezione dell'anello.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 18 di 159	

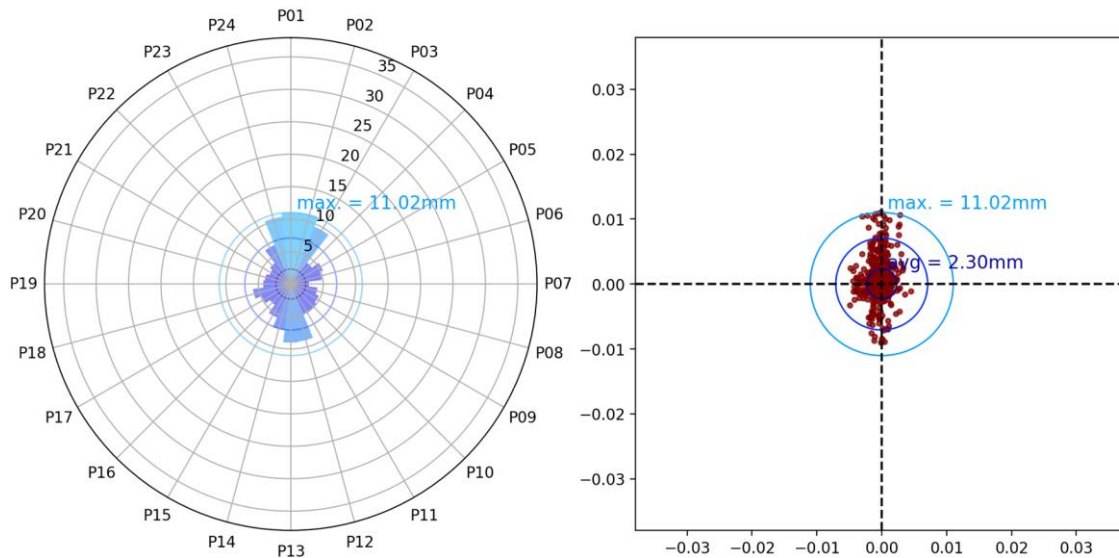


Figura 6-7: Grafico radiale ed a dispersione con deviazione massima per ogni posizione dell'anello

Il raggio della fetta sul grafico radiale è uguale al valore massimo delle deviazioni raggruppate per posizioni dell'anello.

I cerchi sul grafico a dispersione sono centrati sul punto definito dalle coordinate (dx,dy), dove dx e dy sono rispettivamente le deviazioni orizzontali e verticali misurate dall'asse centrale dell'anello alla traccia del progetto.

Infine, viene riportata, in corrispondenza del tratto di tracciato con curvatura minima, una sovrapposizione del modello 3D degli anelli, generato in Revit mediante l'utilizzo di Dynamo, con il dwg a base gara contenente la planimetria del tracciato.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 19 di 159
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2						

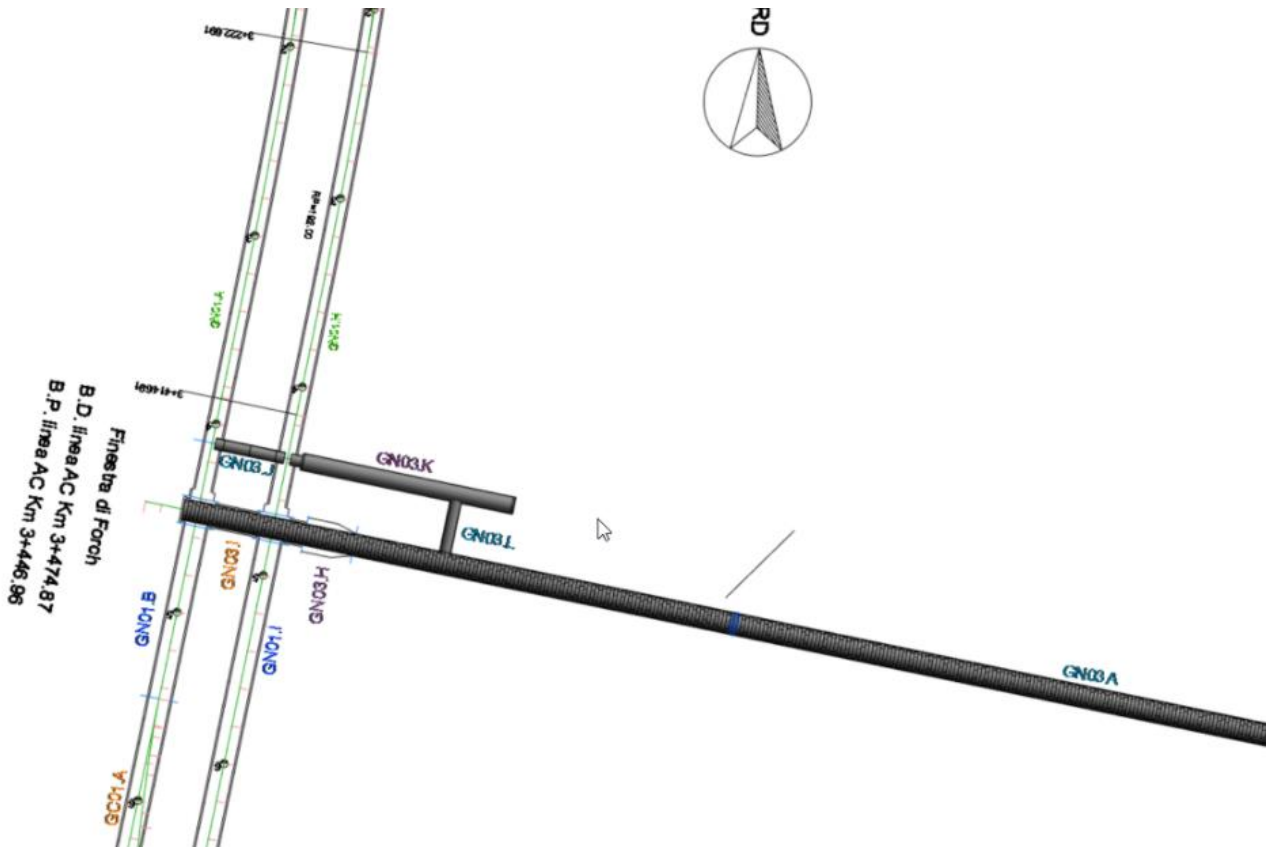


Figura 6-8: Sovrapposizione modello 3D e DWG

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 20 di 159

7. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei materiali impiegati per le opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/2009 (Rif. [1] e Rif. [2]).

I conci prefabbricati saranno realizzati calcestruzzo di classe C45/55 le cui caratteristiche si riportano nella tabella seguente:

Calcestruzzo armato (conci spessore 40 cm)	
Classe di resistenza di calcolo	C45/55
Resistenza caratteristica cls	$f_{ck} = 45 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 25.87 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 36416 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 A)	$\sigma_c = 0,55 f_{ck} = 25.11 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara) $\sigma_c = 0,40 f_{ck} = 18.26 \text{ MPa}$ combinazione quasi permanente
Tensione massima in condizioni di esercizio (NTC 2008)	$\sigma_c = 0,6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara) $\sigma_c = 0,45 f_{ck} = 20.54 \text{ MPa}$ combinazione quasi permanente

Tabella 7-1: Caratteristiche calcestruzzo

I conci in armatura lenta sono costituiti da acciaio di classe B450C.

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B450C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 391,3 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (da manuale progettazione RFI con codifica RFI DTC SI MA IFS 001 A)	$\sigma_{lim} = 0,75 f_{yk} = 337,5 \text{ MPa}$

Tabella 7-2: Caratteristiche acciaio per barre di armatura

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	21 di 159

7.1 TIPOLOGIA DI ELEMENTI DI RIVESTIMENTO

Viene proposto l'utilizzo di conci prefabbricati in calcestruzzo armato (full reinforcement) per le opere a carattere definitivo considerando una vita nominale dell'opera $V_N \geq 100$ anni.

L'armatura di rinforzo per i conci prefabbricati è:

- Concio Tipo 2:
 - ferri circolari: 6+6 $\phi 14$ mm e 8+8 $\phi 12$ mm;
 - staffatura corrente: tot.4 bracci $\phi 10$, passo 250mm

7.1.1 Dettaglio armature

Si riporta di seguito il dettaglio dell'armatura adottato per il concio Tipo 2.

Ferro	Armature conci
1	6+6 $\phi 14$ mm e 8+8 $\phi 12$ mm
2	$\phi 10$ mm passo 250 mm
3	13 $\phi 10$ mm
4	$\phi 10$ mm passo 125 mm

Tabella 7-3: Armature conci

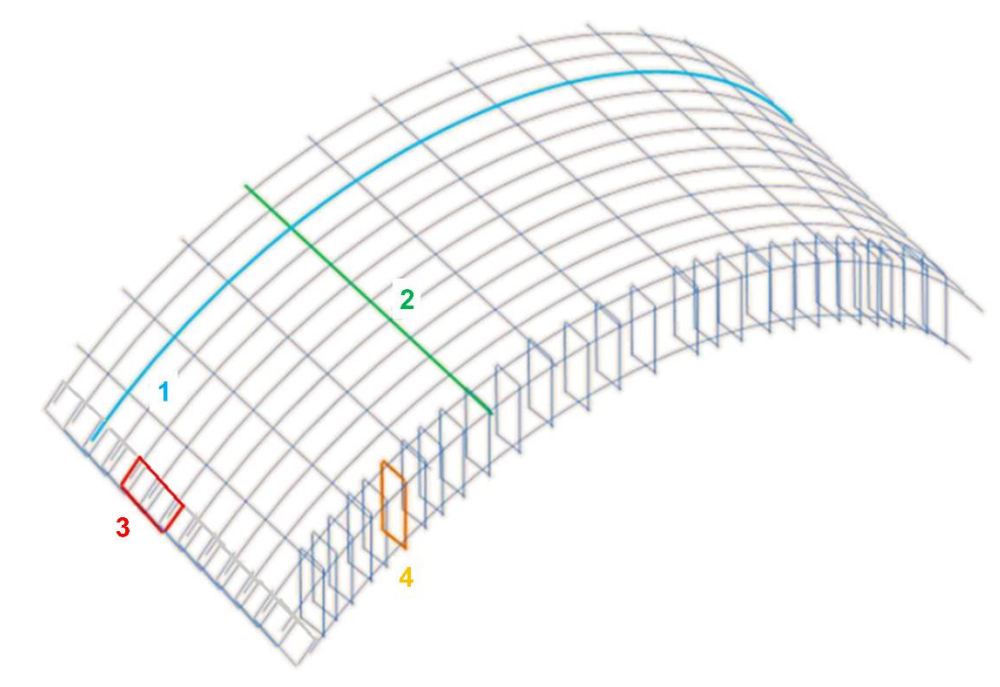


Figura 7-1: Dettaglio armature conci

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"												
PROGETTAZIONE:														
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO												
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		<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>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0300001</td> <td>C</td> <td>22 di 159</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	22 di 159
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	22 di 159									

7.2 COPRIFERRO

I copriferri netti (sul ferro più esterno), da realizzare per l'estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e per l'intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3) sono i minimi previsti dalla Circolare n.617/2009 Rif. [2] al §C4.1.6.1.3.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Tabella 7-4: Copriferri minimi in mm, Circolare n.617/2009

Per limitare fenomeni di sbecatura degli spigoli e di fessurazione dei conci si prescrive una tolleranza di posa di 5 mm così da ottenere un copriferro pari a 40 mm all'estradosso (classe XA2) e 40 mm all'intradosso (classe XC3).

Cautelativamente si prevede un copriferro dello spessore pari a 50 mm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	23 di 159

8. VERIFICA DELLE FASI TRANSITORIE

Si definiscono come carichi transitori le situazioni che avvengono dalla fabbricazione fino alla messa in opera dei conci.

Nel seguente capitolo si riportano le verifiche dei conci prefabbricati nelle varie fasi realizzative e costruttive tra cui:

- Fase di scassero;
- Fase di prima movimentazione;
- Fase di stoccaggio in stabilimento;
- Fase di trasporto in cantiere;
- Fase di stoccaggio in cantiere;
- Fase di movimentazione con erettore TBM;
- Fase di spinta dei martinetti;

In questa fase il calcestruzzo subisce una maturazione delle sue caratteristiche, di conseguenza sarà necessario eseguire alcune verifiche con le resistenze a breve termine, mentre altre con quelle a lungo termine.

Si riportano di seguito due tabelle riassuntive dei parametri dei materiali utilizzati per le verifiche delle fasi transitorie a breve e lungo termine:

Classe di resistenza calcestruzzo C 12/15		
<i>Resistenza cubica a compressione</i>	R_{ck} [MPa]	15.00
<i>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione</i>	f_{ck} [MPa]	12.00
<i>Coefficiente parziale di sicurezza</i>	γ_c	1.50
<i>Coefficiente riduttivo resistenze di lunga durata</i>	α_{cc}	1.00
<i>Resistenza di progetto a compressione</i>	f_{cd} [MPa] = $\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	8.30
<i>Resistenza media a trazione</i>	f_{ctm} [MPa] = $0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	1.61
<i>Resistenza media a trazione per flessione</i>	f_{ctfm} [MPa] = $1.2 \cdot f_{ctm} =$	1.93
<i>Resistenza caratteristica a trazione</i>	f_{ctk} [MPa] = $0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.13
<i>Resistenza di progetto a trazione</i>	f_{ctd} [MPa] = $f_{ctk} / 1.5 =$	0.75

Tabella 8-1: Parametri materiali a breve termine C12/15

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 24 di 159

Classe di resistenza calcestruzzo C 45/55		
Resistenza cubica a compressione	R_{ck} [MPa]	55.00
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck} [MPa]	45.00
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_c	1.50
Coefficiente riduttivo resistenze di lunga durata	α_{cc}	1.00
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} [MPa] = $\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	30.43
Resistenza media a trazione	f_{ctm} [MPa] = $0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	3.83
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctfm} [MPa] = $1.2 \cdot f_{ctm} =$	4.60
Resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk} [MPa] = $0.7 \cdot f_{ctm} =$	2.68
Resistenza di progetto a trazione	f_{ctd} [MPa] = $f_{ctk} / 1.5 =$	1.79

Tabella 8-2: Parametri materiali a lungo termine C45/55

Di seguito si riporta la trattazione secondo NTC08 per le verifiche di resistenza sezionale eseguite in questo report.

Verifiche di resistenza flessionale (Mrd).

Per la valutazione della resistenza flessionale delle sezioni armate, si adottano le seguenti ipotesi:

- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- resistenza a trazione del calcestruzzo nulla.

Con riferimento alla sezione pressoinflessa, la capacità in termini di resistenza, si determina in base alle ipotesi di calcolo e ai modelli σ - ϵ .

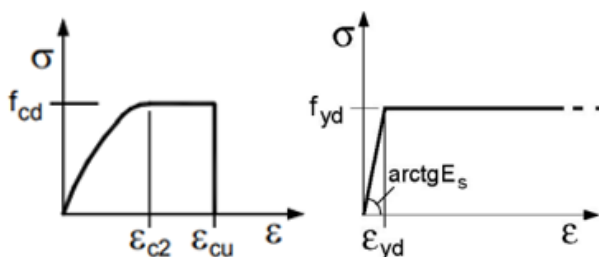


Figura 8-1: Modelli σ - ϵ

Le verifiche SLU si eseguono confrontando la sollecitazione agente con la capacità resistente della sezione.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	25 di 159

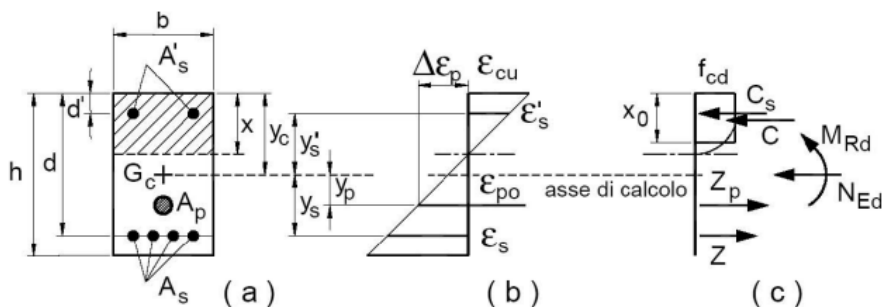


Figura 8-2: Sezione presso inflessa

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti per elementi senza armature trasversali (Vrd).

Le verifiche SLU si eseguono confrontando la capacità resistente della sezione, con la sua sollecitazione agente.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

La resistenza di progetto a taglio valutata per elementi non armati è riportata di seguito come descritto dalle NTC08 al paragrafo §4.1.2.3.5.1.

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

Momento di prima fessurazione (Mcr)

Per il calcolo del momento di prima fessurazione si considera la sezione completamente reagente per determinare la sollecitazione flessionale che provoca, nella fibra tesa, il raggiungimento della f_{ctm} .

$$M_{cr} = \frac{J_i}{(h - d_{G,sup})} f_{ctm}$$

J_i : momento di inerzia omogeneizzato;

h : altezza della sezione;

$d_{G,sup}$: baricentro della sezione omogeneizzata rispetto al bordo superiore;

Le resistenze dei materiali e delle sezioni per ciascuna fase di analisi sono le seguenti:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE:														
Mandatario:	Mandanti:													
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	<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>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0300001</td> <td>C</td> <td>26 di 159</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	26 di 159	
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	26 di 159									

Fasi transitorie	Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	Momento di prima fessurazione	Resistenza a taglio in assenza di armatura specifica	Momento resistente
	f_{ck} [MPa]	M_{cr} [kNm]	V_{Rd} [kN]	M_{Rd} [kNm]
Rimozione casseri	12	52	200	224
Prima movimentazione	12	52	200	224
Stoccaggio in stabilimento	12	52	200	224
Trasporto in cantiere	45	124	335	270
Stoccaggio in cantiere	45	124	335	270
Movimentazione con erettori TBM	45	124	335	270

Tabella 8-3: Resistenze materiali e sezioni per ciascuna fase di analisi

Le sollecitazioni agenti nelle fasi transitorie sono state calcolate considerando schemi statici notevoli. Si riportano all'interno degli output dei fogli di calcolo le formulazioni al fine di rendere ripercorribile il calcolo delle sollecitazioni.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 27 di 159

8.1 SCASSERO

Durante la fase di scassero, oltre al peso proprio del concio, si assume la presenza di forze di adesione sulla superficie del cassero, valutate sulla base di esperienze analoghe.

Il carico è composto da:

- Peso proprio del concio P_p ;
- Incremento dovuto all'adesione 3.0 kN/m^2 .
- Incremento dinamico con coefficiente pari a 1,10.

Nelle verifiche allo scassero (SLE e SLU) si fa riferimento alle proprietà del materiale a breve termine e si considera un coefficiente pari a 1.3. In particolare, la geometria dello schema statico da adottare nella verifica sarà definita in relazione al tipo di sollevamento adottato (pinza meccanica o vacuum).



Figura 8-3: Schema tipologico di movimentazione (vacuum a sinistra, pinza meccanica a destra)

Si riportano di seguito le verifiche considerando il concio appeso e sollevato nella zona centrale come mostrato di seguito.

La simbologia utilizzata nei calcoli viene specificata nella figura riportata di seguito.

Le verifiche vengono svolte considerando la sola armatura di forza circonferenziale del concio tipo A, costituita da $8+8\phi 12$ e $6+6\phi 14$.

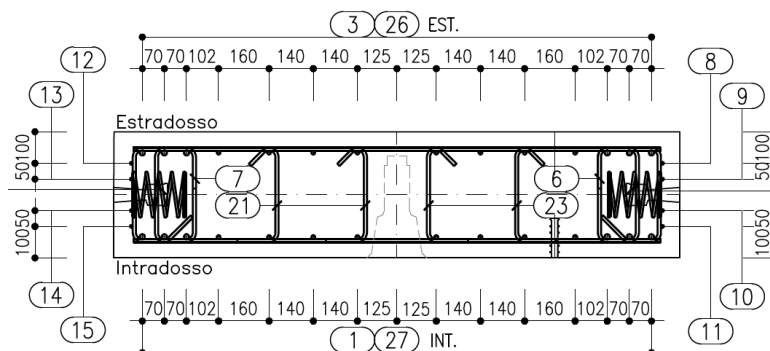


Figura 8-4: dettaglio concio tipo 2

A favore di sicurezza nelle verifiche verranno considerati $14+14 \phi 12$.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 28 di 159

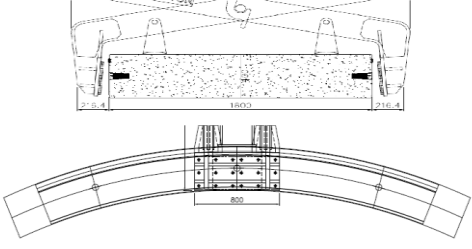
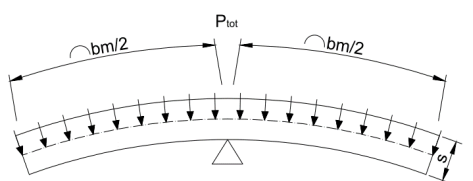
FASE DI SCASSERO		
$b_m = \text{lunghezza arco} = 4.04 \text{ m}$ $s = \text{spessore} = 0.40 \text{ m}$ $l = \text{lunghezza segmenti} = 1.80 \text{ m}$		
$f_{ck} = 12.45 \text{ MPa}$ $\gamma_c = 1.50$ $\alpha_{cc} = 1.00$ $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 8.30 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 1.61 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 1.93 \text{ MPa}$ $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.13 \text{ MPa}$ $f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 = 0.75 \text{ MPa}$		
Vengono riportate di seguito le azioni di carico di progetto:		
Peso proprio Incremento dinamico Incremento dovuto all'adesione Carico totale	$P_p = 24.9 \cdot 0.4 \cdot 1.8 = 17.9 \text{ KN/m}$ $P_v = 0.10 \cdot P_p = 1.8 \text{ KN/m}$ $P_a = 3 \text{ kPa} \cdot 1.8 = 5.4 \text{ KN/m}$ $P_{tot} = 25.1 \text{ KN/m}$	
Sollecitazioni massime:		
Momento flettente Sforzo di taglio	$M_{max} = P_{tot} \cdot b_m^2 / 8 = 51.4 \text{ KNm}$ $V_{max} = P_{tot} \cdot b_m / 2 = 50.8 \text{ KN}$	
Sollecitazioni massime combinazione SLU:		
Momento flettente Sforzo di taglio	$M_{ed} = 1.3 \cdot M_{max} = 66.8 \text{ KNm}$ $V_{ed} = 1.3 \cdot V_{max} = 66.0 \text{ KN}$	
Verifica momento flettente:	$M_{rd} = 224.0 \text{ KNm}$	$FS = M_{rd} / M_{ed} = 3.4$ Verifica soddisfatta
Verifica sforzo di taglio:	$V_{rd} \text{ (sezione non armata)} = 200.0 \text{ kN}$	$FS = V_{rd} / V_{ed} = 3.0$ Verifica soddisfatta
Verifica di fessurazione:	Area sezione $A = s \cdot L = 0.72 \text{ m}^2$ Altezza utile sezione $d = s - c - \phi_s - \phi_l / 2 = 0.33 \text{ m}$ Modulo di resistenza $W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 = 0.032 \text{ m}^3$ Momento di prima fessurazione $M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = 52.3 \text{ kNm}$ Tensione massima CLS $\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W = 1.6 \text{ MPa}$ Resistenza media a trazione del CLS $f_{ctm} = 1.6 \text{ MPa}$ Resistenza media a flessione del CLS $f_{ctm} = 1.9 \text{ MPa}$	$FS = M_{cr} / M_{max} = 1.0$ Verifica soddisfatta $FS = f_{ctm} / \sigma = 1.0$ Verifica soddisfatta $FS = f_{ctm} / \sigma = 1.2$ Verifica soddisfatta
Durante la fase di scassero il conio non presenta fenomeni di fessurazione. Durante la fase di scassero il conio non presenta fenomeni di fessurazione per flessione.		

Figura 8-5: Verifica in fase di scassero (C12/15)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 29 di 159

8.1.1 Verifica dominio M-N SLU

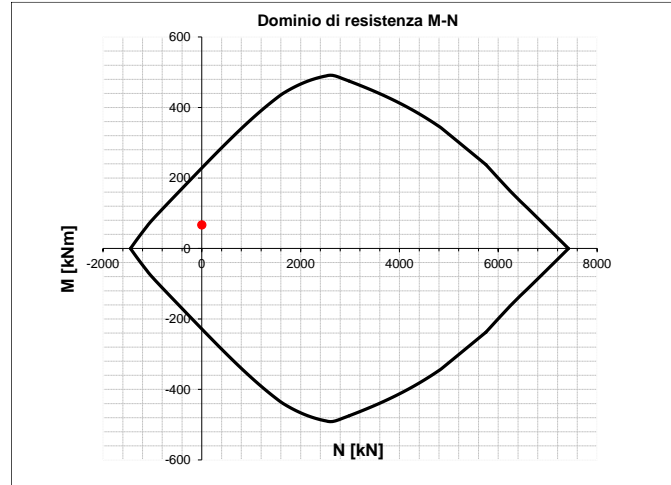


Figura 8-6: Domino di resistenza M-N, fase di scassero (C12/15)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 30 di 159

8.2 PRIMA MOVIMENTAZIONE IN STABILIMENTO

Durante la prima movimentazione i carichi agenti risultano connessi al peso proprio dell'elemento, si assume la presenza di forze dinamiche, valutate sulla base di esperienze analoghe.

Il carico è composto da:

- Peso proprio del concio P_p ;
- Incremento dinamico con coefficiente pari a 1,10

Nelle verifiche alla prima movimentazione (SLE e SLU) si fa riferimento alle proprietà del materiale a breve termine e si considera un coefficiente di pari a 1.3.



Figura 8-7: Sistema di movimentazione dei conci in stabilimento

Si riportano di seguito le sollecitazioni durante la fase di prima movimentazione in stabilimento, vengono valutate considerando tre schemi di carico differenti, Figura 8-7, e verificando il più cautelativo.

La simbologia utilizzata nei calcoli viene specificata nella figura riportata di seguito.

Le verifiche vengono svolte considerando la sola armatura di forza circonferenziale del concio tipo A, costituita da 8+8 ϕ 12 e 6+6 ϕ 14.

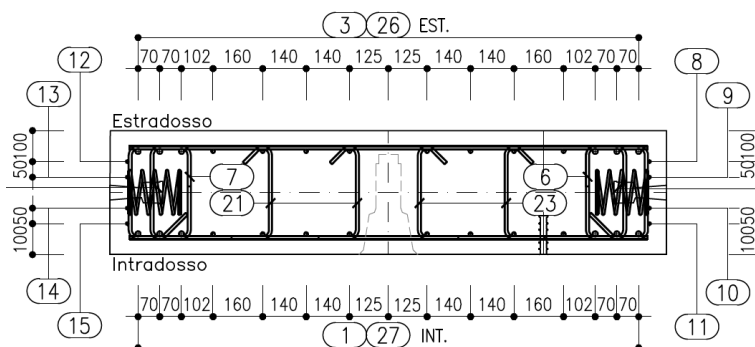


Figura 8-8: dettaglio concio tipo 2

A favore di sicurezza nelle verifiche verranno considerati 14+14 ϕ 12.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 31 di 159

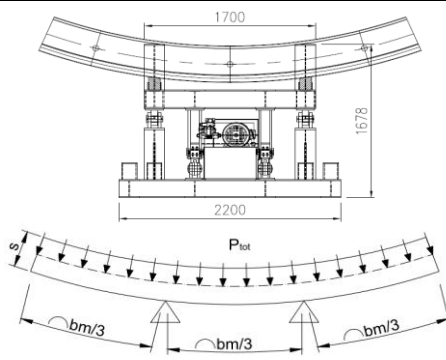
PRIMA MOVIMENTAZIONE																						
$b_m = \text{lunghezza arco} = 4.04 \text{ m}$ $s = \text{spessore} = 0.40 \text{ m}$ $l = \text{lunghezza segmenti} = 1.80 \text{ m}$																						
$f_{ck} = 12.45 \text{ MPa}$ $\gamma_c = 1.50$ $\alpha_{cc} = 1.00$ $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 8.30 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 1.61 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 1.93 \text{ MPa}$ $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.13 \text{ MPa}$ $f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 = 0.75 \text{ MPa}$																						
Vengono riportate di seguito le azioni di carico di progetto:																						
Peso proprio Incremento dinamico Carico totale	$P_p = 24.9 \cdot 0.4 \cdot 1.8 = 17.9 \text{ KN/m}$ $P_v = 0.10 \cdot P_p = 1.8 \text{ KN/m}$ $P_{tot} = 19.7 \text{ KN/m}$																					
Sollecitazioni massime:																						
Momento flettente Sforzo di taglio	$M_{max} = P_{tot} \cdot b_m^2 / 18 = 17.9 \text{ KNm}$ $V_{max} = P_{tot} \cdot b_m / 3 = 26.6 \text{ KN}$																					
Sollecitazioni massime combinazione SLU:																						
Momento flettente Sforzo di taglio	$M_{ed} = 1.3 \cdot M_{max} = 23.3 \text{ KNm}$ $V_{ed} = 1.3 \cdot V_{max} = 34.6 \text{ KN}$																					
Verifica momento flettente:	$M_{rd} = 224.0 \text{ KNm}$ $FS = M_{ed} / M_{rd} = 9.6$ Verifica soddisfatta																					
Verifica sforzo di taglio:	$V_{rd} (\text{sezione non armata}) = 200.0 \text{ kN}$ $FS = V_{ed} / V_{rd} = 5.8$ Verifica soddisfatta																					
Verifica di fessurazione:	<table border="0"> <tr> <td>Area sezione</td> <td>$A = s \cdot L = 0.72 \text{ m}^2$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altezza utile sezione</td> <td>$d = s - c - \Phi_s \cdot \Phi / 2 = 0.33 \text{ m}$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Modulo di resistenza</td> <td>$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 = 0.032 \text{ m}^3$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Momento di prima fessurazione</td> <td>$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = 52.3 \text{ kNm}$</td> <td>$FS = M_{ed} / M_{max} = 2.9$ Verifica soddisfatta</td> </tr> <tr> <td>Tensione massima CLS</td> <td>$\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W = 0.6 \text{ MPa}$</td> <td>$FS = f_{ctm} / \sigma = 2.9$ Verifica soddisfatta</td> </tr> <tr> <td>Resistenza media a trazione del CLS</td> <td>$f_{ctm} = 1.6 \text{ MPa}$</td> <td>$FS = f_{ctm} / \sigma = 3.5$ Verifica soddisfatta</td> </tr> <tr> <td>Resistenza media a flessione del CLS</td> <td>$f_{ctm} = 1.9 \text{ MPa}$</td> <td></td> </tr> </table>	Area sezione	$A = s \cdot L = 0.72 \text{ m}^2$		Altezza utile sezione	$d = s - c - \Phi_s \cdot \Phi / 2 = 0.33 \text{ m}$		Modulo di resistenza	$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 = 0.032 \text{ m}^3$		Momento di prima fessurazione	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = 52.3 \text{ kNm}$	$FS = M_{ed} / M_{max} = 2.9$ Verifica soddisfatta	Tensione massima CLS	$\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W = 0.6 \text{ MPa}$	$FS = f_{ctm} / \sigma = 2.9$ Verifica soddisfatta	Resistenza media a trazione del CLS	$f_{ctm} = 1.6 \text{ MPa}$	$FS = f_{ctm} / \sigma = 3.5$ Verifica soddisfatta	Resistenza media a flessione del CLS	$f_{ctm} = 1.9 \text{ MPa}$	
Area sezione	$A = s \cdot L = 0.72 \text{ m}^2$																					
Altezza utile sezione	$d = s - c - \Phi_s \cdot \Phi / 2 = 0.33 \text{ m}$																					
Modulo di resistenza	$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 = 0.032 \text{ m}^3$																					
Momento di prima fessurazione	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = 52.3 \text{ kNm}$	$FS = M_{ed} / M_{max} = 2.9$ Verifica soddisfatta																				
Tensione massima CLS	$\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W = 0.6 \text{ MPa}$	$FS = f_{ctm} / \sigma = 2.9$ Verifica soddisfatta																				
Resistenza media a trazione del CLS	$f_{ctm} = 1.6 \text{ MPa}$	$FS = f_{ctm} / \sigma = 3.5$ Verifica soddisfatta																				
Resistenza media a flessione del CLS	$f_{ctm} = 1.9 \text{ MPa}$																					
Durante la fase di prima movimentazione il conio non presenta fenomeni di fessurazione.																						
Durante la fase di prima movimentazione il conio non presenta fenomeni di fessurazione per flessione.																						

Figura 8-9: Verifica in fase di prima movimentazione in stabilimento (C12/15)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 32 di 159	

8.2.1 Verifica dominio M-N SLU

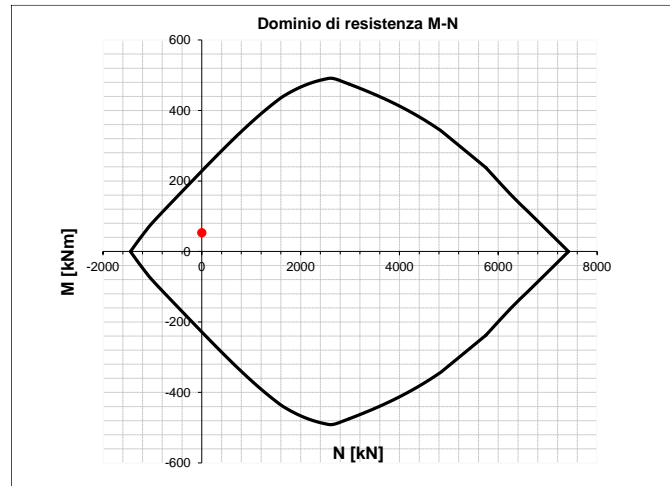


Figura 8-10. Domino di resistenza M-N, fase di prima movimentazione (C12/15)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 33 di 159

8.3 STOCCAGGIO IN STABILIMENTO

In questa fase gli elementi sono stoccati uno sopra l'altro in attesa della maturazione del calcestruzzo.

Essendo il calcestruzzo in fase di maturazione, il numero di conci da accatastare dipende dalle condizioni di produzione. In genere si considera mezzo anello, ma sarà valutato caso per caso. In aggiunta alla verifica della situazione ordinaria, deve essere verificata la situazione dove si considerano le eccentricità dei supporti in legno, in entrambe le direzioni interna ed esterna (in figura si riporta la sola casistica con forza F interna e supporto a terra esterno).



Figura 8-11: Esempio di stoccaggio in stabilimento e schema statico tipologico

La verifica viene condotta sul concio posizionato in fondo alla catasta. Sul concio in questione agisce il peso proprio ed il peso dei conci superiori trasferiti dai travetti di appoggio. Nelle verifiche di stoccaggio in stabilimento (SLE e SLU) si fa riferimento alle proprietà del materiale a breve termine.

Si riportano di seguito le sollecitazioni durante la fase di stoccaggio in stabilimento, lo schema statico è quello di una trave appoggio-appoggio, con due sbalzi laterali e si assume un'eccentricità di 20 cm tra lo scarico dei conci superiori e la reazione di appoggio del concio sottostante.

Al fine di considerare la reale distribuzione degli sforzi, dovuta alla disposizione degli elementi di appoggio sulla pila dei conci, viene applicata la prescrizione riportata nell'EC2 al §6.2.2 applicando un fattore $\beta = 0.29$ al valore del taglio agente.

La simbologia utilizzata nei calcoli viene specificata nella figura riportata di seguito.

Le verifiche vengono svolte considerando la sola armatura di forza circonferenziale del concio tipo A, costituita da 8+8 ϕ 12 e 6+6 ϕ 14.

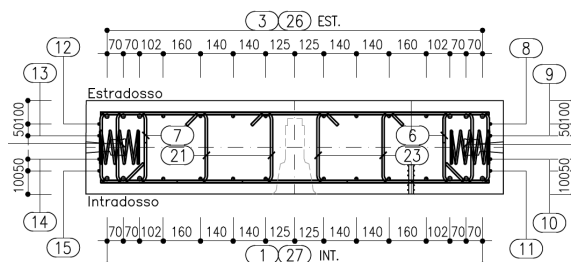


Figura 8-12: dettaglio concio tipo 2

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 34 di 159	

A favore di sicurezza nelle verifiche verranno considerati 14+14 $\phi 12$.

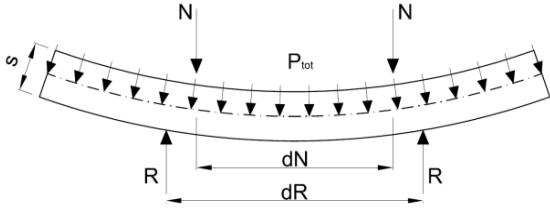
STOCCAGGIO IN STABILIMENTO																							
<table border="1"> <tr><td>b_m = lunghezza arco =</td><td>4.04 m</td></tr> <tr><td>b_{mk} = lunghezza arco (key) =</td><td>4.04 m</td></tr> <tr><td>s = spessore =</td><td>0.40 m</td></tr> <tr><td>l = lunghezza segmenti =</td><td>1.80 m</td></tr> </table>	b_m = lunghezza arco =	4.04 m	b_{mk} = lunghezza arco (key) =	4.04 m	s = spessore =	0.40 m	l = lunghezza segmenti =	1.80 m															
b_m = lunghezza arco =	4.04 m																						
b_{mk} = lunghezza arco (key) =	4.04 m																						
s = spessore =	0.40 m																						
l = lunghezza segmenti =	1.80 m																						
<table border="1"> <tr><td>$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$</td><td>12.45 MPa</td></tr> <tr><td>$\gamma_c =$</td><td>1.50 -</td></tr> <tr><td>$\alpha_{cc} =$</td><td>1.00 -</td></tr> <tr><td>$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$</td><td>8.30 MPa</td></tr> <tr><td>$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$</td><td>1.61 MPa</td></tr> <tr><td>$f_{ctfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$</td><td>4.60 MPa</td></tr> <tr><td>$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$</td><td>1.13 MPa</td></tr> <tr><td>$f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 =$</td><td>0.75 MPa</td></tr> </table>	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	12.45 MPa	$\gamma_c =$	1.50 -	$\alpha_{cc} =$	1.00 -	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	8.30 MPa	$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	1.61 MPa	$f_{ctfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	4.60 MPa	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.13 MPa	$f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 =$	0.75 MPa							
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	12.45 MPa																						
$\gamma_c =$	1.50 -																						
$\alpha_{cc} =$	1.00 -																						
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	8.30 MPa																						
$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	1.61 MPa																						
$f_{ctfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	4.60 MPa																						
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.13 MPa																						
$f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 =$	0.75 MPa																						
<table border="1"> <tr><td>Numero di elementi stoccati</td><td>$n = 4 + 0$</td></tr> <tr><td>Spaziatura tra gli elementi di appoggio tra conci consecutivi</td><td>$dN = 1.4$ m</td></tr> <tr><td>Spaziatura tra gli elementi di appoggio alla base</td><td>$dR = 1.8$ m</td></tr> <tr><td>Coefficiente dinamico</td><td>$\alpha_d = 1.1$</td></tr> </table>	Numero di elementi stoccati	$n = 4 + 0$	Spaziatura tra gli elementi di appoggio tra conci consecutivi	$dN = 1.4$ m	Spaziatura tra gli elementi di appoggio alla base	$dR = 1.8$ m	Coefficiente dinamico	$\alpha_d = 1.1$															
Numero di elementi stoccati	$n = 4 + 0$																						
Spaziatura tra gli elementi di appoggio tra conci consecutivi	$dN = 1.4$ m																						
Spaziatura tra gli elementi di appoggio alla base	$dR = 1.8$ m																						
Coefficiente dinamico	$\alpha_d = 1.1$																						
Vengono riportate di seguito le azioni di carico di progetto:																							
<table border="1"> <tr><td>Peso proprio</td><td>$P_p = 24.9 \cdot 0.4 \cdot 1.8 =$</td><td>17.9 KN/m</td></tr> <tr><td>Carico elementi stoccati e carico dinamico</td><td>$N = 0,5 \cdot 17.9 \cdot (4 \cdot (4-2) + 4 \cdot 1.1) =$</td><td>112.4 KN</td></tr> <tr><td>Reazione agli appoggi di base</td><td>$R =$</td><td>148.7 KN</td></tr> </table>	Peso proprio	$P_p = 24.9 \cdot 0.4 \cdot 1.8 =$	17.9 KN/m	Carico elementi stoccati e carico dinamico	$N = 0,5 \cdot 17.9 \cdot (4 \cdot (4-2) + 4 \cdot 1.1) =$	112.4 KN	Reazione agli appoggi di base	$R =$	148.7 KN														
Peso proprio	$P_p = 24.9 \cdot 0.4 \cdot 1.8 =$	17.9 KN/m																					
Carico elementi stoccati e carico dinamico	$N = 0,5 \cdot 17.9 \cdot (4 \cdot (4-2) + 4 \cdot 1.1) =$	112.4 KN																					
Reazione agli appoggi di base	$R =$	148.7 KN																					
Vengono riportate di seguito le sollecitazioni in corrispondenza delle tre sezioni di calcolo rappresentative:																							
Sollecitazioni in corrispondenza dell'appoggio alla base:																							
- Momento flettente	$M_a = P_p \cdot ((b_m - dR)/2)^2 / 2 =$ 11.3 KNm																						
- Sforzo di taglio	$V_a = \max(P_p \cdot (b_m - dR)/2; P_p \cdot (b_m - dR)/2 - R) =$ 128.5 KN																						
Sollecitazioni in corrispondenza del primo elemento di supporto:																							
- Momento flettente	$M_b = P_p \cdot ((b_m - dR)/2)^2 / 2 - R \cdot (dR - dN)/2 =$ 14.1 KNm																						
- Sforzo di taglio	$V_b = P_p \cdot (b_m - dN)/2 - R =$ 124.9 KN																						
Sollecitazioni in corrispondenza della mezziera del conio:																							
- Momento flettente	$M_b = P_p/8 \cdot (dR^2 - 4((b_m - dR)/2)^2) + (N \cdot (dR - dN)/2) =$ 18.4 KNm																						
- Sforzo di taglio	$V_b = P_p \cdot b_m/2 - R + N =$ 0.0 KN																						
Sollecitazioni massime combinazione SLU:																							
Momento flettente	$M_{ed} = 1.3 \cdot M_{max} =$ 23.98 KNm																						
Sforzo di taglio (EC2 §6.2.2)	$V_{ed} = 1.3 \cdot \beta \cdot V_{max} = 1.3 \cdot 0.29 \cdot V_{max} =$ 48.7 KN																						
Verifica momento flettente:	$M_{rd} = 224.0$ KNm $FS = M_{rd}/M_{ed} = 9.3$ Verifica soddisfatta																						
Verifica sforzo di taglio:	V_{rd} (sezione non armata) = 200.0 kN $FS = V_{rd}/V_{ed} = 4.1$ Verifica soddisfatta																						
Verifica di fessurazione:	<table border="1"> <tr><td>Area sezione</td><td>$A = s \cdot L =$</td><td>0.72 m²</td><td rowspan="6"> $FS = M_{cr}/M_{max} = 2.8$ Verifica soddisfatta $FS = f_{ctm}/\sigma = 2.8$ Verifica soddisfatta $FS = f_{ctfm}/\sigma = 3.4$ Verifica soddisfatta </td></tr> <tr><td>Altezza utile sezione</td><td>$d = s - c - \phi_s - \phi/2 =$</td><td>0.329 m</td></tr> <tr><td>Modulo di resistenza</td><td>$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 =$</td><td>0.032 m³</td></tr> <tr><td>Momento di prima fessurazione</td><td>$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W =$</td><td>52.3 kNm</td></tr> <tr><td>Tensione massima CLS</td><td>$\sigma = N_{max}/A + M_{max}/W =$</td><td>0.6 MPa</td></tr> <tr><td>Resistenza media a trazione del CLS</td><td>$f_{ctm} =$</td><td>1.6 MPa</td></tr> <tr><td>Resistenza media a flessione del CLS</td><td>$f_{ctfm} =$</td><td>1.9 MPa</td></tr> </table>	Area sezione	$A = s \cdot L =$	0.72 m ²	$FS = M_{cr}/M_{max} = 2.8$ Verifica soddisfatta $FS = f_{ctm}/\sigma = 2.8$ Verifica soddisfatta $FS = f_{ctfm}/\sigma = 3.4$ Verifica soddisfatta	Altezza utile sezione	$d = s - c - \phi_s - \phi/2 =$	0.329 m	Modulo di resistenza	$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 =$	0.032 m ³	Momento di prima fessurazione	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W =$	52.3 kNm	Tensione massima CLS	$\sigma = N_{max}/A + M_{max}/W =$	0.6 MPa	Resistenza media a trazione del CLS	$f_{ctm} =$	1.6 MPa	Resistenza media a flessione del CLS	$f_{ctfm} =$	1.9 MPa
Area sezione	$A = s \cdot L =$	0.72 m ²	$FS = M_{cr}/M_{max} = 2.8$ Verifica soddisfatta $FS = f_{ctm}/\sigma = 2.8$ Verifica soddisfatta $FS = f_{ctfm}/\sigma = 3.4$ Verifica soddisfatta																				
Altezza utile sezione	$d = s - c - \phi_s - \phi/2 =$	0.329 m																					
Modulo di resistenza	$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 =$	0.032 m ³																					
Momento di prima fessurazione	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W =$	52.3 kNm																					
Tensione massima CLS	$\sigma = N_{max}/A + M_{max}/W =$	0.6 MPa																					
Resistenza media a trazione del CLS	$f_{ctm} =$	1.6 MPa																					
Resistenza media a flessione del CLS	$f_{ctfm} =$	1.9 MPa																					
Durante la fase di stoccaggio in stabilimento il conio non presenta fenomeni di fessurazione.																							
Durante la fase di stoccaggio in stabilimento il conio non presenta fenomeni di fessurazione per flessione.																							

Figura 8-13: Verifica in fase di stoccaggio in stabilimento (C12/15)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 35 di 159

8.3.1 Verifica dominio M-N SLU

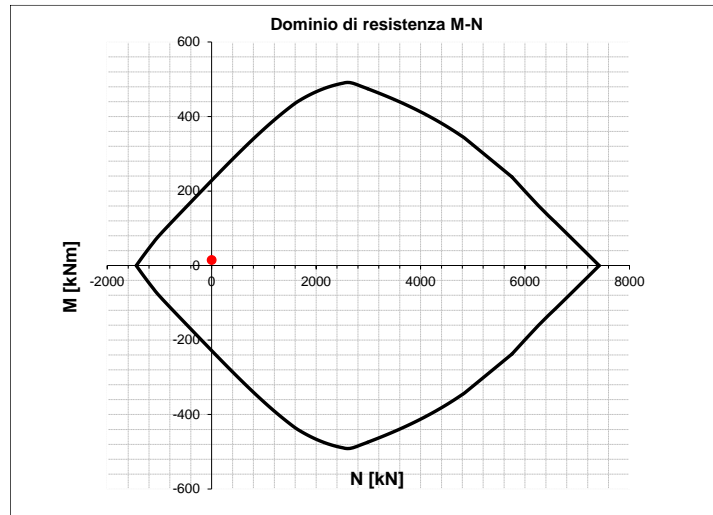


Figura 8-14: Dominio di resistenza M-N, fase di stoccaggio in stabilimento (C12/15)

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 36 di 159

8.4 TRASPORTO IN CANTIERE

In questa fase i conci possono essere soggetti a dei carichi dinamici che devono essere valutati durante la fase di progetto.



Figura 8-15: Fase di trasporto dei conci su gomma o su rotaia

In generale, si può considerare che l'entità di questo carico provoca una eccentricità dei supporti in legno, essendo lo schema strutturale ipotizzato come una trave semplicemente appoggiata. Di seguito si riporta lo schema strutturale rappresentativo.

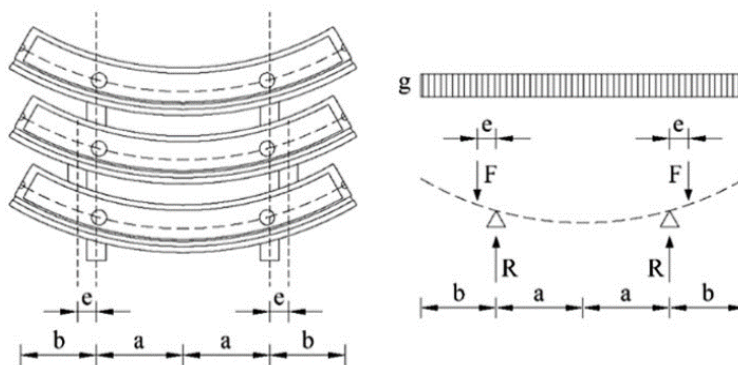


Figura 4.5 – Schema strutturale per la fase di trasporto dei conci

In questo caso, visto che il trasporto si realizza a completa maturazione del concio, il parametro di confronto sarà la resistenza a lungo termine del calcestruzzo armato (28 giorni).

Il carico agente, peso proprio del concio, sarà incrementato attraverso un coefficiente di amplificazione che dipende dalla tipologia di trasporto. Nelle verifiche di trasporto (SLE e SLU) si fa riferimento alle proprietà del materiale a lungo termine e si considera un coefficiente di sicurezza pari a 1.3.

Si riportano di seguito le sollecitazioni durante la fase di trasporto in cantiere, lo schema statico è quello di una trave appoggio-appoggio, con due sbalzi laterali e si assume un'eccentricità di 20 cm tra lo scarico dei conci superiori e la reazione di appoggio del concio sottostante.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 37 di 159

Al fine di considerare la reale distribuzione degli sforzi, dovuta alla disposizione degli elementi di appoggio sulla pila dei conci, viene applicata la prescrizione riportata nell'EC2 al §6.2.2 applicando un fattore $\beta = 0.29$ al valore del taglio agente.

La simbologia utilizzata nei calcoli viene specificata nella figura riportata di seguito.

Le verifiche vengono svolte considerando la sola armatura di forza circonferenziale del concio tipo A, costituita da 8+8 ϕ 12 e 6+6 ϕ 14.

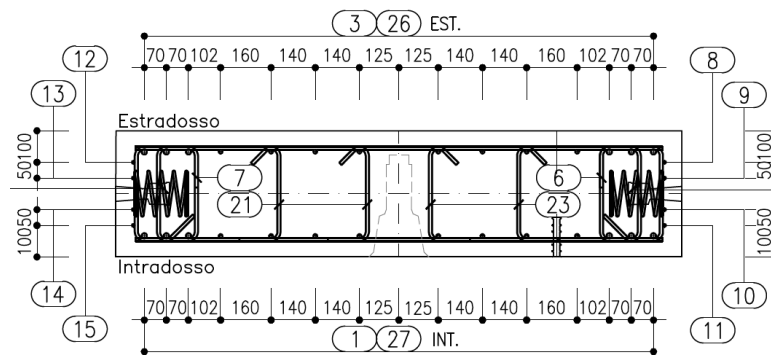


Figura 8-16: dettaglio concio tipo 2

A favore di sicurezza nelle verifiche verranno considerati 14+14 ϕ 12.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 38 di 159

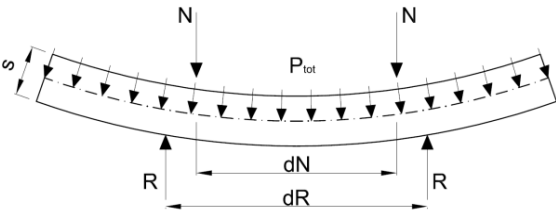
TRASPORTO IN CANTIERE	
$b_m = \text{lunghezza arco} = 4.04 \text{ m}$ $b_{mk} = \text{lunghezza arco (key)} = 4.04 \text{ m}$ $s = \text{spessore} = 0.40 \text{ m}$ $l = \text{lunghezza segmenti} = 1.80 \text{ m}$	
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 45.65 \text{ MPa}$ $\gamma_c = 1.50$ $\alpha_{cc} = 1.00$ $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 30.43 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.83 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 4.60 \text{ MPa}$ $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.68 \text{ MPa}$ $f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 = 1.79 \text{ MPa}$	
Numero di elementi stoccati $n = 4 + 0$ Spaziatura tra gli elementi di appoggio tra conci consecutivi $dN = 1.4 \text{ m}$ Spaziatura tra gli elementi di appoggio alla base $dR = 1.8 \text{ m}$ Coefficiente dinamico $\alpha_d = 2.0$	
Vengono riportate di seguito le azioni di carico di progetto:	
Peso proprio $P_p = 24.9 \cdot 0.4 \cdot 1.8 = 17.9 \text{ KN/m}$	
Carico elementi stoccati e carico dinamico $N = 0,5 \cdot 17.9 \cdot (4 \cdot (4-2) + 4 \cdot 2) = 145.0 \text{ KN}$	
Reazione agli appoggi di base $R = 181.3 \text{ KN}$	
Vengono riportate di seguito le sollecitazioni in corrispondenza delle tre sezioni di calcolo rappresentative:	
Sollecitazioni in corrispondenza dell'appoggio alla base:	
- Momento flettente $M_o = P_p \cdot ((b_m - dR)/2)^2 / 2 = 11.3 \text{ KNm}$	
- Sforzo di taglio $V_o = \max(P_p \cdot (b_m - dR)/2; P_p \cdot (b_m - dR)/2 - R) = 161.2 \text{ KN}$	
Sollecitazioni in corrispondenza del primo elemento di supporto:	
- Momento flettente $M_b = P_p \cdot ((b_m - dR)/2)^2 / 2 - R \cdot (dR - dN)/2 = 20.6 \text{ KNm}$	
- Sforzo di taglio $V_b = P_p \cdot (b_m - dN)/2 - R = 157.6 \text{ KN}$	
Sollecitazioni in corrispondenza della mezzera del concio:	
- Momento flettente $M_b = P_p / 8 \cdot (dR^2 - 4(b_m - dR)/2)^2 + (N \cdot (dR - dN))/2 = 25.0 \text{ KNm}$	
- Sforzo di taglio $V_b = P_p \cdot b_m / 2 - R + N = 0.0 \text{ KN}$	
Sollecitazioni massime combinazione SLU:	
Momento flettente $M_{ed} = 1.3 \cdot M_{max} = 32.5 \text{ KNm}$	
Sforzo di taglio (EC2 §6.2.2) $V_{ed} = 1.3 \cdot \beta \cdot V_{max} = 1.3 \cdot 0.29 \cdot V_{max} = 61.1 \text{ KN}$	
Verifica momento flettente: $M_{rd} = 270.0 \text{ KNm}$	$FS = M_{ed} / M_{rd} = 8.3$ Verifica soddisfatta
Verifica sforzo di taglio: $V_{rd} \text{ (sezione non armata)} = 335.0 \text{ kN}$	$FS = V_{ed} / V_{rd} = 5.5$ Verifica soddisfatta
Verifica di fessurazione:	
Area sezione $A = s \cdot l = 0.72 \text{ m}^2$	$FS = M_{ed} / M_{max} = 5.0$ Verifica soddisfatta $FS = f_{ctm} / \sigma = 5.0$ Verifica soddisfatta $FS = f_{ctm} / \sigma = 6.0$ Verifica soddisfatta
Altezza utile sezione $d = s - c - \phi_s - \phi / 2 = 0.329 \text{ m}$	
Modulo di resistenza $W = 1/6 \cdot l \cdot d^2 = 0.032 \text{ m}^3$	
Momento di prima fessurazione $M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = 124.4 \text{ kNm}$	
Tensione massima CLS $\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W = 0.8 \text{ MPa}$	
Resistenza media a trazione del CLS $f_{ctm} = 3.8 \text{ MPa}$	
Resistenza media a flessione del CL $f_{ctm} = 4.6 \text{ MPa}$	
Durante la fase di trasporto in cantiere il conio non presenta fenomeni di fessurazione. Durante la fase di trasporto in cantiere il conio non presenta fenomeni di fessurazione per flessione.	

