

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
 GA01E dal km 6+241,33 al km 6+842,53
 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 Data:			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
IN17	11	E	I2	CL	GA01E4	001	A	- - - P - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	R. CONFORTI <i>R. Conforti</i>	30/04/21	L. ALFIERI <i>LQ</i>	30/04/21	P. GALVANIN <i>PG</i>	30/04/21	

CIG: 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1711EI2CLGA01E4001A.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 2 di 237

INDICE

1	INTRODUZIONE	6
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
2.1	Riferimenti Normativi.....	8
2.2	Documenti di progetto esecutivo	8
2.2.1	Elaborati generali GA01	8
2.2.2	Elaborati opere di sostegno scavi GA01-E	9
2.3	Software di calcolo.....	10
3	MATERIALI.....	11
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA	13
4.1	Inquadramento generale.....	13
4.2	Stratigrafia di riferimento per la tratta in esame.....	13
4.3	Livelli di falda	15
4.4	Parametri geotecnici per la tratta in esame	16
4.5	Parametri geotecnici del terreno trattato.....	16
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE	17
5.1	Aspetti generali	17
5.2	Geometria delle opere di sostegno.....	21
5.3	Schemi di calcolo	22
5.3.1	Criteri di identificazione delle sezioni di calcolo.....	22
5.3.2	Caratteristiche e quote di riferimento delle sezioni di calcolo.....	23
5.3.3	Fasi costruttive considerate	26
6	CRITERI DI VERIFICA	28
6.1	Criteri di dimensionamento e modellazione delle opere di sostegno	28
6.1.1	Riferimenti normativi	28
6.2	Modellazione delle sezioni e sistemi di vincolo	28
6.2.1	Spinta del terreno in condizioni statiche	29
6.2.2	Spinta del terreno in condizioni sismiche.....	29
6.2.3	Spinta dell'acqua.....	30
6.2.4	Passaggio moduli di lungo termine.....	30
6.3	Sovraccarico permanente in copertura.....	30
6.4	Sovraccarico accidentale in copertura.....	30
6.5	Combinazioni per la verifica agli SLU	30
7	VERIFICHE SEZIONE TP-Attr.A4.....	31
7.1	Fasi di calcolo	31
7.2	Risultati di calcolo	34
7.3	Verifiche geotecniche	38
7.3.1	Spostamenti e stabilità del fondo scavo	38
7.3.2	Verifiche deformazioni/cedimenti attesi	39

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 3 di 237

7.3.3	Verifiche di stabilità globale	40
7.3.4	Verifiche di stabilità del fondo scavo al galleggiamento	40
7.3.5	Verifiche di stabilità della struttura interna	42
7.3.6	Stima delle portate entranti al variare dei coefficienti di permeabilità del tampone di fondo.....	44
8	VERIFICHE SEZIONE TS4.....	46
8.1	Fasi di calcolo	46
8.2	Risultati di calcolo	49
8.3	Verifiche geotecniche	54
8.3.1	Spostamenti e stabilità del fondo scavo	54
8.3.2	Verifiche deformazioni/cedimenti attesi	54
8.3.3	Verifiche di capacità portante dei diaframmi.....	56
8.3.4	Verifiche di stabilità globale	59
8.3.5	Verifiche di stabilità del fondo scavo al galleggiamento	59
8.3.6	Verifiche di stabilità della struttura interna	61
8.3.7	Stima delle portate entranti al variare dei coefficienti di permeabilità del tampone di fondo.....	63
9	VERIFICHE SEZIONE TA.....	65
9.1	Fasi di calcolo	65
9.2	Risultati di calcolo	67
9.3	Verifiche geotecniche	71
9.3.1	Spostamenti e stabilità del fondo scavo	71
9.3.2	Verifiche deformazioni/cedimenti attesi	71
9.3.3	Verifiche di capacità portante dei diaframmi.....	72
9.3.4	Verifiche di stabilità globale	75
9.3.5	Verifiche di stabilità del fondo scavo al galleggiamento	75
9.3.6	Verifiche di stabilità della struttura interna	77
9.3.7	Stima delle portate entranti al variare dei coefficienti di permeabilità del tampone di fondo.....	79
10	VERIFICHE SEZIONE ST.....	80
10.1	Fasi di calcolo	80
10.2	Risultati di calcolo	83
10.3	Verifiche geotecniche	89
10.3.1	Spostamenti e stabilità del fondo scavo	89
10.3.2	Verifiche deformazioni/cedimenti attesi	89
10.3.3	Verifiche di capacità portante dei diaframmi.....	90
10.3.4	Verifiche di stabilità della struttura interna	93
10.3.5	Verifiche di stabilità globale	95
10.3.6	Verifiche sistema di dewatering	95
10.3.6.1	Risultati analisi di dimensionamento pozzi	95
10.3.6.2	Stime degli effetti in superficie prodotti dal dewatering	100
10.3.6.2.1	Geometria e dati di ingresso	100
10.3.6.2.2	Fasi di calcolo	103

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 4 di 237	

10.3.6.2.3	Descrizione dei risultati	104
10.3.6.2.4	Considerazioni conclusive	108
11	VERIFICHE STRUTTURALI DEI DIAFRAMMI	110
11.1	Tipologia armatura 'Tipo 2' (Schema TS-3 e TS-4)	112
11.1.1	Dimensionamento armatura longitudinale	112
11.1.1.1	Pannello P1 (base pannello 5.45m)	112
11.1.1.2	Pannello S1 (base pannello 5.0m)	121
11.1.1.3	Pannello P2 e S2 Pannelli primari e secondari (base pannello 2.5 m)	129
11.1.2	Verifiche sollecitazioni taglianti	136
11.1.2.1	Dimensionamento armatura trasversale	137
11.2	Tipologia armatura 'Tipo 3' (Schema TA)	145
11.2.1	Dimensionamento armatura longitudinale	145
11.2.1.1	Pannello P1 (base pannello 5.45m)	146
11.2.1.2	Pannello S1 (base pannello 5.0m)	153
11.2.1.3	Pannello P2 e S2 Pannelli primari e secondari (base pannello 2.5 m)	160
11.2.2	Verifiche sollecitazioni taglianti	166
11.2.2.1	Dimensionamento armatura trasversale	167
11.3	Tipologia armatura 'Tipo 4' (Schema ST)	173
11.3.1	Verifiche sollecitazioni flettenti	173
11.3.1.1	Dimensionamento armatura longitudinale	174
11.3.1.1.1	Pannello P1 (base pannello 5.45m)	174
11.3.1.1.2	Pannello S1 (base pannello 5.0m)	183
11.3.1.1.3	Pannello P2 e S2 Pannelli primari e secondari (base pannello 2.5 m)	191
11.3.2	Verifiche sollecitazioni taglianti	201
11.3.2.1	Dimensionamento armatura trasversale	201
11.4	Tipologia armatura 'Tipo 5' (Schema TP-Attr.A4)	206
11.4.1	Verifiche sollecitazioni flettenti	206
11.4.1.1	Dimensionamento armatura longitudinale	206
11.4.1.1.1	Pannello P1 (base pannello 5.45m)	207
11.4.1.1.2	Pannello S1 (base pannello 5.0m)	212
11.4.1.1.3	Pannello P2 e S2 Pannelli primari e secondari (base pannello 2.5 m)	218
11.4.2	Verifiche sollecitazioni taglianti	223
11.4.2.1	Dimensionamento armatura trasversale	224
12	OPERE PROVVISORIALI DI PRESIDIO	229
12.1	Inquadramento delle opere provvisorie della WBS GA01-E	229
12.2	Opera provvisoria D	229
12.2.1	Descrizione dell'opera	229
12.2.2	Modello di calcolo	231
12.2.3	Descrizione delle fasi di calcolo	232
12.2.4	Sintesi risultati allo SLE – Spostamenti	232

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 5 di 237

12.2.5	Sintesi risultati analisi strutturale	233
12.2.6	Verifiche allo SLU di tipo STR	234
12.2.7	Verifica allo SLU di tipo GEO.....	235
12.2.7.1	Verifica di stabilità globale	235
12.2.7.2	Verifica delle spinte a valle della paratia.....	236
13	GIUDIZIO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI.....	237

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 6 di 237

1 INTRODUZIONE

La presente relazione riporta il dimensionamento geotecnico e strutturale delle opere di sostegno del tratto di galleria artificiale S. Martino denominato GA01-E che si estende per circa 600m tra progressiva pk 6+241.33 e pk 6+842.53.

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 14 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 della galleria denominato GA01-E prevede un primo tratto di circa 40m realizzato con metodo 'Bottom Up' ed i restanti in 'Top-Down'. L'utilizzo della metodologia 'Bottom Up' è legata alla necessità di sottoattraversare l'autostrada A4 utilizzando un manufatto prefabbricato a spinta.

In tutti i casi, 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 allineamenti di diaframmi nella zona compresa tra la quota di fondo scavo della galleria artificiale e il piede dei diaframmi. Tale soluzione è adottata per tutta la tratta della galleria GA01-E per la quale la falda di riferimento in fase di scavo è superiore al fondo scavo per una altezza di circa 2m. Per battenti inferiori, lo scavo sotto copertura sarà realizzato previa esecuzione di batterie di pozzi drenanti allo scopo di deprimere il livello di falda sotto la quota di fondo scavo.

Al termine dello scavo 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 IN1711EI2RHGA0100001A 'Criteri di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 7 di 237

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 IN1711E12RHGA0100002A.

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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 8 di 237

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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 9 di 237

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-E

IN1711EI2CLGA01E4001A	Opere sostegno degli scavi e tampone di fondo - Relazione di calcolo
IN1711EI2CLGA01E4002A	Relazione di calcolo soletta di copertura
IN1711EI2CLGA01E4003A	Relazione di calcolo strutture interne
IN1711EI2PAGA01E0001A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 1
IN1711EI2PAGA01E0002A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 2
IN1711EI2PAGA01E0003A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 3
IN1711EI2PAGA01E0004A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 4
IN1711EI2PAGA01E0005A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 5
IN1711EI2PAGA01E0006A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 6
IN1711EI2PAGA01E0007A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 7
IN1711EI2PAGA01E0008A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 8
IN1711EI2PAGA01E0009A	Diaframmi e tampone di fondo - Planimetria di tracciamento e profili longitudinali Tav. 9
IN1711EI2PAGA01E1001A	Cordoli guida - Planimetria di tracciamento Tav. 1
IN1711EI2PAGA01E1002A	Cordoli guida - Planimetria di tracciamento Tav. 2
IN1711EI2PAGA01E1003A	Cordoli guida - Planimetria di tracciamento Tav. 3
IN1711EI2PAGA01E1004A	Cordoli guida - Planimetria di tracciamento Tav. 4
IN1711EI2PAGA01E1005A	Cordoli guida - Planimetria di tracciamento Tav. 5
IN1711EI2WAGA01E0001A	Fasi esecutive - Tratto con tampone di fondo da PK. 6+279,43 a PK. 6+647,73
IN1711EI2WAGA01E0002A	Fasi esecutive - Tratto senza tampone di fondo da PK. 6+647,73 a PK. 6+842,53
IN1711EI2WAGA01E0003A	Fasi esecutive - Camera di arrivo
IN1711EI2WAGA01E4001A	Diaframmi e tampone di fondo - Sezioni trasversali

