

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01**

LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

GA – GALLERIE ARTIFICIALI

GA01 – GALLERIA ARTIFICIALE S. MARTINO

GA01B dal km 5+336,53 al km 5+886,53

Opere sostegno degli scavi e tampone di fondo - Relazione di calcolo

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE		Consorzio Iricav Due						
		ing. Paolo Carmona						

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV. FOGLIO

I	N	1	7	1	1	E	I	2	CL	GA	0	1	B	4	0	0	1	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	R. CONFORTI	30/04/21	L. ALFIERI	30/04/21	P. GALVANIN	30/04/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1711EI2CLGA01B4001A.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 2 di 101

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1	Riferimenti Normativi.....	6
2.2	Documenti di progetto esecutivo	6
2.2.1	Elaborati generali GA01	6
2.2.2	Elaborati opere di sostegno scavi GA01-B	7
2.3	Software di calcolo.....	8
3	MATERIALI.....	9
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA	11
4.1	Inquadramento generale.....	11
4.2	Stratigrafia di riferimento per la tratta in esame.....	11
4.3	Livelli di falda	12
4.4	Parametri geotecnici per la tratta in esame	13
4.5	Parametri geotecnici del terreno trattato.....	13
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE	14
5.1	Aspetti generali	14
5.2	Geometria delle opere di sostegno.....	17
5.3	Schemi di calcolo	18
5.3.1	Criteri di identificazione delle sezioni di calcolo.....	18
5.3.2	Caratteristiche e quote di riferimento delle sezioni di calcolo.....	19
5.3.3	Fasi costruttive considerate	21
6	CRITERI DI VERIFICA	23
6.1	Criteri di dimensionamento e modellazione delle opere di sostegno	23
6.1.1	Riferimenti normativi	23
6.2	Modellazione delle sezioni e sistemi di vincolo	23
6.2.1	Spinta del terreno in condizioni statiche	24
6.2.2	Spinta del terreno in condizioni sismiche.....	24
6.2.3	Spinta dell'acqua.....	25
6.2.4	Passaggio moduli di lungo termine.....	25
6.3	Sovraccarico permanente in copertura.....	25
6.4	Sovraccarico accidentale in copertura.....	25
6.5	Combinazioni per la verifica agli SLU	25
7	VERIFICHE SEZIONE TS1	26
7.1	Fasi di calcolo	26
7.2	Risultati di calcolo	29
7.3	Verifiche geotecniche	34
7.3.1	Spostamenti e stabilità del fondo scavo	34
7.3.2	Verifiche deformazioni/cedimenti attesi	35

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 3 di 101

7.3.3	Verifiche di capacità portante dei diaframmi.....	36
7.3.4	Verifiche di stabilità globale	39
7.3.5	Verifiche di stabilità del fondo scavo al galleggiamento	40
7.3.6	Verifiche di stabilità della struttura interna	42
7.3.7	Stima delle portate entranti al variare dei coefficienti di permeabilità del tampone di fondo.....	44
8	VERIFICHE SEZIONE TS2	46
8.1	Fasi di calcolo	46
8.2	Risultati di calcolo	49
8.2.1	Effetto spinte laterali indotte dalla presenza di rilevati a tergo delle opere di sostegno della galleria artificiale.....	54
8.3	Verifiche geotecniche	56
8.3.1	Spostamenti e stabilità del fondo scavo	56
8.3.2	Verifiche deformazioni/cedimenti attesi	56
8.3.3	Verifiche di capacità portante dei diaframmi.....	58
8.3.4	Verifiche di stabilità globale	61
8.3.5	Verifiche di stabilità del fondo scavo al galleggiamento	63
8.3.6	Verifiche di stabilità della struttura interna	64
8.3.7	Stima delle portate entranti al variare dei coefficienti di permeabilità del tampone di fondo.....	66
9	VERIFICHE STRUTTURALI DEI DIAFRAMMI TS-1 E TS-2.....	68
9.1	Verifiche sollecitazioni flettenti.....	69
9.1.1	Dimensionamento armatura longitudinale	70
9.1.1.1	Pannello P1 (base pannello 5.45m).....	70
9.1.1.2	Pannello S1 (base pannello 5.05m).....	78
9.1.1.3	P2 e S2 Pannelli primari e secondari (base pannello 2.5 m)	84
9.2	Verifiche sollecitazioni taglianti	91
9.2.1	Dimensionamento armatura trasversale.....	91
10	GIUDIZIO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI.....	101

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 4 di 101

1 INTRODUZIONE

La presente relazione riporta il dimensionamento geotecnico e strutturale delle opere di sostegno del tratto di galleria artificiale S. Martino denominato GA01-B che si estende per circa 550m tra progressiva pk 5+336,53 e pk 5+886,53.

Essa è parte integrante del Progetto Esecutivo della Galleria artificiale GA01 San Martino Buon Albergo della Linea AV/AC Verona Padova, posta in corrispondenza del Primo Lotto Funzionale Verona – Bivio Vicenza, tra le progressive pk 4+942.53 e pk 6+842.53.

Lo scavo dell'opera è sostenuto da diaframmi in c.a. di spessore 1.0 m e lunghezza variabile in funzione della profondità di scavo fino ad un massimo di circa 17 m. La Galleria Artificiale è costituita da una struttura scatolare con solettone di copertura a travi prefabbricate con armatura lenta e getto di completamento in opera che appoggia su diaframmi in c.a. realizzati con l'ausilio di benna mordente e fanghi bentonitici. La modalità di realizzazione dell'intera struttura è di tipo 'Top-Down' nella quale il solettone di copertura è realizzato prima dello scavo tra paratie. Allo scopo di contrastare la sottospinta idraulica nelle fasi di scavo, è prevista la realizzazione di un consolidamento con colonne in jet grouting tra i due diaframmi nella zona compresa tra la quota di fondo scavo della galleria artificiale e il piede dei diaframmi. Al termine dello scavo sotto copertura è realizzata una struttura interna formata da solettone di fondo e contropareti al cui interno sono collocate le vie di corsa dei convogli ferroviari.

Nei capitoli successivi sono riportate le verifiche delle strutture di sostegno e impermeabilizzazione degli scavi con particolare riferimento ai seguenti aspetti:

- verifiche strutturali dei diaframmi di sostegno della copertura e delle pareti di scavo;
- verifiche geotecniche dei diaframmi (stabilità locale, globale, capacità portante, cedimento attesi in seguito allo scavo);
- verifica di stabilità del fondo scavo al galleggiamento in presenza del tampone di fondo e verifiche delle portate entranti all'interno dello scavo.

Maggiori dettagli in merito alle caratteristiche geometriche, le fasi costruttive, la tipologia di tampone di fondo proposto e agli schemi di calcolo utilizzati sono forniti nel §§ 5 e 6 della presente relazione.

Il presente documento è parte integrante della progettazione geotecnica e strutturale dell'intera galleria artificiale e deve essere consultato insieme al documento IN1711EI2GA010A 'Criteri di dimensionamento opere di sostegno degli scavi e tampone di fondo' che ne individua i requisiti, i criteri generali e gli approcci progettuali utilizzati per la progettazione. Approfondimenti specifici circa la correttezza dei modelli semplificati adottati per il dimensionamento geotecnico e strutturale delle sezioni tipo di scavo sono riportati nella relazione IN1711EI2RHGA0101002A

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 5 di 101

Per quanto riguarda le verifiche relative al solettone di copertura (compresi cordoli di testa diaframmi), contropareti interne e solettone di fondo si rimanda agli elaborati specifici di progetto riportati al successivo § 2.2.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 6 di 101

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Riferimenti Normativi

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 – “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – “Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [3] UNI 9614 – “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo e successive revisioni”.
- [4] UNI 9916 – “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”.
- [5] ISO 4866 – “Vibrazioni meccaniche ed urti - Vibrazioni di edifici - Guida per la misura di vibrazioni e valutazioni dei loro effetti sugli edifici”.
- [6] DIN 4150/3 – “Eschütterungen im Bauwesen. Entwirklungen auf bauliche Anlagen”.

2.2 Documenti di progetto esecutivo

2.2.1 Elaborati generali GA01

IN1711EI2ROGA0100001	Relazione generale
IN1711EI2ROGA0100002	Opere sostegno degli scavi e tampone di fondo - Relazione di confronto PD/PE
IN1711EI2RBGA0100001	Relazione geotecnica
IN1711EI2SPGA0102001	Specifiche tecniche campo prova jet grouting
IN1711EI2RHGA0100001	Relazione sui criteri di dimensionamento opere di sostegno degli scavi e impermeabilizzazione degli scavi
IN1711EI2RHGA0100002	Validazione del dimensionamento strutturale e geotecnico mediante analisi numeriche bidimensionali
IN1711EI2RHGA0100003	Opere di sostegno e scavo - Monitoraggio in corso d'opera GA01A, GA01B, GA01E - Relazione e specifica tecnica
IN1711EI2L6GA0100001	Planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche e profilo geotecnico
IN1711EI2P8GA0100001	Planimetria generale di inquadramento diaframmi e tampone di fondo
IN1711EI2P7GA0100001	Planimetria generale di scavo: Macrofase 1
IN1711EI2P7GA0100002	Planimetria generale di scavo: Macrofase 2
IN1711EI2P7GA0100003	Planimetria generale di scavo: Macrofase 3
IN1711EI2P7GA0100004	Planimetria generale di scavo: Macrofase 4
IN1711EI2P7GA0100005	Planimetria generale di scavo: Macrofase 5
IN1711EI2P7GA0100006	Planimetria generale di scavo: Macrofase 6
IN1711EI2P7GA0100007	Planimetria generale di scavo: Macrofase 7
IN1711EI2P7GA0100008	Planimetria generale di scavo: Macrofase 8
IN1711EI2P9GA0101001	Pianta scavi TAV. 1
IN1711EI2P9GA0101002	Pianta scavi TAV. 2
IN1711EI2P9GA0101003	Pianta scavi TAV. 3
IN1711EI2P9GA0101004	Pianta scavi TAV. 4
IN1711EI2W9GA0101001	Sezioni di scavo Tav, 1
IN1711EI2W9GA0101002	Sezioni di scavo Tav, 2

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 7 di 101	

IN1711EI2W9GA0101003	Sezioni di scavo Tav, 3
IN1711EI2W9GA0101004	Sezioni di scavo Tav, 4
IN1711EI2W9GA0101005	Sezioni di scavo Tav, 5
IN1711EI2W9GA0101006	Sezioni di scavo Tav, 6
IN1711EI2W9GA0101007	Sezioni di scavo Tav, 7
IN1711EI2W9GA0101008	Sezioni di scavo Tav, 8
IN1711EI2W9GA0101009	Sezioni di scavo Tav, 9
IN1711EI2W9GA0101010	Sezioni di scavo Tav, 10
IN1711EI2W9GA0101011	Sezioni di scavo Tav, 11
IN1711EI2W9GA0101012	Sezioni di scavo Tav, 12
IN1711EI2PZGA0101001	Monitoraggio GA01A e GA01B - Planimetria e sezioni tipo
IN1711EI2PZGA0101002	Monitoraggio GA01E - Planimetria e sezioni tipo
IN1711EI2WAGA0101001	Sezioni tipo di scavo e riporto provvisorio - Dettagli esecutivi
IN1711EI24TGA0100015A	Tabella materiali

2.2.2 Elaborati opere di sostegno scavi GA01-B

IN1711EI2CLGA01B4001A	Opere sostegno degli scavi e tampone di fondo - Relazione di calcolo
IN1711EI2CLGA01B4002A	Relazione di calcolo soletta di copertura
IN1711EI2CLGA01B4003A	Relazione di calcolo strutture interne
IN1711EI2PAGA01B0001A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 1
IN1711EI2PAGA01B0002A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 2
IN1711EI2PAGA01B0003A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 3
IN1711EI2PAGA01B0004A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 4
IN1711EI2PAGA01B0005A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 5
IN1711EI2PAGA01B0006A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 6
IN1711EI2PAGA01B0007A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 7
IN1711EI2PAGA01B0008A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 8
IN1711EI2PAGA01B1001A	Cordoli guida - Planimetria di tracciamento Tav. 1
IN1711EI2PAGA01B1002A	Cordoli guida - Planimetria di tracciamento Tav. 2
IN1711EI2PAGA01B1003A	Cordoli guida - Planimetria di tracciamento Tav. 3
IN1711EI2PAGA01B1004A	Cordoli guida - Planimetria di tracciamento Tav. 4
IN1711EI2WAGA01B0001A	Fasi esecutive
IN1711EI2WAGA01B4001A	Diaframmi e tampone di fondo - Sezioni trasversali
IN1711EI2BZGA01B4001A	Diaframma primario doppio tipo TS1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4002A	Diaframma secondario doppio tipo TS1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4003A	Diaframma primario singolo tipo TS1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4004A	Diaframma secondario singolo tipo TS1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4005A	Diaframma primario doppio tipo TS2 - Armatura

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 8 di 101

IN1711EI2BZGA01B4006A	Diaframma secondario doppio tipo TS2 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4007A	Diaframma primario singolo tipo TS2 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4008A	Diaframma secondario singolo tipo TS2 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4009A	Diaframma primario singolo nicchia QdT tipo TS1/N1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4010A	Diaframma primario singolo nicchia QdT tipo TS1/N2 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4011A	Diaframma primario singolo nicchia Ampl. Tipo S1/N2 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4012A	Diaframma secondario singolo nicchia Ampl. Tipo S1/N1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4013A	Diaframma primario singolo nicchia QdT tipo TS2/N1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01B4014A	Diaframma primario singolo nicchia QdT tipo TS2/N2 - Armatura

2.3 Software di calcolo

Per eseguire le analisi numeriche riportate nella presente relazione sono stati impiegati i seguenti software:

- Software di calcolo agli elementi finiti (FEM) per il calcolo delle paratie e della stabilità globale: PARATIE PLUS 2020 (Versione 20.1.0) 12 della Harpaceas
- Verifica delle Sezioni in c.a.: RC-Sec della Geostru Software di Reggio Calabria (Versione 2021.11)
- Software di calcolo alle differenze finite per il calcolo geotecnico: FLAC (Versione 8.0) della ITASCA

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 9 di 101

3 MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nell' opera in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008 e di quanto prescritto dal Capitolato Generale d'Appalto delle Opere Civili di RFI.

Diaframmi/Pali

-	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206)	XC2
-	Rapporto A/C max	0.60
-	Classe di resistenza	C25/30
-	Classe di consistenza	S4/S5
-	Copriferro	60 mm
-	Diametro massimo aggregati	32 mm

Solette di fondazione

-	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206)	XC2
-	Rapporto A/C max	0.60
-	Classe di resistenza	C30/37
-	Classe di consistenza	S4
-	Copriferro	40 mm
-	Diametro massimo aggregati	25 mm

Pareti di rifodera

-	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206)	XC3
-	Rapporto A/C max	0.55
-	Classe di resistenza	C30/37
-	Classe di consistenza	S4/S5
-	Copriferro	40 mm
-	Diametro massimo aggregati	25 mm

Trave di coronamento e soletta superiore

-	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206)	XC3
-	Rapporto A/C max	0.55
-	Classe di resistenza	C30/37
-	Classe di consistenza	S4/S5
-	Copriferro	40 mm
-	Diametro massimo aggregati	25 mm

Travi prefabbricate

-	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206)	XC3
-	Rapporto A/C max	0.45
-	Classe di resistenza	C35/45
-	Classe di consistenza	S5
-	Copriferro	40 mm
-	Diametro massimo aggregati	20 mm

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 10 di 101

Acciaio

- Armature per c.a. B450C
- Per carpenteria metallica opere provvisionali S355J0
- Per palancole provvisionali S355GP

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 11 di 101

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA

4.1 Inquadramento generale

Per un quadro completo delle condizioni geotecniche ed idrogeologiche dell'opera si rimanda alla relazione IN1711EI2GA010A 'Criteri di dimensionamento opere di sostegno degli scavi e tampone di fondo' ed alla relazione IN1711EI2RBGA0100001A 'GA01 GALLERIA ARTIFICIALE S. MARTINO - Relazione Geotecnica'.

4.2 Stratigrafia di riferimento per la tratta in esame

Come descritto nei documenti sopra citati, per l'intero sviluppo della galleria artificiale sono state individuate diverse stratigrafie di riferimento per le verifiche strutturali e geotecniche associate a differenti schemi di scavo.

Per il tratto di galleria GA01-B estesa tra la progressiva pk 5+336,53 e pk 5+886,53 è stato possibile individuare 2 stratigrafie di riferimento riportate in Figura 1 e Tabella 1. I criteri utilizzati per la scelta della stratigrafia sono stati i seguenti:

- battente idrico tra il livello di falda di costruzione e quota di fondo scavo;
- variabilità nella successione delle unità geotecniche;
- scelta della sezione dove si ha il massimo ricoprimento tra copertura e piano campagna.

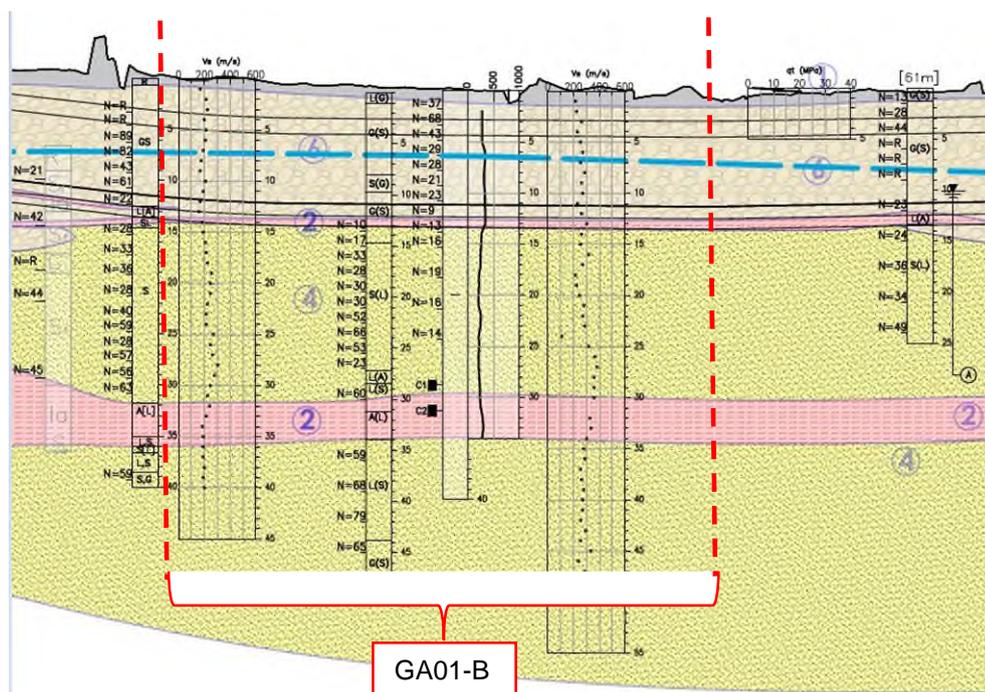


Figura 1 GA01-B estratto del profilo geotecnico

 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014 Rev. A Foglio 12 di 101

Tabella 1 GA01-B Stratigrafie di progetto

QUOTA PIANO CAMPAGNA DI RIFERIMENTO:		47.17 m slm			
QUOTA FALDA DI COSTRUZIONE:		40.34m slm, soggiacenza ≈7m dal p.c.			
Schema di calcolo	Unità	Descrizione	Quota superiore unità (m slm)	Spessore unità (m)	Quota inferiore unità (m slm)
TS-1 (pk 5+425)	Terreno 1	Riporti	47.17	1.5	45.67
	Terreno 6	Ghiaie con sabbie	45.67	12	33.67
	Terreno 2	Limi argillosi superficiali	33.67	1.5	32.17
	Terreno 4	Sabbie	32.17	16.5	15.67
	Terreno 2	Limi argillosi profondi	15.67	5	10.67
	Terreno 4	Sabbie	10.67	-	-

QUOTA PIANO CAMPAGNA DI RIFERIMENTO:		46.64 m slm			
QUOTA FALDA DI COSTRUZIONE:		39.72m slm, soggiacenza ≈6m dal p.c.			
Schema di calcolo	Unità	Descrizione	Quota superiore unità (m slm)	Spessore unità (m)	Quota inferiore unità (m slm)
TS-2 (pk 5+800)	Terreno 1	Riporti	46.64	1.5	45.14
	Terreno 6	Ghiaie con sabbie	45.14	11	34.14
	Terreno 2	Limi argillosi superficiali	34.14	1.5	32.64
	Terreno 4	Sabbie	32.64	15.5	17.14
	Terreno 2	Limi argillosi superficiali	17.14	5	12.14
	Terreno 4	Sabbie	12.14	-	-

4.3 Livelli di falda

I livelli di falda utilizzati nella progettazione delle opere sono stati definiti coerentemente con le misurazioni piezometriche effettuate tra aprile 2014 e febbraio 2018 e con quanto previsto nel PD (cfr. Relazione Idrogeologica progetto definitivo IN0D00DI2RHGE0002003A); dunque, i livelli della falda di riferimento, per il dimensionamento delle opere in fase transitoria, valgono:

1. quota della falda di riferimento in fase di costruzione: pari alla falda media "misurata" incrementata di 0.5 m;
2. quota della falda a breve termine: pari alla falda media "misurata" incrementata di 3.0 m. Tale livello è stato utilizzato per il dimensionamento del tampone in jet grouting e delle opere di sostegno a breve termine, cioè a scavi aperti in assenza di jet grouting;
3. quota della falda a lungo termine: pari alla falda media "misurata" incrementata di 4.5 m. Tale livello è stato utilizzato per il dimensionamento delle opere di sostegno a lungo termine.

In sede di PD, la progettazione della galleria artificiale è stata effettuata assumendo la falda di costruzione come quota di riferimento per il dimensionando opere di scavo e tampone di fondo.

Nel corso della presente fase di progettazione esecutiva, è stato ritenuto più vantaggioso modificare tale criterio progettuale dimensionando opere di sostegno a scavi aperti (in assenza delle strutture interne) e tampone di fondo sulla falda di breve termine. Questo comporta un certo incremento delle incidenze di armatura dei diaframmi dovuto al fatto che essi ora sono dimensionati per sopportare in fase di scavo, in assenza del solettone di fondo, una escursione della falda fino al livello di breve termine.

Lungo l'estensione della GA01-B la falda riferimento in fase di breve termine utilizzata per opere di scavo e tampone di fondo varia tra 42.8÷41.8m s.l.m circa. La profondità di tale falda da piano campagna si attesta

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 13 di 101

quindi intorno ai 3.5-5.4.5m nel tratto iniziale e centrale della GA01-B riducendosi leggermente nel tratto terminale fino a circa 3-3.5m

I livelli di falda di breve termine nelle tratte in esame determinano un battente di circa 10-10.5 m sul fondo scavo. È il battente più elevato lungo l'intera galleria artificiale San Martino Buon Albergo.

4.4 Parametri geotecnici per la tratta in esame

Parametri di riferimento per le stratigrafie individuate sono riassunti nella successiva tabella

Tabella 2: Parametri geotecnici caratteristici

Unità	Descrizione	γ	c'	φ'	k	C_u	G_0	E_{vc}	E_{UR}
		[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[m/sec]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	Riporto	18-19	-	28 - 30	-	-		20	60
6	Ghiaie con sabbia	19-20	-	40 - 42	$10^{-3}/10^{-4}$	-	120-180	125	200
4	Sabbie	19-20	-	36 - 40	$10^{-4}/10^{-5}$	-	150-200	150	240
2	Limi argillosi*	19-20	5 -10	26 - 28	$10^{-6}/10^{-7}$	100 - 150	80	20	32

* i parametri si riferiscono allo strato limoso argilloso più superficiale di natura discontinua e riscontrabile a tratti al contatto tra sabbie e ghiaie

γ : Peso di volume

c' : coesione efficace

φ : Angolo di resistenza al taglio

k : Permeabilità

C_u : Coesione non drenata

G_0 : Modulo di taglio iniziale

E_{vc} : Modulo di Young di primo carico

E_{UR} : Modulo di Young di scarico/ricarico

4.5 Parametri geotecnici del terreno trattato

I parametri di riferimento per il terreno trattato con il tampone di fondo sono i seguenti:

Unità stratigrafiche 4 – 6 (materiali sabbiosi – ghiaiosi cfr.§0)

- peso di volume del terreno consolidato $\gamma = 20\text{kN/m}^3$
- resistenza a compressione del terreno consolidato $\sigma_c \geq 3.0\text{ MPa}$
- coesione del terreno consolidato $c' \geq 1000\text{ kPa}$
- angolo d'attrito interno $\varphi' \geq 38^\circ$
- modulo E_{c50} del terreno consolidato $E_{c50} \geq 2500\text{ MPa}$
- coefficiente di Poisson $\nu = 0.3.$
- permeabilità $k < 5 \times 10^{-7}\text{ m/s (min.} 1 \times 10^{-6}\text{ m/s)}$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 14 di 101

5 DESCRIZIONE DELLE OPERE

5.1 Aspetti generali

La galleria artificiale S. Martino è lunga 1900m ed è suddivisa in 5 differenti WBS riassunte nella successiva tabella.

Tabella 3 WBS GA01

WBS	Progressiva inizio (m)	Progressiva fine (m)	Lunghezza (m)
GA01-A	4+942.53	5+336.53	393.91
GA01-B	5+336.53	5+856.53	549.50
GA01-C	5+856.53	6+184.03	297.43
GA01-D	6+184.03	6+241.33	57.36
GA01-E	6+241.33	6+842.53	602.24

Per tutte le WBS il sistema di opere di sostegno necessarie all'esecuzione degli scavi per la realizzazione della galleria artificiale (la cui disposizione planimetrica generale è rappresentata in Figura 2) è costituito principalmente da diaframmi in c.a di spessore 1.0m. Lo scavo dei diaframmi è realizzato in presenza di fango stabilizzante con benna mordente e con una sequenza primari/secondari tale da minimizzare il numero dei giunti, così come rappresentato negli elaborati grafici di progetto. Considerato il battente della falda, per tutti i giunti è previsto l'impiego di palancole di spalla e giunto water stop tra un pannello e l'altro.

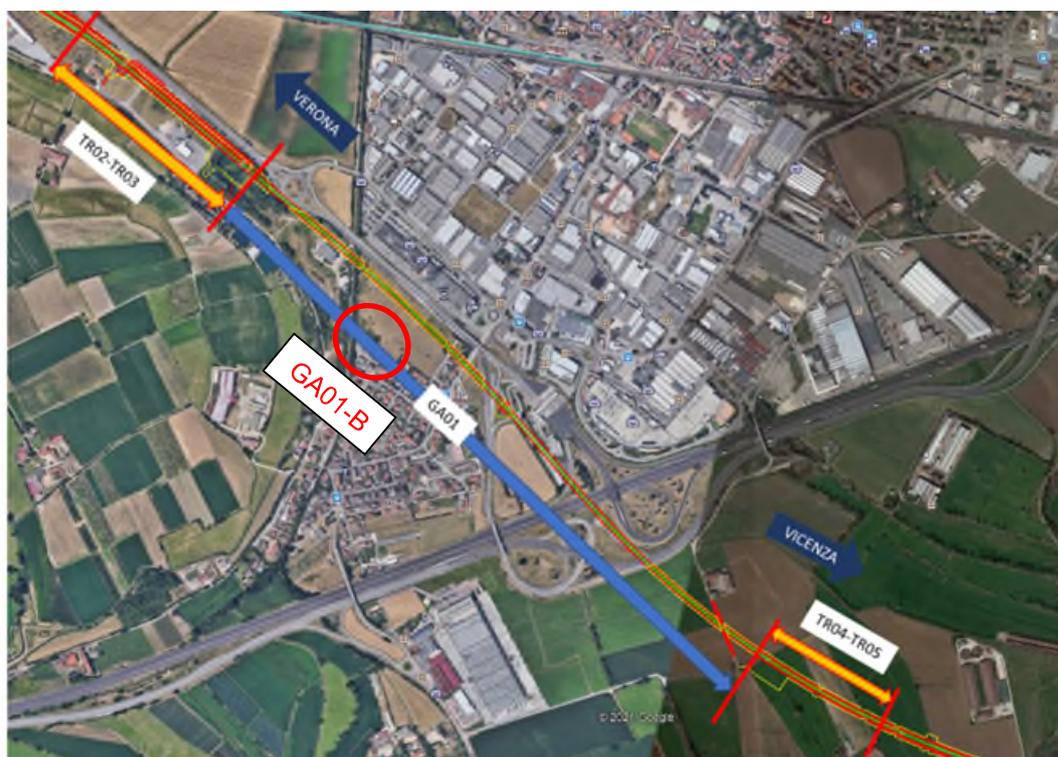


Figura 2 Planimetria di inquadramento galleria artificiale GA01 e trincee

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 15 di 101

Come brevemente accennato nel §1, la galleria artificiale è costituita da una struttura scatolare di luce interna tra diaframmi di 12m avente un ricoprimento variabile tra 1.0 e 4.0m. La necessità di predisporre impianti tecnologici e di sicurezza in apposite nicchie (nicchie QdT (quadro di tratta), nicchie RA ed amplificatori) lungo lo sviluppo della galleria comporta un incremento della luce interna fino a 4.40m distanziando quindi i diaframmi fino a 16.40m. La copertura appoggia sui diaframmi in c.a. ed è costituita da travi prefabbricate di altezza 1.3m e soletta di completamento di spessore 0.25m realizzata in opera con armatura lenta. In corrispondenza delle nicchie tecnologiche, considerata la maggiore luce, l'altezza delle travi è pari a 1.50 m. La connessione tra diaframma e solaio di copertura è realizzata con una trave di coronamento di larghezza 2.05m ed altezza complessiva di 1m in cui sono posizionati i ferri di attesa sia per il collegamento con la copertura, sia per il collegamento con le contropareti. Le contropareti interne hanno uno spessore nominale di 0.8m, altezza 8.40m e spiccano dal solettone di fondo avente spessore di 1.0m.

Per il dimensionamento delle contropareti si è tenuto conto delle tolleranze esecutive dei diaframmi stimate pari a 10cm. Tale tolleranza è coerente con i requisiti del 'Capitolato Generale Tecnico di Appalto Parte II – Sezione 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE' di RFI, Sezione 8.9.3. Per comodità, i requisiti RFI sono riproposti di seguito.

Tabella 8.9.1: Tolleranze

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO	UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA		
1 - DIAFRAMMI	1.1	Posizionamento planimetrico cordoli guida	mm	5	di progetto	20	
	1.2	Posizionamento altimetrico cordoli guida	mm	2	di progetto	20	
	1.3	Profondità "L" diaframma	mm	2	di progetto	+L/100	
	1.4	Verticalità diaframma (generico)	%	0.4	di progetto	0.5	
	1.5	Verticalità diaframma (realizzato con idrofresa)	%	0.4	di progetto	0.4	
	1.6	Copriferro armatura metallica	mm	1	60	-10	
	1.7	Passo di posizionamento distanziatori	mm	10	30	+100	
2 - PALANCOLATI	2.1	Posizionamento planimetrico palancolato	mm	5	di progetto	50	
	2.2	Profondità d'infissione palancolato	mm	5	di progetto	50	

Figura 3 Tolleranze costruttive RFI (Estratto Sez. 8.9.3)

La Figura 4 e Figura 5 mostrano una sezione trasversale esplicativa dell'opera nella quale si possono apprezzare i livelli di falda di costruzione, di breve e lungo termine così come si possono osservare i diversi trattamenti jet-grouting previsti per la stabilizzazione del fondo scavo della galleria. Maggiori dettagli sulla funzionalità e criteri di dimensionamento dell'intervento jet grouting sono forniti nella relazione IN1711EI2RHGA0100001A.