Figura 8-17: Verifica in fase di trasporto dei conci in cantiere (C45/55)

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 39 di 159

8.4.1 Verifica dominio M-N SLU

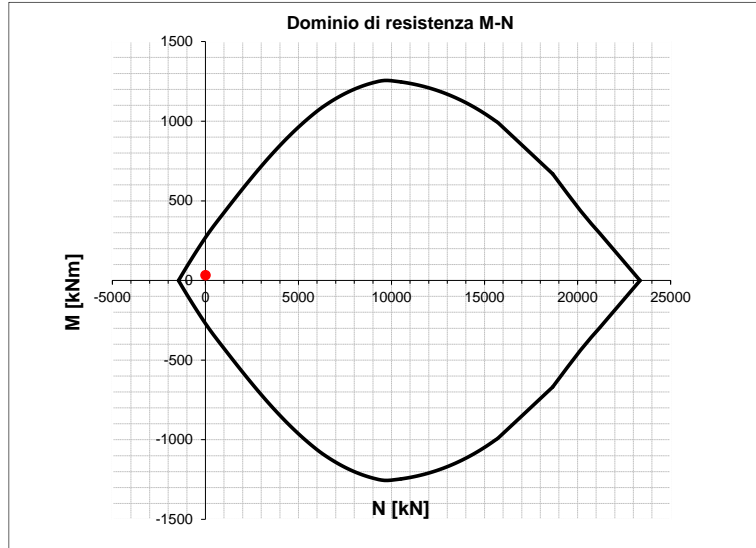


Figura 8-18: Dominio di resistenza M-N, fase di trasporto in cantiere (C45/55)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 40 di 159

8.5 STOCCAGGIO IN CANTIERE

Questa verifica è strutturalmente identica a quella dello stoccaggio in fabbrica: ci sono, tuttavia, tre importanti differenze:

- si realizza questa verifica considerando il materiale in piena maturazione, cioè a 28 giorni.
- si considera il peso di tutto l'anello
- si adotta un'amplificazione del carico considerando un fattore dinamico per il peso dell'ultimo concio impilato.

Lo schema strutturale è identico a quello adottato al §8.3.



Figura 8-19: Esempio di stoccaggio in cantiere

Nelle verifiche di stoccaggio in cantiere (SLE e SLU) si fa riferimento alle proprietà del materiale a lungo termine e si considerano i coefficienti di sicurezza.

Si riportano di seguito le sollecitazioni durante la fase di stoccaggio in cantiere, come al §8.3 lo schema statico utilizzato è quello di una trave appoggio-appoggio, con due sbalzi laterali e si assume un'eccentricità di 20 cm tra lo scarico dei conci superiori e la reazione di appoggio del concio sottostante.

Al fine di considerare la reale distribuzione degli sforzi, dovuta alla disposizione degli elementi di appoggio sulla pila dei conci, viene applicata la prescrizione riportata nell'EC2 al §6.2.2 applicando un fattore $\beta = 0.29$ al valore del taglio agente.

La simbologia utilizzata nei calcoli viene specificata nella figura riportata di seguito.

Le verifiche vengono svolte considerando la sola armatura di forza circonferenziale del concio tipo A, costituita da $8+8\phi 12$ e $6+6\phi 14$.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 41 di 159

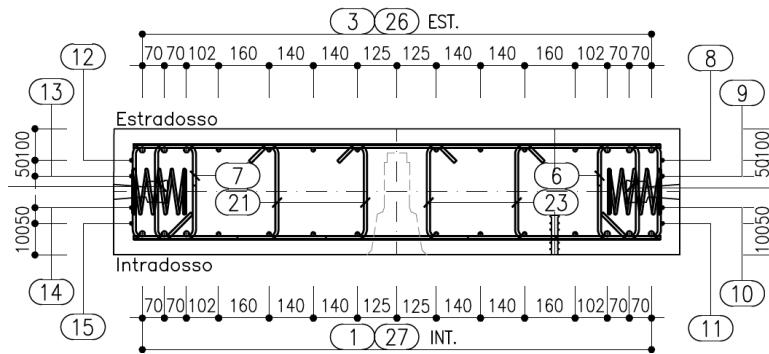


Figura 8-20: dettaglio conci tipo 2

A favore di sicurezza nelle verifiche verranno considerati 14+14 ϕ 12.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA				LOTTO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU				1BEZZ
PROGETTO ESECUTIVO		CODIFICA				DOCUMENTO
		CL				GN0300001
08 - GALLERIE		REV.				FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		C				42 di 159

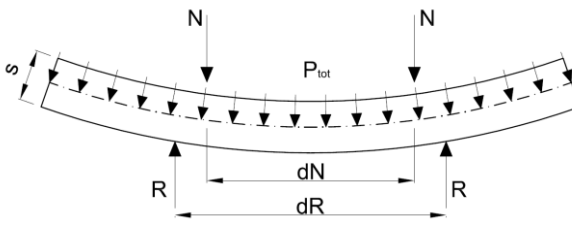
STOCCAGGIO IN CANTIERE																																
<table border="1"> <tr><td>b_m = lunghezza arco =</td><td>4.04 m</td></tr> <tr><td>b_{mk} = lunghezza arco (key) =</td><td>4.04 m</td></tr> <tr><td>s = spessore =</td><td>0.40 m</td></tr> <tr><td>l = lunghezza segmenti =</td><td>1.80 m</td></tr> </table>	b_m = lunghezza arco =	4.04 m	b_{mk} = lunghezza arco (key) =	4.04 m	s = spessore =	0.40 m	l = lunghezza segmenti =	1.80 m																								
b_m = lunghezza arco =	4.04 m																															
b_{mk} = lunghezza arco (key) =	4.04 m																															
s = spessore =	0.40 m																															
l = lunghezza segmenti =	1.80 m																															
<table border="1"> <tr><td>$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$</td><td>45.65 MPa</td></tr> <tr><td>$\gamma_c =$</td><td>1.50 -</td></tr> <tr><td>$\alpha_{cc} =$</td><td>1.00 -</td></tr> <tr><td>$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$</td><td>30.43 MPa</td></tr> <tr><td>$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$</td><td>3.83 MPa</td></tr> <tr><td>$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$</td><td>4.60 MPa</td></tr> <tr><td>$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$</td><td>2.68 MPa</td></tr> <tr><td>$f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 =$</td><td>1.79 MPa</td></tr> </table>	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	45.65 MPa	$\gamma_c =$	1.50 -	$\alpha_{cc} =$	1.00 -	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	30.43 MPa	$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	3.83 MPa	$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	4.60 MPa	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	2.68 MPa	$f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 =$	1.79 MPa																
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	45.65 MPa																															
$\gamma_c =$	1.50 -																															
$\alpha_{cc} =$	1.00 -																															
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	30.43 MPa																															
$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	3.83 MPa																															
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	4.60 MPa																															
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	2.68 MPa																															
$f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 =$	1.79 MPa																															
<table border="1"> <tr><td>Numero di elementi stoccati</td><td>$n = 8 + 0$</td></tr> <tr><td>Spaziatura tra gli elementi di appoggio tra conci consecutivi</td><td>$dN = 1.4$ m</td></tr> <tr><td>Spaziatura tra gli elementi di appoggio alla base</td><td>$dR = 1.8$ m</td></tr> <tr><td>Coefficiente dinamico</td><td>$\alpha_d = 1.5$</td></tr> </table>	Numero di elementi stoccati	$n = 8 + 0$	Spaziatura tra gli elementi di appoggio tra conci consecutivi	$dN = 1.4$ m	Spaziatura tra gli elementi di appoggio alla base	$dR = 1.8$ m	Coefficiente dinamico	$\alpha_d = 1.5$																								
Numero di elementi stoccati	$n = 8 + 0$																															
Spaziatura tra gli elementi di appoggio tra conci consecutivi	$dN = 1.4$ m																															
Spaziatura tra gli elementi di appoggio alla base	$dR = 1.8$ m																															
Coefficiente dinamico	$\alpha_d = 1.5$																															
Vengono riportate di seguito le azioni di carico di progetto:																																
<table border="1"> <tr><td>Peso proprio</td><td>$P_p = 24.9 \cdot 0.4 \cdot 1.8 =$</td><td>17.9 KN/m</td></tr> <tr><td>Carico elementi stoccati e carico dinamico</td><td>$N = 0,5 \cdot 17.9 \cdot (4 \cdot (8-2) + 4 \cdot 1.5) =$</td><td>271.9 KN</td></tr> <tr><td>Reazione agli appoggi di base</td><td>$R =$</td><td>308.2 KN</td></tr> </table>	Peso proprio	$P_p = 24.9 \cdot 0.4 \cdot 1.8 =$	17.9 KN/m	Carico elementi stoccati e carico dinamico	$N = 0,5 \cdot 17.9 \cdot (4 \cdot (8-2) + 4 \cdot 1.5) =$	271.9 KN	Reazione agli appoggi di base	$R =$	308.2 KN																							
Peso proprio	$P_p = 24.9 \cdot 0.4 \cdot 1.8 =$	17.9 KN/m																														
Carico elementi stoccati e carico dinamico	$N = 0,5 \cdot 17.9 \cdot (4 \cdot (8-2) + 4 \cdot 1.5) =$	271.9 KN																														
Reazione agli appoggi di base	$R =$	308.2 KN																														
Vengono riportate di seguito le sollecitazioni in corrispondenza delle tre sezioni di calcolo rappresentative:																																
Sollecitazioni in corrispondenza dell'appoggio alla base:																																
- Momento flettente	$M_a = P_p \cdot ((b_m - dR)/2)^2 / 2 =$	11.3 KNm																														
- Sforzo di taglio	$V_a = \max(P_p \cdot (b_m - dR)/2 ; P_p \cdot (b_m - dR)/2 - R) =$	288.1 KN																														
Sollecitazioni in corrispondenza del primo elemento di supporto:																																
- Momento flettente	$M_b = P_p \cdot ((b_m - dR)/2)^2 / 2 - R \cdot (dR - dN)/2 =$	46.0 KNm																														
- Sforzo di taglio	$V_b = P_p \cdot (b_m - dN)/2 - R =$	284.5 KN																														
Sollecitazioni in corrispondenza della mezzeria del conio:																																
- Momento flettente	$M_c = P_p / 8 \cdot (dR^2 - 4((b_m - dR)/2)^2) + (N \cdot (dR - dN)/2) =$	50.4 KNm																														
- Sforzo di taglio	$V_c = P_p \cdot b_m / 2 - R + N =$	0.0 KN																														
Sollecitazioni massime combinazione SLU:																																
Momento flettente	$M_{ed} = 1.3 \cdot M_{max} =$	65.5 KNm																														
Sforzo di taglio (EC2 §6.2.2)	$V_{ed} = 1.3 \cdot \beta \cdot V_{max} = 1.3 \cdot 0.29 \cdot V_{max} =$	109.2 KN																														
Verifica momento flettente:	$M_{rd} = 270.0$ KNm	$FS = M_{rd} / M_{ed} = 4.1$ Verifica soddisfatta																														
Verifica sforzo di taglio:	V_{rd} (sezione non armata) = 335.0 kN	$FS = V_{rd} / V_{ed} = 3.07$ Verifica soddisfatta																														
Verifica di fessurazione:	<table border="1"> <tr><td>Area sezione</td><td>$A = s \cdot L =$</td><td>0.72 m²</td></tr> <tr><td>Altezza utile sezione</td><td>$d = s - c - \phi_s - \phi / 2 =$</td><td>0.329 m</td></tr> <tr><td>Modulo di resistenza</td><td>$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 =$</td><td>0.032 m³</td></tr> <tr><td>Momento di prima fessurazione</td><td>$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W =$</td><td>124.4 kNm</td></tr> <tr><td>Tensione massima CLS</td><td>$\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W =$</td><td>1.6 MPa</td></tr> <tr><td>Resistenza media a trazione del CLS</td><td>$f_{ctm} =$</td><td>3.8 MPa</td></tr> <tr><td>Resistenza media a flessione del CLS</td><td>$f_{ctm} =$</td><td>4.6 MPa</td></tr> </table>	Area sezione	$A = s \cdot L =$	0.72 m ²	Altezza utile sezione	$d = s - c - \phi_s - \phi / 2 =$	0.329 m	Modulo di resistenza	$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 =$	0.032 m ³	Momento di prima fessurazione	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W =$	124.4 kNm	Tensione massima CLS	$\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W =$	1.6 MPa	Resistenza media a trazione del CLS	$f_{ctm} =$	3.8 MPa	Resistenza media a flessione del CLS	$f_{ctm} =$	4.6 MPa	<table border="1"> <tr><td>$FS = M_{cr} / M_{max} =$</td><td>2.5</td><td>Verifica soddisfatta</td></tr> <tr><td>$FS = f_{ctm} / \sigma =$</td><td>2.5</td><td>Verifica soddisfatta</td></tr> <tr><td>$FS = f_{ctm} / \sigma =$</td><td>3.0</td><td>Verifica soddisfatta</td></tr> </table>	$FS = M_{cr} / M_{max} =$	2.5	Verifica soddisfatta	$FS = f_{ctm} / \sigma =$	2.5	Verifica soddisfatta	$FS = f_{ctm} / \sigma =$	3.0	Verifica soddisfatta
Area sezione	$A = s \cdot L =$	0.72 m ²																														
Altezza utile sezione	$d = s - c - \phi_s - \phi / 2 =$	0.329 m																														
Modulo di resistenza	$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 =$	0.032 m ³																														
Momento di prima fessurazione	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W =$	124.4 kNm																														
Tensione massima CLS	$\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W =$	1.6 MPa																														
Resistenza media a trazione del CLS	$f_{ctm} =$	3.8 MPa																														
Resistenza media a flessione del CLS	$f_{ctm} =$	4.6 MPa																														
$FS = M_{cr} / M_{max} =$	2.5	Verifica soddisfatta																														
$FS = f_{ctm} / \sigma =$	2.5	Verifica soddisfatta																														
$FS = f_{ctm} / \sigma =$	3.0	Verifica soddisfatta																														
Durante la fase di stoccaggio in cantiere il conio non presenta fenomeni di fessurazione.																																
Durante la fase di stoccaggio in cantiere il conio non presenta fenomeni di fessurazione per flessione.																																

Figura 8-21: Verifica in fase di stoccaggio in cantiere (C45/55)

Come previsto da Normativa (Rif. [1]) la verifica a taglio viene svolta considerando la sola sezione non armata e la sezione con armatura a taglio. Dalle verifiche svolte risulta necessaria l'armatura a taglio.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 43 di 159

8.5.1 Verifica dominio M-N SLU

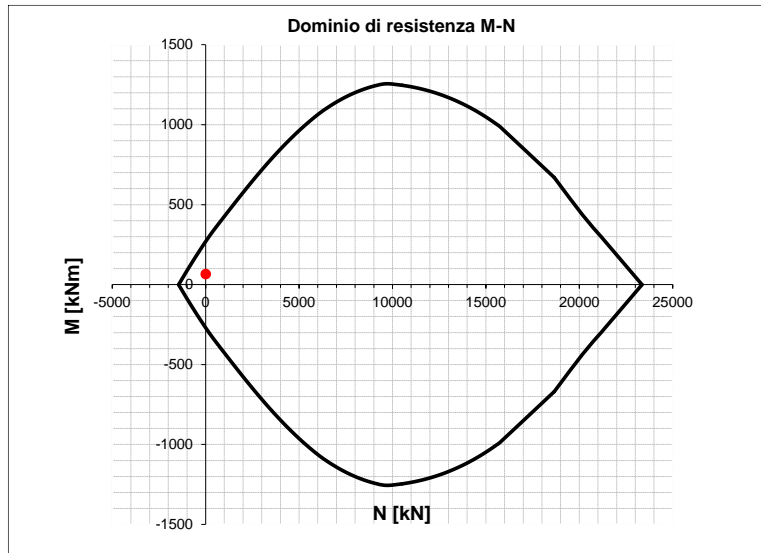


Figura 8-22: Dominio di resistenza M-N, fase di stoccaggio in cantiere (C45/55)

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 44 di 159

8.6 MOBILITAZIONE CON ERETTORE TBM

Ciascun concio viene sollevato e installato sull'anello adiacente dall'erettore, installato all'interno dello scudo della macchina. Tale verifica comprende implicitamente anche le mobilitazioni del concio tramite i sistemi di quick unloading e segment feeder installati sulla TBM.



Figura 8-23: Tipo di erettore disponibili (meccanici o vacuum)

Nella verifica si considera un fattore di sicurezza per il peso proprio del concio incrementato, a sua volta, per un coefficiente dinamico.

Si riportano di seguito le sollecitazioni durante la fase di mobilitazione, questa fase è assimilata ad una trave con un punto di appoggio centrale, il quale rappresenta l'erettore del concio.

La simbologia utilizzata nei calcoli viene specificata nella figura riportata di seguito.

Le verifiche vengono svolte considerando la sola armatura di forza circonferenziale del concio tipo A, costituita da 8+8 ϕ 12 e 6+6 ϕ 14.

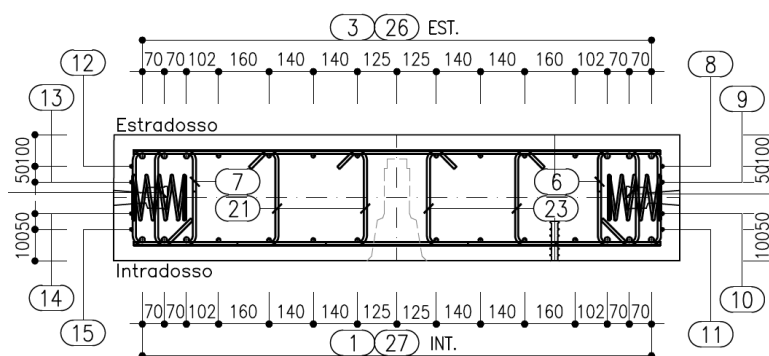


Figura 8-24: dettaglio concio tipo 2

A favore di sicurezza nelle verifiche verranno considerati 14+14 ϕ 12.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 45 di 159

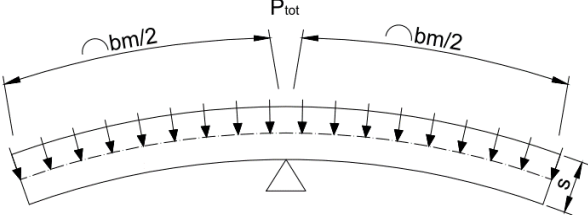
MOVIMENTAZIONE CON ERETTORI TBM																						
$b_m = \text{lunghezza arco} = 4.04 \text{ m}$ $s = \text{spessore} = 0.40 \text{ m}$ $l = \text{lunghezza segmenti} = 1.80 \text{ m}$																						
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 45.65 \text{ MPa}$ $\gamma_c = 1.50$ $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 30.43 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.83 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 4.60 \text{ MPa}$ $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.68 \text{ MPa}$ $f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 = 1.79 \text{ MPa}$																						
Coefficiente dinamico	$\alpha_d = 1.6$																					
Vengono riportate di seguito le azioni di carico di progetto:	$P_p = 24.9 \cdot 0.4 \cdot 1.8 = 17.9 \text{ kN/m}$ $P_v = (\alpha_d - 1) \cdot P_p = 10.8 \text{ kN/m}$ $P_{tot} = 28.7 \text{ kN/m}$																					
Vengono riportate di seguito le sollecitazioni in corrispondenza delle tre sezioni di calcolo rappresentative:	$M_{max} = P_{tot} \cdot b_m^2 / 8 = 58.7 \text{ KNm}$ $V_{max} = 0.5 \cdot P_{tot} \cdot b_m = 58.0 \text{ KN}$																					
Sollecitazioni massime combinazione SLU:	$M_{ed} = 1.3 \cdot M = 76.3 \text{ KNm}$ $V_{ed} = 1.3 \cdot V = 75.4 \text{ KN}$																					
Verifica momento flettente:	$M_{rd} = 270.0 \text{ KNm}$ $FS = M_{rd} / M_{ed} = 3.5$ Verifica soddisfatta																					
Verifica sforzo di taglio:	$V_{rd} \text{ (sezione non armata)} = 335.0 \text{ kN}$ $FS = V_{rd} / V_{ed} = 4.4$ Verifica soddisfatta																					
Verifica di fessurazione:	<table border="0"> <tr> <td>Area sezione</td> <td>$A = s \cdot L = 0.72 \text{ m}^2$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altezza utile sezione</td> <td>$d = s - c - \phi_s - \phi / 2 = 0.329 \text{ m}$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Modulo di resistenza</td> <td>$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 = 0.032 \text{ m}^3$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Momento di prima fessurazione</td> <td>$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = 124.4 \text{ kNm}$</td> <td>$FS = M_{cr} / M_{max} = 2.1$ Verifica soddisfatta</td> </tr> <tr> <td>Tensione massima CLS</td> <td>$\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W = 1.8 \text{ MPa}$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistenza media a trazione del CLS</td> <td>$f_{ctm} = 3.8 \text{ MPa}$</td> <td>$FS = f_{ctm} / \sigma = 2.1$ Verifica soddisfatta</td> </tr> <tr> <td>Resistenza media a flessione del CLS</td> <td>$f_{ctm} = 4.6 \text{ MPa}$</td> <td>$FS = f_{ctm} / \sigma = 2.5$ Verifica soddisfatta</td> </tr> </table>	Area sezione	$A = s \cdot L = 0.72 \text{ m}^2$		Altezza utile sezione	$d = s - c - \phi_s - \phi / 2 = 0.329 \text{ m}$		Modulo di resistenza	$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 = 0.032 \text{ m}^3$		Momento di prima fessurazione	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = 124.4 \text{ kNm}$	$FS = M_{cr} / M_{max} = 2.1$ Verifica soddisfatta	Tensione massima CLS	$\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W = 1.8 \text{ MPa}$		Resistenza media a trazione del CLS	$f_{ctm} = 3.8 \text{ MPa}$	$FS = f_{ctm} / \sigma = 2.1$ Verifica soddisfatta	Resistenza media a flessione del CLS	$f_{ctm} = 4.6 \text{ MPa}$	$FS = f_{ctm} / \sigma = 2.5$ Verifica soddisfatta
Area sezione	$A = s \cdot L = 0.72 \text{ m}^2$																					
Altezza utile sezione	$d = s - c - \phi_s - \phi / 2 = 0.329 \text{ m}$																					
Modulo di resistenza	$W = 1/6 \cdot L \cdot d^2 = 0.032 \text{ m}^3$																					
Momento di prima fessurazione	$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = 124.4 \text{ kNm}$	$FS = M_{cr} / M_{max} = 2.1$ Verifica soddisfatta																				
Tensione massima CLS	$\sigma = N_{max} / A + M_{max} / W = 1.8 \text{ MPa}$																					
Resistenza media a trazione del CLS	$f_{ctm} = 3.8 \text{ MPa}$	$FS = f_{ctm} / \sigma = 2.1$ Verifica soddisfatta																				
Resistenza media a flessione del CLS	$f_{ctm} = 4.6 \text{ MPa}$	$FS = f_{ctm} / \sigma = 2.5$ Verifica soddisfatta																				
Durante la fase di montaggio il conio non presenta fenomeni di fessurazione. Durante la fase di montaggio il conio non presenta fenomeni di fessurazione per flessione.																						

Figura 8-25: Verifica in fase di movimentazione conci con erettore TBM (C45/55)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 46 di 159

8.6.1 Verifica dominio M-N SLU

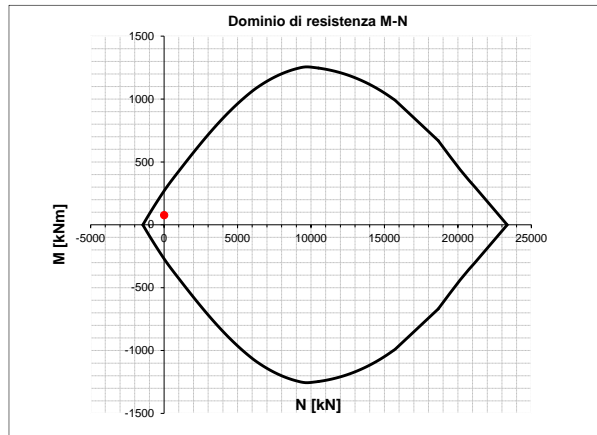


Figura 8-26: Dominio di resistenza M-N, Fase di movimentazione con erettore TBM (C45/55)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	47 di 159

8.7 VERIFICHE IN FASE DI SPINTA DEI MARTINETTI

8.7.1 Premessa

La stima della spinta necessaria per lo scavo meccanizzato viene valutata considerando condizioni reali, ovvero partendo dalle condizioni operative della macchina, valutando la pressione di scavo e considerando le condizioni geomeccaniche e geotecniche esistenti.

- Spinta massima per tratti omogenei;
- Spinta di sbloccaggio, ovvero una condizione non prevedibile a priori lungo i tratti di galleria, ma che viene considerata nell'ambito della valutazione del rischio di blocco della TBM. In queste situazioni è possibile adottare dei magisteri specifici per lo sblocco e la ripartenza.

Il valore di spinta massima con cui eseguire le verifiche deve rappresentare una scelta progettuale basata su più valutazioni della spinta necessaria ad avanzare la TBM lungo sezioni omogenee dal punto di vista geologico e geotecnico. In altre parole, la spinta necessaria all'avanzamento della TBM deve essere inizialmente valutata in più sezioni rappresentative della galleria stessa e in seguito deve essere effettuata una scelta di sintesi sul valore operativo da utilizzare.

La forza complessiva W_{tot} esercitata dai martinetti di spinta di una TBM sarà valutata analiticamente per ciascuna tratta omogenea, come la somma di quattro singoli contributi (riferimento: "Mechanised Shield Tunnelling" di Maidl, Herrenknecht et al. 2012 Rif. [9]):

$$W_{tot} = W_{sk} + W_{face} + W_{exc} + W_{bu} + W_{sh}$$

dove:

- W_{sk} rappresenta la forza dovuta all'attrito fra scudo e mezzo circostante

$$W_{sk} = (W_{TBM} + \sigma_R \cdot D_{scavo} \cdot L_{scudi}) \cdot \mu_{scudo-terreno}$$

- W_{face} rappresenta la forza necessaria per controbilanciare la pressione all'interno della camera di scavo

$$W_{face} = P_{EBP} \cdot \frac{D_{scavo}^2}{4} \cdot \pi$$

- W_{exc} rappresenta la forza necessaria per permettere agli utensili di scavo di penetrare nel materiale da scavare

$$W_{sk} = N_{utensili} \cdot P_{cutter}$$

- W_{bu} rappresenta la forza d'attrito per trascinamento TBM e back up.

$$W_{bu} = W_{back_up} \cdot \mu_{ruota}$$

- W_{sh} rappresenta la forza d'attrito fra lo scudo e i due anelli montati al suo interno (nota anche come forza dovuta alla presenza delle spazzole).

$$W_{sh} = \mu_{gr} \cdot (2 \cdot W_{segm} \cdot N_{segm})$$

In riferimento alle tratte di applicazione dei conci in calcestruzzo armato si riporta di seguito il valore di spinta ordinaria della TBM, in assenza di lubrificanti sugli scudi:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	48 di 159
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2							

Caratteristiche spinta TBM sottoattraversamento A22			
Forza di attrito tra scudo e roccia (copertura pari a 16m, $\mu = 0.3$)	W_{sk}	14.7	[MN]
Forza controbilanciamento pressione camera (1.5 bar)	W_{face}	14.4	[MN]
Contributo degli utensili di scavo (considerando il 40% della forza massima ammissibile dai cutter) ($N_{utensili}=64$)	W_{exc}	8.1	[MN]
Forza di traino del back-up ($\mu=0.1$)	W_{bu}	0.4	[MN]
Forza di attrito a livello del sistema di tenuta di coda (con $\mu=0.6$)	W_{sh}	0.7	[MN]
Spinta totale TBM	W_{tot}	40	[MN]

Tabella 8-4: Spinta ordinaria TBM sottoattraversamento A22

Caratteristiche spinta TBM Sbloccaggio			
Forza di attrito tra scudo e roccia (Comport. plastico – squeezing, $\mu = 0.3$)	W_{sk}	79	[MN]
Forza controbilanciamento pressione camera (0 bar)	W_{face}	0	[MN]
Contributo degli utensili di scavo (considerando il 40% della forza massima ammissibile dai cutter) ($N_{utensili}=64$)	W_{exc}	8.1	[MN]
Forza di traino del back-up ($\mu=0.1$)	W_{bu}	0.4	[MN]
Forza di attrito a livello del sistema di tenuta di coda (con $\mu=0.6$)	W_{sh}	0.7	[MN]
Spinta totale TBM	W_{tot}	90	[MN]

Tabella 8-5: Spinta di sbloccaggio TBM

Di seguito si riportano i risultati ottenuti mediante l'utilizzo del software Digital Project Rock (DPR) così da avere un confronto con l'approccio analitico adottato sopra. Digital Project Rock (DPR) è un brevetto Systra-SWS: un software di simulazione numerica in grado di effettuare predizioni sia deterministiche che probabilistiche dell'avanzamento della *Tunnel Boring Machine* (TBM). DPR utilizza lo stato dell'arte delle formulazioni analitiche e numeriche per simulare il comportamento dell'ammasso roccioso, l'interazione della roccia con la TBM, la velocità di avanzamento della macchina e i tempi di produzione.

La galleria GN03 viene analizzata basando i calcoli sui parametri geomeccanici e le caratteristiche TBM disponibili. Particolare attenzione è rivolta alla predizione della spinta necessaria e all'eventualità di avere sovrascavo (*overcut*).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMessa: IB0U LOTTO: 1BEZZ CODIFICA: CL DOCUMENTO: GN0300001 REV.: C FOGLIO: 49 di 159	

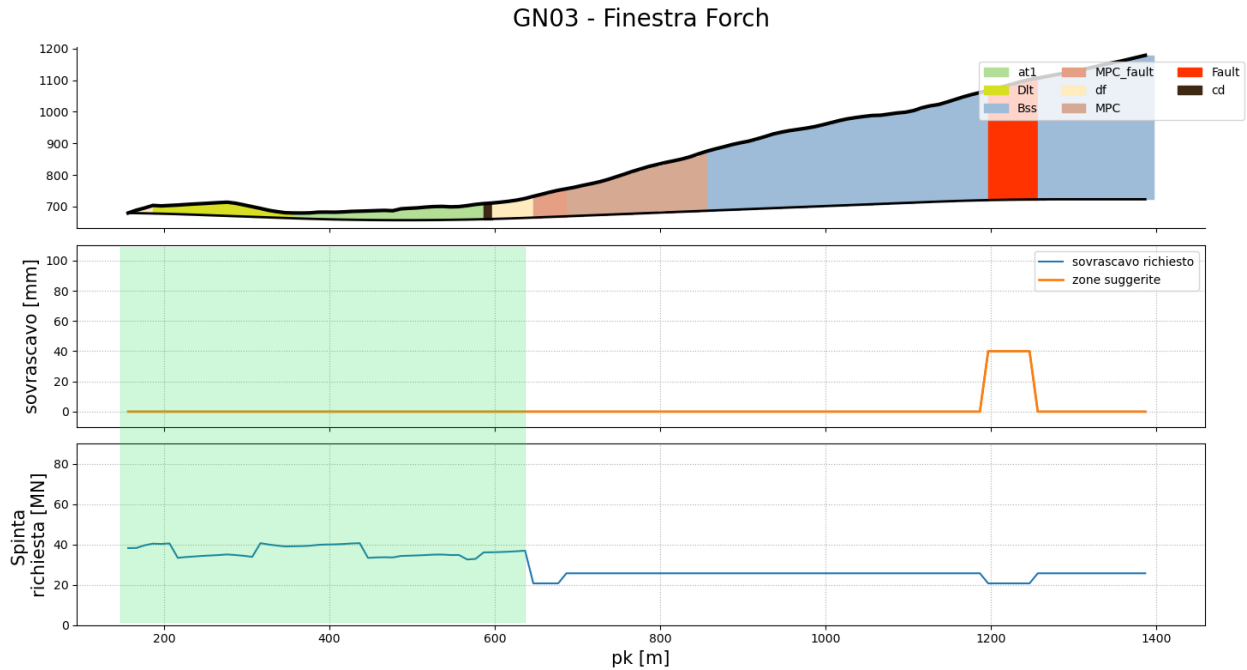


Figura 8-27: Spinta totale TBM richiesta lungo la tratta GN03

- Dual Mode TBM, modalità chiusa (EPB) negli intervalli [150, 650]
- pressione al fronte TBM (in modalità chiusa) 1.5 bar

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 50 di 159

8.7.2 Ipotesi di base

Durante il processo di scavo della galleria, a causa dell'applicazione dei martinetti della TBM, è noto che la regione del segmento sotto i martinetti può essere considerata perturbata (regione D). Inoltre, possono verificarsi "spalling stresses" tra i martinetti di carico. Dovrebbero essere considerati i seguenti problemi:

- pressioni di contatto sotto le piastre e le pastiglie dei martinetti di spinta;
- sollecitazioni di trazione indotte in direzione radiale;
- sollecitazioni di trazione indotte in direzione circonferenziale.

La definizione geometrica di un singolo segmento sotto la spinta della TBM è illustrata in Figura 8-28, come riportato da Guglielmetti (2007). In Figura 8-28(a) sono rappresentati i tipici sistemi di riferimento assunti per indagare localmente il comportamento del segmento durante la fase di spinta, mentre in Figura 8-28(b) sono schematizzate le traiettorie tipiche delle sollecitazioni di compressione attese.

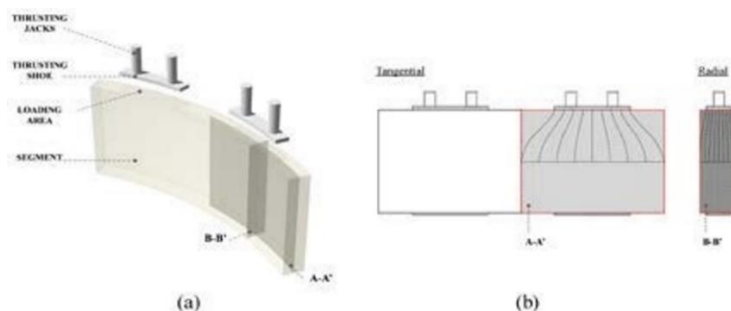


Figura 8-28: Definizione geometrica di un singolo segmento sotto la spinta della TBM: piani radiali e tangenziali locali sotto i pattini di spinta (a) (Guglielmetti et al., 2007), schema semplificato che evidenzia la distribuzione prevista delle sollecitazioni (b)

Al fine di determinare la distribuzione degli sforzi indotti dai martinetti idraulici e quindi lo stato tensionale sui singoli conci, si procede in prima analisi con modelli analitici semplificati. Qualora l'approccio analitico non risulti soddisfacente, si svilupperà una modellazione FEM (Finite Element Method) adottando un modello bidimensionale. Saranno quindi combinate sia condizioni di carico e di appoggio diverse al fine di riprodurre valori di carico potenzialmente differenti tra i vari gruppi di spinta sia vincoli, sul lato opposto alla spinta, in grado di simulare condizioni di appoggio non continuo sull'anello precedente ed eventuali tolleranze costruttive. Le condizioni di analisi saranno scelte in funzione del layout dell'anello e della geometria dei conci.

La forza generata (F_{SD}) su ciascun punto di contatto tra i martinetti e i conci è data dalla forza della TBM diviso il numero dei punti (N_H), ovvero 3 su ogni conico, in totale 24. Le verifiche strutturali dimensionanti sono eseguite in condizioni regolari di appoggio e di carico. Il carico complessivo valutato secondo la formulazione riportata al §8.7.1 deve essere ripartito in modo uniforme sul numero di scarpe di spinta di cui è dotata la TBM.

Il valore di spinta ordinaria viene valutato considerando gli scenari progettuali di riferimento e, ove necessario, considerando le condizioni di carico più conservative al fine di massimizzare le spinte previste. Le

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 51 di 159

assunzioni di progetto sono orientate a garantire una riserva di carico tra le effettive pinte misurate in corso d'opera e le spinte di progetto caratteristiche.

Questo è stato confermato da analisi svolte su diverse opere realizzate o in corso di realizzazione (analisi statistica condotta su un campione significativo di anelli), che indipendentemente dalle condizioni geomeccaniche e di copertura hanno evidenziato come la spinta massima sulla singola piastra di carico è risultata sempre minore della spinta di progetto assunta in fase di calcolo.

Tale condizione è risultata evidente anche in quei casi in cui, ad esempio per gallerie superficiali, si sia verificata una distribuzione non uniforme delle pressioni nei diversi gruppi di spinta. In tali contesti è nota, infatti, una generale prevalenza degli sforzi nei martinetti/settori posti in arco rovescio rispetto a quelli di calotta; tuttavia, la disuniformità è anche connessa, più in generale, al mantenimento del corretto allineamento della macchina, condizione in cui anche lateralmente i 2 gruppi di spinta possono avere valori non coincidenti per permettere l'avanzamento in curva.

Il ritorno di esperienza ha evidenziato che tale non uniformità è in generale marginale e comunque ampiamente compresa nelle riserve di carico insite nell'approccio progettuale adottato. In tal senso nelle condizioni di calcolo le verifiche in fase di avanzamento della TBM vengono svolte con riferimento ad una distribuzione uniforme di spinte.

Si precisa che ad ogni modo, al fine di monitorare le condizioni di spinta massime su ogni gruppo, verrà introdotto un limitatore in macchina che impedisca, in condizioni ordinarie, il superamento del valore di spinta sulla singola scarpa.

All'interno delle tabelle seguenti sono riportati i valori dei coefficienti parziali da applicare rispettivamente ai materiali e ai carichi nelle due condizioni di spinta descritte in precedenza. In particolare, si mette in evidenza che per le condizioni di sblocco macchina, trattandosi di condizioni non ordinarie e assimilabili a casi eccezionali, si considerano coefficienti parziali sui materiali ridotti.

COEFFICIENTI PARZIALI DA APPLICARE AI MATERIALI					
FASE DI VERIFICA		CALCESTRUZZO		ACCIAIO DA ARMATURA ORDINARIA	
		Compressione ¹ $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck,0.05} / \gamma$		Resistenza a trazione flessionale ² $\sigma_t = f_{ctm} / \gamma$	Compressione e trazione ¹ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma$
		α_{cc}	γ		
Spinta dei martinetti	Operativa	1,00	1,50	1,20	1,15
	Sboccaggio		1,20		1,00

Note:

1 – Secondo NTC2018 paragrafo 4.1.2.1.1.1 & Eurocodice EN1992-1-1 paragrafo 2.4.2.4 – prospetto 2.1N.

2 – Secondo NTC2018 paragrafo 4.1.2.2.4. In letteratura α_t è indicato anche come f_{ctd} .

Tabella 8-6: Coefficienti parziali da applicare ai materiali

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 52 di 159

COEFFICIENTI PARZIALI DA APPLICARE AI CARICHI				
FASE DI VERIFICA		Coefficiente parziale SLE $N_{Ed} = \gamma \times N$ $M_{Ed} = \gamma \times M$	Coefficiente parziale SLU $N_{Ed} = \gamma \times N$ $M_{Ed} = \gamma \times M$	
			G carichi permanenti ¹	Q carichi variabili ¹
Spinta dei martinetti	Operativa	1,00	1,30	-
	Sbloccaggio	-	1,00	-

Note:

1 - Valore assunto secondo NTC2018 paragrafo 2.6.1 tabella 2.6.I.

Tabella 8-7: Coefficienti parziali da applicare ai carichi

Si riportano nella tabella seguente i valori di spinta considerati:

$T_{TBM, ORD, SLE} = T_{TBM, ORD} * 1.0$ [MN]	$T_{TBM, ORD, SLU} = T_{TBM, ORD} * 1.3$ [MN]	$T_{TBM, ECC, SLU} = T_{TBM, ECC} * 1.0$ [MN]
40	52	90

Tabella 8-8: Spinte di progetto TBM

Analisi in condizioni ordinarie

Le analisi in condizioni ordinarie vengono effettuate allo stato limite ultimo (SLU) e di esercizio (SLE) considerando i coefficienti parziali riportati in Tabella 8-7 e Tabella 8-8. Per tale condizione di carico si svolgono le seguenti analisi:

1. Verifica delle pressioni di contatto
 - a. SLU $T_{TBM, ORD, SLU} = T_{TBM, ORD} \cdot 1.3$
2. Verifica di resistenza alle trazioni indotte in direzione radiale
 - a. SLE $T_{TBM, ORD, SLE} = T_{TBM, ORD} \cdot 1$
 - b. SLU $T_{TBM, ORD, SLU} = T_{TBM, ORD} \cdot 1.3$
3. Verifica di resistenza alle trazioni indotte in direzione circonferenziale (spalling e bursting);
 - a. SLE $T_{TBM, ORD, SLE} = T_{TBM, ORD} \cdot 1$
 - b. SLU $T_{TBM, ORD, SLU} = T_{TBM, ORD} \cdot 1.3$
4. Verifica sotto spinta eccentrica per pressione di contatto
 - a. SLE $T_{TBM, ORD, SLE} = T_{TBM, ORD} \cdot 1$
 - b. SLU $T_{TBM, ORD, SLU} = T_{TBM, ORD} \cdot 1.3$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	53 di 159

SPINTA ORDINARIA			
	VERIFICA	STATO LIMITE	MODELLO
Condizioni Regolari	Pressioni di contatto	SLU	Analitico (Eurocodice)
	Trazioni indotte in direzione radiale	SLU	Analitico (Leonhardt)
		SLE	Analitico (Leonhardt)
	Trazioni indotte in direzione circonferenziale	SLU	Numerico
		SLE	Numerico
	Verifica sotto spinta eccentrica	SLU	Analitico
		SLE	Analitico

Tabella 8-9: Analisi in condizione ordinaria

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 54 di 159

Analisi di rischio

Durante la messa in opera dell'anello prefabbricato possono accidentalmente verificarsi condizioni di montaggio irregolari, che portano a condizioni di appoggio non continuo lungo il giunto circonferenziale.

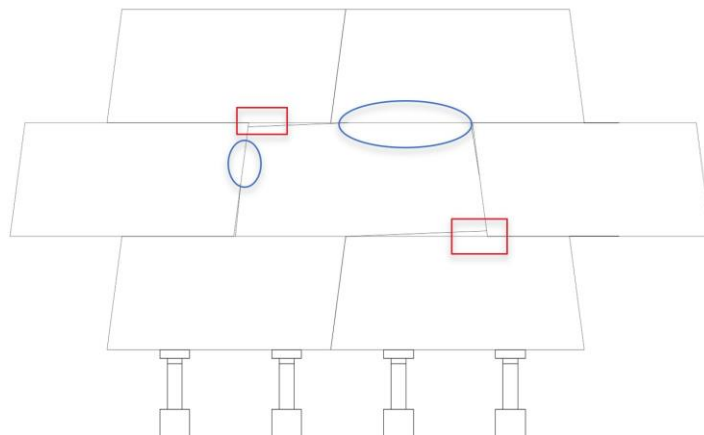


Figura 8-29: Zone di contatto (blu) e gap locali (rosso) in caso di montaggio irregolare (DB)

In modo analogo, è possibile analizzare il rischio di un carico non uniforme agente sul concio considerando un appoggio regolare e mantenendo il carico agente allo SLU calcolato nelle verifiche ordinarie.

Le analisi di rischio vengono effettuate allo stato limite ultimo (SLU) considerando i coefficienti parziali riportati in Tabella 8-7 e Tabella 8-8. Per tale condizione di carico si svolgono le seguenti analisi:

1. Spinta di sbloccaggio
 - a. SLU $T_{TBM,ORD,SLU} = T_{TBM,ORD} \cdot 1.3$
2. Valutazione della spinta massima ammissibile in esercizio (con Gap)
 - a. SLE $T_{TBM,ORD,LIMITE}$
3. Spinta non uniforme
 - a. SLU $T_{TBM,ORD,SLU} = T_{TBM,ORD} \cdot 1.3$
4. Verifica per errato appoggio (con Gap)
 - a. SLU $T_{TBM,ORD,SLU} = T_{TBM,ORD} \cdot 1.3$

Analisi di rischio		
Spinta di sbloccaggio (Centrata, NO gap, 90 MN) (circonferenziale FEM + radiale Leonhardt)	SLU	FEM + ANALITICA
Valutazione della spinta massima ammissibile in esercizio (Centrata, SI gap, Spinta massima valutata 55MN)	SLE	FEM
Spinta non uniforme (Centrata, 52 MN, NO gap, variazione spinta 50%-50%-100%)	SLU	FEM
Verifica per errato appoggio (Centrata, 52 MN, SI gap)	SLU	FEM

Tabella 8-10: Analisi di rischio

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 55 di 159

Modello FEM configurazione regolare

Di seguito viene esplicitata l'analisi agli elementi finiti utilizzata per individuare le sollecitazioni nel concio indotte dalla spinta della macchina in configurazione regolare.

Per la modellazione è stato utilizzato il software Midas FEA per il quale si è modellato il concio come elemento shell 2D avente una mesh composta da 8055 elementi di maglia 30x30mm. La lunghezza del concio è stata assunta pari alla sua intera sviluppata (400 cm).

Lo spessore degli elementi shell è stato posto pari allo spessore del concio, 40 cm.

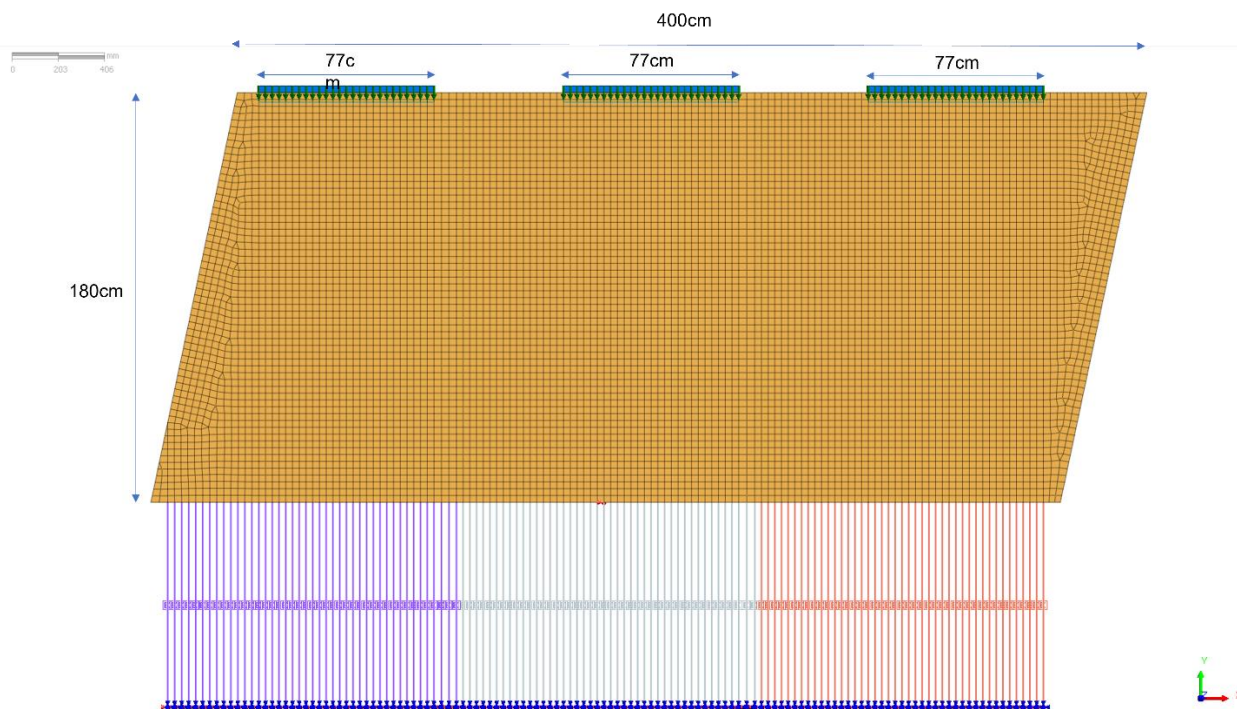


Figura 8-30: Modello FEM 2D in condizione regolare

In questa configurazione regolare il concio poggia interamente sull'anello adiacente, precedentemente installato, pertanto le condizioni al contorno modellate sono rappresentate da molle reagenti a sola compressione aventi ciascuna la seguente rigidezza.

$$k_1 = \frac{E_c \cdot A_c}{L \cdot n} = \frac{36000000 \cdot 3.85 \cdot 0.287}{0.9 \cdot 132} = 334833 \text{ kN/m}$$

E_c : rappresenta il modulo elastico del materiale.

L : rappresenta metà spessore del concio di supporto.

n : numero di molle totali su cui spalmare la rigidezza.

A_c : rappresenta l'area totale di contatto del giunto circolare 3.85mx0.287m.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 56 di 159

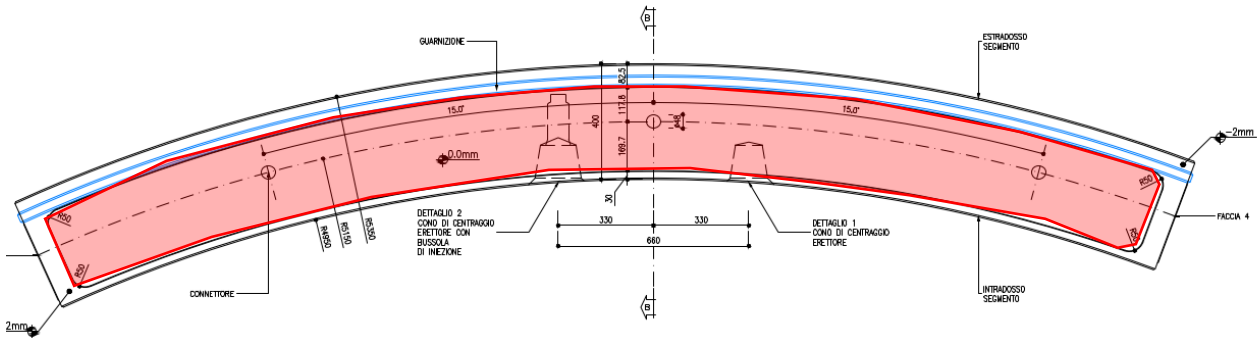


Figura 8-31: area di contatto A_c del giunto circolare $3.85 \times 0.287m$.

Le analisi condotte per questa tipologia di modellazione sono di tipo elastico lineare, assegnando al materiale del conco un modulo elastico di 36000 MPa.

I valori di spinta sono stati applicati come carichi distribuiti sulle scarpe.

Spinta caratteristica SLE su ogni scarpa:

$$F_{Scarpa} = \left(\frac{F_{TBM}}{n_{scarpe}} \right) / L_{scarpa} = \left(\frac{40000}{24} \right) / 0.77 = 2164 \text{ kN/m}$$

Spinta SLU su ogni scarpa:

$$F_{Scarpa} = 1.3 \left(\frac{F_{TBM}}{n_{scarpe}} \right) / L_{scarpa} = 1.3 \left(\frac{40000}{24} \right) / 0.77 = 2813 \text{ kN/m}$$

Spinta di sblocco su ogni scarpa:

$$F_{Scarpa} = \left(\frac{F_{TBM}}{n_{scarpe}} \right) / L_{scarpa} = \left(\frac{90000}{24} \right) / 0.77 = 4870 \text{ kN/m}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 57 di 159

Modello FEM configurazione di errato appoggio

Di seguito viene esplicitata l'analisi agli elementi finiti utilizzata per individuare le sollecitazioni nel concio indotte dalla spinta della macchina con errato appoggio.

Per la modellazione è stato utilizzato il software Midas FEA per il quale si è modellato il concio come elemento shell 2D avente una mesh composta da 8055 elementi di maglia 30x30mm. La lunghezza del concio è stata assunta pari alla sua intera sviluppata (400 cm).

Lo spessore degli elementi shell è stato posto pari allo spessore del concio, 40 cm.

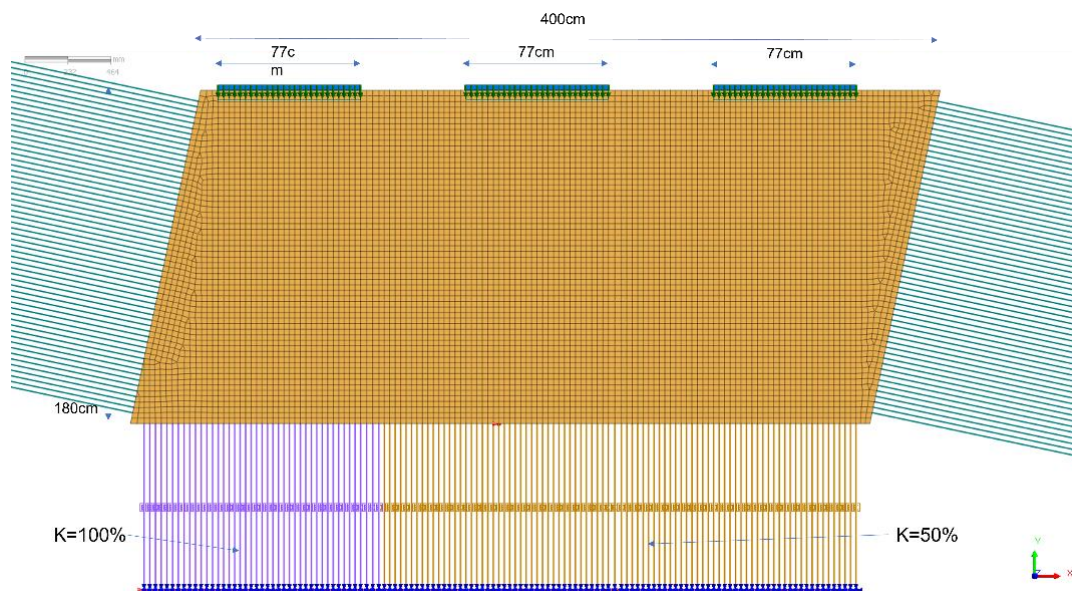


Figura 8-32: Modello FEM 2D con errato appoggio

In questa configurazione di errato appoggio è presente un disallineamento dei conci dell'anello precedente. Per tale motivo il concio poggerà sull'anello precedente in maniera corretta su 1.27 m e sulla restante sviluppata avrà un appoggio errato che è stato valutato considerando una rigidezza ridotta del 50%. Pertanto, le condizioni al contorno modellate sono rappresentate da molle reagenti a sola compressione nelle due zone.

$$k_{100\%} = 334833 \text{ kN/m}$$

$$k_{50\%} = 50\% \cdot k_1 = 0.5 \cdot 334833 = 167416 \text{ kN/m}$$

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 58 di 159

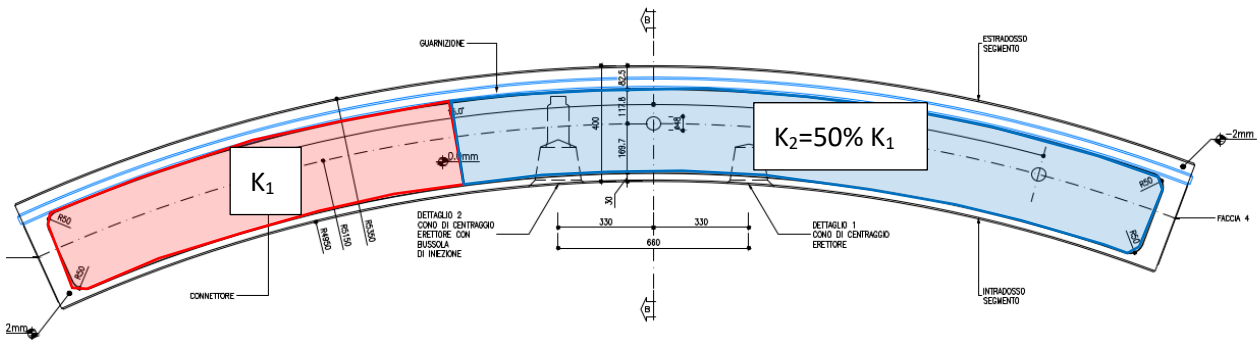


Figura 8-33: area di contatto A_c del giunto circonferenziale.

Inoltre, la configurazione di errato appoggio comporta una rotazione del concio sotto la spinta della TBM, facendo poggiare tale elemento sui conci adiacenti. Per tale motivo sono state modellate anche delle molle con rigidità a sola compressione lungo i giunti longitudinali.

Le rigidità delle suddette molle sono state calcolate come segue.

$$k_3 = \frac{E_c \cdot A_c}{L \cdot n} = \frac{36000000 \cdot 1.652 \cdot 0.287}{14.18 \cdot 58} = 20754 \text{ kN/m}$$

E_c : rappresenta il modulo elastico del materiale.

L : rappresenta metà circonferenza sottraendo anche la lunghezza del concio.

n : numero di molle totali su cui spalmare la rigidità.

A_c : rappresenta l'area totale di contatto del giunto longitudinale $1.652 \times 0.287 \text{ m}$.