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 10 di 237

IN1711EI2BKGA01E4001A	Pozzi di aggotamento - Dettagli tipologici
IN1711EI2PAGA01E1006A	Opera provvisoria "D" - Planimetria, prospetto e sezioni
IN1711EI2BZGA01E1001A	Diaframma primario doppio tipo TP - Armatura
IN1711EI2BZGA01E1002A	Diaframma secondario doppio tipo TP - Armatura
IN1711EI2BZGA01E1003A	Diaframma primario singolo tipo TP - Armatura
IN1711EI2BZGA01E1004A	Diaframma secondario singolo tipo TP - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4001A	Diaframma primario doppio tipo TS4 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4002A	Diaframma secondario doppio tipo TS4 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4003A	Diaframma primario singolo tipo TS4 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4004A	Diaframma secondario singolo tipo TS4 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4005A	Diaframma primario doppio tipo TA - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4006A	Diaframma secondario doppio tipo TA - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4007A	Diaframma primario singolo tipo TA - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4008A	Diaframma secondario singolo tipo TA - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4009A	Diaframma primario doppio tipo ST - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4010A	Diaframma secondario doppio tipo ST - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4011A	Diaframma primario singolo tipo ST - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4012A	Diaframma secondario singolo tipo ST - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4013A	Diaframma primario singolo nicchia Ampl. Tipo TS4/N2 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4014A	Diaframma secondario singolo nicchia Ampl. Tipo TS4/N1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4015A	Diaframma primario singolo nicchia QdT tipo TS4/N1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4016A	Diaframma primario singolo nicchia QdT tipo TS4/N2 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4017A	Diaframma primario singolo nicchia QdT tipo TA/N1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4018A	Diaframma primario singolo nicchia QdT tipo TA/N2 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4019A	Diaframma primario singolo nicchia QdT tipo ST/N1 - Armatura
IN1711EI2BZGA01E4020A	Diaframma primario singolo nicchia QdT tipo ST/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
- Software di calcolo agli elementi finiti per il calcolo geotecnico: RS2 (Versione 2.0) della Rockscience

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 11 di 237

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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 12 di 237

Acciaio

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 13 di 237

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA

4.1 Inquadramento generale

Per un quadro completo delle condizioni geotecniche ed idrogeologiche dell'opera si rimanda alla relazione IN1711EI2RHGA0100001A '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-E estesa tra la progressiva pk 6+241.33 e pk 6+842.53 4+932.53 è stato possibile individuare 4 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.

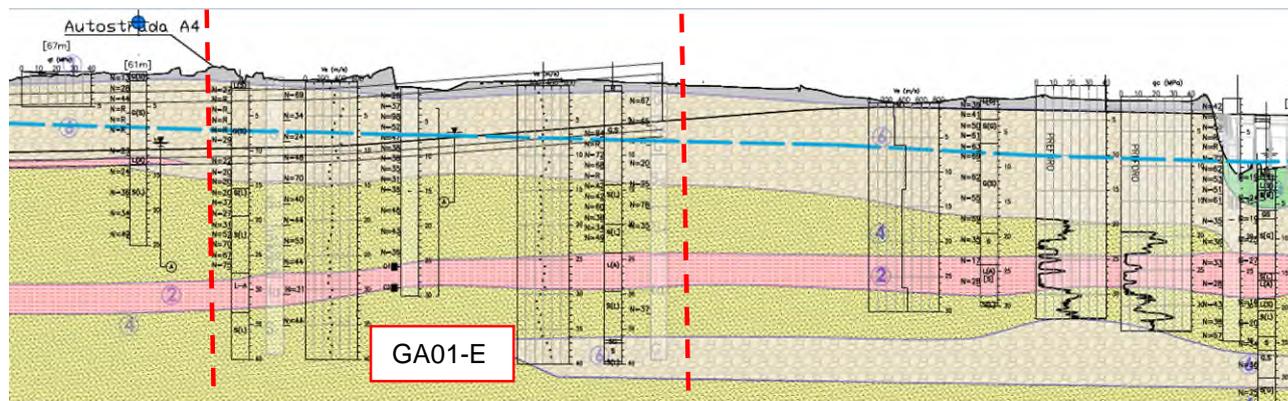


Figura 1 GA01-E estratto del profilo geotecnico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 14 di 237

Tabella 1 GA01-E Stratigrafie di progetto

QUOTA PIANO CAMPAGNA DI RIFERIMENTO:		46.00 m slm			
QUOTA FALDA DI COSTRUZIONE:		38.6m slm, soggiacenza ≈7.4m dal p.c.			
Schema di calcolo	Unità	Descrizione	Quota superiore unità (m slm)	Spessore unità (m)	Quota inferiore unità (m slm)
TP-Attr. A4 (pk 6+090*)	Terreno 1	Riporti	46	1	45
	Terreno 6	Ghiaie con sabbie	45	11	34
	Terreno 2	Limi argillosi superficiali	34	1.5	32.5
	Terreno 4	Sabbie	32.5	17	15.5
	Terreno 2	Limi argillosi profondi	15.5	4.5	11
	Terreno 4	Sabbie	11	-	-

(*) La stratigrafia di progetto a tale progressiva è in corrispondenza della camera di ingresso del manufatto di spinta ricadente nella GA01A-C. Il modello così sviluppato si considera valido anche per la GA01-E in quanto caratteristiche del terreno e battente idrico risultano paragonabili.

QUOTA PIANO CAMPAGNA DI RIFERIMENTO:		46.15 m slm			
QUOTA FALDA DI COSTRUZIONE:		38.25m slm, soggiacenza ≈7.9m dal p.c.			
Schema di calcolo	Unità	Descrizione	Quota superiore unità (m slm)	Spessore unità (m)	Quota inferiore unità (m slm)
TS-4 (pk 6+300)	Terreno 1	Riporti	46.15	2	44.15
	Terreno 6	Ghiaie con sabbie	44.15	14	30.15
	Terreno 4	Sabbie	30.15	14.5	15.65
	Terreno 2	Limi argillosi profondi	15.65	5	10.65
	Terreno 4	Sabbie	10.65	-	-

QUOTA PIANO CAMPAGNA DI RIFERIMENTO:		46.77 m slm			
QUOTA FALDA DI COSTRUZIONE:		36.36m slm, soggiacenza ≈8.3m dal p.c.			
Schema di calcolo	Unità	Descrizione	Quota superiore unità (m slm)	Spessore unità (m)	Quota inferiore unità (m slm)
TA (pk 6+540)	Terreno 1	Riporti	46.77	4	42.77
	Terreno 6	Ghiaie con sabbie	42.77	11.5	31.27
	Terreno 4	Limi argillosi superficiali	31.27	12.5	18.77
	Terreno 2	Limi argillosi profondi	18.77	4.5	14.27
	Terreno 4	Sabbie	14.27	-	-

QUOTA PIANO CAMPAGNA DI RIFERIMENTO:		47.0 m slm			
QUOTA FALDA DI COSTRUZIONE:		38.6m slm, soggiacenza ≈8.4m dal p.c.			
Schema di calcolo	Unità	Descrizione	Quota superiore unità (m slm)	Spessore unità (m)	Quota inferiore unità (m slm)
ST (Pk 6+820)	Terreno 1	Riporti	47.0	4.7	42.3
	Terreno 6	Ghiaie con sabbie	42.3	9	31.3
	Terreno 4	Sabbie	31.3	12	19.3
	Terreno 2	Limi argillosi profondi	19.3	4.5	14.8
	Terreno 4	Sabbie	14.8	-	-

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 15 di 237

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-E la falda riferimento in fase di breve termine utilizzata per opere di scavo e tampone di fondo varia tra 40.63 e 39.2m s.l.m circa. La profondità di tale falda da piano campagna si attesta quindi intorno ai 5m nel tratto iniziale e 5.3m nel tratto terminale, aumentando fino a circa 7m tratto centrale dell'opera.

I livelli di falda di breve termine nelle tratte in esame determinano un battente variabile tra 8.5 e 2.5m sul fondo scavo.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 16 di 237

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.§4)

- 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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 17 di 237

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.

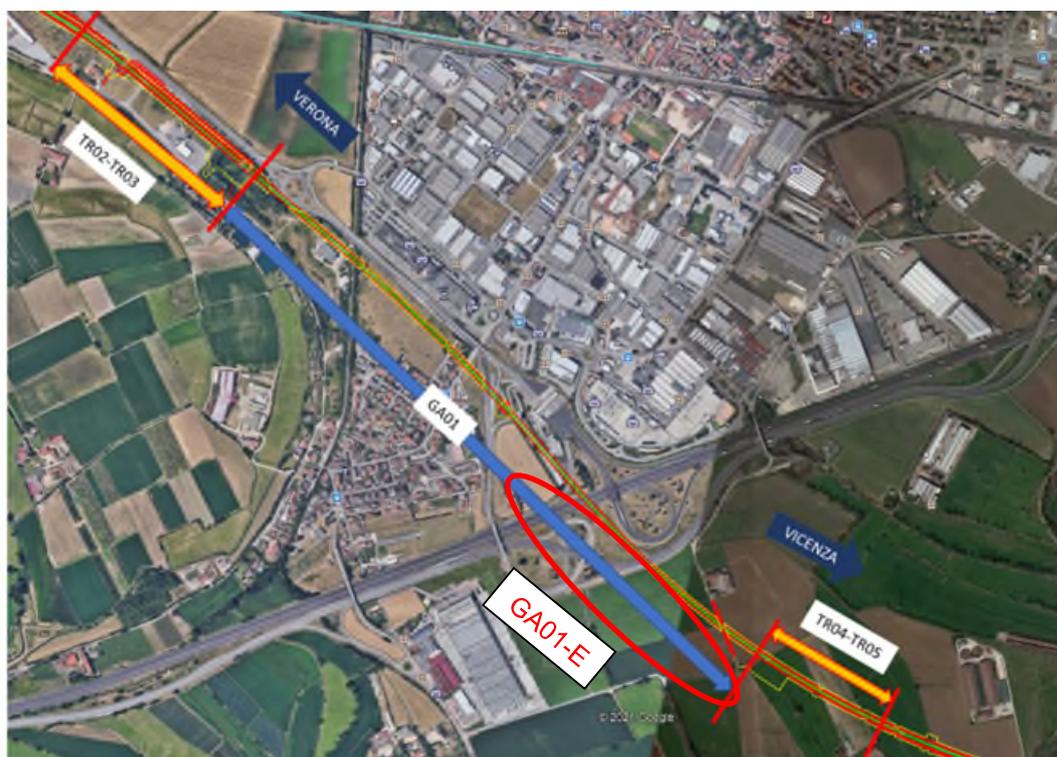


Figura 2 Planimetria di inquadramento galleria artificiale GA01 e trincee

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 18 di 237

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. Il sottoattraversamento dell'autostrada A4 con un manufatto a spinta (monolite) rende necessario la realizzazione di opportune camere di spinta di ingresso e di uscita del monolite la luce interna tra i diaframmi di 18m ed un ricoprimento massimo di circa 2m.

La necessità di predisporre impianti tecnologici e di sicurezza in apposite nicchie QdT (quadro di tratta) lungo lo sviluppo della galleria comporta un incremento della luce interna fino a 3.5m distanziando quindi i diaframmi fino a 15.50m. 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. Considerata la maggiore luce in corrispondenza delle nicchie tecnologiche e delle camere di spinta del sottoattraversamento dell'autostrada A4, l'altezza delle travi è pari a 1.50 m e 1.80m rispettivamente.

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. Ad esclusione della camera di arrivo del manufatto di spinta del sottoattraversamento dell'autostrada A4, 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 (Figura 3).

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 seguenti 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 IN1711E12RHGA0100001A. Nel tratto terminale della galleria GA01-E lato Vicenza il battente idrico sulla quota di fondo scavo si riduce a circa 2.5m sulla falda di costruzione. Per tale ragione, è stato ritenuto vantaggioso l'utilizzo di un sistema di emungimento della falda costituito da pozzi drenanti che sostituisce il trattamento jet-grouting. Maggiori dettagli su tale sistema sono forniti nella §10.