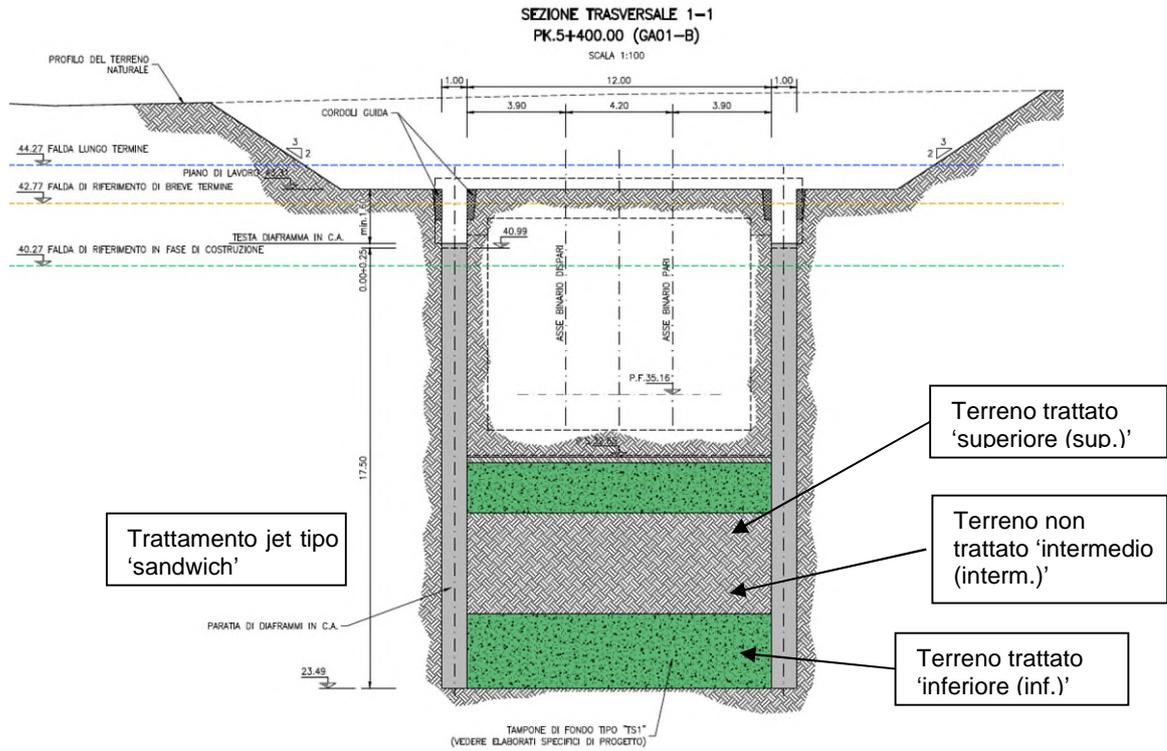


Figura 4 Sezione tipologica con trattamento jet tipo 'sandwich' con doppio strato

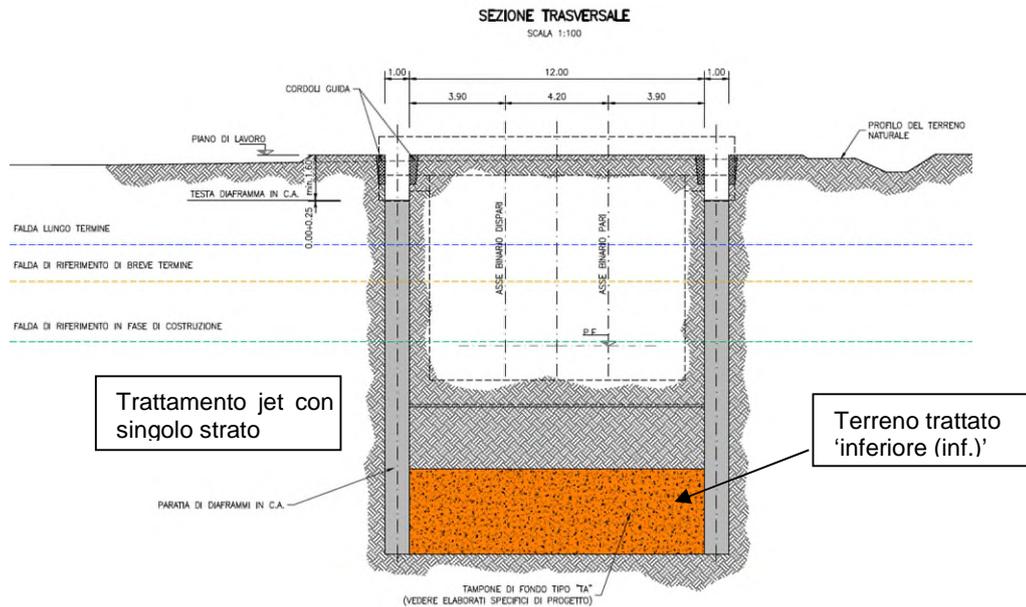


Figura 5 Sezione tipologica con trattamento jet compensato con singolo strato al piede dell'opera di sostegno

Le caratteristiche dei singoli schemi di sostegno proposti per la GA01-B sono descritte nel §5.3 di seguito.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 17 di 101

5.2 Geometria delle opere di sostegno

Nel seguito sono descritte sinteticamente le caratteristiche delle opere di sostegno sottoposte a verifica nei successivi paragrafi:

▪ Diaframmi Sezione di calcolo TS-2

Con la sezione di calcolo *TS-2* si identificano i seguenti diaframmi:

- Lunghezza diaframma: 17.3m da quota testa diaframma. Si identifica come 'quota testa diaframma' la quota di intradosso della trave di coronamento di altezza 1.0m sulla quale appoggia la soletta di copertura (vedi particolare esemplificativo in Figura 6).
- Lunghezza di infissione paratia: 8.5m
- Intervento di consolidamento: intervento jet-grouting 'sandwich' con doppio strato di geometria seguente:
 - o Spessore terreno trattato superiore: 2.0m
 - o Spessore terreno non trattato intermedio: 4.0m
 - o Spessore terreno trattato inferiore: 2.5m
- Altezza di scavo: 8.40 m da testa paratia.

▪ Diaframmi Sezione di calcolo TS1

Con la sezione di calcolo *TS-1* si identificano i seguenti diaframmi:

- Lunghezza diaframma: 17.8m da quota testa diaframma
- Lunghezza di infissione paratia: 9.0m
- Intervento di consolidamento: intervento jet-grouting 'sandwich' con doppio strato di geometria seguente:
 - o Spessore terreno trattato superiore: 2.0m
 - o Spessore terreno non trattato intermedio: 4.5m
 - o Spessore terreno trattato inferiore: 2.5m
- Altezza di scavo: 8.40 m da testa paratia.



Figura 6 Sezione trasversale nodo di copertura

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 18 di 101

5.3 Schemi di calcolo

Il metodo di realizzazione previsto per il tratto GA01-B della galleria San Martino Buon Albergo è di tipo Top-Down nel quale lo scavo in sotterraneo della galleria avverrà dopo la realizzazione del solettone di copertura.

5.3.1 Criteri di identificazione delle sezioni di calcolo

Le sezioni di calcolo rappresentative del comportamento geotecnico e strutturale dal tratto di galleria in esame sono state selezionate sulla base dei seguenti criteri:

- individuazione del battente idraulico della galleria inteso come differenza di quota tra il livello di falda di costruzione ed il fondo scavo;
- dimensionamento del trattamento jet grouting necessario per la stabilità del fondo scavo;
- suddivisione del tratto di galleria in esame in tratti omogenei di trattamento jet;
- studio e risoluzione delle interferenze stradali presenti lungo il tracciato della galleria
 - o per il tratto GA01-B in esame è stata riscontrata l'interferenza con il torrente Rossella WBS IN12 alla progressiva 5+286 circa. La risoluzione di tale interferenza non ha comportato la necessità di identificare ulteriori schemi di calcolo o modifica dei criteri di verifica esposti al §6.
- analisi della variabilità del ricoprimento dell'opera ed individuazione della sezione di massimo ricoprimento.
- analisi delle spinte laterali indotte dalla presenza di eventuali rilevati a tergo delle opere di sostegno della galleria artificiale.

In merito a quest'ultimo aspetto, l'interferenza con il rilevato della Tangenziale sud non ha determinato la necessità di introdurre diversi schemi di calcolo. Nel paragrafo 8.2.1 si è infatti verificato che la presenza dell'eventuale rilevato non induca sollecitazioni più gravose rispetto a quelle imposte dal sovraccarico laterale considerato nel modello corrente. Uno schema illustrativo della configurazione topografica e relativa influenza sul cuneo di spinta attivo agente sui diaframmi è riportato nella figura seguente.

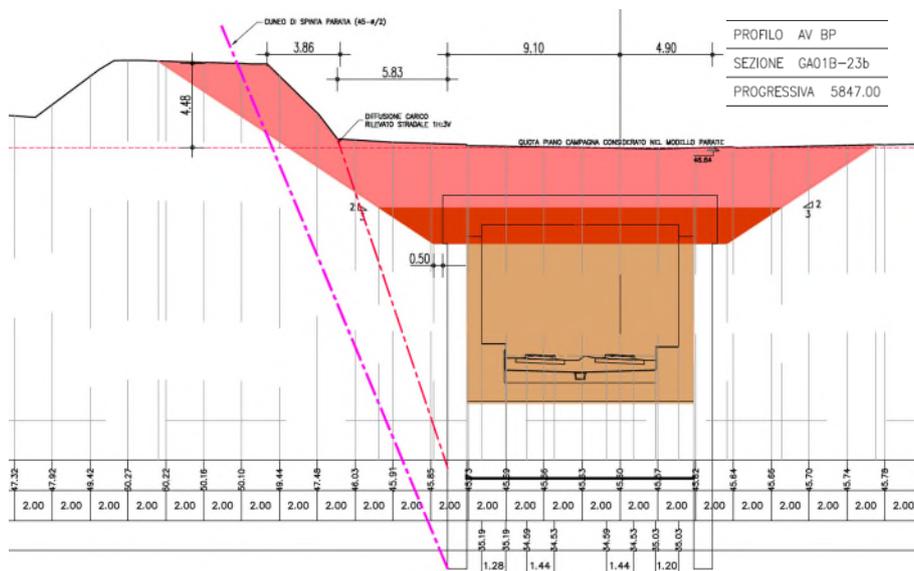


Figura 7 GA01-E – Analisi spinte del terreno in corrispondenza rampa Tangenziale Sud (Pk 5+847).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 19 di 101

5.3.2 Caratteristiche e quote di riferimento delle sezioni di calcolo

Gli schemi rappresentativi per il dimensionamento del tratto di galleria GA01-B sono riassunti nelle tabelle seguenti (Tabella 4 e Tabella 5).

In particolare, la Tabella 4 individua i tratti omogeni della galleria per i quali si prevede un intervento jet tipo 'sandwich' con doppio strato (acronimo 'TS') o jet compensato con singolo strato (acronimo 'TA'). Per ciascun tratto si è sviluppato un opportuno modello di calcolo descritto nel §5.3.3.

Tabella 4 Caratteristiche delle sezioni di calcolo

Sezioni di riferimento	Battente idraulico (m)	Tipologia di intervento jet	Dettagli intervento	Denominazione Modello
Progressiva Pk 5+425	≈10.5	Tampone 'sandwich' con doppio strato	Spessore trattato sup: 2m Spessore non trattato interm.: 4.5m Spessore trattato inf: 2.5m	TS1
Progressiva Pk 5+800	≈10	Tampone 'sandwich' con doppio strato	Spessore trattato sup: 2m Spessore non trattato interm.: 4m Spessore trattato inf: 2.5m	TS2

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 20 di 101	

Tabella 5 Quote di riferimento delle sezioni di calcolo

	Quota piano campagna	Spessore ricoprimento copertura	Quota testa copertura	Quota testa paratia	Quota testa solaio di fondo	Quota fondo scavo	Quota falda costruzione	Battente idraulico su falda di costruzione	Dati tampone di fondo					Quota piede paratia	Quota falda breve termine	Quota falda lungo termine
									Spessore terreno trattato sup.	Quota base terreno trattato sup.	Spessore terreno trattato inter.	Quota base terreno trattato inf.	Spessore terreno trattato inf.			
	mslm	m	mslm	mslm	mslm	m	mslm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Sez. TS1 (Pk 5+425)	47.17	≈3.5	43.62	41.02	33.62	32.52	40.34	≈7.8	2	30.52	4.5	26.02	2.5	23.52	42.84	44.34
Sez. TS2 (Pk 5+800)	46.64	≈3.5	43.21	40.61	33.21	32.11	39.72	≈7.5	2	30.11	4.0	26.11	2.5	23.61	42.22	43.72

 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 21 di 101

5.3.3 Fasi costruttive considerate

Di seguito sono descritte brevemente la sequenza delle fasi salienti considerate degli schemi di calcolo 'TS-1' e 'TS-2' sviluppati per il progetto della GA01-B. Tale successione è identica per entrambi gli schemi.

Tabella 6 Sequenza fasi costruttive assunte nella progettazione

No. Fase	Descrizione	
1	Condizioni iniziali	Modellazione della condizione esistente in termini di quota piano campagna, stratigrafia, regime e quota di falda, eventuali carichi preesistenti (La falda considerata da Fase 1 a Fase 10 è la falda di costruzione).
2	Scavo fino a piano di lavoro	Applicazione accidentale di cantiere di 20kPa a piano campagna e scavo con pendenza 2V:3H da piano campagna a quota piano lavoro (lungo la GA01-B il piano di lavoro varia tra 43.52 e 42.47m slm c.a. mantenendosi sempre al di sopra della falda di breve termine).
3	Esecuzione dei diaframmi	Realizzazione delle corree di guida. Scavo dei diaframmi, posa delle gabbie di armatura e getto del calcestruzzo.
4	Realizzazione jet-grouting'	Realizzazione intervento jet tipo 'sandwich' con doppio strato al di sotto della quota di fondo scavo della galleria artificiale (Figura 8)
5	Scavo fino a quota testa paratia	Approfondimento pre-scavo da quota piano di lavoro a quota testa paratia. Lungo la GA01-B la testa paratia varia tra 41.69 e 40.46m slm c.a.
6	Realizzazione trave di coronamento	Realizzazione trave di coronamento di altezza 1.0m e larghezza 2.05m
7	Costruzione solettone di copertura	Posa in opera della trave di prefabbricata. Predisposizione di tubi getto per la realizzazione futura della controparete interna. Getto di completamento della soletta di copertura di completamento e del nodo di connessione con i diaframmi.
8	Ripristino quota piano campagna	Ricoprimento al di sopra della copertura fino a quota piano campagna iniziale.
9	Carico accidentale	Applicazione accidentale di 20kPa a piano campagna e sul ricoprimento posato sulla copertura.
10	Scavo quota fondo scavo	Scavo fino a quota imposta soletta
11	Risalita falda a quota di breve termine	Innalzamento transitorio del livello di falda da quota falda di costruzione a quota breve termine. Tale innalzamento può avvenire causa evento meteorico improvviso.
12	Discesa falda a quota di breve costruzione	Esaurimento degli effetti dell'evento meteorico improvviso con conseguente abbassamento del livello di falda da quota di breve termine a quota di costruzione, livello che rappresenta le condizioni statiche quasi-permanenti in condizioni iniziali ad opere ultimate.
13	Costruzione solaio di fondo	Posa in opera dell'impermeabilizzazione e del massetto di fondazione. Posa delle gabbie di armatura del solaio di fondo ed attese delle contropareti inclusa. Getto del solaio di fondo.
14	Costruzione contropareti	Posa in opera dell'impermeabilizzazione e getto della contropareti interne.
15	Condizioni di lungo termine	Simulazione del degrado completo dell'intervento di jet-grouting realizzato precedentemente.
16	Condizioni di lungo termine	Simulazione delle condizioni di lungo termine. Innalzamento del livello di falda da quota falda di costruzione a quota lungo termine. Riduzione dei moduli elastici delle strutture da istantanei a quelli di lungo termine e raggiungimento condizioni quasi permanenti di lungo termine
17	Condizioni sismiche	Attivazione del carico sismico definito con il metodo pseudostatico.

Le condizioni di lungo termine della struttura sono state simulate assumendo che la falda risalga dalla quota di costruzione a quella di lungo termine. Tale condizione è stata suddivisa in due step di calcolo distinti per cogliere l'effetto della perdita dell'azione stabilizzante del tampone jet e simulare un decadimento dei parametri

di resistenza del jet grouting a lungo termine. In condizioni di massima spinta della quota di falda, infine, è applicata l'azione sismica sui diaframmi. Si rimanda al §6.1 per i criteri assunti per l'interazione tra diaframmi e strutture interne nella condizione di lungo termine e applicazione dell'azione sismica.

Si rimanda al §7 e 8 per maggiori dettagli sulla modellazione delle singole sezioni di calcolo considerate ed i risultati delle analisi effettuate.

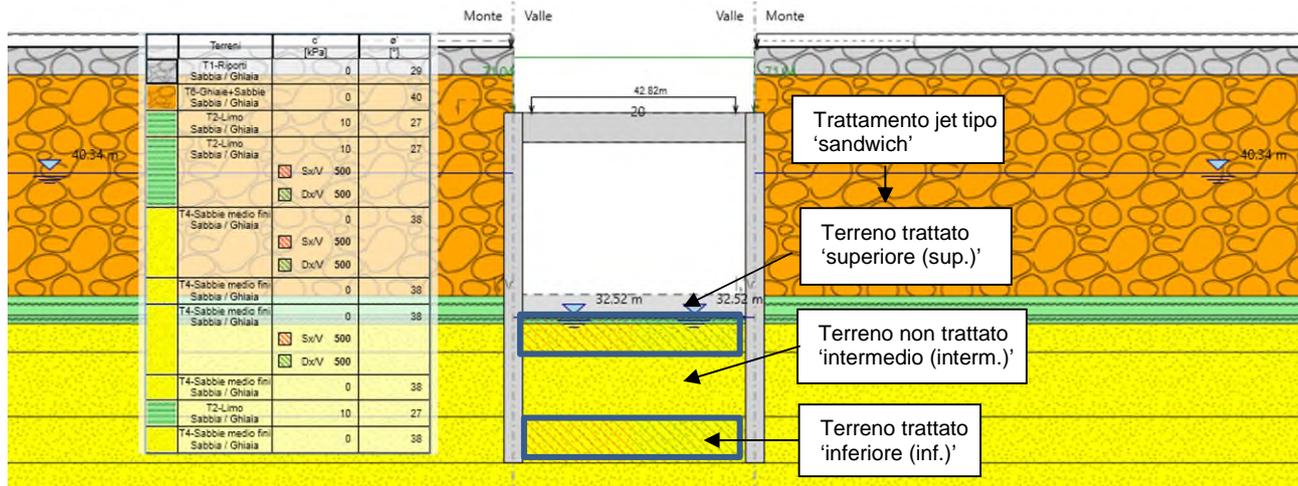


Figura 8 Sezione 'TS1' - Schema esemplificativo di una costruttiva definita nel modello di calcolo

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 23 di 101

6 CRITERI DI VERIFICA

6.1 Criteri di dimensionamento e modellazione delle opere di sostegno

6.1.1 Riferimenti normativi

Le verifiche sono condotte, in osservanza al D.M. del 14.01.2008 “Norme tecniche per le costruzioni”, attraverso il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite.

Il calcolo delle paratie viene eseguito in accordo con il § 6.5.3.1.2 delle NTC, per quanto riguarda la verifica nei confronti degli Stati Limite Ultimi e degli Stati Limite di Esercizio in condizioni statiche.

Al fine di rappresentare il comportamento delle paratie durante le fasi di lavoro (scavi ed inserimento degli elementi di contrasto) è opportuno l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare l'interazione, in fase elasto-plastica, tra terreno e paratia. Per questo scopo si impiega il programma di calcolo “Paratie Ceas v. 7.0” che consente di studiare elementi strutturali tipo “beam” disposti su un letto di molle di tipo elasto-plastico in modo da tenere conto dell'interazione con il terreno e con gli eventuali puntoni intermedi.

6.2 Modellazione delle sezioni e sistemi di vincolo

La descrizione completa dei criteri di modellazione utilizzati per il calcolo delle opere di sostegno dell'intera galleria artificiale San Martino Buon Albergo è fornita nella relazione IN1711E12RHGA0100001A dei criteri di dimensionamento delle opere di sostegno della GA01.

Per le ragioni indicate nella relazione sopra citata, i diaframmi previsti per il tratto GA01-A della galleria sono stati progettati assumendo due diversi schemi di vincolo del nodo diaframma-solettone di copertura:

- *Vincolo di appoggio*: la paratia è stata dimensionata lato scavo assumendo che ci sia un vincolo tipo ‘cerniera’ a quota asse copertura.
- *Vincolo di incastro*: Le sollecitazioni flettenti e taglianti dedotte da tale schema alla quota di testa paratia sono state utilizzate per dimensionare le armature lato terra della paratia. Sulla copertura sono applicati tutti i massimi carichi permanenti e variabili, al netto del peso proprio, le cui sollecitazioni sono affidate alle travi di copertura nella fase iniziale di getto in auto-portanza.

Come indicato nella relazione sui criteri di dimensionamento, per quantificare l'interazione tra diaframmi e struttura interna a lungo termine, si assume che la spinta delle terre possa essere ripartita in ragione del rapporto r tra le rigidezze degli elementi strutturali posti a contatto:

$$r = \frac{E_p I_p}{E_p I_p + E_c I_c}$$

dove:

E_p : modulo elastico della paratia;

I_p : momento inerzia della paratia;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 24 di 101

E_c: modulo elastico della controparete;
I_c: momento di inerzia della controparete;

Tale criterio si applica a tutte le fasi di calcolo di lungo termine identificate come tali nella Tabella 6 di §5.3.3. Nel caso specifico in esame, il rapporto “r” sopra definito è stato determinato, a favore di sicurezza, considerando le diverse classi di calcestruzzo dei due elementi così come lo spessore minimo della controparete pari a 70 cm. Nella successiva tabella (Tabella 7) sono indicate le percentuali di ripartizione applicate alle sollecitazioni flettenti e taglianti tra diaframmi e contropareti nelle condizioni di lungo termine.

Tabella 7 Calcolo ripartizione tra controparete e diaframma

METODOLOGIA RIPARTIZIONE FODERA-DIAFRAMMA

Calcolo sezione equivalente

Spessore diaframma	S _d	1 m
Classe CLS diaframma	fck_diaf	25 MPa
Classe CLS controfodera	fck_fod	30 MPa
Modulo Elastico Diaframma	E_diaf	3.15E+04 MPa
Modulo Elastico Fodera	E_fod	3.43E+04 MPa
Spessore controfodera	S _f	0.7 m
Inerzia paratia	I _{diaf}	0.0833 m ⁴
Inerzia diaframma	I _{fod}	0.0286 m ⁴
Inerzia diaframma equivalente BT	I _{diaf_eq}	0.1145 m ⁴
Spessore equivalente in parallelo BT	S _{eq} =(S _d ³ +S _f ³) ^{1/3}	1.112 m
Percentuali di ripartizione		
Partie	r partie	72.8 %
Controparete	r controparete	27.2 %

6.2.1 Spinta del terreno in condizioni statiche

Noti i parametri di resistenza, è possibile definire il valore dei coefficienti di spinta in condizioni di equilibrio limite, come di seguito commentato; per la definizione della spinta dei terreni si rimanda alla relazione IN1711EI2RHGA0100001A.

6.2.2 Spinta del terreno in condizioni sismiche

Nel caso in cui le paratie possono considerarsi come una struttura “rigida”, poco deformabile, per esempio in presenza di più ordini di tiranti/puntoni, in accordo con § E.9 dell’Eurocodice 8, l’incremento di spinta sismico è calcolato secondo la teoria di Wood applicando la seguente pressione distribuita:

$$\Delta p = (a_g/g) \times S \times \gamma_t \times H$$

dove:

S= fattore suolo per sisma orizzontale (= S_S × S_T, Categoria C per il terreno)

a_g= accelerazione del suolo distinguendo tra fase sismica provvisoria (a fondo scavo) e definitiva (in esercizio)

γ_t= peso specifico del terreno

H = altezza totale della paratia

I valori accelerazione sismica considerati nelle analisi sono i seguenti:

- Accelerazione sismica SLV: 0.339g

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 25 di 101

- Accelerazione sismica SLD: 0.162g

6.2.3 Spinta dell'acqua

Il calcolo è stato condotto tenendo conto della presenza della falda, considerata alla quota di costruzione e successivamente innalzata alla quota breve termine per simulare gli effetti di un effetto meteorico improvviso e successivamente a quota di lungo termine. Vista la natura dei terreni interessati dall'opera si sono considerate condizioni di terreno pervio con i criteri indicati nella relazione IN1711EI2RHGA0100001A.

Le quote di falda considerate per la progettazione dei diaframmi del tratto GA01-B della galleria sono riportate in Tabella 5.

6.2.4 Passaggio moduli di lungo termine

Come ultimo step di calcolo nella progettazione delle paratie in esame, si è tenuto conto della riduzione dei moduli elastici degli elementi strutturali (paratie e strutture interne) dovute ad effetti viscosi. Tale riduzione si è assunta pari al 20% ($E_{LT} = 0.8 \times E_{BT}$).

6.3 Sovraccarico permanente in copertura

Nel caso della GA01-B si sono assunte le altezze di ricoprimento per i diversi modelli di calcolo, come indicato nella successiva tabella

$$p_r = \gamma \cdot D$$

con:

γ : peso di volume del terreno

D: differenza di quota tra piano campagna a monte e testa paratia

Tabella 8 Calcolo ripartizione tra controparete e diaframma

Modello di calcolo	Altezza max di ricoprimento (m)	Sovraccarico p in copertura (kPa)
TS1	≈3.6	≈72
TS2	≈3.5	≈70

6.4 Sovraccarico accidentale in copertura

Si è considerato un sovraccarico accidentale a monte della paratia pari a 20kPa posizionato a piano campagna ed anche sul ricoprimento disposto al di sopra del solettone di copertura una volta che questa è stata realizzata.

6.5 Combinazioni per la verifica agli SLU

Le combinazioni di carico agli stati limite considerate ai fini delle verifiche sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto nel Cap. 2 delle NTC 2008. Per i criteri generali di applicazione dei coefficienti di sicurezza e delle combinazioni di calcolo definiti nei vari modelli si rimanda alla relazione IN1711EI2RHGA0100001A.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 26 di 101

7 VERIFICHE SEZIONE TS1

I diaframmi dimensionati con tale sezione sono previsti da progressiva pk 5+336.53 alla pk 5+737 della GA01-B, per un'estensione complessiva di circa 400m. I diaframmi sono lunghi 17.8m con un'altezza di scavo di 8.40m da quota testa paratia. I parametri geotecnici caratteristici adottati per il dimensionamento dell'opera di sostegno, la stratigrafia di progetto e le ipotesi di falda sono state esposte nel §0 e 5.

7.1 Fasi di calcolo

Tale paragrafo descrive con maggior dettaglio le fasi costruttive brevemente presentate nella §5.3.3. Di seguito le fasi di calcolo e lo schema di scavo:

- Fase 0: start – nihil;
- Fase 1: condizione geostatica:
 - quota piano campagna a 47.17m slm;
 - quota falda di costruzione a quota 40.34m slm a circa 6.8m da piano campagna;
- Fase 2: Scavo fino a piano di lavoro:
 - Scavo con pendenza 2V:3H da piano campagna a quota piano lavoro variabile tra 43.52 e 43.06m slm ed applicazione del carico accidentale di cantiere di 20kPa a quota piano campagna.
- Fase 3: Realizzazione diaframmi da piano di lavoro:
- Fase 4: Realizzazione intervento jet tipo 'sandwich' con doppio strato al di sotto del piano di scavo:
 - L'intervento è così composto:
 - Spessore terreno trattato superiore: 2.0m
 - Spessore terreno non trattato intermedio: 4.5m
 - Spessore terreno trattato inferiore: 2.5m
 - L'intervento è stato modellato modificando i parametri geotecnici di base degli strati interessati di terreno considerando i seguenti parametri caratteristici:
 - valore di coesione c': 500kPa; rigidità del terreno incrementata di 20 volte rispetto ai valori caratteristici;
- Fase 5: Approfondimento pre-scavo da quota piano di lavoro a quota testa paratia per la realizzazione del solettone di copertura
- Fase 6: Realizzazione del solettone di copertura:
 - Come descritto nel §6.2, il nodo di connessione tra diaframma e copertura è stato simulato sia come una 'cerniera' che 'pienamente incastrata'. La copertura è stata pertanto modellata in Paratia come elemento 'soletta' di spessore 1.6m.
- Fase 7: Posa in opera del ricoprimento al di sopra della copertura tale da stabilire la quota di piano campagna:
 - Lo spessore di ricoprimento considerato lungo tale tratto è pari a 3.6m.
- Fase 8: Applicazione del carico accidentale di 20kPa a piano campagna

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 27 di 101

- Fase 9: Scavo della Galleria fino a quota di fondo scavo 32.52m, 10.7m circa al di sotto del piano di lavoro
 - In tale fase, la quota falda di valle tra le paratie è stata considerata cautelativamente a quota di fondo scavo.
- Fase 10: Risalita falda a quota di breve termine:
 - Innalzamento del livello di falda quota falda da quota falda di costruzione a quota breve termine. Con tale scenario si riproduce le condizioni di un innalzamento del livello di falda a causa evento meteorico improvviso (il §7.3.1 riporta la verifica della stabilità del fondo scavo nei confronti di tale evento).
- Fase 11: Discesa falda a quota di breve costruzione
 - Con tale fase, si assumono che gli effetti di un evento meteorico improvviso siano esauriti e che il livello di falda diminuisca alla quota di falda di costruzione.
- Fase 12: Costruzione del solettone di fondo:
 - Il solettone di fondo è stato modellato in Paratie con un elemento di tipo 'Puntone' alla quota dell'asse del solaio 33.12m.
- Fase 13: Costruzione delle contropareti interne di spessore 0.80m:
 - L'azione irrigidente della controparete interna è stata simulata calcolando una rigidezza equivalente tra diaframma e controparete assumendo che si comportino come elementi in parallelo' (Figura 9).

Calcolo sezione equivalente

Spessore diaframma	s_d	1 m
Classe CLS diaframma	f_{ck_diaf}	25 MP
Classe CLS controfodera	f_{ck_fod}	30 MP
Modulo Elastico Diaframma	E_{diaf}	3.15E+04 MP
Modulo Elastico Fodera	E_{fod}	3.43E+04 MP
Spessore controfodera	s_f	0.8 m
Inerzia paratia	I_{diaf}	0.0833 m ⁴
Inerzia diaframma	I_{fod}	0.0427 m ⁴
Inerzia diaframma equivalente BT	I_{diaf_eq}	0.1299 m ⁴
Spessore equivalente in parallelo BT	$s_{eq}=(s_d^3+s_f^3)^{1/3}$	1.16 m

Figura 9 Calcolo sezione equivalente diaframma-controparete interna

- Fase 14: Risalita della falda a quota di lungo termine con tampone jet grouting ancora attivo:
 - In tale fase si simula la risalita della falda a quota di lungo termine 44.34m a monte ed a valle della paratia. L'azione irrigidente del tampone jet a valle è ancora considerata presente.
- Fase 15: Quota di falda a quota di lungo termine e perdita dell'azione stabilizzante del tampone jet
 - In tale fase, parametri geotecnici dei terreni interessati dall'intervento jet vengono riportati ad i loro valori caratteristici di base
- Fase 16: Riduzione dei moduli elastici delle strutture da istantanei a quelli di lungo termine
 - Come accennato al §6.2.4, la riduzione di rigidezza degli elementi strutturali causata da effetti viscosi è stata riducendo i moduli elastici degli elementi strutturali del 20%.

- Fase 17: Applicazione dell'azione sismica
 - Applicazione del sovraccarico sismico ottenuto applicando la teoria di Wood secondo quanto descritto al §6.2.2. Tale sovraccarico è stato applicato da quota testa a quota piede paratia.
 - $\Delta p = (a_g/g) \times S \times \gamma_t \times H = \approx 125 \text{ kPa}$

Nelle figure seguenti si riportano delle immagini di alcuni step sviluppati nel modello di calcolo Paratie.