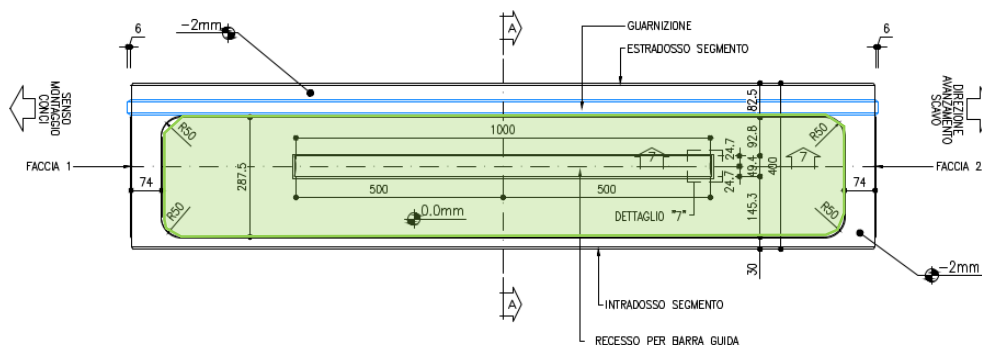


Figura 8-34: area di contatto A_c del giunto longitudinale $1.652 \times 0.287 \text{ m}$.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	59 di 159

Le analisi condotte per questa tipologia di modellazione sono di tipo elastico lineare, assegnando al materiale del concio un modulo elastico di 36000 MPa.

I valori di spinta sono stati applicati come carichi distribuiti sulle scarpe.

La spinta SLE su ogni scarpa verrà calcolata in seguito per individuare la massima ammissibile da evitare la fessurazione del concio:

$$F_{scarpa} = \text{massima ammissibile per evitare fessurazione}$$

Spinta SLU su ogni scarpa:

$$F_{scarpa} = 1.3 \left(\frac{F_{TBM}}{n_{scarpe}} \right) / L_{scarpa} = 1.3 \left(\frac{40000}{24} \right) / 0.77 = 2813 \text{ kN/m}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 60 di 159

8.7.2.1. Verifica delle pressioni di contatto

Per la verifica delle pressioni di contatto si è tenuto conto della configurazione esatta dei martinetti rispetto alla posizione dei conci. Come si può vedere nella figura seguente, nella configurazione di corretto posizionamento del martinetto, risulta comunque un'eccentricità di 4 cm in direzione radiale del suo asse rispetto all'asse concio.

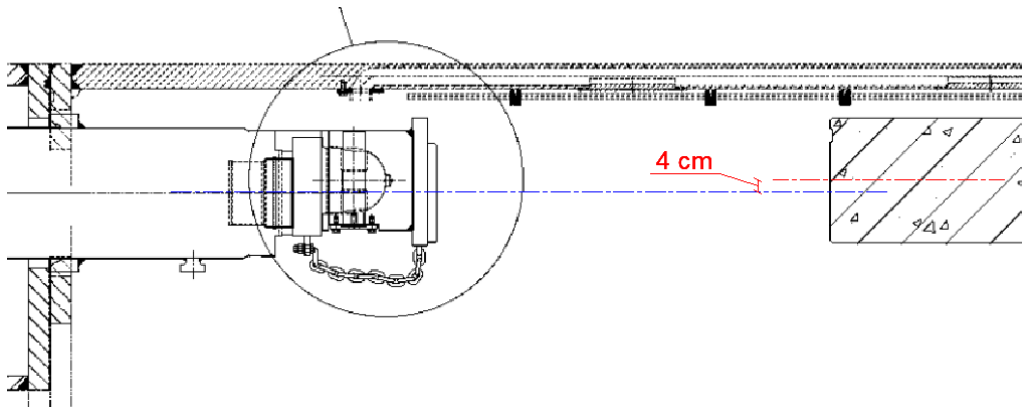


Figura 8-35: Eccentricità dei martinetti rispetto al concio

Tale configurazione genera una riduzione dell'area di contatto valutata nelle verifiche ed esplicitata di seguito.

In accordo con l'eurocodice EN1992-1-1, la massima forza di compressione resistente è stata valutata secondo la seguente formula.

$$F_{Rd} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \sqrt{\frac{a_1 \cdot h_1}{a_0 \cdot h_0}} < 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

Dove:

A_{c0} : rappresenta l'area caricata

A_{c1} : rappresenta la massima area di diffusione del carico avente una forma omotetica a quella di A_{c0} .

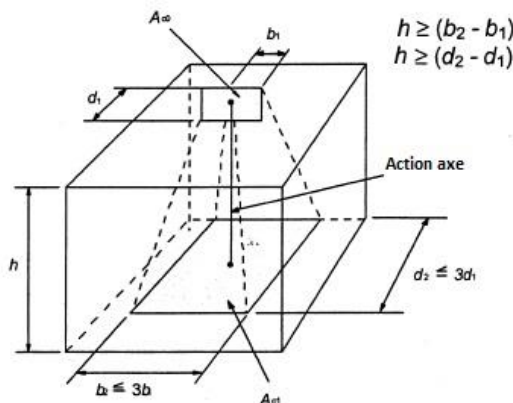


Figura 8-36: Schema di diffusione delle tensioni

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 61 di 159

Si riporta in dettaglio la configurazione geometrica delle aree sopra descritte, tenendo in considerazione l'eccentricità di 4 cm dei martinetti rispetto all'asse del concio.

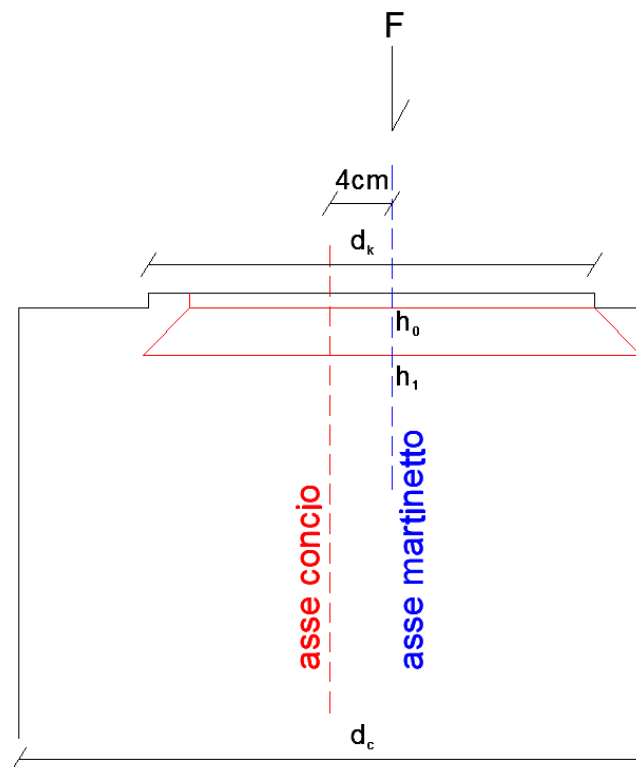


Figura 8-37: configurazione delle distribuzioni di pressione

Si calcola ora la larghezza di contatto h_0 :

$$h_0 = d_k - 2 (e_{martinetto} - e_{giunto}) = 0.287 - 2 \cdot (0.04 - 0.0265) = 0.26\text{m}$$

d_k : larghezza del giunto circonferenziale.

$e_{martinetto}$: eccentricità del martinetto rispetto all'asse del concio.

e_{giunto} : eccentricità del giunto rispetto all'asse del concio.

La rispettiva larghezza omotetica h_1 risulta essere pari a:

$$h_1 = 2 (d_c/2 - e_{martinetto}) = 2 \cdot (0.40/2 - 0.04) = 0.32\text{m}$$

d_c : rappresenta lo spessore del concio

$e_{martinetto}$: eccentricità del martinetto rispetto all'asse del concio.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 62 di 159

La lunghezza di contatto della zona caricata a_0 risulta essere pari proprio alla lunghezza della scarpa.

$$a_0 = L_{scarpa} = 0.77m$$

La lunghezza della zona omotetica a_1 è calcolata come segue.

$$a_1 = (h_1 - h_0) + L_{scarpa} = (0.32 - 0.26) + 0.77 = 0.83 m$$

Di seguito si rappresentano le due aree A_{c0} e A_{c1} .

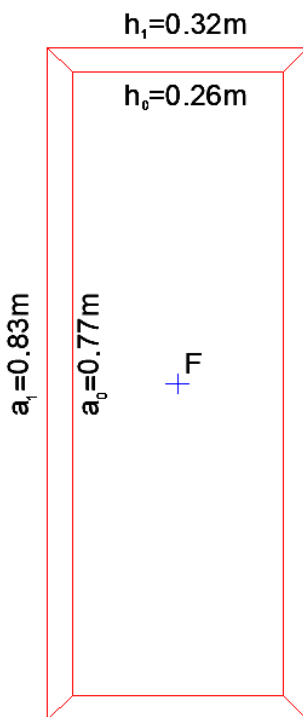


Figura 8-38: Configurazione generale dell'area di contatto A_{c0} e dell'area proiettata A_{c1} .

$$A_{c0} = h_0 \cdot a_0 = 0.26 \cdot 0.77 = 0.2 m^2$$

$$A_{c1} = h_1 \cdot a_1 = 0.32 \cdot 0.83 = 0.266 m^2$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	63 di 159

8.7.2.2. Verifica della resistenza alle trazioni indotte in direzione radiale e circonferenziale

Si riportano le ipotesi di progetto utilizzate per le verifiche di resistenza SLU, tensionali e di fessurazione SLE, per le diverse direzioni di calcolo:

- Per le **verifiche SLU** nelle direzioni radiali e circonferenziali si confronterà il tiro agente totale con il tiro resistente totale delle armature.

Per il calcolo del tiro totale agente in direzione radiale si rimanda alla trattazione del Leonhardt "Casi speciali di dimensionamento nelle costruzioni c.a." il quale fornisce anche gli abachi utilizzati per il posizionamento ottimale delle armature.

Il tiro totale agente al di sotto di ogni singola scarpa è calcolato come segue.

$$Z=0.3 \cdot P \cdot (1-a/d)$$

Dove:

- a = larghezza della superficie di applicazione del carico (si veda paragrafo precedente, valore di h_0)
- d = spessore della sezione caricata (si veda paragrafo precedente, valore di h_1)
- P = spinta su ogni singolo martinetto

Per l'armatura nella direzione circonferenziale si integreranno le tensioni di trazione in direzione circonferenziale dai modelli FEM e si calcolerà il tiro agente totale. Successivamente si confronterà con il tiro resistente delle barre coinvolte nella verifica.

- Per le **verifiche tensionali SLE** in direzione radiale e circonferenziale si confronteranno le tensioni massime sulle singole barre e si verificherà che tali tensioni non superino quella limite di $0.75 f_{yk}$.

$$\sigma_{si} = Z_i / A_{si} < 0.75 f_{yk}$$

Z_i : tiro su ogni singola barra (Z/n .barre);

A_{si} : area di ogni singola barra;

σ_{si} : tensione su ogni singola barra.

- Per le verifiche **SLE di fessurazione**, si integreranno le tensioni di trazione in direzione circonferenziale dai modelli FEM e si calcolerà il tiro e il momento agente che verranno applicati ad una sezione in calcestruzzo armato avente spessore del concio ed altezza pari all'altezza della zona di trazione.

La verifica a fessurazione verrà eseguita in accordo con NTC08.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 64 di 159

Data la classe di esposizione più restrittiva in ambiente aggressivo (XA2) si considerano i seguenti limiti di fessurazione.

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_3$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Le verifiche di fessurazione dovranno garantire il soddisfacimento della seguente disuguaglianza:

$$w_k \leq 0.2 \text{ mm.}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 65 di 159

8.7.2.3. Verifica sotto spinta eccentrica

In questo caso per la verifica delle pressioni di contatto si è tenuto conto di un ulteriore disallineamento dei martinetti rispetto alla posizione dei conci ($\varepsilon=3\text{cm}$ di eccentricità). Come si può vedere nella figura seguente, risulterà un'eccentricità totale di:

$$\text{eccentricità} = e_{\text{martinetto}} + \varepsilon = 0.04 + 0.03 = 0.07\text{m}$$

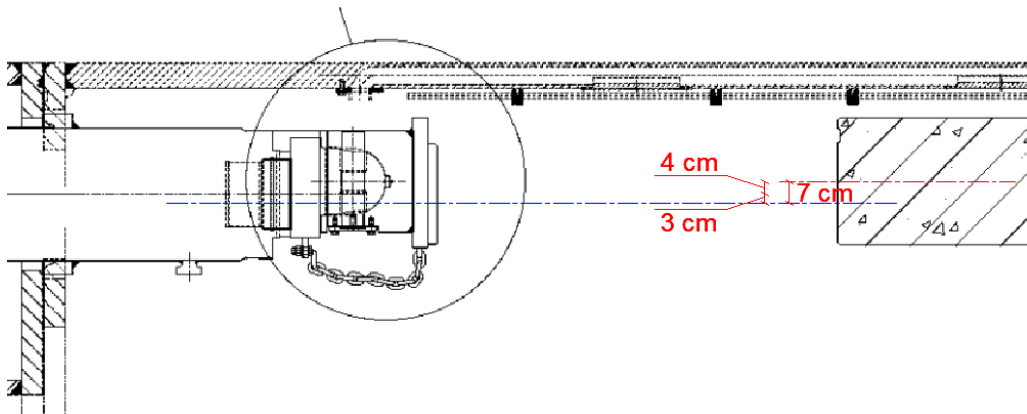


Figura 8-39: Eccentricità dei martinetti rispetto al conio

Tale configurazione genera una riduzione ulteriore dell'area di contatto valutata nelle verifiche ed esplicitata di seguito.

In accordo con l'eurocodice EN1992-1-1, la massima forza di compressione resistente è stata valutata secondo la seguente formula.

$$F_{Rd} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \sqrt{\frac{a_1 \cdot h_1}{a_0 \cdot h_0}} < 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

Dove:

A_{c0} : rappresenta l'area caricata

A_{c1} : rappresenta la massima area di diffusione del carico avente una forma omotetica a quella di A_{c0} .

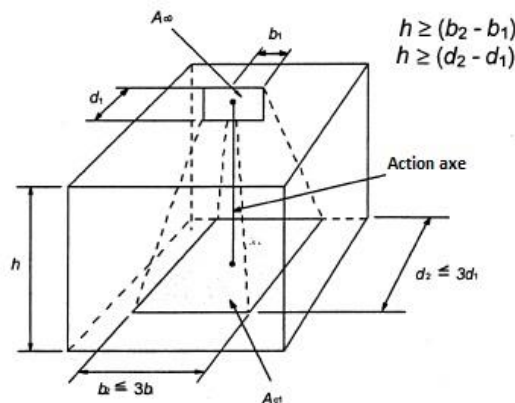


Figura 8-40: Schema di diffusione delle tensioni

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	66 di 159

Si riporta in dettaglio la configurazione geometrica delle aree sopra descritte, tenendo in considerazione l'eccentricità di 7 cm dei martinetti rispetto all'asse del concio.

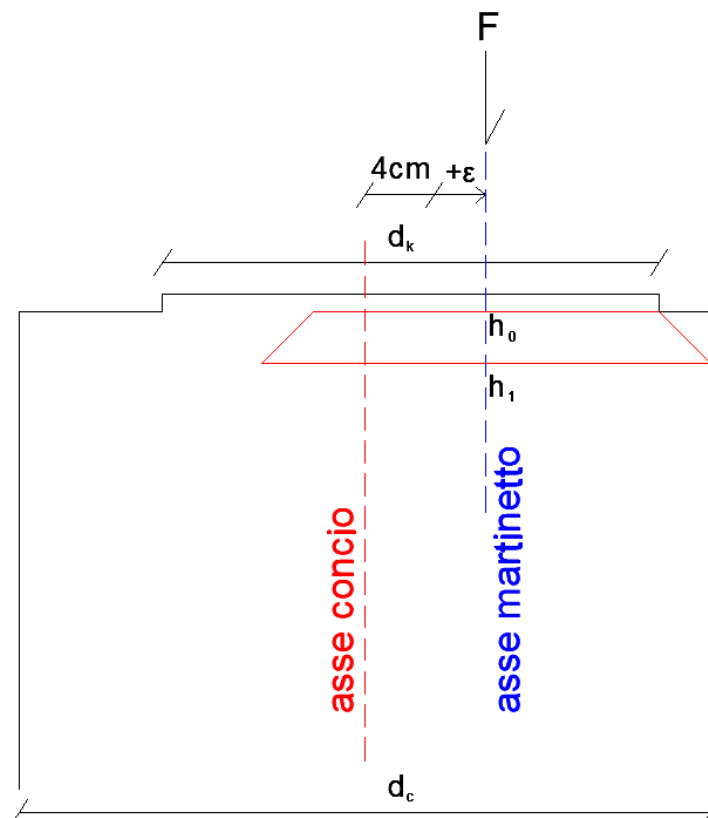


Figura 8-41: configurazione delle distribuzioni di pressione

Si calcola ora la larghezza di contatto h_0 :

$$h_0 = d_k - 2 (e_{martinetto} - e_{giunto}) = 0.287 - 2 \cdot (0.07 - 0.0265) = 0.20m$$

d_k : larghezza del giunto circonferenziale.

$e_{martinetto}$: eccentricità del martinetto rispetto all'asse del concio.

e_{giunto} : eccentricità del giunto rispetto all'asse del concio.

La rispettiva larghezza omotetica h_1 risulta essere pari a:

$$h_1 = 2 (d_c/2 - e_{martinetto}) = 2 \cdot (0.40/2 - 0.07) = 0.26m$$

d_c : rappresenta lo spessore del concio

$e_{martinetto}$: eccentricità del martinetto rispetto all'asse del concio.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 67 di 159

La lunghezza di contatto della zona caricata a_0 risulta essere pari proprio alla lunghezza della scarpa.

$$a_0 = L_{scarpa} = 0.77m$$

La lunghezza della zona omotetica a_1 è calcolata come segue.

$$a_1 = (h_1 - h_0) + L_{scarpa} = (0.26 - 0.20) + 0.77 = 0.83 m$$

Di seguito si rappresentano le due aree A_{c0} e A_{c1} .

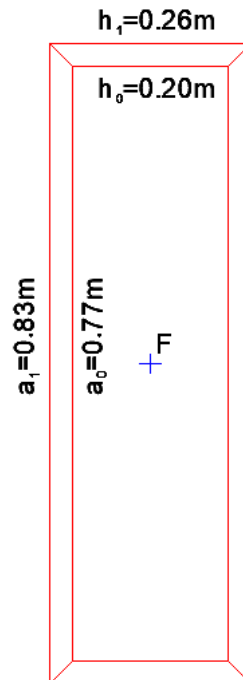


Figura 8-42: Configurazione generale dell'area di contatto A_{c0} e dell'area proiettata A_{c1} .

$$A_{c0} = h_0 \cdot a_0 = 0.20 \cdot 0.77 = 0.154 m^2$$

$$A_{c1} = h_1 \cdot a_1 = 0.26 \cdot 0.83 = 0.216 m^2$$

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 68 di 159

8.7.3 Concio Tipo 2 – Analisi in condizioni ordinarie

8.7.3.1. Verifica delle pressioni di contatto

Si riporta in dettaglio la verifica delle pressioni di contatto tenendo in considerazione l'eccentricità di 4 cm dei martinetti rispetto all'asse del concio.

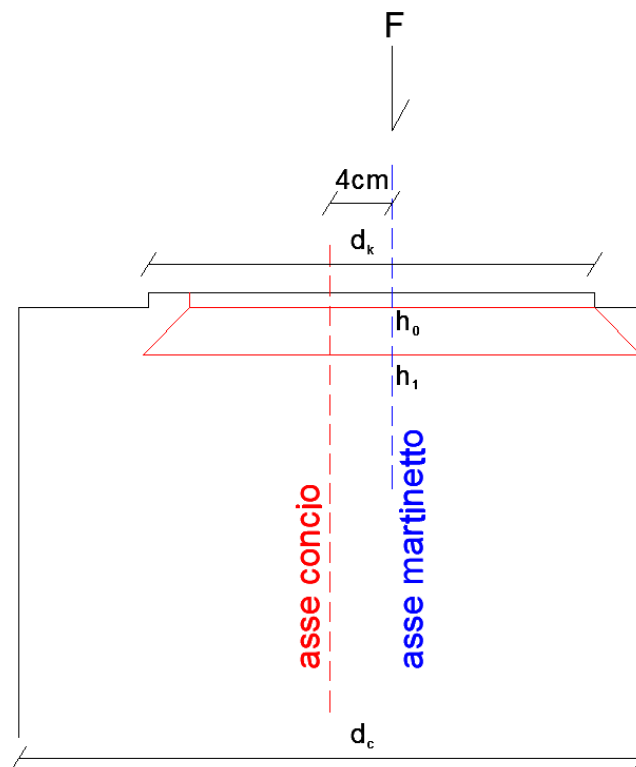


Figura 8-43: configurazione delle distribuzioni di pressione

Si calcola ora la larghezza di contatto h_0 :

$$h_0 = d_k - 2 (e_{martinetto} - e_{giunto}) = 0.287 - 2 \cdot (0.04 - 0.0265) = 0.26m$$

d_k : larghezza del giunto circonferenziale.

$e_{martinetto}$: eccentricità del martinetto rispetto all'asse del concio.

e_{giunto} : eccentricità del giunto rispetto all'asse del concio.

La rispettiva larghezza omotetica h_1 risulta essere pari a:

$$h_1 = 2 (d_c/2 - e_{martinetto}) = 2 \cdot (0.40/2 - 0.04) = 0.32m$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 69 di 159

d_c : rappresenta lo spessore del concio

$e_{martinetto}$: eccentricità del martinetto rispetto all'asse del concio.

La lunghezza di contatto della zona caricata a_0 risulta essere pari proprio alla lunghezza della scarpa.

$$a_0 = L_{scarpa} = 0.77m$$

La lunghezza della zona omotetica a_1 è calcolata come segue.

$$a_1 = (h_1 - h_0) + L_{scarpa} = (0.32 - 0.26) + 0.77 = 0.83 m$$

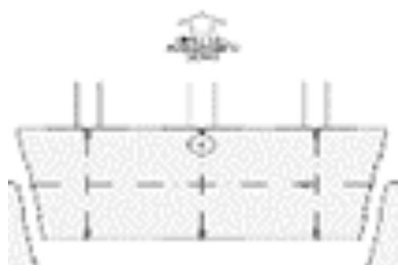
La spinta di progetto al di sotto di ogni scarpa è calcolata come segue.

$$F_{sd} = (T_{TBM} \cdot 1.3)/24 = 2.167MN = 2167 kN$$

Dimensionamento del concio nella fase di spinta

SWSTM Innovation in underground solutions

RESISTENZA DEL CONCIO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Compressione

spinta caratteristica della TBM	T_{TBM} [MN]	40	
Numero delle scarpe	N_H [-]	24	
Eccentricità dei martinetti	e_v [m]	0.04	
Coefficiente di incremento del carico	γ_{SLU} [-]	1.30	

Resistenza del segmento " $F_{sd} \leq F_{Rd} \leq F_{max}$ "

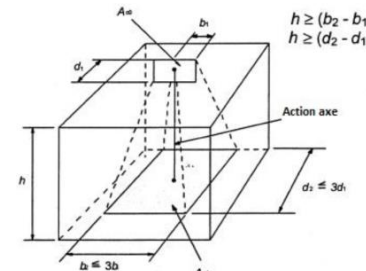
Largezza di pressione	h_0 [m]	0.260	Larghezza della superficie proiettata	h_1 [m]	0.32
Lunghezza di pressione	a_0 [m]	0.77	Lunghezza della superficie proiettata	a_1 [m]	0.83
Resistenza del cls	"SLU"	f_{cd} [MPa]	25.5		

$$F_{sd} = \Sigma F \cdot \gamma_F$$

$$F_{Rd} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{A_{c1} / A_{c0}}$$

$$F_{max} = 3 A_{c0} \cdot f_{cd}$$

Sforzo agente	"SLU"	$F_{sd,E}$ [kN]	2167
Resistenza	"SLU"	F_{Rd} [kN]	5880
	"SLU"	F_{max} [kN]	15315



La verifica delle pressioni di contatto risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 70 di 159

Si riporta di seguito anche la verifica SLU della sezione presso inflessa al di sotto della scarpa soggetta alle seguenti sollecitazioni di compressione e momento flettente.

$$N = -2167 \text{ kN}$$

$$M = N \times e = -2167 \times 0.04 = 86.7 \text{ kNm}$$

La sezione di calcolo ha una larghezza pari a quella delle scarpe e un'altezza pari allo spessore del concho. Le armature resistenti longitudinali al di sotto della scarpa sono 3+3 Φ 10.

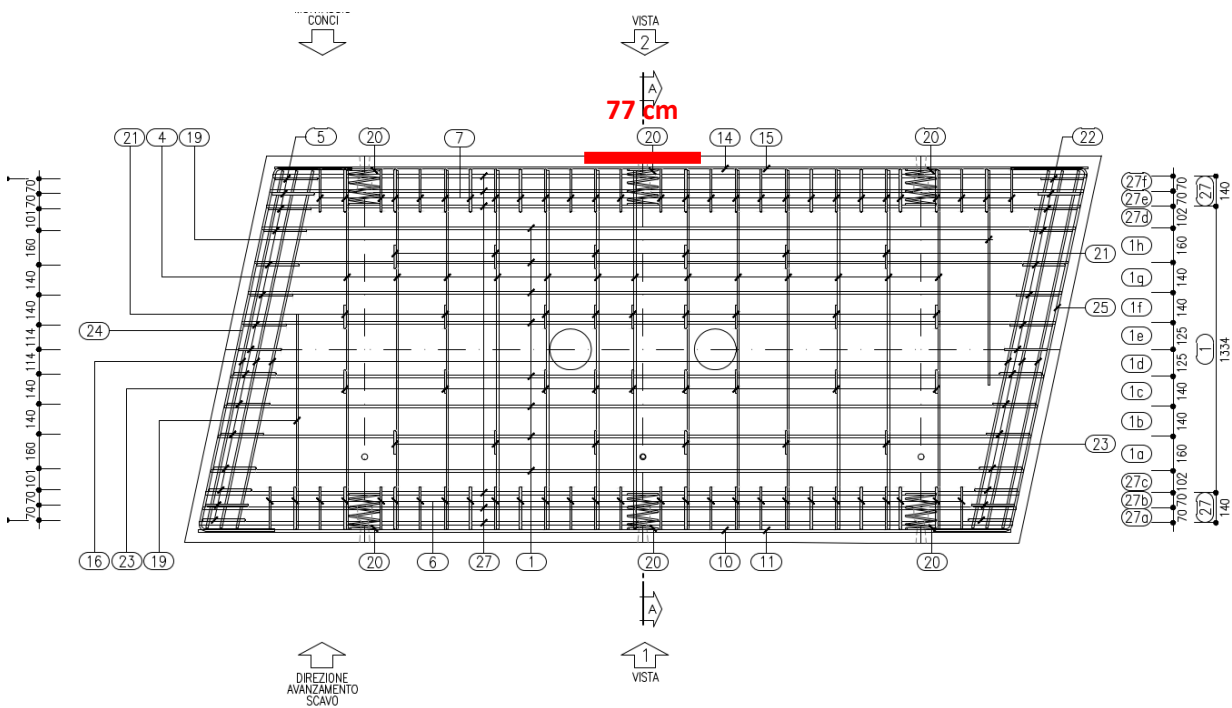


Figura 8-44: Layout di armatura al di sotto della scarpa

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA				LOTTO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU				1BEZZ
08 - GALLERIE		CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		CL	GN0300001	C	71 di 159	

Sezione al di sotto della scarpa- Armatura longitudinale

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	0.0	0.0	-
SLE Frequente	0.0	0.0	-
SLE Rara	0.0	0.0	-
SLU	-2167.0	86.7	0.0
SLV	0.0	0.0	0.0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione			
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	77	
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	40	
Altezza utile della sezione	d [cm]	35	
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	3080	

Armatura longitudinale tesa		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	3	0	0
Diametro	φ [mm]	10	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	5.5	0.0	0.0
Area strato	As [cm ²]	2.36	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.089%		

Armatura longitudinale compressa		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	3	0	0
Diametro	φ [mm]	10	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	5.5	0.0	0.0
Area strato	As' [cm ²]	2.36	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.089%		

Armatura trasversale		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	φ [mm]	0	0	0
Numero bracci	n _{bt}	0	0	0
Passo	s _w [cm]	0	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw/s_w} [cm ² /m]	0.00	0.00	0.00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	55
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd'} [Mpa]	12.55
Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{y,d} [Mpa]	391.30

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 0.00	20.250
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 0.00	27.000
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 0.00	360.000
Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.000	0.200
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.000	0.200

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto			
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Sd} [kN]	0.0	
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0.0	

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica			
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	145.80	
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	-	

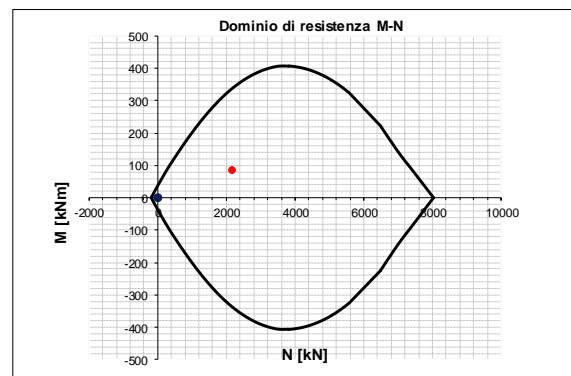
Verifica di resistenza dell'armatura specifica			
CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5	
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	-	
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	-	
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	-	
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	-	

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	86.7	0.0
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	-2167.0	0.0

Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	337.2	35.9
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	3.89	-

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-




APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 72 di 159

8.7.3.2. Verifica della resistenza alle trazioni indotte in direzione radiale

Di seguito si riporta la **verifica SLU** delle barre di armatura in direzione radiale.

Nella verifica vengono considerate staffe $\Phi 10/125\text{cm}$ con due bracci.

Dimensionamento del concio nella fase di spinta della TBM


Innovation
in underground
solutions

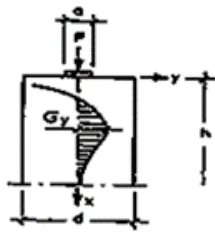
RESISTENZA DEL SEGMENTO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Bursting in direzione radiale		
Spinta caratteristica della TBM	T_{TBM} [MN]	40.0
Spinta SLU della TBM	T_{SLU} [MN]	52.0
Numero delle scarpe tot.	N_H [-]	24
Lunghezza delle scarpe	L_1 [m]	0.77
Larghezza zona di pressione	a [m]	0.260
Larghezza zona di pressione proietta:	d [m]	0.320
Coeff. di combinazione SLU	γ_{ULS} [-]	1.30
Resistenza a trazione di calcolo	f_{yd} [MPa]	391
Diametro delle barre	\emptyset [mm]	10
Numero dei bracci	n [-]	2
Passo delle barre	s [mm]	125
Induced tensile stress		
Sforzo di trazione	Z [kN]	122
armatura richiesta	$A_{s, min}$ [cm ²]	3.1
armatura adottata	A_s [cm ²]	9.42
Coeff. di sicurezza	FS_{cd} [-]	3.0
Profondità in corrispondenza della tensione nulla		
	$x_1 / d = 0.25$	$x_1 = 8$ [cm]
Profondità in corrispondenza della tansione max		
	$x_2 / d = 0.47$	$x_2 = 15.0$ [cm]

$F_{sd} = \text{Spinta di progetto della TBM}$

$$P = F_{sd, ULS}$$

$$Z = 0.3 P * [1 - a / d]$$

$$A_{s, min} = Z / f_{yd}$$

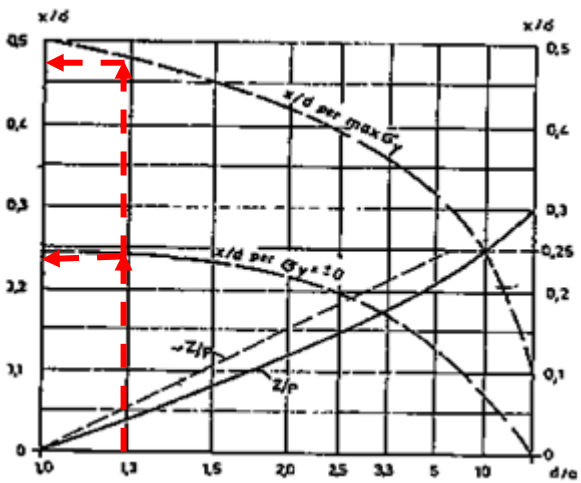


Valid for $h > 2d$

$$A_s = n * [L_1 / s] A_\emptyset$$

$$x_1 = k_1 * d$$

$$x_2 = k_2 * d$$



I valori di a e d sono i medesimi dei valori h_0 e h_1 del paragrafo precedente.

La verifica risulta soddisfatta per le staffe in direzione radiale.


APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	73 di 159

Di seguito si riporta la **verifica tensionale SLE** delle barre di armatura in direzione radiale.

Nella verifica vengono considerate staffe $\Phi 10/125\text{cm}$ con due bracci.

In questo caso le armature che resistono alla trazione sono n.12 staffe totali.

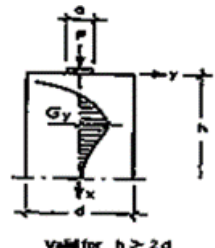
Dimensionamento del concio nella fase di spinta della TBM



Innovation in underground solutions

RESISTENZA DEL SEGMENTO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Bursting in direzione radiale

Spinta caratteristica della TBM	T_{TBM} [MN]	40.0	<div style="text-align: right; margin-bottom: 10px;">F_{sd} = Spinta di progetto della TBM</div> $P = F_{sd, UL5}$ $Z = 0.3 P * [1 - a / d]$ $A_{s, min} = Z / f_{yd}$ <hr style="width: 50%; margin: 10px auto;"/> $A_s = n. * [L_1 / s] A_{\phi}$ $x_1 = k_1 * d$ $x_2 = k_2 * d$
Spinta SLU della TBM	T_{SLE} [MN]	40.0	
Numero delle scarpe tot.	N_H [-]	24	
Lunghezza delle scarpe	L_1 [m]	0.77	
Larghezza zona di pressione	a [m]	0.260	
Larghezza zona di pressione proiettata	d [m]	0.320	
Coeff. di combinazione SLE	γ_{SLE} [-]	1.00	
Resistenza a trazione di calcolo	f_{yd} [MPa]	391	
Diametro delle barre	ϕ [mm]	10	
Numero dei bracci	n [-]	2	
Passo delle barre	s [mm]	125	



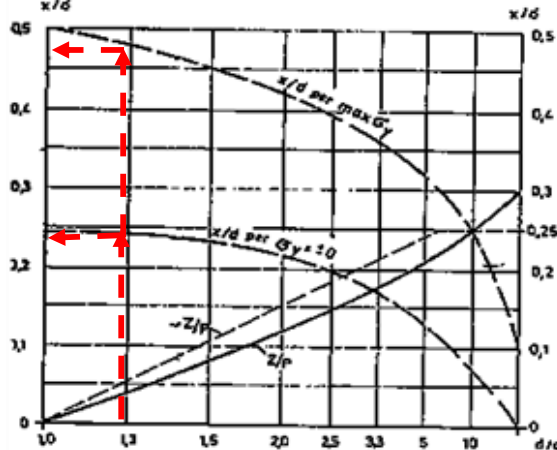
Induced tensile stress		
Sforzo di trazione	Z [kN]	94
armatura adottata	A_s [cm ²]	9.42
Trazione su ogni singola barra	Z_i [kN]	7.8
Tensione su ogni singola barra	σ_i [MPa]	99.5
Tensione massima ammissibile SLE	$0.75 f_{yk}$ [MPa]	337.5
Coeff. di sicurezza	FS_{cd} [-]	3.4

Profondità in corrispondenza della tensione nulla

$x_1 / d = 0.25 \quad x_1 = 8 \text{ [cm]}$

Profondità in corrispondenza della tansione max

$x_2 / d = 0.47 \quad x_2 = 15.0 \text{ [cm]}$



I valori di a e d sono i medesimi dei valori h_0 e h_1 del paragrafo precedente.

La verifica SLE risulta soddisfatta per le staffe in direzione radiale.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 74 di 159

8.7.3.3. Verifica alle trazioni indotte in direzione circonferenziale

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche allo stato limite ultimo (SLU) e di esercizio (SLE) per le trazioni in direzione circonferenziale indotte dalle spinte in condizioni ordinarie.

Al fine di stimare l'effetto di spalling tra le scarpe di spinta l'analisi si svolge mediante modello FEM 2D.

Verifiche in direzione circonferenziale SLE

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE), come prescritto nelle NTC08 al §4.1.2.2.5, si confrontano le tensioni massime, considerando la spinta ordinaria, con i valori di tensione massimi consentiti.

L'azione della spinta dei martinetti in direzione circonferenziale viene svolta mediante un'analisi numerica 2D lineare applicando una spinta macchina totale pari a 40MN, di cui si riporta l'output delle tensioni di seguito.

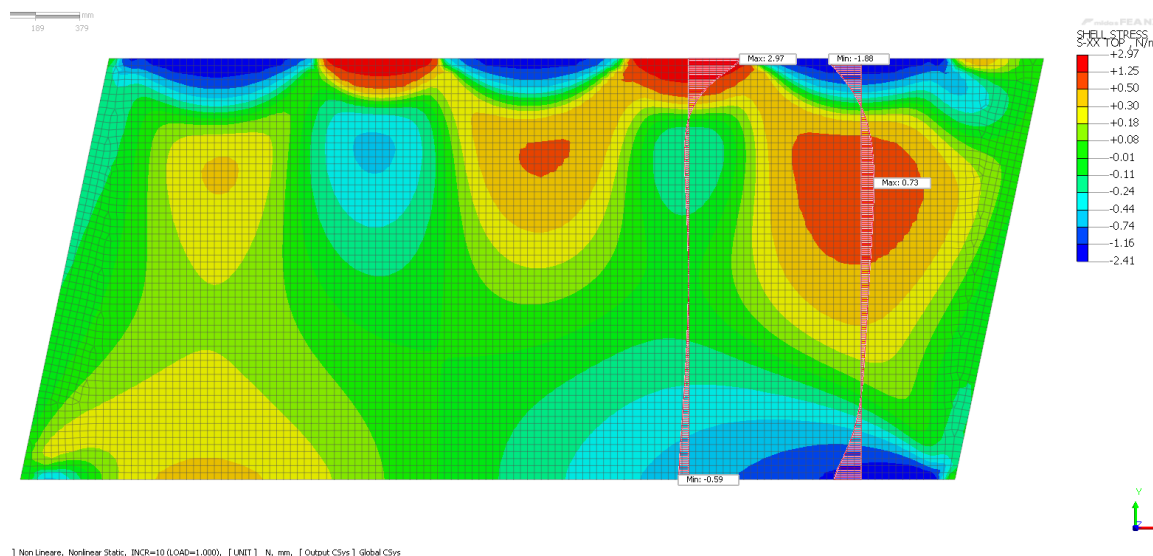


Figura 8-45: Modello Midas FEA NX verifiche SLE spinta Ordinaria

Si riportano di seguito i due diagrammi, rispettivamente per effetto spalling ed effetto bursting, in un grafico più facilmente comprensibile affiancando ad esso la sezione longitudinale del conico con le barre di armatura collaboranti nel tratto interessato dagli sforzi di trazione.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 75 di 159

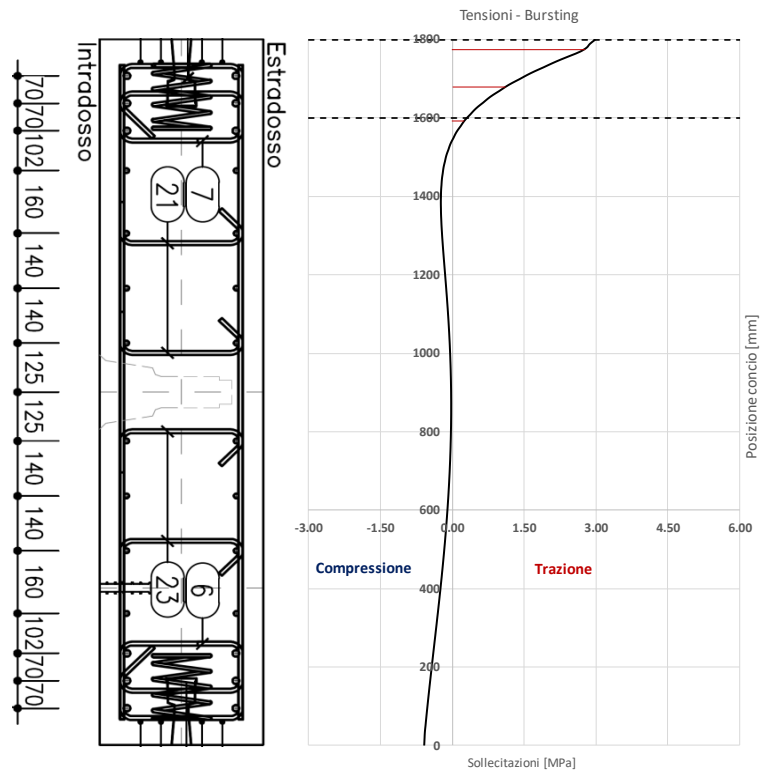


Figura 8-46: Andamento delle sollecitazioni effetto spalling tra le scarpe di spinta

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 76 di 159

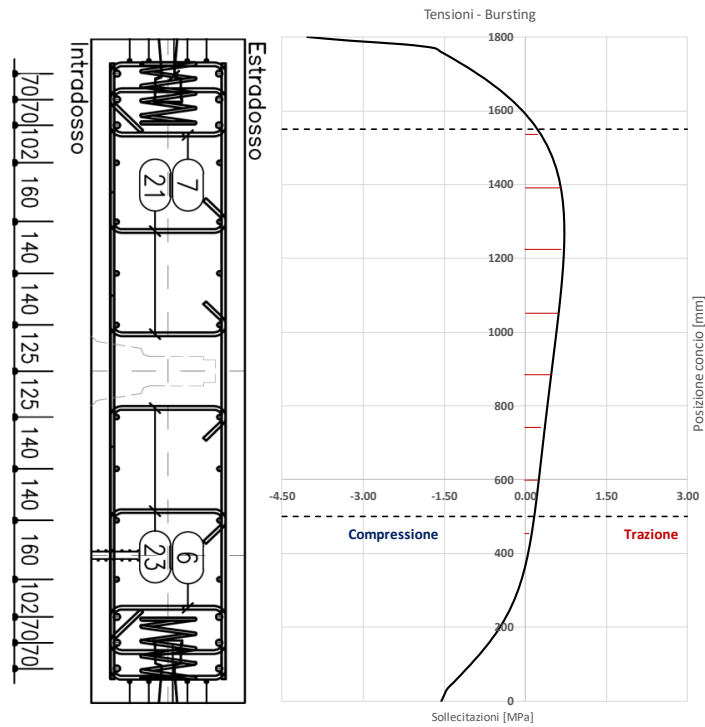


Figura 8-47: Andamento delle sollecitazioni effetto bursting sotto le scarpe di spinta

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva contenente le verifiche SLE (NTC08 §4.1.2.2.5.1).

Sezione di analisi	$\sigma_{s, \text{limite}}$ [MPa]	T_{ed} (integrazione) [kN]	Barre collaboranti	A_s [mm ²]	$\sigma_{s, \text{agente}}$ [MPa]	Verifica
Spalling	$\sigma_{s, \text{limite}} = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.5$	124	2 $\phi 10 + 4 \phi 14$	930	$\sigma_s = T_{ed}/A_s = 133$	$\sigma_s < \sigma_{s, \text{limite}}$ Verifica soddisfatta
Bursting	$\sigma_{s, \text{limite}} = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.5$	219	12 $\phi 12$	1357	$\sigma_s = T_{ed}/A_s = 161$	$\sigma_s < \sigma_{s, \text{limite}}$ Verifica soddisfatta

Tabella 8-11: Verifiche SLE a trazione armature

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 77 di 159

Si riporta di seguito la **verifica a fessurazione**, secondo quanto prescritto dall'EC2 §7.3.4, per l'effetto spalling tra le piastre di spinta.

Come spiegato nelle ipotesi di base si riporta il diagramma delle sollecitazioni di spalling tra le scarpe per le quali si integrano le trazioni per ottenere il tiro agente sulla sezione.

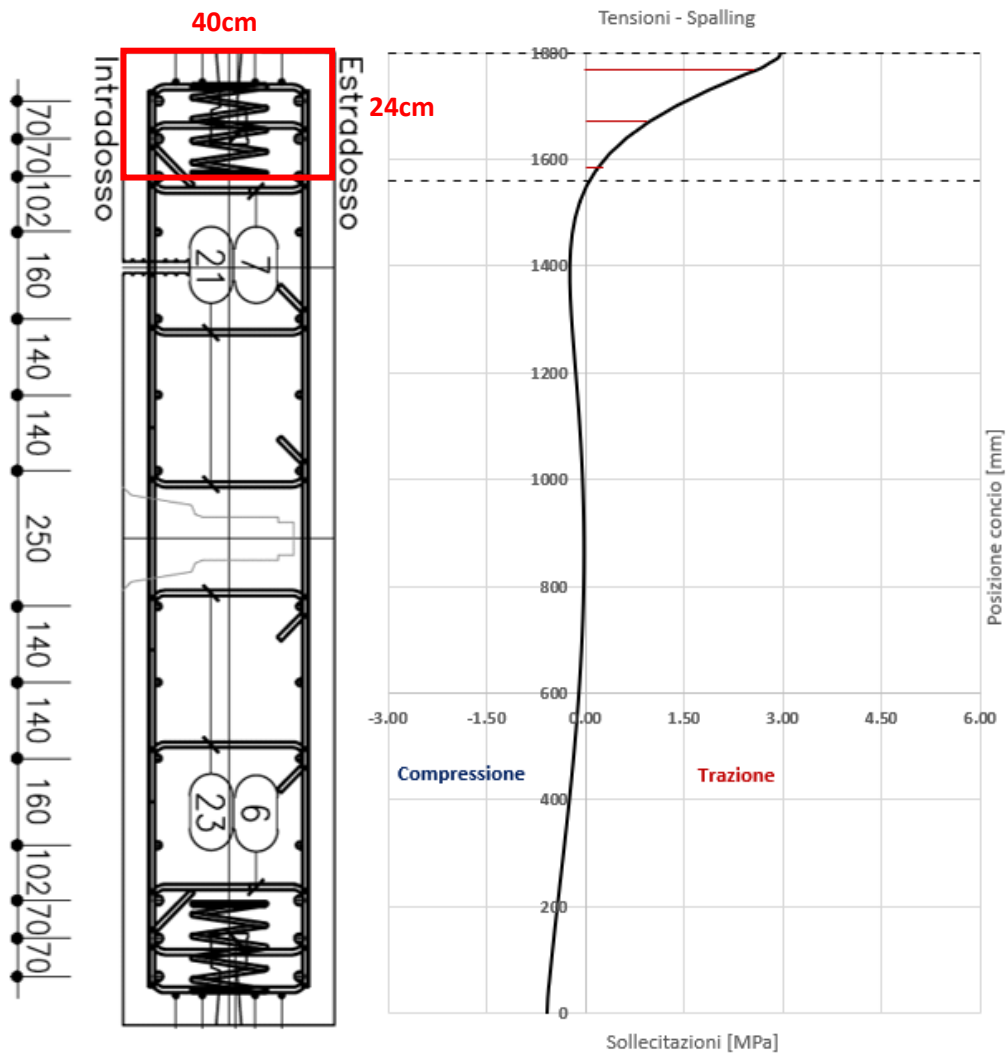


Figura 8-48: Andamento delle tensioni circonferenziali tra le scarpe.

La sezione considerata per il calcolo della fessurazione ha un'altezza di 24cm (altezza delle trazioni) e una base di 40cm (spessore concio).

Le armature coinvolte nella zona di trazione sono le seguenti: 4Φ10+4Φ14.

Integrando le tensioni si ottiene un tiro di:

$$F_{Spalling} = t \cdot \sum \Delta z \cdot \sigma_{xx} = 123.6 \text{ kN}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 78 di 159

t: spessore del concio;

Δz : discretizzazione lungo la posizione del concio;

σ_{xx} : tensione agente.

Il baricentro di spinta del tiro rispetto al lembo superiore del concio viene calcolato come segue.

$$z_{tiro} = \frac{t \cdot \sum z_i \cdot \sigma_{i,xx}}{F_{spalling}} = 0.076 \text{ m}$$

L'azione di tiro si trova a 7.6 cm dal bordo esterno del concio.

L'eccentricità rispetto al baricentro della sezione considerata di altezza 24 cm risulta essere.

$$e = \frac{h}{2} - z_{tiro} = \frac{0.24}{2} - 0.076 = 0.044 \text{ m}$$

Il momento agente sulla sezione è calcolato come di seguito.

$$M_{ed} = F_{spalling} \cdot e = 123.6 \cdot 0.044 = 5.44 \text{ kNm}$$

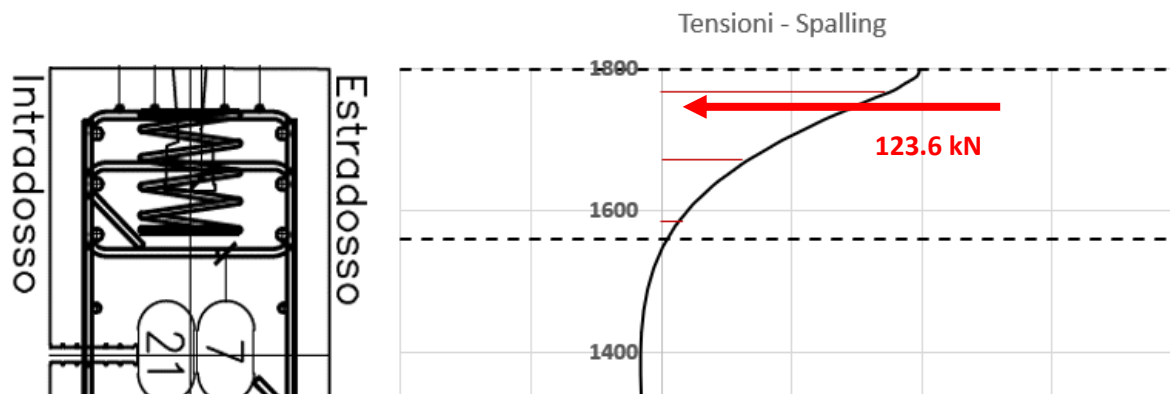
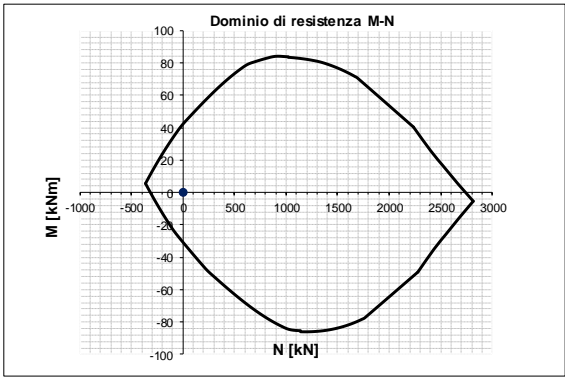


Figura 8-49: Posizione del tiro di spalling.