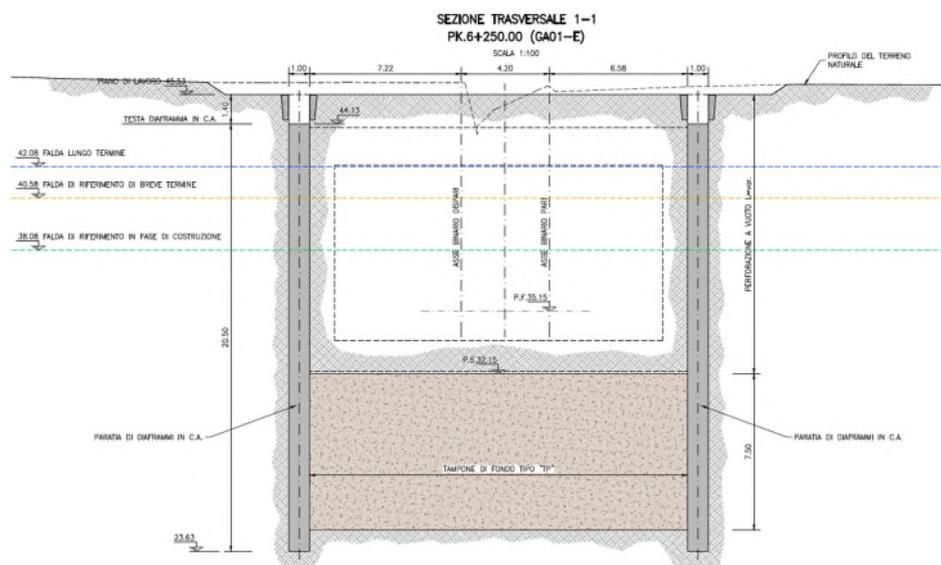


Figura 4 Sezione tipologica in corrispondenza della camera di arrivo del manufatto a spinta (monolite)

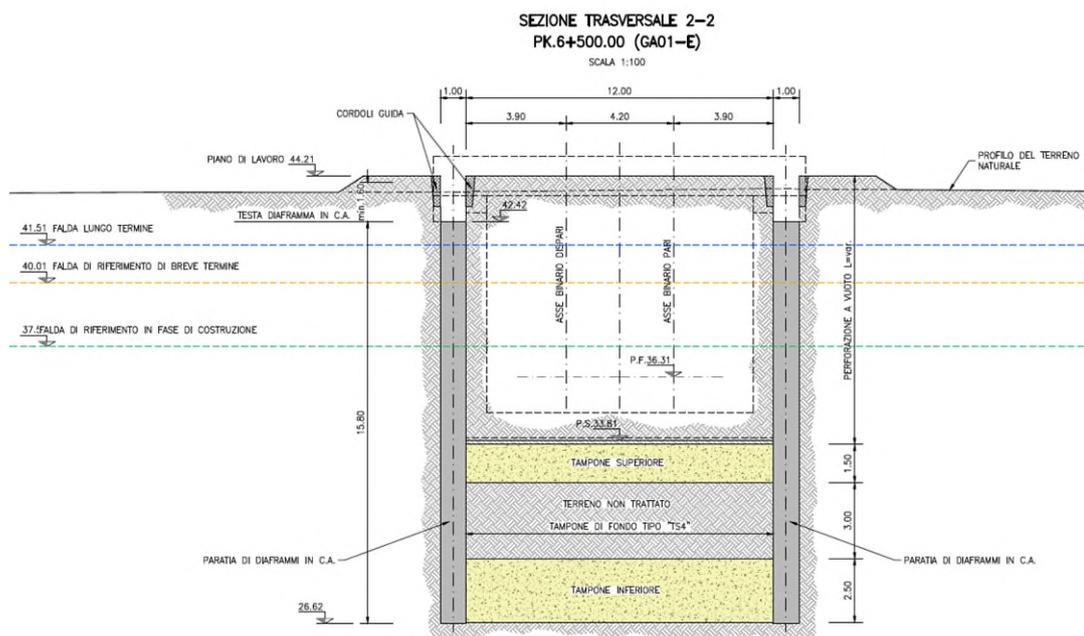


Figura 5 Sezione tipologica con trattamento jet tipo 'sandwich' con doppio strato

SEZIONE TRASVERSALE 3-3
PK.6+600.00 (GA01-E)

SCALA 1:100

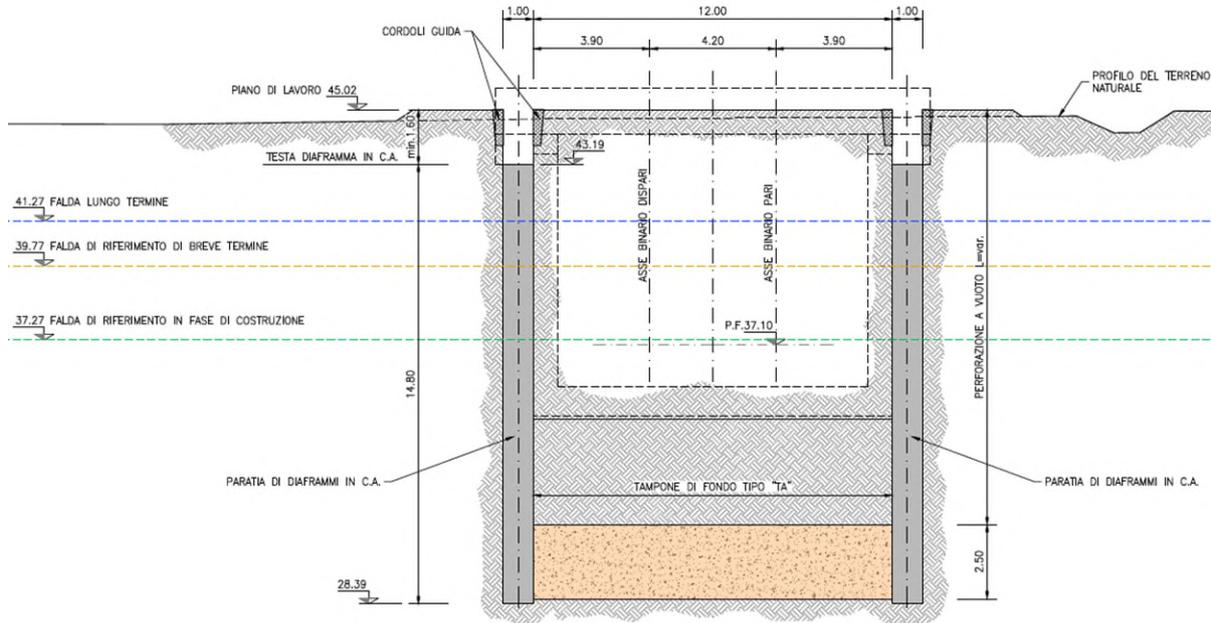


Figura 6 Sezione tipologica con trattamento jet compensato con singolo strato al piede dell'opera di sostegno

SEZIONE TRASVERSALE 4-4
PK.6+700.00 (GA01-E)

SCALA 1:100

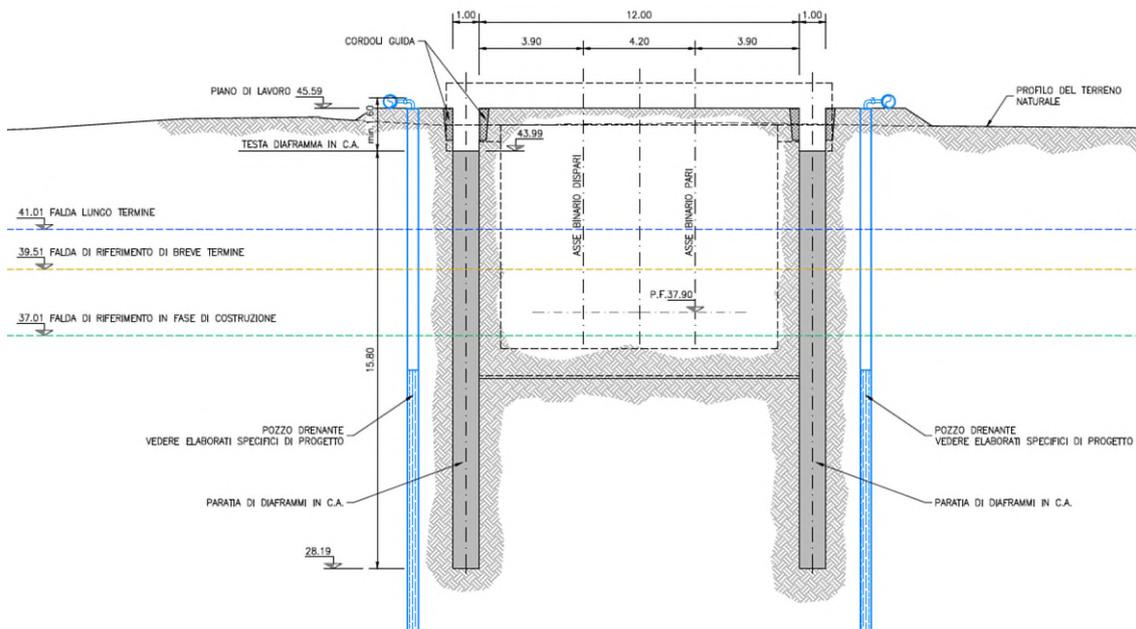


Figura 7 Sezione tipologica in assenza di trattamento jet e presenza del sistema di dewatering

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 21 di 237

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 TP (Attraversamento A4)

Con la sezione di calcolo *TP* sviluppata in corrispondenza della camera di arrivo del manufatto di spinta si identificano i seguenti diaframmi:

- Lunghezza diaframma: 20.8m da quota testa diaframma. Si identifica come 'quota testa diaframma' la quota di 1.40m al di sotto del piano di lavoro (vedi particolare esemplificativo in Figura 4 Figura 8).
- In questo tratto i diaframmi non sono strutture definitive, ma soltanto provvisorie. Pertanto, le azioni di lungo termine di spinta delle terre e pressione dell'acqua agiranno interamente sulla struttura definitiva della galleria composta da solettone di fondo, contropareti interne e solettone di copertura.
- Lunghezza di infissione paratia: 8.5m
- Intervento di consolidamento: intervento jet-grouting con iniezioni continue di geometria seguente:
 - o Spessore terreno trattato: 8.5m
- Altezza di scavo: 12.0 m da testa paratia

▪ Diaframmi Sezione di calcolo TS-4

Con la sezione di calcolo *TS-4* si identificano i seguenti diaframmi:

- Lunghezza diaframma: 15.8m 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
- Lunghezza di infissione paratia: 7.0m
- Intervento di consolidamento: intervento jet-grouting 'sandwich' con doppio strato di geometria seguente:
 - o Spessore terreno trattato superiore: 1.5m
 - o Spessore terreno non trattato intermedio: 3.5m
 - o Spessore terreno trattato inferiore: 2.5m
- Altezza di scavo: 8.40 m da testa paratia

▪ Diaframmi Sezione di calcolo TA

Con la sezione di calcolo *TA* si identificano i seguenti diaframmi:

- Lunghezza diaframma: 14.8m da quota testa diaframma
- Lunghezza di infissione paratia: 6.0m
- Intervento di consolidamento: intervento jet-grouting 'sandwich' con doppio strato di geometria seguente:
 - o Spessore terreno non trattato superiore: 1.5m
 - o Spessore terreno trattato inferiore: 2.5m
- Altezza di scavo: 8.40 m da testa paratia

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 22 di 237

▪ Diaframmi Sezione di calcolo ST

Con la sezione di calcolo ST per i quali non è necessario realizzare l'intervento jet-grouting si identificano i seguenti diaframmi:

- Lunghezza diaframma: 15.8m da quota testa diaframma
- Lunghezza di infissione paratia: 7.0m
- Altezza di scavo: 8.40 m da testa paratia



Figura 8 Sezione trasversale nodo di copertura

5.3 Schemi di calcolo

Il metodo di realizzazione previsto per il tratto GA01-E 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.

Soltanto in corrispondenza della camera di arrivo del manufatto di spinta (monolite) si adotta la metodologia Bottom-Up nella quale i diaframmi sono contrastati in testa da un opportuno puntone metallico provvisorio che verrà rimosso previa realizzazione del solettone di fondazione e delle contropareti interne.