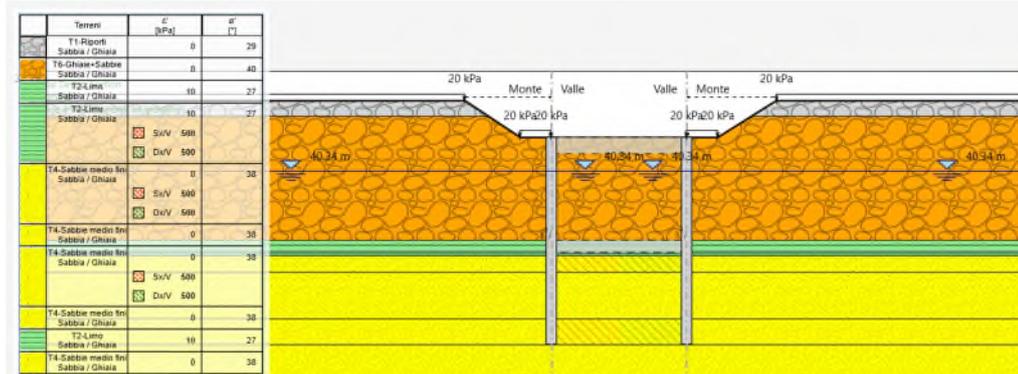


Figura 10 Fase 4-Realizzazione tampone jet tipo 'sandwich' con doppio stato

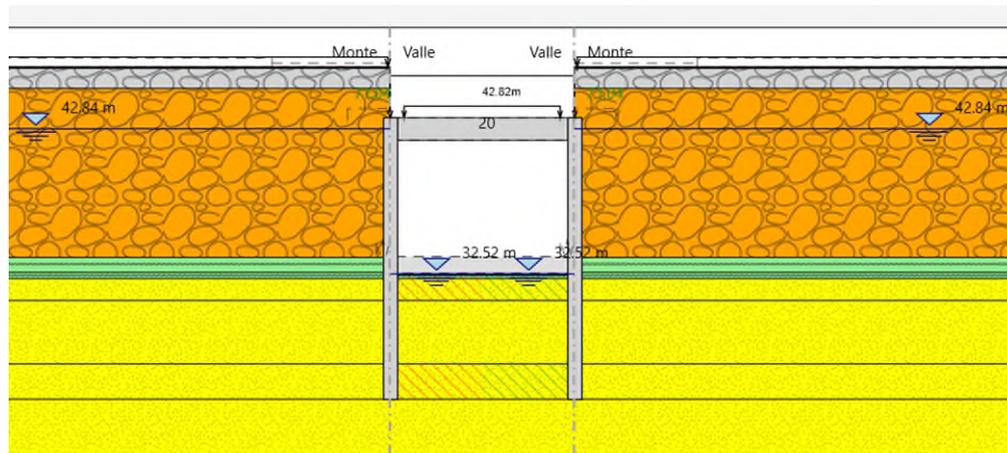


Figura 11 Fase 10-Scavo della Galleria fino a quota di fondo scavo 32.52m e falda a quota falda di breve termine

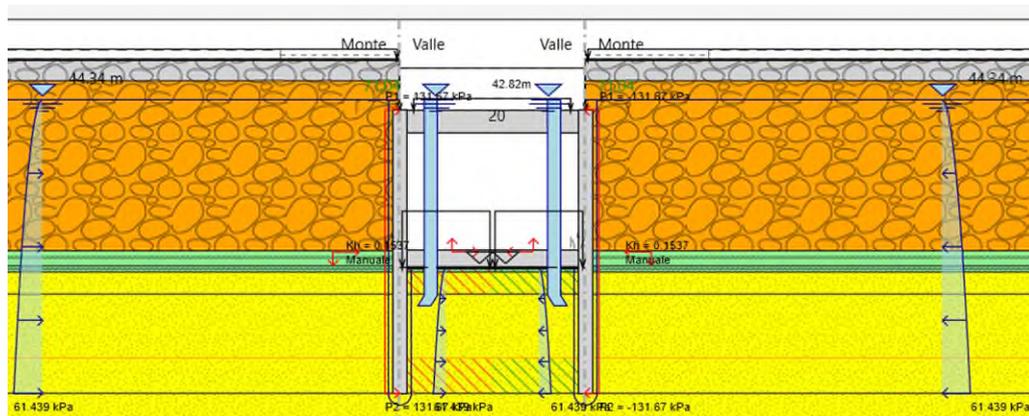


Figura 12 Fase 17-Applicazione azione sismica

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 29 di 101

7.2 Risultati di calcolo

Di seguito sono schematizzati i risultati principali del dimensionamento della paratia di sostegno. La Tabella 9 riporta gli involuipi delle sollecitazioni flettenti e taglianti al metro lineare di diaframma ottenute dai modelli sviluppati per la sezione 'TS-1'. I risultati dei modelli di copertura appoggiata ed incastrata alle paratie sono stati raggruppati secondo gli stati limite SLE-RARA, SLU A1+M1+R1 e SISMA-STR nel modo seguente:

- Condizioni di Breve Termine (BT):
Tali condizioni identificano le fasi di costruzione della galleria artificiale dalle condizioni geostatiche (Fase 0) al raggiungimento della quota di fondo scavo con falda pari alla falda di breve termine (Fase 11)
- Condizioni di Lungo Termine (LT):
Tali condizioni comprendono le fasi di calcolo nelle quali si completano le strutture definitive della galleria (Fase 12-Costruzione solaio di fondo) e si instaurano le condizioni di lungo termine (Fase 16-Riduzione dei moduli elastici delle strutture da istantanei a quelli di lungo termine).
- Condizioni Sismiche (SISMA STR):
Tali condizioni identificano le sollecitazioni che si verificano al raggiungimento dello stato limite SISMA STR definito come richiesto dalla normativa vigente.

In Figura 13 e Figura 14 vengono riportati i diagrammi delle sollecitazioni flettenti e taglianti al metro lineare di paratia. Le verifiche a taglio sono eseguite per le combinazioni SLU e SLV. In ascissa sono indicate le azioni a metro lineare di pannello, mentre in ordinata è indicata la quota altimetrica.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 					
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Progetto IN17</td> <td style="width: 15%;">Lotto 11</td> <td style="width: 30%;">Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014</td> <td style="width: 10%;">Rev. A</td> <td style="width: 25%;">Foglio 30 di 101</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 30 di 101
Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 30 di 101		

Tabella 9 Sezione 'TS1' Sollecitazioni flettenti e taglianti di verifica

	SLS-rara								SLU (A1+M+R1)							
	Schema Appoggio in copertura				Schema Incastro in copertura				Schema Appoggio in copertura				Schema Incastro in copertura			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo
	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)												
Sollecitazioni Flettenti																
Quota asse copertura	19	0	21	0	1268	0	1345	0	24	0	27	0	1733	0	1900	0
Quota intradosso copertura	7	254	7	254	921	0	964	0	9	274	9	316	1272	0	1385	0
Testa diaframma	15	552	15	552	518	0	526	0	22	611	22	691	737	0	792	0
Gabbia di armatura No.1	19	1059	19	1077	518	658	526	702	27	1282	27	1376	737	842	792	897
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	4	841	53	870	4	655	4	691	5	1093	68	1131	5	839	5	886
Gabbia di armatura No.2	635	279	635	279	328	424	328	424	825	362	825	362	407	556	407	556

	SISMA (STRU)							
	Schema Appoggio in copertura				Schema Incastro in copertura			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo
	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)
Sollecitazioni Flettenti								
Quota asse copertura	1268	0	1855	0	1268	0	1855	0
Quota intradosso copertura	921	0	1106	0	921	0	1106	0
Testa diaframma	518	0	526	0	518	0	526	0
Gabbia di armatura No.1	518	658	526	1036	518	658	526	1036
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	4	655	1268	691	4	655	1268	691
Gabbia di armatura No.2	328	372	1660	372	328	424	1660	424

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
EI2 CL GA 01 B4 0014Rev.
AFoglio
31 di 101

	Schema Appoggio in copertura				Schema Incastro in copertura				Schema Appoggio in copertura				Schema Incastro in copertura			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)
Sollecitazioni Taglianti																
Quota asse copertura	34	382	40	435	23	587	29	658	26	294	113	760	17	442	101	981
Quota intradosso copertura	12	363	12	409	12	564	12	628	9	279	9	671	9	425	9	891
Testa diaframma	10	319	10	351	10	514	10	568	7	245	7	509	7	389	7	729
Gabbia di armatura No.1	263	319	328	351	39	514	105	568	202	245	715	509	37	389	489	729
Quota estradosso solaio fondo	477	18	632	18	282	9	407	9	367	13	1379	13	224	6	1133	6
Sovrapposizione gabbia No.1-2	525	18	683	18	331	9	460	9	404	13	1455	13	262	6	1209	6
Asse solaio fondo	610	1	777	111	418	1	555	78	469	1	1591	931	329	1	1347	887
Quota intradosso solaio fondo	720	0	720	0	531	0	531	0	554	0	554	773	415	0	415	727
Gabbia di armatura No.2	782	346	782	346	607	265	607	265	602	267	1591	931	473	207	1347	887

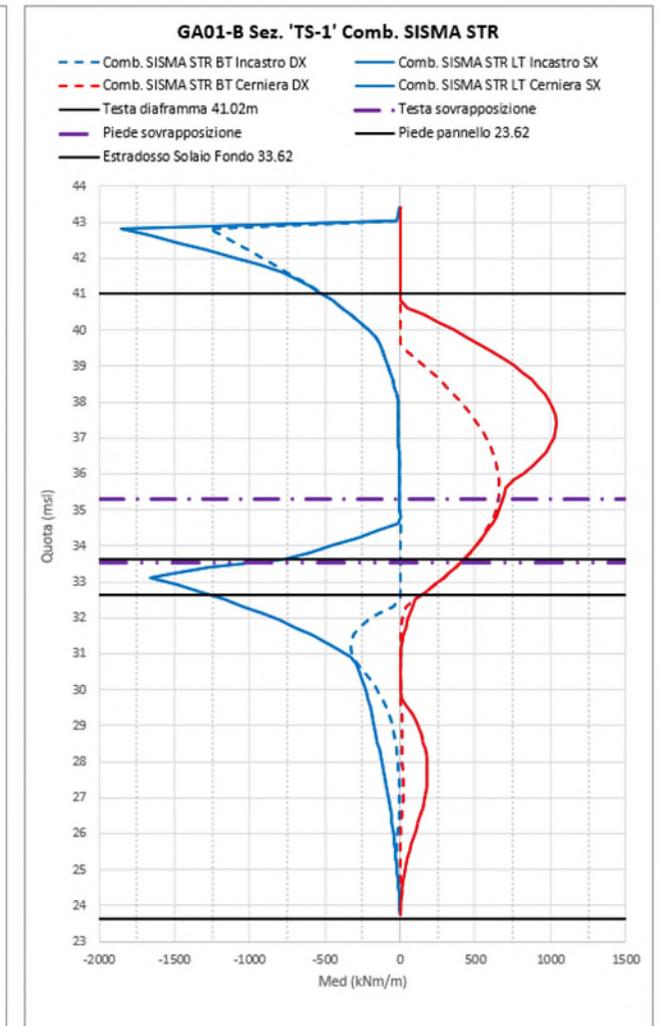
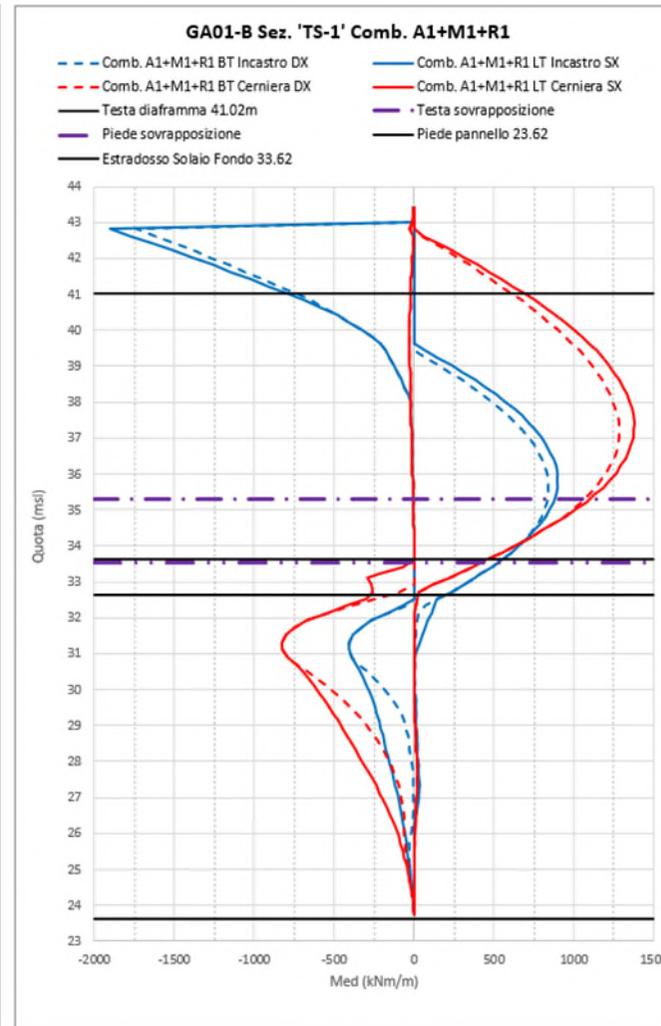
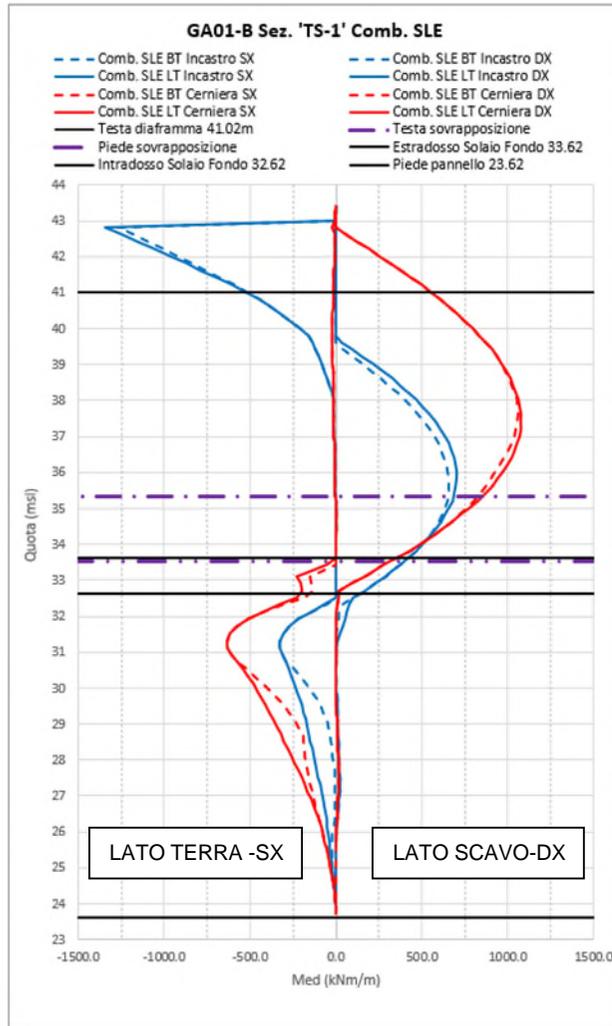


Figura 13 Sollecitazioni flettenti al metro lineare di paratia schema 'TS-1'

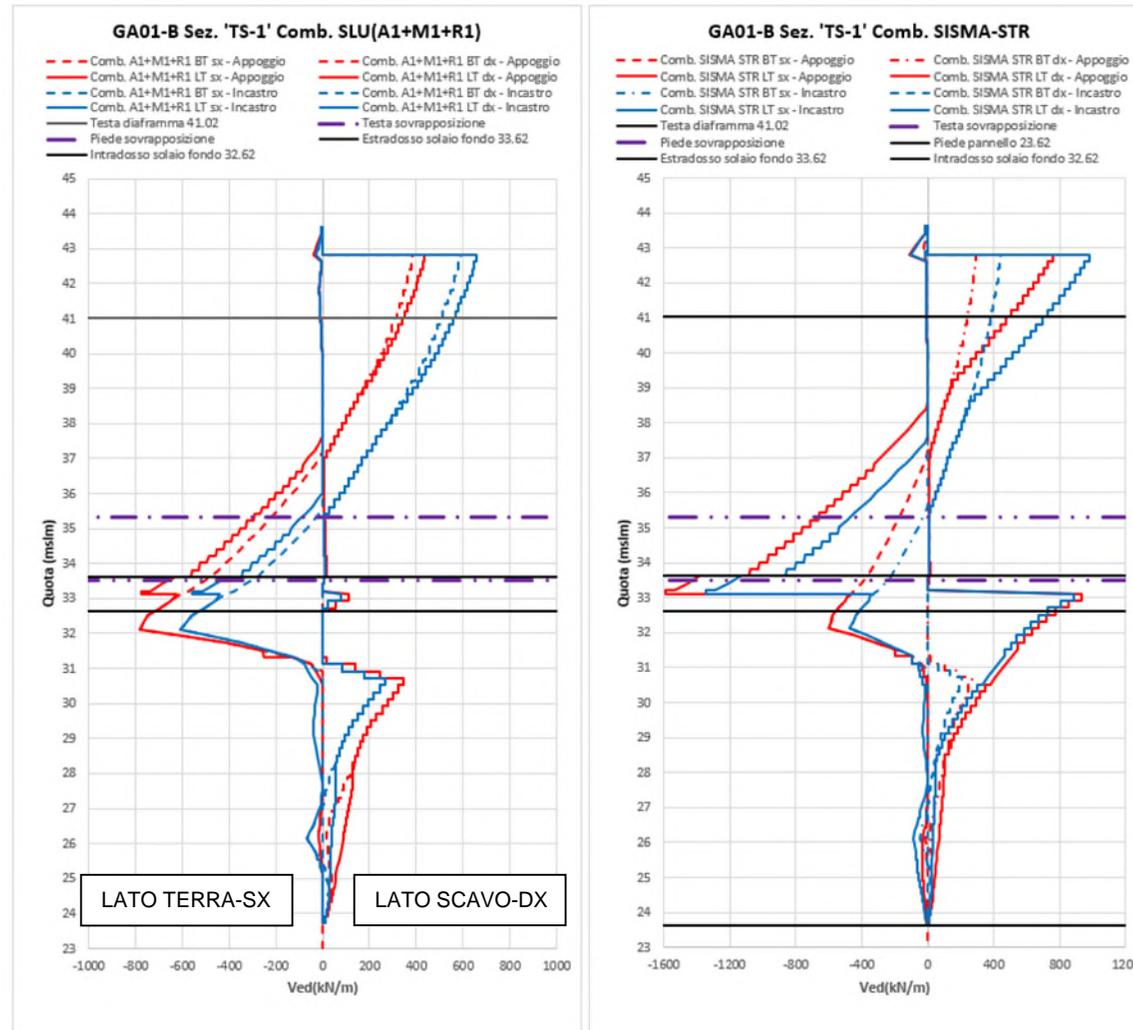


Figura 14 Sollecitazioni taglianti al metro lineare di paratia schema 'TS-1'

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 34 di 101

7.3 Verifiche geotecniche

7.3.1 Spostamenti e stabilità del fondo scavo

Come descritto nella relazione IN1711EI2RHGA0100001A dei criteri di dimensionamento delle opere di sostegno della GA01, la valutazione del corretto comportamento del modello di calcolo è basata sull'esame dei valori di spinta passiva mobilitata al piede della paratia. Il rapporto tra la risultante della spinta passiva e della spinta effettiva nel tratto infisso consente di valutare quanto la struttura disti dalla condizione limite. In combinazione SLU GEO tale rapporto deve essere maggiore o uguale a 1 affinché non sia violato il criterio di resistenza. I valori degli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante devono essere compatibili con la funzionalità della struttura da realizzare e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati di maggiore interesse sia allo SLE sia allo SLU, con riferimento agli spostamenti delle pareti e ai valori di mobilitazione della spinta passiva (Tabella 10).

Tabella 10 'TS1' Riassunto spostamento massimo laterale dei diaframmi e coefficienti di mobilitazione

Sezione di calcolo	Comb.	Spostamenti orizzontali u(mm)	%Sp (Scavo a quota fondo scavo)	%Sp (Condizione di lungo termine)
TS1 (copertura appoggiata)	SLE RARA	7 (z=38.8 m slm)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	16	32
	SLU Sisma-STR	-	-	76
TS1 (copertura incastrata)	SLE RARA	5 (z=36.7m slm)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	14	33
	SLU Sisma-STR	-	-	78

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 35 di 101

7.3.2 Verifiche deformazioni/cedimenti attesi

Gli spostamenti orizzontali attesi dei diaframmi sono modesti, sia con schema di semplice appoggio che nel caso di incastro: è presumibile che lo spostamento reale sia intermedio tra i due estremi considerati.

In base a quanto esposto nella citata relazione relativa ai criteri di dimensionamento ed agli spostamenti orizzontali massimi calcolati, si possono determinare gli spostamenti verticali massimi $S_{v,max}$ attesi a tergo della paratia e, in funzione dell'altezza di scavo H, una stima della loro distribuzione in funzione della distanza dall'opera di sostegno.

Lo spostamento verticale massimo calcolato nella sezione in analisi è pari a circa 4 mm ipotizzando lo spostamento in parete massimo pari a 5 mm per una altezza di scavo da testa copertura di circa 10 m: ne consegue una larghezza massima della conca di subsidenza di circa 15 m. Considerati lo spostamento orizzontale dei diaframmi modesti, il ciglio della Autostrada A4 è marginalmente interessato dai cedimenti indotti dallo scavo, che risultano trascurabili sotto la carreggiata autostradale posizionata a circa 15 m dal filo dello scavo.

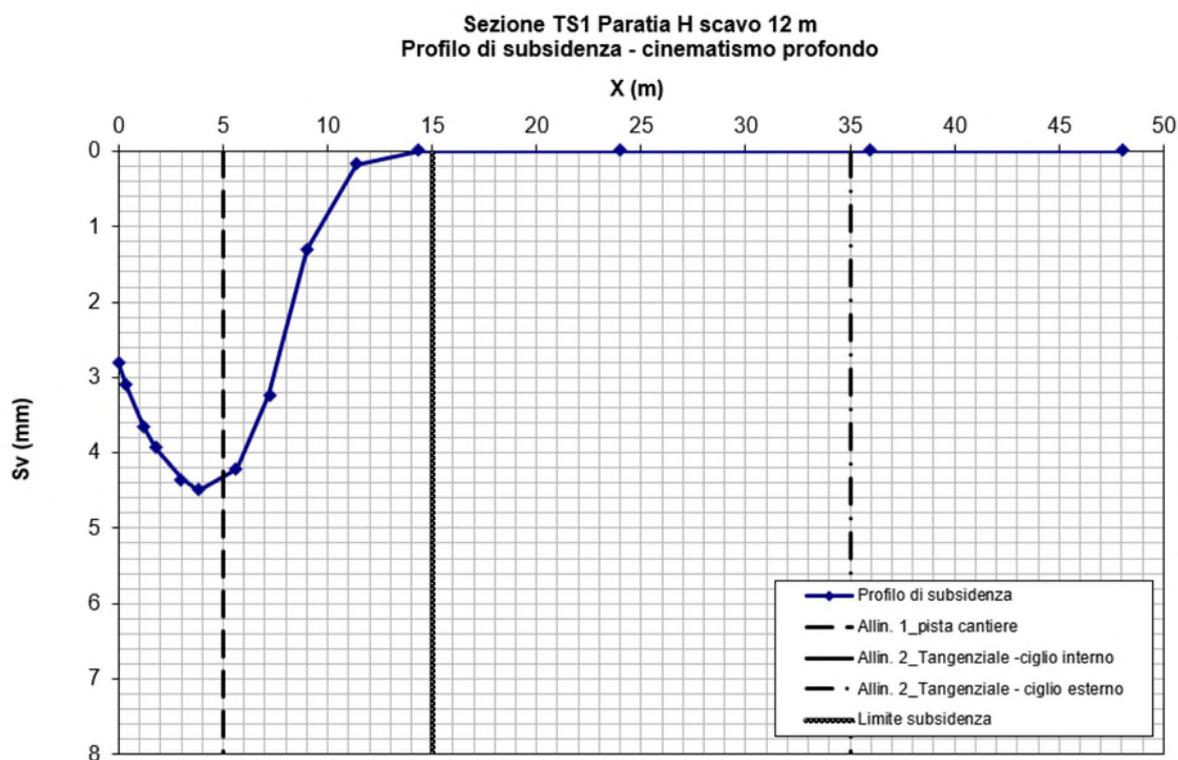


Figura 15 Diaframma TS-1- Analisi degli spostamenti attesi a piano campagna e della curva di subsidenza

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 36 di 101

7.3.3 Verifiche di capacità portante dei diaframmi

La verifica di capacità portante nella fase di breve termine (scavi aperti, massimo sovraccarico in copertura) è effettuata con i criteri riportati nella relazione IN1711E12RHGA0100001A.

Di seguito si allegano:

- Stratigrafia e parametri di riferimento
- Curve di capacità portante in condizioni A1+M1+R3 e in condizioni di esercizio per la verifica della corretta ripartizione tra capacità portante di base e capacità portante laterale al fine della limitazione dei cedimenti attesi.

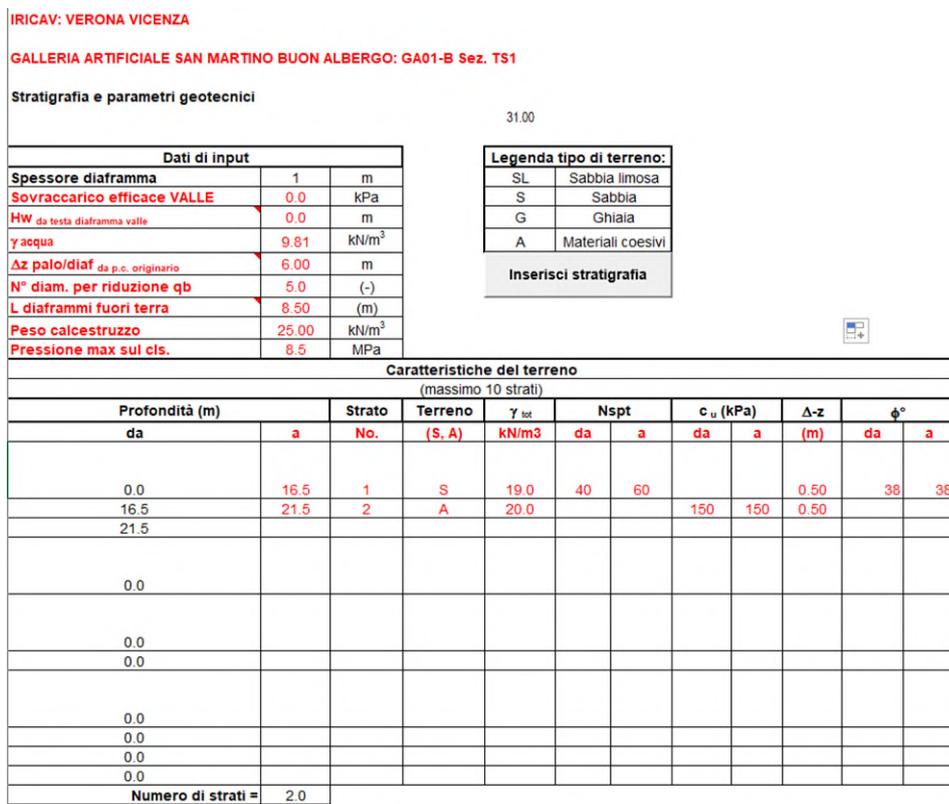


Figura 16 Sez. TS1 Capacità portante - Stratigrafia a e parametri di riferimento

Nelle tabelle seguenti si riassumono i valori di capacità portante a compressione ($R_{c,d}$) e a trazione ($R_{t,d}$), ottenuti dalla analisi, secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3).

Tabella 11 Combinazione SLU: Sollecitazioni massime di compressione e trazione e valori limiti resistenti

Combinazione di carico - SLU	Q tot
Massima compressione, Ndc, max [kN]	1281 (SLU)

Si verifica, inoltre, che lo sforzo assiale massimo in esercizio sia inferiore della resistenza laterale di calcolo ($R_{c,s,lat}$) divisa per un fattore pari a 1.25.

Tabella 12: Combinazione SLE: Sollecitazione massima di compressione

Combinazione di carico SLE	Qtot
Massima compressione, Ndc SLE, max [kN]	949 (SLE)

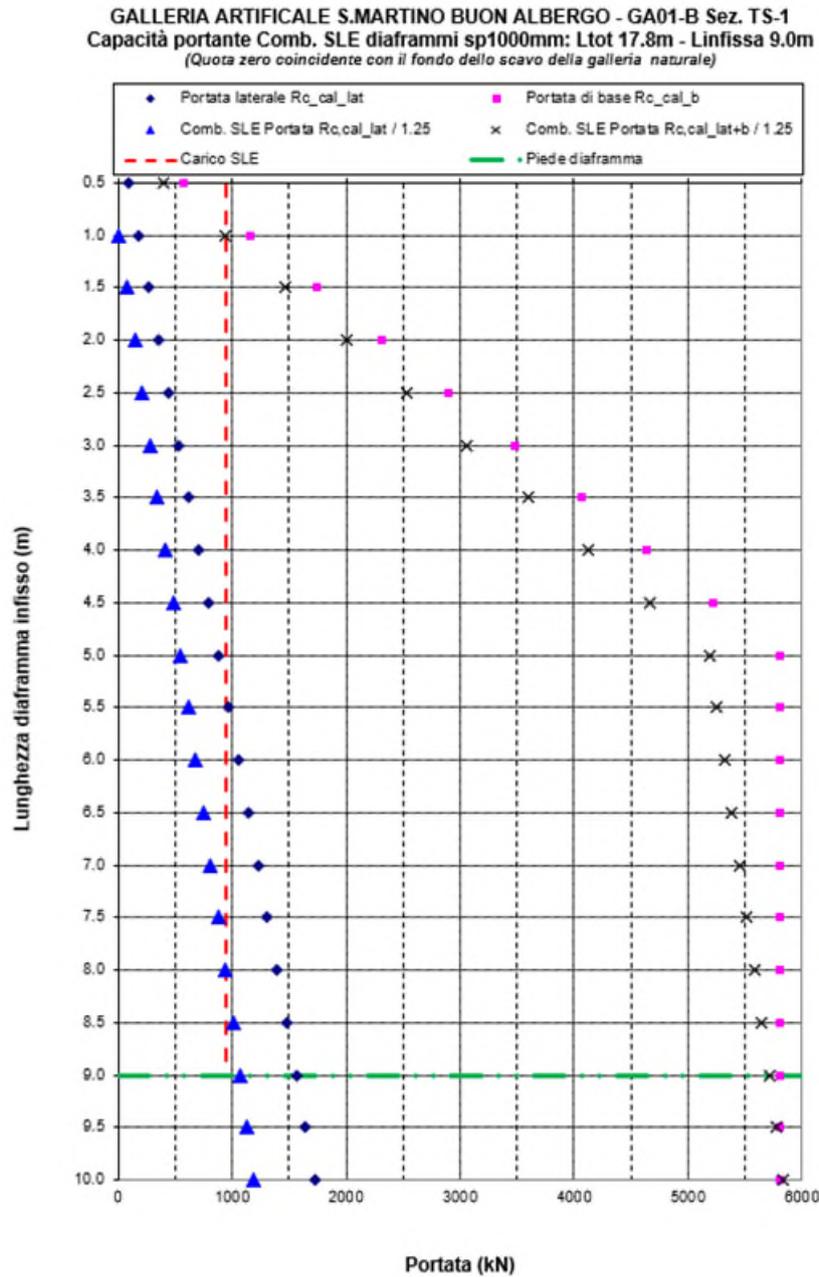


Figura 17 Sez. TS1 – Verifica capacità portante Comb. SLE

GALLERIA ARTIFICIALE S.MARTINO BUON ALBERGO - GA01-B Sez. TS-1
 Capacità portante Comb.A1+M1+R3 diafr. sp1000mm: Ltot 17.8m-Linfissa 9.0m
 (Quota zero coincidente con il fondo dello scavo della galleria naturale)

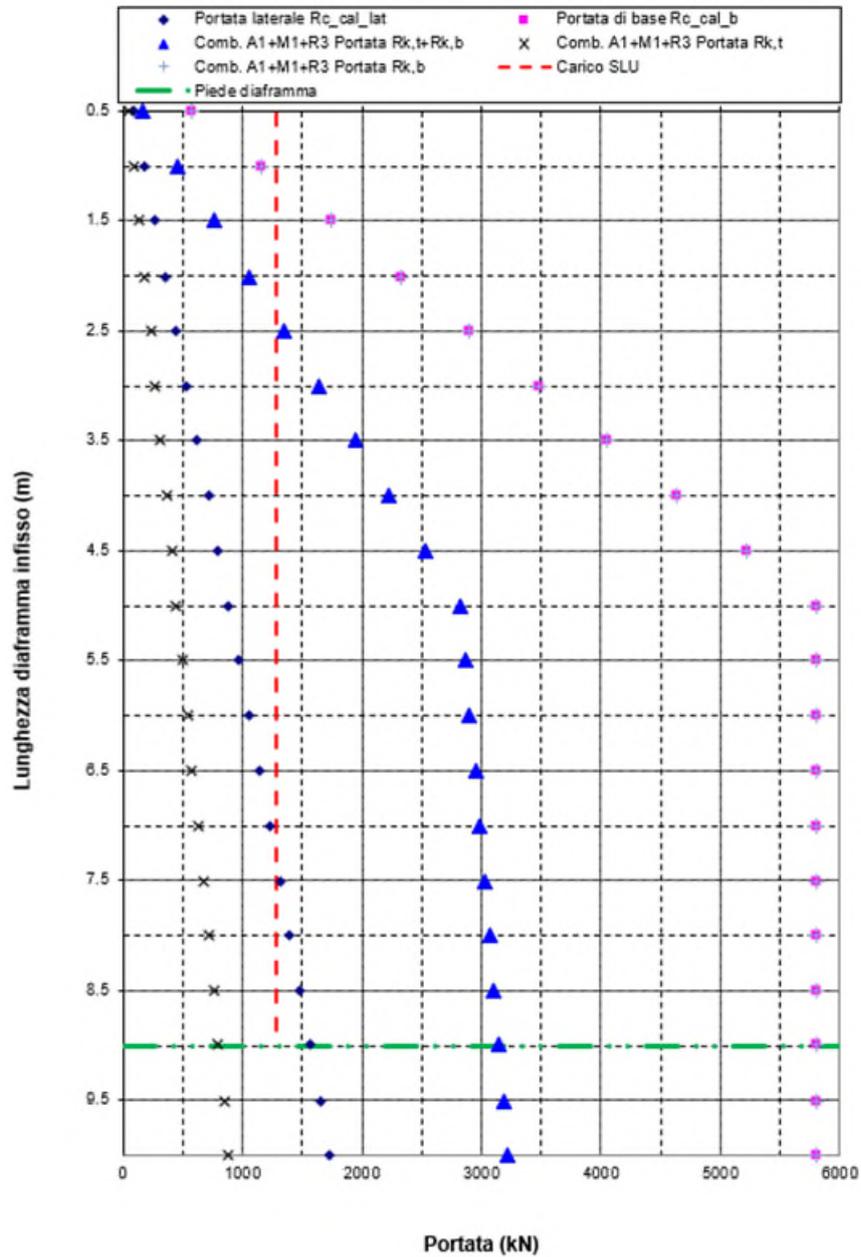


Figura 18 Sez. TS1 – Verifica capacità portante Comb. SLU (A1+M1+R3)

7.3.4 Verifiche di stabilità globale

Si riportano i risultati dell'analisi di stabilità globale della sezione di calcolo considerata agli step mostrati nella tabella seguente. Per l'analisi di stabilità è stato considerato un carico accidentale di cantiere pari a 10kPa. Le verifiche sono eseguite in accordo con il metodo di Janbu.