Di seguito si riporta la verifica a fessurazione.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	79 di 159

Fessurazione per spalling tra le scarpe

INPUT	OUTPUT																																																												
SOLLECITAZIONI DI VERIFICA	VERIFICHE IN ESERCIZIO																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>N_{Sd} [kN]</th> <th>M_{Sd} [kNm]</th> <th>V_{Sd} [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SLE Quasi Permanente</td> <td>123.6</td> <td>5.4</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>SLE Frequente</td> <td>123.6</td> <td>5.4</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>SLE Rara</td> <td>123.6</td> <td>5.4</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>SLU</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>SLV</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]	SLE Quasi Permanente	123.6	5.4	-	SLE Frequente	123.6	5.4	-	SLE Rara	123.6	5.4	-	SLU	0.0	0.0	0.0	SLV	0.0	0.0	0.0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verifica Tensionale</th> <th>σ limit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calcestruzzo SLE Quasi Permanente</td> <td>σ_c [Mpa] = 1.77 20.250</td> </tr> <tr> <td>Calcestruzzo SLE Rara</td> <td>σ_c [Mpa] = 1.77 27.000</td> </tr> <tr> <td>Acciaio SLE Rara</td> <td>σ_s [Mpa] = 203.65 360.000</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica Tensionale	σ limit	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 1.77 20.250	Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 1.77 27.000	Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 203.65 360.000																												
Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]																																																										
SLE Quasi Permanente	123.6	5.4	-																																																										
SLE Frequente	123.6	5.4	-																																																										
SLE Rara	123.6	5.4	-																																																										
SLU	0.0	0.0	0.0																																																										
SLV	0.0	0.0	0.0																																																										
Verifica Tensionale	σ limit																																																												
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 1.77 20.250																																																												
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 1.77 27.000																																																												
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 203.65 360.000																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verifica di fessurazione</th> <th>w limit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Combinazione SLE Quasi permanente</td> <td>w_d [mm] = 0.000 0.200</td> </tr> <tr> <td>Combinazione SLE Frequente</td> <td>w_d [mm] = 0.000 0.200</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di fessurazione	w limit	Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.000 0.200	Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.000 0.200																																																							
Verifica di fessurazione	w limit																																																												
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.000 0.200																																																												
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.000 0.200																																																												
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.	VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Geometria della sezione</th> <th>B [cm]</th> <th>H [cm]</th> <th>d [cm]</th> <th>A_c [cm²]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Base (ortogonale al Taglio)</td> <td>40</td> <td>24</td> <td>17</td> <td>960</td> </tr> <tr> <td>Altezza (parallela al Taglio)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altezza utile della sezione</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Area di calcestruzzo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Geometria della sezione	B [cm]	H [cm]	d [cm]	A _c [cm ²]	Base (ortogonale al Taglio)	40	24	17	960	Altezza (parallela al Taglio)					Altezza utile della sezione					Area di calcestruzzo					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Sollecitazioni di progetto</th> <th>V_{Sd} [kN]</th> <th>N_{Sd} [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Sforzo Normale concomitante al massimo taglio</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Sollecitazioni di progetto	V _{Sd} [kN]	N _{Sd} [kN]	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	0.0	0.0	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio																												
Geometria della sezione	B [cm]	H [cm]	d [cm]	A _c [cm ²]																																																									
Base (ortogonale al Taglio)	40	24	17	960																																																									
Altezza (parallela al Taglio)																																																													
Altezza utile della sezione																																																													
Area di calcestruzzo																																																													
Sollecitazioni di progetto	V _{Sd} [kN]	N _{Sd} [kN]																																																											
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	0.0	0.0																																																											
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Armatura longitudinale tesa</th> <th>1° STRATO</th> <th>2° STRATO</th> <th>3° STRATO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Numero Barre</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Diametro</td> <td>10</td> <td>14</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Posizione dal lembo esterno</td> <td>5.5</td> <td>8.9</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Area strato</td> <td>3.14</td> <td>3.08</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Rapporto di armatura</td> <td colspan="3">ρ [%] 0.925%</td> </tr> </tbody> </table>	Armatura longitudinale tesa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	Numero Barre	4	2	0	Diametro	10	14	0	Posizione dal lembo esterno	5.5	8.9	0.0	Area strato	3.14	3.08	0.00	Rapporto di armatura	ρ [%] 0.925%			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica</th> <th>V_{Rd1} [kN]</th> <th>V_{Rd1}/V_{Sd}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenza di progetto senza armatura specifica</td> <td>55.95</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Coefficiente di sicurezza</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	V _{Rd1} /V _{Sd}	Resistenza di progetto senza armatura specifica	55.95	-	Coefficiente di sicurezza																													
Armatura longitudinale tesa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO																																																										
Numero Barre	4	2	0																																																										
Diametro	10	14	0																																																										
Posizione dal lembo esterno	5.5	8.9	0.0																																																										
Area strato	3.14	3.08	0.00																																																										
Rapporto di armatura	ρ [%] 0.925%																																																												
Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	V _{Rd1} /V _{Sd}																																																											
Resistenza di progetto senza armatura specifica	55.95	-																																																											
Coefficiente di sicurezza																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Armatura longitudinale compressa</th> <th>1° STRATO</th> <th>2° STRATO</th> <th>3° STRATO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Numero Barre</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Diametro</td> <td>14</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Posizione dal lembo esterno</td> <td>6.7</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Area strato</td> <td>3.08</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Rapporto di armatura</td> <td colspan="3">ρ' [%] 0.458%</td> </tr> </tbody> </table>	Armatura longitudinale compressa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	Numero Barre	2	0	0	Diametro	14	0	0	Posizione dal lembo esterno	6.7	0.0	0.0	Area strato	3.08	0.00	0.00	Rapporto di armatura	ρ' [%] 0.458%			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verifica di resistenza dell'armatura specifica</th> <th>cotang(θ)</th> <th>V_{Rd2}(θ) [kN]</th> <th>V_{Rd2}(θ) [kN]</th> <th>V_{Rd} [kN]</th> <th>V_{Rd}/V_{Sd}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CoTan(θ) di progetto</td> <td>2.5</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistenza a taglio dell'armatura</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistenza a taglio di progetto</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Coefficiente di sicurezza</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza dell'armatura specifica	cotang(θ)	V _{Rd2} (θ) [kN]	V _{Rd2} (θ) [kN]	V _{Rd} [kN]	V _{Rd} /V _{Sd}	CoTan(θ) di progetto	2.5	-	-	-	-	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls						Resistenza a taglio dell'armatura						Resistenza a taglio di progetto						Coefficiente di sicurezza					
Armatura longitudinale compressa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO																																																										
Numero Barre	2	0	0																																																										
Diametro	14	0	0																																																										
Posizione dal lembo esterno	6.7	0.0	0.0																																																										
Area strato	3.08	0.00	0.00																																																										
Rapporto di armatura	ρ' [%] 0.458%																																																												
Verifica di resistenza dell'armatura specifica	cotang(θ)	V _{Rd2} (θ) [kN]	V _{Rd2} (θ) [kN]	V _{Rd} [kN]	V _{Rd} /V _{Sd}																																																								
CoTan(θ) di progetto	2.5	-	-	-	-																																																								
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls																																																													
Resistenza a taglio dell'armatura																																																													
Resistenza a taglio di progetto																																																													
Coefficiente di sicurezza																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Armatura trasversale</th> <th>1° TIPO</th> <th>2° TIPO</th> <th>3° TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diametro</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Numero bracci</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Passo</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Inclinazione</td> <td>90</td> <td>90</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>Area armatura a metro</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	Armatura trasversale	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Diametro	0	0	0	Numero bracci	0	0	0	Passo	0	0	0	Inclinazione	90	90	90	Area armatura a metro	0.00	0.00	0.00	VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE																																				
Armatura trasversale	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO																																																										
Diametro	0	0	0																																																										
Numero bracci	0	0	0																																																										
Passo	0	0	0																																																										
Inclinazione	90	90	90																																																										
Area armatura a metro	0.00	0.00	0.00																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Sollecitazioni di progetto</th> <th>M_{Sd} [kNm]</th> <th>N_{Sd} [kN]</th> <th>SLU</th> <th>SLV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento sollecitante</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sforzo Normale concomitante</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Sollecitazioni di progetto	M _{Sd} [kNm]	N _{Sd} [kN]	SLU	SLV	Momento sollecitante	0.0	0.0			Sforzo Normale concomitante					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verifica di resistenza in termini di momento</th> <th>M_{Rd} [kNm]</th> <th>M_{Rd}/M_{Sd}</th> <th>SLU</th> <th>SLV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento resistente</td> <td>42.1</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Coefficiente di sicurezza</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza in termini di momento	M _{Rd} [kNm]	M _{Rd} /M _{Sd}	SLU	SLV	Momento resistente	42.1	-			Coefficiente di sicurezza																																		
Sollecitazioni di progetto	M _{Sd} [kNm]	N _{Sd} [kN]	SLU	SLV																																																									
Momento sollecitante	0.0	0.0																																																											
Sforzo Normale concomitante																																																													
Verifica di resistenza in termini di momento	M _{Rd} [kNm]	M _{Rd} /M _{Sd}	SLU	SLV																																																									
Momento resistente	42.1	-																																																											
Coefficiente di sicurezza																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Sollecitazioni di progetto</th> <th>N_{Rd} [kN]</th> <th>N_{Rd}/N_{Sd}</th> <th>SLU</th> <th>SLV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sforzo normale resistente</td> <td>-</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Coefficiente di sicurezza</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Sollecitazioni di progetto	N _{Rd} [kN]	N _{Rd} /N _{Sd}	SLU	SLV	Sforzo normale resistente	-	-			Coefficiente di sicurezza					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</th> <th>N_{Rd} [kN]</th> <th>N_{Rd}/N_{Sd}</th> <th>SLU</th> <th>SLV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sforzo normale resistente</td> <td>-</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Coefficiente di sicurezza</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza in termini di sforzo normale	N _{Rd} [kN]	N _{Rd} /N _{Sd}	SLU	SLV	Sforzo normale resistente	-	-			Coefficiente di sicurezza																																		
Sollecitazioni di progetto	N _{Rd} [kN]	N _{Rd} /N _{Sd}	SLU	SLV																																																									
Sforzo normale resistente	-	-																																																											
Coefficiente di sicurezza																																																													
Verifica di resistenza in termini di sforzo normale	N _{Rd} [kN]	N _{Rd} /N _{Sd}	SLU	SLV																																																									
Sforzo normale resistente	-	-																																																											
Coefficiente di sicurezza																																																													
CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Concrete</th> <th>RCK</th> <th>55</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenza cubica a compressione</td> <td>RCK</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione</td> <td>f_{ck} [Mpa]</td> <td>45.00</td> </tr> <tr> <td>Resistenza cilindrica media a compressione</td> <td>f_{cm} [Mpa]</td> <td>53.00</td> </tr> <tr> <td>Resistenza media a trazione per flessione</td> <td>f_{ctm} [Mpa]</td> <td>3.80</td> </tr> <tr> <td>Resistenza caratteristica a trazione per flessione</td> <td>f_{ctk} [Mpa]</td> <td>2.66</td> </tr> <tr> <td>Resistenza di progetto a compressione</td> <td>f_{cd} [Mpa]</td> <td>25.50</td> </tr> <tr> <td>Resistenza di progetto delle bielle compresse</td> <td>f_{cd} [Mpa]</td> <td>12.55</td> </tr> </tbody> </table>	Concrete	RCK	55	Resistenza cubica a compressione	RCK	55	Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00	Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00	Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80	Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66	Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50	Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd} [Mpa]	12.55																																					
Concrete	RCK	55																																																											
Resistenza cubica a compressione	RCK	55																																																											
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00																																																											
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00																																																											
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80																																																											
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66																																																											
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50																																																											
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd} [Mpa]	12.55																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Acciaio</th> <th>f_{y,d} [Mpa]</th> <th>391.30</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenza di progetto a snervamento</td> <td>f_{y,d} [Mpa]</td> <td>391.30</td> </tr> </tbody> </table>	Acciaio	f _{y,d} [Mpa]	391.30	Resistenza di progetto a snervamento	f _{y,d} [Mpa]	391.30																																																							
Acciaio	f _{y,d} [Mpa]	391.30																																																											
Resistenza di progetto a snervamento	f _{y,d} [Mpa]	391.30																																																											

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	80 di 159

Si riporta di seguito la **verifica a fessurazione**, secondo quanto prescritto dall'EC2 §7.3.4, per l'effetto bursting al di sotto delle piastre di spinta.

Come spiegato nelle ipotesi di base si riporta il diagramma delle sollecitazioni di bursting sotto le scarpe per le quali si integrano le trazioni per ottenere il tiro agente sulla sezione.

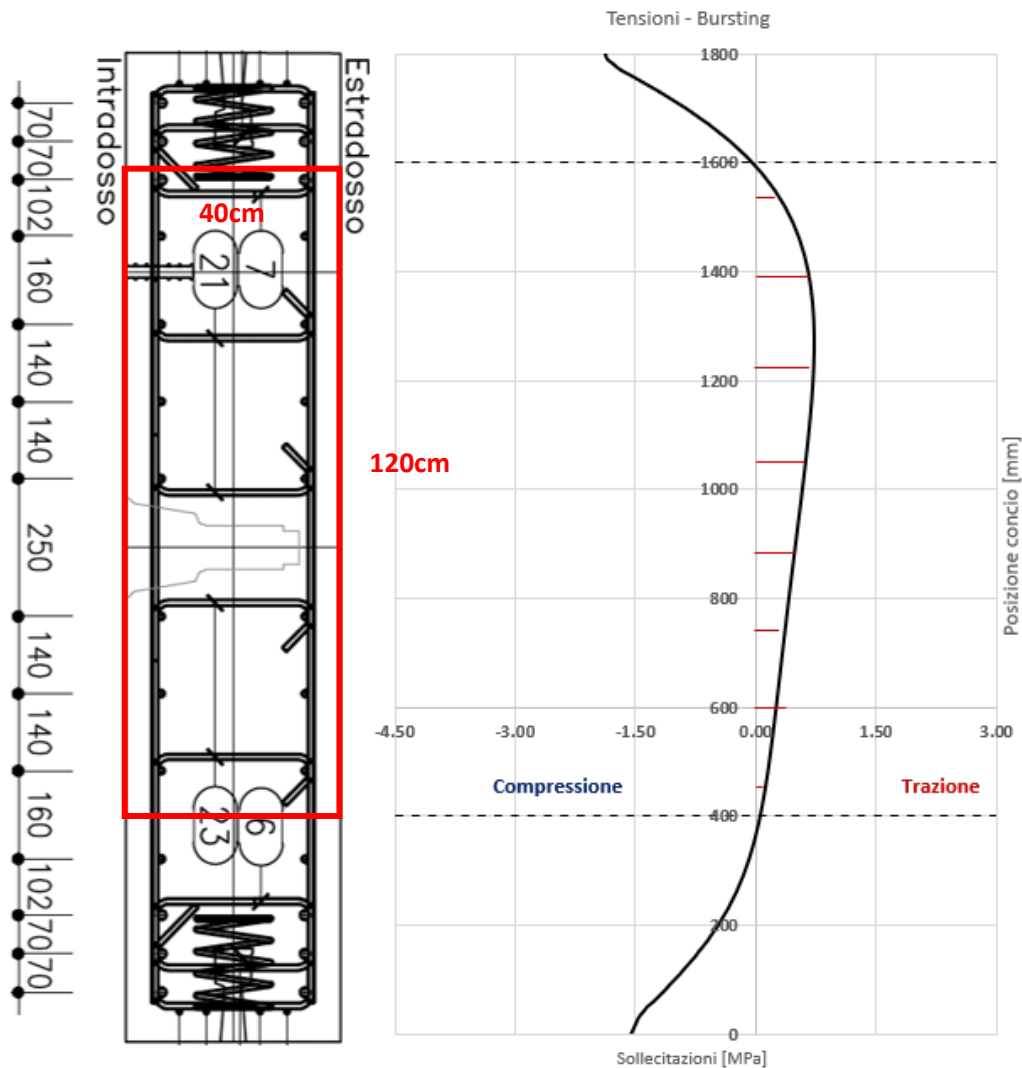


Figura 8-50: Andamento delle tensioni circonferenziali sotto le scarpe.

La sezione considerata per il calcolo della fessurazione ha un'altezza di 120cm (altezza delle trazioni) e una base di 40cm (spessore concio).

Le armature coinvolte nella zona di trazione sono le seguenti: 6Φ12+6Φ12.

Integrando le tensioni si ottiene un tiro di:

$$F_{Bursting} = t \cdot \sum \Delta z \cdot \sigma_{xx} = 219.5 \text{ kN}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	81 di 159

t: spessore del concio;

Δz : discretizzazione lungo la posizione del concio;

σ_{xx} : tensione agente.

Il baricentro di spinta del tiro rispetto al lembo superiore del concio viene calcolato come segue.

$$z_{tiro} = \frac{t \cdot \sum z_i \cdot \sigma_{i,xx}}{F_{Bursting}} = 0.72 \text{ m}$$

L'azione di tiro si trova a 72 cm dal bordo esterno del concio.

L'eccentricità rispetto al baricentro della sezione considerata di altezza 120 cm risulta essere.

$$e = z - \frac{h}{2} - z_{tiro} = 1.4 - \frac{1.2}{2} - 0.72 = 0.08 \text{ m}$$

Il momento agente sulla sezione è calcolato come di seguito.

$$M_{ed} = F_{Bursting} \cdot e = 219.5 \cdot 0.08 = 17.6 \text{ kNm}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 82 di 159

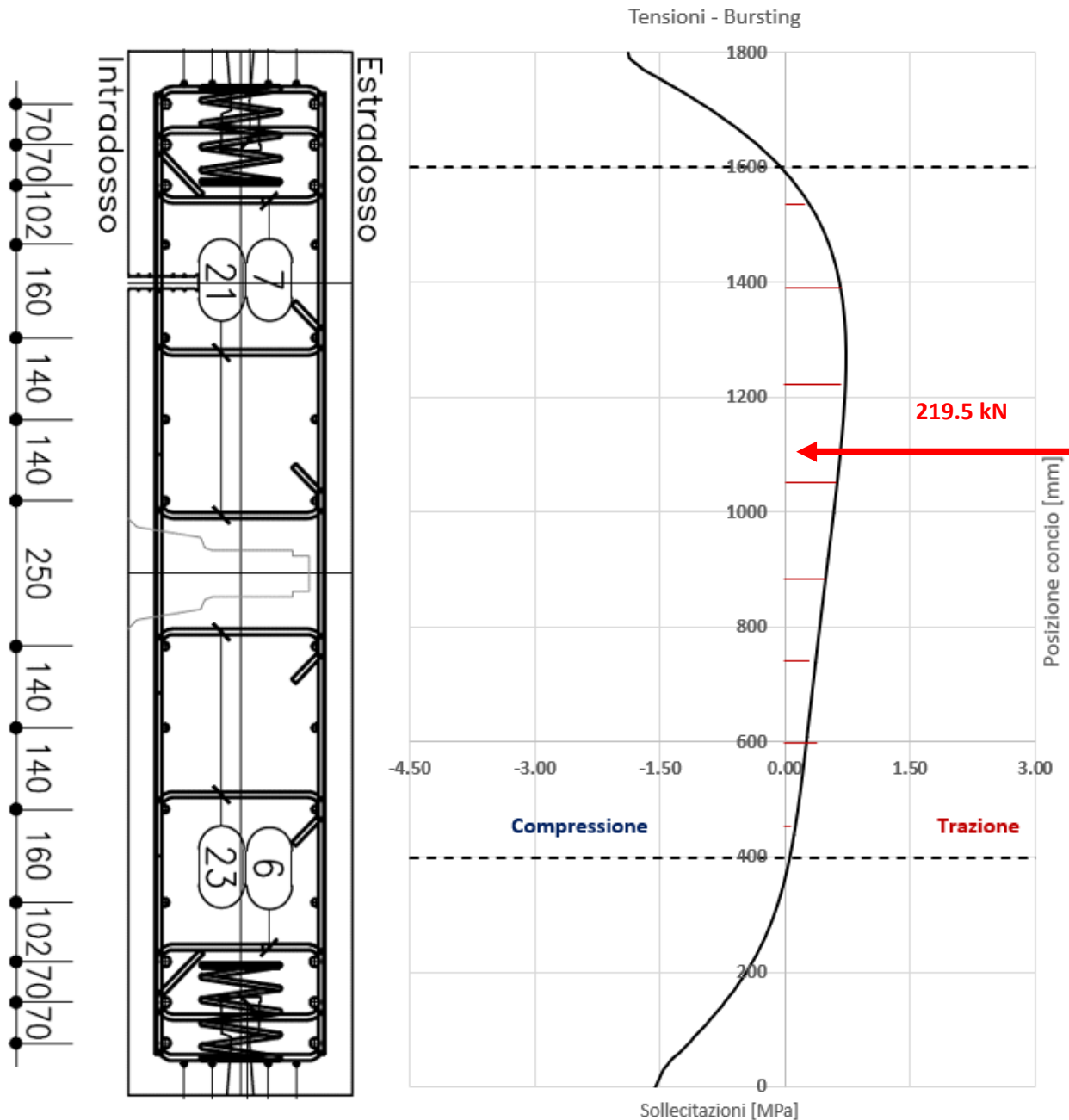
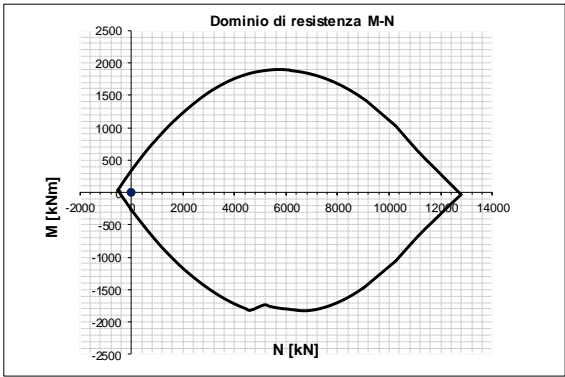


Figura 8-51: Posizione del tiro di bursting.

Di seguito si riporta la verifica a fessurazione.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	83 di 159

Fessurazione per bursting circonferenziale sotto le scarpe

INPUT	OUTPUT																																																																													
SOLLECITAZIONI DI VERIFICA	VERIFICHE IN ESERCIZIO																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>N_{Sd} [kN]</th> <th>M_{Sd} [kNm]</th> <th>V_{Sd} [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SLE Quasi Permanente</td> <td>219.5</td> <td>17.6</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>SLE Frequente</td> <td>219.5</td> <td>17.6</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>SLE Rara</td> <td>219.5</td> <td>17.6</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>SLU</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>SLV</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]	SLE Quasi Permanente	219.5	17.6	-	SLE Frequente	219.5	17.6	-	SLE Rara	219.5	17.6	-	SLU	0.0	0.0	0.0	SLV	0.0	0.0	0.0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verifica Tensionale</th> <th>σ limit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calcestruzzo SLE Quasi Permanente</td> <td>σ_c [Mpa] = 0.00 20.250</td> </tr> <tr> <td>Calcestruzzo SLE Rara</td> <td>σ_c [Mpa] = 0.00 27.000</td> </tr> <tr> <td>Acciaio SLE Rara</td> <td>σ_s [Mpa] = 173.63 360.000</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica Tensionale	σ limit	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 0.00 20.250	Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 0.00 27.000	Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 173.63 360.000																																													
Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]																																																																											
SLE Quasi Permanente	219.5	17.6	-																																																																											
SLE Frequente	219.5	17.6	-																																																																											
SLE Rara	219.5	17.6	-																																																																											
SLU	0.0	0.0	0.0																																																																											
SLV	0.0	0.0	0.0																																																																											
Verifica Tensionale	σ limit																																																																													
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 0.00 20.250																																																																													
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 0.00 27.000																																																																													
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 173.63 360.000																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verifica di fessurazione</th> <th>w limit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Combinazione SLE Quasi permanente</td> <td>w_d [mm] = 0.000 0.200</td> </tr> <tr> <td>Combinazione SLE Frequente</td> <td>w_d [mm] = 0.000 0.200</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di fessurazione	w limit	Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.000 0.200	Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.000 0.200																																																																								
Verifica di fessurazione	w limit																																																																													
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.000 0.200																																																																													
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.000 0.200																																																																													
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.	VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Geometria della sezione</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Base (ortogonale al Taglio)</td> <td>B [cm]</td> <td colspan="2">40</td> </tr> <tr> <td>Altezza (parallela al Taglio)</td> <td>H [cm]</td> <td colspan="2">120</td> </tr> <tr> <td>Altezza utile della sezione</td> <td>d [cm]</td> <td colspan="2">91</td> </tr> <tr> <td>Area di calcestruzzo</td> <td>A_c [cm²]</td> <td colspan="2">4800</td> </tr> </tbody> </table>	Geometria della sezione				Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	40		Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	120		Altezza utile della sezione	d [cm]	91		Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	4800		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Sollecitazioni di progetto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V_{Sd} [kN]</td> <td colspan="2">0.0</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Sforzo Normale concomitante al massimo taglio</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N_{Sd} [kN]</td> <td colspan="2">0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Sollecitazioni di progetto				Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)					V _{Sd} [kN]	0.0		Sforzo Normale concomitante al massimo taglio					N _{Sd} [kN]	0.0																																						
Geometria della sezione																																																																														
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	40																																																																												
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	120																																																																												
Altezza utile della sezione	d [cm]	91																																																																												
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	4800																																																																												
Sollecitazioni di progetto																																																																														
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)																																																																														
	V _{Sd} [kN]	0.0																																																																												
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio																																																																														
	N _{Sd} [kN]	0.0																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Armatura longitudinale tesa</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1° STRATO</th> <th>2° STRATO</th> <th>3° STRATO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Numero Barre</td> <td>n</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Diametro</td> <td>φ [mm]</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Posizione dal lembo esterno</td> <td>c [cm]</td> <td>13.0</td> <td>30.0</td> <td>43.0</td> </tr> <tr> <td>Area strato</td> <td>A_s [cm²]</td> <td>2.26</td> <td>2.26</td> <td>2.26</td> </tr> <tr> <td>Rapporto di armatura</td> <td>ρ [%]</td> <td colspan="3">0.186%</td> </tr> </tbody> </table>	Armatura longitudinale tesa					1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	Numero Barre	n	2	2	2	Diametro	φ [mm]	12	12	12	Posizione dal lembo esterno	c [cm]	13.0	30.0	43.0	Area strato	A _s [cm ²]	2.26	2.26	2.26	Rapporto di armatura	ρ [%]	0.186%			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">Resistenza di progetto senza armatura specifica</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V_{Rd1} [kN]</td> <td colspan="2">152.56</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Coefficiente di sicurezza</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V_{Rd1}/V_{Sd}</td> <td colspan="2">-</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica				Resistenza di progetto senza armatura specifica					V _{Rd1} [kN]	152.56		Coefficiente di sicurezza					V _{Rd1} /V _{Sd}	-																									
Armatura longitudinale tesa																																																																														
	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO																																																																											
Numero Barre	n	2	2	2																																																																										
Diametro	φ [mm]	12	12	12																																																																										
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	13.0	30.0	43.0																																																																										
Area strato	A _s [cm ²]	2.26	2.26	2.26																																																																										
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.186%																																																																												
Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica																																																																														
Resistenza di progetto senza armatura specifica																																																																														
	V _{Rd1} [kN]	152.56																																																																												
Coefficiente di sicurezza																																																																														
	V _{Rd1} /V _{Sd}	-																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Armatura longitudinale compressa</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1° STRATO</th> <th>2° STRATO</th> <th>3° STRATO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Numero Barre</td> <td>n</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Diametro</td> <td>φ [mm]</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Posizione dal lembo esterno</td> <td>c' [cm]</td> <td>63.0</td> <td>37.0</td> <td>23.0</td> </tr> <tr> <td>Area strato</td> <td>A_s' [cm²]</td> <td>2.26</td> <td>2.26</td> <td>2.26</td> </tr> <tr> <td>Rapporto di armatura</td> <td>ρ' [%]</td> <td colspan="3">0.186%</td> </tr> </tbody> </table>	Armatura longitudinale compressa					1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	Numero Barre	n	2	2	2	Diametro	φ [mm]	12	12	12	Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	63.0	37.0	23.0	Area strato	A _s ' [cm ²]	2.26	2.26	2.26	Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.186%			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Verifica di resistenza dell'armatura specifica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">CoTan(θ) di progetto</td> </tr> <tr> <td></td> <td>cotan(θ)</td> <td colspan="2">2.5</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V_{Rd2}(θ) [kN]</td> <td colspan="2">-</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Resistenza a taglio dell'armatura</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V_{Rd3}(θ) [kN]</td> <td colspan="2">-</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Resistenza a taglio di progetto</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V_{Rd} [kN]</td> <td colspan="2">-</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Coefficiente di sicurezza</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V_{Rd}/V_{Sd}</td> <td colspan="2">-</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza dell'armatura specifica				CoTan(θ) di progetto					cotan(θ)	2.5		Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls					V _{Rd2} (θ) [kN]	-		Resistenza a taglio dell'armatura					V _{Rd3} (θ) [kN]	-		Resistenza a taglio di progetto					V _{Rd} [kN]	-		Coefficiente di sicurezza					V _{Rd} /V _{Sd}	-	
Armatura longitudinale compressa																																																																														
	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO																																																																											
Numero Barre	n	2	2	2																																																																										
Diametro	φ [mm]	12	12	12																																																																										
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	63.0	37.0	23.0																																																																										
Area strato	A _s ' [cm ²]	2.26	2.26	2.26																																																																										
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.186%																																																																												
Verifica di resistenza dell'armatura specifica																																																																														
CoTan(θ) di progetto																																																																														
	cotan(θ)	2.5																																																																												
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls																																																																														
	V _{Rd2} (θ) [kN]	-																																																																												
Resistenza a taglio dell'armatura																																																																														
	V _{Rd3} (θ) [kN]	-																																																																												
Resistenza a taglio di progetto																																																																														
	V _{Rd} [kN]	-																																																																												
Coefficiente di sicurezza																																																																														
	V _{Rd} /V _{Sd}	-																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Armatura trasversale</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1° TIPO</th> <th>2° TIPO</th> <th>3° TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diametro</td> <td>φ [mm]</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Numero bracci</td> <td>n_{bi}</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Passo</td> <td>s_w [cm]</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Inclinazione</td> <td>α [deg]</td> <td>90</td> <td>90</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>Area armatura a metro</td> <td>A_{sw}/s_w [cm²/m]</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	Armatura trasversale					1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Diametro	φ [mm]	0	0	0	Numero bracci	n _{bi}	0	0	0	Passo	s _w [cm]	0	0	0	Inclinazione	α [deg]	90	90	90	Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	0.00	0.00	0.00	VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE																																												
Armatura trasversale																																																																														
	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO																																																																											
Diametro	φ [mm]	0	0	0																																																																										
Numero bracci	n _{bi}	0	0	0																																																																										
Passo	s _w [cm]	0	0	0																																																																										
Inclinazione	α [deg]	90	90	90																																																																										
Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	0.00	0.00	0.00																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Sollecitazioni di progetto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">Momento sollecitante</td> </tr> <tr> <td></td> <td>M_{Sd} [kNm]</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Sforzo Normale concomitante</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N_{Sd} [kN]</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Sollecitazioni di progetto				Momento sollecitante					M _{Sd} [kNm]	0.0	0.0	Sforzo Normale concomitante					N _{Sd} [kN]	0.0	0.0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Verifica di resistenza in termini di momento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">Momento resistente</td> </tr> <tr> <td></td> <td>M_{Rd} [kNm]</td> <td>337.2</td> <td>337.2</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Coefficiente di sicurezza</td> </tr> <tr> <td></td> <td>M_{Rd}/M_{Sd}</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza in termini di momento				Momento resistente					M _{Rd} [kNm]	337.2	337.2	Coefficiente di sicurezza					M _{Rd} /M _{Sd}	-	-																																					
Sollecitazioni di progetto																																																																														
Momento sollecitante																																																																														
	M _{Sd} [kNm]	0.0	0.0																																																																											
Sforzo Normale concomitante																																																																														
	N _{Sd} [kN]	0.0	0.0																																																																											
Verifica di resistenza in termini di momento																																																																														
Momento resistente																																																																														
	M _{Rd} [kNm]	337.2	337.2																																																																											
Coefficiente di sicurezza																																																																														
	M _{Rd} /M _{Sd}	-	-																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Sollecitazioni di progetto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">Momento sollecitante</td> </tr> <tr> <td></td> <td>M_{Sd} [kNm]</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Sforzo Normale concomitante</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N_{Sd} [kN]</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Sollecitazioni di progetto				Momento sollecitante					M _{Sd} [kNm]	0.0	0.0	Sforzo Normale concomitante					N _{Sd} [kN]	0.0	0.0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">Sforzo normale resistente</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N_{Rd} [kN]</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Coefficiente di sicurezza</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N_{Rd}/N_{Sd}</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza in termini di sforzo normale				Sforzo normale resistente					N _{Rd} [kN]	-	-	Coefficiente di sicurezza					N _{Rd} /N _{Sd}	-	-																																					
Sollecitazioni di progetto																																																																														
Momento sollecitante																																																																														
	M _{Sd} [kNm]	0.0	0.0																																																																											
Sforzo Normale concomitante																																																																														
	N _{Sd} [kN]	0.0	0.0																																																																											
Verifica di resistenza in termini di sforzo normale																																																																														
Sforzo normale resistente																																																																														
	N _{Rd} [kN]	-	-																																																																											
Coefficiente di sicurezza																																																																														
	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-																																																																											
CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Concrete</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenza cubica a compressione</td> <td>RCK</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione</td> <td>f_{ck} [Mpa]</td> <td>45.00</td> </tr> <tr> <td>Resistenza cilindrica media a compressione</td> <td>f_{cm} [Mpa]</td> <td>53.00</td> </tr> <tr> <td>Resistenza media a trazione per flessione</td> <td>f_{ctm} [Mpa]</td> <td>3.80</td> </tr> <tr> <td>Resistenza caratteristica a trazione per flessione</td> <td>f_{ctk} [Mpa]</td> <td>2.66</td> </tr> <tr> <td>Resistenza di progetto a compressione</td> <td>f_{cd} [Mpa]</td> <td>25.50</td> </tr> <tr> <td>Resistenza di progetto delle bielle compresse</td> <td>f_{cd'} [Mpa]</td> <td>12.55</td> </tr> </tbody> </table>	Concrete			Resistenza cubica a compressione	RCK	55	Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00	Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00	Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80	Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66	Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50	Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd'} [Mpa]	12.55																																																						
Concrete																																																																														
Resistenza cubica a compressione	RCK	55																																																																												
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00																																																																												
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00																																																																												
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80																																																																												
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66																																																																												
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50																																																																												
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd'} [Mpa]	12.55																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Acciaio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenza di progetto a snervamento</td> <td>f_{yd} [Mpa]</td> <td>391.30</td> </tr> </tbody> </table>	Acciaio			Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391.30																																																																								
Acciaio																																																																														
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391.30																																																																												

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 84 di 159	

Verifiche in direzione circonferenziale SLU

Al fine di considerare l'azione di stato limite ultimo si applica una spinta macchina totale pari a 52MN, di cui si riporta l'output delle tensioni di seguito.

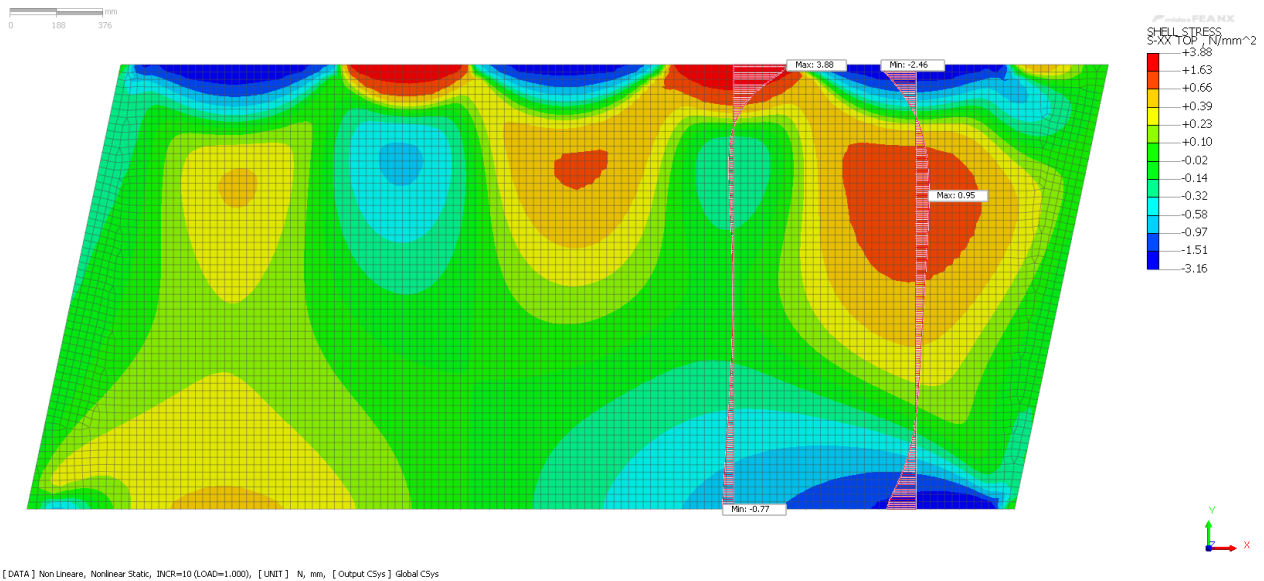


Figura 8-52: Modello Midas FEA NX verifiche SLU spinta Ordinaria

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 85 di 159

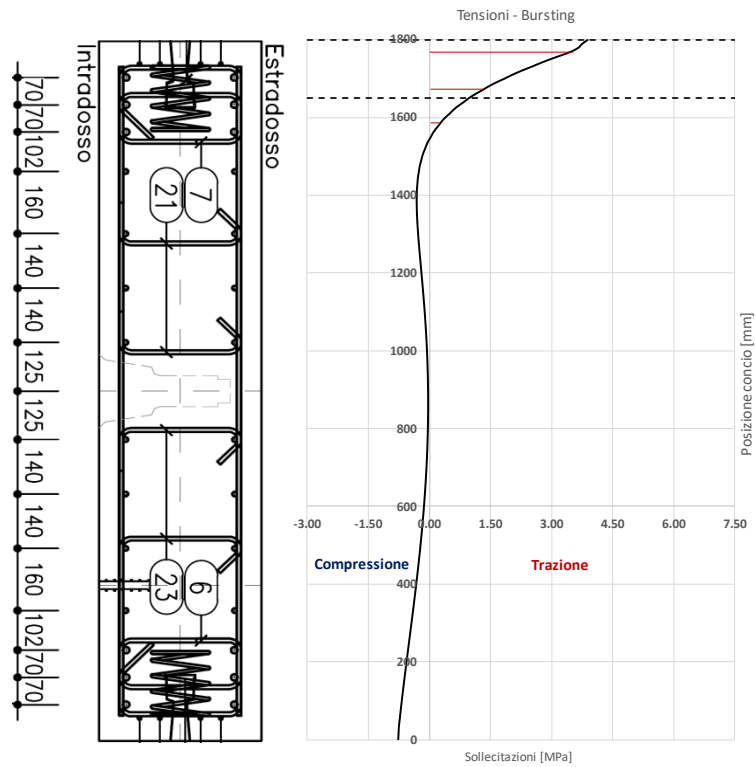


Figura 8-53: Andamento delle sollecitazioni effetto spalling tra le scarpe di spinta

Integrando la curva degli sforzi di trazione si ottiene un tiro sulle barre di armatura pari a $T_{ed}=162$ kN.

Come si evince dalla figura sopra riportata, le barre collaboranti nell'area interessata dall'effetto oggetto di analisi sono 4 ϕ 10 e 2 ϕ 14. Si ottiene una resistenza a trazione pari a:

$$T_{rd} = A_s \cdot f_{yd} = \left(\frac{14^2 \cdot \pi}{4} \cdot 2 + \frac{10^2 \cdot \pi}{4} \cdot 4 \right) \cdot 391.3 = 243 \text{ kN}$$

Con un fattore di sicurezza pari a $FS=T_{rd}/T_{ed}=1.5$ la verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 86 di 159

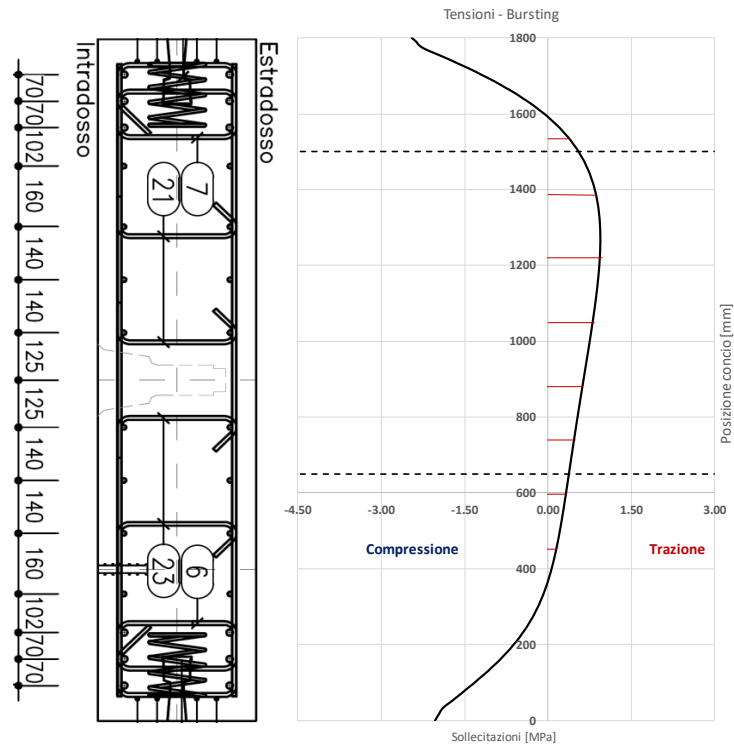


Figura 8-54: Andamento delle sollecitazioni effetto bursting sotto le scarpe di spinta

Integrando la curva degli sforzi di trazione si ottiene un tiro sulle barre di armatura pari a $T_{ed}=267\text{kN}$.

Come si evince dalla figura sopra riportata, le barre collaboranti nell'area interessata dall'effetto oggetto di analisi sono 5+5 $\phi 12$. Si ottiene una resistenza a trazione pari a:

$$T_{rd} = A_s \cdot f_{yd} = \left(\frac{12^2 \cdot \pi}{4} \cdot 10 \right) \cdot 391.3 = 442.5 \text{ kN}$$

Con un fattore di sicurezza pari a $FS=T_{rd}/T_{ed}=1.65$ la verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 87 di 159

8.7.3.4. Verifica sotto spinta eccentrica

Si riporta in dettaglio la **verifica SLU** delle pressioni di contatto tenendo in considerazione l'eccentricità aggiuntiva di $\epsilon=3$ cm dei martinetti rispetto all'asse del concio.

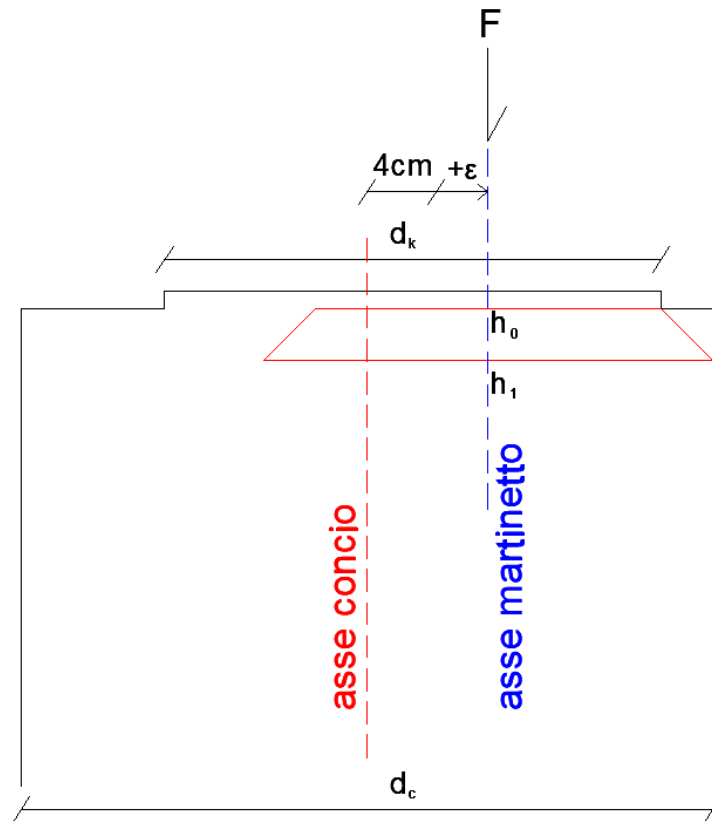


Figura 8-55: configurazione delle distribuzioni di pressione

Si calcola ora la larghezza di contatto h_0 :

$$h_0 = d_k - 2 (e_{martinetto} - e_{giunto}) = 0.287 - 2 \cdot (0.07 - 0.0265) = 0.20m$$

d_k : larghezza del giunto circolare.

$e_{martinetto}$: eccentricità del martinetto rispetto all'asse del concio.

e_{giunto} : eccentricità del giunto rispetto all'asse del concio.

La rispettiva larghezza omotetica h_1 risulta essere pari a:

$$h_1 = 2 (d_c/2 - e_{martinetto}) = 2 \cdot (0.40/2 - 0.07) = 0.26m$$

d_c : rappresenta lo spessore del concio

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 88 di 159

$e_{\text{martinetto}}$: eccentricità del martinetto rispetto all'asse del concio.

La lunghezza di contatto della zona caricata a_0 risulta essere pari proprio alla lunghezza della scarpa.

$$a_0 = L_{\text{scarpa}} = 0.77m$$


La lunghezza della zona omotetica a_1 è calcolata come segue.

$$a_1 = (h_1 - h_0) + L_{\text{scarpa}} = (0.26 - 0.20) + 0.77 = 0.83 m$$

La spinta di progetto al di sotto di ogni scarpa è calcolata come segue.


$$F_{Sd} = (T_{TBM} \cdot 1.3)/24 = 2.167MN = 2167 kN$$

Dimensionamento del concio nelle fasi di spinta della TBM



Innovation in underground solutions

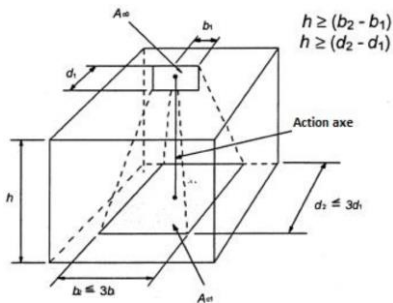
RESISTENZA DEL CONCIO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Compressione

spinta caratteristica della TBM	T_{TBM} [MN]	40	
Numero delle scarpe	N_H [-]	24	
Eccentricità dei martinetti	e_v [m]	0.07	
Coefficiente di incremento del carico	γ_{SLU} [-]	1.30	

Resistenza del segmento " $F_{Sd} \leq F_{Rd} \leq F_{max}$ "

Largezza di pressione	h_0 [m]	0.200	Larghezza della superficie proiettata	h_1 [m]	0.26
Lunghezza di pressione	a_0 [m]	0.77	Lunghezza della superficie proiettata	a_1 [m]	0.83

	f_{cd} [MPa]	25.5
$F_{Sd} = \Sigma F \cdot \gamma_F$ $F_{Rd} = A_{c0} \cdot F_{cd} \cdot \sqrt{A_{c1} / A_{c0}}$ $F_{max} = 3 A_{c0} \cdot f_{cd}$		
Sforzo agente	$F_{Sd,E}$ [kN]	2167
Resistenza	F_{Rd} [kN]	4649
	F_{max} [kN]	11781



La verifica SLU risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 89 di 159

Si riporta di seguito anche la **verifica SLU** della sezione presso inflessa al di sotto della scarpa soggetta alle seguenti sollecitazioni di compressione e momento flettente.

$$N = -2167 \text{ kN}$$

$$M = N \times e = -2167 \times 0.07 = 151.7 \text{ kNm}$$

La sezione di calcolo ha una larghezza pari a quella delle scarpe e un'altezza pari allo spessore del concho. Le armature resistenti longitudinali al di sotto della scarpa sono 3+3 $\Phi 10$.

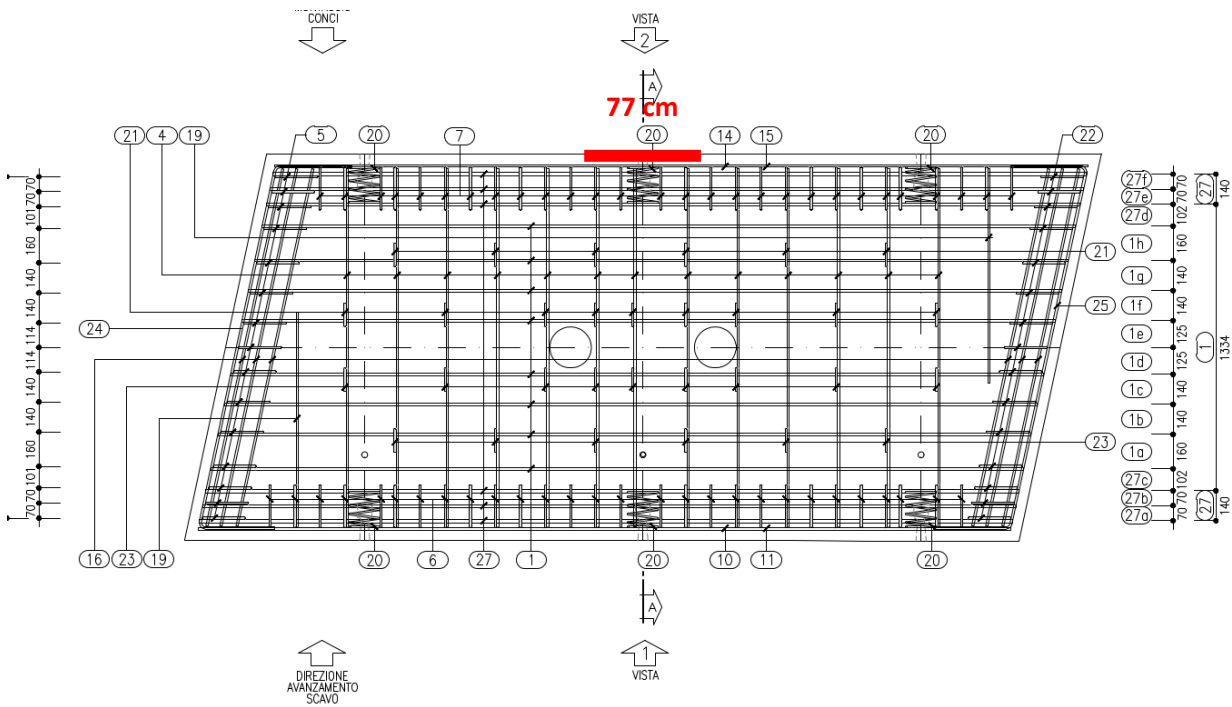


Figura 8-56: Layout di armatura al di sotto della scarpa

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA				LOTTO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU				1BEZZ
08 - GALLERIE		CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		CL	GN0300001	C	90 di 159	

Sezione al di sotto della scarpa - Armatura longitudinale

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	0.0	0.0	-
SLE Frequente	0.0	0.0	-
SLE Rara	0.0	0.0	-
SLU	-2167.0	151.7	0.0
SLV	0.0	0.0	0.0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione			
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	77	
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	40	
Altezza utile della sezione	d [cm]	35	
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	3080	

Armatura longitudinale tesa				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	3	0	0
Diametro	φ [mm]	10	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	5.5	0.0	0.0
Area strato	As [cm ²]	2.36	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.089%		

Armatura longitudinale compressa				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	3	0	0
Diametro	φ [mm]	10	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	5.5	0.0	0.0
Area strato	As' [cm ²]	2.36	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.089%		

Armatura trasversale				
		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	φ [mm]	0	0	0
Numero bracci	n _{bt}	0	0	0
Passo	s _w [cm]	0	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	0.00	0.00	0.00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	55
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd'} [Mpa]	12.55
Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{y,d} [Mpa]	391.30

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] =	0.00 20.250
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] =	0.00 27.000
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] =	0.00 360.000
Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] =	0.000 0.200
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] =	0.000 0.200

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto			
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Sd} [kN]	0.0	
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0.0	

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica			
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	145.80	
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	-	

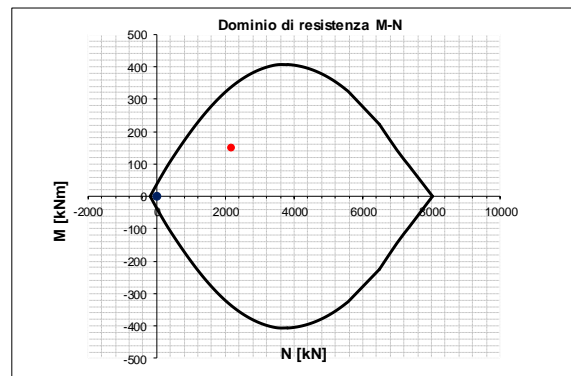
Verifica di resistenza dell'armatura specifica			
CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5	
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	-	
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	-	
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	-	
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	-	

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto			
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	151.7	0.0
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	-2167.0	0.0

Verifica di resistenza in termini di momento			
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	337.2	35.9
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	2.22	-

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale			
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-



APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 91 di 159

Per quanto riguarda la **verifica tensionale SLE** si confronteranno la tensione agente con quella limite in condizione di esercizio.


La spinta di progetto al di sotto di ogni scarpa è calcolata come segue.

$$F_{sd} = (T_{TBM} \cdot 1) / 24 = 2.167MN = 1667 kN$$

Dimensionamento del concio nelle fasi di spinta della TBM

SWSTM Innovation in underground solutions

RESISTENZA DEL CONCIO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Compressione

spinta caratteristica della TBM	T_{TBM} [MN]	40	
Numero delle scarpe	N_H [-]	24	
Eccentricità dei martinetti	ϵ_V [m]	0.07	
Coefficiente di incremento del carico	γ_{SLE} [-]	1.00	

Resistenza del segmento " $F_{sd} \leq F_{Rd} \leq F_{max}$ "

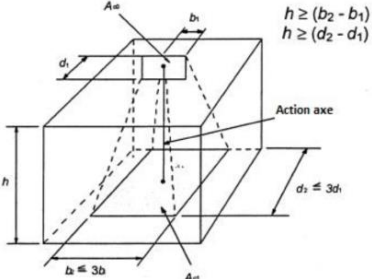
Largezza di pressione	h_0 [m]	0.200	Largezza della superficie proiettata	h_1 [m]	0.26
Lunghezza di pressione	a_0 [m]	0.77	Lunghezza della superficie proiettata	a_1 [m]	0.83
Resistenza del cls	"SLE"	f_{ck} [MPa]	45.0		

$$F_{sd} = \Sigma F \cdot \gamma_F$$

$$F_{Rd} = A_{c0} \cdot F_{cd} \cdot \nu (A_{c1} / A_{c0})$$

$$F_{max} = 3 A_{c0} \cdot f_{cd}$$

Sforzo agente	"SLE"	$F_{Sd,E}$ [kN]	1667
Tensione agente	"SLE"	$\sigma_{cd} = F_{Sd,E} \times A_{c1}$ [MPa]	7.72
Tensione max SLE	"SLE"	$\sigma_{max} = 0.45 f_{ck}$ [MPa]	20.3




La verifica tensionale SLE risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 92 di 159

Di seguito si riporta la **verifica SLU** delle barre di armatura in direzione radiale.

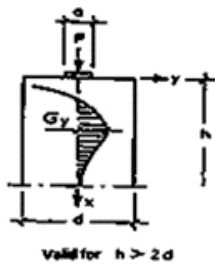
Nella verifica vengono considerate staffe $\Phi 10/125\text{cm}$ con due bracci.

Dimensionamento del concio nella fase di spinta della TBM


Innovation in underground solutions

RESISTENZA DEL SEGMENTO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Bursting in direzione radiale

Spinta caratteristica della TBM	T_{TBM} [MN]	40.0	$F_{sd} = \text{Spinta di progetto della TBM}$ $P = F_{sd, ULS}$ $Z = 0.3 P * [1 - a / d]$ $A_{s, min} = Z / f_{yd}$ $A_s = n * [L_1 / s] A_{\phi}$ $x_1 = k_1 * d$ $x_2 = k_2 * d$
Spinta SLU della TBM	T_{SLU} [MN]	52.0	
Numero delle scarpe tot.	N_H [-]	24	
Lunghezza delle scarpe	L_1 [m]	0.77	
Larghezza zona di pressione	a [m]	0.200	
Larghezza zona di pressione proietta	d [m]	0.260	
Coeff. di combinazione SLU	γ_{ULS} [-]	1.30	
Resistenza a trazione di calcolo	f_{yd} [MPa]	391	
Diametro delle barre	ϕ [mm]	10	
Numero dei bracci	n [-]	2	
Passo delle barre	s [mm]	125	



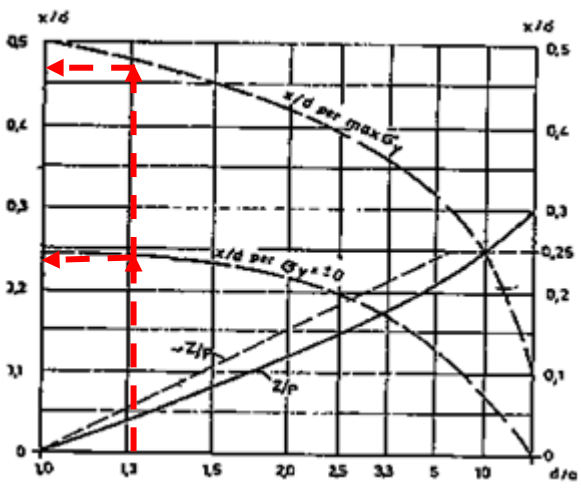
Induced tensile stress	
Sforzo di trazione	Z [kN] 150
armatura richiesta	$A_{s, min}$ [cm ²] 3.8
armatura adottata	A_s [cm ²] 9.42
Coeff. di sicurezza	FS_{cd} [-] 2.5

Profondità in corrispondenza della tensione nulla

$x_1 / d = 0.24 \quad x_1 = 6.2 \text{ [cm]}$

Profondità in corrispondenza della tansione max

$x_2 / d = 0.47 \quad x_2 = 12.2 \text{ [cm]}$



La verifica risulta soddisfatta per le staffe in direzione radiale.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
08 - GALLERIE	Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C 93 di 159

Di seguito si riporta la **verifica tensionale SLE** delle barre di armatura in direzione radiale.

Nella verifica vengono considerate staffe $\Phi 10/125\text{cm}$ con due bracci.

In questo caso le armature che resistono alla trazione sono n.12 staffe totali.

Dimensionamento del concio nella fase di spinta della TBM

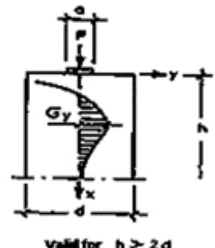
SWSTM Innovation in underground solutions

RESISTENZA DEL SEGMENTO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Bursting in direzione radiale

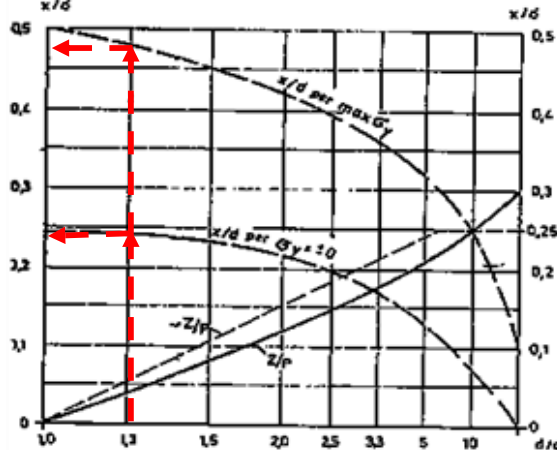
Spinta caratteristica della TBM	T_{TBM} [MN]	40.0	F_{sd} = Spinta di progetto della TBM
Spinta SLU della TBM	T_{SLE} [MN]	40.0	
Numero delle scarpe tot.	N_H [-]	24	$P = F_{sd, UL5}$
Lunghezza delle scarpe	L_1 [m]	0.77	$Z = 0.3 P * [1 - a / d]$
Larghezza zona di pressione	a [m]	0.200	$A_s, min = Z / f_{yd}$
Larghezza zona di pressione proiettata	d [m]	0.260	
Coeff. di combinazione SLE	γ_{SLE} [-]	1.00	
Resistenza a trazione di calcolo	f_{yd} [MPa]	391	
Diametro delle barre	\varnothing [mm]	10	
Numero dei bracci	n [-]	2	
Passo delle barre	s [mm]	125	

Induced tensile stress

Sforzo di trazione	Z [kN]	115
armatura adottata	A_s [cm ²]	9.42
Trazione su ogni singola barra	Z_i [kN]	9.6
Tensione su ogni singola barra	σ_i [MPa]	122.4
Tensione massima ammissibile SLE	$0.75 f_{yk}$ [MPa]	337.5
Coeff. di sicurezza	FS_{cd} [-]	2.8



Valid for $h > 2d$



Profondità in corrispondenza della tensione nulla

$x_1 / d = 0.24 \quad x_1 = 6.2$ [cm]

Profondità in corrispondenza della tansione max

$x_2 / d = 0.47 \quad x_2 = 12.2$ [cm]

La verifica SLE risulta soddisfatta per le staffe in direzione radiale.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 94 di 159

8.7.4 Concio Tipo 2 – Analisi di rischio

8.7.4.1. Spinta di sbloccaggio


Di seguito si riportano le verifiche allo stato limite ultimo (SLU) per le trazioni in direzione circonferenziale e radiale indotte dalle spinte in condizioni di rischio considerando la spinta massima di sbloccaggio pari a 90MN con appoggio regolare.