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-E in esame sono state riscontrate le seguenti interferenze:
 - Camera di arrivo del sottoattraversamento Autostradale A4 tra progressiva pk 6+241 e 6+281 circa

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 23 di 237

- Interferenza con il rilevato del nodo autostradale svincolo Verona Est alla progressiva pk 6+340 circa per il quale si è previsto l'opera provvisoria denominata con 'Opera Provvisoria D'.
 - 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, avendo fissato preventivamente un valore di sovraccarico laterale congruente con il carico effettivamente agente sul cuneo di spinta attivo agente sui diaframmi, come illustrato nella successiva figura.

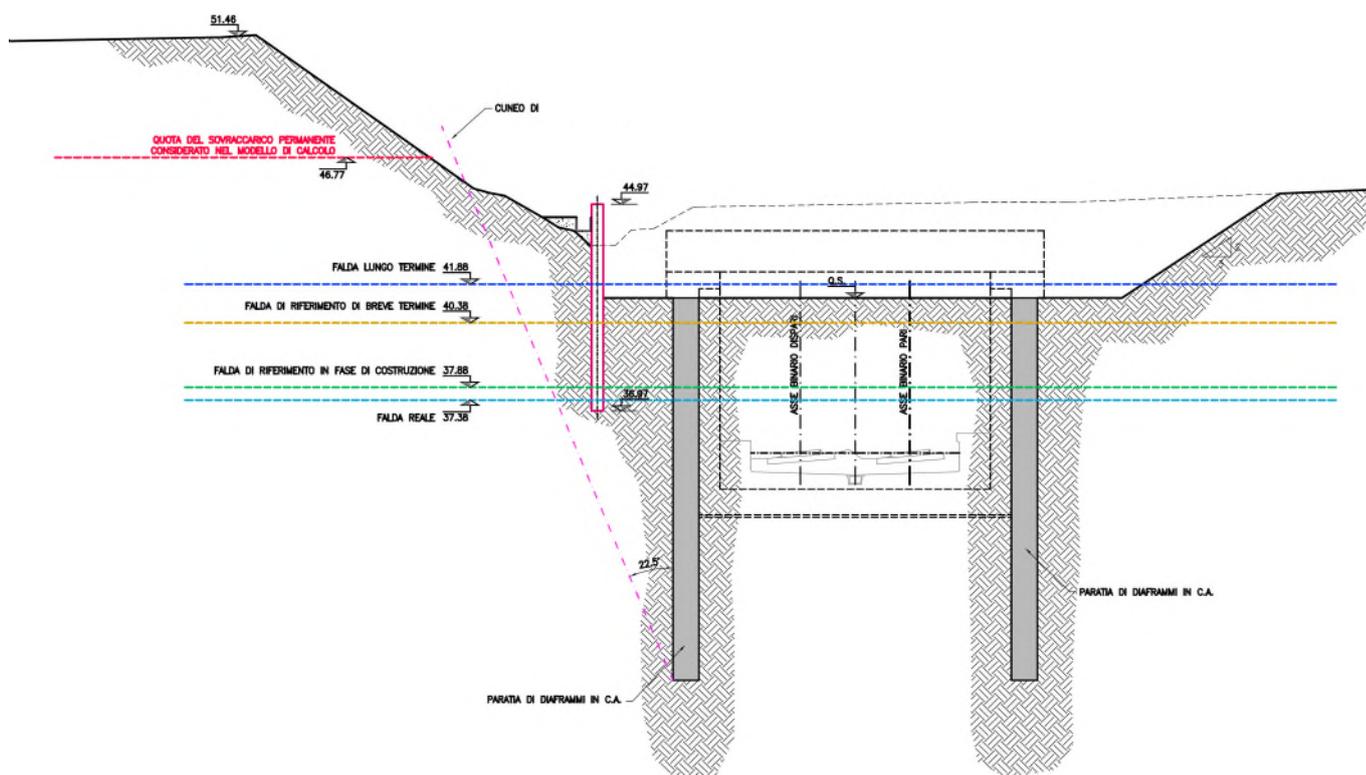


Figura 9 GA01-E – Analisi spinte del terreno in corrispondenza rampa Tangenziale Sud.

5.3.2 Caratteristiche e quote di riferimento delle sezioni di calcolo

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

In particolare, la Tabella 4 individua i tratti omogenei della galleria per i quali si prevede un intervento jet tipo 'sandwich' con doppio strato (acronimo 'TS'), jet compensato con singolo strato (acronimo 'TA') oppure jet con

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 24 di 237

iniezioni continue per l'intera profondità di infissione della paratia (acronimo 'TP'). L'acronimo 'ST' è relativo al tratto terminale della GA01-E nel quale non è necessario realizzare l'intervento di consolidamento jet.

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 6+250	≈9.5	Tampone jet continuo	Spessore trattato: 8.5m	TP-Attr.A4
Progressiva Pk 6+300	≈8	Tampone 'sandwich' con doppio strato	Spessore trattato sup: 1.5m Spessore non trattato interm.: 3m Spessore trattato inf: 2.5m	TS4
Progressiva Pk 6+540	≈7	Tampone 'sandwich' con singolo strato	Spessore non trattato sup.: 3.5m Spessore trattato inf: 2.5m	TA
Progressiva Pk 6+820	≈2.5	Assenza di tampone jet	Non presente	ST

Per sviluppare il modello 'TP-Attr.A4' sono state analizzate le condizioni stratigrafiche, battente idrico, geometria delle opere di sostegno in corrispondenza sia della camera di ingresso che di uscita del manufatto di spinta. E' risultato che profilo stratigrafico, geometria delle opere di sostegno e caratteristiche del tampone di fondo sono pressoché identiche, ma il battente idrico è maggiore in corrispondenza della camera di ingresso del manufatto (pk 6+090 circa). Pertanto, il modello di calcolo 'TP-Attr.A4' descritto nella presente relazione si ritiene rappresentativo sia per i diaframmi della camera di uscita del manufatto ingresso ricadenti nella GA01-C che per quelli di uscita ricadenti nella GA01-E.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 25 di 237

Tabella 5 Quote di riferimento delle sezioni di calcolo

	Dati tampone di fondo															
	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	Spessore terreno trattato sup.	Quota base terreno trattato sup.	Spessore terreno trattato inter.	Quota base terreno trattato inf.	Spessore terreno trattato inf.	Quota piede paratia	Quota falda breve termine	Quota falda lungo termine
	mslm	m	mslm	mslm	mslm	m	mslm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
TP-Att. A4 (Pk 6+090*)	46.0	2.1	45.53	44.13	33.75	31.85	38.60	6.75	8.5	23.65	-			23.35	41.10	42.60
Sez. TS-4 (Pk 6+280)	46.15	2.3	43.80	41.36	33.80	32.70	38.25	5.55	1.5	31.20	3.0	28.20	2.5	25.70	40.75	42.25
Sez. TA (Pk 6+540)	44.50	2.6	45.17	42.96	35.00	33.90	37.50	3.6	0	33.90	3.5	30.40	2.5	27.90	41.00	41.50
Sez. ST (Pk 6+820)	46.0	1.0	46.21	43.61	36.08	34.98	37.15	4.4	-	-	-	-	-	28.08	43.72	45.22

* Progressiva corrispondente alla camera di ingresso del manufatto di spinta per i motivi di cui sopra esposti

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 26 di 237

5.3.3 Fasi costruttive considerate

Di seguito sono descritte brevemente la sequenza delle fasi salienti degli schemi di calcolo 'TP-Attr.A4', 'TS-4', 'TA' e 'ST' sviluppati per il progetto della GA01-E. A titolo esemplificativo, si riporta di seguito la sequenza costruttiva sviluppata per lo schema di calcolo 'TS-4'. Maggiori dettagli sulle fasi costruttive dei singoli schemi di calcolo sono forniti nelle §7, 8, 9 e 10.

Tabella 6 Schema 'TS-4'-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 (per lo schema 'TS-4' il piano di lavoro varia tra 42.96 e 44.21m 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 o singolo al di sotto della quota di fondo scavo della galleria artificiale (Figura 10)
5	Scavo fino a quota testa paratia	Approfondimento pre-scavo da quota piano di lavoro a quota testa paratia. Per lo schema 'TS-4' la testa paratia varia tra 41.36 e 42.42m 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.

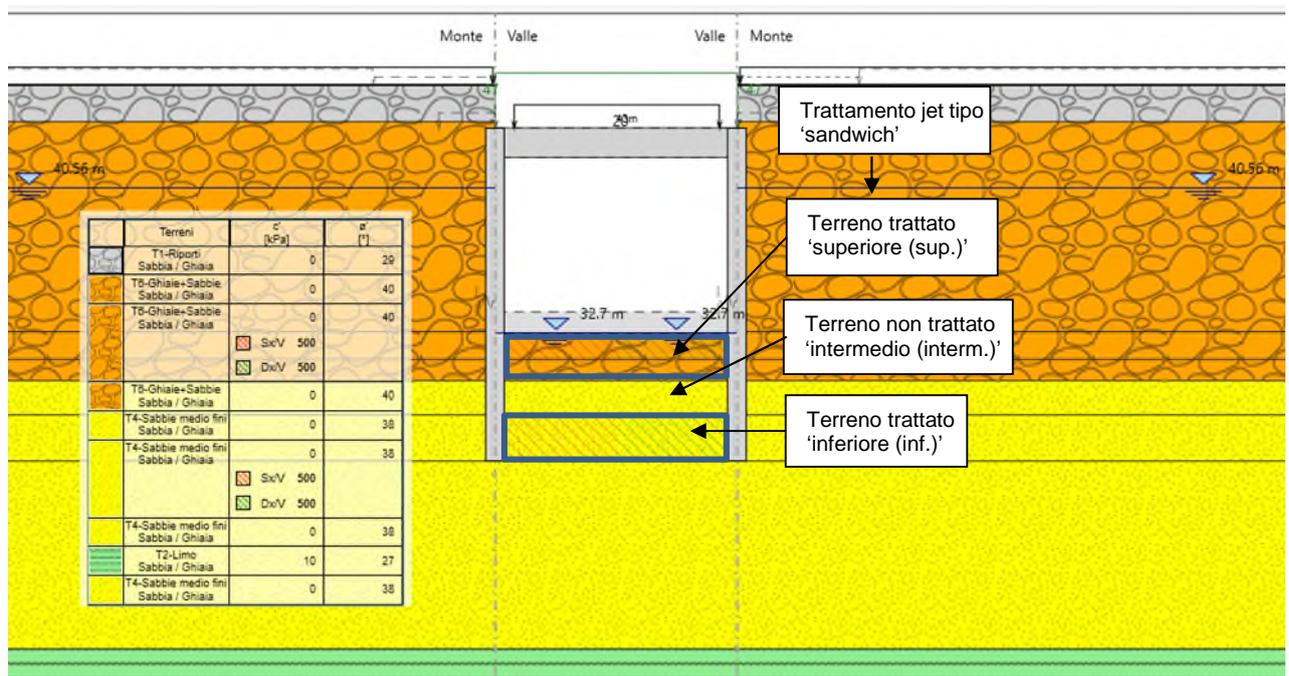


Figura 10 Sezione 'TS4' - Schema esemplificativo di una fase costruttiva definita nel modello di calcolo

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 28 di 237

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, ad esclusione dello schema di calcolo dei diaframmi provvisori della camera di arrivo del manufatto di spinta dell'autostrada A4, i diaframmi della galleria GA01-E 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;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 29 di 237

- I_p : momento inerzia della paratia;
 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	f_{ck_diaf}	25 MPa
Classe CLS controfodera	f_{ck_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	$r_{paratie}$	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 sismo 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 (= $S_s \times S_T$, 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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 30 di 237

- 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-E 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)
TP-Attr.A4	≈3.3	≈66
TS4	≈2.5	≈50
TA	≈1	≈20
ST	≈1	≈20

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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 31 di 237

7 VERIFICHE SEZIONE TP-Attr.A4

I diaframmi dimensionati con tale sezione sono previsti da progressiva pk 6+241.33 alla pk 6+281.43 circa della GA01-E, per un'estensione complessiva di approssimativamente 40m. I diaframmi sono lunghi 20.8m con un'altezza di scavo di 11.9m 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 §4 e 5.