Tabella 13 Sezione TS1 Risultati stabilità globale

Comb.	Step	Coefficiente di sicurezza
A2+M2+R1	Fase 2 - Scavo quota piano di lavoro	1.20
	Fase 10 – Risalita falda da quota di costruzione a quota di breve termine	2.6

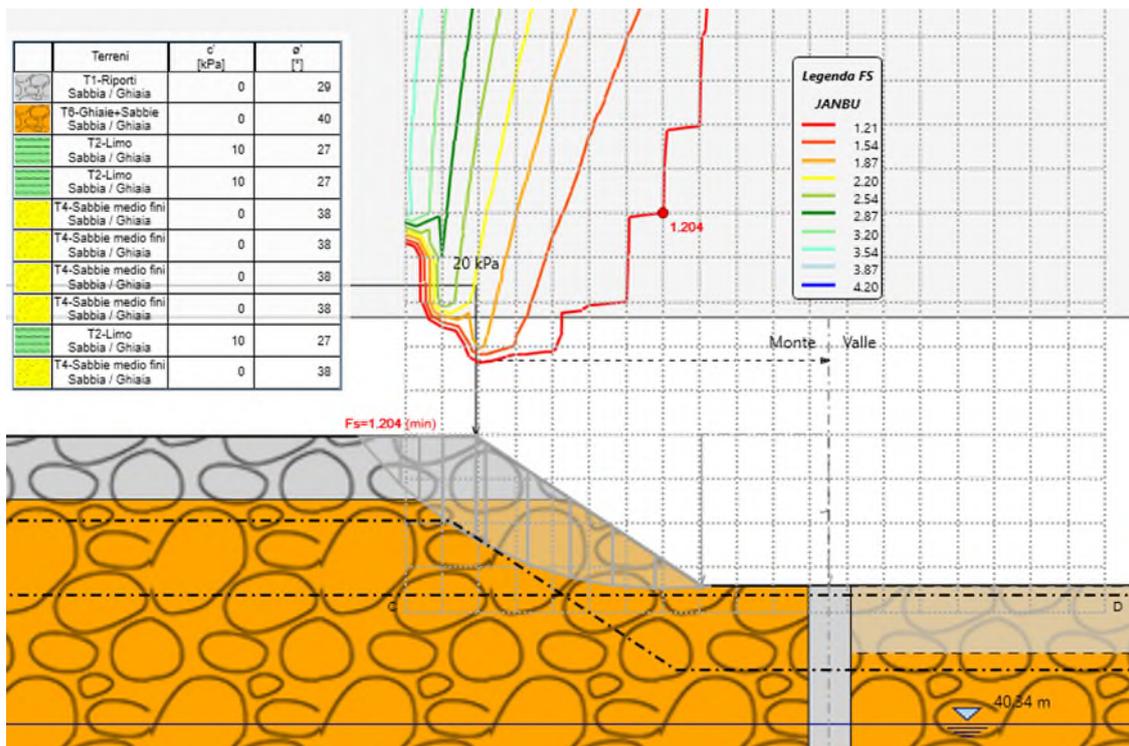


Figura 19 Fase 2-Stabilità scavo (Comb. A2+M2+R1)

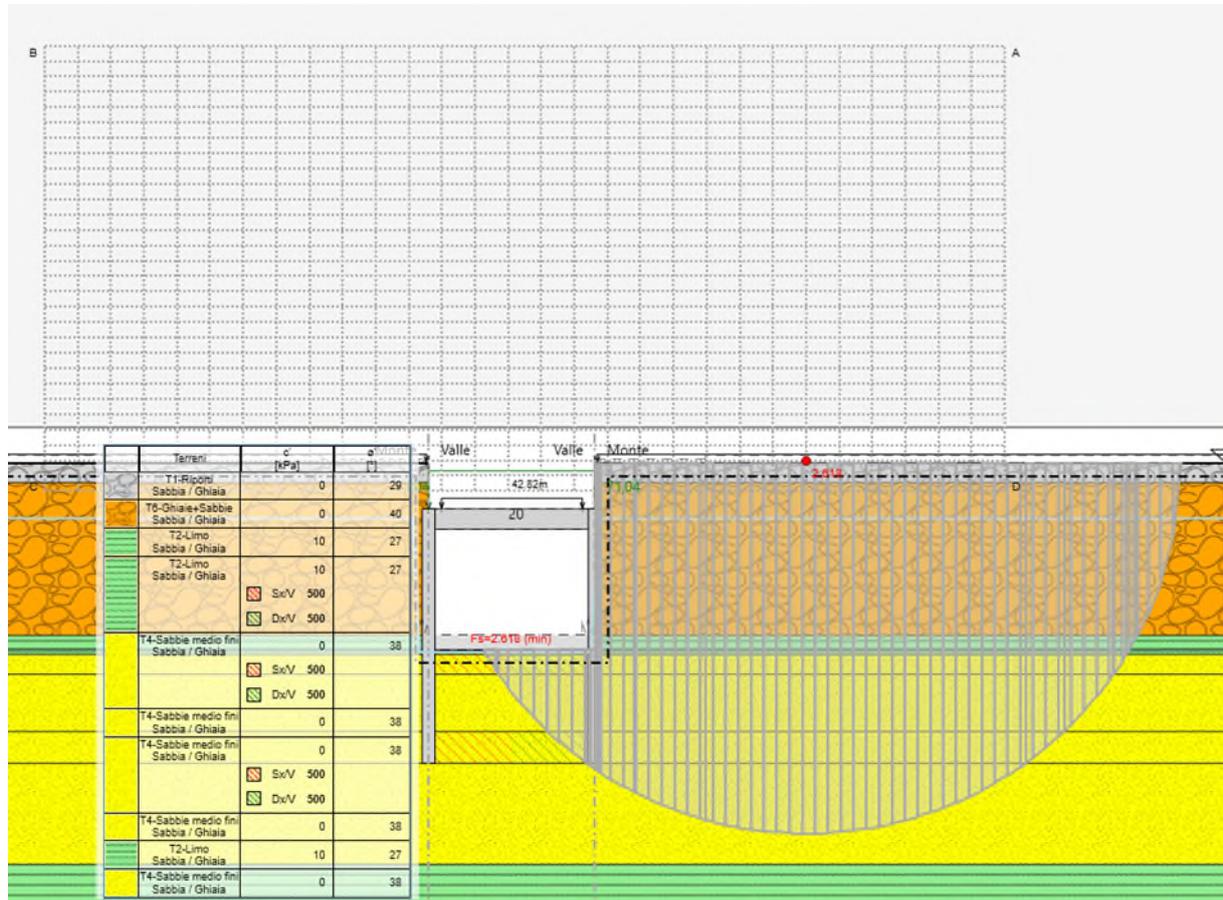


Figura 20 Fase 10-Stabilità scavo (Comb. A2+M2+R1)

7.3.5 Verifiche di stabilità del fondo scavo al galleggiamento

Per i criteri generali di verifica si rimanda alla relazione IN1711E12RHGA0100001A relativa ai metodi di dimensionamento delle opere di sostegno della GA01.

Di seguito si riportano le verifiche di stabilità del tampone di fondo in jet grouting per le diverse tipologie analizzate. La quota di riferimento della falda considerata in tale verifica è pari alla quota della falda in fase di costruzione.

Per ulteriori considerazioni circa la validità del modello di calcolo - e la correttezza dei risultati ottenuti - si rimanda alla relazione IN1711E12RHGA0101002A nella quale sono esaminati i fattori di sicurezza al sollevamento, tenendo conto tramite modellazione numerica dei più complessi meccanismi di interazione terreno-struttura. In particolare, le analisi numeriche hanno mostrato che la soluzione progettuale appare robusta anche nei più gravosi scenari analizzati e che il metodo di calcolo semplificato, adottato nella presente relazione è idoneo a effettuare il dimensionamento delle opere.

Tabella 14 TS1 Verifica a galleggiamento tampone di fondo

GA01-B - VERIFICA TAMPONE DI FONDO - MAX BATTENTE 8m+2.5m (TRATTO TS1)		
Zfalda	42.84 m s.l.m	Quota falda Breve Termine
Zfs	32.34 m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	10.5 m	Altezza falda a piano scavo
Lmin	12 m	Dimensione minima in pianta del tampone
Lmax	100 m	Dimensione massima in pianta del tampone
Htf	2	Altezza terreno trattato sotto il fondo scavo
Hte	4.5 m	Altezza intermedia terreno non trattato
Hta	2.5 m	Altezza tampone di fondo inferiore
Hinfissione	9.0 m	Altezza infissione paratia
γ_{tn}	20.0 kN/m3	Peso specifico terreno naturale
γ_{ta}	20.0 kN/m3	Peso specifico tampone
fa	0.29 (-)	Aderenza massima tampone paratia
Hw	19.5 m	= Zfalda - Zfs +Hte+Hta altezza battente idraulico
u_Hw	191.3 kPa	pressione interstiziale in funzione del battente idraulico
Sw	191.3 kPa	pressione interstiziale agente alla base del tampone
Np	1250.0 kN/m	da calcolo Paratie
σ_{p1}	138.89 kN/m2	Np/Hinfissione Valore medio pressione passiva mobilitata su jet
σ_{p2}	138.89 kN/m2	valore medio sull'altezza del tampone letto in paratie
σ_{p3}	22.50 kN/m2	valore geostatico a fondo scavo alla profondità media del tampone
$\sigma_{p,calc}$	138.89 kN/m2	valore adottato nei calcoli
fa	40.28 kN/m2	= $\sigma_p \cdot \tan \phi$ Aderenza massima tampone paratia
Wt	13.5 m3	= $Hta^2/6$ W resistente flessione tampone per 1 m di larghezza
α	0.99 (-)	= $1/(1+Lmin/Lmax)^2$ coeff riduttivo momento per effetto piastra
qtf	105.67 kN/m	= $8 \cdot \sigma_p \cdot Wt / (\alpha \cdot Lmin^2)$
qta	60.42 kN/m	= $2 \cdot fa \cdot Hinf / Lmin$
qt utile	60.42 kN/m	
Pte	1080.0 kN	= $\gamma_{te} \cdot (Hte+Htf) \cdot Lmin$ Peso terreno per 1 metro di sezione
Pta	1080.0 kN	= $\gamma_{ta} \cdot Hta \cdot Lmin$ = Peso tampone per 1 m di sezione
Sta	725.0 kN	= qt utile * Lmin = risultante pressione assorbita dall infissione per 1 m
Sw	2295.5 kN	= Hw * 10 * Lmin = sottospinta falda per 1 metro di sezione
Ribasso locale in corrispondenza vasca di aggettamento		
Wrib	0 kN	
Verifica secondo NTC 08		
0.9* St	2596.5 kN	2596.5
1.1*SW	2525.1 kN	
St>Sw	Verificato	
St/Sw	1.03	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 42 di 101

7.3.6 Verifiche di stabilità della struttura interna

Nelle tabelle delle pagine successive sono riportate le verifiche al sollevamento della struttura interna della galleria (intesa come manufatto ad U) per verificare l'entità delle azioni agenti alla testa dei diaframmi derivanti dall'equilibrio delle seguenti forze:

- Azioni stabilizzanti:
 - o Peso proprio manufatto ad U (armamento e opere di finitura ed escluse)
 - o Peso della copertura e del rinterro considerando l'altezza minima di ricoprimento/rinterro lungo la tratta considerata
- Azioni instabilizzanti:
 - o Sottospinta idraulica calcolata rispetto alla falda di lungo termine

 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 43 di 101

VERIFICA SOLLEVAMENTO STRUTTURA DEFINITIVA

GA01-B - VERIFICA SOLLEVAMENTO STRUTTURA DEFINITIVA - TRATTO TS 1

Quote falda e battente

Zfalda	44.34	m s.l.m	Quota falda lungo termine
Zfs	32.34	m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	12	m	Altezza falda lungo termine a piano scavo

Carichi permanenti struttura GA01

Lmin	12	m	Luce netta tra paratie
S_diaf	1	m	Spessore diaframmi
S_Fondo	1	m	Spessore solettone di fondo
S_Fodera	0.8	m	Spessore controfodera
Lnet	10.4		Luce netta manufatto ad U
Atrave	0.72	m ²	Area cls trave prefabbricata
Asol_trave	0.25	m ²	Area cls soletta di completamento
γ cls	24	kN/m ³	Peso unità di volume calcestruzzo
W trave	180.5	kN/m	Peso Trave prefabbricata
W sol_trave	65	kN/m	Peso soletta di completamento trave
H_t-diaf	1	m	Altezza trave di coronamento testa diaf.
B_t-diaf	2.1	m	Base trave di coronamento testa diaf.
H_c-trave	1.6	m	Altezza trave ripartizione trave prefabb.
B_c-trave	2.1	m	Base trave ripartizione trave prefabb.
W_c	262.08	kN/m	Peso trave di coronamento+codolo trave
W_fondo	288	kN/m	Peso solaio di fondo
H_fodera	7.4	m	Altezza netta controfodera fino a intradosso cordolo
W_fodera	284.16	kN/m	Peso controfodera
W_cls_tot	1079.69	kN/m	Peso complessivo manufatto ad U + trave + cordoli
H_ricMin	3	m	Altezza ricoprimento
γ _{tn}	18.5	kN/m ³	Peso specifico terreno naturale
W_ter	810.3	kN/m	Peso ricoprimento
W_tot	1890.0	kN/m	
pw	120	kPa	
Sw	1440.0	kN/m	= Hw *10 * Lmin = sottospinta falda per 1 metro di sezione
0.9*W_d	1701.0	kN/m	
1.1*SW	1584		
St>Sw	Verificato		
St/Sw	1.074		

Calcolo azione assiale testa diaframma (compressione positiva)

N_inst_diaf	720	kN/m	Azione instabilizzante indotta falda sul piedritto
N_stab_cop	945	kN/m	Azione stabilizzante pesi propri sul piedritto
1.3*N_inst_diaf	936.0	kN/m	
0.9*N_stab_cop	850.5	kN/m	
N_testaDiaf_SLE	225	kN/m	Azione assiale risultante sul piedritto SLE
N_testaDiaf_SLU	-86	kN/m	Azione assiale risultante sul piedritto SLU

Dalle verifiche si evince come nelle condizioni caratteristiche i diaframmi risultano in tutti i casi compressi. Nelle condizioni allo Stato Limite Ultimo, SLU, i diaframmi risultano sostanzialmente scarichi con azione assiale pressoché nulla. Per questa ragione, nella verifica strutturali dei diaframmi in tutte le condizioni di carico si è assunto un'azione assiale nulla agente lungo l'intera altezza stesso.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 44 di 101

7.3.7 Stima delle portate entranti al variare dei coefficienti di permeabilità del tampone di fondo

Per i criteri generali di verifica si rimanda alla relazione generale IN1711EI2RHGA0100001A della GA01. Nelle tabelle seguenti sono riportate le velocità di efflusso nei vari strati di terreno, sotto la quota di fondo scavo.

Tabella 15 TS1 Verifica velocità di flusso all'interno dello scavo

CASO PERMEABILITA' ALTA - FALDA DI COSTRUZIONE												
Layer	Side	Soil Unit	Permeability	Li (m)	Σ Li (m)	Σ Li (m)	Ki (m/s)	Li/Ki (s)	(Li/Ki)/Σ Li/Ki (-)	ΔHwi (m)	v=K*i (m/s)	Layer
1		T6-Falda COSTR_Testa Sabbie*	High	6.67	16.82		1.00E-03	6.67E+03	0.002	0.018	2.74E-06	1
2		T4-Sabbie*		1.15			1.00E-04	1.15E+04	0.004	0.032	2.74E-06	2
3		T4-Sabbie*		0.35			1.00E-04	3.50E+03	0.001	0.010	2.74E-06	3
4		T4-Sabbie		1.65			1.00E-04	1.65E+04	0.006	0.045	2.74E-06	4
5		T4-Sabbie		4.50			1.00E-04	4.50E+04	0.016	0.123	2.74E-06	5
6		T4-Sabbie		2.50			1.00E-04	2.50E+04	0.009	0.069	2.74E-06	6
6	downstream	T4-Sabbie-Jet Inf	High	2.50	9.00		1.00E-06	2.50E+06	0.876	6.852	2.74E-06	6
5		T4-Sabbie- intern No Jet		4.50			1.00E-04	4.50E+04	0.016	0.123	2.74E-06	5
4		T4-Sabbie-Jet sup		1.65			1.00E-05	1.65E+05	0.058	0.452	2.74E-06	4
3		T4-Sabbie* Jet Fondo Scavo		0.35			1.00E-05	3.50E+04	0.012	0.096	2.74E-06	3
							7.82	2.85E+06	1.00	7.82	2.74E-06	

*A fini di tale calcolo, la presenza dello strato limoso è trascurabile

La filtrazione all'interno dello scavo dovuta alla permeabilità del tampone di fondo determina la necessità di aggotare la portata entrante mediante pompe poste a fondo scavo. Assumendo un battente di falda a fondo scavo calcolato sulla falda di costruzione, si sono considerati due possibili scenari:

- 1) Trattamento Ottimale: Tampone inferiore con permeabilità 5×10^{-7} m/s e tampone superiore 1×10^{-6} m/s
- 2) Trattamento Sub-ottimale con presenza di possibili difetti locali: Tampone inferiore con permeabilità 1×10^{-6} m/s e tampone superiore 1×10^{-5} m/s

Cautelativamente, si considera una permeabilità media del terreno non trattato a fondo scavo pari a 1×10^{-4} m/s. Le portate entranti al fondo scavo sono stimate nella tabella seguente (valori riferiti alla larghezza della trincea per 100 m di sviluppo).

Tabella 16 TS1 Stima portate entranti nello scavo al variare della permeabilità del tampone di fondo

Scenario	Permeabilità tampone 5×10^{-7} m/s	Permeabilità tampone 1×10^{-6} m/s	
Battente idraulico sopra quota falda	7.8	7.8	m
Ampiezza scavo	12	12	m
Sviluppo scavo	100	100	m
Superficie di efflusso	1200	1200	m ²
Portata in efflusso sul fondo scavo	1.75×10^{-3}	3.29×10^{-3}	m ³ /s per 100m
	1.8	3.3	l/s per 100m
Portata oraria da aggotare	6.31×10^3	1.18×10^4	l/h per 100m
	6	12	m ³ /h per 100m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 45 di 101

Nel caso di trattamento ottimale del tampone di fondo, i valori di permeabilità del tampone di fondo nel range di variabilità previsto in progetto sono tali da assicurare in tutti i casi portate filtranti all'interno dello scavo molto modeste. Sarà in ogni caso necessario prevedere pompe di aggotamento a fondo scavo per tenere conto anche di eventuali difetti locali nei giunti tra i pannelli di paratia e nel tampone stesso. Lo scenario 2) permette di individuare un limite superiore delle portate entranti e quindi del sistema di aggotamento che dovrà essere tale da allontanare circa 5 litri per secondo su una tratta di riferimento di 100m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 46 di 101

8 VERIFICHE SEZIONE TS2

I diaframmi dimensionati con tale sezione sono previsti da progressiva pk 5+737 alla pk 5+886.53 della GA01-B, per un'estensione complessiva di 149m circa. I diaframmi sono lunghi 17.3m con un'altezza di scavo di 8.40m da quota testa paratia. I parametri geotecnici caratteristici adottati per il dimensionamento dell'opera di sostegno, la stratigrafia di progetto e le ipotesi di falda sono state esposte nel §0 e 5.

8.1 Fasi di calcolo

Tale paragrafo descrive con maggior dettaglio le fasi costruttive brevemente presentate nella §5.3.3. Di seguito le fasi di calcolo e lo schema di scavo:

- Fase 0: start – nihil;
- Fase 1: condizione geostatica:
 - quota piano campagna a 46.64m slm;
 - quota falda di costruzione a 39.72m slm a circa 7m da piano campagna;
- Fase 2: Scavo fino a piano di lavoro:
 - Scavo con pendenza 2V:3H da piano campagna a quota piano lavoro variabile tra 42.72 e 42.47m slm ed applicazione del carico accidentale di cantiere di 20kPa a quota piano campagna.
- Fase 3: Realizzazione diaframmi da piano di lavoro:
- Fase 4: Realizzazione intervento jet tipo 'sandwich' con doppio strato al di sotto del piano di scavo:
 - L'intervento è così composto:
 - Spessore terreno trattato superiore: 2m
 - Spessore terreno non trattato intermedio: 4m
 - Spessore terreno trattato inferiore: 2.5m
 - L'intervento è stato modellato modificando i parametri geotecnici di base degli strati interessati di terreno considerando i seguenti parametri caratteristici:
 - valore di coesione c': 500kPa; rigidità del terreno incrementata di 20 volte rispetto ai valori caratteristici;
- Fase 5: Approfondimento pre-scavo da quota piano di lavoro a quota testa paratia per la realizzazione del solettone di copertura
- Fase 6: Realizzazione del solettone di copertura:
 - Come descritto nel §6.2, il nodo di connessione tra diaframma e copertura è stato simulato sia come una 'cerniera' che 'pienamente incastrata'. La copertura è stata pertanto modellata in Paratia come elemento 'soletta' di spessore 1.6m.
- Fase 7: Posa in opera del ricoprimento al di sopra della copertura tale da stabilire la quota di piano campagna:
 - Lo spessore di ricoprimento considerato lungo tale tratto è pari a 3.3m.
- Fase 8: Applicazione del carico accidentale di 20kPa a piano campagna

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 47 di 101

- Fase 9: Scavo della Galleria fino a quota di fondo scavo 32.11m, 10.2m circa al di sotto del piano di lavoro
 - In tale fase, la quota falda di valle tra le paratie è stata considerata cautelativamente a quota di fondo scavo.
 - fondo scavo.
- Fase 10: Risalita falda a quota di breve termine:
 - Innalzamento del livello di falda quota falda da quota falda di costruzione a quota breve termine. Con tale scenario si riproduce le condizioni di un innalzamento del livello di falda a causa evento meteorico improvviso (il §7.3.1 riporta la verifica della stabilità del fondo scavo nei confronti di tale evento).
- Fase 11: Discesa falda a quota di breve costruzione
 - Con tale fase, si assumono che gli effetti di un evento meteorico improvviso siano esauriti e che il livello di falda diminuisca alla quota di falda di costruzione.
- Fase 12: Costruzione del solettone di fondo:
 - Il solettone di fondo è stato modellato in Paratie con un elemento di tipo 'Puntone' alla quota dell'asse del solaio 32.71m.
- Fase 13: Costruzione delle contropareti interne di spessore 0.80m:
 - L'azione irrigidente della controparete interna è stata simulata calcolando una rigidità equivalente tra diaframma e controparete assumendo che si comportino come elementi in parallelo' (Figura 9 presentata in precedenza).
- Fase 14: Risalita della falda a quota di lungo termine con tampone jet grouting ancora attivo:
 - In tale fase si simula la risalita della falda a quota di lungo termine 44.43m a monte ed a valle della paratia. In tale fase, l'azione irrigidente del tampone jet a valle è ancora considerata presente.
- Fase 15: Quota di falda a quota di lungo termine e perdita dell'azione stabilizzante del tampone jet
 - In tale fase, parametri geotecnici dei terreni interessati dall'intervento jet vengono riportati ad i loro valori caratteristici di base
- Fase 16: Riduzione dei moduli elastici delle strutture da istantanei a quelli di lungo termine
 - Come accennato al §6.2.4, la riduzione di rigidità degli elementi strutturali causata da effetti viscosi è stata riducendo i moduli elastici degli elementi strutturali del 20%.
- Fase 17: Applicazione dell'azione sismica
 - Applicazione del sovraccarico sismico ottenuto applicando la teoria di Wood secondo quanto descritto al §6.2.2. Tale sovraccarico è stato applicato da quota testa a quota piede paratia.
 - $\Delta p = (a_g/g) \times S \times \gamma_t \times H = 128\text{kPa}$

Nelle figure seguenti si riportano delle immagini di alcuni step sviluppati nel modello di calcolo Paratie.

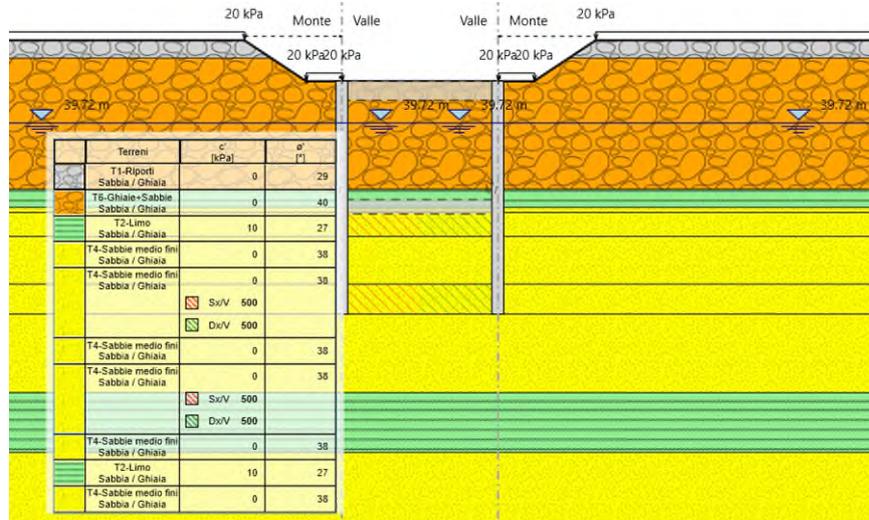


Figura 21 Fase 4 Realizzazione tampone jet tipo 'sandwich' con doppio stato

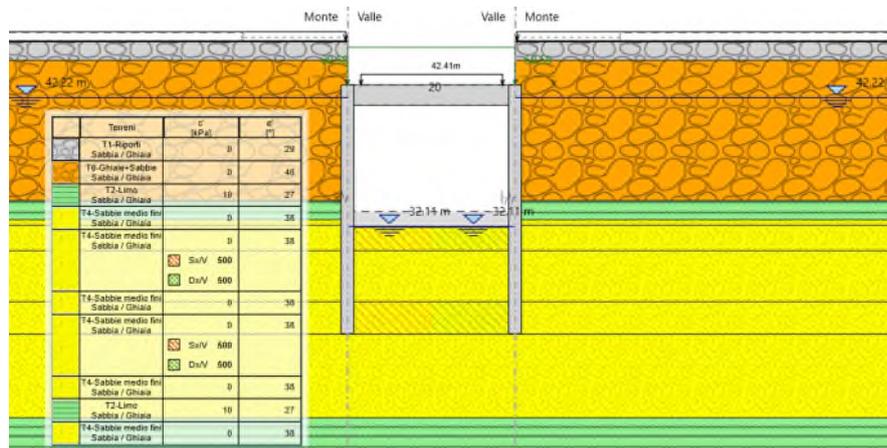


Figura 22 Fase 10 Scavo della Galleria fino a quota di fondo scavo 32.52m e falda a quota falda di breve termine

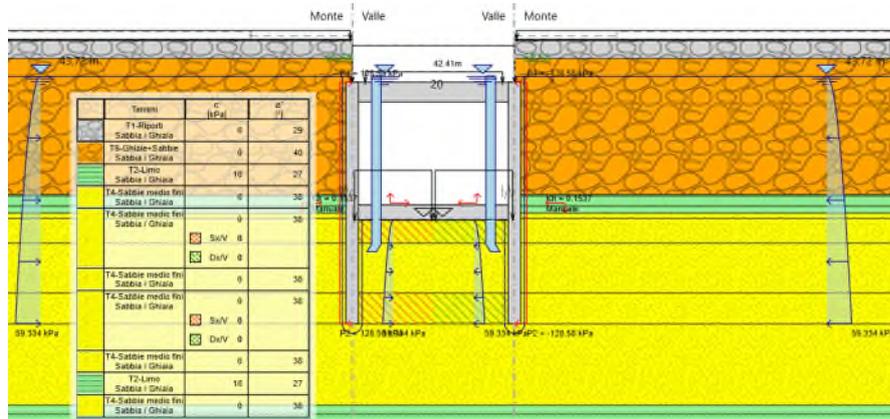


Figura 23 Fase 17 Applicazione azione sismica

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 49 di 101

8.2 Risultati di calcolo

Di seguito sono schematizzati i risultati principali del dimensionamento della paratia di sostegno. La Tabella 17 riporta gli involuipi delle sollecitazioni flettenti e taglianti al metro lineare di diaframma ottenute dai modelli sviluppati per la sezione 'TS-2'. I risultati dei modelli di copertura appoggiata ed incastrata alle paratie sono stati raggruppati secondo gli stati limite SLE-RARA, SLU A1+M1+R1 e SISMA-STR nel modo seguente:

- Condizioni di Breve Termine (BT):
Tali condizioni identificano le fasi di costruzione della galleria artificiale dalle condizioni geostatiche (Fase 0) al raggiungimento della quota di fondo scavo con falda pari alla falda di breve termine (Fase 11)
- Condizioni di Lungo Termine (LT):
Tali condizioni comprendono le fasi di calcolo nelle quali si completano le strutture definitive della galleria Fase 12-Costruzione solaio di fondo) e si instaurano le condizioni di lungo termine (Fase 16-Riduzione dei moduli elastici delle strutture da istantanei a quelli di lungo termine.
- Condizioni Sismiche (SISMA STR):
Tali condizioni identificano le sollecitazioni che si verificano al raggiungimento dello stato limite SISMA STR definito come richiesto dalla normativa vigente.