Verifiche in direzione radiale

Di seguito si riporta la verifica **SLU** delle barre di armatura in direzione radiale.

Nella verifica vengono considerate staffe $\Phi 10/125\text{cm}$ con due bracci.

Dimensionamento del concio nella fase di spinta della TBM



Innovation in underground solutions

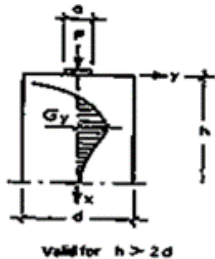
RESISTENZA DEL SEGMENTO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Bursting in direzione radiale		
Spinta caratteristica della TBM	T_{TBM} [MN]	90.0
Spinta SLU della TBM	T_{SLU} [MN]	90.0
Numero delle scarpe tot.	N_H [-]	24
Lunghezza delle scarpe	L_1 [m]	0.77
Larghezza zona di pressione	a [m]	0.260
Larghezza zona di pressione proietta	d [m]	0.320
Coeff. di combinazione SLU	γ_{ULS} [-]	1.00
Resistenza a trazione di calcolo	f_{yd} [MPa]	450
Diametro delle barre	\emptyset [mm]	10
Numero dei bracci	n [-]	2
Passo delle barre	s [mm]	125
Induced tensile stress		
Sforzo di trazione	Z [kN]	211
armatura richiesta	$A_{s, min}$ [cm ²]	4.7
armatura adottata	A_s [cm ²]	9.42
Coeff. di sicurezza	FS_{cd} [-]	2.0
Profondità in corrispondenza della tensione nulla		
	$x_1 / d = 0.25$	$x_1 = 8$ [cm]
Profondità in corrispondenza della tansione max		
	$x_2 / d = 0.47$	$x_2 = 15.0$ [cm]

$F_{sd} = \text{Spinta di progetto della TBM}$

$$P = F_{sd, ULS}$$

$$Z = 0.3 P * [1 - a / d]$$

$$A_{s, min} = Z / f_{yd}$$

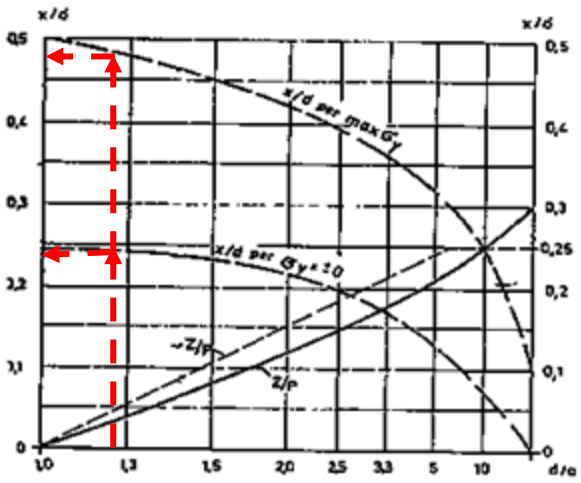


valid for $h > 2d$

$$A_s = n * [L_1 / s] A_{\emptyset}$$

$$x_1 = k_1 * d$$

$$x_2 = k_2 * d$$



I valori di a e d sono i medesimi dei valori h_0 e h_1 del paragrafo §8.7.3.1.

La verifica risulta soddisfatta per le staffe in direzione radiale.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 95 di 159	

Verifiche in direzione circonferenziale

Al fine di considerare l'azione di stato limite ultimo si applica una spinta macchina totale pari a 90MN, di cui si riporta l'output delle tensioni di seguito.

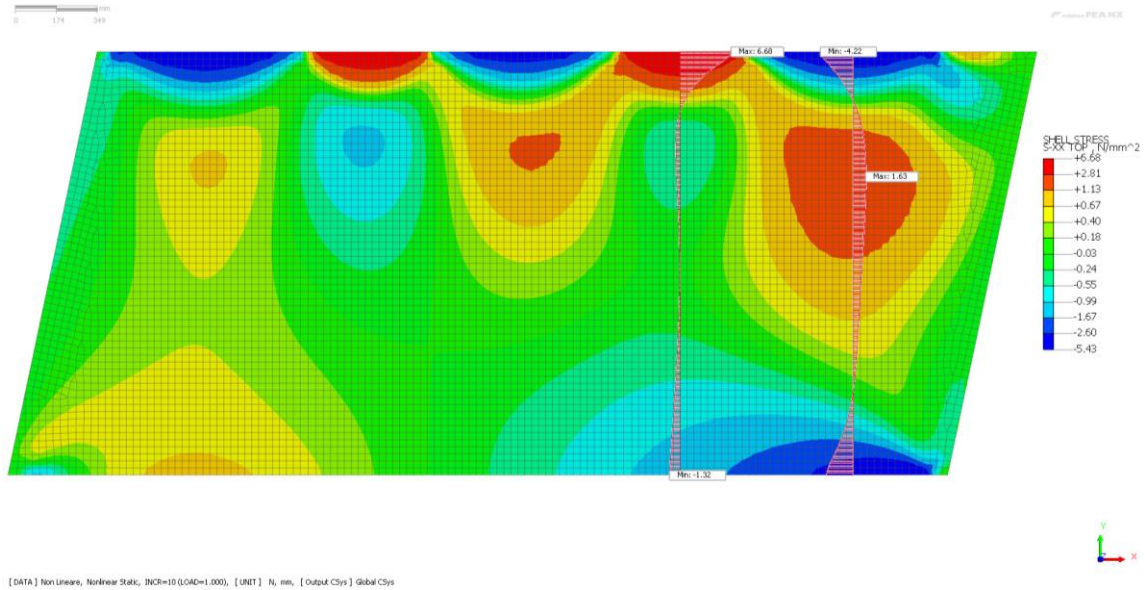


Figura 8-57: Modello Midas FEA NX verifiche SLU spinta di sbloccaggio

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 96 di 159

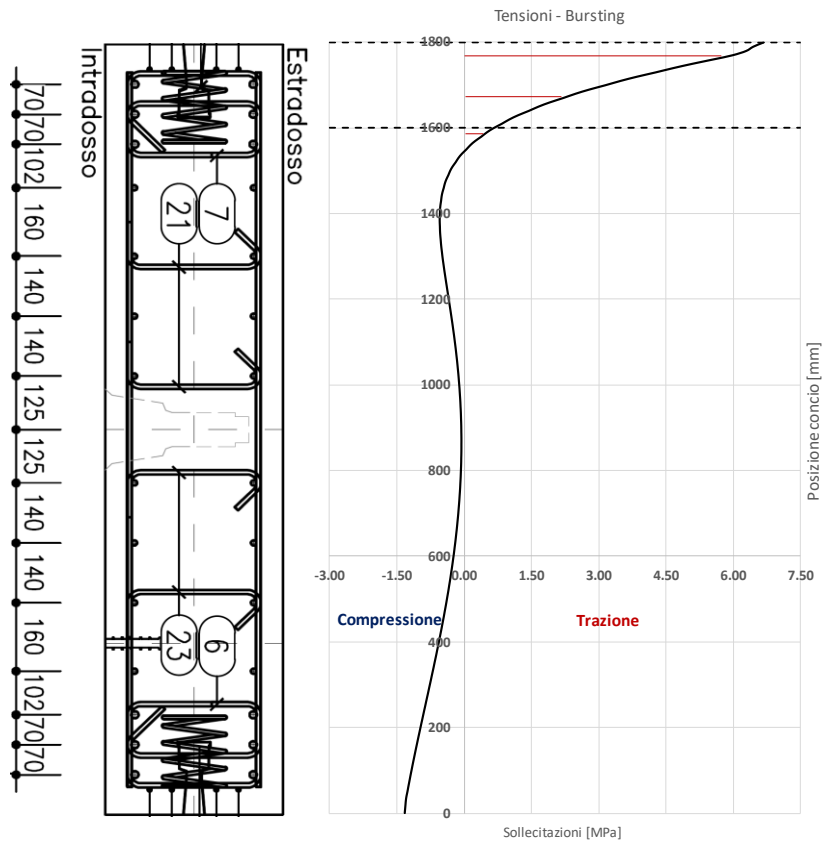


Figura 8-58: Andamento delle sollecitazioni effetto spalling tra le scarpe di spinta

Integrando la curva degli sforzi di trazione si ottiene un tiro sulle barre di armatura pari a $T_{ed}=278.5$ kN.

Come si evince dalla figura sopra riportata, le barre collaboranti nell'area interessata dall'effetto oggetto di analisi sono 4 ϕ 10 e 4 ϕ 14. Si ottiene una resistenza a trazione pari a:

$$T_{rd} = A_s \cdot f_{yd} = \left(\frac{14^2 \cdot \pi}{4} \cdot 4 + \frac{10^2 \cdot \pi}{4} \cdot 4 \right) \cdot 450 = 419 \text{ kN}$$

Con un fattore di sicurezza pari a $FS=T_{rd}/T_{ed}=1.5$ la verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 97 di 159

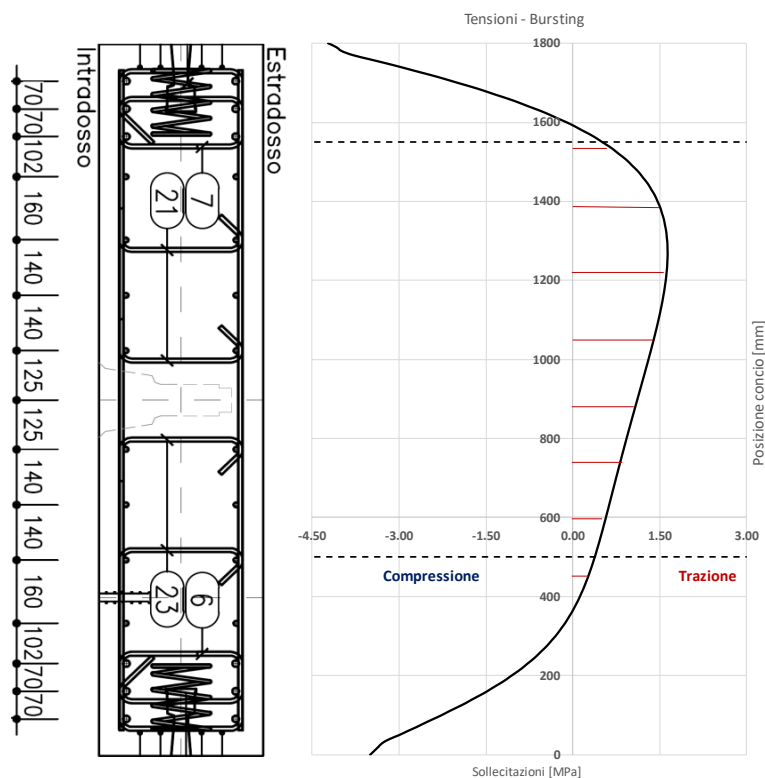


Figura 8-59: Andamento delle sollecitazioni effetto bursting sotto le scarpe di spinta

Integrando la curva degli sforzi di trazione si ottiene un tiro sulle barre di armatura pari a $T_{ed}=493\text{kN}$.

Come si evince dalla figura sopra riportata, le barre collaboranti nell'area interessata dall'effetto oggetto di analisi sono 6+6 $\phi 12$. Si ottiene una resistenza a trazione pari a:

$$T_{rd} = A_s \cdot f_{yd} = \left(\frac{12^2 \cdot \pi}{4} \cdot 12 \right) \cdot 391.3 = 611 \text{ kN}$$

Con un fattore di sicurezza pari a $FS=T_{rd}/T_{ed}=1.24$ la verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	98 di 159

Verifica delle pressioni di contatto

Si riporta in dettaglio la verifica delle pressioni di contatto tenendo in considerazione l'eccentricità di 4 cm dei martinetti rispetto all'asse del concio.

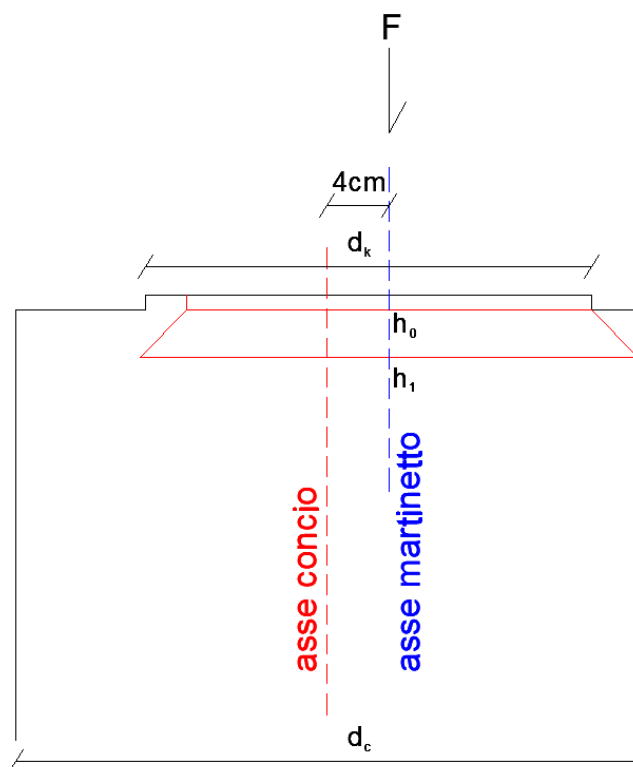


Figura 8-60: configurazione delle distribuzioni di pressione

Si calcola ora la larghezza di contatto h_0 :

$$h_0 = d_k - 2 (e_{martinetto} - e_{giunto}) = 0.287 - 2 \cdot (0.04 - 0.0265) = 0.26m$$

d_k : larghezza del giunto circonferenziale.

$e_{martinetto}$: eccentricità del martinetto rispetto all'asse del concio.

e_{giunto} : eccentricità del giunto rispetto all'asse del concio.

La rispettiva larghezza omotetica h_1 risulta essere pari a:

$$h_1 = 2 (d_c/2 - e_{martinetto}) = 2 \cdot (0.40/2 - 0.04) = 0.32m$$

d_c : rappresenta lo spessore del concio

$e_{martinetto}$: eccentricità del martinetto rispetto all'asse del concio.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 99 di 159

La lunghezza di contatto della zona caricata a_0 risulta essere pari proprio alla lunghezza della scarpa.

$$a_0 = L_{scarpa} = 0.77m$$

La lunghezza della zona omotetica a_1 è calcolata come segue.

$$a_1 = (h_1 - h_0) + L_{scarpa} = (0.32 - 0.26) + 0.77 = 0.83 m$$

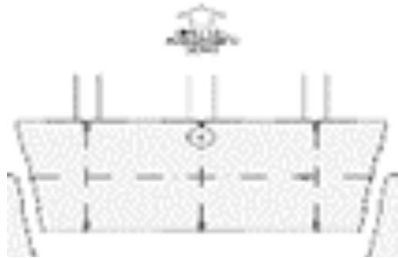
La spinta di progetto al di sotto di ogni scarpa è calcolata come segue.

$$F_{sd} = (T_{TBM} \cdot 1) / 24 = (90 \cdot 1) / 24 = 3.75MN = 3750 kN$$

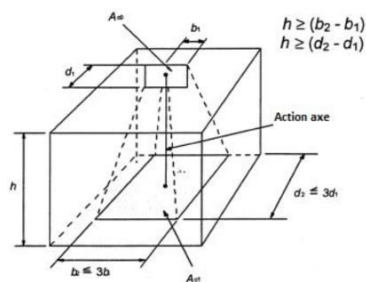
Dimensionamento del concio nella fase di spinta

SWSTM Innovation in underground solutions

RESISTENZA DEL CONCIO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Compressione

spinta di sblocco della TBM	T_{TBM} [MN]	90	
Numero delle scarpe	N_H [-]	24	
Eccentricità dei martinetti	e_v [m]	0.04	
Coefficiente di incremento del carico	γ_{SLU} [-]	1.00	

Resistenza del segmento " $F_{sd} \leq F_{Rd} \leq F_{max}$ "

Largezza di pressione	h_0 [m]	0.260	Larghezza della superficie proiettata	h_1 [m]	0.32
Lunghezza di pressione	a_0 [m]	0.77	Lunghezza della superficie proiettata	a_1 [m]	0.83
Resistenza del cls	"SLU" f_{cd} [MPa]	25.5			
$F_{sd} = \Sigma F \cdot \gamma_F$ $F_{Rd} = A_{c0} \cdot F_{cd} \cdot \sqrt{(A_{c1} / A_{c0})}$ $F_{max} = 3 A_{c0} \cdot f_{cd}$					
Sforzo agente	"SLU" $F_{sd,E}$ [kN]	3750			
Resistenza	"SLU" F_{Rd} [kN]	5880			
	"SLU" F_{max} [kN]	15315			

La verifica delle pressioni di contatto risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 100 di 159

Si riporta di seguito anche la verifica SLU della sezione presso inflessa al di sotto della scarpa soggetta alle seguenti sollecitazioni di compressione e momento flettente.

$$N = -3750 \text{ kN}$$

$$M = N \times e = -3750 \times 0.04 = 150 \text{ kNm}$$

La sezione di calcolo ha una larghezza pari a quella delle scarpe e un'altezza pari allo spessore del concio. Le armature resistenti longitudinali al di sotto della scarpa sono 3+3 Φ 10.

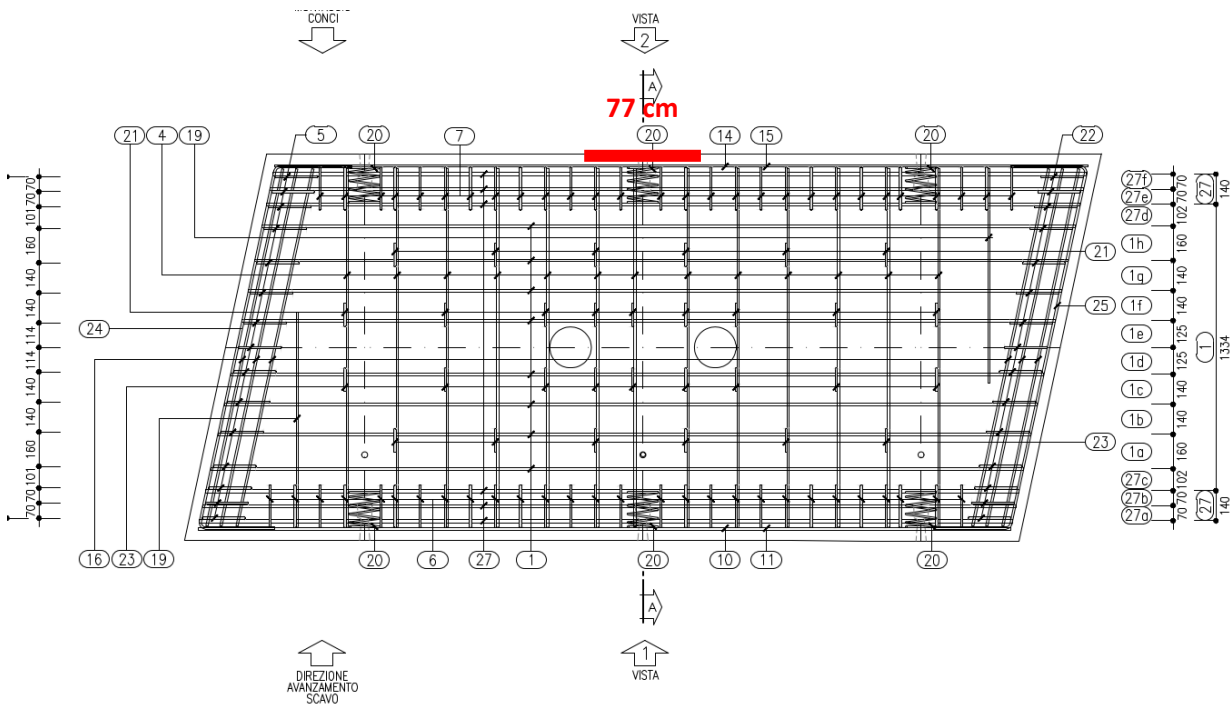


Figura 8-61: Layout di armatura al di sotto della scarpa

APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"				
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA			LOTTO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU			1BEZZ
08 - GALLERIE		CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		CL	GN0300001	C	101 di 159

Sezione al di sotto della scarpa- Armatura longitudinale

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	0.0	0.0	-
SLE Frequente	0.0	0.0	-
SLE Rara	0.0	0.0	-
SLU	-3750.0	150.0	0.0
SLV	0.0	0.0	0.0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione			
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	77	
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	40	
Altezza utile della sezione	d [cm]	35	
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	3080	

Armatura longitudinale tesa		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	3	0	0
Diametro	φ [mm]	10	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	5.5	0.0	0.0
Area strato	As [cm ²]	2.36	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.089%		

Armatura longitudinale compressa		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	3	0	0
Diametro	φ [mm]	10	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	5.5	0.0	0.0
Area strato	As' [cm ²]	2.36	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.089%		

Armatura trasversale		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	φ [mm]	0	0	0
Numero bracci	n _{bt}	0	0	0
Passo	s _w [cm]	0	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	0.00	0.00	0.00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	55
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd'} [Mpa]	12.55
Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391.30

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 0.00	20.250
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 0.00	27.000
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 0.00	360.000
Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.000	0.200
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.000	0.200

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto			
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Rd1} [kN]	0.0	
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0.0	

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica		
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	145.80
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	-

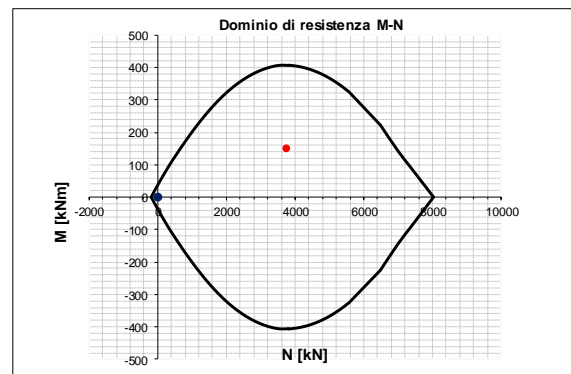
Verifica di resistenza dell'armatura specifica		
CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	-
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	-
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	-
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	-

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	150.0	0.0
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	-3750.0	0.0

Verifica di resistenza in termini di momento		
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	406.4
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	2.71

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-



Verifica Soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C
						FOGLIO.
						102 di 159

8.7.4.2. Valutazione della spinta massima ammissibile in esercizio in condizioni di appoggio regolare

Il modello a cui si farà riferimento è il seguente, con valori di molle di appoggio regolare uniforme sotto tutto il concio.

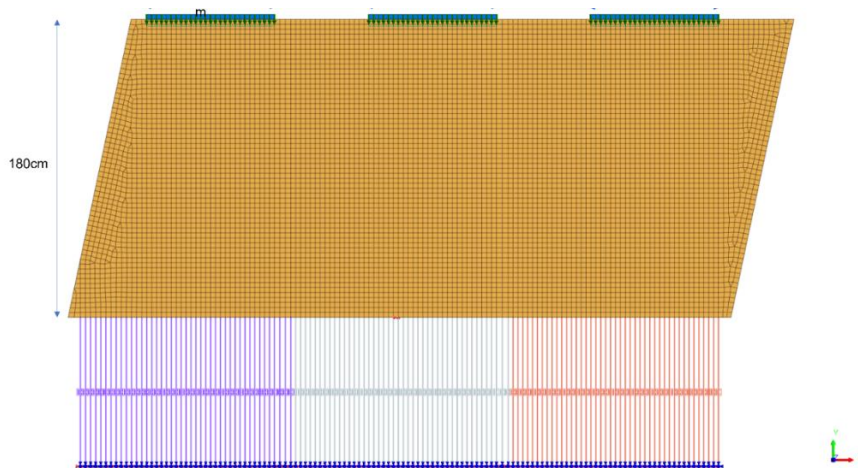


Figura 8-62: Mesh

Si valuterà la spinta massima tale da permettere al concio di soddisfare le verifiche SLE.

Si riporta di seguito la trattazione per l'individuazione della spinta massima ammissibile in esercizio in condizioni di appoggio regolare.

La spinta massima individuata per il soddisfacimento di tutte le verifiche SLE è pari a 40 MN per il concio di questa tipologia.

Verifica tensionale in direzione radiale SLE

Di seguito si riporta la verifica tensionale SLE delle barre di armatura in direzione radiale.

Nella verifica vengono considerate staffe $\Phi 10/125\text{cm}$ con due bracci.

In questo caso le armature che resistono alla trazione sono n.12 staffe totali.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	103 di 159

Dimensionamento del concio nella fase di spinta della TBM



RESISTENZA DEL SEGMENTO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Bursting in direzione radiale

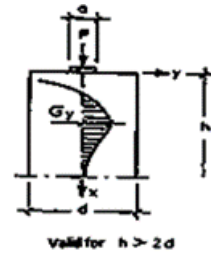
Spinta caratteristica della TBM	T_{TBM} [MN]	40.0
Spinta SLU della TBM	T_{SLE} [MN]	40.0
Numero delle scarpe tot.	N_H [-]	24
Lunghezza delle scarpe	L_1 [m]	0.77
Larghezza zona di pressione	a [m]	0.260
Larghezza zona di pressione proietta	d [m]	0.320
Coeff. di combinazione SLE	γ_{SLE} [-]	1.00
Resistenza a trazione di calcolo	f_{yd} [MPa]	391
Diametro delle barre	\emptyset [mm]	10
Numero dei bracci	n [-]	2
Passo delle barre	s [mm]	125

F_{sd} = Spinta di progetto della TBM

$$P = F_{sd, ULS}$$

$$Z = 0.3 P * [1 - a / d]$$

$$A_{s, min} = Z / f_{yd}$$



$$A_s = n * [L_1 / s] A_{\emptyset}$$

$$x_1 = k_1 * d$$

$$x_2 = k_2 * d$$

Induced tensile stress

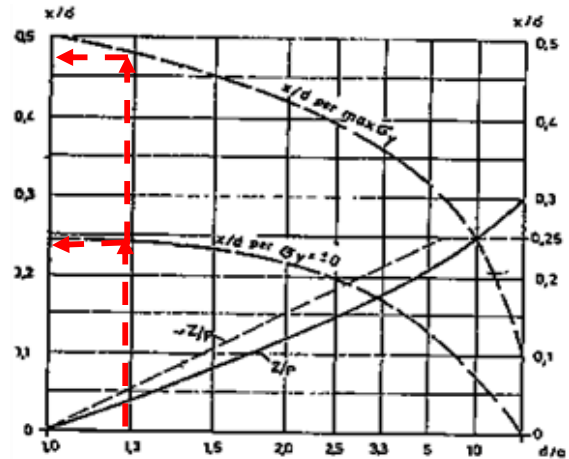
Sforzo di trazione	Z [kN]	94
armatura adottata	A_s [cm ²]	9.42
Trazione su ogni singola barra	Z_i [kN]	7.8
Tensione su ogni singola barra	σ_i [MPa]	99.5
Tensione massima ammissibile SLE	$0.75 f_{yk}$ [MPa]	337.5
Coeff. di sicurezza	FS_{cd} [-]	3.4

Profondità in corrispondenza della tensione nulla

$$x_1 / d = 0.25 \quad x_1 = 8 \text{ [cm]}$$

Profondità in corrispondenza della tansione max

$$x_2 / d = 0.47 \quad x_2 = 15.0 \text{ [cm]}$$



La verifica tensionale SLE risulta soddisfatta per le staffe in direzione radiale.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 104 di 159

Verifica tensionale in direzione circonferenziale SLE

L'azione della spinta dei martinetti in direzione circonferenziale viene svolta mediante un'analisi numerica 2D lineare applicando una spinta macchina totale pari a 40MN, di cui si riporta l'output delle tensioni di seguito.

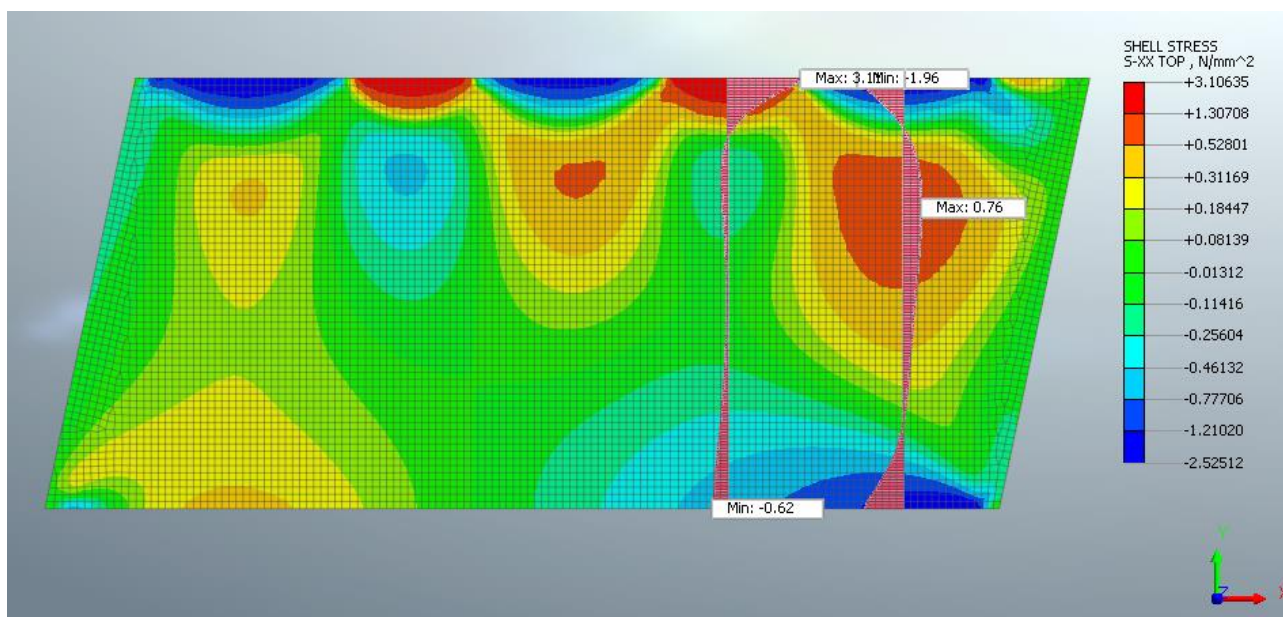


Figura 8-63: Modello Midas FEA NX verifiche SLE spinta Ordinaria

Si riportano di seguito i due diagrammi, rispettivamente per effetto spalling ed effetto bursting, in un grafico più facilmente comprensibile affiancando ad esso la sezione longitudinale del cono con le barre di armatura collaboranti nel tratto interessato dagli sforzi di trazione.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 105 di 159

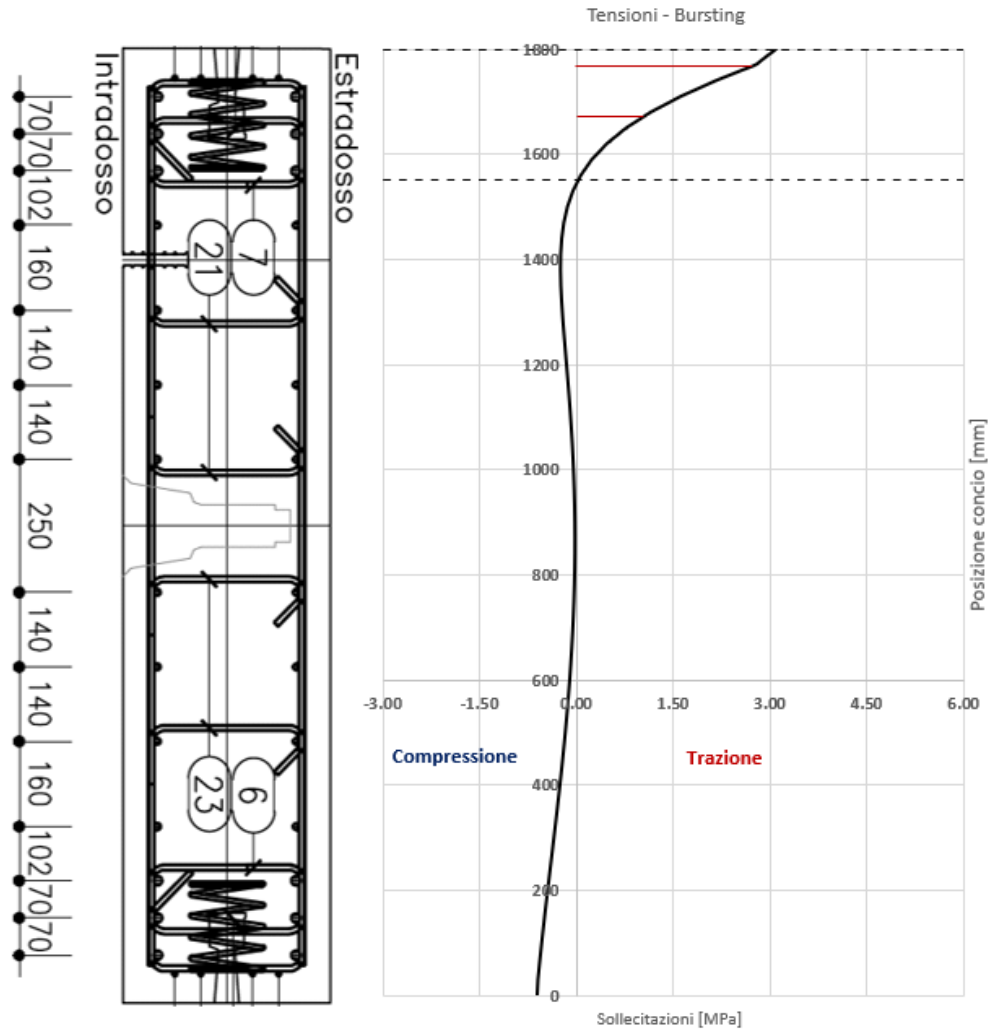


Figura 8-64: Andamento delle sollecitazioni effetto spalling tra le scarpe di spinta

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 106 di 159

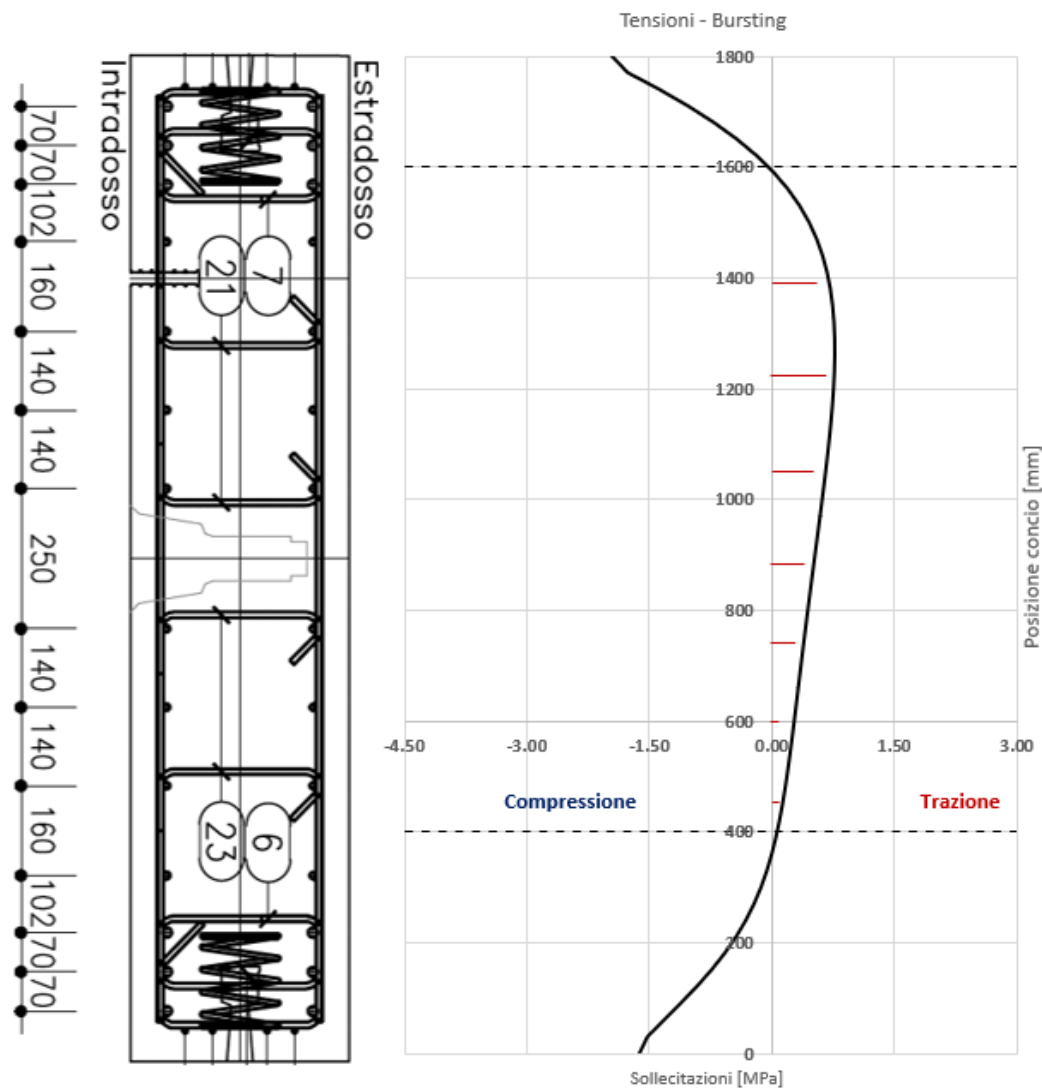


Figura 8-65: Andamento delle sollecitazioni effetto bursting sotto le scarpe di spinta

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva contenente le verifiche tensionali SLE (NTC08 §4.1.2.2.5.1) in direzione circonferenziale.

Sezione di analisi	σ_{limite} [MPa]	T_{ed} (integrazione) [kN]	Barre collaboranti	A_s [mm ²]	σ_{agente} [MPa]	Verifica
Spalling	$\sigma_{s, \text{limite}} = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.5$	130	4 $\phi 10 + 4 \phi 14$	932	$\sigma_s = T_{\text{ed}}/A_s = 139$	$\sigma_s < \sigma_{s, \text{limite}}$ Verifica soddisfatta
Bursting	$\sigma_{s, \text{limite}} = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.5$	229	12 $\phi 12$	1356	$\sigma_s = T_{\text{ed}}/A_s = 169$	$\sigma_s < \sigma_{s, \text{limite}}$ Verifica soddisfatta

Tabella 8-12: Verifiche SLE a trazione armature

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 107 di 159

Si riporta di seguito la **verifica a fessurazione**, secondo quanto prescritto dall'EC2 §7.3.4, per l'effetto spalling tra le piastre di spinta.

Come spiegato nelle ipotesi di base si riporta il diagramma delle sollecitazioni di spalling tra le scarpe per le quali si integrano le trazioni per ottenere il tiro agente sulla sezione.

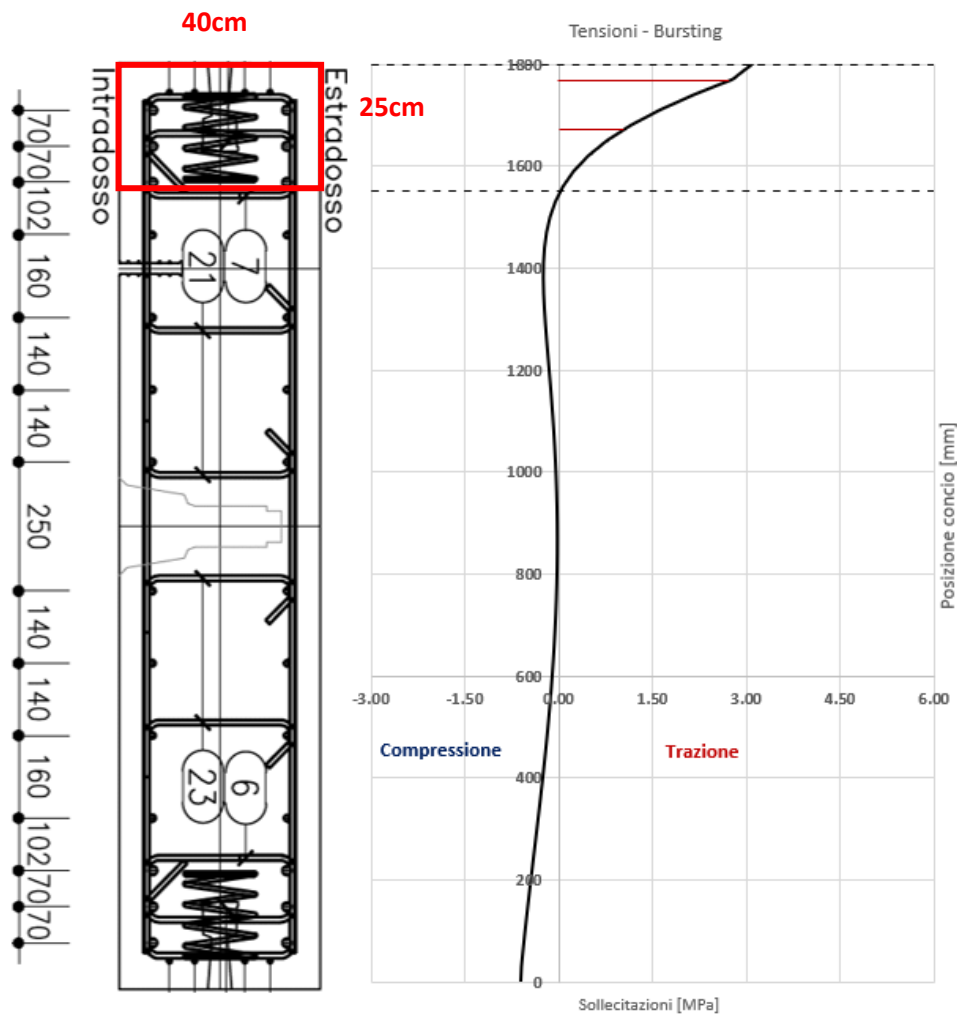


Figura 8-66: Andamento delle tensioni circonferenziali tra le scarpe.

La sezione considerata per il calcolo della fessurazione ha un'altezza di 25cm (altezza delle trazioni) e una base di 40cm (spessore concio).

Le armature coinvolte nella zona di trazione sono le seguenti: 4Φ10+4Φ14.

Integrando le tensioni si ottiene un tiro di:

$$F_{Spalling} = t \cdot \sum \Delta z \cdot \sigma_{xx} = 130 \text{ kN}$$

t: spessore del concio;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 108 di 159

Δz : discretizzazione lungo la posizione del concio;

σ_{xx} : tensione agente.

Il baricentro di spinta del tiro rispetto al lembo superiore del concio viene calcolato come segue.

$$z_{tiro} = \frac{t \cdot \sum z_i \cdot \sigma_{i,xx}}{F_{spalling}} = 0.077 \text{ m}$$

L'azione di tiro si trova a 7.7 cm dal bordo esterno del concio.

L'eccentricità rispetto al baricentro della sezione considerata di altezza 25 cm risulta essere.

$$e = \frac{h}{2} - z_{tiro} = \frac{0.25}{2} - 0.077 = 0.048 \text{ m}$$

Il momento agente sulla sezione è calcolato come di seguito.

$$M_{ed} = F_{spalling} \cdot e = 130 \cdot 0.048 = 6.3 \text{ kNm}$$

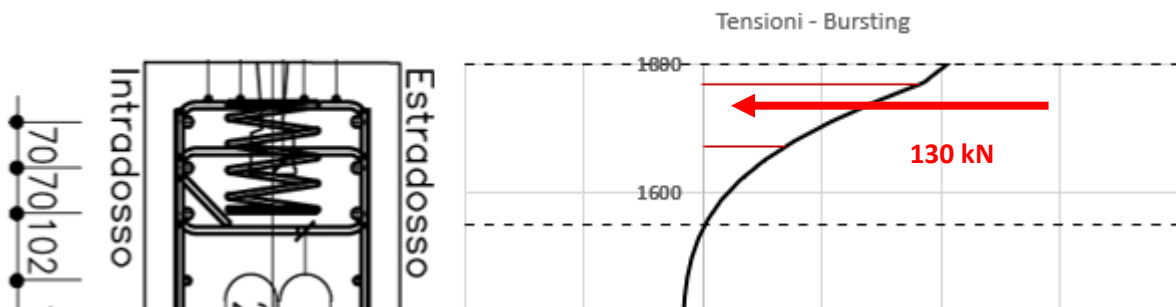


Figura 8-67: Posizione del tiro di spalling.

Di seguito si riporta la verifica a fessurazione.

APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"				
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001
08 - GALLERIE		REV.	FOGLIO.		
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		C	109 di 159		

Fessurazione per spalling tra le scarpe

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	130.0	6.3	-
SLE Frequente	130.0	6.3	-
SLE Rara	130.0	6.3	-
SLU	0.0	0.0	0.0
SLV	0.0	0.0	0.0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione			
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	40	
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	25	
Altezza utile della sezione	d [cm]	18	
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	1000	

Armatura longitudinale tesa		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	4	2	0
Diametro	φ [mm]	10	14	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	5.5	8.9	0.0
Area strato	A _s [cm ²]	3.14	3.08	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.873%		

Armatura longitudinale compressa		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	2	0	0
Diametro	φ [mm]	14	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	8.5	0.0	0.0
Area strato	A _s ' [cm ²]	3.08	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.432%		

Armatura trasversale		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	φ [mm]	0	0	0
Numero bracci	n _{bt}	0	0	0
Passo	s _w [cm]	0	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	0.00	0.00	0.00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	55
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd'} [Mpa]	12.55
Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391.30

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale	σ _c [Mpa]	σ _s [Mpa]	σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	1.89	1.89	20.250
Calcestruzzo SLE Rara	1.89	1.89	27.000
Acciaio SLE Rara	206.88	206.88	360.000

Verifica di fessurazione	w _d [mm]	w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	0.000	0.200
Combinazione SLE Frequente	0.000	0.200

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto			
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Rd1} [kN]	0.0	
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0.0	

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica			
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	58.14	
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	-	

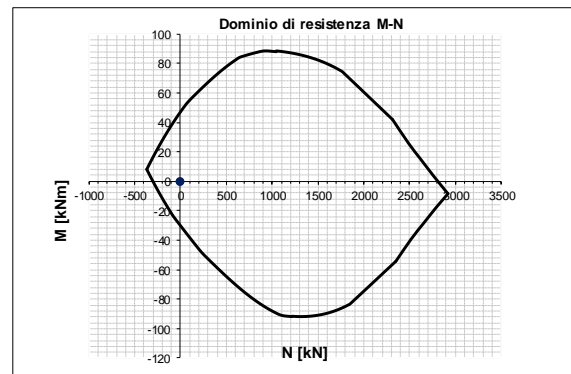
Verifica di resistenza dell'armatura specifica			
CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5	
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	-	
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	-	
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	-	
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	-	

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	0.0	0.0
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	0.0	0.0

Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	46.9	46.9
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	-	-

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-



APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 110 di 159

Si riporta di seguito la **verifica a fessurazione**, secondo quanto prescritto dall'EC2 §7.3.4, per l'effetto bursting al di sotto delle piastre di spinta.

Come spiegato nelle ipotesi di base si riporta il diagramma delle sollecitazioni di bursting sotto le scarpe per le quali si integrano le trazioni per ottenere il tiro agente sulla sezione.

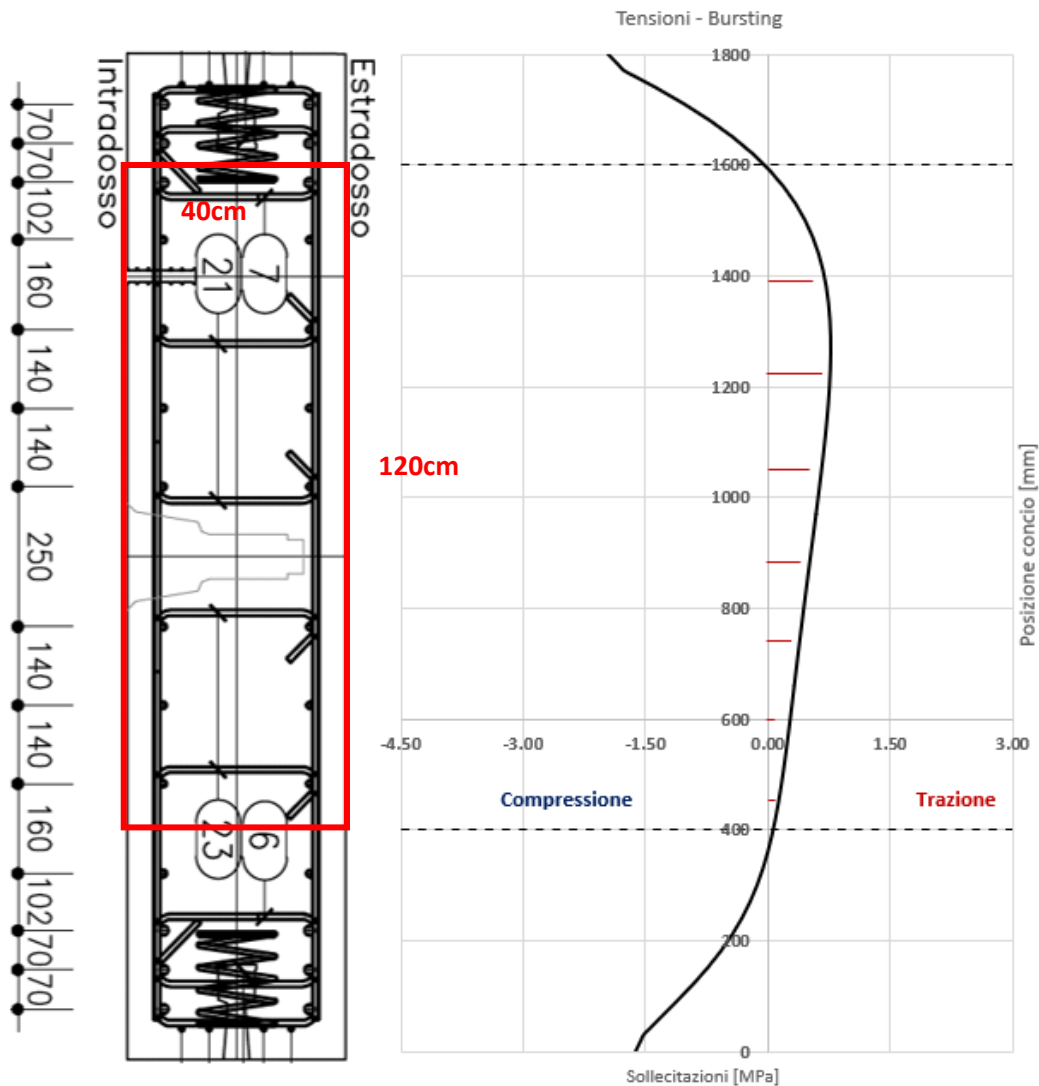


Figura 8-68: Andamento delle tensioni circonferenziali sotto le scarpe.

La sezione considerata per il calcolo della fessurazione ha un'altezza di 120cm (altezza delle trazioni) e una base di 40cm (spessore concio).

Le armature coinvolte nella zona di trazione sono le seguenti: 6Φ12+6Φ12.

Integrando le tensioni si ottiene un tiro di:

$$F_{Bursting} = t \cdot \sum \Delta z \cdot \sigma_{xx} = 229 \text{ kN}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	111 di 159

t: spessore del concio;

Δz : discretizzazione lungo la posizione del concio;

σ_{xx} : tensione agente.

Il baricentro di spinta del tiro rispetto al lembo superiore del concio viene calcolato come segue.

$$z_{tiro} = \frac{t \cdot \sum z_i \cdot \sigma_{i,xx}}{F_{Bursting}} = 0.72 \text{ m}$$

L'azione di tiro si trova a 72 cm dal bordo esterno del concio.

L'eccentricità rispetto al baricentro della sezione considerata di altezza 120 cm risulta essere.

$$e = z - \frac{h}{2} - z_{tiro} = 1.4 - \frac{1.2}{2} - 0.72 = 0.08 \text{ m}$$

Il momento agente sulla sezione è calcolato come di seguito.

$$M_{ed} = F_{Bursting} \cdot e = 229 \cdot 0.08 = 18.5 \text{ kNm}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 112 di 159

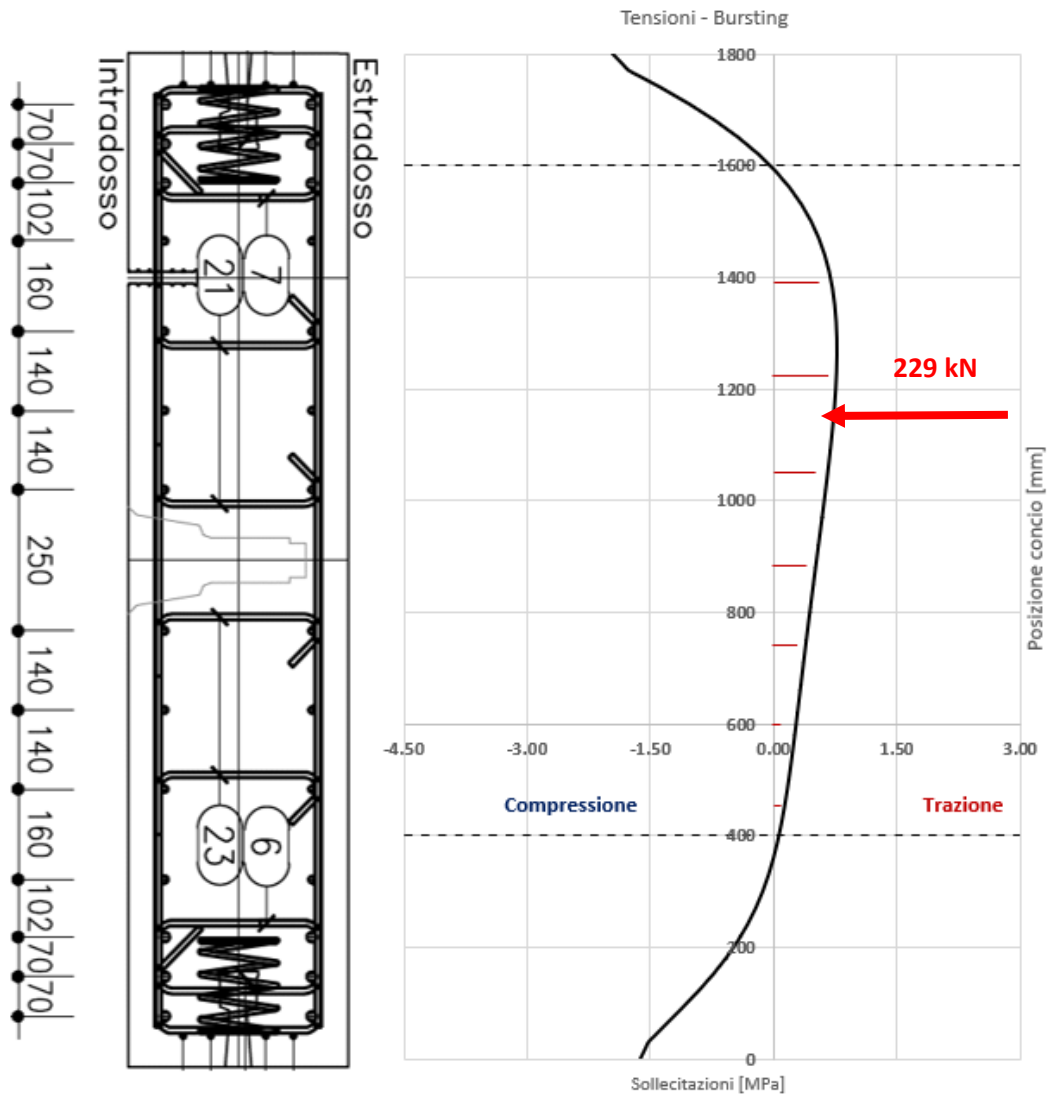
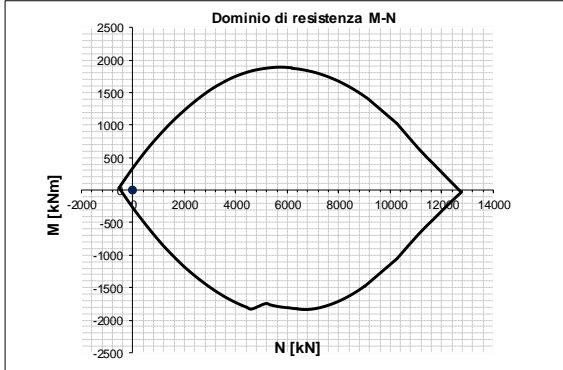


Figura 8-69: Posizione del tiro di bursting.