7.1 Fasi di calcolo

Di seguito le fasi di calcolo e lo schema di scavo:

- Fase 0: start – nihil;
- Fase 1: condizione geostatica:
 - quota piano campagna a 46.0m slm;
 - quota falda di costruzione a quota 38.6m slm a circa 7.4m da piano campagna;
- Fase 2: Scavo fino a piano di lavoro:
 - Scavo con pendenza 2V:3H da piano campagna a quota piano lavoro 45.53m 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 con iniezioni continue al di sotto del piano di scavo:
 - L'intervento è così composto:
 - Spessore terreno trattato: 8.5m
 - 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 cordolo di altezza 1.40m.
- Fase 6: Realizzazione del cordolo di testa paratia:
 - Come descritto nel §5.3, i diaframmi sono contrastati in testa da un puntonamento metallico costituito da profili circolari cavi Ø610/20mm disposti ad interasse 7m.
Tale sistema è stato modellato in Paratia come elementi 'puntoni' di sezione ed interasse corrispondente.
- Fase 7: Installazione puntonamento metallico provvisorio
- Fase 8: Scavo della Galleria fino a quota di fondo scavo ≈31.85m, 13.7m 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 9: Risalita falda a quota di breve termine:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 32 di 237

- 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 10: 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 32.7m.
- Fase 12: Rimozione sistema di puntonamento metallico provvisorio:
 - Cautelativamente, nel dimensionamento dei diaframmi che in tale fase vengono modellati come diaframmi a sbalzo, è stato trascurato il contributo irrigidente della porzione di controfodera interna che verrà realizzata prima della rimozione del puntonamento metallico.

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

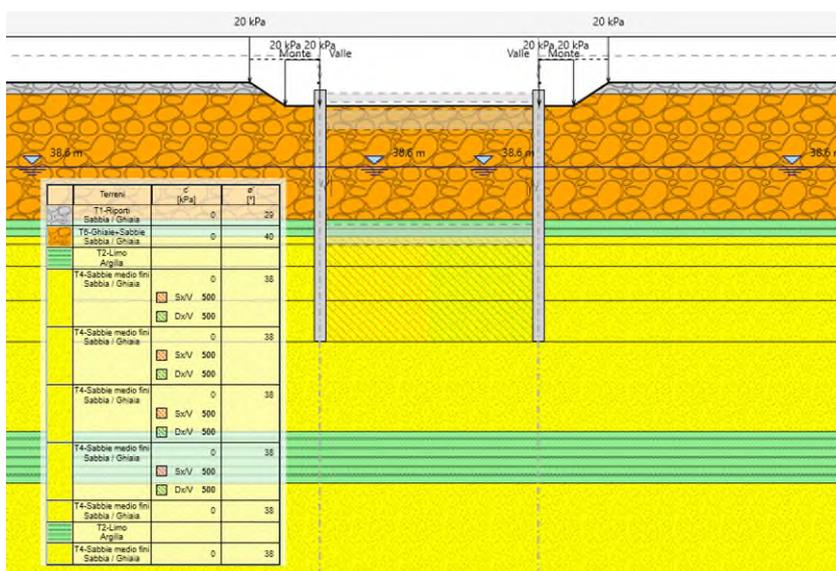


Figura 11 Fase 5 Scavo testa paratia

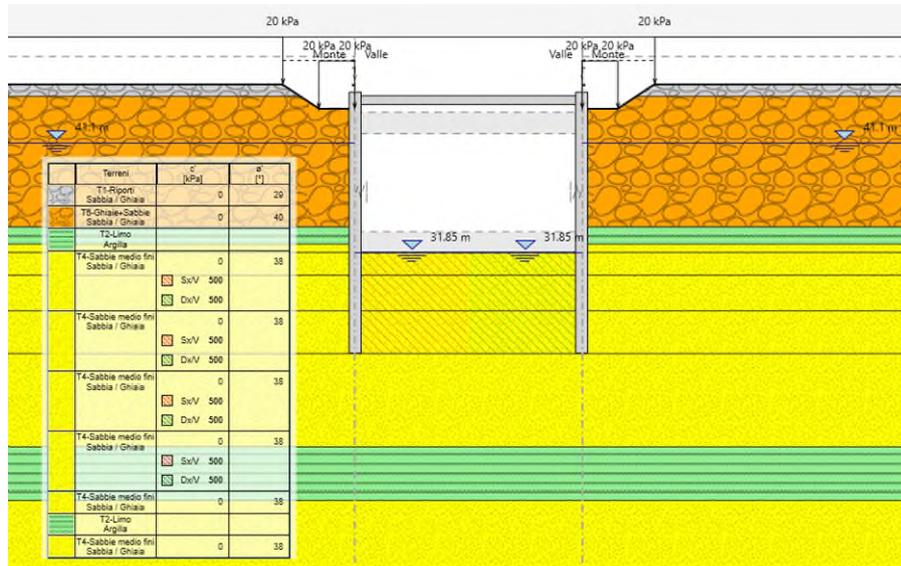


Figura 12 Fase 10-Scavo della Galleria fino a quota di fondo scavo e falda a quota falda di breve termine

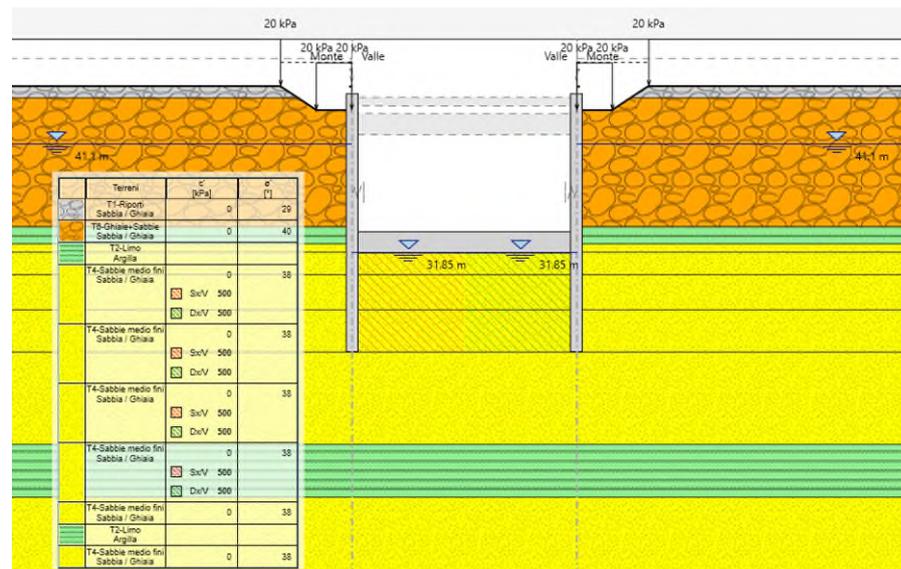


Figura 13 Fase 12- Rimozione sistema di puntone metallico provvisorio

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 34 di 237

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 'TP-Attr.A4'. I diaframmi sono strutture provvisori resistenti alle sollecitazioni soltanto delle fasi di scavo, pertanto le verifiche strutturali sono state condotte secondo gli stati limite SLE-RARA e SLU A1+M1+R1 nel modo seguente:

- Stato limite SLE-RARA:
Verifiche tensioni dell'armatura lenta e del calcestruzzo secondo quanto descritto nella relazione.
Verifica dell'ampiezza delle fessure non necessaria
- Stato Limite SLU-A1+M1+R1:
Verifica delle resistenze flettenti e taglianti ultime nei confronti delle sollecitazioni agenti
- Stato Limite SISMA STR:
Non necessario in quanto si è assunto un periodo di tempo dei lavori di costruzione della galleria inferiore ai 2 anni.

In Figura 14 e Figura 15 vengono riportati i diagrammi delle sollecitazioni flettenti e taglianti al metro lineare di paratia ottenute nelle combinazioni di carico SLE e A1+M+R1. Le verifiche a taglio sono eseguite per le combinazioni SLU A1+M1+R1 soltanto. In ascissa sono indicate le azioni a metro lineare di pannello, mentre in ordinata è indicata la quota altimetrica.

Tabella 9 Sezione 'TP-Attr.A4' Sollecitazioni flettenti e taglianti di verifica

	SLS-rara		SLU (A1+M+R1)	
	Momento flettente		Momento flettente	
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.BT (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)
Sollecitazioni flettenti				
Q.ta asse puntone	0	0	0	0
Q.ta intr. cordolo puntello	0	122	0	161
Gabbia di armatura No.1	879	916	1193	1198
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	1848	817	2535	1067
Gabbia di armatura No.2	2358	451	3241	587

	Involuppo A1+M1+R1	
	Taglio	
	Valore lato terra (kN/m)	Valore lato scavo (kN/m)
Sollecitazioni taglianti		
Q.ta asse puntone	0	230
Q.ta intr. cordolo puntello	0	230
Gabbia di armatura No.1	474	230
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	886	3
Q.ta estradosso solaio fondo	474	2
Asse solaio di fondo	1002	971
Q.ta intradosso solaio fondo	707	850
Gabbia 2	1002	971

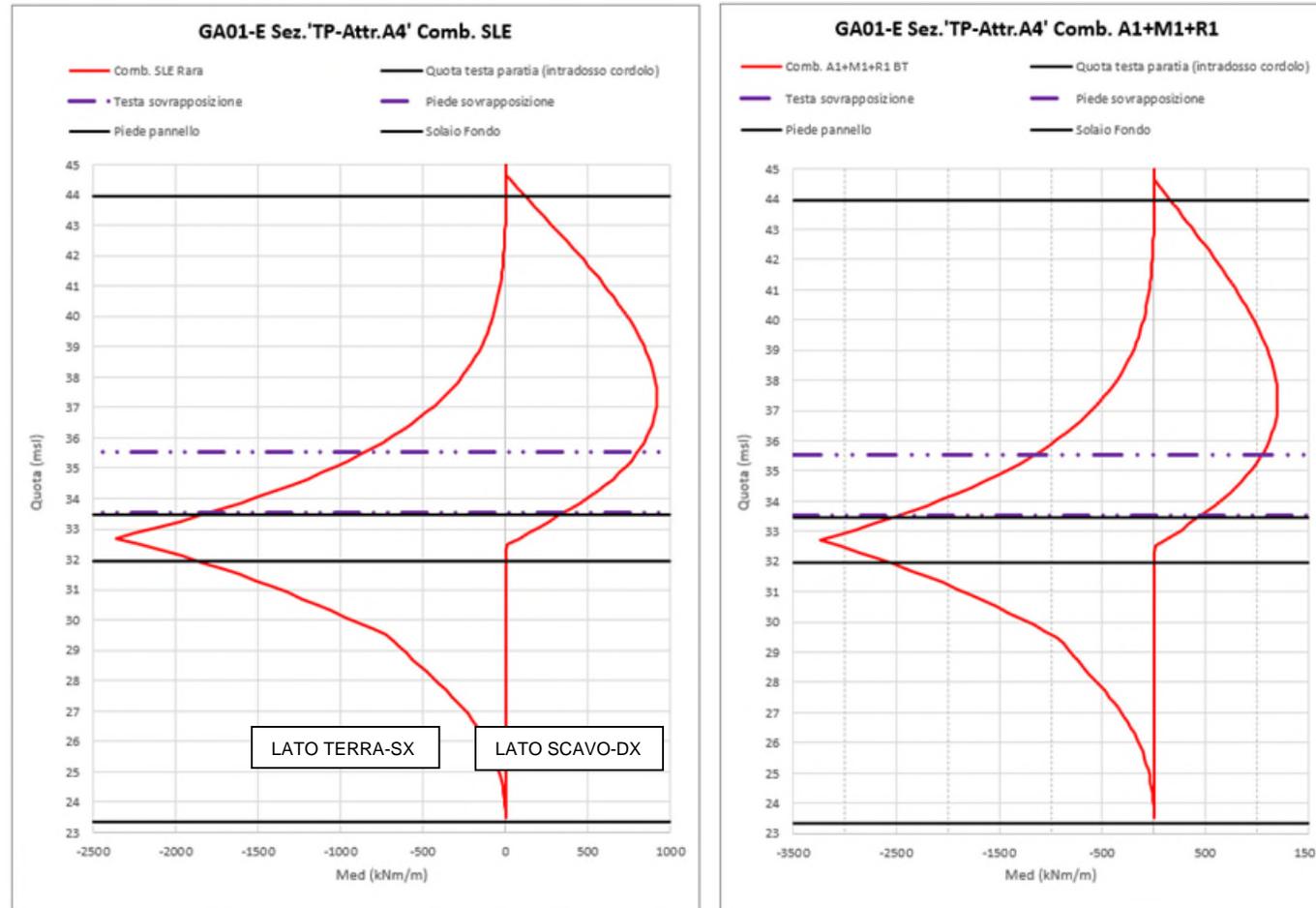


Figura 14 Sollecitazioni flettenti al metro lineare di paratia schema 'TP-Attr.A4'