In Figura 24 e Figura 25 vengono riportati i diagrammi delle sollecitazioni flettenti e taglianti al metro lineare di sviluppo di paratia. In ascissa sono indicate le azioni a metro lineare di pannello, mentre in ordinata è indicata la quota altimetrica.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 50 di 101

Tabella 17 Sezione 'TS2' Sollecitazioni flettenti e taglianti di verifica

	SLS-rara								SLU (A1+M+R1)							
	Schema Appoggio in copertura				Schema Incastro in copertura				Schema Appoggio in copertura				Schema Incastro in copertura			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo
	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)												
Diaframma																
Quota asse copertura	16	0	17	0	1068	0	1192	0	21	0	23	0	1478	0	1702	0
Quota intradosso copertura	10	180	10	207	760	0	846	0	14	234	14	268	1065	0	1229	0
Testa diaframma	20	401	20	449	411	0	453	0	27	521	27	584	597	0	693	0
Gabbia di armatura No.1	22	790	22	835	411	527	453	527	31	1028	31	1085	597	672	693	672
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	62	589	301	589	1	505	87	505	79	767	391	767	1	650	96	650
Gabbia di armatura No.2	718	57	718	57	442	135	442	135	933	73	933	73	554	188	554	188

	SISMA (STRU)							
	Momento - Caso copertura appoggiata				Momento - Caso copertura incastrata			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
	Valore lato sinistro	Valore lato destro	Valore lato sinistro	Valore lato destro	Valore lato sinistro	Valore lato destro	Valore lato sinistro	Valore lato destro
	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)
Sollecitazioni								
Quota asse copertura	15.7	0.0	53.7	0.0	1068.0	0.0	1702.1	0.0
Quota intradosso copertura	10.1	180.4	10.1	485.8	760.4	0.0	992.4	0.0
Testa diaframma	19.7	400.6	19.7	1024.1	410.8	0.0	452.8	0.0
Gabbia 1	22.4	790.4	22.4	1614.9	410.8	526.6	452.8	981.0
Sovrapposizione	61.6	589.3	1760.5	589.3	0.7	504.6	1385.6	504.6
Gabbia 2	718.0	56.9	2075.4	149.5	442.4	134.9	1794.9	228.0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
EI2 CL GA 01 B4 0014Rev.
AFoglio
51 di 101

	Inviluppo A1+M1+R1								Inviluppo SISMA STR							
	Schema Appoggio in copertura				Schema Incastro in copertura				Schema Appoggio in copertura				Schema Incastro in copertura			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
Sollecitazioni Taglianti	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)
Quota asse copertura	30	327	35	371	21	527	26	606	23	252	107	717	16	393	96	931
Quota intradosso copertura	17	310	17	347	12	504	12	576	13	238	13	631	8	376	8	843
Testa diaframma	10	269	10	293	10	451	10	510	7	207	7	475	7	337	7	685
Gabbia di armatura No.1	242	269	308	293	91	451	144	510	186	207	664	475	78	337	504	685
Quota estradosso solaio fondo	567	0	703	0	393	0	504	0	436	0	1417	0	310	0	1185	0
Sovrapposizione gabbia No.1-2	614	11	759	11	440	9	561	9	472	8	1495	8	346	7	1264	7
Quota asse solaio fondo	696	0	861	212	524	0	663	162	535	0	1637	958	410	0	1406	886
Quota intradosso solaio fondo	773	0	773	163	601	0	601	119	594	0	594	827	470	0	470	754
Gabbia di armatura No.2	787	430	861	430	615	347	663	347	605	331	1637	958	480	271	1406	886

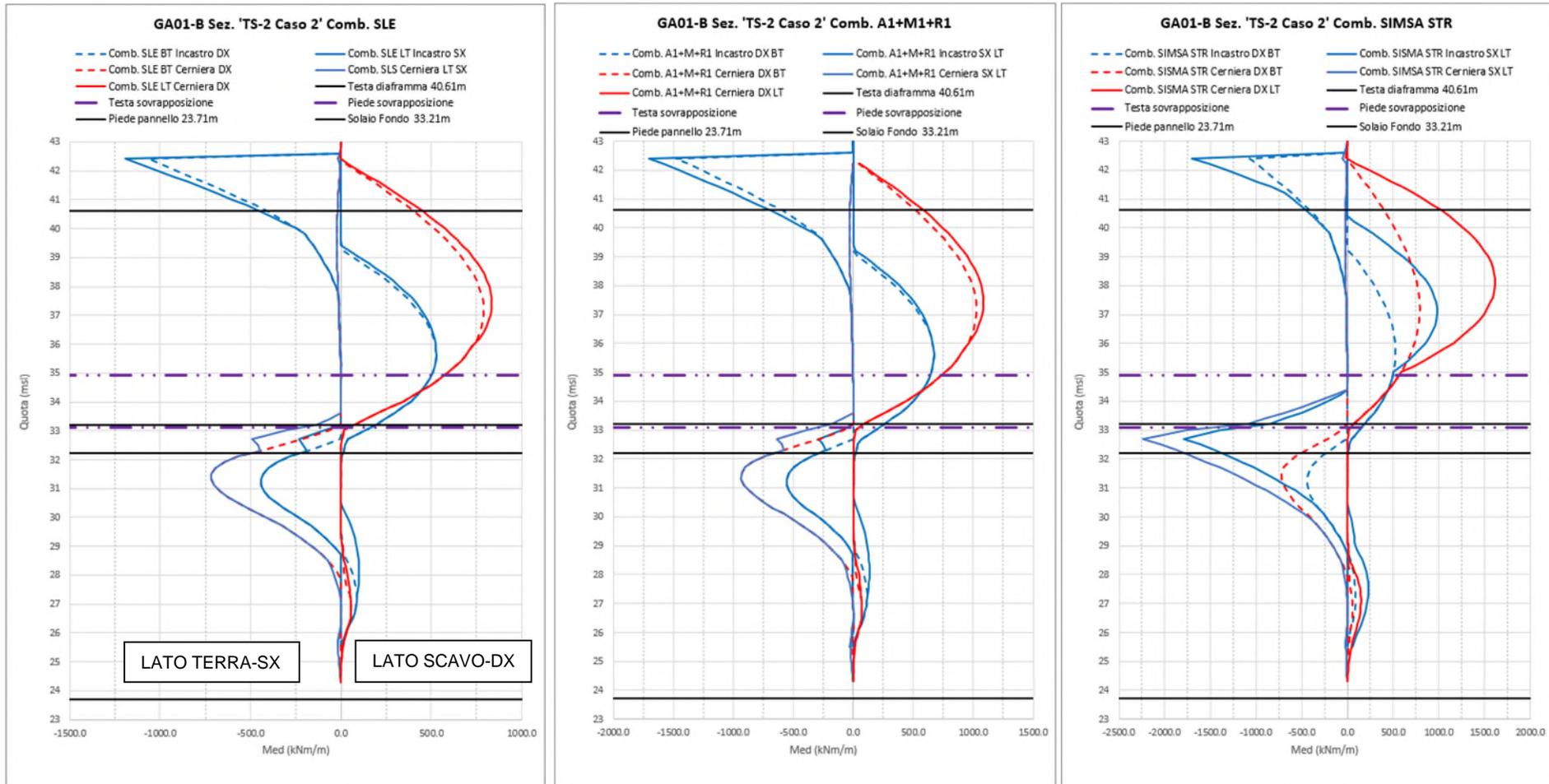


Figura 24 Sollecitazioni flettenti al metro lineare di paratia schema 'TS-2'

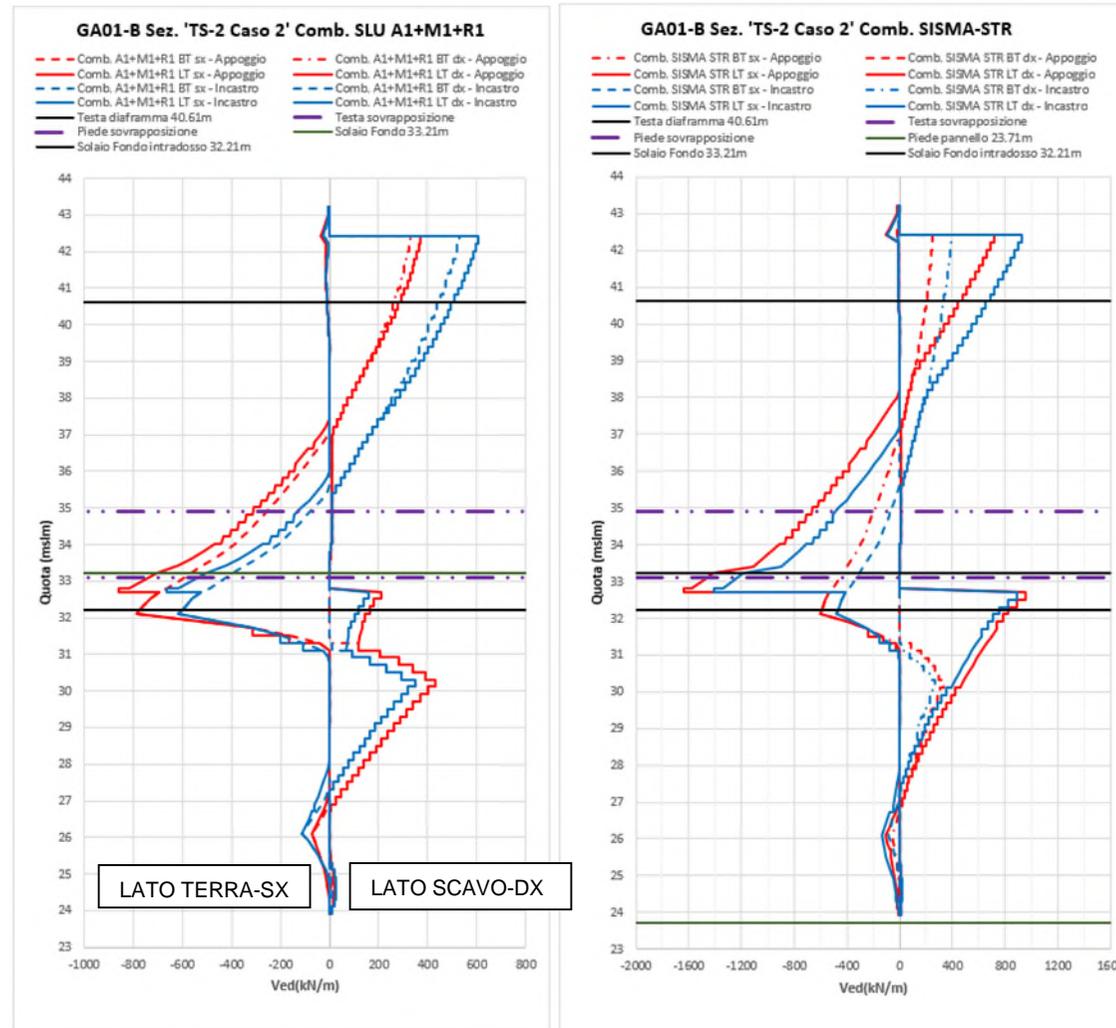


Figura 25 Sollecitazioni taglianti al metro lineare di paratia schema 'TS-2'

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 54 di 101

8.2.1 Effetto spinte laterali indotte dalla presenza di rilevati a tergo delle opere di sostegno della galleria artificiale

Tra le progressive 5+830 e 5+880 circa della GA01-B si è analizzata la presenza del rilevato della Tangenziale Sud introducendo nello schema di calcolo 'TS-2' opportuni sovraccarichi permanenti equivalenti al rilevato esistente mostrati di seguito.

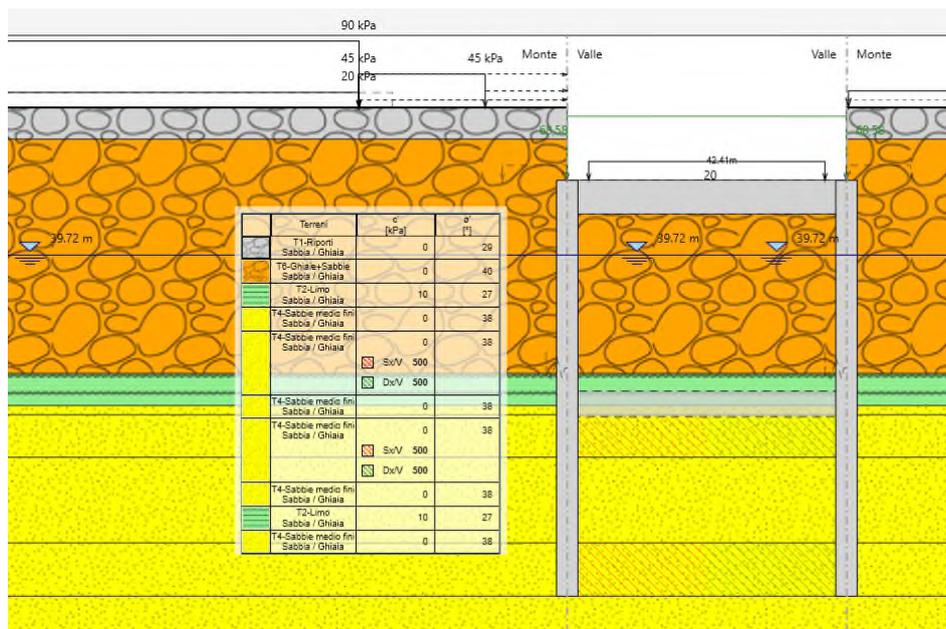


Figura 26 Carichi permanenti ed accidentali equivalenti alla presenza del rilevato

La Figura 27 confronta le sollecitazioni flettenti per metro di paratia risultanti tra lo schema di calcolo 'TS2' di progetto con copertura in semplice appoggio ed il modello analogo nel quale si è inserito il sovraccarico indotto dal rilevato.

Dal confronto si evince come lo schema di calcolo 'TS2' di progetto sia valido anche nello scenario di calcolo esaminato, pertanto le verifiche strutturali riportate nella §9 restano valide.

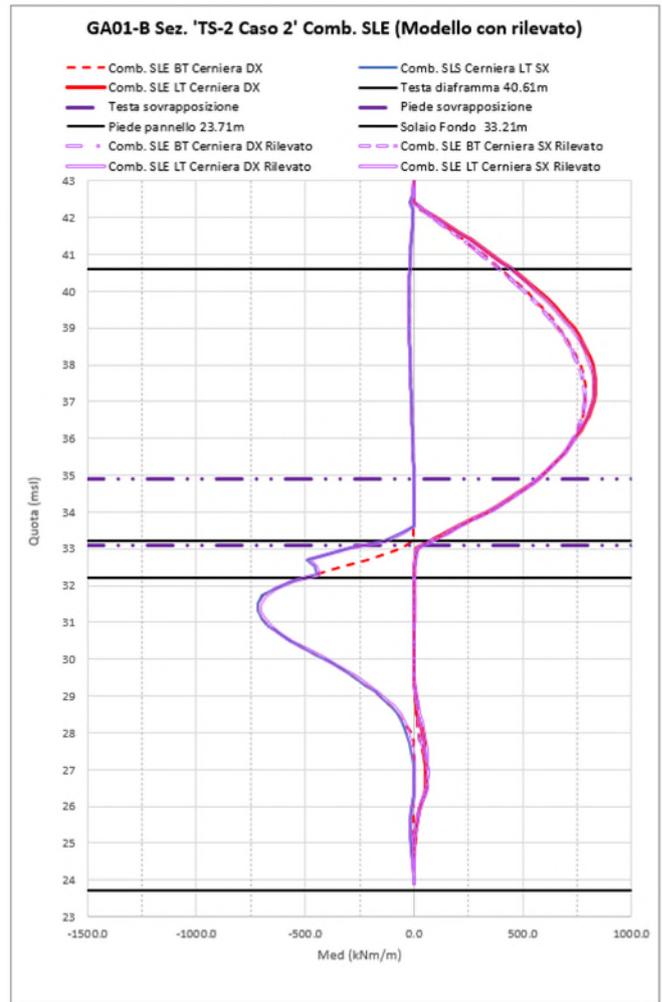
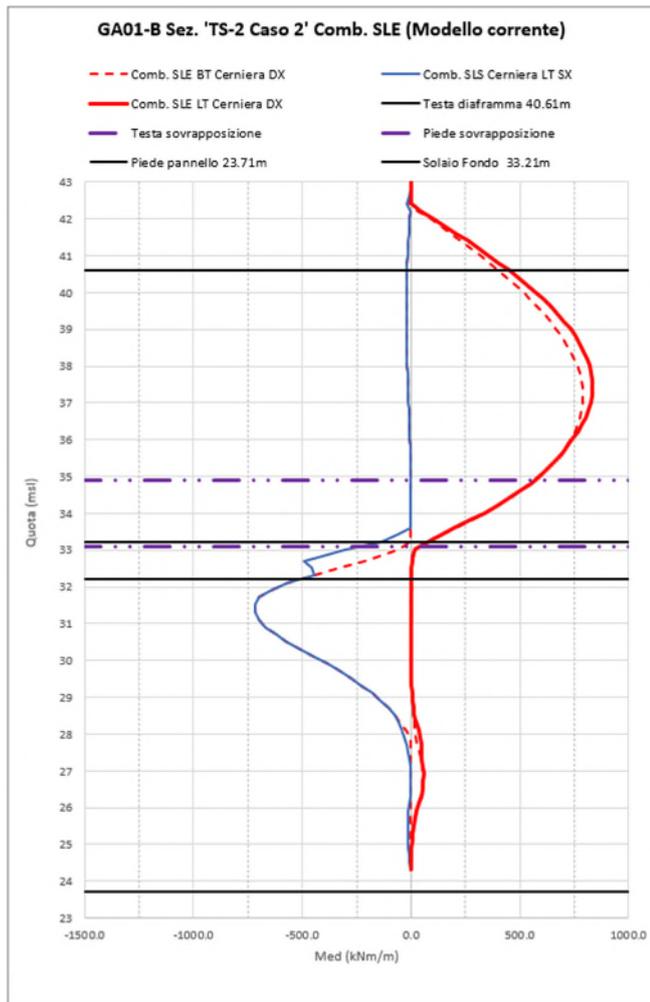


Figura 27 Confronto sollecitazioni flettenti

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 56 di 101

8.3 Verifiche geotecniche

8.3.1 Spostamenti e stabilità del fondo scavo

Come descritto nella relazione IN1711EI2RHGA0100001A dei criteri di dimensionamento delle opere di sostegno della GA01, la valutazione del corretto comportamento del modello di calcolo è basata sull'esame dei valori di spinta passiva mobilitata al piede della paratia. Il rapporto tra la risultante della spinta passiva e della spinta effettiva nel tratto infisso consente di valutare quanto la struttura disti dalla condizione limite. In combinazione SLU GEO tale rapporto deve essere maggiore o uguale a 1 affinché non sia violato il criterio di resistenza. I valori degli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante devono essere compatibili con la funzionalità della struttura da realizzare e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati di maggiore interesse sia allo SLE sia allo SLU, con riferimento agli spostamenti delle pareti e ai valori di mobilitazione della spinta passiva (Tabella 18).

Tabella 18 TS2 Riassunto spostamento massimo laterale dei diaframmi e coefficienti di mobilitazione

Sezione di calcolo	Comb.	Spostamenti orizzontali u(mm)	%Sp (Scavo a quota fondo scavo)	%Sp (Condizione di lungo termine)
TS2 (copertura appoggiata)	SLE RARA	4 (z=37m)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	17	42
	SLU Sisma-STR	-	-	72
TS2 (copertura incastrata)	SLE RARA	3 (z=35.8m)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	15	44
	SLU Sisma-STR	-	-	75

8.3.2 Verifiche deformazioni/cedimenti attesi

Gli spostamenti orizzontali attesi dei diaframmi sono modesti, sia con schema di semplice appoggio che nel caso di incastro: è presumibile che lo spostamento reale sia intermedio tra i due estremi considerati.

In base a quanto esposto nella citata relazione relativa ai criteri di dimensionamento ed agli spostamenti orizzontali massimi calcolati, si possono determinare gli spostamenti verticali massimi $S_{v,max}$ attesi a tergo della paratia e, in funzione dell'altezza di scavo H, una stima della loro distribuzione in funzione della distanza dall'opera di sostegno.

Lo spostamento verticale massimo calcolato nella sezione in analisi è pari a circa 4 mm ipotizzando lo spostamento in parete massimo pari a 5 mm per una altezza di scavo da testa copertura di circa 10 m: ne consegue una larghezza massima della conca di subsidenza di circa 15 m. Considerati lo spostamento orizzontale dei diaframmi modesti, il ciglio della Autostrada A4 è marginalmente interessato dai cedimenti indotti dallo scavo, che risultano trascurabili sotto la carreggiata autostradale posizionata a circa 15 m dal filo dello scavo.

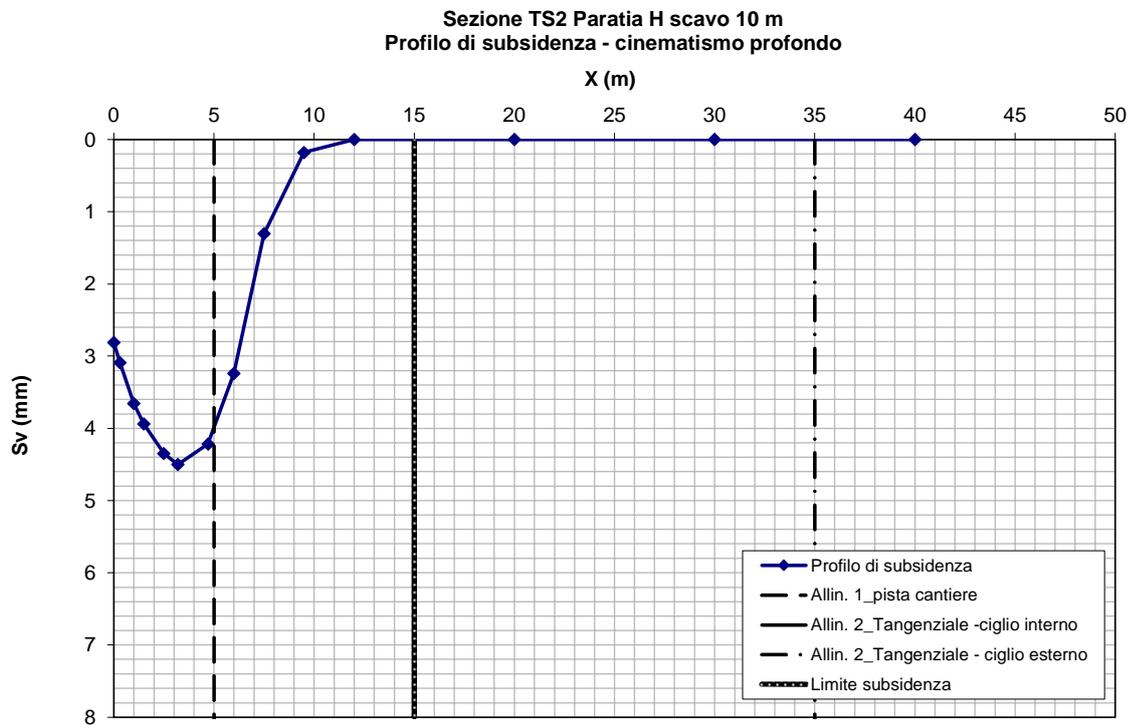


Figura 28 Diaframma TS-2- Analisi degli spostamenti attesi a piano campagna e della curva di subsidenza

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 58 di 101

8.3.3 Verifiche di capacità portante dei diaframmi

La verifica di capacità portante nella fase di breve termine (scavi aperti, massimo sovraccarico in copertura) è effettuata con i criteri riportati nella relazione IN1711E12RHGA0100001A.

Di seguito si allegano:

- Stratigrafia e parametri di riferimento
- Curve di capacità portante in condizioni A1+M1+R3 e in condizioni di esercizio per la verifica della corretta ripartizione tra capacità portante di base e capacità portante laterale al fine della limitazione dei cedimenti attesi.

IRICAV: VERONA - VICENZA

GALLERIA ARTIFICIALE SAN MARTINO BUON ALBERGO: GA01-A Sez. TS2

Stratigrafia e parametri geotecnici

Dati di input			Legenda tipo di terreno:	
Spessore diaframma	1	m	SL	Sabbia limosa
Sovraccarico efficace VALLE	0.0	kPa	S	Sabbia
HW da testa diaframma valle	0.0	m	G	Ghiaia
γ acqua	9.81	kN/m ³	A	Materiali coesivi
Δz palo/diaf da p.c. originario	5.60	m	Inserisci stratigrafia	
N° diam. per riduzione qb	5.0	(-)		
L diaframmi fuori terra	8.50	(m)		
Peso calcestruzzo	25.00	kN/m ³		
Pressione max sul cls.	8.5	MPa		

Caratteristiche del terreno (massimo 10 strati)											
Profondità (m)		Strato	Terreno	γ_{tot}	Nspt		c_u (kPa)		Δz	ϕ°	
da	a	No.	(S, A)	kN/m ³	da	a	da	a	(m)	da	a
0.0	1.0	1	A	19.0			150	150	0.50		
1.0	18.0	2	S	20.0	40	60			0.50	38	38
18.0	23.5	3	A	19.0			150	150	0.50		
23.5	44.5	4	S	20.0	40	60			0.50	38	38
44.5											
Numero di strati =		4.0									

N.B. La quota zero di riferimento è la quota di fondo scavo: le profondità degli strati vanno riferite alla quota di scavo

Figura 29 Sez. TS2 Capacità portante - Stratigrafia a e parametri di riferimento

Nelle tabelle seguenti si riassumono i valori di capacità portante a compressione ($R_{c,d}$) e a trazione ($R_{t,d}$), ottenuti dalla analisi, secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3).

Tabella 19 Combinazione SLU: Sollecitazioni massime di compressione e trazione e valori limiti resistenti

Combinazione di carico - SLU	Q tot
Massima compressione, Ndc, max [kN]	1113 (SLU)

Si verifica, inoltre, che lo sforzo assiale massimo in esercizio sia inferiore della resistenza laterale di calcolo ($R_{c,s,lat}$) divisa per un fattore pari a 1.25.

Tabella 20: Combinazione SLE: Sollecitazione massima di compressione

Combinazione di carico SLE	Qtot
Massima compressione, Ndc SLE, max [kN]	825 (SLE)

GALLERIA ARTIFICIALE S.MARTINO BUON ALBERGO - GA01-B Sez. TS-2
Capacità portante Comb. SLE diaframmi sp1000mm: Ltot 17.3m - Linfissa 8.8m
(Quota zero coincidente con il fondo dello scavo della galleria naturale)

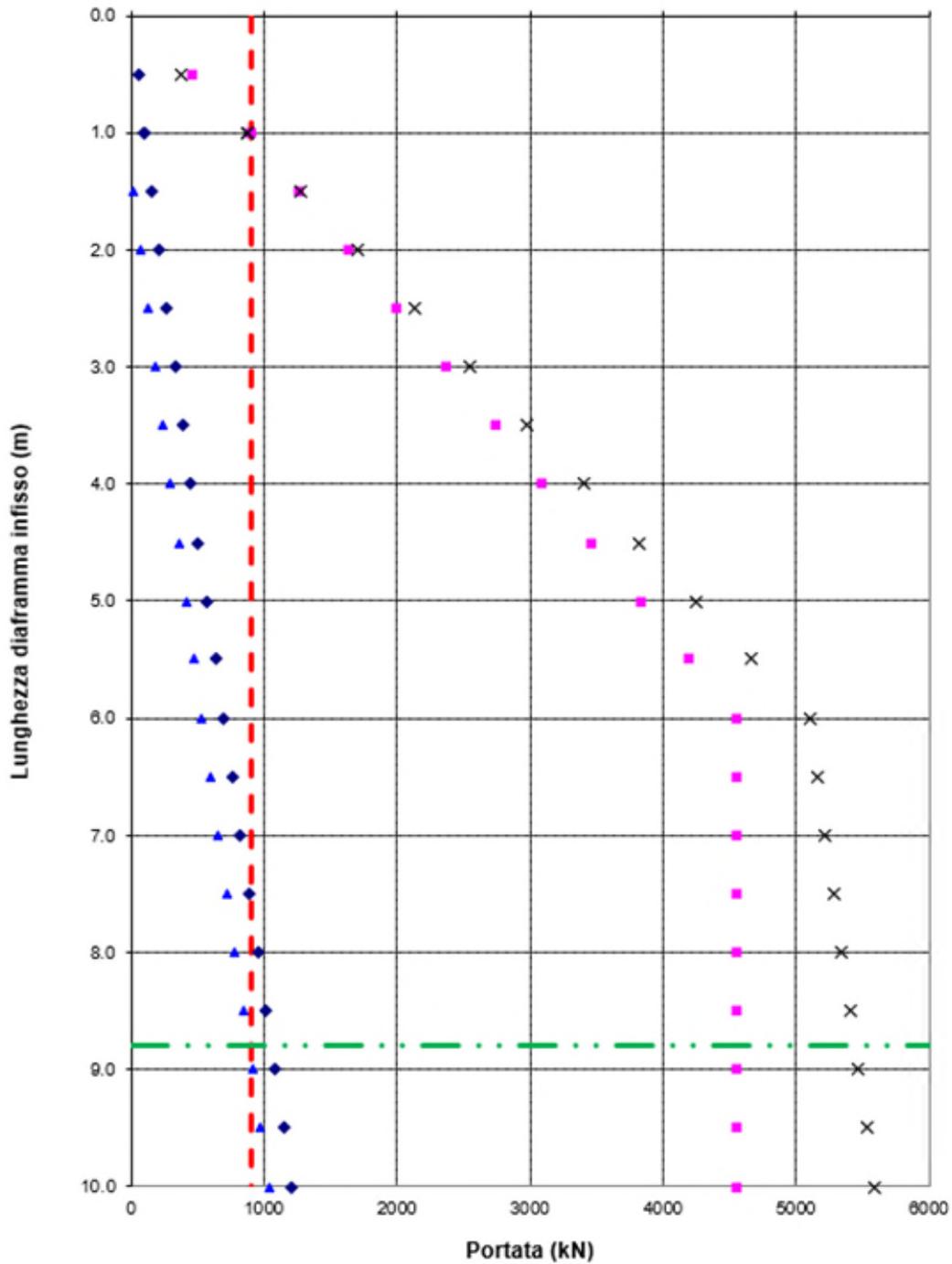


Figura 30 Sez. TS2 – Verifica capacità portante Comb. SLE

GALLERIA ARTIFICIALE S.MARTINO BUON ALBERGO - GA01-B Sez. TS-2
Capacità portante Comb.A1+M1+R3 diafr. sp1000mm: Ltot 17.3m-Linfissa 8.8m
(Quota zero coincidente con il fondo dello scavo della galleria naturale)

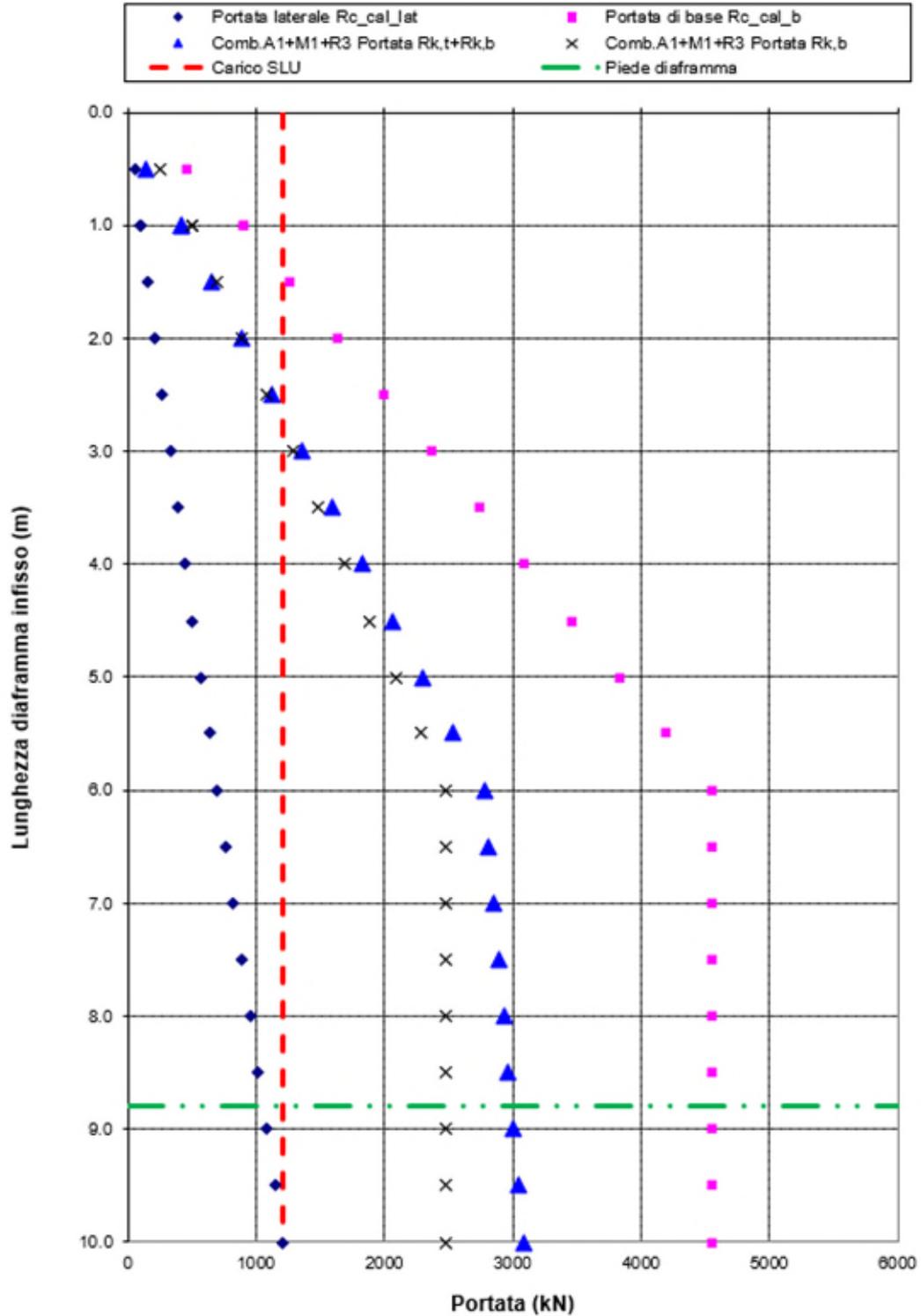


Figura 31 Sez. TS2 – Verifica capacità portante Comb. SLU (A1+M1+R3)

8.3.4 Verifiche di stabilità globale

Si riportano i risultati dell'analisi di stabilità globale della sezione di calcolo considerata agli step mostrati nella tabella seguente. Per l'analisi di stabilità è stato considerato un carico accidentale di cantiere pari a 10kPa.