Di seguito si riporta la verifica a fessurazione.

APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria				
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C 113 di 159

Fessurazione per bursting circonferenziale sotto le scarpe

INPUT	OUTPUT																																
SOLLECITAZIONI DI VERIFICA	VERIFICHE IN ESERCIZIO																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>N_{Sd} [kN]</th> <th>M_{Sd} [kNm]</th> <th>V_{Sd} [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SLE Quasi Permanente</td> <td>229.0</td> <td>18.5</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>SLE Frequente</td> <td>229.0</td> <td>18.5</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>SLE Rara</td> <td>229.0</td> <td>18.5</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>SLU</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>SLV</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]	SLE Quasi Permanente	229.0	18.5	-	SLE Frequente	229.0	18.5	-	SLE Rara	229.0	18.5	-	SLU	0.0	0.0	0.0	SLV	0.0	0.0	0.0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verifica Tensionale</th> <th>σ limit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calcestruzzo SLE Quasi Permanente</td> <td>σ_c [Mpa] = 0.00 20.250</td> </tr> <tr> <td>Calcestruzzo SLE Rara</td> <td>σ_c [Mpa] = 0.00 27.000</td> </tr> <tr> <td>Acciaio SLE Rara</td> <td>σ_s [Mpa] = 181.55 360.000</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica Tensionale	σ limit	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 0.00 20.250	Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 0.00 27.000	Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 181.55 360.000
Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]																														
SLE Quasi Permanente	229.0	18.5	-																														
SLE Frequente	229.0	18.5	-																														
SLE Rara	229.0	18.5	-																														
SLU	0.0	0.0	0.0																														
SLV	0.0	0.0	0.0																														
Verifica Tensionale	σ limit																																
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 0.00 20.250																																
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 0.00 27.000																																
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 181.55 360.000																																
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verifica di fessurazione</th> <th>w limit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Combinazione SLE Quasi permanente</td> <td>w_d [mm] = 0.000 0.200</td> </tr> <tr> <td>Combinazione SLE Frequente</td> <td>w_d [mm] = 0.000 0.200</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di fessurazione	w limit	Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.000 0.200	Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.000 0.200																										
Verifica di fessurazione	w limit																																
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.000 0.200																																
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.000 0.200																																
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.	VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Geometria della sezione</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Base (ortogonale al Taglio)</td> <td>B [cm]</td> <td colspan="2">40</td> </tr> <tr> <td>Altezza (parallela al Taglio)</td> <td>H [cm]</td> <td colspan="2">120</td> </tr> <tr> <td>Altezza utile della sezione</td> <td>d [cm]</td> <td colspan="2">91</td> </tr> <tr> <td>Area di calcestruzzo</td> <td>A_c [cm²]</td> <td colspan="2">4800</td> </tr> </tbody> </table>	Geometria della sezione				Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	40		Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	120		Altezza utile della sezione	d [cm]	91		Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	4800		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Sollecitazioni di progetto</th> <th>V_{Sd} [kN]</th> <th>0.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sforzo Normale concomitante al massimo taglio</td> <td>N_{Sd} [kN]</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Sollecitazioni di progetto		V _{Sd} [kN]	0.0	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)				Sforzo Normale concomitante al massimo taglio		N _{Sd} [kN]	0.0
Geometria della sezione																																	
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	40																															
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	120																															
Altezza utile della sezione	d [cm]	91																															
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	4800																															
Sollecitazioni di progetto		V _{Sd} [kN]	0.0																														
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)																																	
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio		N _{Sd} [kN]	0.0																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica</th> <th>V_{Rd1} [kN]</th> <th>152.56</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Resistenza di progetto senza armatura specifica</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Coefficiente di sicurezza</td> <td>V_{Rd1}/V_{Sd}</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica		V _{Rd1} [kN]	152.56	Resistenza di progetto senza armatura specifica				Coefficiente di sicurezza		V _{Rd1} /V _{Sd}	-																				
Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica		V _{Rd1} [kN]	152.56																														
Resistenza di progetto senza armatura specifica																																	
Coefficiente di sicurezza		V _{Rd1} /V _{Sd}	-																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Verifica di resistenza dell'armatura specifica</th> <th>cotang(θ)</th> <th>2.5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">CoTan(θ) di progetto</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls</td> <td>V_{Rd2}(θ) [kN]</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Resistenza a taglio dell'armatura</td> <td>V_{Rd3}(θ) [kN]</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Resistenza a taglio di progetto</td> <td>V_{Rd} [kN]</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Coefficiente di sicurezza</td> <td>V_{Rd}/V_{Sd}</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza dell'armatura specifica		cotang(θ)	2.5	CoTan(θ) di progetto				Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls		V _{Rd2} (θ) [kN]	-	Resistenza a taglio dell'armatura		V _{Rd3} (θ) [kN]	-	Resistenza a taglio di progetto		V _{Rd} [kN]	-	Coefficiente di sicurezza		V _{Rd} /V _{Sd}	-								
Verifica di resistenza dell'armatura specifica		cotang(θ)	2.5																														
CoTan(θ) di progetto																																	
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls		V _{Rd2} (θ) [kN]	-																														
Resistenza a taglio dell'armatura		V _{Rd3} (θ) [kN]	-																														
Resistenza a taglio di progetto		V _{Rd} [kN]	-																														
Coefficiente di sicurezza		V _{Rd} /V _{Sd}	-																														
	VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE																																
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Sollecitazioni di progetto</th> <th>SLU</th> <th>SLV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Momento sollecitante</td> <td>M_{Sd} [kNm]</td> <td>0.0 0.0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sforzo Normale concomitante</td> <td>N_{Sd} [kN]</td> <td>0.0 0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV	Momento sollecitante		M _{Sd} [kNm]	0.0 0.0	Sforzo Normale concomitante		N _{Sd} [kN]	0.0 0.0																				
Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV																														
Momento sollecitante		M _{Sd} [kNm]	0.0 0.0																														
Sforzo Normale concomitante		N _{Sd} [kN]	0.0 0.0																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Verifica di resistenza in termini di momento</th> <th>SLU</th> <th>SLV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Momento resistente</td> <td>M_{Rd} [kNm]</td> <td>337.2 337.2</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Coefficiente di sicurezza</td> <td>M_{Rd}/M_{Sd}</td> <td>- -</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV	Momento resistente		M _{Rd} [kNm]	337.2 337.2	Coefficiente di sicurezza		M _{Rd} /M _{Sd}	- -																				
Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV																														
Momento resistente		M _{Rd} [kNm]	337.2 337.2																														
Coefficiente di sicurezza		M _{Rd} /M _{Sd}	- -																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</th> <th>SLU</th> <th>SLV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Sforzo normale resistente</td> <td>N_{Rd} [kN]</td> <td>- -</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Coefficiente di sicurezza</td> <td>N_{Rd}/N_{Sd}</td> <td>- -</td> </tr> </tbody> </table>	Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV	Sforzo normale resistente		N _{Rd} [kN]	- -	Coefficiente di sicurezza		N _{Rd} /N _{Sd}	- -																				
Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV																														
Sforzo normale resistente		N _{Rd} [kN]	- -																														
Coefficiente di sicurezza		N _{Rd} /N _{Sd}	- -																														
CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Concrete</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenza cubica a compressione</td> <td>RCK</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>Resistenza cilindrica caratteristica a compressione</td> <td>f_{ck} [Mpa]</td> <td>45.00</td> </tr> <tr> <td>Resistenza cilindrica media a compressione</td> <td>f_{cm} [Mpa]</td> <td>53.00</td> </tr> <tr> <td>Resistenza media a trazione per flessione</td> <td>f_{ctm} [Mpa]</td> <td>3.80</td> </tr> <tr> <td>Resistenza caratteristica a trazione per flessione</td> <td>f_{ctk} [Mpa]</td> <td>2.66</td> </tr> <tr> <td>Resistenza di progetto a compressione</td> <td>f_{cd} [Mpa]</td> <td>25.50</td> </tr> <tr> <td>Resistenza di progetto delle bielle compresse</td> <td>f_{cd} [Mpa]</td> <td>12.55</td> </tr> </tbody> </table>	Concrete			Resistenza cubica a compressione	RCK	55	Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00	Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00	Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80	Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66	Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50	Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd} [Mpa]	12.55									
Concrete																																	
Resistenza cubica a compressione	RCK	55																															
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00																															
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00																															
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80																															
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66																															
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50																															
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd} [Mpa]	12.55																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Acciaio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenza di progetto a snervamento</td> <td>f_{yd} [Mpa] 391.30</td> </tr> </tbody> </table>	Acciaio		Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa] 391.30																													
Acciaio																																	
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa] 391.30																																

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 114 di 159

Per quanto riguarda la **verifica tensionale SLE del calcestruzzo** si confronteranno la tensione agente con quella limite in condizione di esercizio.


La spinta di progetto al di sotto di ogni scarpa è calcolata come segue.

$$F_{sd} = (T_{TBM})/21 = (40)/24 = 1.667 \text{ MN} = 1667 \text{ kN}$$

Dimensionamento del concio nelle fasi di spinta della TBM

SWSTM Innovation in underground solutions

RESISTENZA DEL CONCIO SOTTO LA SPINTA DELLA TBM - Compressione

spinta caratteristica della TBM	T_{TBM} [MN]	40	
Numero delle scarpe	N_H [-]	24	
Eccentricità dei martinetti	ϵ_V [m]	0.03	
Coefficiente di incremento del carico	γ_{SLE} [-]	1.00	

Resistenza del segmento " $F_{sd} \leq F_{Rd} \leq F_{max}$ "

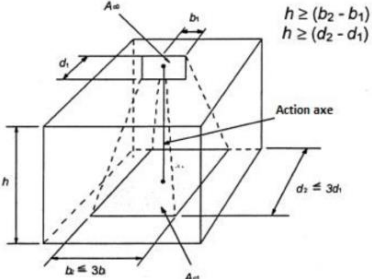
Largezza di pressione	h_0 [m]	0.260	Largezza della superficie proiettata	h_1 [m]	0.32
Lunghezza di pressione	a_0 [m]	0.77	Lunghezza della superficie proiettata	a_1 [m]	0.83
Resistenza del cls	"SLE"	f_{ck} [MPa]	45.0		

$$F_{sd} = \Sigma F * \gamma_F$$

$$F_{Rd} = A_{c0} * F_{cd} * \sqrt{A_{c1} / A_{c0}}$$

$$F_{max} = 3 A_{c0} * f_{cd}$$

Sforzo agente	"SLE"	$F_{Sd,E}$ [kN]	1667
Tensione agente	"SLE"	$\sigma_{cd} = F_{Sd,E} / A_{c1}$ [MPa]	6.28
Tensione max SLE	"SLE"	$\sigma_{max} = 0.45 f_{ck}$ [MPa]	20.3



La verifica tensionale SLE risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 115 di 159	

8.7.4.3. Spinta non uniforme

Nel seguente paragrafo viene analizzato il rischio di carico non uniforme con carico agente allo SLU in condizioni ordinarie pari a 52MN distribuito disuniformemente sulle tre scarpe di spinta con appoggio regolare. La condizione più cautelativa risulta quella in cui la scarpa più esterna sul lato inclinato (più a destra) viene caricata al 100%, mentre sulle rimanenti due scarpe si applica un carico ridotto del 50%.

In direzione radiale la verifica rimane medesima a quella svolta al §7.7.3.2, si riporta di seguito la verifica tensionale in direzione circonferenziale.

Verifiche in direzione circonferenziale per spinta non uniforme

Al fine di considerare l'azione di stato limite ultimo si applica una spinta macchina totale pari a 52MN, di cui si riporta l'output delle tensioni di seguito.

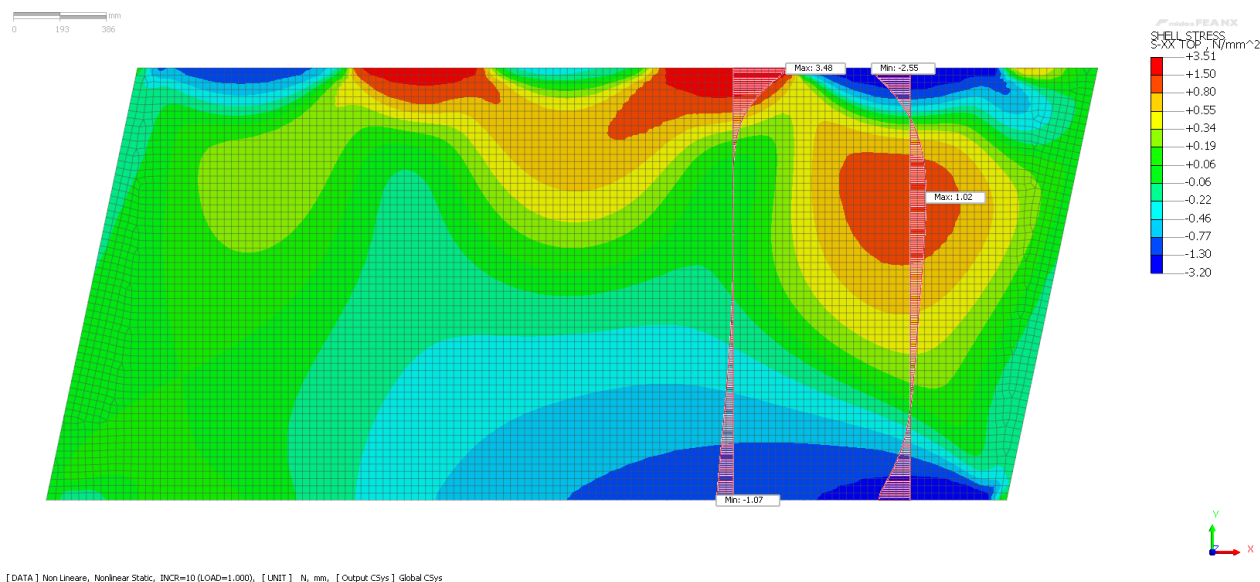


Figura 8-70: Modello Midas FEA NX verifiche SLU spinta Ordinaria con distribuzione non uniforme

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 116 di 159

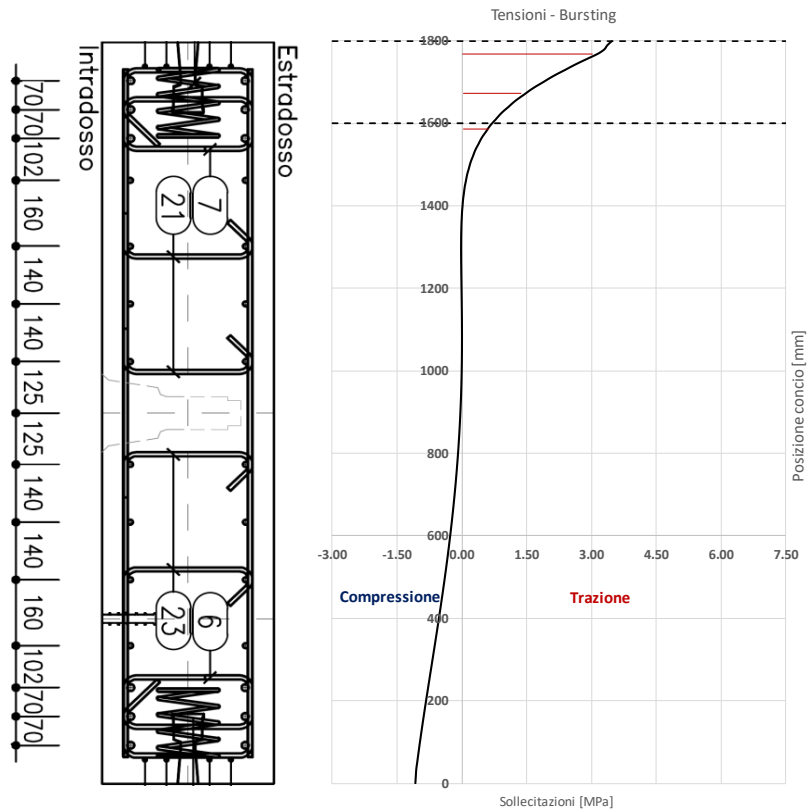


Figura 8-71: Andamento delle sollecitazioni effetto spalling tra le scarpe di spinta

Integrando la curva degli sforzi di trazione si ottiene un tiro sulle barre di armatura pari a $T_{ed}=179$ kN.

Come si evince dalla figura sopra riportata, le barre collaboranti nell'area interessata dall'effetto oggetto di analisi sono 4 ϕ 10 e 4 ϕ 14. Si ottiene una resistenza a trazione pari a:

$$T_{rd} = A_s \cdot f_{yd} = \left(\frac{14^2 \cdot \pi}{4} \cdot 4 + \frac{10^2 \cdot \pi}{4} \cdot 4 \right) \cdot 391.3 = 364 \text{ kN}$$

Con un fattore di sicurezza pari a $FS=T_{rd}/T_{ed}=2.0$ la verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 117 di 159

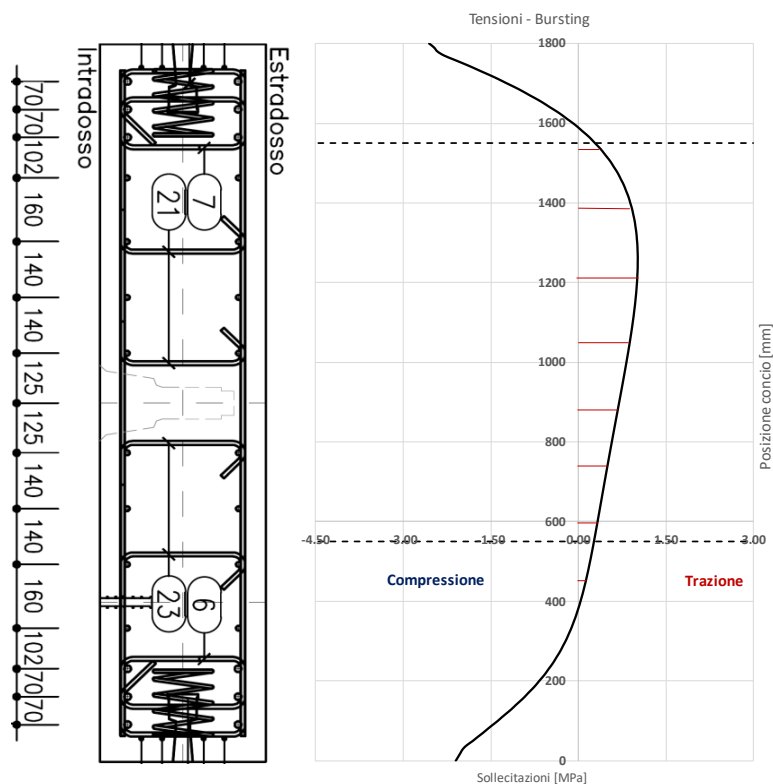


Figura 8-72: Andamento delle sollecitazioni effetto bursting sotto le scarpe di spinta

Integrando la curva degli sforzi di trazione si ottiene un tiro sulle barre di armatura pari a $T_{ed}=305$ kN.

Come si evince dalla figura sopra riportata, le barre collaboranti nell'area interessata dall'effetto oggetto di analisi sono 6+6 ϕ 12. Si ottiene una resistenza a trazione pari a:

$$T_{rd} = A_s \cdot f_{yd} = \left(\frac{12^2 \cdot \pi}{4} \cdot 12 \right) \cdot 391.3 = 531 \text{ kN}$$

Con un fattore di sicurezza pari a $FS=T_{rd}/T_{ed}=1.7$ la verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 118 di 159	

8.7.4.4. Errato appoggio

L'analisi di rischio deve porsi l'obiettivo di valutare il margine rispetto allo SLU del concio nel caso in cui siano presenti condizioni di montaggio accidentali, applicata alla verifica di formazione di trazioni in direzione circonferenziale.

La presenza di gap locali può essere simulata numericamente per mezzo di una riduzione della rigidità della superficie di appoggio del concio da verificare, mantenendo il carico agente allo SLU calcolato nelle verifiche ordinarie. Valori indicativi di riduzione della rigidità possono assumersi tra il 25% e il 50%, da combinarsi per le diverse disposizioni del concio.

Dette A, B e C le tre parti del concio che appoggiano sull'anello precedente, a titolo di esempio si possono considerare le combinazioni di appoggio riportate nella figura successiva.

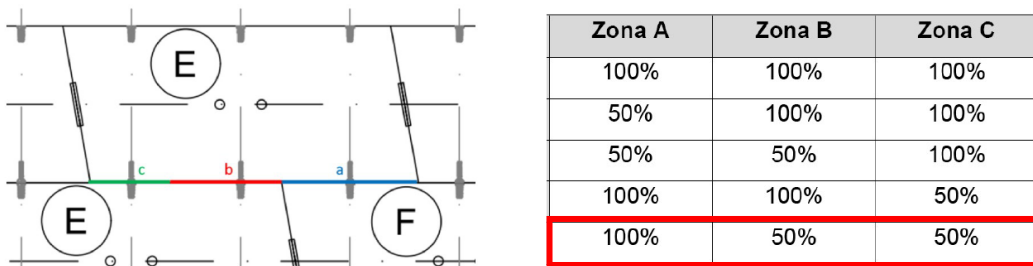


Figura 8-73: Esempio di combinazioni di appoggio sull'anello precedente DB

Nel dettaglio, tale analisi si svolge considerando il concio G applicando la combinazione delle molle per Zona A pari al 100% e per le zone B e C ridotta del 50%, rappresentativa della condizione più gravosa.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 119 di 159

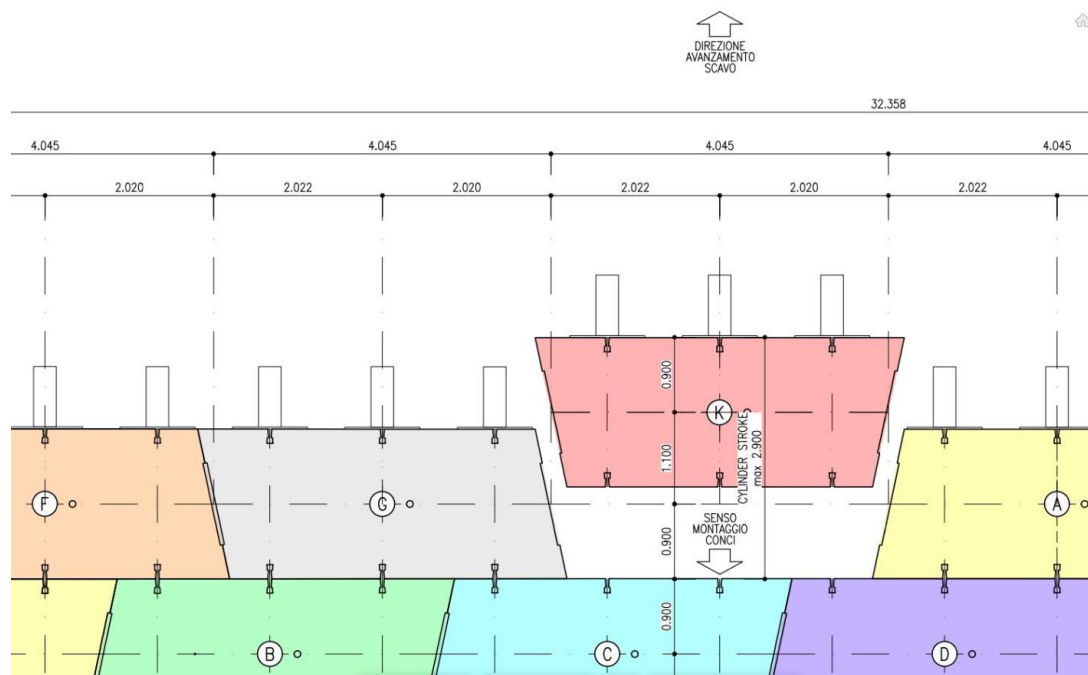


Figura 8-74: Schema disposizione conci

Nell'analisi di rischio si considerano le molle sui giunti longitudinali in quanto la spinta SLU pari a 52MN viene applicata una volta installato l'intero anello.

Poiché non è possibile a priori determinare le condizioni di appoggio irregolare, come misura di mitigazione di rischio quello che si potrà effettuare è valutare una condizione di appoggio incompleta e fittizia e confermare quali siano le spinte ordinarie compatibili con queste condizioni di appoggio arbitrariamente ipotizzate.

Mediante l'utilizzo del software agli elementi finiti Midas FEA si modella il concio come elemento shell con mesh composta da 8055 elementi ibridi con maglia 30x30mm. Al fine di calcolare la rigidezza delle molle si considera, oltre al modulo elastico del calcestruzzo e l'area dei singoli elementi, per quelle verticali metà lunghezza dell'anello retrostante pari a 90cm, mentre per quelle applicate sui giunti longitudinali si considera la circonferenza media dell'anello meno l'ingombro del concio oggetto di analisi diviso due.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 120 di 159

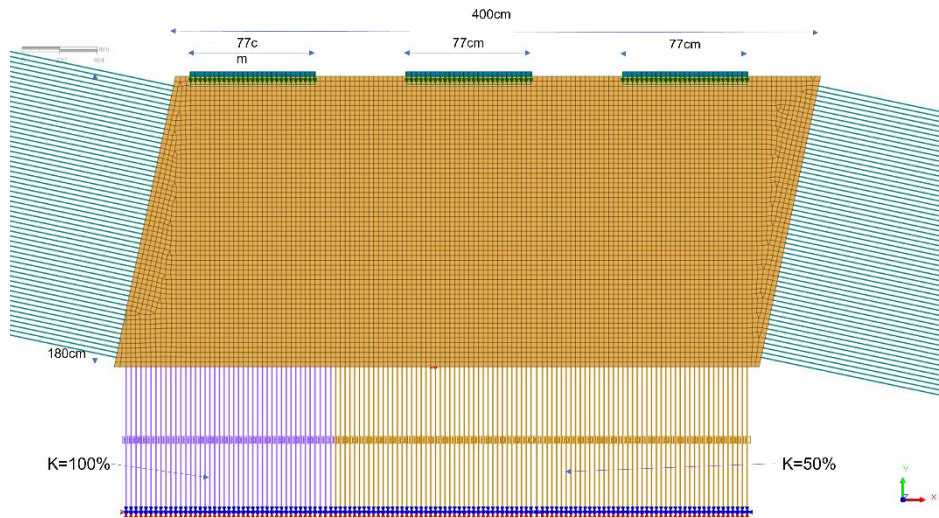


Figura 8-75: Mesh

Verifiche in direzione circonferenziale per spinta non uniforme

Si riporta di seguito l'output delle tensioni di seguito.

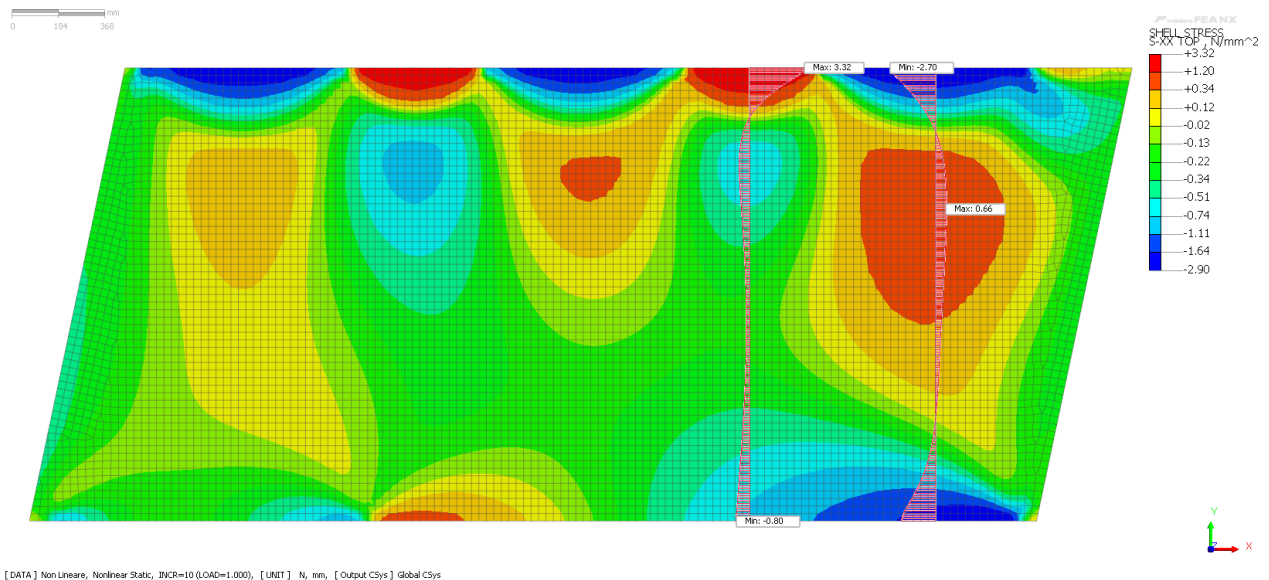


Figura 8-76: Modello Midas FEA NX verifiche SLU spinta Ordinaria con appoggio irregolare

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 121 di 159

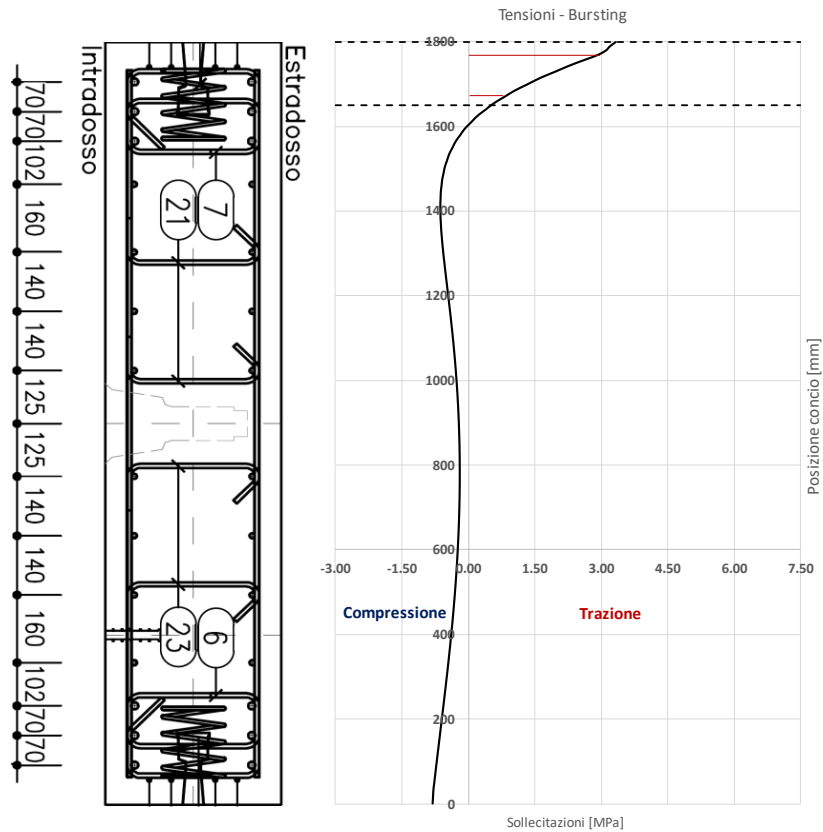


Figura 8-77: Andamento delle sollecitazioni effetto spalling tra le scarpe di spinta

Integrando la curva degli sforzi di trazione si ottiene un tiro sulle barre di armatura pari a $T_{ed}=118$ kN.

Come si evince dalla figura sopra riportata, le barre collaboranti nell'area interessata dall'effetto oggetto di analisi sono 4 ϕ 10 e 2 ϕ 14. Si ottiene una resistenza a trazione pari a:

$$T_{rd} = A_s \cdot f_{yd} = \left(\frac{14^2 \cdot \pi}{4} \cdot 2 + \frac{10^2 \cdot \pi}{4} \cdot 4 \right) \cdot 391.3 = 243 \text{ kN}$$

Con un fattore di sicurezza pari a $FS=T_{rd}/T_{ed}=2.0$ la verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 122 di 159

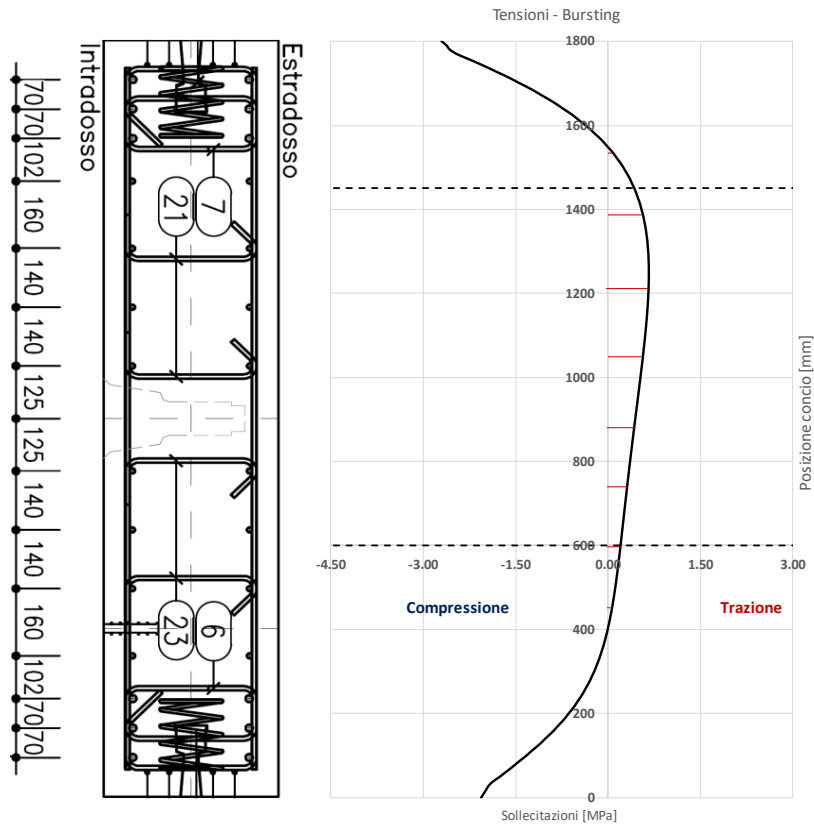


Figura 8-78: Andamento delle sollecitazioni effetto bursting sotto le scarpe di spinta

Integrando la curva degli sforzi di trazione si ottiene un tiro sulle barre di armatura pari a $T_{ed}=183$ kN.

Come si evince dalla figura sopra riportata, le barre collaboranti nell'area interessata dall'effetto oggetto di analisi sono 4+4 ϕ 12. Si ottiene una resistenza a trazione pari a:

$$T_{rd} = A_s \cdot f_{yd} = \left(\frac{12^2 \cdot \pi}{4} \cdot 8 \right) \cdot 391.3 = 354 \text{ kN}$$

Con un fattore di sicurezza pari a $FS=T_{rd}/T_{ed}=1.9$ la verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 123 di 159

9. VERIFICA ELEMENTI SECONDARI

Nel seguente capitolo si riportano le verifiche degli elementi secondari:

- Connettori;
- Guarnizioni;
- Coni di centraggio.

9.1 VERIFICA DEI CONNETTORI

I connettori longitudinali presenti sul giunto circonferenziale dell'anello devono essere verificati sia a taglio che a estrazione (pull-out).

Verranno proposte due differenti situazioni di carico. La prima risulta essere la più sfavorevole ed è quella dovuta alla forza creata dal peso proprio del concio singolo sospeso in chiave di calotta nell'ipotesi sfavorevole in cui esso non sia tenuto in posizione dalle scarpe del sistema di spinta della TBM.

La seconda verifica è quella dovuta al sostegno del peso di un concio in posizione verticale e la risposta elastica delle guarnizioni. Si rimanda ai capitoli successivi per ulteriori spiegazioni.

9.1.1 Verifica del concio sospeso

Nella prima situazione di carico di quelle appena esposte devono essere sempre i connettori a garantire che il concio non cada. La forza di pull-out viene chiamata in causa in questo caso dall'effetto leva del concio sospeso.

Il peso proprio del concio più grande è di 73 kN (W_s), mentre il coefficiente dinamico considerato è pari a 1.2. Questo coefficiente tiene conto della possibilità che improvvisamente il concio resti appeso come una mensola con un effetto di dondolio che ne aumenta fittiziamente il peso.

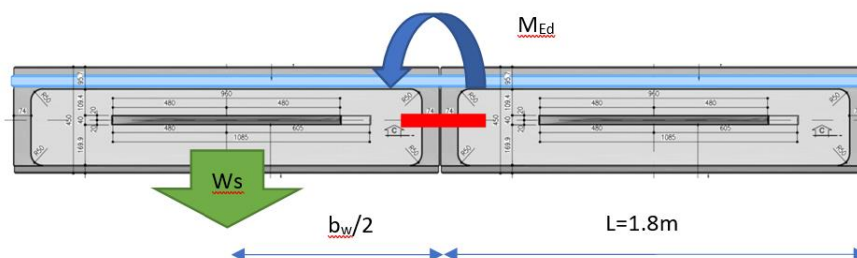
Le azioni di progetto saranno allora:

$$\gamma_{Q,dyn} = 1.2 \quad \gamma_G = 1.3$$

$$V_{Ed} = \gamma_{Q,dyn} \cdot \gamma_G \cdot W_s = 1.2 \cdot 1.3 \cdot 73 = 114 \text{ kN}$$

La forza verticale per ogni connettore sarà definita come:

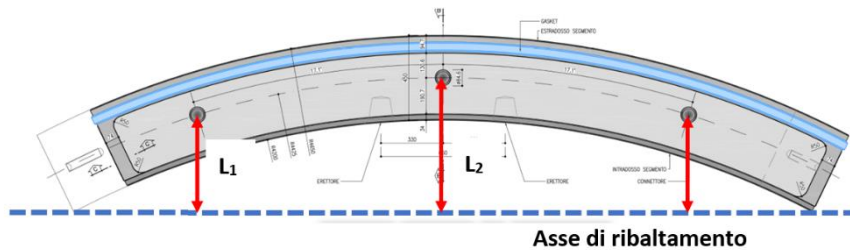
$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n_{connectors}} = \frac{114}{3} = 38 \text{ kN}$$



APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 124 di 159

Ne deriva un momento ribaltante pari a :

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot \frac{b_w}{2} = 114 \cdot \frac{1.8}{2} = 103 \text{ kNm}$$



Il momento di progetto sarà allora:

$$M_{Ed} = 2 \cdot F_{t,Ed} \cdot L_1 + F_{t,Ed} \cdot L_2$$

Dove F è la forza orizzontale che agisce sul singolo connettore, ovvero la forza di pull-out, che può essere calcolata quindi come:

$$F_{t,Ed} = \frac{M_{Ed}}{2 \cdot L_1 + L_2} = \frac{103}{2 \cdot 0.47 + 0.65} = 65 \text{ kN}$$

Dal calcolo eseguito si evincono che le forze di progetto agenti su ciascun connettore sono pari a :

$$\text{Taglio} = F_{v,Ed} = 38 \text{ kN}$$

$$\text{Pull-out} = F_{t,Ed} = 65 \text{ kN}$$

Di conseguenza, per poter rispettare la disequazione che tiene conto della presenza combinata di trazione (pull-out) e taglio sul connettore, si propongono le seguenti resistenze di progetto:

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,k}}{\gamma_{M2}} = \frac{140}{1.25} = 112 \text{ kN}$$

$$F_{PO,Rd} = \frac{F_{PO,k}}{\gamma_{M2}} = \frac{100}{1.25} = 80 \text{ kN}$$

La verifica combinata taglio/trazione è la seguente:

$$\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right) + \left(\frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{PO,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\frac{38}{112} + \frac{65}{1.4 \cdot 80} = 0.92 \leq 1$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 125 di 159

La resistenza dei connettori nel caso del concio sospeso risulta soddisfatta, in quanto la disuguaglianza è vera.
La tipologia di connettore Easy Click smart 100-140 simmetrico garantisce le prestazioni richieste.

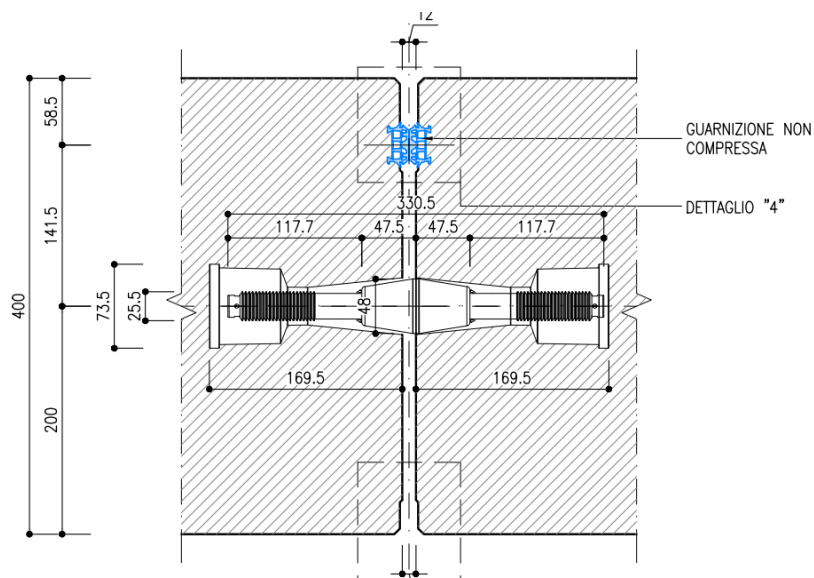


Figura 9-1: Dettaglio costruttivo del connettore (lato anello-anello)

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	126 di 159

9.1.2 Verifica di interazione gasket – connettore

9.1.2.1. Verifica pull out

Si riporta, nel seguente paragrafo, la verifica ordinaria della chiusura del giunto circonferenziale. Tale verifica prevede che 3 connettori resistano a pull out sotto la reazione della guarnizione compressa quando sono retratte le 3 scarpe per installare il concio.

$$F_{E,el} = \frac{\pi(D_{est} - 2d_{cava})}{N_{segm}} \cdot F_{gap0} = \frac{\pi(10.7 - 2 \cdot 0.0585)}{8} \cdot 47 = 195.5 \text{ kN}$$

$$F_{R,pullout} = \frac{F_{po,conn}}{FS} \cdot N_{s,conn} = \frac{100}{1.25} \cdot 3 = 254 \text{ kN}$$

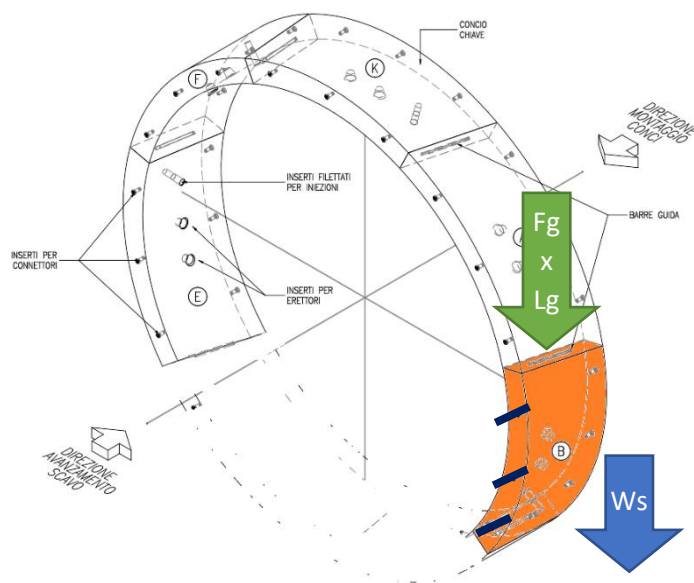
La verifica risulta soddisfatta in quanto $F_{R,pullout} > F_{E,el}$.

9.1.2.2. Verifica di elongazione del connettore

Il connettore selezionato dovrà garantire sotto la spinta del gasket relativa alla sua superficie di influenza una elongazione compatibile con il gap di progetto per la guarnizione pari a 4mm. Tale elongazione sarà valutata sul punto di equilibrio tra la curva trazione-deformazione del connettore e la curva compressione-gap della guarnizione. Tale verifica verrà integrata in fase di progettazione di dettaglio sulla base dei dati forniti dal fornitore.

9.1.3 Verifica del giunto longitudinale

Nel caso del concio in verticale, il sistema di connessione deve sostenere il peso del concio e chiudere il giunto longitudinale. Le due forze sono contrastate dalla forza di taglio dei connettori.



APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	127 di 159

Ciascun connettore deve contenere 1/3 del carico di taglio generato dai giunti longitudinali più 1/3 del peso del concio.

$$F_{v,Ed} = (\gamma_G \cdot W_s + F_g \cdot L_g) / N_c$$

$F_{v,Ed}$: Forza di taglio sul connettore [kN]

F_g : Forza di compressione della guarnizione per metro lineare = 48 kN/m

L_g : Lunghezza della guarnizione sul giunto longitudinale = 1,8 m

W_c : Peso del concio = 73 kN

N_c : Numero di allineatori per concio = 3

Di conseguenza:
$$F_{v,Ed} = \frac{1,3 \cdot 73 + 48 \cdot 1,8}{3} = 60 \text{ kN} \quad \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right) = \left(\frac{64}{112} \right) = 0,54 \leq 1$$

Il carico a taglio generato dalle reazioni delle guarnizioni longitudinali e dal peso del concio in verticale sui connettori è pari a 60 kN. Tale carico è ottenuto quando il giunto longitudinale è completamente chiuso. Nella condizione reale sussiste un'apertura del giunto che riduce il carico generato dalle guarnizioni. La verifica risulta soddisfatta in quanto il taglio agente è inferiore a quello resistente.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 128 di 159

9.1 VERIFICA DELLE GUARNIZIONI

9.1.1 Prestazione di tenuta idraulica

Le specifiche tecniche per lo scavo meccanizzato richiedono una garanzia di tenuta stagna della guarnizione sotto una pressione idraulica di 10 bar, tenuto in debito conto della possibile apertura (gap) e disallineamento (offset) dei giunti.

Considerando che durante la vita utile dell'opera, pari a 100 anni, l'elastomero della guarnizione tende a rilassarsi di circa il 65-70% rispetto al valore iniziale, la tenuta idraulica della guarnizione viene dimensionata per un carico idraulico di progetto maggiore rispetto a quello atteso in esercizio.

9.1.2 Caratteristiche della guarnizione

Nei dettagli costruttivi di viene confermata una guarnizione avente le seguenti caratteristiche:

- Tipologia: ancorata in EPDM 70 shore A tipo FAMA UG018A (o equivalente)
- Durezza 70 ± 5 mIRHD
- Resistenza a Trazione ≥ 9 MPa
- Allungamento ≥ 200 %
- Vita utile 100 anni
- Tenuta idraulica in esercizio ≥ 10 bar (Offset = 10 mm, Gap = 5 mm)

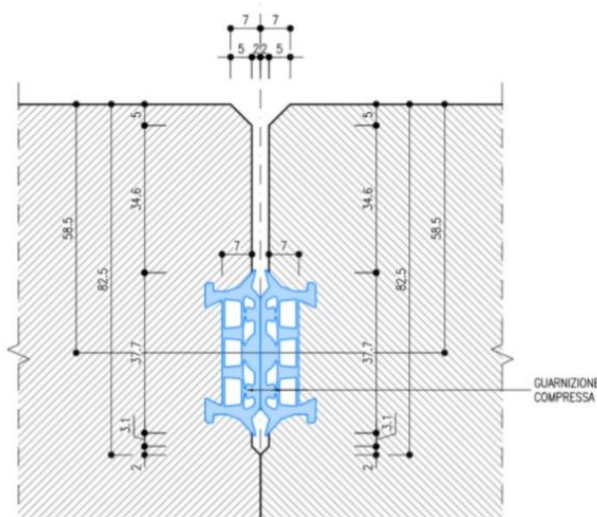


Figura 9-2: Dettaglio costruttivo della guarnizione (lato anello-anello)

9.1.3 Verifica di tenuta idraulica

La massima pressione a cui può resistere il sistema di impermeabilizzazione è funzione della distanza tra la superficie delle due scanalature dei giunti, detto "gap", e dallo spostamento relativo tra i due conci, detto "offset".

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="743 327 874 349">COMMESSA</th> <th data-bbox="882 327 975 349">LOTTO</th> <th data-bbox="983 327 1098 349">CODIFICA</th> <th data-bbox="1106 327 1246 349">DOCUMENTO</th> <th data-bbox="1254 327 1305 349">REV.</th> <th data-bbox="1313 327 1426 349">FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="743 353 874 376">IBOU</td> <td data-bbox="882 353 975 376">1BEZZ</td> <td data-bbox="983 353 1098 376">CL</td> <td data-bbox="1106 353 1246 376">GN0300001</td> <td data-bbox="1254 353 1305 376">C</td> <td data-bbox="1313 353 1426 376">129 di 159</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	129 di 159													

La combinazione tra gap e offset di progetto, che causa una riduzione dell'area di contatto tra i gasket, definisce la massima pressione che può sopportare la guarnizione, a seconda delle curve sperimentali della pressione sopportata in funzione di gap e offset proposte dai produttori.

Per la definizione della tenuta di prova si rimanda al progetto esecutivo di dettaglio sulla base dei dati forniti dal fornitore del prodotto.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	130 di 159

9.2 VERIFICA DEL CUNEO DI CALCESTRUZZO SOTTO LA SPINTA DELLA GUARNIZIONE

Durante la fase di installazione dei segmenti, la chiusura della guarnizione in EPDM genera una sollecitazione localizzata che può produrre la rottura a taglio degli angoli del segmento. Per distribuire meglio queste forze ed evitare la scagliatura degli angoli, la guarnizione è posizionata a una certa distanza dall'estradosso del segmento.

La verifica della resistenza al taglio dell'angolo in calcestruzzo, in conformità con l'EC2, è la seguente:

$$f_{cvd} > \tau_{cpd}$$

- f_{cvd} : resistenza al taglio di progetto in calcestruzzo;
- τ_{cpd} : forza di taglio di progetto sul cuneo di calcestruzzo.

La superficie di taglio considerata è mostrata nella figura seguente. Consideriamo:

$$\theta = 45^\circ \quad ; \quad d = 60.8 \text{ mm}$$

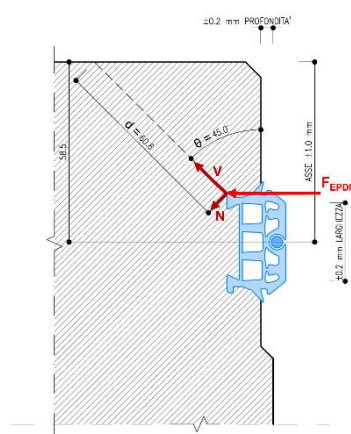


Figura 9-3: Geometria di verifica del cuneo di calcestruzzo sotto la pressione delle guarnizioni

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 131 di 159

LOAD DEFLECTION DIAGRAM GASKET PROFILE

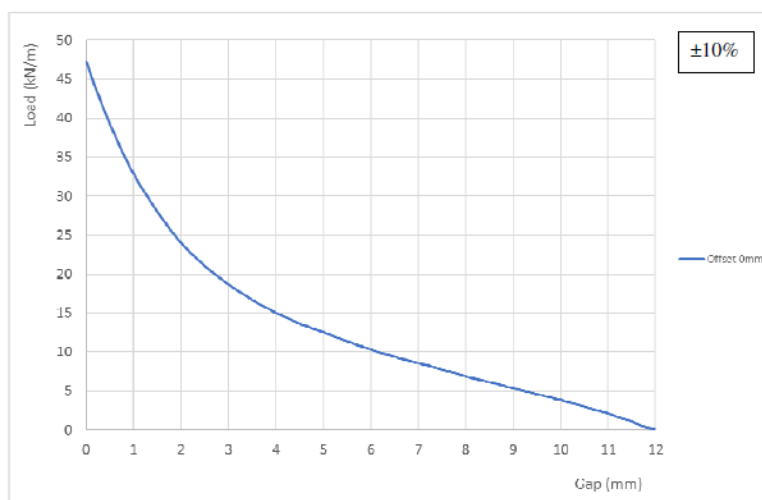


Figura 9-4: Curva forza-gap della guarnizione con offset 0mm

La forza lineare generata dalla chiusura della guarnizione EPDM, $F_{EPDM}=47 \text{ kN/m}$, viene scomposta nelle seguenti forze:

- Sforzo normale:

$$N_{ed} = \gamma_{SLU} \cdot F_{EPDM} \cdot \sin \theta = 1.3 \cdot 47 \text{ kN/m} \cdot \sin(45^\circ) = 43.2 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_{cpd} = \frac{N_{ed}}{d \cdot b} = \frac{43.2 \text{ kN/m}}{0.0608 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}} = 711 \text{ kPa} = 0.71 \text{ MPa}$$

- Sforzo tangenziale:

$$V_{ed} = \gamma_{SLU} \cdot F_{EPDM} \cdot \cos \theta = 1.3 \cdot 50 \text{ kN/m} \cdot \cos 45^\circ = 43.2 \text{ kN/m}$$

$$\tau_{cpd} = \frac{k \cdot V_{ed}}{d \cdot b} = \frac{1.5 \cdot 43.2 \text{ kN/m}}{0.0608 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}} = 1066 \text{ kPa} = 1.07 \text{ MPa}$$

La resistenza a taglio del calcestruzzo viene calcolata secondo la norma di riferimento come segue:

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_{cpd} \cdot f_{ctd}} = \sqrt{(1.79 \text{ MPa})^2 + 0.71 \text{ MPa} \cdot 1.79 \text{ MPa}} = 2.11 \text{ MPa} > \tau_{cpd} = 1.07 \text{ MPa}$$

La verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 132 di 159

9.3 VERIFICA DEI CONI DI CENTRAGGIO

Durante l'installazione del cono, verrà esercitata sui coni di centraggio una forza data dal peso del cono e della pressione del gasket. Si verifica allora che questa pressione, trasmessa poi dai "pins" dell'erettore al calcestruzzo, sia inferiore alla resistenza a compressione di progetto del cls.

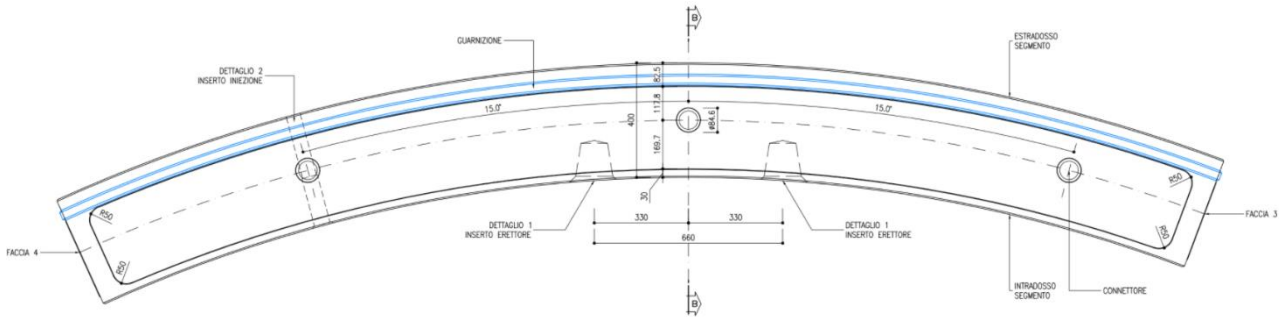


Figura 9-5: Geometria faccia circolare

La simbologia utilizzata nei calcoli viene specificata nella figura riportata di seguito.

VERIFICA CONI DI CENTRAGGIO					
Peso proprio cono	W_{SEG} [kN]	72,7			
Coeff. effetti di manipolazione/di vibrazioni	ζ_{MV} [-]	0,6			
Forza di compressione del gask	F_{EPDM} [kN/m]	50			
Carico agente del gasket (50% of F_{EPI})	F_j [kN/m]	25			
Larghezza cono	L_m [m]	1,8			
Coeff. di sicurezza SLU	γ_{SLU} [-]	1,30			
Numero coni di centraggio	n_{coni} [-]	2			
Diametro cono	d_{coni} [m]	0,05			
Profondità cono	h_{coni} [m]	0,80			
Forza agente su singolo cono	$F_{cono, SLU}$ [kN]	57,6	Resistenza a compressione calcestruzzo	f_{cd} [MPa]	30,0
Pressione agente su singolo cono	$p_{cono, SLU}$ [MPa]	1,44	Fattore di sicurezza	FS	20,8

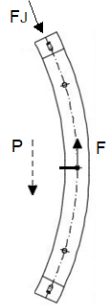


Figura 9-6: Verifica coni di centraggio

La verifica viene eseguita a favore di sicurezza in quanto il sistema proposto di erezione del cono è in fase di studio. La verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 133 di 159

10. VERIFICA DEI GIUNTI

Nel seguente capitolo si riportano le verifiche dei giunti concio-concetto, considerando l'effettiva area di contatto (tolto gasket e smussi e barra guida). Le verifiche vengono svolte per la sezione più gravosa pk 0+279 riportata all'interno della relazione tecnica della Finestra di Forch.