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica Documento
EI2 CL GA 01 E4 0014

Rev.
A

Foglio
36 di 237

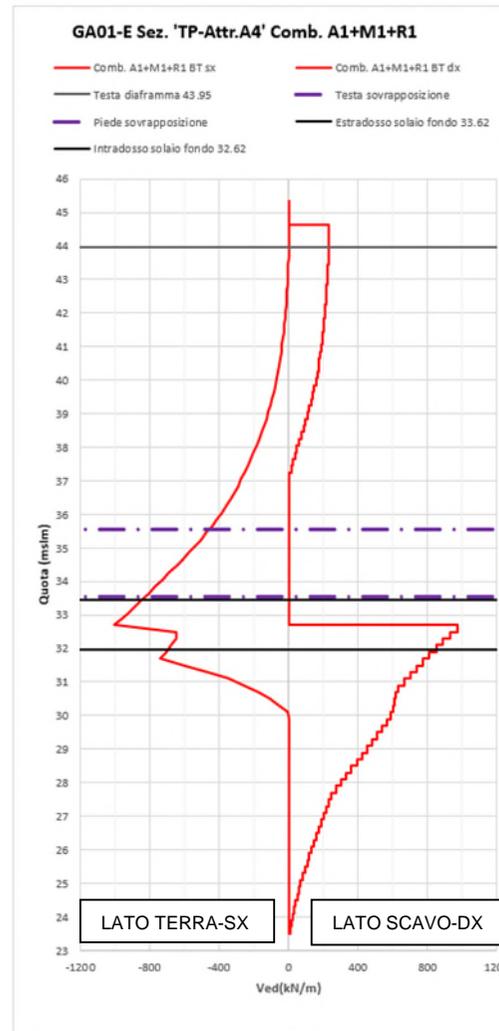


Figura 15 Sollecitazioni taglianti al metro lineare di paratia schema 'TP-Attr.A4'

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 38 di 237

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). Visto la presenza del tampone di fondo jet grouting continuo di spessore 8.5m, la spinta effettiva mobilitata risulta essere inferiore al valore limite. Pertanto, la verifica risulta essere largamente soddisfatta.

Tabella 10 'TP-Attr.A4' 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)
TP-Att.A4	SLE RARA	56 (z=45.35m slm)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	-	-
	SLU Sisma-STR	-	-	-

Lo spostamento orizzontale in condizioni caratteristiche risultante dalle analisi è certamente cautelativo avendo trascurato il contributo delle pareti interni che sono presenti all'atto della rimozione dei puntoni di contrasto posti alla sommità dei diaframmi.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 39 di 237

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. Considerato il modesto spostamento orizzontale dei diaframmi, 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.

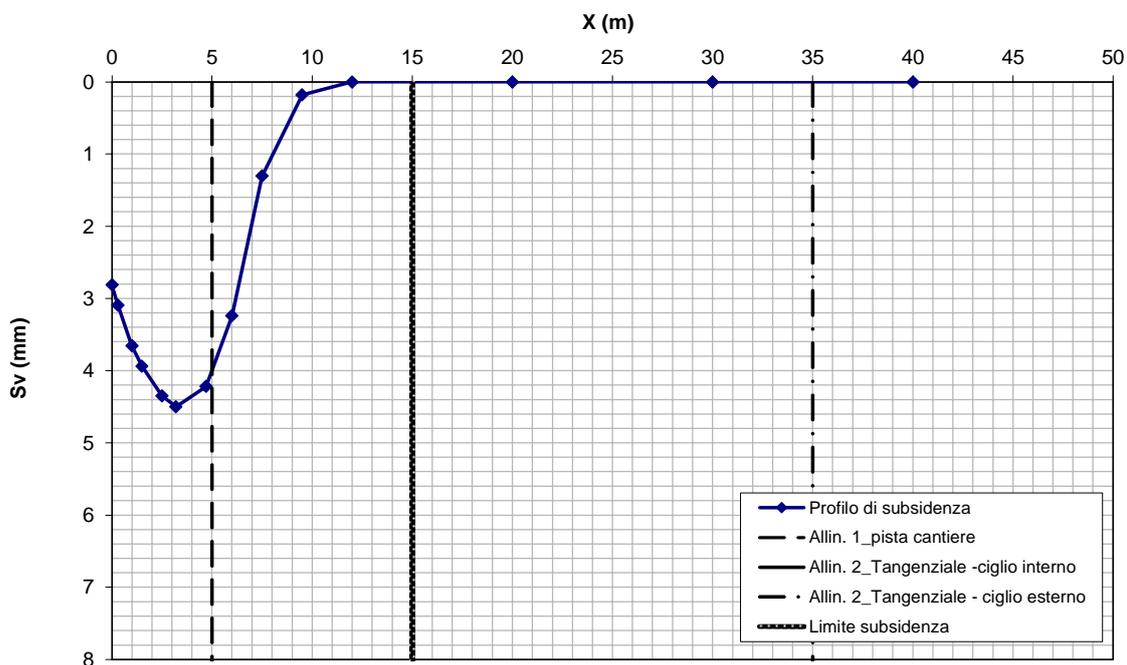


Figura 16 Analisi degli spostamenti attesi a piano campagna e della curva di subsidenza

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 40 di 237

7.3.3 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 11 Sezione TP-Attr.A4 Risultati stabilità globale

Comb.	Step	Coefficiente di sicurezza
A2+M2+R1	Fase 10 – Risalita falda da quota di costruzione a quota di breve termine	2.6

7.3.4 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. 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 IN1711E12RHGA0100002A 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 41 di 237

Tabella 12 'TP-Attr.A4' Verifica a galleggiamento tampone di fondo

GA01-E - VERIFICA TAMPONE DI FONDO - MAX BATTENTE 6.5m (TRATTO TP-Attr.A4 pk 6+090)		
Zfalda	41.1 m s.l.m	Quota falda di costruzione
Zfs	31.85 m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	9.25 m	Altezza falda a piano scavo
Lmin	18 m	Dimensione minima in pianta del tampone
Lmax	100 m	Dimensione massima in pianta del tampone
Htf	0	Altezza terreno trattato sotto il fondo scavo
Hte	0 m	Altezza intermedia terreno non trattato
Hta	8.5 m	Altezza tampone di fondo inferiore
Hinfission	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	0.35 ()	Aderenza massima tampone paratia
Hw	17.8 m	= Zfalda - Zfs +Hte+Hta altezza battente idraulico
u_hw	174.1 kPa	pressione interstiziale in funzione del battente idraulico
Sw	174.1 kPa	pressione interstiziale agente alla base del tampone
Np	380.0 kN/m	da calcolo Paratie
σ_{p1}	44.71 kN/m ²	Np/Hinfissione Valore medio pressione passiva mobilitata su jet
σ_{p2}	44.71 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
$\sigma_{p,calc}$	44.71 kN/m ²	valore adottato nei calcoli
fa	15.65 kN/m ²	= $\sigma_p \cdot \tan \phi$ Aderenza massima tampone paratia
Wt	12.0 m ³	= $Hta^2/6$ W resistente flessione tampone per 1 m di larghezza
α	0.97 (-)	= $1/(1+Lmin/Lmax)^2$ coeff riduttivo momento per effetto piastra
qtf	13.72 kN/m	= $8 \cdot \sigma_p \cdot Wt / (\alpha \cdot Lmin^2)$
qta	14.78 kN/m	= $2 \cdot fa \cdot Hinf / Lmin$
qt utile	13.72 kN/m	
Pte	0.0 kN	= $\gamma_{te} \cdot (Hte+Htf) \cdot Lmin$ Peso terreno per 1 metro di sezione
Pta	3060.0 kN	= $\gamma_{ta} \cdot Hta \cdot Lmin$ = Peso tampone per 1 m di sezione
Sta	247.0 kN	= qt utile $\cdot Lmin$ = risultante pressione assorbita dall'infissione per 1 m
Sw	3134.3 kN	= Hw $\cdot 10 \cdot Lmin$ = sottospinta falda per 1 metro di sezione
Ribasso locale in corrispondenza vasca di aggotamento		
Wrib	0 kN	
Verifica secondo NTC 08		
0.9* St	3583.8 kN	fondo 1093 controfodere 37.5 675
1.1*SW	3447.7 kN	607.5
St>Sw	Verificato	
St/Sw	1.04	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 42 di 237

7.3.5 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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 43 di 237

VERIFICA SOLLEVAMENTO STRUTTURA DEFINITIVA
GA01-E - CAMERA DI PARTENZA MONOLITE DI SPINTA A4
Quote falda e battente

Zfalda	42.6 m s.l.m	Quota falda lungo termine
Zfs	31.85 m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	10.75 m	Altezza falda lungo termine a piano scavo

Carichi struttura GA01

Lmin	18 m	Larghezza interna solettone di fondo
S_diaf	1 m	Spessore diaframmi
S_Fondo	1.5 m	Spessore solettone di fondo
S_Fodera	1.2 m	Spessore controfodera
S_soletta trave	0.3	Spessore soletta completamento trave
Lnet_galleria	15.6	Luce netta manufatto ad U
Lnet_trave	12 m	Luce netta trave prefabbricata
Lcop_piena	1.8 m	Luce copertura piena
Atrave	0.81 m ²	Area cls trave prefabbricata
Asol_trave	0.3 m ²	Area cls soletta di completamento
γ cls	24 kN/m ³	Peso unità di volume calcestruzzo
Wcop_piena	259.2 kN/m	Peso copertura piena
W trave	231.9 kN/m	Peso Trave prefabbricata
W sol_trave	90 kN/m	Peso soletta di completamento trave
W_fondo	648 kN/m	Peso solaio di fondo
H_fodera	8.4 m	Altezza netta controfodera fino a intradosso cordolo
W_fodera	483.84 kN/m	Peso controfodera
W_cls_tot	1712.91 kN/m	Peso complessivo manufatto ad U + trave + cordoli
H_ricMin	2 m	Altezza ricoprimento
γtn	18.5 kN/m ³	Peso specifico terreno naturale
W_ter	666 kN/m	Peso ricoprimento
W_tot	2378.9 kN/m	
pw	107.5 kPa	
Sw	1935.0 kN/m	= Hw *10 * Lmin = sottospinta falda per 1 metro di sezione
0.9*W_d	2141.0 kN/m	
1.1*SW	2128.5	
St>Sw	Verificato	
St/Sw	1.006	

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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 44 di 237

7.3.6 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 IN1711E12RHGA0100001A della GA01. Nelle tabelle seguenti sono riportate le velocità di efflusso nei vari strati di terreno, sotto la quota di fondo scavo.