Tabella 21 Sezione TS2 Risultati stabilità globale

Comb.	Step	Coefficiente di sicurezza
A2+M2+R1	Fase 2 - Scavo quota piano di lavoro	1.17
	Fase 10 - Risalita falda a quota di breve termine	2.35

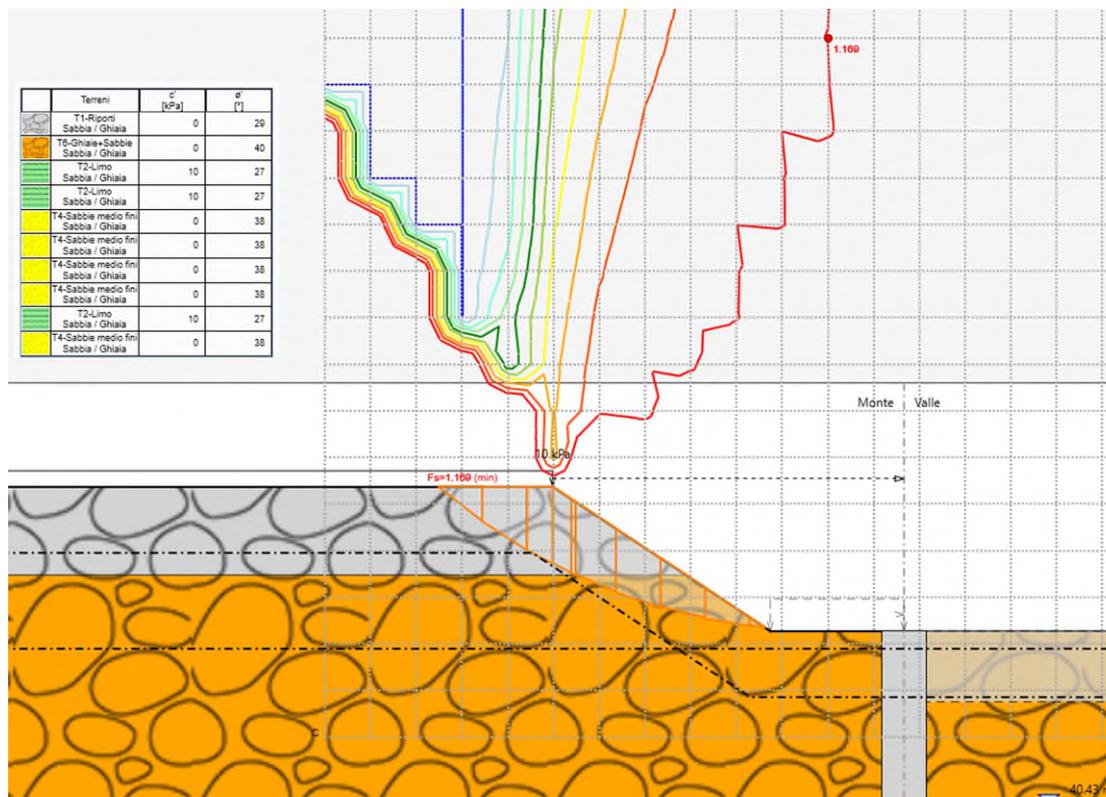


Figura 32 Fase 2 - Stabilità scavo (Comb. A2+M2+R1)

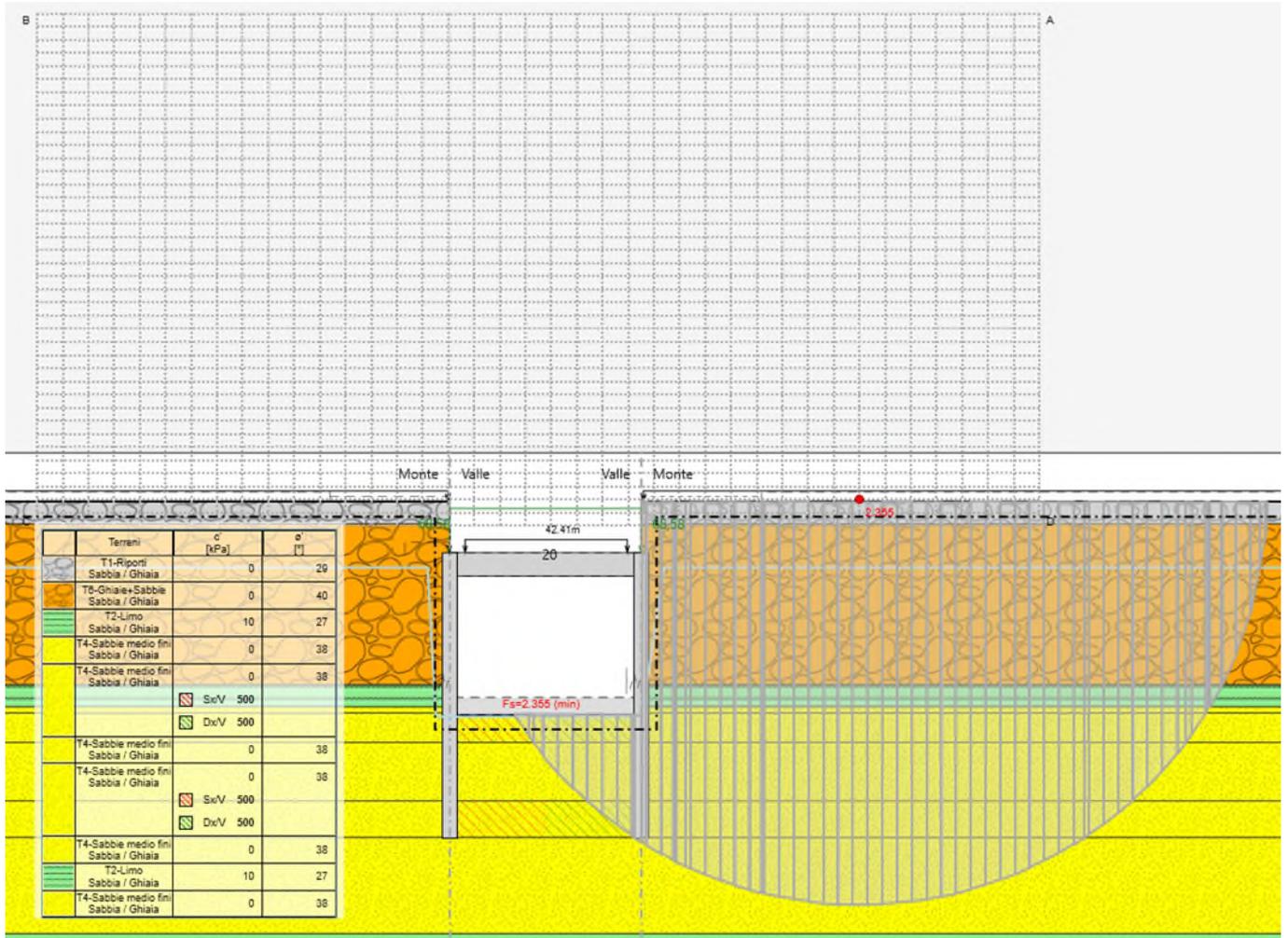


Figura 33 Fase 10 - Stabilità scavo (Comb. A2+M2+R1)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 63 di 101

8.3.5 Verifiche di stabilità del fondo scavo al galleggiamento

Per i criteri generali di verifica si rimanda alla relazione IN1711E12RHGA0100001A relativa ai metodi dimensionamento delle opere di sostegno della GA01. Circa la robustezza del dimensionamento effettuato con il metodo semplificato proposto si rimanda a quanto già espresso al precedente § 7.3.5. Di seguito si riportano le verifiche di stabilità del tampone di fondo in jet grouting per le diverse tipologie analizzate. La quota di riferimento della falda considerata in tale verifica è pari alla quota della falda in fase di costruzione.

Tabella 22 TS2 Verifica a galleggiamento tampone di fondo

VERIFICA CON ATTRITO CON SCAVO REALE - TAMPONE IMPERMEABILE		
GA01-B - VERIFICA TAMPONE DI FONDO - MAX BATTENTE 7.5m (TRATTO TS2)		
Zfalda	42.22 m s.l.m	Quota falda
Zfs	32.1 m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	10.12 m	Altezza falda a piano scavo
Lmin	12 m	Dimensione minima in pianta del tampone
Lmax	100 m	Dimensione massima in pianta del tampone
Htf	2	Altezza terreno trattato sotto il fondo scavo
Hte	4 m	Altezza intermedia terreno non trattato
Hta	2.5 m	Altezza tampone di fondo inferiore
Hinfissione	8.5 m	Altezza infissione paratia
γ_{tn}	20.0 kN/m ³	Peso specifico terreno naturale
γ_{ta}	20.0 kN/m ³	Peso specifico tampone
fa	0.29 ()	Aderenza massima tampone paratia
Hw	18.6 m	= Zfalda - Zfs +Hte+Hta altezza battente idraulico
u_Hw	182.7 kPa	pressione interstiziale in funzione del battente idraulico
Sw	182.7 kPa	pressione interstiziale agente alla base del tampone
Np	1300.0 kN/m	da calcolo Paratie
σ_{p1}	152.94 kN/m ²	Np/Hinfissione Valore medio pressione passiva mobilitata su jet
σ_{p2}	152.94 kN/m ²	valore medio sull'altezza del tampone letto in paratie
σ_{p3}	21.25 kN/m ²	valore geostatico a fondo scavo alla profondità media del tampone
$\sigma_{p,calc}$	152.94 kN/m ²	valore adottato nei calcoli
fa	44.35 kN/m ²	= $\sigma_p \cdot \tan \phi$ Aderenza massima tampone paratia
Wt	12.0 m ³	= $H_{ta}^2/6$ W resistente flessione tampone per 1 m di larghezza
α	0.99 (-)	= $1/(1+L_{min}/L_{max})^2$ coeff riduttivo momento per effetto piastra
qtf	103.79 kN/m	= $8 \cdot \sigma_p \cdot W_t / (\alpha \cdot L_{min}^2)$
qta	62.83 kN/m	= $2 \cdot f_a \cdot H_{inf} / L_{min}$
qt utile	62.83 kN/m	
Pte	960.0 kN	= $\gamma_{te} \cdot (H_{te} + H_{tf}) \cdot L_{min}$ Peso terreno per 1 metro di sezione
Pta	1080.0 kN	= $\gamma_{ta} \cdot H_{ta} \cdot L_{min}$ = Peso tampone per 1 m di sezione
Sta	754.0 kN	= qt utile * Lmin = risultante pressione assorbita dall'infissione per 1 m
Sw	2191.9 kN	= Hw * 10 * Lmin = sottospinta falda per 1 metro di sezione
Ribasso locale in corrispondenza vasca di aggettamento		
Wrib	0 kN	
Verifica secondo NTC 08		
0.9* St	2514.6 kN	
1.1*SW	2411.1 kN	
St>Sw	Verificato	
St/Sw	1.04	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 64 di 101

8.3.6 Verifiche di stabilità della struttura interna

Nelle tabelle delle pagine successive sono riportate le verifiche al sollevamento della struttura interna della galleria (intesa come manufatto ad U) per verificare l'entità delle azioni agenti alla testa dei diaframmi derivanti dall'equilibrio delle seguenti forze:

- Azioni stabilizzanti:
 - o Peso proprio manufatto ad U (armamento e opere di finitura ed escluse)
 - o Peso della copertura e del rinterro considerando l'altezza minima di ricoprimento/rinterro lungo la tratta considerata
- Azioni instabilizzanti:
 - o Sottospinta idraulica calcolata rispetto alla falda di lungo termine

VERIFICA SOLLEVAMENTO STRUTTURA DEFINITIVA**GA01-B - VERIFICA SOLLEVAMENTO STRUTTURA DEFINITIVA - TRATTO TS 2****Quote falda e battente**

Zfalda	43.72 m s.l.m	Quota falda lungo termine
Zfs	32.1 m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	11.62 m	Altezza falda lungo termine a piano scavo

Carichi struttura GA01

Lmin	12 m	Luce netta tra paratie
S_diaf	1 m	Spessore diaframmi
S_Fondo	1 m	Spessore solettone di fondo
S_Fodera	0.8 m	Spessore controfodera
Lnet	10.4	Luce netta manufatto ad U
Atrave	0.72 m ²	Area cls trave prefabbricata
Asol_trave	0.25 m ²	Area cls soletta di completamento
γ cls	24 kN/m ³	Peso unità di volume calcestruzzo
W trave	180.5 kN/m	Peso Trave prefabbricata
W sol_trave	65 kN/m	Peso soletta di completamento trave
H_t-diaf	1 m	Altezza trave di coronamento testa diaf.
B_t-diaf	2.1 m	Base trave di coronamento testa diaf.
H_c-trave	1.6 m	Altezza trave ripartizione trave prefabb.
B_c-trave	2.1 m	Base trave ripartizione trave prefabb.
W_c	262.08 kN/m	Peso trave di coronamento+codolo trave
W_fondo	288 kN/m	Peso solaio di fondo
H_fodera	7.4 m	Altezza netta controfodera fino a intradosso cordolo
W_fodera	284.16 kN/m	Peso controfodera
W_cls_tot	1079.69 kN/m	Peso complessivo manufatto ad U + trave + cordoli
H_ricMin	2.5 m	Altezza ricoprimento
γtn	18.5 kN/m ³	Peso specifico terreno naturale
W_ter	675.25 kN/m	Peso ricoprimento
W_tot	1754.9 kN/m	
pw	116.2 kPa	
Sw	1394.4 kN/m	= Hw *10 * Lmin = sottospinta falda per 1 metro di sezione
0.9*W_d	1579.4 kN/m	
1.1*SW	1533.84	
St>Sw	Verificato	
St/Sw	1.030	

Calcolo azione assiale testa diaframma (compressione positiva)

N_inst_diaf	697.2 kN/m	Azione instabilizzante indotta falda sul piedritto
N_stab_cop	877 kN/m	Azione stabilizzante pesi propri sul piedritto
1.3*N_inst_diaf	906.4 kN/m	
0.9*N_stab_cop	789.7 kN/m	
N_testaDiaf_SLE	180 kN/m	Azione assiale risultante sul piedritto SLE
N_testaDiaf_SLU	-117 kN/m	Azione assiale risultante sul piedritto SLU

Dalle verifiche si evince come nelle condizioni caratteristiche i diaframmi risultano in tutti i casi compressi. Nelle condizioni allo Stato Limite Ultimo, SLU, i diaframmi risultano sostanzialmente scarichi con azione assiale pressoché nulla. Per questa ragione, nella verifica strutturali dei diaframmi in tutte le condizioni di carico si è assunto un'azione assiale nulla agente lungo l'intera altezza stesso.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 66 di 101

8.3.7 Stima delle portate entranti al variare dei coefficienti di permeabilità del tampone di fondo

Per i criteri generali di verifica si rimanda alla relazione generale IN1711EI2RHGA0100001A della GA01. Nelle tabelle seguenti sono riportate le velocità di efflusso nei vari strati di terreno, sotto la quota di fondo scavo.

Tabella 23 TS2 Verifica velocità di flusso all'interno dello scavo

TS2 - CASO PERMEABILITA' ALTA - FALDA DI COSTRUZIONE												
Layer	Side	Soil Unit	Permeability	Li	Σ Li	Σ Li	Ki	Li/Ki	(Li/Ki)/Σ Li/Ki	ΔHwi	v=K*i	Layer
				(m)	(m)	(m)	(m/s)	(s)	(-)	(m)	(m/s)	
1		T6-Falda COSTR_Fondo Scavo	High	5.58	15.58		1.00E-03	5.58E+03	0.002	0.014	2.49E-06	1
2		T4-Sabbie*		1.50			1.00E-04	1.50E+04	0.005	0.037	2.49E-06	2
3		T4-Sabbie*		0.05			1.00E-04	5.00E+02	0.000	0.001	2.49E-06	3
4		T4-Sabbie		1.95			1.00E-04	1.95E+04	0.007	0.049	2.49E-06	4
5		T4-Sabbie		4.00			1.00E-04	4.00E+04	0.014	0.100	2.49E-06	5
6		T4-Sabbie		2.50			1.00E-04	2.50E+04	0.009	0.062	2.49E-06	6
6		T4-Sabbie		2.50			1.00E-06	2.50E+06	0.879	6.220	2.49E-06	6
5		T4-Sabbie-Jet sup		4.00			1.00E-04	4.00E+04	0.014	0.100	2.49E-06	5
4		T4-Sabbie-Jet sup		1.95			1.00E-05	1.95E+05	0.069	0.485	2.49E-06	4
3		T4-Sabbie* Jet Fondo Scavo		0.05			1.00E-05	5.00E+03	0.002	0.012	2.49E-06	3
							7.08	2.85E+06	1.00	7.08	2.49E-06	

*A fini di tale calcolo, la presenza dello strato limoso è trascurabile

La filtrazione all'interno dello scavo dovuta alla permeabilità del tampone di fondo determina la necessità di aggotare la portata entrante mediante pompe poste a fondo scavo. Assumendo un battente di falda a fondo scavo calcolato sulla falda di costruzione, si sono considerati due possibili scenari:

- 3) Trattamento Ottimale: Tampone inferiore con permeabilità 5×10^{-7} m/s e tampone superiore 1×10^{-6} m/s
- 4) Trattamento Sub-ottimale con presenza di possibili difetti locali: Tampone inferiore con permeabilità 1×10^{-6} m/s e tampone superiore 1×10^{-5} m/s

Cautelativamente, si considera una permeabilità media del terreno non trattato a fondo scavo pari a 1×10^{-4} m/s. Le portate entranti al fondo scavo sono stimate nella tabella seguente (valori riferiti alla larghezza della trincea per 100 m di sviluppo).

Tabella 24 TS2 Stima portate entranti nello scavo al variare della permeabilità del tampone di fondo

Scenario	Permeabilità tampone 5×10^{-7} m/s	Permeabilità tampone 1×10^{-6} m/s	
Battente idraulico sopra quota falda	7.1	7.1	m
Ampiezza scavo	12	12	m
Sviluppo scavo	100	100	m
Superficie di efflusso	1200	1200	m ²
Portata in efflusso sul fondo scavo	1.12×10^{-3}	3.0×10^{-3}	m ³ /s per 100m
	1.1	3.0	l/s per 100m
Portata oraria da aggotare	4.04×10^3	1.04×10^4	l/h per 100m
	4	10.7	m ³ /h per 100m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 67 di 101

Nel caso di trattamento ottimale del tampone di fondo, i valori di permeabilità del tampone di fondo nel range di variabilità previsto in progetto sono tali da assicurare in tutti i casi portate filtranti all'interno dello scavo molto modeste. Sarà in ogni caso necessario prevedere pompe di aggotamento a fondo scavo per tenere conto anche di eventuali difetti locali nei giunti tra i pannelli di paratia e nel tampone stesso. Lo scenario 2) permette di individuare un limite superiore delle portate entranti e quindi del sistema di aggotamento che dovrà essere tale da allontanare circa 11 litri per secondo su una tratta di riferimento di 100m.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 68 di 101

9 VERIFICHE STRUTTURALI DEI DIAFRAMMI TS-1 E TS-2

L'elevato battente idrico causato dalla presenza della falda presente a profondità ridotta da piano campagna ha reso necessario stabilizzare il fondo scavo della galleria con colonne di jet-grouting. Tale intervento è stato proposto per la quasi totalità dello scavo della galleria. Nei tratti di linea di avvicinamento alla galleria artificiale, lato Verona, e di sbocco della galleria, lato Vicenza, la limitata soggiacenza della falda dal piano campagna ha permesso di omettere la realizzazione del tampone di fondo o stabilizzare il fondo scavo con un sistema di pozzi di aggotamento posizionati all'esterno dello scavo tra paratie.

Gli interventi proposti per la realizzazione dell'opera sono riepilogati in Tabella 25 e sono descritti dettagliatamente nella relazione generale alla quale si rimanda. La tabella mostra anche come il profilo altimetrico della galleria è tale che l'altezza delle paratie di sostegno è sostanzialmente simmetrica rispetto al al punto di minimo della corda molle imposta dalla livelletta ferroviaria.

Tabella 25 Riepilogo intervento di stabilizzazione del fondo **scavo** della galleria

Opera / WBS	Tipologia di tampone di fondo/Schemi di calcolo	Spessore Tampone di Fondo (m)	Battente idrico (m)	Altezza Paratie (m)	Tipologia armatura omogenea
GA01-A	Sez. TA	3.5(nt*) +2.5 jet (inf.)	2.0<H _w <4.5	14.8	Tipo 3
	Sez. TS4	1.5jet(sup.) +3.0(nt*) +2.5jet(inf.)	4.5<H _w <7.0	15.8	Tipo 2
	Sez. TS3	2jet(sup.) +3.5(nt*) +2.5jet(inf.)	7.0<H _w <8.0	16.8	Tipo 1
	Sez. TS2	2jet(sup.) +4.0(nt*) +2.5 jet (inf.)	8<H _w <9.0	17.3	
GA01-B	Sez. TS1	2jet(sup.) +4.5(nt*) +2.5jet (inf.)	9<H _w <10	17.8	Tipo 1
	Sez. TS2	2jet(sup.) +4.0(nt*) +2.5 jet (inf.)	8<H _w <9.0	17.3	
GA01-C / E	Sez. Attravers. A4	Tampone pieno	7.0<H _w <8.0	20.5	Tipo 5
	Sez. TS4	1.5jet(sup.) +3.0(nt*) +2.5jet(inf.)	4.5<H _w <7.0	15.8	Tipo 2
	Sez. TA	3.5(nt*) +2.5 jet (inf.)	2.0<H _w <4.5	14.8	Tipo 3
	Tratto No.2	Assenza di tampone / Dewatering	H _w <2.0	15.8	Tipo 4

Limitatamente alla WBS oggetto della presente relazione, la Tabella 25 evidenzia che la GA01-B è interessata da interventi di consolidamento jet-grouting 'sandwich' con doppio strato di geometria seguente:

- Schema di calcolo 'TS-1':
 - o Spessore terreno trattato superiore: 2.0m
 - o Spessore terreno non trattato intermedio: 4.5m
 - o Spessore terreno trattato inferiore: 2.5m
 - o Lunghezza paratie: 17.80m
- Schema di calcolo 'TS-2':
 - o Spessore terreno trattato superiore: 2.0m
 - o Spessore terreno non trattato intermedio: 4.0m
 - o Spessore terreno trattato inferiore: 2.5m

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 69 di 101

- o Lunghezza paratie: 17.30m

Le verifiche strutturali dei diaframmi sono state effettuate dividendo la galleria artificiale in gruppi omogeni di diaframmi in base alla tipologia di intervento di stabilizzazione del fondo proposto e limitando ad 1m la differenza di altezza di paratia tra i vari gruppi omogeni. Identificati tali gruppi, l'armatura è stata dimensionata effettuando l'inviluppo delle forze interne ottenute dagli schemi di calcolo sviluppati per ciascun gruppo omogeneo.

Ne risulta che la GA01-B è interessata da armature dei diaframmi 'Tipo 1' di lunghezza 17.8 e 17.3m. Tale armatura è stata ottenuta dall'inviluppo dei risultati degli schemi di calcolo 'TS-1' e 'TS-2'. Si precisa che lo schema di calcolo 'TS-2' è rappresentativo non solo di una porzione della GA01-B, ma anche di una porzione della GA01-A. Quest'ultimo caso è trattato per esteso nella relazione di calcolo 'N1711E12CLGA01A4001A'.

Per maggiori dettagli in merito ai criteri di verifica adottati in combinazione SLE-RARA e SLU si rimanda alla relazione IN1711E12GA010A 'Criteri di dimensionamento opere di sostegno degli scavi e tampone di fondo.

9.1 Verifiche sollecitazioni flettenti

Nella tabella seguente si riassumono le massime sollecitazioni flettenti ottenute dall'inviluppo dei risultati degli schemi di calcolo 'TS-1' e 'TS-2' utilizzate per il dimensionamento dell'armatura 'Tipo 1'.

Le verifiche sono effettuate considerando i fili strutturali di seguito indicati:

- sollecitazioni testa diaframma riferite ad asse cordolo.
- in corrispondenza del solettone di fondo del manufatto a "U" interno, il picco delle sollecitazioni flettenti è valutato ad $\frac{1}{4}$ dello spessore dall'asse della soletta.

Tabella 26 Sollecitazioni flettenti dimensionanti

INVILUPPO TS-1_TS-2	SLS-rara				SLU			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)	
	Valore lato Terra (kN*m/m)	Valore lato Scavo (kN*m/m)						
Asse copertura	1268	0	1345	0	1733	0	1900	0
Intradosso copertura	921	254	964	254	1272	274	1385	486
Testa diaframma	518	552	526	552	737	611	792	1024
Gabbia 1	518	1059	526	1077	737	1282	792	1628
Sovrapposizione	62	841	301	870	79	1093	1761	1131
Gabbia 2	817	424	817	424	1062	556	2075	556

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 70 di 101

9.1.1 Dimensionamento armatura longitudinale

Di seguito si riportano le tabelle con le sollecitazioni a flessione per le singole tipologie di diaframmi presenti. Per ognuno di essi è effettuato il dimensionamento dell'armatura longitudinale. Le verifiche sono state effettuate con il software di calcolo RC-Sec indicato al § 2.3.

- P1 pannello primario di lunghezza L=5.45 m
- S1 pannello secondario di lunghezza L=5.05 m
- P2 e S2 Pannelli primari e secondari di lunghezza 2.5 m

Le gabbie di armatura sono riportate negli elaborati di progetto allegati alla presente relazione: le gabbie di armatura definite di seguito, si susseguono lungo l'altezza del diaframma, e si rendono necessarie considerato il limite sulla massima lunghezza trasportabile.

Le verifiche sono effettuate in accordo con il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi secondo i criteri riportati nelle NTC 08 per le strutture in calcestruzzo armato.