Nella figura che segue viene riportato il dettaglio del giunto circonferenziale con i relativi valori utilizzati nei calcoli riportati nei successivi paragrafi.

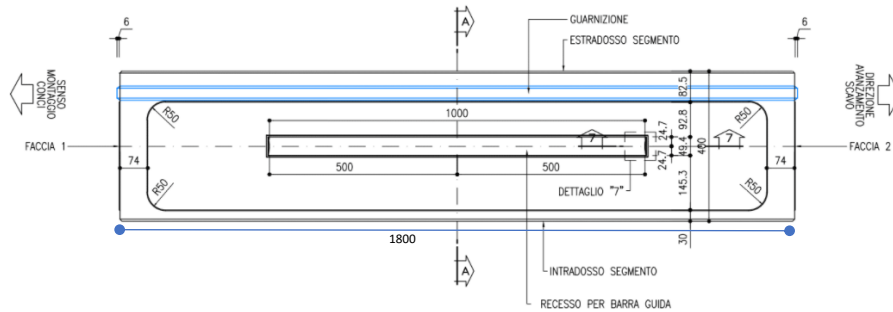


Figura 10-1: Dettaglio giunto longitudinale

Il tiro sulle armature di frettaggio viene calcolato come segue (EC2):

$$T = 0.3 \cdot N_d \cdot \left(1 - \frac{d_1}{d_s}\right)$$

Dove:

- N_d rappresenta lo sforzo assiale derivante dalle analisi numeriche svolte con il software Plaxis 2D;
- d_1 rappresenta la dimensione di carico equivalente;
- d_s rappresenta la dimensione del blocco di compressione.

Tale sforzo viene confrontato con la resistenza delle barre d'armatura F_{yd} calcolata moltiplicando l'area dell'armatura reagente per la resistenza di progetto f_{yd} .

Si riporta di seguito il dettaglio dell'armatura di frettaggio adottata sul giunto longitudinale:

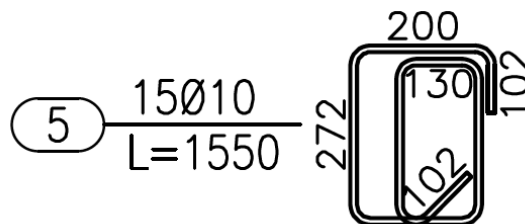


Figura 10-2: Dettaglio armatura di frettaggio giunto longitudinale

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	134 di 159

L'area totale di tali staffe, considerando due bracci, risulta:

$$A_s = 13 \cdot 2 \cdot \frac{10^2 \pi}{4} = 2042 \text{ mm}^2$$

Le verifiche a compressione del calcestruzzo vengono svolte analiticamente secondo quanto riportato in EC2 al §6.7.

10.1 PK 0+279 MOMENTO POSITIVO CONDIZIONE STATICA

Nel seguente paragrafo si considerano le condizioni sismiche, moltiplicando le sollecitazioni, ottenute dal modello FEM in Plaxis 2D, per $\gamma_G=1.3$ e per la lunghezza del modello pari ad 1.8 m. Il momento flettente viene ulteriormente moltiplicato per $1-\xi=1-0.36=0.64$, come descritto al §13.1.1, al fine considerare l'effetto dei giunti radiali sull'anello tramite la formulazione di Miur -Wood.

In corrispondenza della pk 0+279 si riscontra il momento flettente massimo sul rivestimento definitivo che risulta essere pari a 254.58 kNm (tendente le fibre in intradosso del concio) con sforzo assiale corrispondente pari a 4845.42 kN, tali sforzi sono riportati già incrementati.

Si riporta di seguito la verifica, secondo quanto prescritto in EC2 §6.7, del giunto:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 135 di 159

Giunto - M(+)	
Caratteristiche dei materiali e coefficienti di sicurezza	
f_{yk} = 450 [Mpa]	Resistenza caratteristica a snervamento
f_{cd} = 25.9 [Mpa]	Resistenza di progetto a compressione
α_{cc} = 0.85 -	Coefficiente riduttivo di resistenza di lunga durata
γ_c = 1.5 -	Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
γ_s = 1.15 -	Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
Sollecitazioni agenti	
N_d = 4845.4 [kN]	Sforzo normale massimo
M_d = 254.58 [kNm]	Momento flettente concomitante
e_n = 68 [mm]	Eccentricità dello sforzo assiale (positivo se interno) incrementata dell'offset del giunto pari a 15mm
Geometria radiale del giunto	
d = 400 [mm]	Spessore del concio
L = 1635 [mm]	Lunghezza del concio detratto dell'ingombro del gasket esterno
s_i = 82.5 [mm]	Larghezza scarica interna
s_e = 30 [mm]	Larghezza scarica esterna
d_k = 287.5 [mm]	Larghezza di pressione di contatto
e_G = 226.3 [mm]	Posizione del baricentro dell'area caricata(dall'intradosso)
e_k = -26.25 [mm]	Eccentricità geometrica (positiva se interna)
e' = 132.46 [mm]	Distanza della posizione della forza assiale dall'intradosso
d_1 = 99.919 [mm]	Dimensione di carico equivalente
d_s = 264.92 [mm]	Dimensione del blocco di compressione
A = 0.1634 [m ²]	Area di carico
b_2 = 0.2649 [m]	Altezza della distribuzione della spinta
d_2 = 1.635 [m]	Profondità di distribuzione della spinta
A' = 0.4331 [m ²]	Area di calcestruzzo per la ridistribuzione delle sollecitazioni
m = 0.18	Tasso di eccentricità
Verifica radiale per effetto di bursting	
T = 754 [kN]	
A_s = 2042 [mm ²]	Area delle barre d'armatura
F_{yd} = 799 [kN]	Massima resistenza a trazione delle barre d'armatura
T/F_{yd} = 0.94	VERIFICATO
Verifica a compressione	
η = 1.63	EC2 §6.7 $(A'/A)^{1/2}$ Fattore di incremento di resistenza
f'_{cd} = 42.1 [Mpa]	Massima resistenza a compressione del calcestruzzo
σ_R = 29.7 [Mpa]	$\sigma_R = N_d/A$ Sforzo agente
σ_R/f'_{cd} = 0.70	VERIFICATO

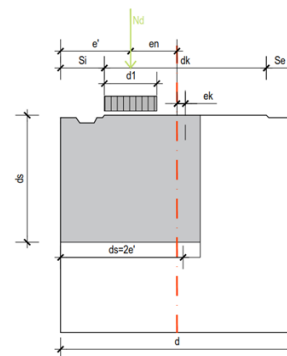


Figura 10-3: Verifica giunto effetto bursting per momento positivo

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 136 di 159

Rapporto d/a

Copriferro massimo per la ripresa della spinta della TBM al di sotto delle piastre di spinta

$$x_1 / d_s = 0,20$$

Profondità corrispondente a trazione massima al di sotto delle piastre di spinta

$$x_2 / d_s = 0,38$$

$$d_s/d_1 = 2,65$$

$$x_1 = 5 \text{ [cm]}$$

$$x_2 = 10 \text{ [cm]}$$

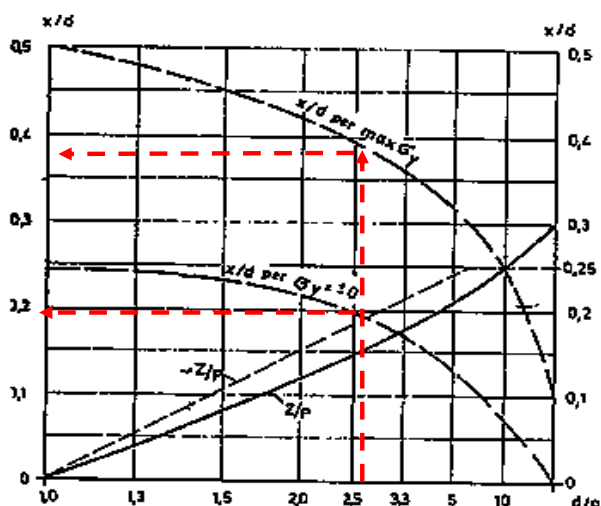


Figura 10-4: Posizione rispetto al bordo caricato delle trazioni massime in direzione radiale

In Figura 10-3 viene riportata la condizione più gravoso al fine di verificare il giunto tra concio e concio per momento massimo. Al fine di soddisfare la verifica dell'effetto bursting in direzione radiale si prevede l'installazione di 13 staffe $\phi 10$ con due bracci sul bordo del giunto longitudinale.

10.2PK 0+279 MOMENTO NEGATIVO CONDIZIONE STATICA

Nel seguente paragrafo si considerano le condizioni sismiche, moltiplicando le sollecitazioni, ottenute dal modello FEM in Plaxis 2D, per $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del modello pari ad 1.8 m. Il momento flettente viene ulteriormente moltiplicato per $1-\xi = 1-0.36 = 0.64$, come descritto al §13.1.1, al fine considerare l'effetto dei giunti radiali sull'anello tramite la formulazione di Miur -Wood.

In corrispondenza della pk 0+279 si riscontra il momento flettente massimo sul rivestimento definitivo che risulta essere pari a 223.58 kNm (tendente le fibre in estradosso del concio) con sforzo assiale corrispondente pari a 7503.69 kN, tali sforzi sono riportati già incrementati.

Si riporta di seguito la verifica, secondo quanto prescritto dall'EC2 §6.7, del giunto:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 137 di 159

Giunto - M(-)		
Caratteristiche dei materiali e coefficienti di sicurezza		
f_{yk}	= 450 [Mpa]	Resistenza caratteristica a snervamento
f_{cd}	= 25.5 [Mpa]	Resistenza di progetto a compressione
α_{cc}	= 0.85 -	Coefficiente riduttivo di resistenza di lunga durata
γ_c	= 1.5 -	Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
γ_s	= 1.15 -	Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
Sollecitazioni agenti		
N_d	= 7503.7 [kN]	Sforzo normale massimo
M_d	= 223.58 [kNm]	Momento flettente concomitante
e_n	= 45 [mm]	Eccentricità dello sforzo assiale (positivo se interno) incrementata dell'offset del giunto pari a 15mm
Geometria radiale del giunto		
d	= 400 [mm]	Spessore del cono
L	= 1635 [mm]	Lunghezza del cono detratto dell'ingombro del gasket esterno
s_i	= 30 [mm]	Larghezza scarica interna
s_e	= 82.5 [mm]	Larghezza scarica esterna
d_k	= 287.5 [mm]	Larghezza di pressione di contatto
e_G	= 173.8 [mm]	Posizione del baricentro dell'area caricata (dall'intradosso)
e_k	= 26.25 [mm]	Eccentricità geometrica (positiva se interna)
e'	= 155.2 [mm]	Distanza della posizione della forza assiale dall'intradosso
d_1	= 197.91 [mm]	Dimensione di carico equivalente
d_s	= 310.41 [mm]	Dimensione del blocco di compressione
A	= 0.3236 [m ²]	Area di carico
b_2	= 0.3104 [m]	Altezza della distribuzione della spinta
d_2	= 1.635 [m]	Profondità di distribuzione della spinta
A'	= 0.5075 [m ²]	Area di calcestruzzo per la ridistribuzione delle sollecitazioni
m	= 0.10	Tasso di eccentricità
Verifica circonferenziale per effetto di bursting		
T	= 680 [kN]	
A_s	= 2042 [mm ²]	Area delle barre d'armatura
F_{yd}	= 799 [kN]	Massima resistenza a trazione delle barre d'armatura
T / F_{yd}	= 0.85	VERIFICATO
Verifica a compressione		
η	= 1.25	EC2 §6.7 (A/A) ^(1/2) Fattore di incremento di resistenza
f_{cd}	= 31.9 [Mpa]	Massima resistenza a compressione del calcestruzzo
σ_R	= 23.2 [Mpa]	$\sigma_R = N_d / A$ Sforzo agente
σ_R / f'_{cd}	= 0.73	VERIFICATO

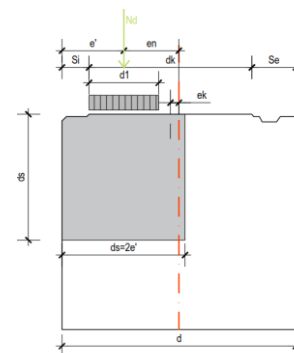


Figura 10-5: Verifica giunto effetto bursting per momento negativo

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO
PROGETTAZIONE:		
Mandatario:	Mandanti:	
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IB0U 1BEZZ CL GN0300001 C 138 di 159	

Rapporto d/a

$$d_2/d_1 = 1,57$$

Copriferro massimo per la ripresa della spinta della TBM al di sotto delle piastre di spinta

$$x_1 / d_s = 0,24 \quad x_1 = 7 \text{ [cm]}$$

Profondità corrispondente a trazione massima al di sotto delle piastre di spinta

$$x_2 / d_s = 0,45 \quad x_2 = 14 \text{ [cm]}$$

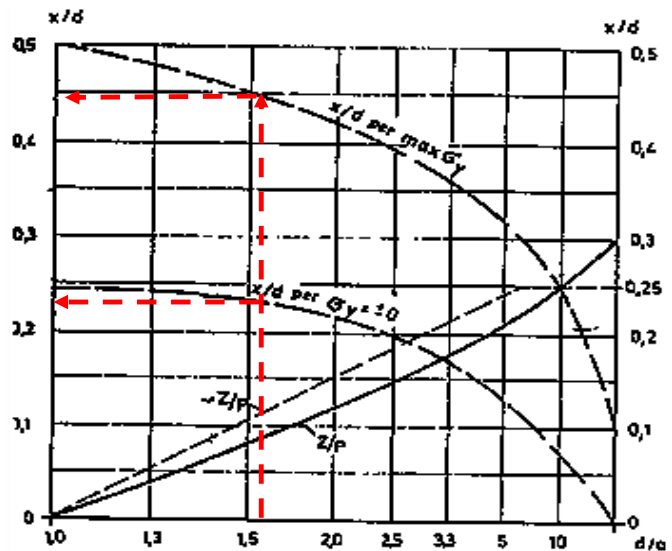


Figura 10-6: Posizione rispetto al bordo caricato delle trazioni massime in direzione radiale

In Figura 10-5 viene riportata la condizione più gravoso al fine di verificare il giunto tra concio e concio per momento massimo. Al fine di soddisfare la verifica dell'effetto bursting in direzione radiale si prevede l'installazione di 13 staffe $\phi 10$ con due bracci sul bordo del giunto longitudinale.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	139 di 159

10.3PK 0+279 MOMENTO POSITIVO CONDIZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si considerano le condizioni sismiche, moltiplicando le sollecitazioni, ottenute dal modello FEM in Plaxis 2D, per la lunghezza del modello pari ad 1.8 m. Il momento flettente viene ulteriormente moltiplicato per $1-\xi=1-0.36=0.64$, come descritto al §13.1.1, al fine considerare l'effetto dei giunti radiali sull'anello tramite la formulazione di Miur -Wood.

L'incremento di sforzi dovuto alle azioni sismiche si riporta di seguito (per il dettaglio del calcolo si rimanda al report di calcolo IB0U1BEZZCLGN0300004).

Sezione	ΔN (kN)	ΔM (kNm)
0+297	124.0	12.1

In corrispondenza della pk 0+279 si riscontra il momento flettente massimo sul rivestimento definitivo che risulta essere pari a 207.93 kNm (tendente le fibre in intradosso del concio) con sforzo assiale corrispondente pari a 3603.24 kN, tali sforzi sono riportati già incrementati.

Si riporta di seguito la verifica, secondo quanto prescritto in EC2 §6.7, del giunto:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 140 di 159

Giunto - M(+)	
Caratteristiche dei materiali e coefficienti di sicurezza	
f_{yk} = 450 [Mpa]	Resistenza caratteristica a snervamento
f_{cd} = 25.9 [Mpa]	Resistenza di progetto a compressione
α_{cc} = 0.85 -	Coefficiente riduttivo di resistenza di lunga durata
γ_c = 1.5 -	Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
γ_s = 1.15 -	Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
Sollecitazioni agenti	
N_d = 3603.2 [kN]	Sforzo normale massimo
M_d = 207.93 [kNm]	Momento flettente concomitante
e_n = 73 [mm]	Eccentricità dello sforzo assiale (positivo se interno) incrementata dell'offset del giunto pari a 15mm
Geometria radiale del giunto	
d = 400 [mm]	Spessore del concio
L = 1635 [mm]	Lunghezza del concio detratto dell'ingombro del gasket esterno
s_i = 82.5 [mm]	Larghezza scarica interna
s_e = 30 [mm]	Larghezza scarica esterna
d_k = 287.5 [mm]	Larghezza di pressione di contatto
e_G = 226.3 [mm]	Posizione del baricentro dell'area caricata(dall'intradosso)
e_k = -26.25 [mm]	Eccentricità geometrica (positiva se interna)
e' = 127.29 [mm]	Distanza della posizione della forza assiale dall'intradosso
d_1 = 89.586 [mm]	Dimensione di carico equivalente
d_s = 254.59 [mm]	Dimensione del blocco di compressione
A = 0.1465 [m ²]	Area di carico
b_2 = 0.2546 [m]	Altezza della distribuzione della spinta
d_2 = 1.635 [m]	Profondità di distribuzione della spinta
A' = 0.4162 [m ²]	Area di calcestruzzo per la ridistribuzione delle sollecitazioni
m = 0.20	Tasso di eccentricità
Verifica radiale per effetto di bursting	
T = 584 [kN]	
A_s = 2042 [mm ²]	Area delle barre d'armatura
F_{yd} = 799 [kN]	Massima resistenza a trazione delle barre d'armatura
T/F_{yd} = 0.73	VERIFICATO
Verifica a compressione	
η = 1.69	EC2 §6.7 $(A'/A)^{1/2}$ Fattore di incremento di resistenza
f'_{cd} = 43.6 [Mpa]	Massima resistenza a compressione del calcestruzzo
σ_R = 24.6 [Mpa]	$\sigma_R = N_d/A$ Sforzo agente
σ_R/f'_{cd} = 0.56	VERIFICATO

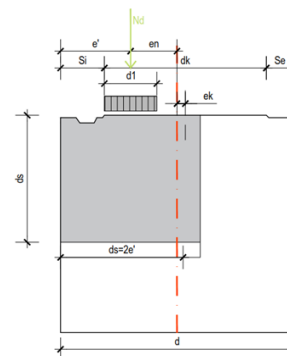


Figura 10-7: Verifica giunto effetto bursting per momento positivo

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	141 di 159

Rapporto d/a

Copriferro massimo per la ripresa della spinta della TBM al di sotto delle piastre di spinta

$$x_1 / d_s = 0.19$$

Profondità corrispondente a trazione massima al di sotto delle piastre di spinta

$$x_2 / d_s = 0.36$$

$$d_1/d_2 = 2.84$$

$$x_1 = 5 \text{ [cm]}$$

$$x_2 = 9 \text{ [cm]}$$

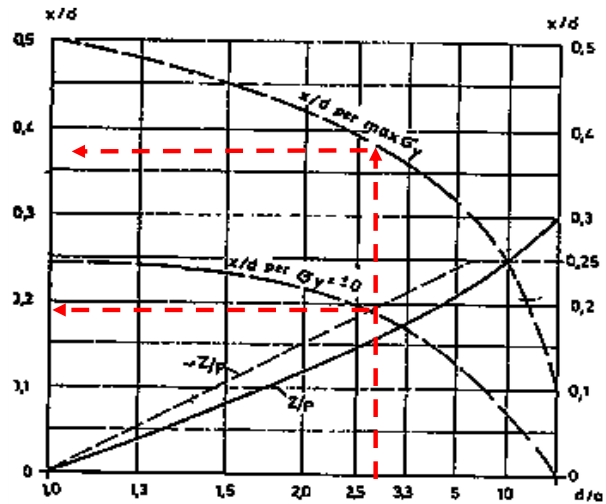


Figura 10-8: Posizione rispetto al bordo caricato delle trazioni massime in direzione radiale

In Figura 10-3 viene riportata la condizione più gravoso al fine di verificare il giunto tra concio e concio per momento massimo. Al fine di soddisfare la verifica dell'effetto bursting in direzione radiale si prevede l'installazione di 13 staffe $\phi 10$ con due bracci sul bordo del giunto longitudinale.

10.4PK 0+279 MOMENTO NEGATIVO CONDIZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si considerano le condizioni sismiche, moltiplicando le sollecitazioni, ottenute dal modello FEM in Plaxis 2D, per la lunghezza del modello pari ad 1.8 m. Il momento flettente viene ulteriormente moltiplicato per $1-\xi=1-0.36=0.64$, come descritto al §13.1.1, al fine considerare l'effetto dei giunti radiali sull'anello tramite la formulazione di Miur -Wood.

L'incremento di sforzi dovuto alle azioni sismiche si riporta di seguito (per il dettaglio del calcolo si rimanda al report di calcolo IB0U1BEZZCLGN0300004).

Sezione	ΔN (kN)	ΔM (kNm)
0+297	124.0	-12.1

In corrispondenza della pk 0+279 si riscontra il momento flettente massimo sul rivestimento definitivo che risulta essere pari a 183.98 kNm (tendente le fibre in estradosso del concio) con sforzo assiale corrispondente pari a 5648.07 kN, tali sforzi sono riportati già incrementati.

Si riporta di seguito la verifica, secondo quanto prescritto dall'EC2 §6.7, del giunto:

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	142 di 159

Giunto - M(-)		
Caratteristiche dei materiali e coefficienti di sicurezza		
f_{yk}	= 450 [Mpa]	Resistenza caratteristica a snervamento
f_{cd}	= 25.5 [Mpa]	Resistenza di progetto a compressione
α_{cc}	= 0.85 -	Coefficiente riduttivo di resistenza di lunga durata
γ_c	= 1.5 -	Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
γ_s	= 1.15 -	Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
Sollecitazioni agenti		
N_d	= 5648.1 [kN]	Sforzo normale massimo
M_d	= 183.98 [kNm]	Momento flettente concomitante
e_n	= 48 [mm]	Eccentricità dello sforzo assiale (positivo se interno) incrementata dell'offset del giunto pari a 15mm
Geometria radiale del giunto		
d	= 400 [mm]	Spessore del concio
L	= 1635 [mm]	Lunghezza del concio detratto dell'ingombro del gasket esterno
s_i	= 30 [mm]	Larghezza scarica interna
s_e	= 82.5 [mm]	Larghezza scarica esterna
d_k	= 287.5 [mm]	Larghezza di pressione di contatto
e_G	= 173.8 [mm]	Posizione del baricentro dell'area caricata (dall'intradosso)
e_k	= 26.25 [mm]	Eccentricità geometrica (positiva se interna)
e'	= 152.43 [mm]	Distanza della posizione della forza assiale dall'intradosso
d_1	= 192.35 [mm]	Dimensione di carico equivalente
d_s	= 304.85 [mm]	Dimensione del blocco di compressione
A	= 0.3145 [m ²]	Area di carico
b_2	= 0.3049 [m]	Altezza della distribuzione della spinta
d_2	= 1.635 [m]	Profondità di distribuzione della spinta
A'	= 0.4984 [m ²]	Area di calcestruzzo per la ridistribuzione delle sollecitazioni
m	= 0.11	Tasso di eccentricità
Verifica circonferenziale per effetto di bursting		
T	= 521 [kN]	
A_s	= 2042 [mm ²]	Area delle barre d'armatura
F_{yd}	= 799 [kN]	Massima resistenza a trazione delle barre d'armatura
T / F_{yd}	= 0.65	VERIFICATO
Verifica a compressione		
η	= 1.26	EC2 §6.7 (A/A) ^(1/2) Fattore di incremento di resistenza
f_{cd}	= 32.1 [Mpa]	Massima resistenza a compressione del calcestruzzo
σ_R	= 18.0 [Mpa]	$\sigma_R = N_d / A$ Sforzo agente
σ_R / f_{cd}	= 0.56	VERIFICATO

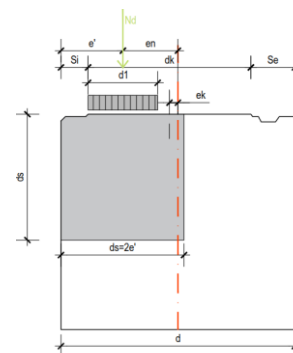


Figura 10-9: Verifica giunto effetto bursting per momento negativo

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 143 di 159	

Rapporto d/a

$$d_1/d_2 = 1.58$$

Copriferro massimo per la ripresa della spinta della TBM al di sotto delle piastre di spinta

$$x_1 / d_2 = 0.24 \quad x_1 = 7 \text{ [cm]}$$

Profondità corrispondente a trazione massima al di sotto delle piastre di spinta

$$x_2 / d_2 = 0.45 \quad x_2 = 14 \text{ [cm]}$$

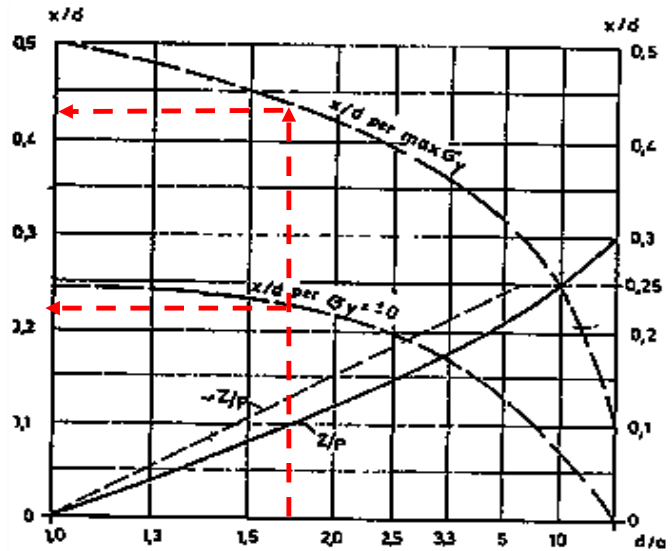


Figura 10-10: Posizione rispetto al bordo caricato delle trazioni massime in direzione radiale

In Figura 10-5 viene riportata la condizione più gravoso al fine di verificare il giunto tra concio e concio per momento massimo. Al fine di soddisfare la verifica dell'effetto bursting in direzione radiale si prevede l'installazione di 13 staffe $\phi 10$ con due bracci sul bordo del giunto longitudinale.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 144 di 159

11. VERIFICA PER SPINTA AL VUOTO

Per evitare l'espulsione del copriferro causato dalle barre circolari all'intradosso per momento flettente è necessario svolgere una verifica per la spinta al vuoto, secondo l'allegato J UNI EN 1992-1-1:2005 (Rif. [3]). La componente perpendicolare alla barra longitudinale dello sforzo assiale dovrà essere verificata dalla presenza delle staffe a taglio, $\phi 10/250$ a 4 bracci.

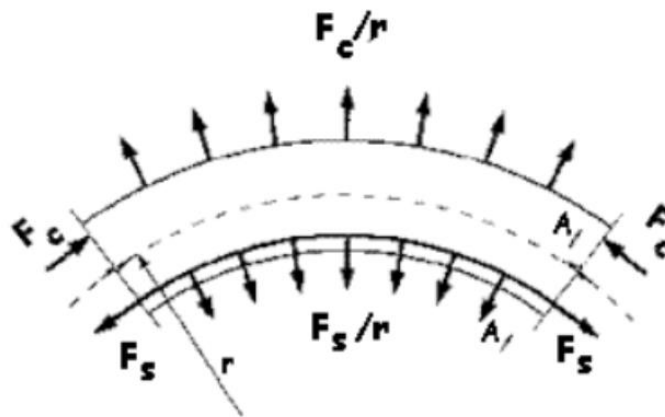


Figura 11-1: Schema di verifica per spinta al vuoto

Si considera l'armatura circolare $12\phi 14$ con una lunghezza pari a 25 cm, interasse tra le staffe a taglio, caricata fino al valore di snervamento:

$$N_{ed} = \frac{\phi_{barre}^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{barre} \cdot f_{yd} = 722.83 \text{ kN}$$

Dove:

- $\phi_{barre}=14\text{mm}$;
- $n_{barre}=12$;
- $f_{yd}=391.3 \text{ Mpa}$.

La componente verticale risulta circa pari a $N_{ed,1}=40.45 \text{ kN}$ con un angolo di inclinazione circa pari a 3° . Si riporta di seguito la resistenza per l'armatura a taglio considerando 4 bracci:

$$N_{rd} = \frac{\phi_{staffe}^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{staffe} \cdot f_{yd} = 123 \text{ kN}$$

Dove:

- $\phi_{staffe}=10\text{mm}$;
- $n_{staffe}=4$;
- $f_{yd}=391.3 \text{ Mpa}$.

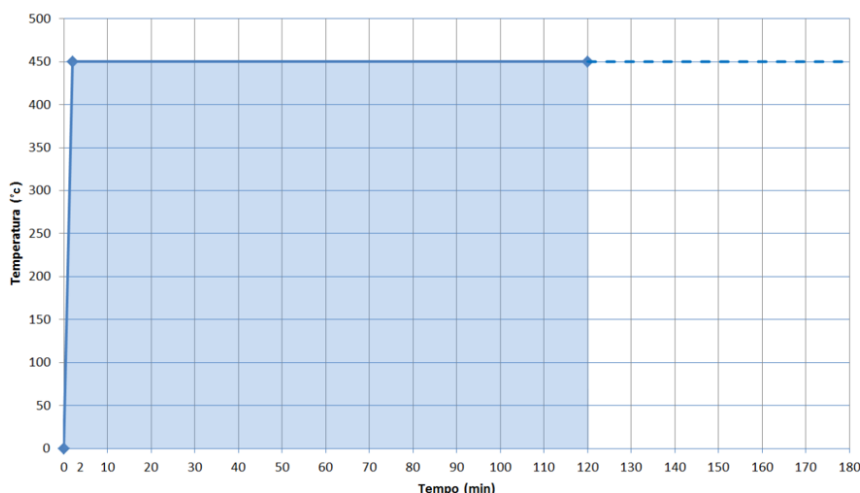
Risultando $N_{ed,1} < N_{rd}$ La verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C
						FOGLIO. 145 di 159

12. VERIFICA NEI RIGUARDI DELL'ESPOSIZIONE AL FUOCO

Per quanto riguarda il comportamento dei conci tipo 2 della finestra di Forch si osserva quanto segue:

- È stata condotta una verifica del rivestimento in condizioni di incendio assumendo uno scenario di progetto coerente con quanto riportato al paragrafo 4.9.2 del Manuale di Progettazione parte II sezione 4 – Gallerie.
- Considerando che la finestra di Forch possiede una lunghezza inferiore ai 2km ed è adibita al solo passaggio di mezzi di soccorso e manutenzione, le verifiche al fuoco sono state condotte assumendo la curva di incendio STI SRT 2014.
- In accordo al punto 4.2.12(a) delle STI SRT 2014, considerando che dall'integrità strutturale della finestra di Forch non dipende la stabilità di alcuna significativa opera strutturale adiacente, la verifica al fuoco dei conci in calcestruzzo armato tipo 2 è stata condotta considerando una temperatura $T=450^{\circ}\text{C}$ in corrispondenza dell'intradosso del rivestimento per una durata $t=120\text{min}$. La curva d'incendio adottata per la verifica di tali conci è riportata nell'immagine seguente.



- Le verifiche sono state condotte con riferimento a due set di sollecitazioni che sia considerano, sia trascurano l'eventuale genesi di coazioni (momenti flettenti e azioni assiali) dovute al profilo di temperature agente all'interno delle sezioni del rivestimento. Per entrambi i set di sollecitazioni le verifiche risultano soddisfatte.
- Le verifiche sono state condotte confrontando i due set di sollecitazioni sopracitati con i domini resistenti della sezione definiti tenendo in conto del decadimento delle proprietà dei materiali (calcestruzzo e acciaio) per effetto delle elevate temperature, in corrispondenza degli intervalli $t=10-60-120\text{min}$.
- In corrispondenza dell'intervallo $t=120\text{min}$, un ulteriore dominio resistente M-N è stato costruito considerando una profondità di spalling all'intradosso pari a 5cm (spalling di progetto).

Le verifiche risultano interamente soddisfatte; si osserva tuttavia che, recependo le istruzioni ricevute all'interno della RDV257 C.12, le verifiche sono state omesse dal presente report.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	146 di 159

13. FASE OPERATIVA

Le soluzioni progettuali descritte nel capitolo precedente sono state analizzate per verificarne adeguatezza ed efficacia per le sezioni analizzate per la Finestra di Forch nel rispetto delle indicazioni della normativa vigente (Rif. [1]).

13.1 CRITERI DI VERIFICA

Le analisi di interazione, in grado di simulare il comportamento del sistema opera-terreno fino alla configurazione finale ed in condizioni di esercizio, sono state condotte mediante modelli numerici alle differenze finite e attraverso il metodo delle curve caratteristiche. Al fine di dimensionare i rivestimenti definitivi sono state condotte delle analisi numeriche bidimensionali. Le sezioni di analisi sono state scelte in corrispondenza delle massime coperture e nella condizione geotecnica più critica interessata dall'opera, in modo da ottenere le sollecitazioni massime agenti sugli elementi strutturali.

Per ciascuna sezione tipo oggetto di verifica, le sezioni di analisi sono state definite individuando le condizioni (stratigrafiche e di copertura) più gravose nell'ambito della relativa tratta di applicazione come sezione prevalente.

13.1.1 Parametri utilizzati per il rivestimento

Il rivestimento del tunnel è stato modellato come un elemento plate. Per considerare l'effetto dei giunti radiali sull'anello è stata considerata un'inerzia equivalente tramite la formulazione di Muir -Wood:

$$I = I_j + I_s \cdot \left(\frac{4}{n}\right)^2 = 0.00303 \text{ m}^4$$

La reale rigidezza sarà sempre minore di quella ottenuta tramite questa formulazione, in quanto i giunti sono considerati rigidi nei modelli FEM, mentre si comportano come cerniere rotazionali con rigidezza variabile in funzione del carico assiale e dell'eccentricità. La rotazione dei giunti comporta una sostanziale diminuzione dei momenti flettenti in quanto il rivestimento adatta la sua forma al terreno. La formula di Muir-Wood consente di considerare solo parzialmente questo effetto e quindi conduce ad un'analisi conservativa con momenti flettenti calcolati più elevati nel rivestimento tramite un coefficiente amplificativo delle sollecitazioni flessionali ξ , calcolato come segue:

$$\xi = 1 - \eta = \frac{EI - EI_{eq}}{EI}$$

$$\eta = \frac{EI_{eq}}{EI}$$

I risultati che ne derivano sono riportati nella seguente tabella:

Lining stiffness (Muir-Wood, 1975, JSCE, 1989)			
Joint width	t_j	m	0.27
Joint inertia	I_j	m^4	0.0017
I Muir -Wood inertia	I_{eq}	m^4	0.0034
Effective ratio of bending rigidity	η	-	0.64

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C
						FOGLIO.
						147 di 159

Transfer ratio of bending moment	ξ	-	0.36
Equivalent bending stiffness	$E_{i,eq}$	MNm ² /m	125
Eq. ring thickness	$t_{s,eq}$	m	0.3202
Eq. Young's modulus	E_{eq}	kPa	45.5

Tabella 13-1: Parametri rivestimento tunnel

13.2 FASE DI DIAGNOSI

Nella fase di diagnosi, sulla base del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva, si procede alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione. La valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo è condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS Rif. [6] di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

I risultati dell'analisi del comportamento deformativo consentono di individuare gli interventi di precontenimento e/o di contenimento più idonei a garantire condizioni di stabilità della galleria in fase di scavo e a lungo termine.

13.2.1 Classi di comportamento del fronte di scavo

Secondo l'approccio ADECO-RS Rif.[6] la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidità del nucleo d'avanzamento, inteso come il volume di terreno a monte del fronte di scavo. Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tenso-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento, a cui consegue l'evoluzione verso condizioni di instabilità del fronte e del cavo. Se, invece, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, il nucleo stesso svolge un'azione di precontenimento del cavo, che si mantiene a sua volta in condizioni elastiche, conservando le caratteristiche di massima resistenza del materiale attraversato e quindi configurazioni di stabilità.

Sulla base di tali considerazioni, il comportamento del nucleo-fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie:

Categoria A: nucleo-fronte stabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità non supera le caratteristiche di resistenza dell'ammasso; in tal caso le deformazioni sono prevalentemente elastiche, di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente con la distanza dal fronte. Il fronte di scavo e il cavo sono stabili e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di stabilizzazione,

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	148 di 159

se non localizzati e in misura ridotta. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità, a seguito delle operazioni di scavo, raggiunge la resistenza dell'ammasso. I fenomeni deformativi tensioni sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi una eventuale riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. La risposta tensio-deformativa può essere opportunamente controllata con adeguati interventi di preconsolidamento del fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso perché mantenga un comportamento stabile.

Nel caso non si prevedano interventi, lo stato tensio-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in fase di realizzazione. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria C: nucleo-fronte instabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui, superata la resistenza del terreno, i fenomeni deformativi evolvono molto rapidamente in campo plastico, producendo la progressiva instabilità del fronte di scavo e un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa e plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, mediante interventi di preconsolidamento in avanzamento, che consentono di creare artificialmente l'effetto arco per far evolvere la risposta tensio-deformativa verso configurazioni di stabilità.

13.2.2 Determinazione delle categorie di comportamento

La valutazione del comportamento deformativo del fronte è stata condotta utilizzando il metodo delle curve caratteristiche, poiché le opere in esame sono caratterizzate coperture medio-alte e si possono classificare come gallerie profonde ($C > 2.5 \div 3D$).

Le analisi nella fase di diagnosi sono state condotte con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

13.2.2.1. Analisi con il metodo delle linee caratteristiche

Il metodo delle linee caratteristiche (o convergenza-confinamento) è un metodo di calcolo che consente l'analisi 3D semplificata dello scavo di gallerie in relazione alle proprietà meccaniche dell'ammasso attraversato, alle caratteristiche geometriche dell'opera, agli interventi previsti di precontenimento e contenimento, e all'installazione dei rivestimenti provvisori e definitivi.

Il comportamento delle strutture di rivestimento e dell'ammasso vengono studiati separatamente: la curva caratteristica del cavo (o curva di convergenza) rappresenta l'evoluzione della convergenza radiale del cavo al diminuire della tensione radiale agente sul contorno del profilo di scavo, espressa in funzione del tasso di deconfinamento λ con cui viene simulato l'effetto dello scavo in avanzamento; la curva caratteristica dei sostegni (o curva di confinamento) rappresenta l'evoluzione della loro convergenza radiale al crescere della pressione radiale agente sugli stessi.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	149 di 159

L'intersezione tra la curva di convergenza e la curva di confinamento individua il punto di equilibrio rappresentativo dello stato finale della galleria rivestita.

Le ipotesi alla base del metodo sono le seguenti:

- simmetria cilindrica e stato piano di deformazione;
- ammasso omogeneo ed isotropo;
- stato tensionale iniziale isotropo.

L'ideale campo di applicazione è pertanto costituito da gallerie profonde a sezione circolare.

Le analisi contenute in questo documento sono state svolte col codice di calcolo GV4 (versione 4H del 2003).

Per l'ammasso si utilizza un modello costitutivo elasto-plastico, con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

Ove necessario, per la definizione del comportamento deformativo della galleria in funzione della distanza dal fronte, si utilizza il Nuovo Metodo Implicito (NMI) (Rif. [7], Rif. [8]), che consente di ottenere risultati affidabili sia in termini di convergenze, sia in termini di carichi di lavoro sui sostegni.

Per il calcolo della convergenza al fronte si utilizzano le soluzioni analitiche per cavità sferiche. Per le analisi di seguito riportate, relative alla fase di diagnosi, e finalizzate quindi alla sola valutazione del comportamento deformativo dell'ammasso per la determinazione della categoria di comportamento, non viene presa in considerazione l'interazione con i sostegni, per cui la soluzione del problema è ridotta alla valutazione della sola curva caratteristica del fronte (e del cavo) in assenza di interventi.

Quando invece si vuole valutare il comportamento del cavo in relazione con i sostegni e lo scudo, il programma di calcolo GV4 consente di implementare la curva caratteristica di una galleria scavata con fresa scudata, consentendo anche la definizione della curva dello scudo e del rivestimento. Utilizzando il programma per una galleria realizzata con metodo meccanizzato, le curve caratteristiche dei sostegni sono impostate in modo diverso rispetto a quelle di una galleria convenzionale. In particolare, assumono importanza le dimensioni costruttive della macchina ed i giochi che ne derivano (Figura 13-1).

δR : gioco radiale tra l'esterno dello scudo e la parete dello scavo

ΔR : gioco radiale tra l'esterno dello scudo e l'esterno di un eventuale rivestimento.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 150 di 159

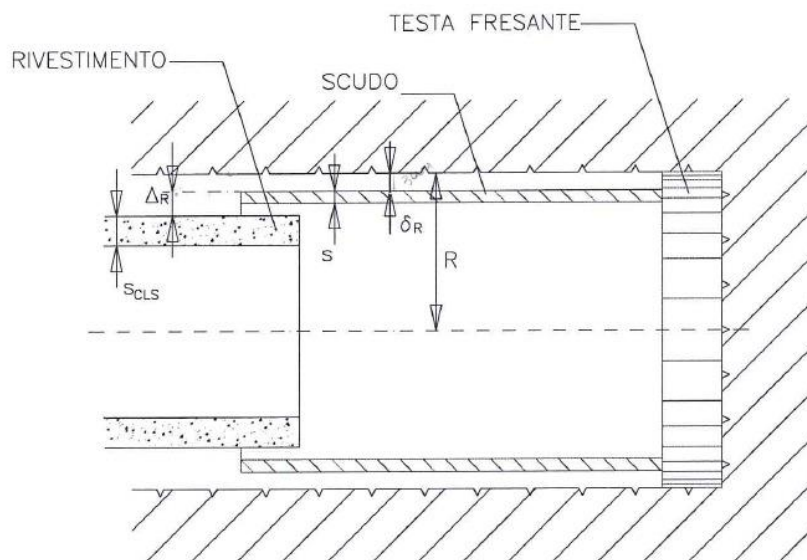


Figura 13-1: Dimensione e giochi costruttivi della fresa

Ai fini del calcolo, lo scudo della fresa è considerato un priverestimento posto in opera immediatamente a ridosso del fronte di scavo. Il punto iniziale u_i della curva caratteristica è calcolato come somma tra lo spostamento radiale del fronte di scavo e il gioco scudo-scavo.

$$u_i = u_F + \Delta r$$

La definizione della curva caratteristica dello scudo è completata anche dalla sua rigidezza k_S e dal valore della convergenza radiale u^{LIM} che corrisponde al raggiungimento del limite di rottura dell'acciaio.

$$k_S = \frac{E_S [R^2 - (R-s)^2]}{(1+\nu_S) [(1-2\nu_S)R^2 + (R-s)^2]} \quad u^{LIM} = \frac{1}{2k_S} \sigma_S^c \frac{R^2}{R^2 - (R-s)^2}$$

In cui:

- k_S : rigidezza dell'anello di calcestruzzo
- E_S : modulo elastico del calcestruzzo
- ν_S : coefficiente di Poisson del calcestruzzo
- σ_c
- S : resistenza a compressione dell'acciaio
- s : spessore della lamiera dello scudo
- R : raggio della galleria
- u_{LIM} : limite elastico per la convergenza radiale dello scudo.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 151 di 159

Per quanto riguarda la curva caratteristica del rivestimento, l'analisi della galleria scavata con fresa si differenzia da un'analisi di galleria scavata in tradizionale solo per la presenza dei giochi, annullati da eventuale filler iniettato per intasare l'intercapedine rivestimento – roccia.

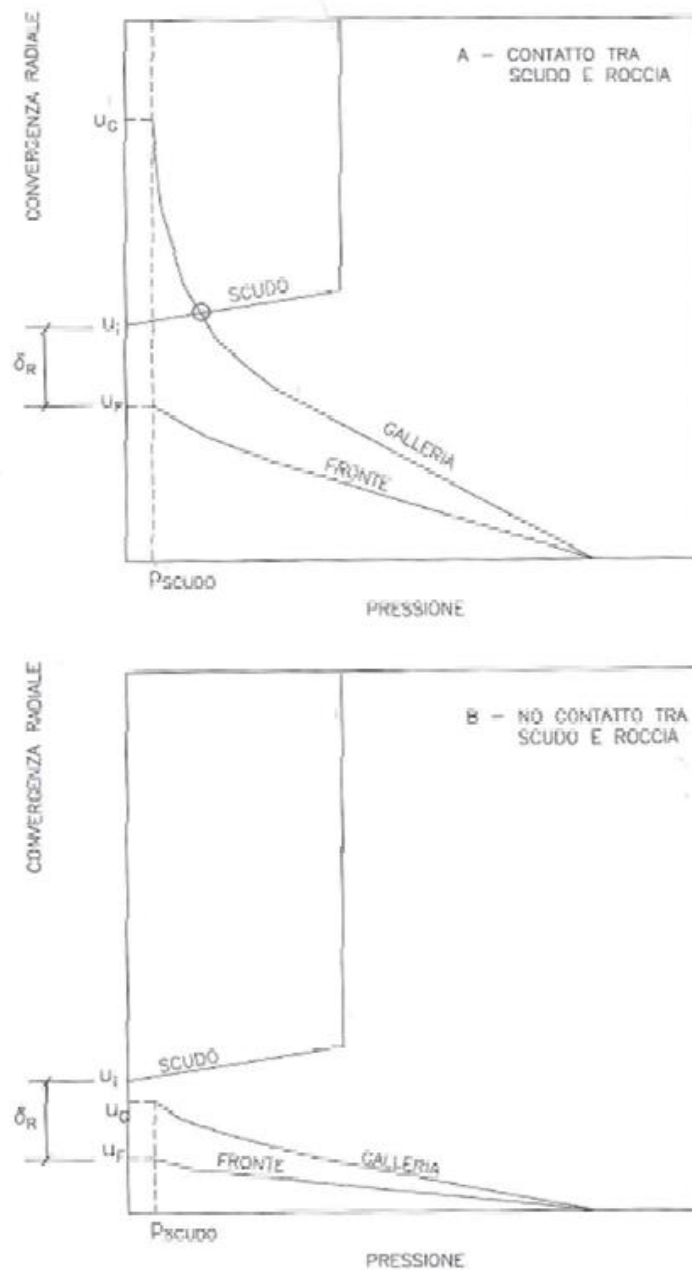


Figura 13-2: Curva caratteristica dello scudo

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0300001	REV. C	FOGLIO. 152 di 159

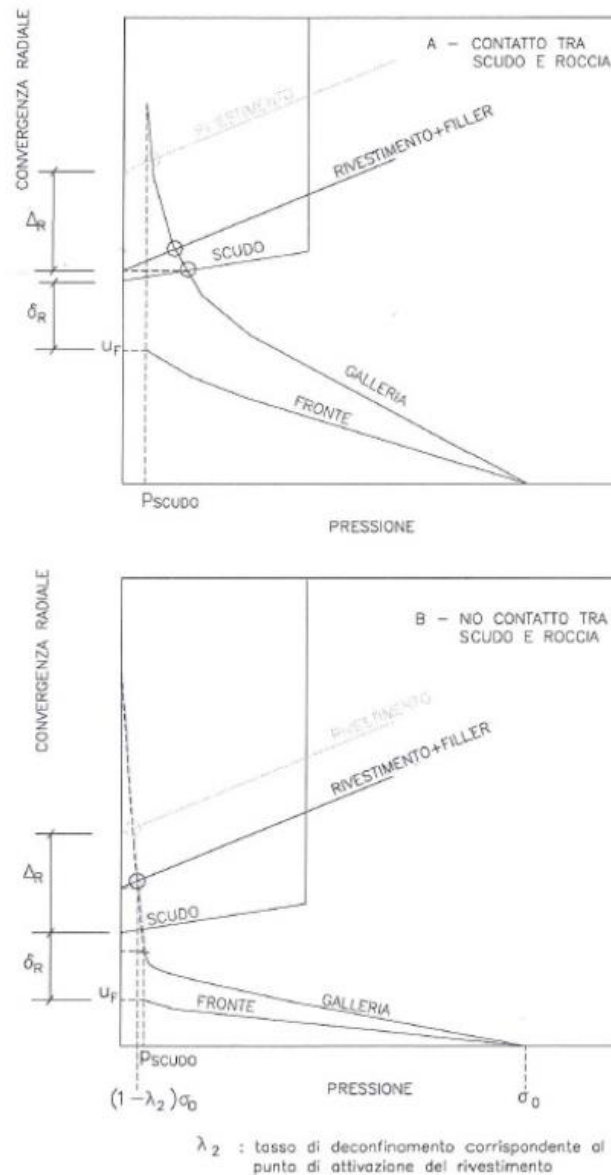


Figura 13-3: Curva caratteristica del rivestimento

13.2.2.2. Risultati delle analisi

I risultati delle analisi sono stati esaminati alla luce di due aspetti:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	153 di 159

- confronto tra la resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso σ_c e la pressione critica al fronte $p_c = (3\sigma_o - 2\sigma_c) / (1 + 2Kp)$, che individua il passaggio dal comportamento elastico a quello plastico,
- sviluppo dei fenomeni deformativi e di plasticizzazione nella sezione al fronte e al contorno del cavo, prendendo a riferimento per la definizione della categoria di comportamento i seguenti due criteri:

Tabella 9-2 – Criterio 1

σ_c / p_c	Classe di comportamento
$\geq 1,2$	A
$< 1,2$ e $\geq 0,8$	A/B
$< 0,8$ e $\geq 0,2$	B/C
$< 0,2$	C

Tabella 13-2: Criterio 1

Tabella 9-3 – Criterio 2

u_F / R_{eq}	R_{plF} / R_{eq}	Classe di comportamento
$\leq 0,5 \%$	$\leq 1,5$	B
$> 0,5 \%$	$> 1,5$	C
u_F = convergenza al fronte R_{plF} = raggio plastico al fronte R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria		

Tabella 13-3: Criterio 2

Sulla base di queste valutazioni quantitative, unitamente all'analisi critica dei risultati ottenuti rispetto all'affidabilità dei dati di ingresso in termini di parametri di ammasso (rigidezza e resistenza) e condizioni idrauliche al contorno, in relazione ad eventuali variabilità attese lungo il tracciato della galleria e alle possibili conseguenze per comportamenti imprevisti, è stata definita la categoria di comportamento del fronte di scavo da cui deriva l'individuazione della metodologia di avanzamento e delle possibili problematiche relative alla stabilità del fronte.

13.3 FASE DI TERAPIA

Nel presente capitolo sono definiti gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi). Sono, quindi, descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento, il loro campo di applicazione e la successione delle fasi esecutive.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	154 di 159

13.3.1 Definizione del metodo di scavo

A seguito dell'analisi del tracciato plano-altimetrico, dell'inquadramento geologico-idrogeologico, della previsione della risposta deformativa allo scavo (determinazione della categoria di comportamento) e in funzione della configurazione della galleria, deriva la scelta del metodo di scavo più appropriato per la realizzazione della galleria stessa.

I principali criteri considerati nella scelta del metodo di scavo sono:

- esigenza di operare nelle migliori condizioni di sicurezza in fase realizzativa (per l'ambiente e per gli addetti ai lavori);
- superamento di zone potenzialmente critiche dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico (fasce tettonizzate, elevati carichi idraulici, sottoattraversamento di zone a bassa copertura in terreni sciolti in presenza di falda e di preesistenze superficiali);
- contenimento del fronte di scavo per evitare possibili instabilità del fronte medesimo legate alle condizioni geotecniche ed idrogeologiche degli ammassi attraversati;
- lunghezza delle gallerie e necessità di velocizzare le fasi di scavo e di rivestimento limitando i fronti d'attacco intermedi.

13.3.1.1. Interazione galleria – terreno

Le analisi sono mirate alla previsione del comportamento deformativo al contorno dello scavo e dei carichi attesi sui rivestimenti definitivi. Le analisi consentono, pertanto, di verificare:

- stati limite ultimi relativi al raggiungimento delle resistenze degli elementi strutturali del rivestimento
- definitivo (stato limite ultimo di tipo STR);
- stati limite di esercizio SLE per il rivestimento definitivo.
- Per le verifiche di stati limite ultimi STR, le analisi di interazione opera – terreno sono state condotte con i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici, applicando i coefficienti parziali all'effetto delle azioni, adottando l'Approccio 1- Combinazione 1, con $R_1=1$. Pertanto, con la combinazione dei carichi fondamentale si è proceduto secondo questo schema:
- verifiche SLU rivestimento definitivo: $\gamma_G= 1,3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni N, M, T.

Per la verifica degli stati limite di esercizio (SLE) del rivestimento definitivo in calcestruzzo armato, le analisi numeriche sono state condotte con i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici, adottando le pertinenti combinazioni dei carichi per la verifica di fessurazione e la verifica delle tensioni di esercizio, secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008 e Circolare n.617 (Rif. [1] e Rif. [2]).

Le analisi di interazione opera-terreno sono state condotte mediante modelli numerici alle differenze finite con il codice di calcolo Plaxis 2D.

Il modello di calcolo è bidimensionale ed è riferito a condizioni di deformazione piana. Lo scavo della galleria viene simulato rilasciando in modo uniforme un sistema di forze equivalenti applicate sul contorno del profilo

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2	IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	155 di 159

di scavo, tenendo conto della variazione del tasso di confinamento in funzione della distanza della sezione di calcolo dal fronte; in questo modo il problema tridimensionale dello scavo della galleria viene ricondotto ad un problema piano, con la possibilità di valutare le azioni sulle strutture di rivestimento al progredire degli avanzamenti.

Nello specifico, per la definizione delle percentuali di rilascio delle forze di scavo al variare della distanza dal fronte di scavo, sono state utilizzate le curve di deconfinamento.

Il terreno viene modellato come un mezzo continuo elastico lineare perfettamente plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb per gli ammassi rocciosi e come Hardening Soil e HS Small Strain per i depositi alluvionali a basse coperture.

Le strutture di rivestimento definitivo della galleria vengono simulate con elementi plate circolari con i valori di rigidità assiale e flessionale che ne derivano.

13.3.2 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi

Nell'intervallo di valori dei parametri geotecnici sopra definiti, in accordo con le indicazioni del DM 14/01/2008, sono stati individuati i parametri caratteristici appropriati per gli stati limite considerati nella verifica delle opere in sotterraneo.

Le altezze di pressione dell'acqua sono state ricavate sulla base della permeabilità dei terreni attraversati dalle diverse sezioni.

Per le verifiche del rivestimento sono stati utilizzati i parametri riportati all'interno del profilo geologico nelle condizioni più critiche per ciascuna unità analizzata.

13.4 VERIFICA IN ESERCIZIO

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la normativa applicata, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

13.4.1 Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

Le sollecitazioni ricavate dai modelli FEM realizzati mediante Plaxis 2D sono fornite a m di galleria, prive di fattori amplificativi; al fine di svolgere le verifiche agli Stati Limite Ultimi è necessario moltiplicarle per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.36$ (Tabella 13-1).

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura delle ipotesi costruttive menzionate al §7.1.

Nella relazione tecnica relativa alla Finestra di Forch vengono riportate le verifiche a breve e lungo termine per la verifica flessionale e a taglio.

APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA			LOTTO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	DOCUMENTO
08 - GALLERIE		REV.		FOGLIO.	
Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2		C		156 di 159	

Concio Tipo 2- 8+8 Φ12 e 6+6 Φ14 (cautelativamente si considerano 14+14 Φ 12)

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	0.0	0.0	-
SLE Frequente	0.0	0.0	-
SLE Rara	0.0	0.0	-
SLU	0.0	0.0	0.0
SLV	0.0	0.0	0.0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione			
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	180	
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	40	
Altezza utile della sezione	d [cm]	33	
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	7200	

Armatura longitudinale tesa		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	14	0	0
Diametro	φ [mm]	12	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	6.7	0.0	0.0
Area strato	A _s [cm ²]	15.83	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.264%		

Armatura longitudinale compressa		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	14	0	0
Diametro	φ [mm]	12	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	6.7	0.0	0.0
Area strato	A _s ' [cm ²]	15.83	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.264%		

Armatura trasversale		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	φ [mm]	0	0	0
Numero bracci	n _{bi}	0	0	0
Passo	s _w [cm]	0	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	0.00	0.00	0.00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	55
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	45.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	53.00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	3.80
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.66
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	25.50
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd} ' [Mpa]	12.55

Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391.30

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] =	0.00 20.250
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] =	0.00 27.000
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] =	0.00 360.000

Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] =	0.000 0.360
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] =	0.000 0.360

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto			
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Sd} [kN]	0.0	
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0.0	

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica			
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	332.80	
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	-	

Verifica di resistenza dell'armatura specifica			
CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5	
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	-	
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	-	
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	-	
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	-	

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	0.0	0.0
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	0.0	0.0

Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	230.6	230.6
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	-	-

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-

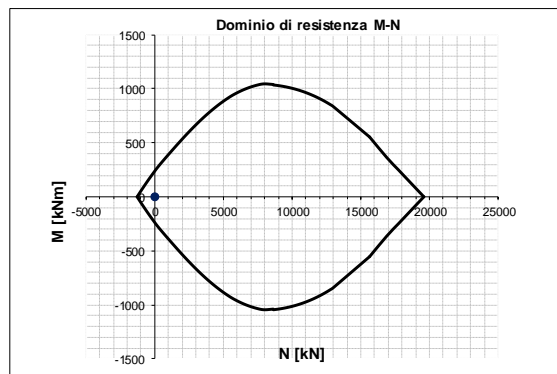


Figura 13-4: Dominio di rottura 14+14 φ12

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0300001</td> <td>C</td> <td>157 di 159</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	157 di 159													
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2																		

13.4.2 Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

All'interno della relazione tecnica della Finestra di Forch vengono riportate le verifiche per lo stato tensionale nel calcestruzzo, nell'acciaio e lo stato di fessurazione sia a breve che a lungo termine.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0300001</td> <td>C</td> <td>158 di 159</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	158 di 159													
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2																		

14. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state affrontate le problematiche progettuali connesse all'utilizzo di conci prefabbricati in calcestruzzo armato nell'ambito del progetto della tratta ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena, Lotto 1 della linea Fortezza-Verona, accesso Sud alla galleria di Base del Brennero.

Viene proposta la seguente tipologia di armatura:

- Concio Tipo 2:
 - ferri circolari: 6+6 ϕ 14mm e 8+8 ϕ 12mm;
 - staffatura corrente: tot.4 bracci ϕ 10, passo 250mm

Il concio prefabbricato in calcestruzzo armato classe C45/55 di spessore 40 cm, con incidenza di armatura circa pari a $100\text{kg}/\text{m}^3$, è stato verificato per le fasi transitorie necessarie alla realizzazione dello stesso e alla spinta dei martinetti. Le verifiche nelle fasi operative e nei riguardi dell'esposizione al fuoco vengono invece riportate nel dettaglio nell'elaborato relativo alla Finestra di Forch.

Le verifiche effettuate hanno dimostrato che la soluzione proposta è adeguata dal punto di vista normativo.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandanti:</u> SWS Engineering S.p.A. PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="746 327 874 349">COMMESSA</th> <th data-bbox="882 327 946 349">LOTTO</th> <th data-bbox="986 327 1066 349">CODIFICA</th> <th data-bbox="1114 327 1225 349">DOCUMENTO</th> <th data-bbox="1257 327 1305 349">REV.</th> <th data-bbox="1353 327 1433 349">FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="770 353 818 376">IBOU</td> <td data-bbox="882 353 938 376">1BEZZ</td> <td data-bbox="1010 353 1042 376">CL</td> <td data-bbox="1121 353 1217 376">GN0300001</td> <td data-bbox="1273 353 1289 376">C</td> <td data-bbox="1345 353 1433 376">159 di 159</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0300001	C	159 di 159													
08 - GALLERIE Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Conci Tipo 2																		

ALLEGATO 1

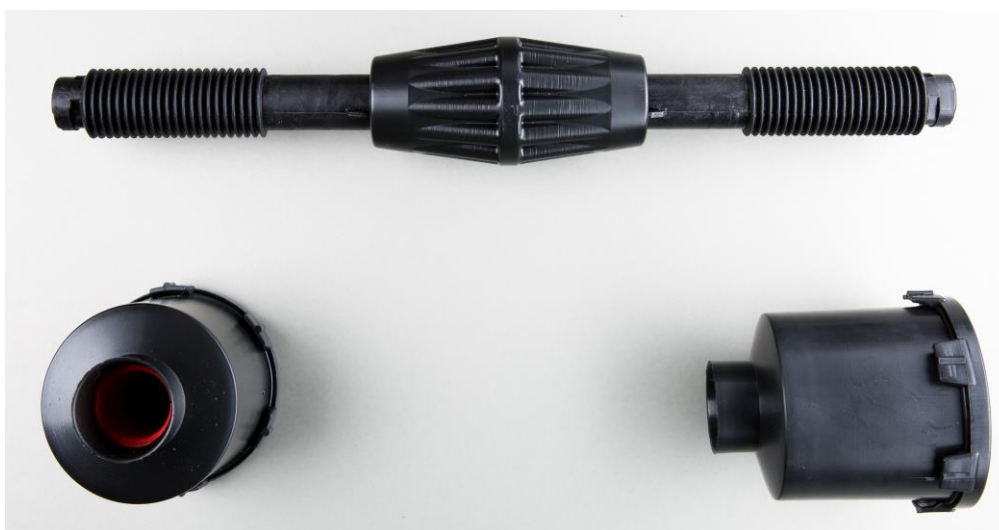
EASY CLICK SMART

La proficua esperienza della nostra Società maturata nello studio e realizzazione di bulloni con rivestimento in materiale composito (brevettati come **Plastic Coating Bolts**) e le affermate ed apprezzate applicazioni del nostro brevettato **Easy Click Impredowel** in differenti progetti, hanno condotto alla ricerca ed allo sviluppo di un nuovo sistema di allineamento per conci prefabbricati.

Il nostro sistema – denominato **EASY CLICK SMART** – è costituito da un connettore in acciaio rivestito con materiale composito (nylon fibrato vetro) e due alloggiamenti per il serraggio.

Gli alloggiamenti per il serraggio del connettore sono gettati nei conci prefabbricati.

All'interno di ogni alloggiamento è presente una boccola, il cui design e materiale (nylon fibrato vetro) garantiscono una affidabile e resistente tenuta del connettore.



Le ottime proprietà meccaniche dei materiali utilizzati in combinazione al design del sistema ne esaltano i vantaggi e le applicazioni anche come **sistema di connessione per conci prefabbricati rinforzati solamente con fibre in acciaio (SFRC) e con requisiti tecnici elevati.**

EASY CLICK SMART assicura una minimizzazione di gap ed offset lungo la circonferenza del rivestimento, una lunga durata e resistenza alla corrosione ed all'abrasione in virtù delle caratteristiche del materiale composito.

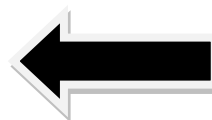
TABELLA MATERIALI :

	<i>materiale</i>
CONNETTORE	acciaio con rivestimento in materiale composito (PA6+FV)
BUSSOLA	alloggiamento esterno in Polipropilene Boccola interna di serraggio in PA6+FV
SPINA DI CENTRAGGIO	PA6+FV



VALORI MECCANICI :

	Carico a rottura (kN)
Trazione (pull out)	110
Taglio (shear)	150



Su richiesta siamo in grado di progettare e produrre un sistema 'Easy Click Smart' che soddisfi i requisiti tecnici di progetto.

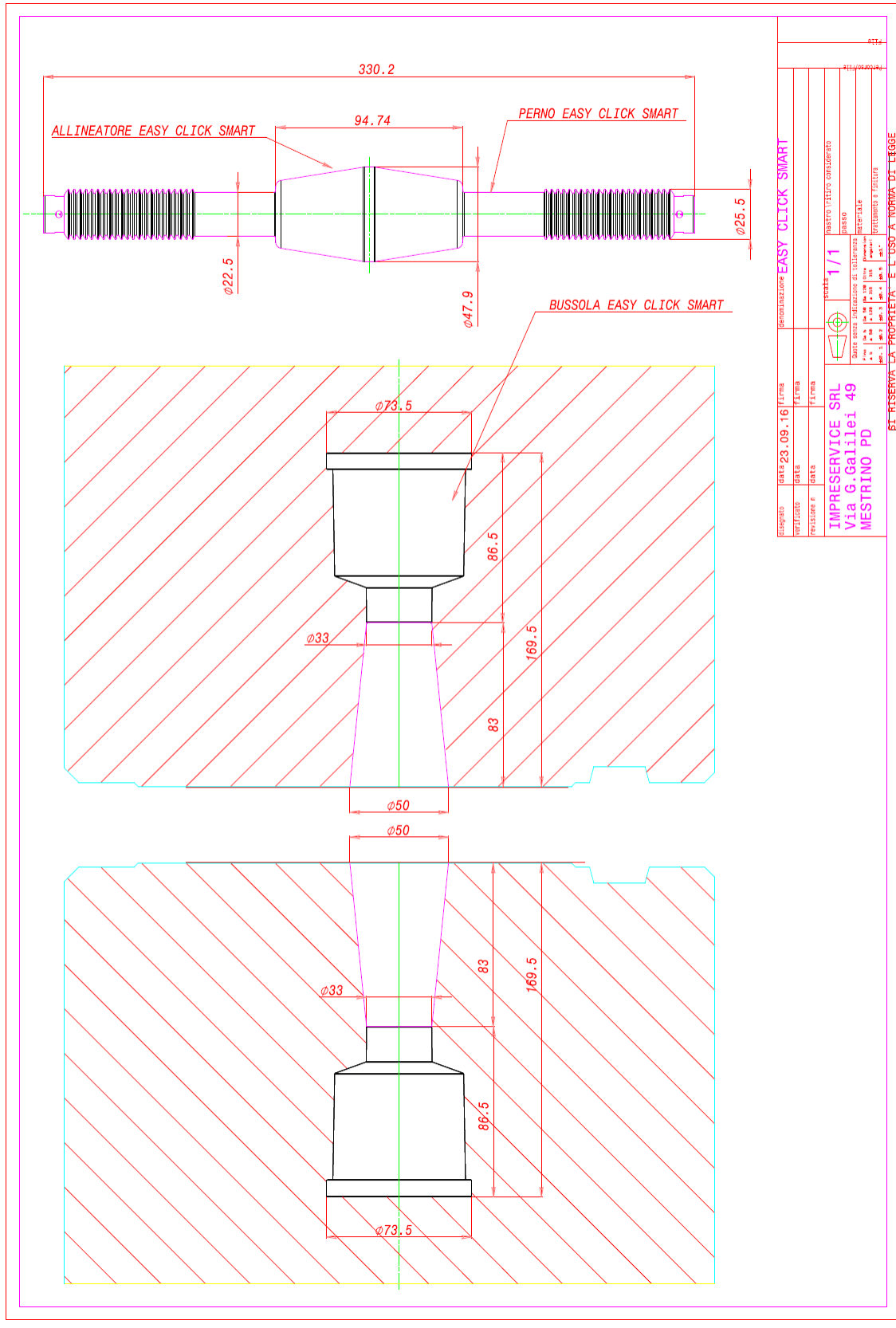
IMPRESERVICE Co. ha sempre combinato la ricerca di materiali di alta qualità con i requisiti tecnici progettuali ed il feedback proveniente dalle Maestranze nei diversi Cantieri in modo tale da rendere i sistemi di connessione funzionali, semplici da applicare, affidabili e sicuri.

IMPRESERVICE Co. si affida a Laboratori ed Enti Tecnici esterni Indipendenti e Qualificati per la certificazione e l'autenticazione dei materiali e dei sistemi di connessione.

IMPRESERVICE Co. si appoggia solitamente all'Università Tor Vergata (Roma) ed al Laboratorio Prove Materiali di EXOVA (Limena) per esecuzione dei test sui sistemi di connessione **Easy Click Systems**.

EASY CLICK SMART : Caratteristiche e Vantaggi

- ❖ FACILE INSERIMENTO DEL CONNETTORE NELLE BUSSOLE
- ❖ ELEVATE PERFORMANCES MECCANICHE
- ❖ ELEVATA PERFORMANCE evidenziata anche in combinazione con conci prefabbricati solo fibrorinforzati (SFRC) e senza gabbia di armatura
- ❖ MINIMIZZAZIONE DI GAP&OFFSET
- ❖ RESISTENZA ALLA CORROSIONE ED ABRASIONE
- ❖ LUNGA DURATA

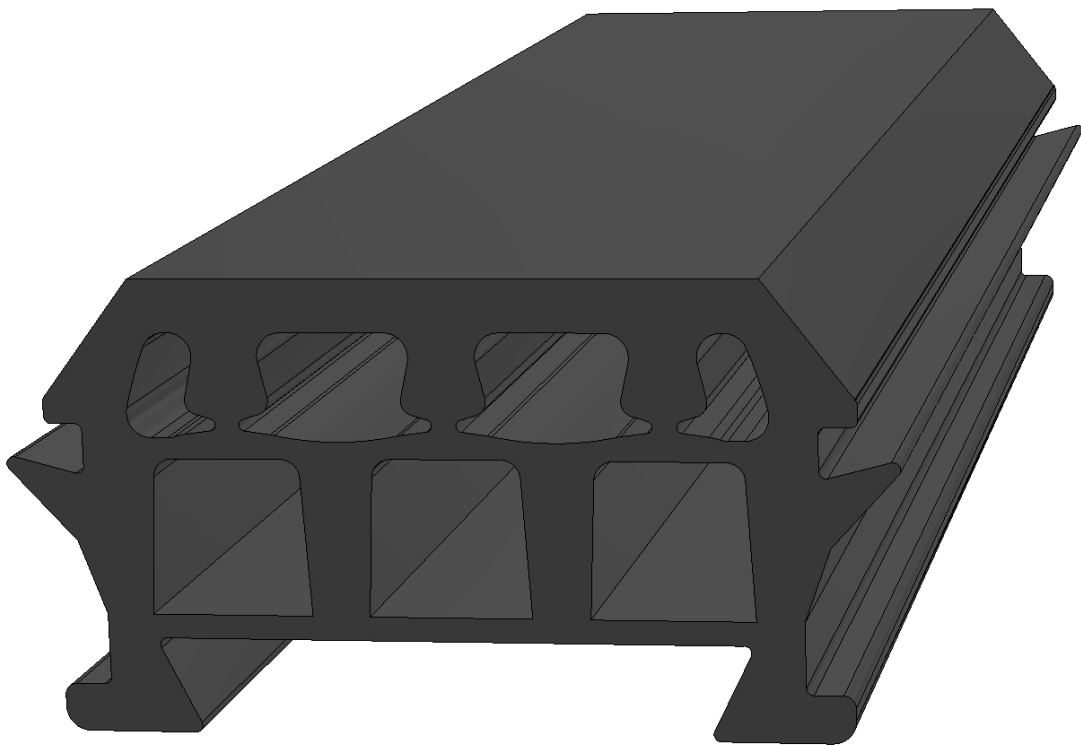


CLIENTE	DATA 23.09.16	FIRMA	SEGNALAZIONE	EASY CLICK SMART
VERIFICATO	DATA	VERBA	FILE	
PRODOTTORE	DATA	VERBA	FILE	
IMPRESERVICE SRL Via G. Galilei 49 MESTRINO PD				
SI RISERVA LA PROPRIETA' E L'USO A NORMA DI LEGGE				

Anchored rubber gasket technical features

“Stuva” Method

Drawing UG018A



TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G.Bomben	16.11.2021

1 INDEX

1	INDEX	2
2	COLLABORATIONS	3
3	ANCHORED RUBBER GASKET U.G.018A	4
4	COMPOUND TECHNICAL SHEET	5
4.1	DESCRIPTION	5
4.2	PHYSICAL FEATURES	5
5	WATER TIGHTNESS TEST	6
5.1	GENERALITY	6
5.2	TEST RIG	6
5.3	TEST SAMPLES AND INSTALLATION	6
5.4	TESTING METHODS AND RESULTS	6
6	LOAD DEFLECTION TEST FOR GASKET PROFILE	7
7	LOAD DEFLECTION TEST FOR GASKET CORNER	7
8	GASKET RECOVERY CAPACITY	7
9	LONG TERM LIFE ESTIMATION OF RUBBER GASKET	8
10	GASKET TECHNICAL DATA SHEET	9
10.1	DESCRIPTION	9
10.2	USE	9
10.3	HANDLING AND SECURITY	10
10.4	STORAGE INFORMATION	10
11	ANNEX	11
11.1	ANNEX A	11
11.2	ANNEX B	12
11.3	ANNEX C	13
11.4	ANNEX D	14
11.5	ANNEX E	15
11.6	ANNEX F	16
11.7	ANNEX G	17
11.8	ANNEX H	18
11.9	ANNEX I	19

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G.Bomben	16.11.2021

2 COLLABORATIONS



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

STUVA



Laboratorio prove materiali
I.T.I. "A. Malignani-Udine"

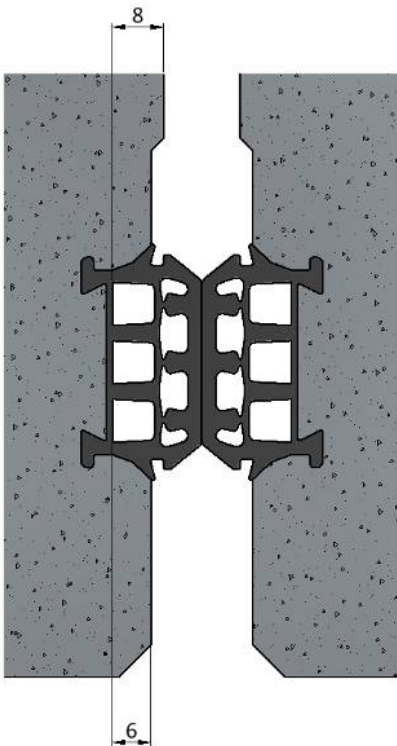
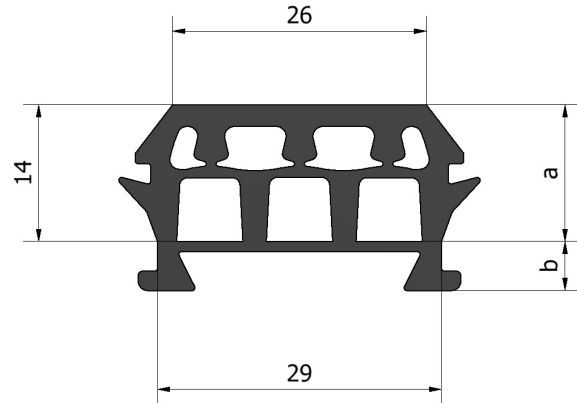


TREVISO TECNOLOGIA



TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G.Bomben	16.11.2021

3 ANCHORED RUBBER GASKET U.G.018A



Cross section	a = 236,3 mm ²
	b = 60,5 mm ²
Compound	EPDM 70 IRHD
Groove width at bottom	29 mm
Groove depth	8 mm
Goove angle	20°
Groove dimension	269,3 mm ²
At full compression the groove is used with 87,7 %	

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G.Bomben	16.11.2021

4 COMPOUND TECHNICAL SHEET

4.1 Description

Compound code	PGSA74 or similar
Compound type	EPDM BLACK according to standard EN 681-1

4.2 Physical features

TEST	TEST METHOD	U.M.	STUVA REQUEST
Hardness	ISO48	IRHD	±5
Tensile strenght	ISO 37	Mpa	≥ 9
Elongation	ISO 37	%	≥ 200
Residual deflection after compression 24h, 70°C	ISO 815-1	%	≤ 20
Ozone resistance after 70 hours at 50°C 50 PPHM elongation 50%	ISO1431-1	-	not required
UV resistance	-	-	not required
Thermal aging	168h, 70°C The test method is DIN 53508		
Variation in hardness	ISO48	IRHD	From -5 to +8
Variation of tensile strenght	ISO37	%	From -20 to +10
Variation of elongation	ISO37	%	From -30 to +10

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G.Bomben	16.11.2021

5 WATER TIGHTNESS TEST

5.1 *Generality*

This report contains information concerning test conducted on watertight gasket seal type UG018A at offset 0,5,10,15 mm as shown in annex B.

5.2 *Test rig*

Leaking test has been lead with test rig represented in picture 1 and annex C. Test rig is composed by a metal structure made of three parts: a flat steel plate on the top of 2 elements with 90° surfaces. These parts are conformed on a surface, in order to simulate segment grooves (picture 2 annex C). In the rig are lodged three rubber gasket specially constructed simulating the real condition of the segment (picture 3 annex C). The rig is filled up with water through a tap placed on the top surface. In addition the rig is equipped on the top with a tube for the air drainage, for pressure survey with a special gauge and in order to put the system in pressure.

5.3 *Test samples and installation*

Water tightness test gasket frames measures are shown in annex D.

Gasket frames are made with angles both with flat and at 90° vulcanized. The average sizes of the seal section are within allowed tolerances. Contact lining is made in the central position at offset 0 and repeated for offsets 5,10,15 mm.

5.4 *Testing methods and results*

The operating method is specified as follow.

Placed the plates in which are housed the seal gaskets, test is made by setting them to obtain a seal's compression of 10% (gap 10 mm) to ensure the contact between the rubber surfaces with an offset of 0 mm and repeated for 5, 10, 15 mm. The test is carried out by pumping water into the rig by steps increasing the pressure of 1 bar every 5 minutes until the pressure value has a loss.

Dumped the pressure, compression has increased reducing the gap of a further mm and repeating the cycle of pressure with the indicated method. The gap is then reduced in steps of 1 mm.

The final result is given by the pressure seal corresponding to each value of gap. At the end of the test, rig is opened for checking the final state of the seal which is found intact. Test is repeated for the offset 5,10,15 mm. The offset is made, as specified in Annex B, with misalignment of the top seal compared to the lower seal. In the rig this condition is obtained by shifting the top plate of the desired size than the angular components. The results of all tests are shown in enclosure G.

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G.Bomben	16.11.2021

6 LOAD DEFLECTION TEST FOR GASKET PROFILE

The test aims to determine the force required to compress the gasket to its maximum deflection (gap 0).

The test is performed with alignment of the seals that are at offset 0.

The results of test is shown in annex G. The equipment for the test run is shown in the picture 1 of annex E.

Test rig is placed at a suitable test machine that compresses the seals at a constant speed of 50 mm/min and detects the reaction force.

7 LOAD DEFLECTION TEST FOR GASKET CORNER

The test aims to determine the force required to compress the T-joint gasket to its maximum deflection (gap 0).

The test is performed with alignment of the seals that are at offset 0.

The results of test is shown in annex H. The equipment for the test run is shown in the picture 2 of annex D.

The test equipment is closed at 2mm gap between the corner gaskets and positioned on a suitable testing machine that compresses the corner gaskets with the upper profile up to a 0mm gap at a constant speed of 50 mm / min and detects the reaction force .

8 GASKET RECOVERY CAPACITY

The “recovery capacity” test is made with rubber gasket samples of 200 mm put into special steel gauges of the same length. These steel gauges are closed at the ends so that the device can't slide in the longitudinal axis.

On both seals is then applied a pressure to achieve a gap of 2 mm without misalignment.

Test device stays for 72 hours at a temperature of 20°C. Then it's released and placed in a state of relaxation for 1 hour at 20°C. In this time is measured the height of the sample gasket.

The “recovery capacity” is then measured as follows:

Recovery capacity (%) =

$$\frac{\text{gasket seal height after recovery}}{\text{gasket seal height before compression}} \times 100$$

The equipment for testing resilience can be seen in annex F.

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G.Bomben	16.11.2021

9 LONG TERM LIFE ESTIMATION OF RUBBER GASKET



LABORATORIO ITALIANO GOMMA



Date, August 31st, 2020
TR n° **353-(eng)/2020**
Ref. Vs. ordine n.3334 del 10.07.2020

To

Fama S.p.A.

Via Della Fossa, 6

33080 Zoppola (Pn)

Received 17.06.2020 Start tests 22.07.2020 End tests 31.08.2020 Page 1 of 1

T E S T R E P O R T

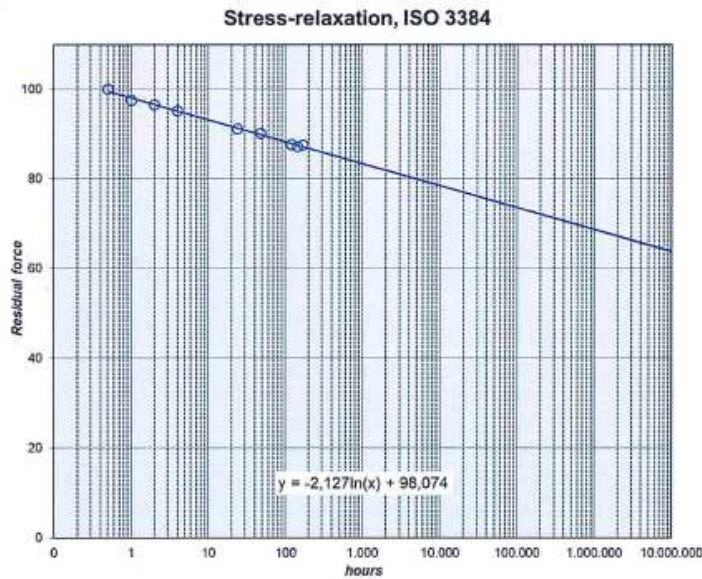
Subject: Stress relaxation on one sample "PGSA74".

PGSA74

Test Method

Stress relaxation at 23 °C

ISO 3384-1:2011



The sampling has been carried out by the Customer.
The contained results refer only to the tested sample.
This report cannot be partially reproduced without the laboratory approval.

M. Bonora, *Operator*

F. Negroni, *Director*

Via Velleia, 4 - 20900 Monza (MB) Italia Tel. +39 0392254100 Fax +39 0392254198 P.IVA 07629280962

The relaxation at **100 years**, evaluated according to the Stuva criterion, corresponds to **71%**
The relaxation at **120 years**, evaluated according to the Stuva criterion, corresponds to **69%**

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G. Bomben	16.11.2021

10 GASKET TECHNICAL DATA SHEET

10.1 Description

UG018A is a preformed gasket made of elastomer used in tunnels dug with TBM to seal concrete segments.

Sealing gasket is made with injection moulding corner joints process and is applied over the entire perimeter of concrete segment. Sealing gaskets work into contact with each other and allow both longitudinal and annular sealing joints. Sealing gaskets are designed and built according to specific requirements of hydraulic watertight.

UG018A is a product easy to use because is made on the specific dimension of concrete segment it must seal. Thanks of its special geometry and internal structure, gasket seal ensures high water kept in minimum possible pressure applied on its surface even when there is an high offset and distance (gap) not optimal between concrete segments.

The compression strength of the seal shall not exceed the limit imposed by the project by making the simple installation of segments.

The proper study of joints corners discharge, allows a perfect sealing and reduction of strengths avoiding the crushing of concrete segment in the corner zone.

The corners are designed and manufactured with a geometry that replicates the segment's shape, getting a perfect dimensional and functional coupling of the seals adjacent to each other.

The compound used for corner molding has high compressibility characteristics, high elastic resistance with high elastomeric content.

Corner injection techniques are studied because the hollow parts of the profile are not widely insinuated by corner compound, which represent the main reason for raising the compression forces in the corner area.

For anchored gaskets, there are two kinds of corners geometry, standard and soft; standard with higher compression loads and soft with lower compressive loads.

The choice of the kind of corners geometry is determined essentially by the position of the gasket compared to the outer edge of the segment, and then the mechanical properties of the concrete to support the loads generated by the gasket in the corner area.

10.2 Use

Gasket seal must be removed from the box, released from the bonds and stretched to its geometry in sufficient time and in a heated room to allow it to recover its shape and avoid any deformation caused by packing.

During the assembly of the concrete segments, to facilitate the flow of the seals coming into contact with each other, the friction can be reduced by using the appropriate slip agents. It's not allowed the use of organic fats.

The gasket is anchored into the concrete being inserted in the formwork before the concrete casting.

The gasket, in the anchoring geometry to the mold, can change according to the different configurations of the grooves made in the molds. The gasket release forces relative to the mold must meet the limits shown in the test test graph. It must be established that the seal release forces in relation to the mold are compatible with those for anchoring the joint in concrete (see Appendix H).

The position of the gasket is assured by the suitable groove realized into the formwork and should guarantee its perfect adhesion in order to avoiding infiltrations or to be removed from accidental collisions with other components inserted during the concrete casting.

In order to ensure a correct procedure of gasket's anchoring into the concrete, it should reach the mechanical performance at least of 15 Mpa.

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G.Bomben	16.11.2021

10.3 Handling and security

UG018A is not a dangerous product, is not toxic and presents no danger to the safety of workers. The precautions are the usual generic and used on site.

10.4 Storage information

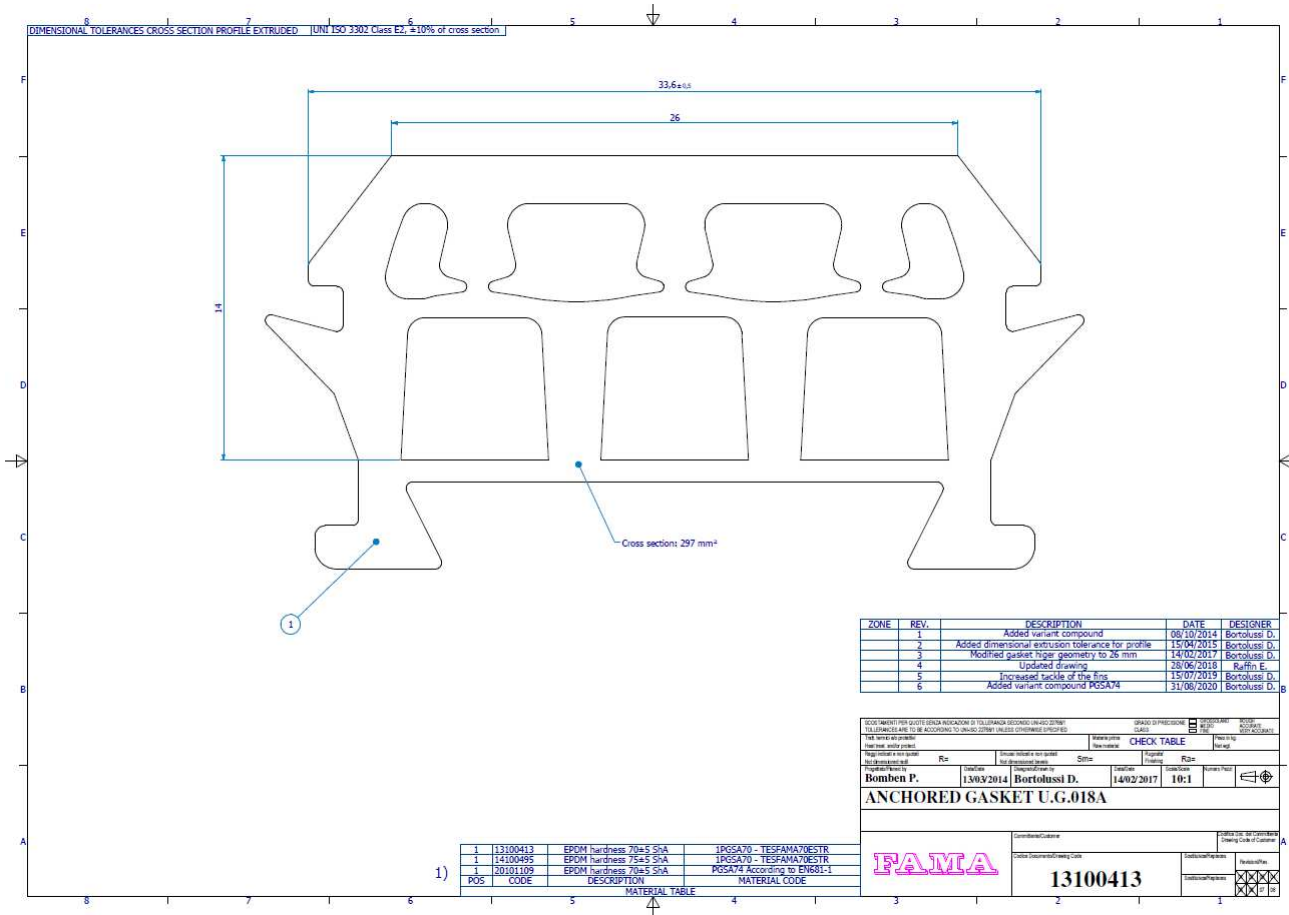
UG018A must be kept in the original box, closed and at temperature of between -40°C and +100°C. Operating temperature must be between -18°C and +60°C

Hot weather conditions: recommend storing the gasket in a covered place to prevent direct radiation of the sun.

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G. Bomben	16.11.2021

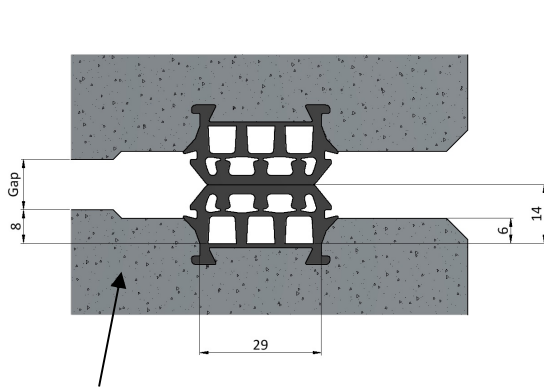
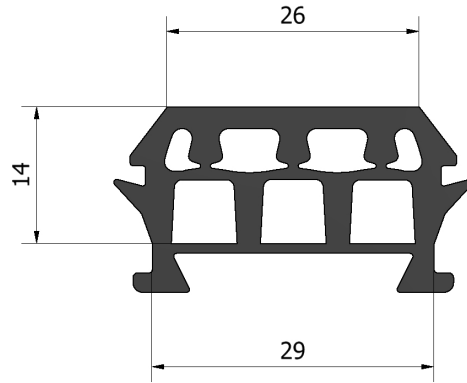
11 ANNEX

11.1 Annex A

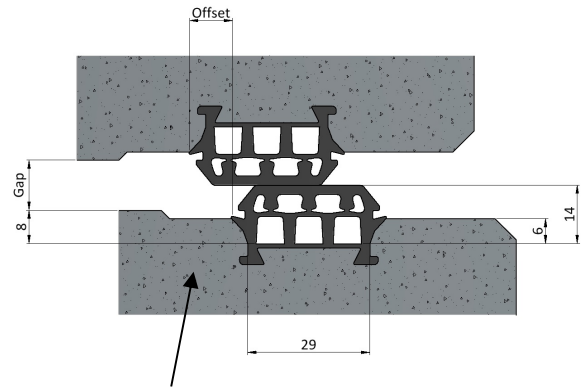


TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G. Bomben	16.11.2021

11.2 Annex B



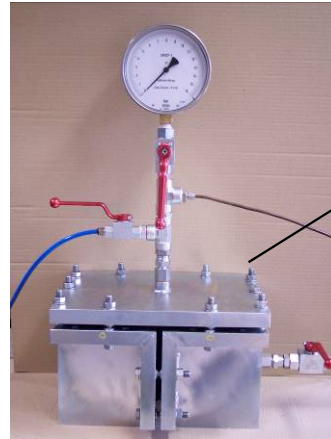
Without offset



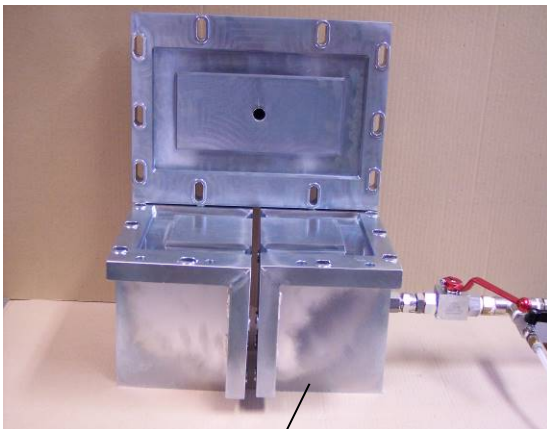
With offset

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G. Bomben	16.11.2021

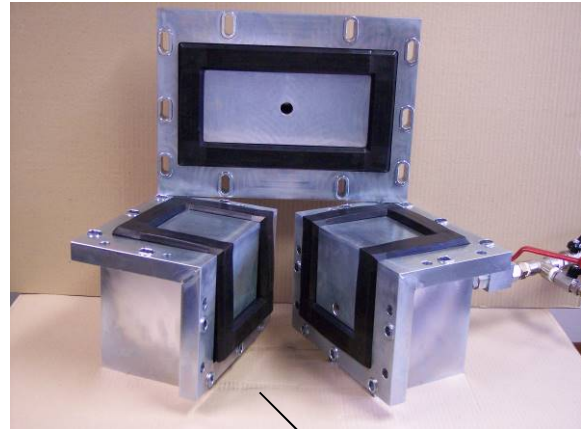
11.3 Annex C



PICTURE 1
Watertightness test rig



PICTURE 2
Watertightness test rig components simulating concrete segment grooves



PICTURE 3
Watertightness test rig components simulating concrete segments grooves with gasket seals

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G. Bomben	16.11.2021

11.4 Annex D



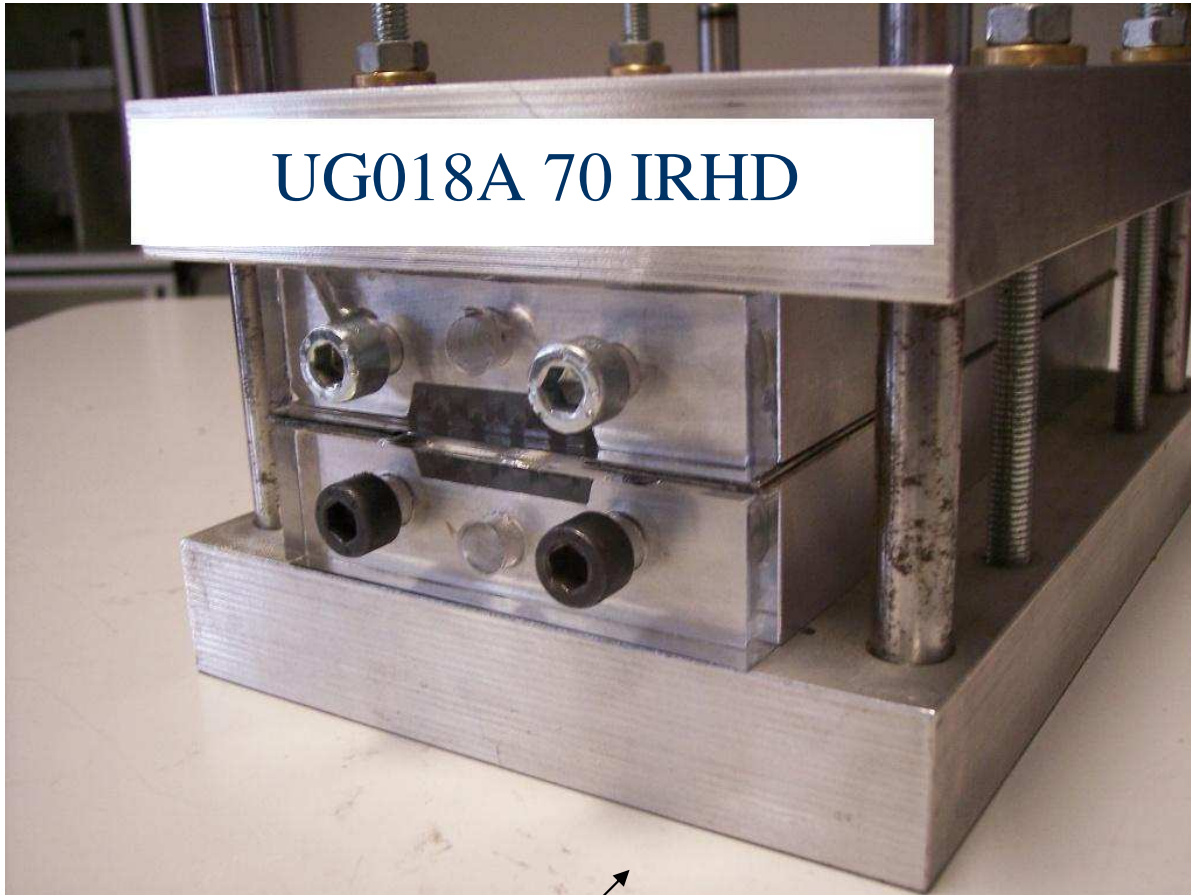
PICTURE 1
Profile load deflection test rig



Picture 2
Corners load deflection test rig

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G.Bomben	16.11.2021

11.5 Annex E

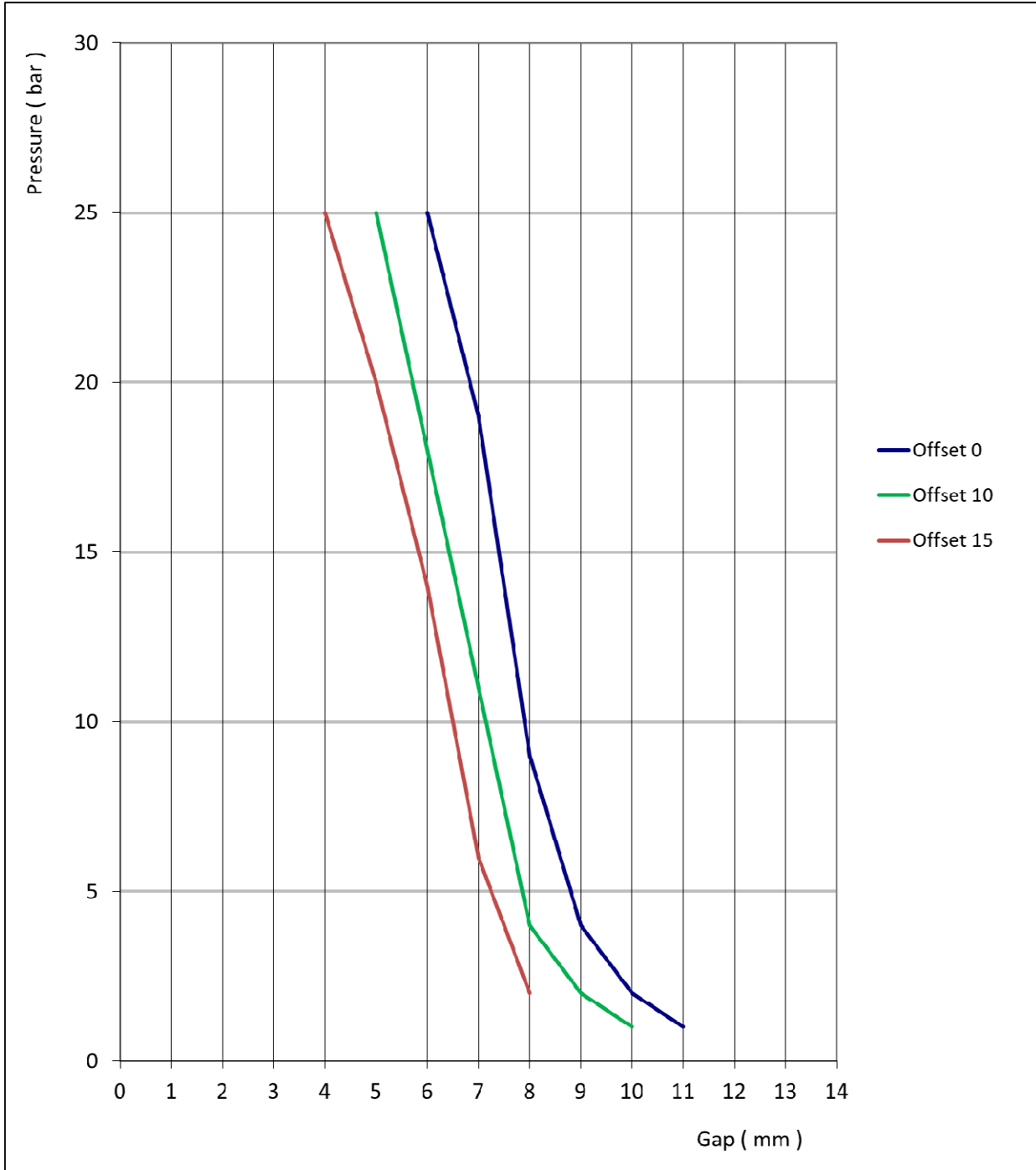


Rubber gasket recovery test rig

TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G.Bomben	16.11.2021

11.6 Annex F

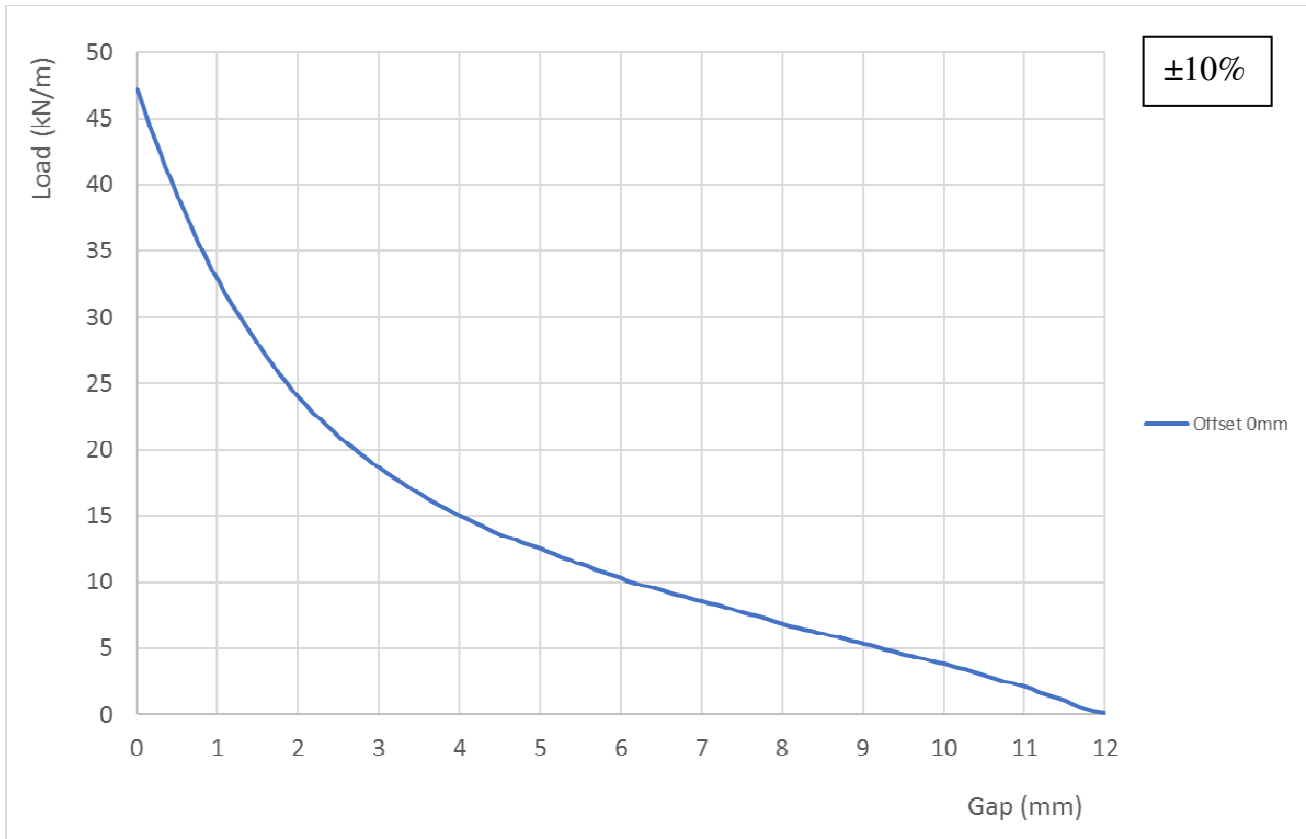
WATERTIGHTNESS GAP DIAGRAM U.G.018A



TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G. Bomben	16.11.2021

11.7 Annex G

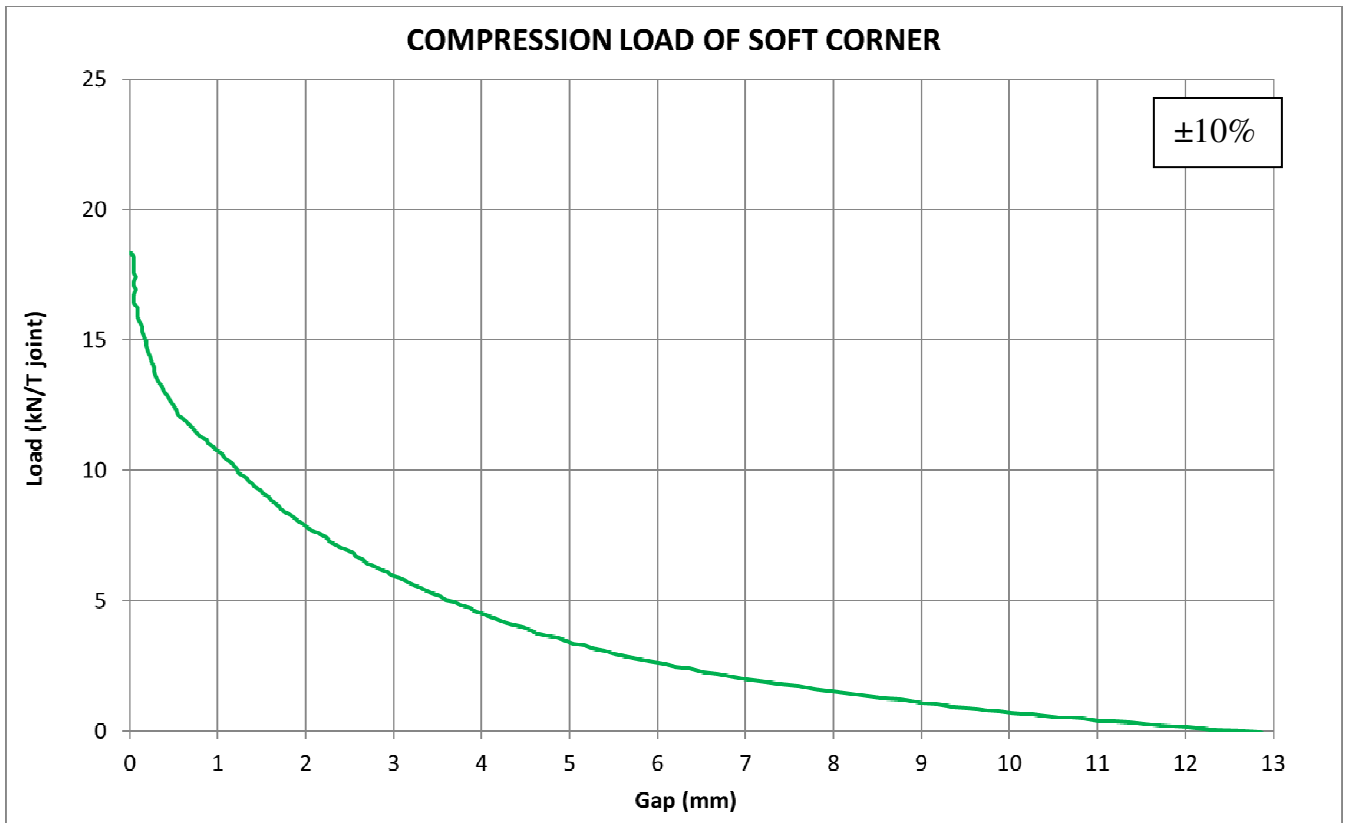
LOAD DEFLECTION DIAGRAM GASKET PROFILE



TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G. Bomben	16.11.2021

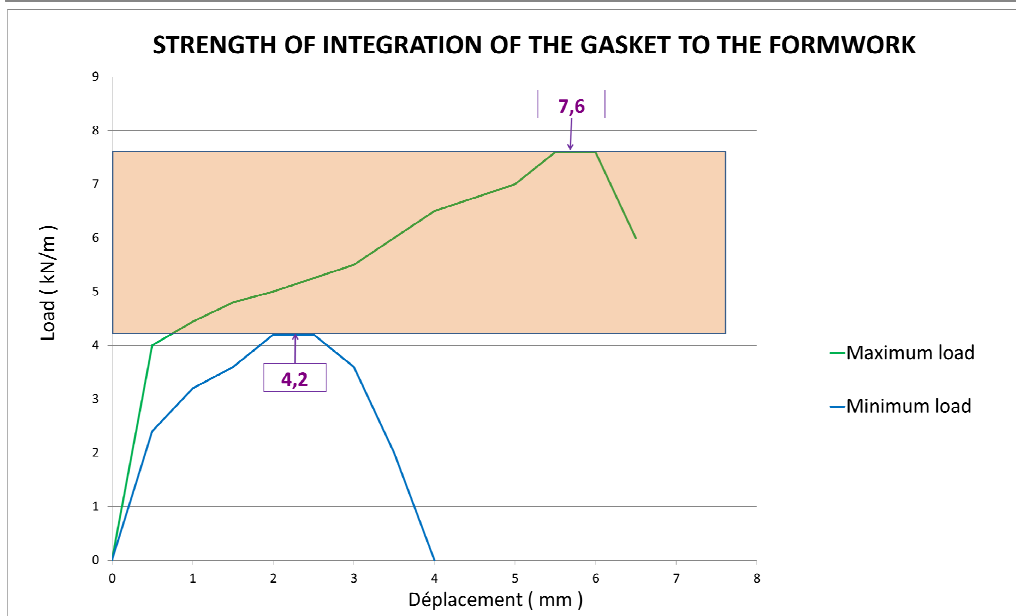
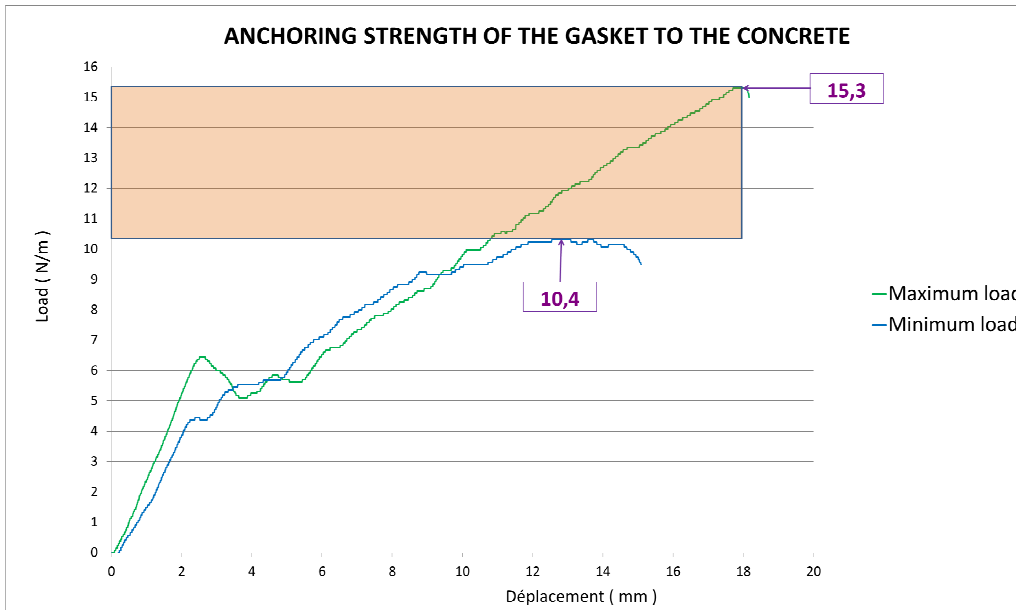
11.8 Annex H

LOAD DEFLECTION DIAGRAM GASKET CORNER



TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G. Bomben	16.11.2021

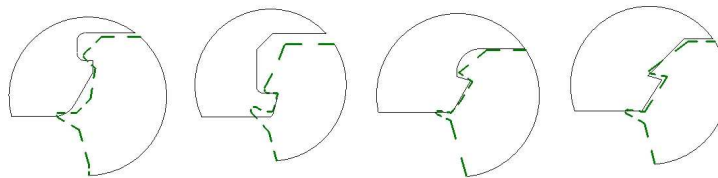
11.9 Annex I



FAMA



OTHER ANCHORAGE IN THE MARKET



TDS	Var.	Class.	Rev	Lang.	Edited by	Approved by	Date
0006.21	2	6	0	EN	D. Bortolussi	G. Bomben	16.11.2021