Tabella 13 Verifica velocità di flusso all'interno dello scavo

CASO PERMEABILITA' ALTA - FALDA DI BREVE TERMINE												
Layer	Side	Soil Unit	Permeabilit y	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	Upstream	T6-Falda BT_Sabbie	high	7.10	17.75	9.25	1.00E-03	7.10E+03	0.001	0.008	1.07E-06	1
2		T4-Sabbie*		2.15			1.00E-04	2.15E+04	0.002	0.023	1.07E-06	2
3		T4-Sabbie		8.50			1.00E-04	8.50E+04	0.010	0.091	1.07E-06	3
5	Downstream	T4-Sabbie_Jet		8.50		8.50	1.00E-06	8.50E+06	0.987	9.128	1.07E-06	5
								8.61E+06	1.00	9.25	1.07E-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 aggottare 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 14 TP-Attr.A4 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	9.25	9.25	m
Ampiezza scavo	18	18	m
Sviluppo scavo	100	100	m
Superficie di efflusso	1800	1800	m ²
Portata in efflusso sul fondo scavo	9.73×10^{-4}	1.93×10^{-3}	m ³ /s per 100m
	1	2	l/s per 100m
Portata oraria da aggottare	3.5×10^3	6.69×10^3	l/h per 100m
	4	7	m ³ /h per 100m

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 45 di 237

di individuare un limite superiore delle portate entranti e quindi del sistema di aggotamento che dovrà essere tale da allontanare circa 10 litri per secondo su una tratta di riferimento di 100m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 46 di 237

8 VERIFICHE SEZIONE TS4

I diaframmi dimensionati con tale sezione sono previsti da progressiva pk 6+282 alla pk 6+512 circa della GA01-E, per un'estensione complessiva di 240m circa. I diaframmi sono lunghi 15.8m 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 §4 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 46.15m slm;
 - quota falda di costruzione a 38.25m slm a circa 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 42.96 e 44.21 m 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: 1.5m
 - Spessore terreno non trattato intermedio: 3.0m
 - 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 2.3m.
- Fase 8: Applicazione del carico accidentale di 20kPa a piano campagna

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 47 di 237

- Fase 9: Scavo della Galleria fino a quota di fondo scavo 32.7m, 8.4m 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 33.3m.
- 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 17).

Calcolo sezione equivalente

Spessore diaframma	s_d	1 m
Classe CLS diaframma	fck_diaf	25 MP
Classe CLS controfodera	fck_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 17 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 42.25m 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 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.
 - $\Delta p = (a_g/g) \times S \times \gamma_t \times H = 118\text{kPa}$

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

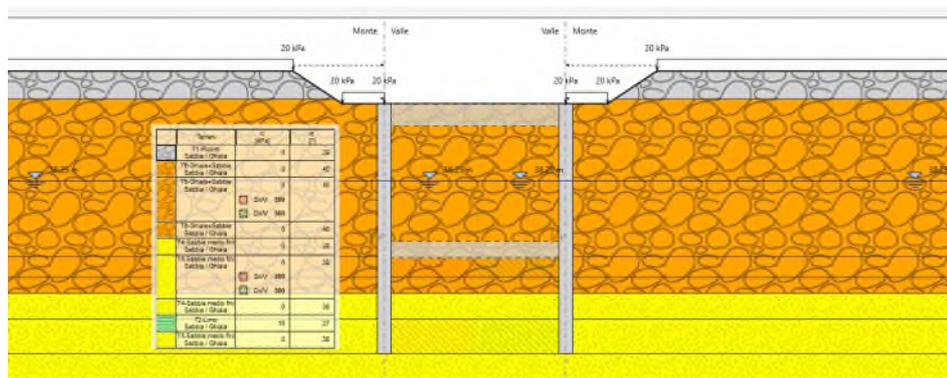


Figura 18 Fase 4 Realizzazione tampone jet tipo 'sandwich' con doppio stato

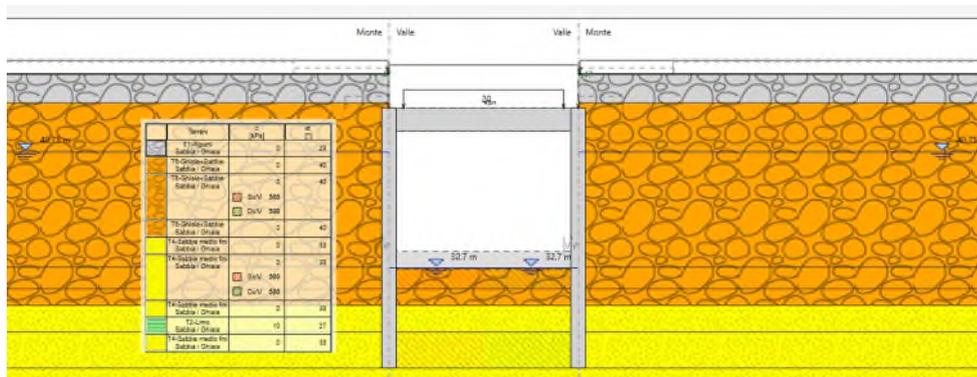


Figura 19 cavo della Galleria fino a quota di fondo scavo e falda a quota falda di breve termine

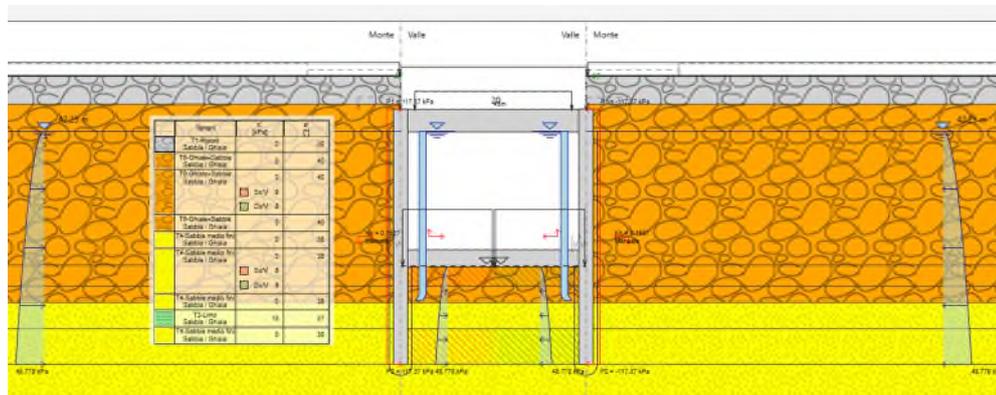


Figura 20 Fase 17 Applicazione azione sismica

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 49 di 237

8.2 Risultati di calcolo

Di seguito sono schematizzati i risultati principali del dimensionamento della paratia di sostegno. La Tabella 15 riporta gli involuipi delle sollecitazioni flettenti e taglianti al metro lineare di diaframma ottenute dai modelli sviluppati per la sezione 'TS-4'. La quota testa paratia corrisponde alla quota di intradosso della trave di coronamento di larghezza 2.05m e spessore 1m.

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 21 e Figura 22 vengono riportati i diagrammi delle sollecitazioni flettenti e taglianti al metro lineare di sviluppo di paratia ottenute nelle combinazioni di carico SLE, A1+M+R1 e SLV. In ascissa sono indicate le azioni a metro lineare di pannello, mentre in ordinata è indicata la quota altimetrica.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 50 di 237

Tabella 15 Sezione 'TS4' Sollecitazioni flettenti e taglianti di verifica

	SLS-rara								SLU (A1+M+R1)							
	Momento - Caso copertura appoggiata				Momento - Caso copertura incastrata				Momento - Caso copertura appoggiata				Momento - Caso copertura incastrata			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		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)	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)	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)
Sollecitazioni flettenti																
Quota asse copertura	12	0	12	0	784	0	901	0	15	0	16	0	1087	0	1285	0
Quota intradosso copertura	9	123	9	144	567	0	651	0	13	159	13	187	794	0	943	0
Testa diaframma	19	274	19	318	318	0	363	0	27	356	27	414	459	0	549	0
Gabbia di armatura No.1	22	570	22	629	271	382	309	415	32	741	32	818	396	487	475	529
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	47	430	268	444	2	365	98	382	61	559	348	577	3	470	115	491
Gabbia di armatura No.2	500	12	502	12	284	77	285	77	650	16	652	16	354	109	355	109

	SISMA (STRU)							
	Momento - Caso copertura appoggiata				Momento - Caso copertura incastrata			
	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)	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)
Sollecitazioni flettenti								
Quota asse copertura	12	0	42	0	784	0	1364	0
Quota intradosso copertura	9	123	9	384	567	0	800	0
Testa diaframma	19	274	19	814	318	0	363	0
Gabbia di armatura No.1	22	570	22	1294	271	382	309	796
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	47	430	1530	444	2	365	1191	382
Gabbia di armatura No.2	500	12	1917	19	284	77	1520	77

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
EI2 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
51 di 237

Sollecitazioni taglianti	Inviluppo A1+M1+R1				Inviluppo SISMA STR				Inviluppo SISMA STR				Inviluppo SISMA STR			
	Taglio - Caso copertura appoggiata		Taglio - Caso copertura incastrata		Taglio - Caso copertura appoggiata		Taglio - Caso copertura incastrata		Taglio - Caso copertura appoggiata		Taglio - Caso copertura incastrata		Taglio - Caso copertura appoggiata		Taglio - Caso copertura incastrata	
	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	22	225	22	256	17	375	17	436	17	173	83	565	13	279	76	739
Quota intradosso copertura	16	212	16	243	12	357	12	418	12	163	12	501	9	265	9	673
Testa diaframma	11	186	11	214	11	320	11	377	8	143	8	381	8	239	8	552
Gabbia di Armatura No.1	201	186	265	214	72	320	124	377	155	143	600	381	61	239	429	552
Quota estradosso solaio fondo	399	0	515	0	269	0	369	0	307	0	1168	0	213	0	972	0
Sovrapposizione	399	5	515	5	297	5	400	5	307	3	1168	3	234	3	1027	3
Asse solaio fondo	476	0	601	177	346	0	456	131	366	0	1319	801	272	0	1123	730
Quota intradosso solaio fondo	542	0	542	110	413	0	413	65	417	0	417	687	323	0	323	616
Gabbia di Armatura No.2	557	301	601	301	428	226	456	226	429	232	1319	801	334	177	1123	730