9.1.1.1 Pannello P1 (base pannello 5.45m)

Tabella 27 Pannello P1 Sollecitazioni di progetto allo SLE e SLU

P1	l 5.45 m							
	SLS-rara				SLU			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
	Valore lato Terra (kN*m/m)	Valore lato Scavo (kN*m/m)	Valore lato Terra (kN*m/m)	Valore lato Scavo (kN*m/m)	Valore lato Terra (kN*m/m)	Valore lato Scavo (kN*m/m)	Valore lato Terra (kN*m/m)	Valore lato Scavo (kN*m/m)
Testa diaframma	2822	3010	2865	3010	4019	3331	4319	5581
Gabbia 1	2822	5772	2865	5869	4019	6986	4319	8871
Sovrapposizione	336	4581	1642	4741	433	5957	9595	6164
Gabbia 2	4451	2312	4451	2312	5785	3029	11311	3029

- Gabbia di armatura No. 1 (Lembo teso superiore lato terra, M<0)



VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione ds. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione ds. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N° Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	-4320.00	0.00	-8373.98	1.94	486.0(163.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N° Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-272.5	0.0	0.00071	-259.5	8.9	-0.02525	259.5	91.6

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-2900.00	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (e positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa a considerate efficaci per l'apertura delle fessure

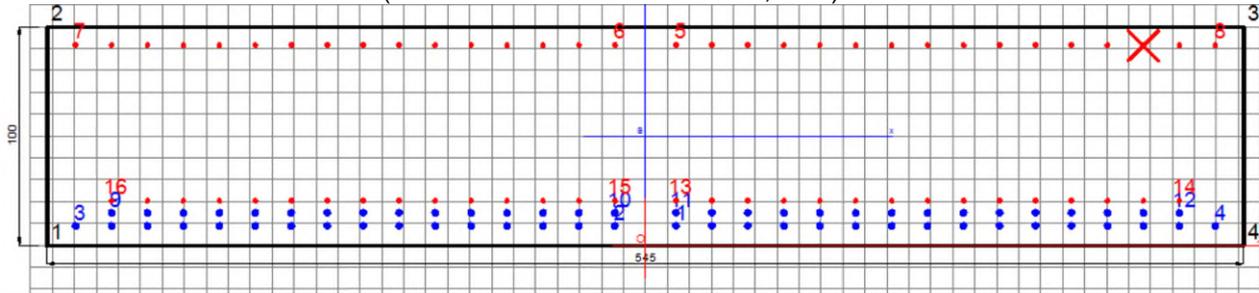
N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.90	-272.5	0.0	-147.3	243.1	91.6	13299	259.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}												
e1	Esito della verifica												
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata												
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]												
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cf. eq.(7.9)EC2]												
k2	= 0.5 per flessione; = (e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]												
k3	= 3400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali												
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali												
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese e compres e nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]												
Cf	Cofriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa												
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax/Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]												
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]												
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e sm - e cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi												
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]												
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]												

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00083	0.00000	0.500	23.3	74	0.00044 (0.00044)	454	0.200 (990.00)	-2922.97	0.00

- Gabbia di armatura No. 1 (Lembo teso inferiore lato scavo, M>0)



Legenda barre <ul style="list-style-type: none"> ● 62 Ø 30 ● 62 Ø 20 <p>As tot = 633.0 (1.2 %)</p>	Dati sezione solo conglom. ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 54500 cm ² Y baric. = 50.000 cm SX = 2725000 cm ³ JX = 181666667 cm ⁴ ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:	Visualizza <input checked="" type="checkbox"/> Assi riferimento sezione <input checked="" type="checkbox"/> Quotatura sezione <input checked="" type="checkbox"/> Numer. vertici congl. <input checked="" type="checkbox"/> Numerazione barre <input checked="" type="checkbox"/> Griglia di riferimento Passo griglia (cm) 10.0
---	--	---

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Storzio normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Storzio normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Ms.Sic. Msura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1,000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N° Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	8900.00	0.00	15827.42	1.78	633.0(163.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N° Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-272.5	100.0	0.00241	13.9	91.6	-0.00828	13.9	8.9

 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014 Rev. A Foglio 73 di 101

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	5870.00	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.05	-272.5	100.0	-159.2	243.1	8.9	11514	532.5

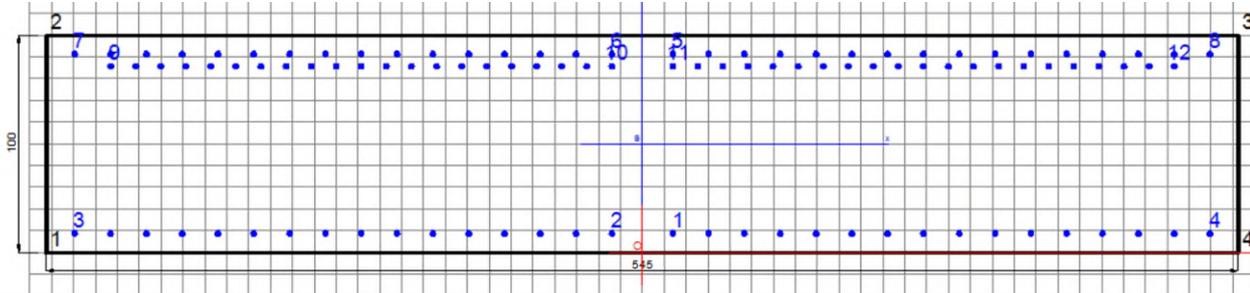
COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cf. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00093	0.00000	0.500	27.6	74	0.00058 (0.00048)	353	0.200 (990.00)	3204.61	0.00

- Gabbia di armatura No. 2 (Lembo teso superiore lato terra M<0)



Legenda barre ● 106 Ø 26 As tot = 562.8 (1.0 %)	Dati sezione solo conglom. ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 54500 cm² Y baric. = 50.000 cm SX = 2725000 cm³ JX = 181666667 cm⁴ ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:	Visualizza <input checked="" type="checkbox"/> Assi riferimento sezione <input checked="" type="checkbox"/> Quotatura sezione <input checked="" type="checkbox"/> Numer. vertici congl. <input checked="" type="checkbox"/> Numerazione barre <input checked="" type="checkbox"/> Griglia di riferimento Passo griglia (cm) 10.0
--	--	---

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	-11311.00	0.00	-12415.55	1.10	562.8(163.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Ascissa in cm della fibra comp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-272.5	0.0	0.00159	-259.5	8.7	-0.01653	259.5	91.3

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-4460.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 75 di 101

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra comp. a Ss min (sistem a rif. X, Y, O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

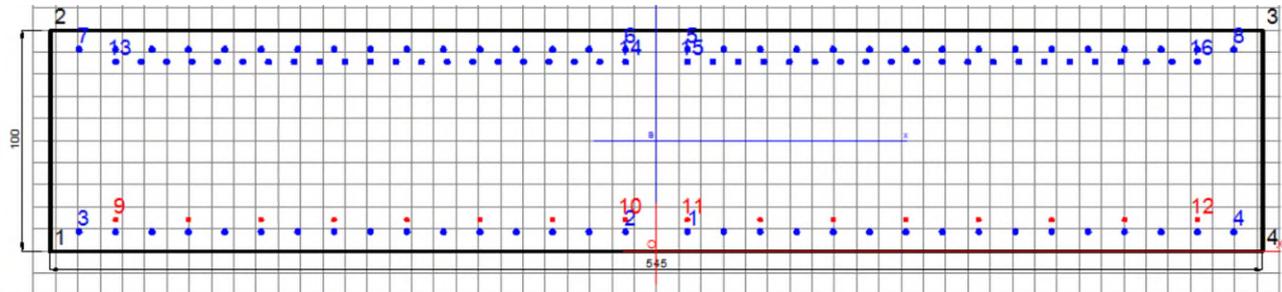
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.45	-272.5	0.0	-153.7	243.1	91.3	12281	392.9

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace A_{ceff} [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e _{sm} - e _{cm}	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 S_{max}/E_s [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
M _x fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
M _y fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	M _x fess	M _y fess
1	S	-0.00088	0.00000	0.500	26.0	74	0.00048 (0.00046)	390	0.187 (99.00)	-3094.54	0.00

- Gabbia di armatura No. 2 (Lembo teso inferiore lato scavo M>0)



Legenda barre <ul style="list-style-type: none"> ● 106 Ø 26 ● 16 Ø 20 <p>As tot = 613.1 (1.1 %)</p>	Dati sezione solo conglom. ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 54500 cm ² Y baric. = 50.0000 cm SX = 2725000 cm ³ JX = 181666667 cm ⁴ ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:	Visualizza <input checked="" type="checkbox"/> Assi riferimento sezione <input checked="" type="checkbox"/> Quotatura sezione <input checked="" type="checkbox"/> Numer. vertici congl. <input checked="" type="checkbox"/> Numerazione barre <input checked="" type="checkbox"/> Griglia di riferimento Passo griglia (cm) 10.0
--	---	---

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (NMx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms.Sic.	As Totale
1	S	0.00	3030.00	0.00	7427.44	2.45	613.1(163.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Yc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-272.5	100.0	0.00102	13.9	91.3	-0.02248	13.9	8.7

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2320.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 B4 0014Rev.
AFoglio
77 di 101

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.06	-272.5	100.0	-132.1	243.1	8.7	13402	220.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k2	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cf. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax/ Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mxfess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
Myfess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

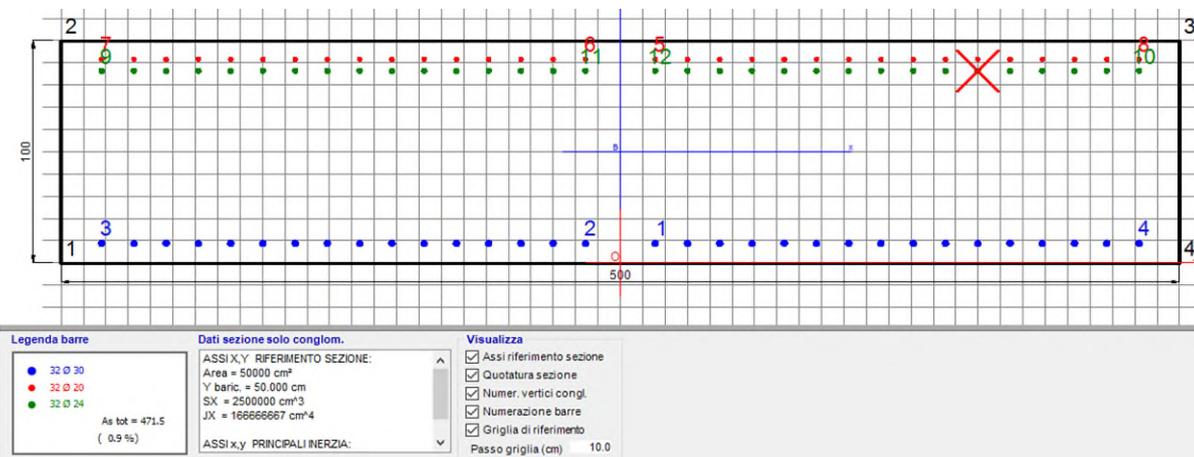
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mxfess	Myfess
1	S	-0.00075	0.00000	0.500	24.3	74	0.00040 (0.00040)	503	0.200 (990.00)	2946.19	0.00

9.1.1.2 Pannello S1 (base pannello 5.05m)

Tabella 28 Pannello P1 Sollecitazioni di progetto allo SLE e SLU

S1	I				5.00 m			
	SLS-rara				SLU			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)	
	Valore lato	Valore lato	Valore lato	Valore lato	Valore lato	Valore lato	Valore lato	Valore lato
	Terra	Scavo	Terra	Scavo	Terra	Scavo	Terra	Scavo
	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)
Testa diaframma*	2589	2762	2629	2762	3687	3056	3962	5120
Gabbia 1	2589	5295	2629	5385	3687	6409	3962	8138
Sovrapposizione	308	4203	1506	4350	397	5465	8803	5656
Gabbia 2	4083	2121	4083	2121	5308	2779	10375	2779

Gabbia di armatura No. 1 (Lembo teso superiore lato terra M<0)



VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse xpriuc. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse xpriuc. d'inerzia
 Ms.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (NMx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N° Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	-4000.00	0.00	-7915.44	1.98	471.5(150.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N° Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-250.0	0.0	0.00071	-231.9	8.9	-0.02524	231.9	91.6

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-2650.00	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

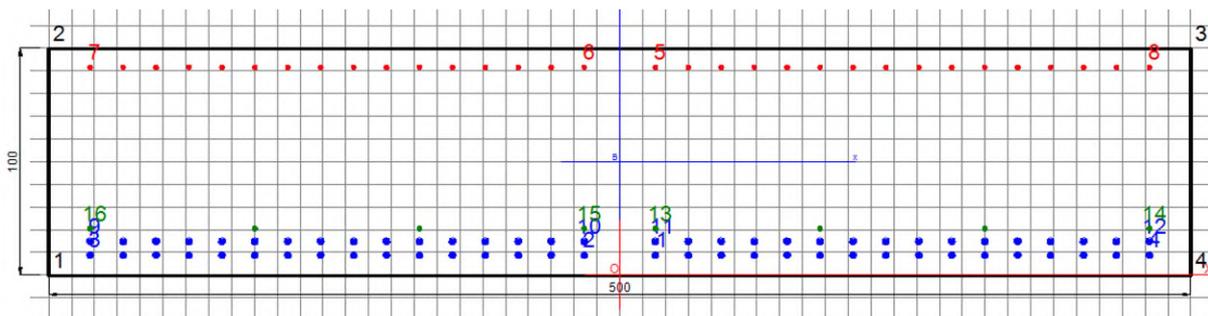
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.78	-250.0	0.0	-141.9	217.5	91.6	12134	245.3

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Ver. Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cf. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.5 Smax/ Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max\{e_{sm} - e_{cm}\}$ [7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess.	My fess.
1	S	-0.00080	0.00000	0.500	22.2	74	0.00043 (0.00043)	438 0.187 (990.00)	-2709.90	0.00

- Gabbia di armatura No. 1 (Lembo teso inferiore lato scavo M>0)



<p>Legenda barre</p> <ul style="list-style-type: none"> 64 Ø 30 32 Ø 20 8 Ø 22 <p>As tot = 583.3 (1.2 %)</p>	<p>Dati sezione solo conglom.</p> <p>ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 50000 cm² Y baric. = 50.000 cm SX = 2500000 cm³ JX = 166666667 cm⁴</p> <p>ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:</p>	<p>Visualizza</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Assi riferimento sezione <input checked="" type="checkbox"/> Quotatura sezione <input checked="" type="checkbox"/> Numer. vertici congl. <input checked="" type="checkbox"/> Numerazione barre <input checked="" type="checkbox"/> Griglia di riferimento <p>Passo griglia (cm) 10.0</p>
---	---	---

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 B4 0014Rev.
AFoglio
80 di 101

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione ds.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione ds.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Ms.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
As Totale	Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1,000$ Area totale barre longitudinali [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	8138.00	0.00	14585.81	1.79	583.3(150.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-250.0	100.0	0.00237	15.6	91.6	-0.00872	15.6	8.9

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	5400.00	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barre corrisp. a Ss min (sistem a rif. X, Y, O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

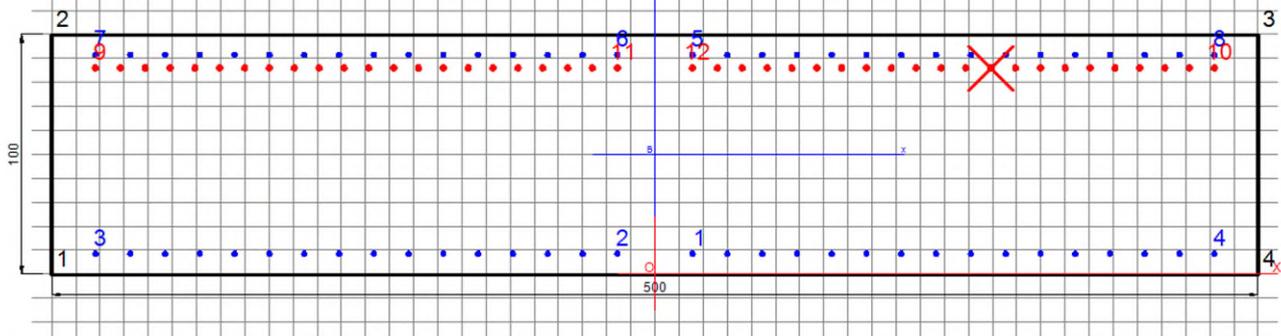
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.93	-250.0	100.0	-157.1	217.5	8.9	10563	482.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}									
e1	Esito della verifica									
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata									
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]									
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb frequenti [cf. eq.(7.9)EC2]									
k2	= 0.5 per fessure; = (e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]									
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali									
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali									
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]									
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa									
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax/ Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]									
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]									
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi									
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]									
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]									

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00091	0.00000	0.500	29.3	74	0.00057 (0.00047)	361	0.205 (990.00)	2967.83	0.00

- Gabbia di armatura No. 2 (Lembo teso lato superiore terra M<0)



Legenda barre <ul style="list-style-type: none"> 64 Ø 22 44 Ø 25 <p>As tot = 476,9 (1,0 %)</p>	Dati sezione solo conglom. ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 50000 cm ² Y baric. = 50.000 cm SX = 2500000 cm ³ JX = 166666667 cm ⁴ ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:	Visualizza <input checked="" type="checkbox"/> Assi riferimento sezione <input checked="" type="checkbox"/> Quotatura sezione <input checked="" type="checkbox"/> Numer. vertici congl. <input checked="" type="checkbox"/> Numerazione barre <input checked="" type="checkbox"/> Griglia di riferimento Passo griglia (cm) 10,0
---	--	---

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Ms.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	-10375.00	0.00	-11180.80	1.08	476.9(150.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-250.0	0.0	0.00172	-231.9	8.6	-0.01541	231.9	91.5

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom. Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-4100.00	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barre corrisp. a Ss min (sistem a rif. X, Y, O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

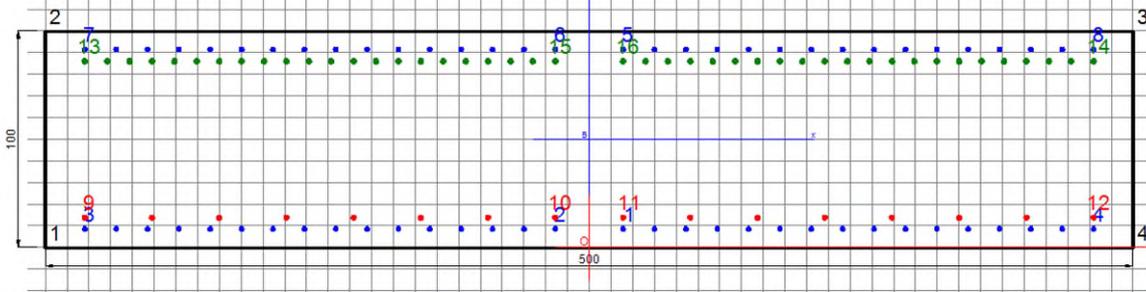
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.54	-250.0	0.0	-148.4	217.5	91.4	11220	378.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Ver. Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cf. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annesse nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annesse nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax/ Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr max * (e sm - e cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00085	0.00000	0.500	25.2	74	0.00047 (0.00045)	379	0.176 (990.00)	-2836.00	0.00

- Gabbia di armatura No. 2 (Lembo teso inferiore lato scavo M>0)



Legenda barre

- 64 Ø 22
- 16 Ø 24
- 44 Ø 26

As tot = 549.3
(1.1 %)

Dati sezione solo conglom.

ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE:
 Area = 50000 cm²
 Y baric. = 50.000 cm
 SX = 2500000 cm³
 JX = 166666667 cm⁴

ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:

Visualizza

- Assi riferimento sezione
- Quotatura sezione
- Numer. vertici congl.
- Numerazione barre
- Griglia di riferimento

Passo griglia (cm) 10.0

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione ds. (positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione ds. (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Ms.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (NMx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	2780.00	0.00	6520.12	2.35	572.4(150.0)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 B4 0014Rev.
AFoglio
83 di 101

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-250.0	100.0	0.00104	15.6	91.4	-0.02259	15.6	8.6

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2130.00	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.13	-250.0	100.0	-140.0	217.5	8.6	12376	194.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; = (e1 + e2)/(2 * e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax/ Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mxfess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
Myfess.	Apertura fessure in mm calcolata = sr max * (e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mxfess	Myfess
1	S	-0.00079	0.00000	0.500	22.7	75	0.00042 (0.00042)	501	0.200 (990.00)	2686.69	0.00

9.1.1.3 P2 e S2 Pannelli primari e secondari (base pannello 2.5 m)

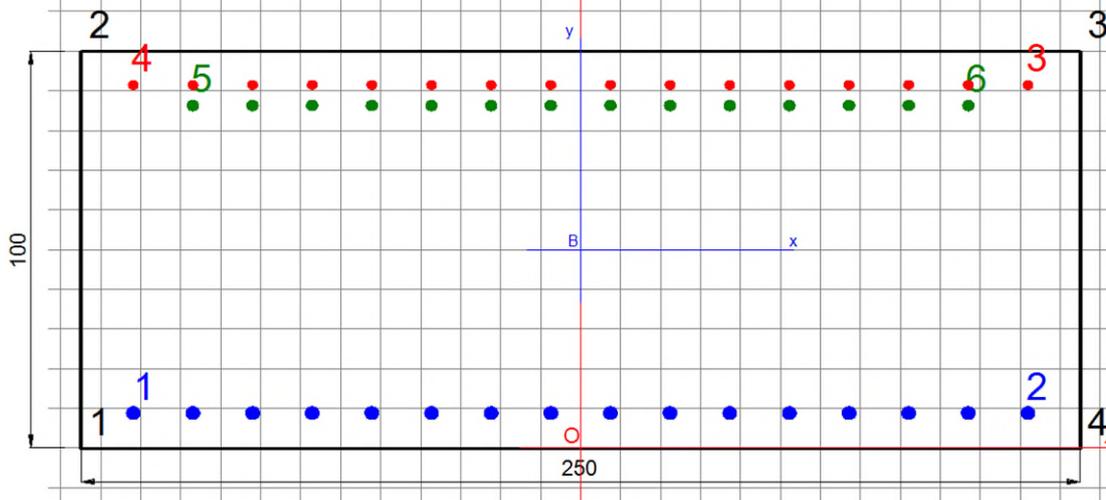
P2-S2

l

2.50 m

	SLS-rara				SLU			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)	
	Valore lato Terra (kN*m/m)	Valore lato Scavo (kN*m/m)						
Testa diaframma	1294	1381	1314	1381	1843	1528	1981	2560
Gabbia 1	1294	2648	1314	2692	1843	3205	1981	4069
Sovrapposizione	154	2102	753	2175	199	2733	4401	2828
Gabbia 2	2042	1060	2042	1060	2654	1390	5598	1390

- Gabbia di armatura No. 1 (Lembo teso superiore lato terra M<0)



Legenda barre <ul style="list-style-type: none"> 16 Ø 30 16 Ø 20 14 Ø 24 As tot = 226,7 (0,9 %)	Dati sezione solo conglom. ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 25000 cm² Y baric. = 50,0000 cm SX = 1250000 cm³ JX = 83333333 cm⁴ ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:	Visualizza <input checked="" type="checkbox"/> Assi riferimento sezione <input checked="" type="checkbox"/> Quotatura sezione <input checked="" type="checkbox"/> Numer. vertici congl. <input checked="" type="checkbox"/> Numerazione barre <input checked="" type="checkbox"/> Griglia di riferimento Passo griglia (cm) 10.0
--	--	---

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Storzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione ds. (positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Storzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione ds. (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Ms.Sc. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N Mx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1,000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sc.	As Totale
1	S	980.00	-1990.00	980.02	-4084.58	2.05	226,7(75.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-125.0	0.0	0.00089	-111.9	8.9	-0.02339	111.9	91.6

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
	N	Mx	My
1	0.00	-1320.00	0.00

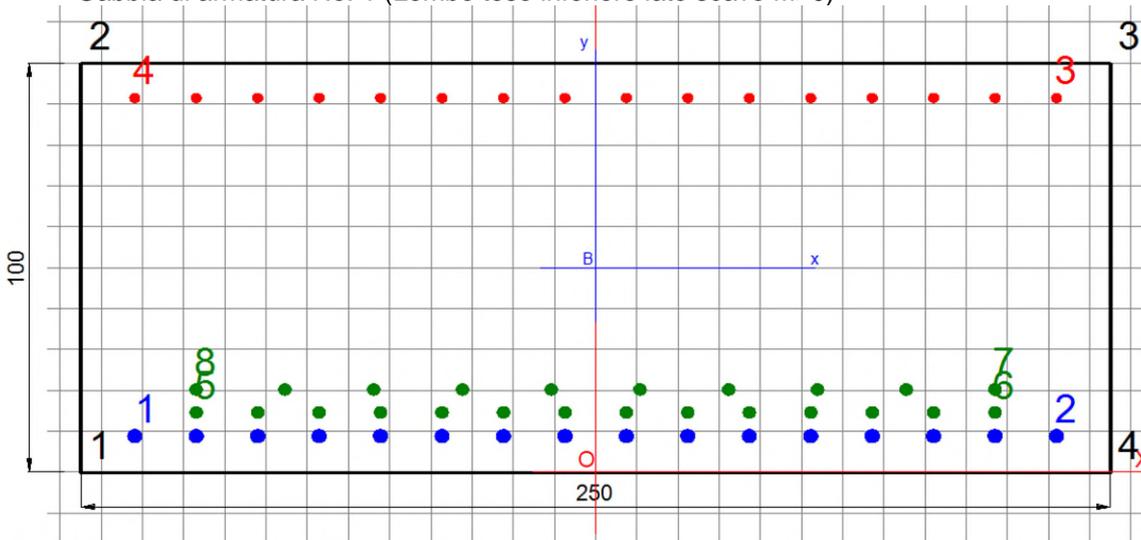
COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.86	-125.0	0.0	-151.4	-97.0	91.6	6027	113.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00085	0.00000	0.500	22.0	74	0.00045 (0.00045)	450	0.205 (990.00)	-1341.05	0.00

- Gabbia di armatura No. 1 (Lembo teso inferiore lato scavo M>0)



<p>Legenda barre</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 16 Ø 30 ● 16 Ø 20 ● 24 Ø 26 <p>As tot = 290.8 (1.2 %)</p>	<p>Dati sezione solo conglom.</p> <p>ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 25000 cm² Y baric. = 50.000 cm SX = 1250000 cm³ JX = 83333333 cm⁴</p> <p>ASSI X,y PRINCIPALI INERZIA:</p>	<p>Visualizza</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Assi riferimento sezione <input checked="" type="checkbox"/> Quattatura sezione <input checked="" type="checkbox"/> Numer. vertici congl. <input checked="" type="checkbox"/> Numerazione barre <input checked="" type="checkbox"/> Griglia di riferimento <p>Passo griglia (cm) 10.0</p>
--	--	--

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 B4 0014Rev.
AFoglio
86 di 101

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N Mx, My)
As Totale	Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 Area totale barre longitudinali [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis. Sic.	As Totale
1	S	0.00	4070.00	0.00	7198.51	1.77	290.8(75.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-125.0	100.0	0.00237	111.9	91.6	-0.00878	-111.9	8.9

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2700.00	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistem a rif. X, Y, O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

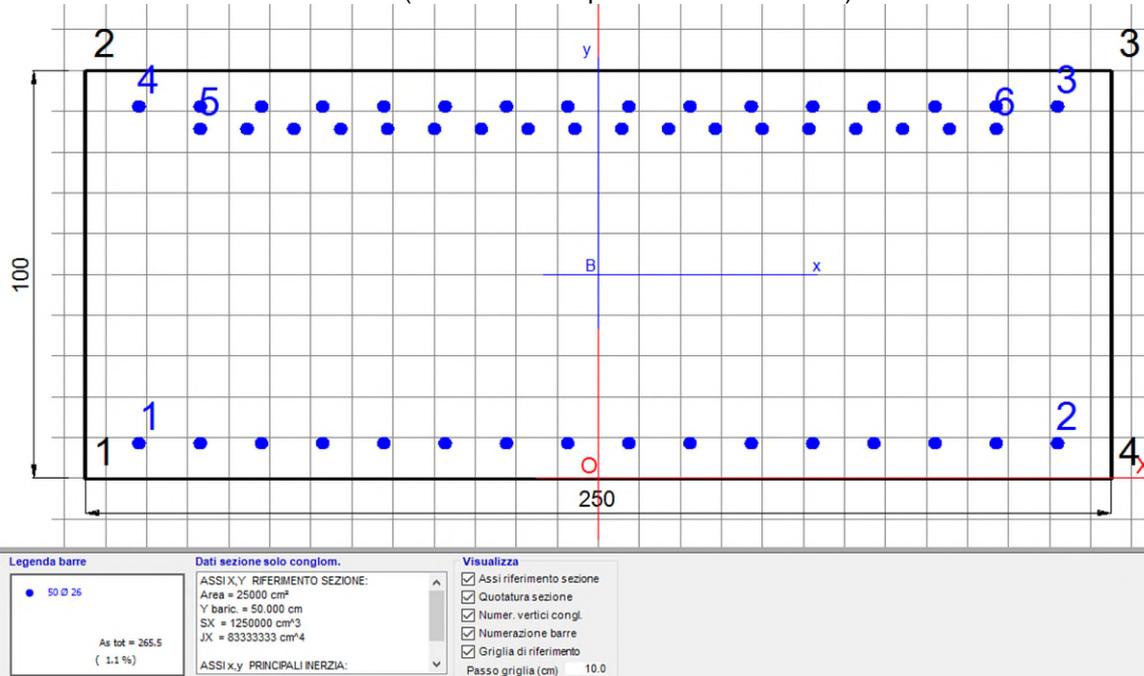
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.03	-125.0	100.0	-161.1	97.0	8.9	5282	240.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cf. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Aceff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $s_r \cdot \max(e_{s-m} - e_{c-m})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00094	0.00000	0.500	27.7	74	0.00059 (0.00048)	355 0.209 (990.00)	1470.95	0.00

- Gabbia di armatura No. 2 (Lembo teso superiore lato terra $M < 0$)



VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Mis. Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (NMx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N° Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis. Sic.	As Totale
1	S	0.00	-5600.00	0.00	-5728.56	1.02	265.5(75.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N° Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-125.0	0.0	0.00154	-111.9	8.7	-0.01709	111.9	91.3

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom. Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-2050.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 B4 0014Rev.
AFoglio
88 di 101

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barre corrisp. a Ss min (sistem a rif. X, Y, O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

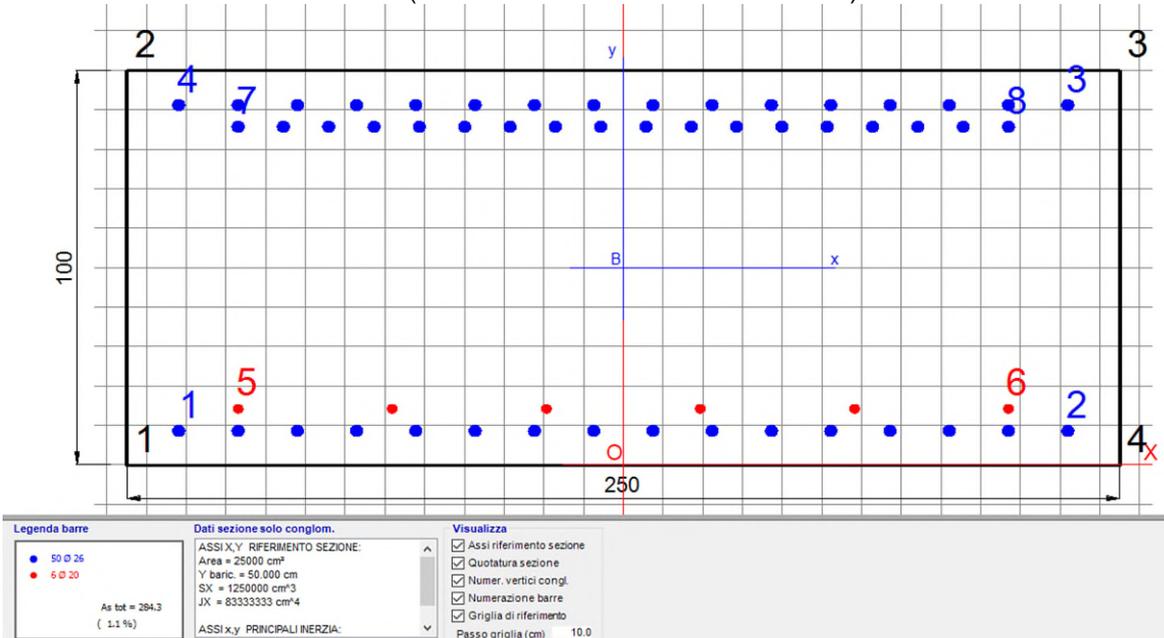
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.37	-125.0	0.0	-152.4	-97.0	91.3	5633	180.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k2	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Aceff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
sr max	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax/ Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
wk	Massima distanza tra le fessure [mm]
Mxfess.	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Myfess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
Myfess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mxfess	Myfess
1	S	-0.00087	0.00000	0.500	26.0	74	0.00047 (0.00046)	390	0.184 (990.00)	-1429.26	0.00

- Gabbia di armatura No. 2 (Lembo teso inferiore lato scavo M>0)



VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Ms.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (NMx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms.Sic.	As Totale
1	S	0.00	1390.00	0.00	3501.83	2.52	284.3(75.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-125.0	100.0	0.00100	111.9	91.3	-0.02277	-111.9	8.7

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1100.00	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto comp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra comp. a Ss min (sistem a rif. X, Y, O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.10	-125.0	100.0	-132.1	97.0	8.7	5979	103.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1 Esito della verifica
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cf. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max\{e_{sm} - e_{cm}\}$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mxfess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
Myfess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mxfess	Myfess
1	S	-0.00075	0.00000	0.500	24.7	74	0.00040 (0.00040)	493	0.195 (990.00)	1360.44	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 91 di 101

9.2 Verifiche sollecitazioni taglianti

Nella tabella seguente si riassume le massime sollecitazioni taglianti ottenute dall'involuppo dei risultati degli schemi di calcolo 'TS-1' e 'TS-2' utilizzate per il dimensionamento dell'armatura 'Tipo 1'.

Le verifiche sono effettuate considerando i fili strutturali di seguito indicati:

- sollecitazioni testa diaframma riferite ad asse cordolo.
- in corrispondenza del solettone di fondo del manufatto a "U" interno, il picco delle sollecitazioni taglianti è valutato ad $\frac{1}{4}$ dello spessore dall'asse della soletta.

Tabella 29 Sollecitazioni taglianti dimensionanti

INVILUPPO TS-1_TS-2	Involuppo A1+M1+R1				SLU			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
Sollecitazioni taglianti	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)
Asse copertura	34	587	40	658	26	442	113	981
Intradosso copertura	17	564	17	628	13	425	13	891
Testa diaframma	10	514	10	568	7	389	7	729
Gabbia 1	263	514	328	568	202	389	715	729
Sovrapposizione	567	18	703	18	436	13	1417	13
Estradosso solaio Fondo	614	18	759	18	472	13	1495	13
Asse Solaio fondo	696	5	861	212	535	4	1637	958
Sezione 1/4 da estradosso	631	10	782	106	486	7	1527	479
Intradosso solaio fondo	773	1	773	163	594	1	594	827
Gabbia 2	787	445	861	445	605	343	1637	958

9.2.1 Dimensionamento armatura trasversale

Per il dimensionamento dell'armatura resistente a taglio si è proceduto armando il pannello soggetto alla sollecitazione maggiore (pannello P1 L=5.45 m) L'armatura così dimensionata è valida per ogni pannello, unica differenza è il passaggio da 2 gabbie (8 bracci resistenti a taglio) per i pannelli di tipo P1 e S1 a 1 gabbia (4 bracci resistenti a taglio) per i pannelli di tipo P2 e S2. Le verifiche sono effettuate in accordo con il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi secondo i criteri riportati nelle NTC 08 per le strutture in calcestruzzo armato.

Tabella 30 Involuppo sollecitazioni taglianti dimensionanti

INVILUPPO TS-1_TS-2	Involuppo A1+M1+R1 / SISMA STR	
	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)
Testa diaframma	10	729
Sezione 1/4 da estradosso	1527	479

Di seguito si riportano le resistenze per i vari passi utilizzati. Nel dettaglio si valuta la resistenza a taglio delle staffe nelle seguenti condizioni:

1. Armatura trasversale composta da nr. 4 braccia $\phi 14$, passo 25cm

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 92 di 101

2. Armatura trasversale composta da nr. 4 braccia ϕ 14, passo 15cm
3. Armatura trasversale composta da nr. 4 braccia ϕ 14, passo 10cm

Caso 1: 4 braccia $\phi 14$, passo 25cm

verifica a taglio di una sezione rettangolare

secondo EN 1992-1-1:2004:E

geometria

sezione trasversale

base	B =	545	cm
altezza	H =	100	cm
copriferro (asse armatura long.)	c =	11.4	cm
altezza utile	d =	88.6	cm
braccio coppia interna	z =	79.8	cm

armatura a taglio

numero braccia	n =	8	
diametro	ϕ =	14	mm
passo	s =	25	cm
inclinazione	α =	90	°
area	A_{sw} =	12.32	cm ²

armatura longitudinale tesa

numero barre	n_1 =	30	
diametro	ϕ_1 =	24	mm
numero barre	n_2 =	32	
diametro	ϕ_2 =	20	mm
area totale	A_{sl} =	236.2	cm ²

materiali

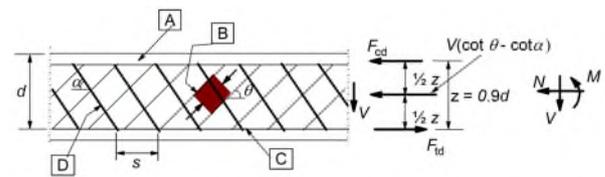
calcestruzzo

resistenza caratt. cilindrica a 28 gg.	f_{ck} =	24.9	MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_c =	1.5	
coeff. effetti a lungo termine	α_{cc} =	0.85	
tensione di calcolo	f_{cd} =	14.1	MPa
coeff. riduzione resistenza bielle	ν =	0.540	
tensione di calcolo bielle	νf_{cd} =	7.6	MPa

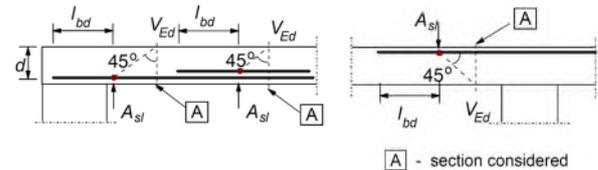
acciaio

tensione caratt. di snervamento	f_{yk} =	450.0	MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_s =	1.15	
tensione di snervamento di calcolo	f_{yd} =	391.3	MPa

legenda



A - compression chord, B - struts, C - tensile chord, D - shear reinforcement



A - section considered

sollecitazioni e verifiche

taglio	V_{Ed} =	0	kN
azione assiale	N_{Ed} =	0	kN
resistenza elemento non armato	V_{Rdc} =	1511.1	kN
resistenza armatura a taglio	V_{Rds} =	2662.6	kN
resistenza bielle calcestruzzo	V_{Rdmax} =	#####	kN
inclinazione bielle calcestruzzo	θ =	30.0	°
sezione	duttile		
traslazione armatura long.	al =	88.6	cm

Caso 2: 4 braccia $\phi 14$, passo 15cm

verifica a taglio di una sezione rettangolare
secondo EN 1992-1-1:2004:E

geometria**sezione trasversale**

base	B	=	545	cm
altezza	H	=	100	cm
copriferro (asse armatura long.)	c	=	11.4	cm
altezza utile	d	=	88.6	cm
braccio coppia interna	z	=	79.8	cm

armatura a taglio

numero braccia	n	=	8	
diametro	ϕ	=	14	mm
passo	s	=	15	cm
inclinazione	α	=	90	°
area	A_{sw}	=	12.32	cm ²

armatura longitudinale tesa

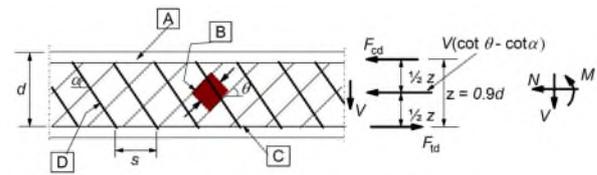
numero barre	n_1	=	30	
diametro	ϕ_1	=	24	mm
numero barre	n_2	=	32	
diametro	ϕ_2	=	20	mm
area totale	A_{sl}	=	236.2	cm ²

materiali**calcestruzzo**

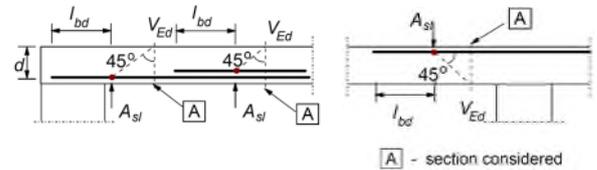
resistenza caratt. cilindrica a 28 gg.	f_{ck}	=	24.9	MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_c	=	1.5	
coeff. effetti a lungo termine	α_{cc}	=	0.85	
tensione di calcolo	f_{cd}	=	14.1	MPa
coeff. riduzione resistenza bielle	v	=	0.540	
tensione di calcolo bielle	$v f_{cd}$	=	7.6	MPa

acciaio

tensione caratt. di snervamento	f_{yk}	=	450.0	MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_s	=	1.15	
tensione di snervamento di calcolo	f_{yd}	=	391.3	MPa

legenda

[A] - compression chord, [B] - struts, [C] - tensile chord, [D] - shear reinforcement



[A] - section considered

sollecitazioni e verifiche

taglio	V_{Ed}	=	0	kN
azione assiale	N_{Ed}	=	0	kN
resistenza elemento non armato	V_{Rdc}	=	1511.1	kN
resistenza armatura a taglio	V_{Rds}	=	4437.7	kN
resistenza bielle calcestruzzo	V_{Rdmax}	=	#####	kN
inclinazione bielle calcestruzzo	θ	=	30.0	°
sezione				duttile
traslazione armatura long.	a_l	=	88.6	cm

Caso 3: 4 braccia $\phi 14$, passo 10cm

verifica a taglio di una sezione rettangolare

secondo EN 1992-1-1:2004:E

geometria

sezione trasversale

base	B	=	545	cm
altezza	H	=	100	cm
copriferro (asse armatura long.)	c	=	11.4	cm
altezza utile	d	=	88.6	cm
braccio coppia interna	z	=	79.8	cm

armatura a taglio

numero braccia	n	=	8	
diametro	ϕ	=	14	mm
passo	s	=	10	cm
inclinazione	α	=	90	°
area	A_{sw}	=	12.32	cm ²

armatura longitudinale tesa

numero barre	n_1	=	30	
diametro	ϕ_1	=	24	mm
numero barre	n_2	=	32	
diametro	ϕ_2	=	20	mm
area totale	A_{sl}	=	236.2	cm ²

materiali

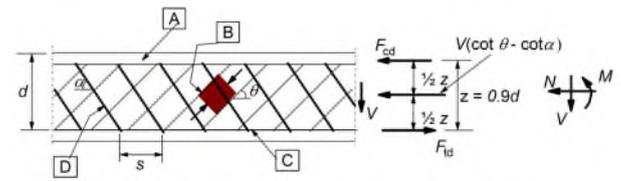
calcestruzzo

resistenza caratt. cilindrica a 28 gg.	f_{ck}	=	24.9	MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_c	=	1.5	
coeff. effetti a lungo termine	α_{cc}	=	0.85	
tensione di calcolo	f_{cd}	=	14.1	MPa
coeff. riduzione resistenza bielle	ν	=	0.540	
tensione di calcolo bielle	νf_{cd}	=	7.6	MPa

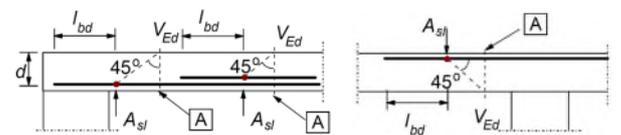
acciaio

tensione caratt. di snervamento	f_{yk}	=	450.0	MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_s	=	1.15	
tensione di snervamento di calcolo	f_{yd}	=	391.3	MPa

legenda



[A] - compression chord, [B] - struts, [C] - tensile chord, [D] - shear reinforcement



[A] - section considered

sollecitazioni e verifiche

taglio	V_{Ed}	=	0	kN
azione assiale	N_{Ed}	=	0	kN
resistenza elemento non armato	V_{Rdc}	=	1511.1	kN
resistenza armatura a taglio	V_{Rds}	=	6656.6	kN
resistenza bielle calcestruzzo	V_{Rdmax}	=	#####	kN
inclinazione bielle calcestruzzo	θ	=	30.0	°
sezione				duttile
traslazione armatura long.	a_l	=	88.6	cm

4. Caso 3A: 4 braccia $\phi 14$, passo 10cm ($\theta=25^\circ$)

verifica a taglio di una sezione rettangolare

secondo EN 1992-1-1:2004:E

geometria

sezione trasversale

base	B	=	545	cm
altezza	H	=	100	cm
copriferro (asse armatura long.)	c	=	11.4	cm
altezza utile	d	=	88.6	cm
braccio coppia interna	z	=	79.8	cm

armatura a taglio

numero braccia	n	=	8	
diametro	ϕ	=	14	mm
passo	s	=	10	cm
inclinazione	α	=	90	°
area	A_{sw}	=	12.32	cm ²

armatura longitudinale tesa

numero barre	n_1	=	30	
diametro	ϕ_1	=	24	mm
numero barre	n_2	=	32	
diametro	ϕ_2	=	20	mm
area totale	A_{sl}	=	236.2	cm ²

materiali

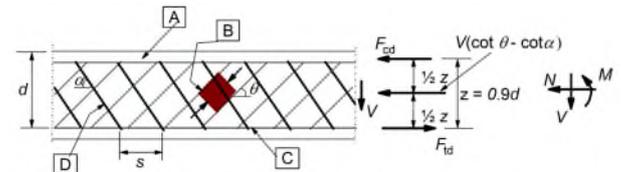
calcestruzzo

resistenza caratt. cilindrica a 28 gg.	f_{ck}	=	24.9	MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_c	=	1.5	
coeff. effetti a lungo termine	α_{cc}	=	0.85	
tensione di calcolo	f_{cd}	=	14.1	MPa
coeff. riduzione resistenza bielle	ν	=	0.540	
tensione di calcolo bielle	νf_{cd}	=	7.6	MPa

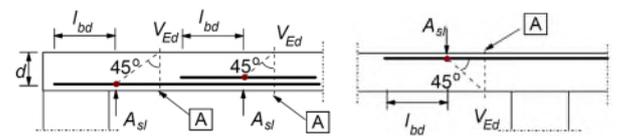
acciaio

tensione caratt. di snervamento	f_{yk}	=	450.0	MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_s	=	1.15	
tensione di snervamento di calcolo	f_{yd}	=	391.3	MPa

legenda



[A] - compression chord, [B] - struts, [C] - tensile chord, [D] - shear reinforcement



[A] - section considered

sollecitazioni e verifiche

taglio	V_{Ed}	=	0	kN
azione assiale	N_{Ed}	=	0	kN
resistenza elemento non armato	V_{Rdc}	=	1511.1	kN
resistenza armatura a taglio	V_{Rds}	=	8241.7	kN
resistenza bielle calcestruzzo	V_{Rdmax}	=	#####	kN
inclinazione bielle calcestruzzo	θ	=	25.0	°
sezione				duttile
traslazione armatura long.	al	=	88.6	cm

5. Caso 3B: 4 braccia $\phi 14$, passo 10cm ($\theta=21^\circ$)

verifica a taglio di una sezione rettangolare
secondo EN 1992-1-1:2004:E

geometria

sezione trasversale

base	B	=	545	cm
altezza	H	=	100	cm
copriferro (asse armatura long.)	c	=	12.1	cm
altezza utile	d	=	87.9	cm
braccio coppia interna	z	=	79.2	cm

armatura a taglio

numero braccia	n	=	8	
diametro	ϕ	=	14	mm
passo	s	=	10	cm
inclinazione	α	=	90	°
area	A_{sw}	=	12.32	cm ²

armatura longitudinale tesa

numero barre	n_1	=	42	
diametro	ϕ_1	=	26	mm
numero barre	n_2	=	32	
diametro	ϕ_2	=	20	mm
area totale	A_{st}	=	323.5	cm ²

materiali

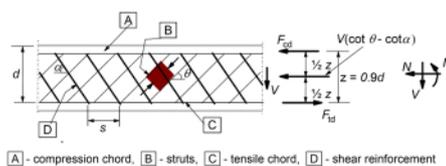
calcestruzzo

resistenza caratt. cilindrica a 28 gg.	f_{ck}	=	24.9	MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_c	=	1.5	
coeff. effetti a lungo termine	α_{cc}	=	0.85	
tensione di calcolo	f_{cd}	=	14.1	MPa
coeff. riduzione resistenza bielle	ν	=	0.540	
tensione di calcolo bielle	νf_{cd}	=	7.6	MPa

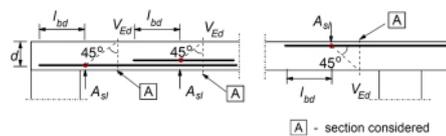
acciaio

tensione caratt. di snervamento	f_{yk}	=	450.0	MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_s	=	1.15	
tensione di snervamento di calcolo	f_{yd}	=	391.3	MPa

legenda



A - compression chord, B - struts, C - tensile chord, D - shear reinforcement



A - section considered

sollecitazioni e verifiche

taglio	V_{Ed}	=	0	kN
azione assiale	N_{Ed}	=	0	kN

resistenza elemento non armato	V_{Rdc}	=	2175.9	kN
--------------------------------	-----------	---	--------	----

resistenza armatura a taglio	V_{Rds}	=	9535.7	kN
------------------------------	-----------	---	--------	----

resistenza bielle calcestruzzo	V_{Rdmax}	=	#####	kN
--------------------------------	-------------	---	-------	----

inclinazione bielle calcestruzzo	θ	=	21.8	°
----------------------------------	----------	---	------	---

sezione		=	ductile
---------	--	---	---------

traslazione armatura long.	a_l	=	87.9	cm
----------------------------	-------	---	------	----

servizio

α	=	1.571	rad
θ	=	0.380	rad
C_{Rdc}	=	0.12	
k	=	1.48	
ρ_l	=	0.0067	
k_1	=	0.15	
V_{min}	=	0.313	
σ_{cp}	=	0.00	MPa
V_{Rdc}	=	2175.9	kN
V_{Rdmin}	=	1502.5	kN
α_{cw}	=	1.0	

angolo θ

scelta imposto

$\theta_{imposto}$	=	21.8	°
$\theta_{calcolato}$	=	19.9	°
θ_{inf}	=	21.8	°
θ_{sup}	=	45	°

A partire dalle resistenze di calcolo sopra definite, le resistenze calcolate a metro lineare per il caso in esame sono:

- 4 braccia $\phi 14$ passo 25cm: $V_{Rds}/L = 488.6$ kN/m
- 4 braccia $\phi 14$ passo 15cm: $V_{Rds}/L = 814.3$ kN/m
- 4 braccia $\phi 14$ passo 10: $V_{Rds}/L = 1221.4$ kN/m
- 4 braccia $\phi 14$ passo 10 ($\theta=25^\circ$): $V_{Rds}/L = 1512.2$ kN/m
- 4 braccia $\phi 14$ passo 10 ($\theta=21^\circ$): $V_{Rds}/L = 1750$ kN/m

I diagrammi del taglio resistente a metro lineare così calcolato sono confrontate con le sollecitazioni di taglio a metro lineare determinate dal programma Paratie, in modo da verificare la resistenza a taglio lungo tutta l'altezza dei diaframmi, come riportato nelle seguenti immagini,

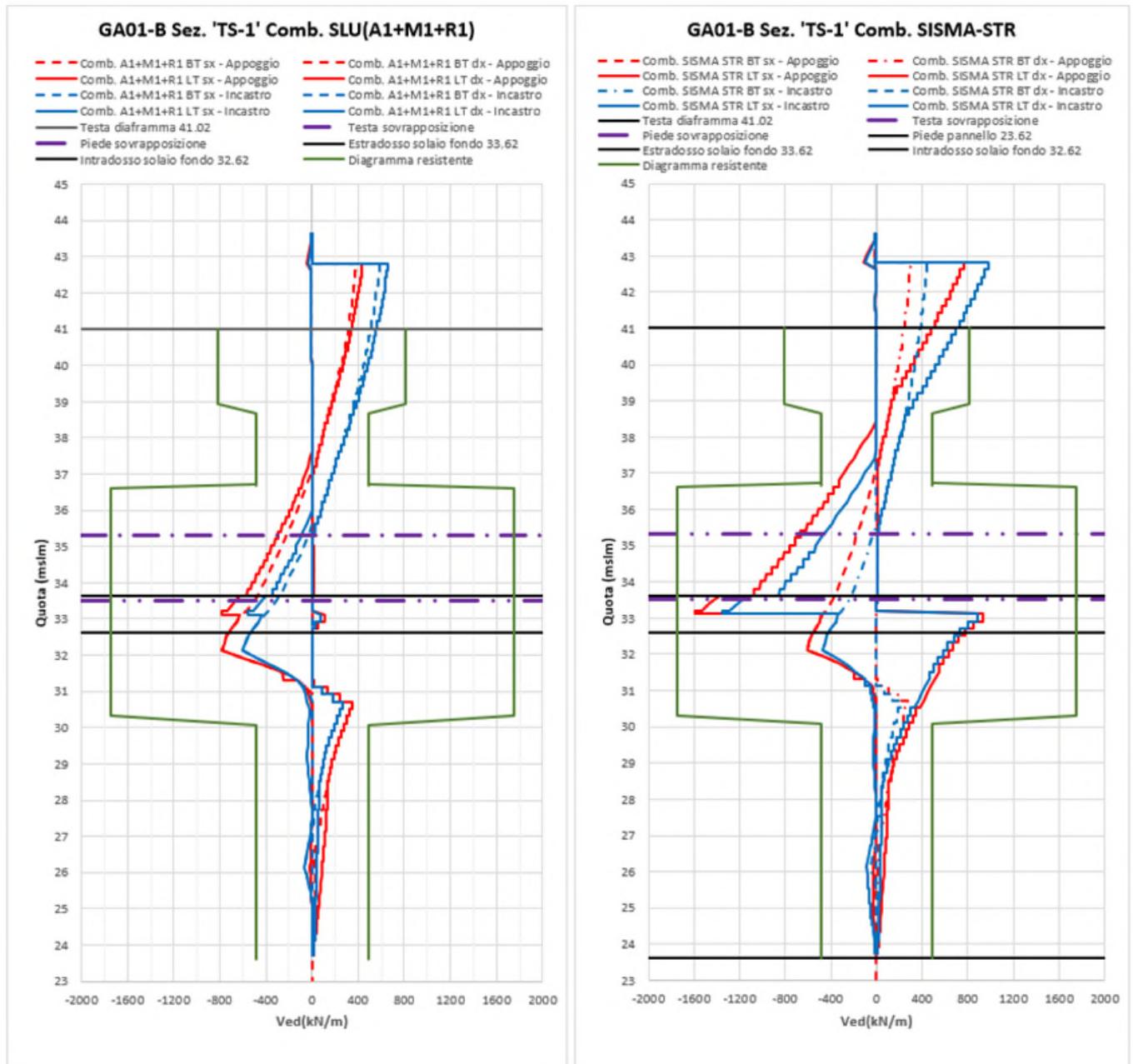


Figura 34 Diaframma TS-1- Diagramma azioni taglianti e resistenti allo SLU - valori in kN/m

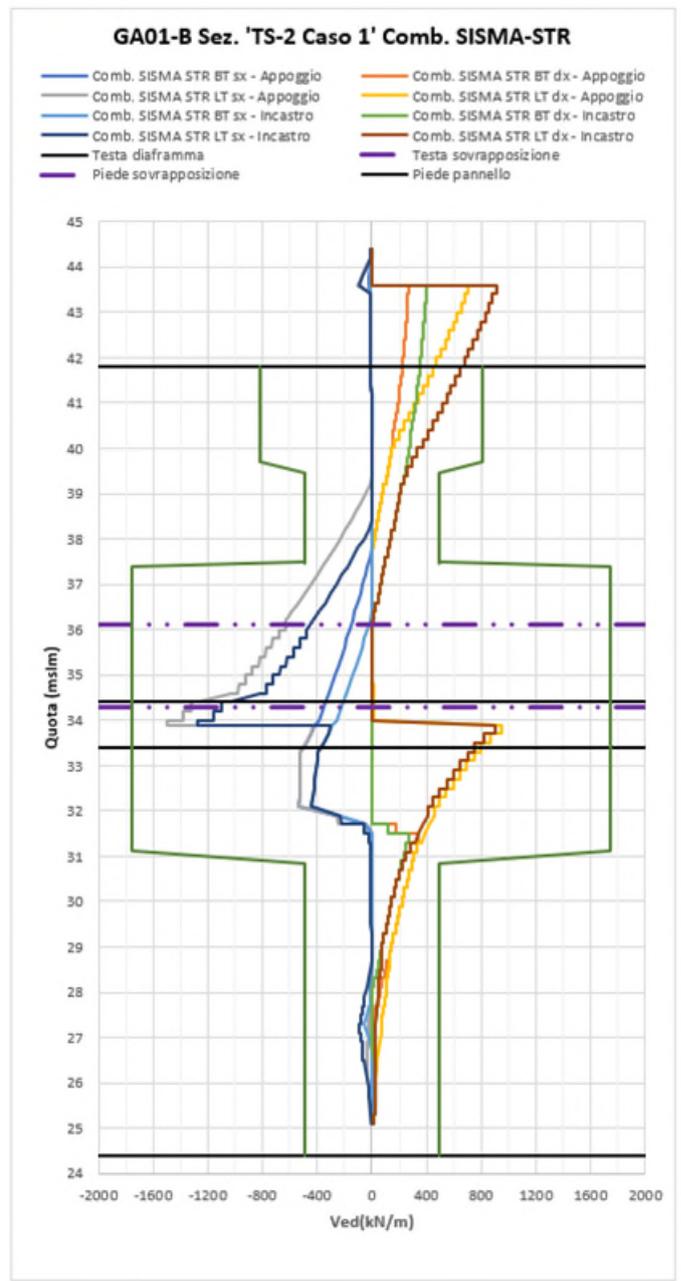
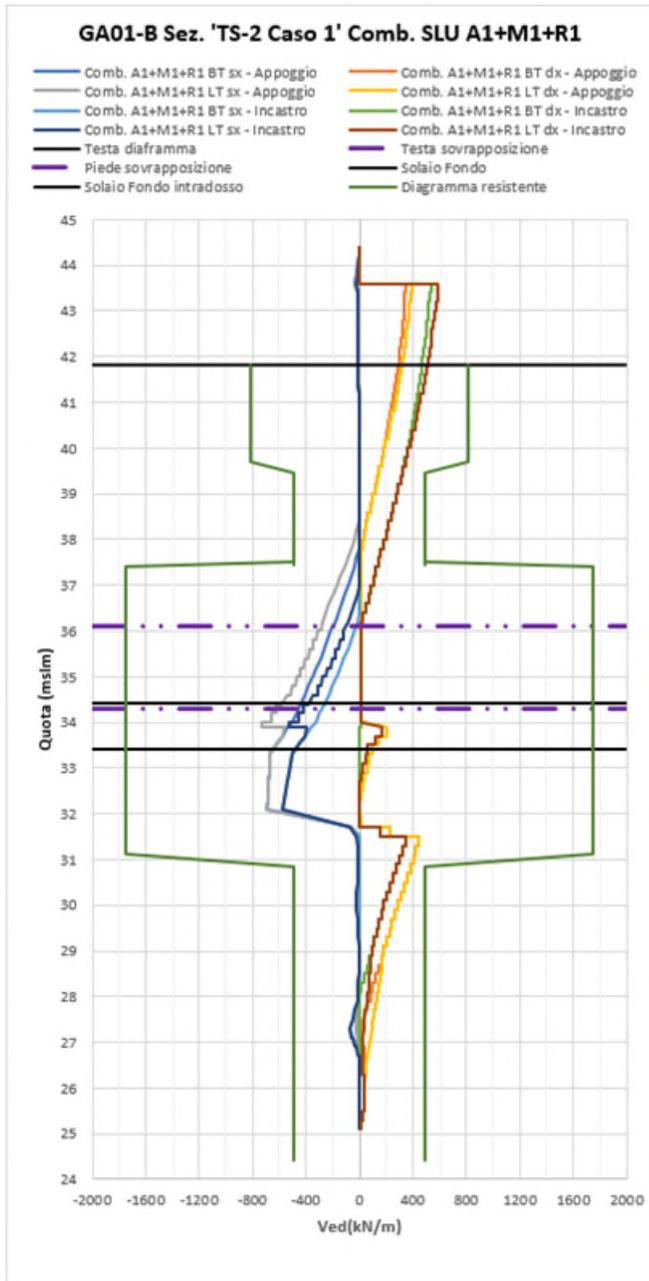


Figura 35 Diaframma TS-2-Caso 1- Diagramma azioni taglianti e resistenti allo SLU - valori in kN/m

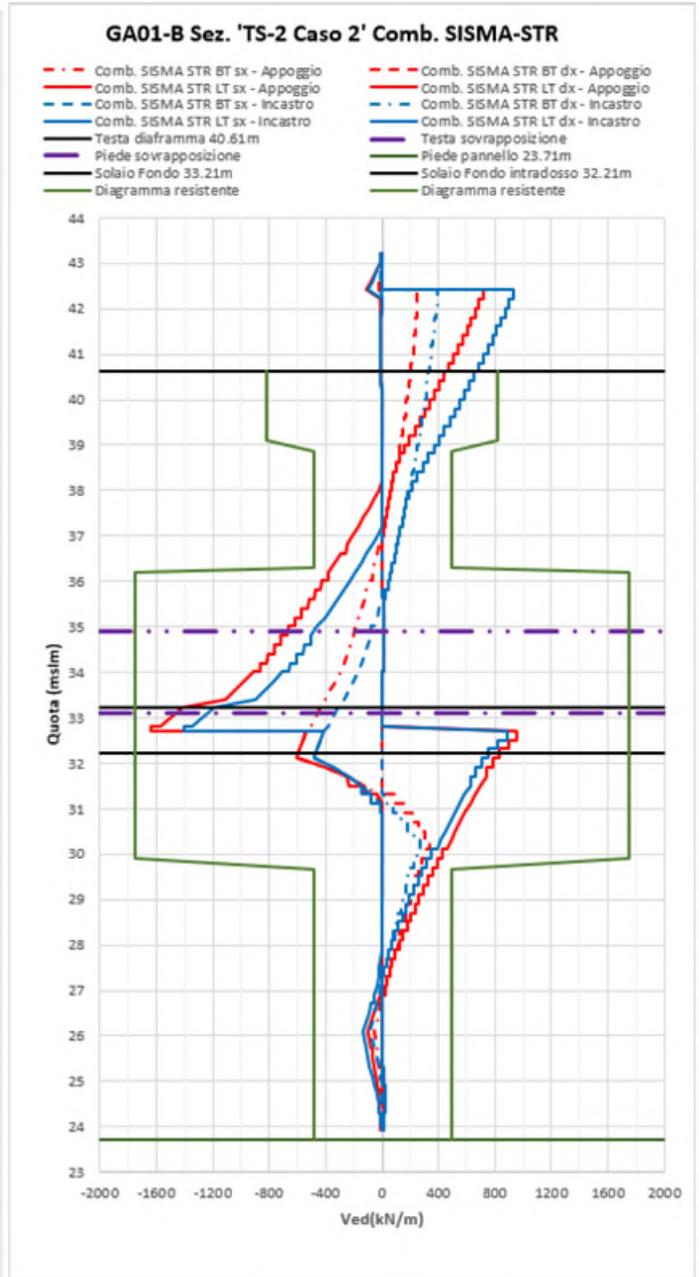
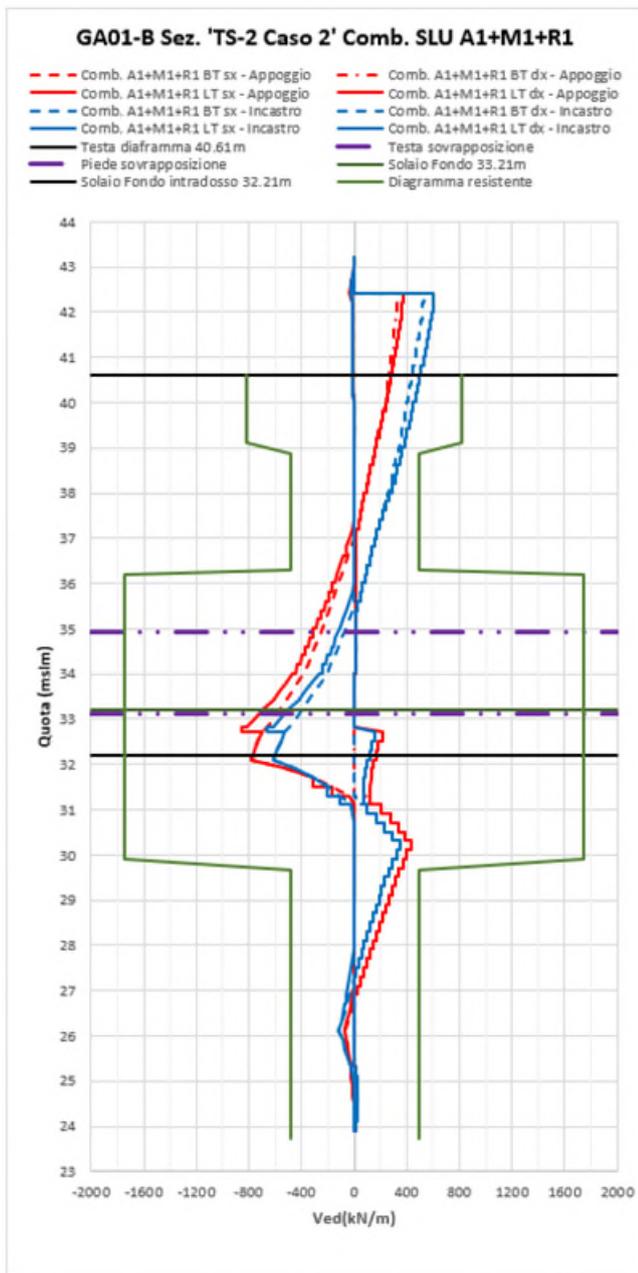


Figura 36 Diaframma TS-2-Caso 2- Diagramma azioni taglianti e resistenti allo SLU - valori in kN/m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-B OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 B4 0014	Rev. A	Foglio 101 di 101

10 GIUDIZIO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI

In accordo con le indicazioni contenute nel capitolo 10 delle NTC 2008, a commento delle verifiche riportate nei precedenti capitoli si precisa quanto segue:

- le verifiche degli elementi strutturali, laddove eseguite con programmi di calcolo automatico, sono state effettuate mediante l'utilizzo di codici di riconosciuta affidabilità ed impiego in ambito nazionale: tali codici contengono adeguata documentazione, nonché numerosi test di verifica e validazione circa l'affidabilità dei risultati ottenuti;
- i file di input e output dei programmi, riportati nella presente relazione e nell'apposito allegato, sono stati sottoposti a verifica mediante:
 - o controllo dei dati inseriti in merito a caratteristiche dei materiali, carichi e parametri di resistenza e deformabilità dei terreni, condizioni di vincolo imposte e coerenza con gli schemi statici rappresentati negli elaborati di progetto, nonché della successione delle fasi costruttive imposte nel progetto stesso;
 - o valutazione delle reazioni ai vincoli e verifica equilibrio globale della struttura analizzata;
 - o analisi speditiva dei risultati per confronto con schemi di calcolo semplificati, oppure con i risultati ed i dimensionamenti già svolti in sede di Progetto Definitivo: questi ultimi, in particolare, hanno costituito un primario riferimento per il dimensionamento delle opere e la valutazione dei risultati, nonché per la comprensione/ elaborazione del giudizio di accettabilità in presenza di eventuali scostamenti, qualora osservati a motivo delle diverse ipotesi di carico/vincolo e sequenze operative imposte;
 - o analisi comparativa eseguita con altri approcci numerici e di calcolo (cfr. doc. N1711EI2CLGA01A4001A).