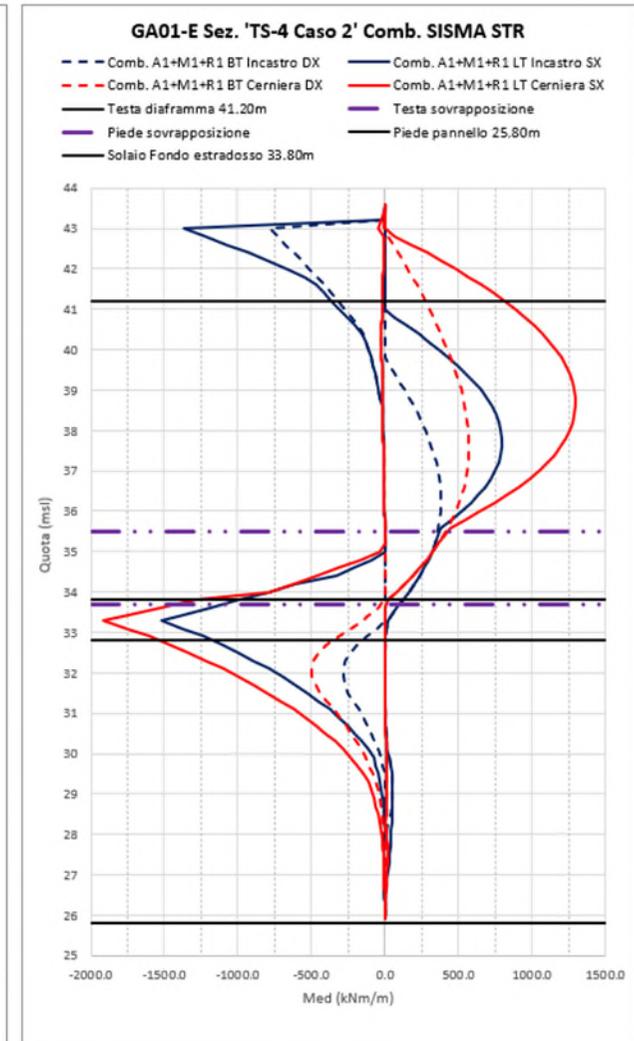
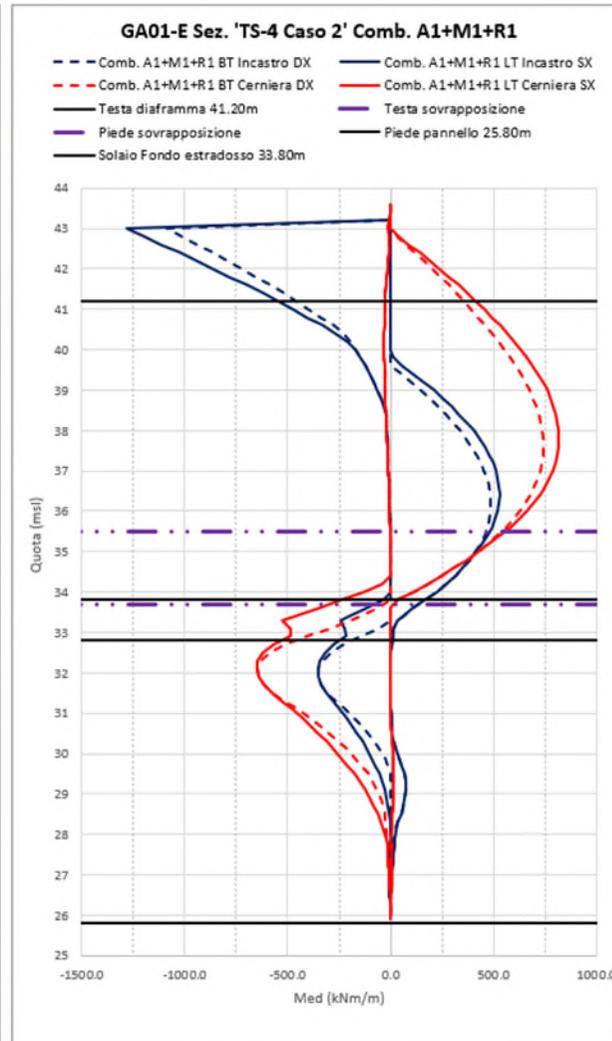
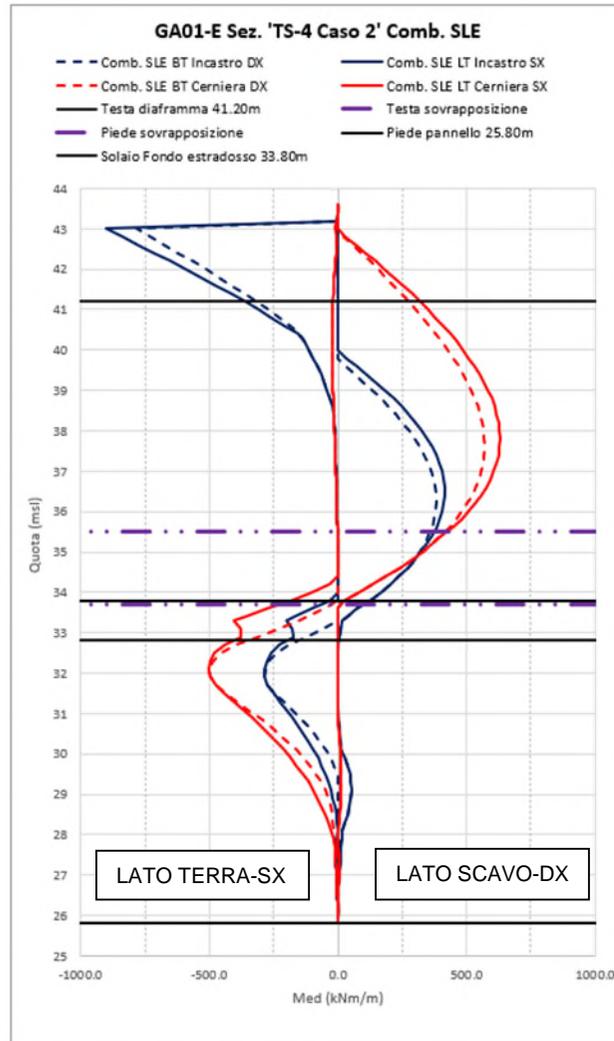


Figura 21 Sollecitazioni flettenti al metro lineare di paratia schema 'TS-4'

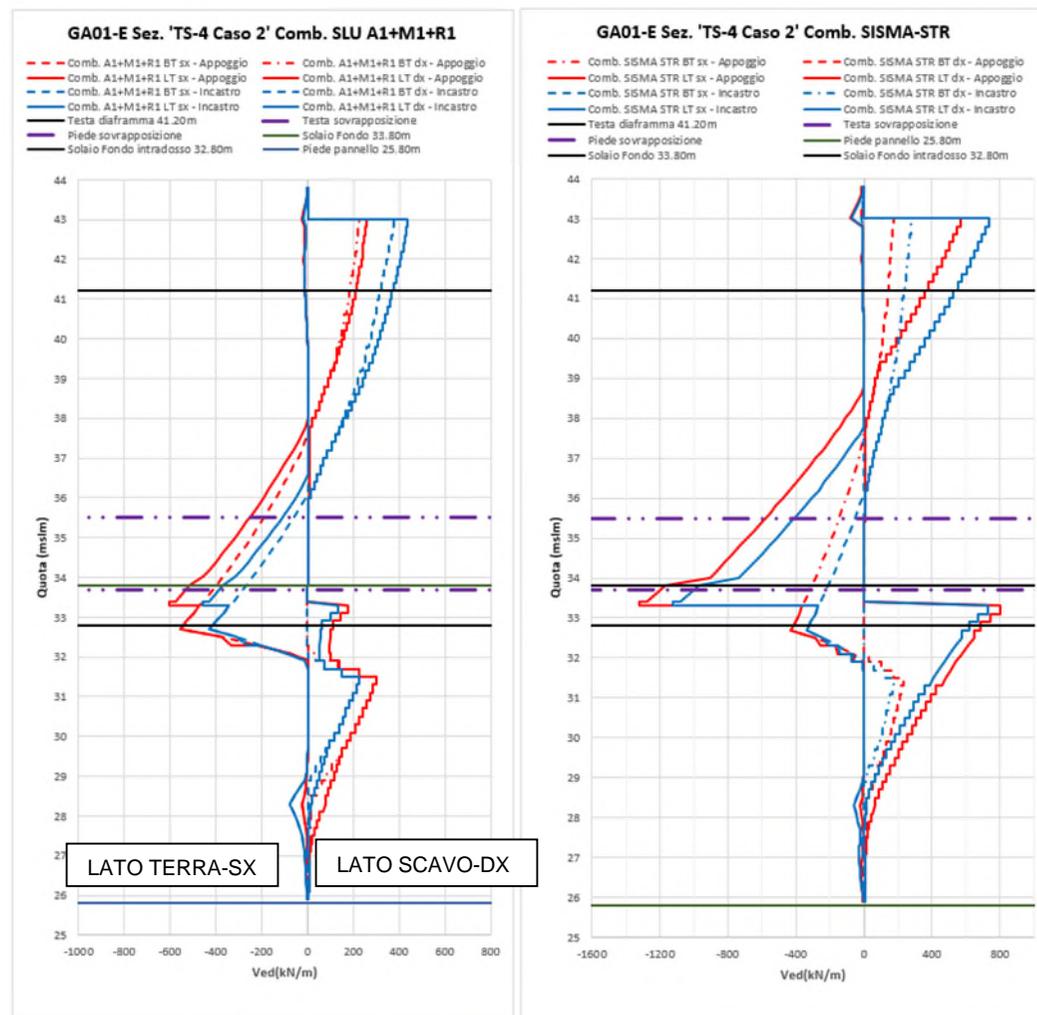


Figura 22 Sollecitazioni taglianti al metro lineare di paratia schema 'TS-4'

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 54 di 237

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 16).

Tabella 16 TS4 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)
TS4 (copertura appoggiata)	SLE RARA	4 (z=37.4m)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	13	31
	SLU Sisma-STR	-	-	71
TS4 (copertura incastrata)	SLE RARA	3 (z=37.3m)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	12	34
	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 a piano campagna 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.

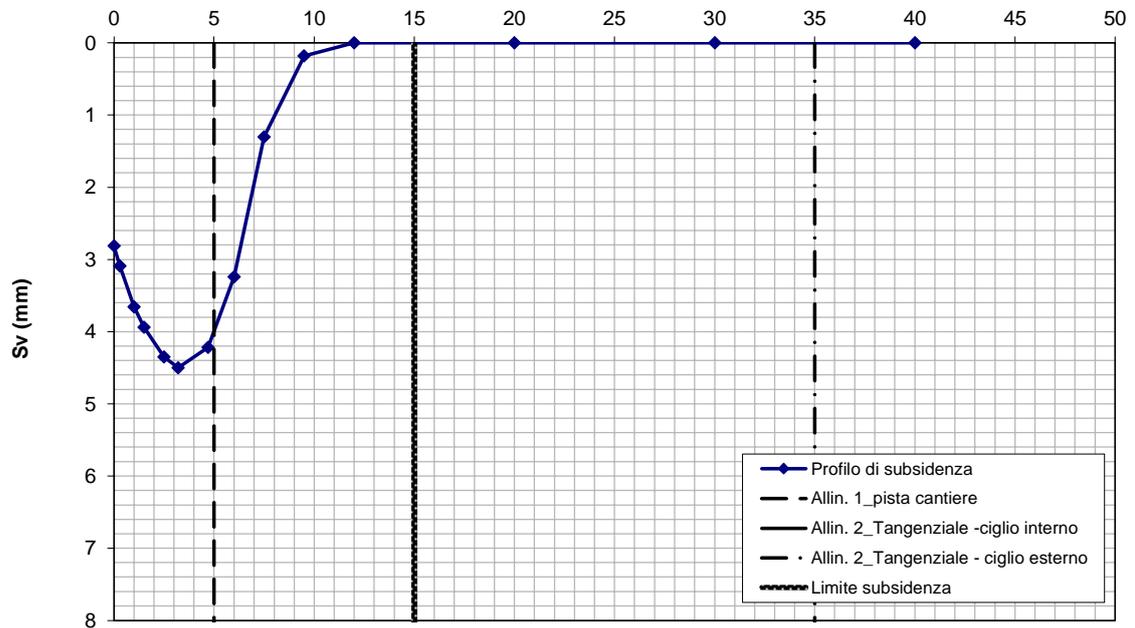


Figura 23-Analisi degli spostamenti attesi a piano campagna e della curva di subsidenza

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 56 di 237

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-E Sez. TS4

Stratigrafia e parametri geotecnici

Dati di input		
Spessore diaframma	1	m
Sovraccarico efficace VALLE	0.0	kPa
HW da testa diaframma valle	0.0	m
γ acqua	9.81	kN/m ³
Δz palo/diaf da p.c. originario	4.10	m
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

Legenda tipo di terreno:	
SL	Sabbia limosa
S	Sabbia
G	Ghiaia
A	Materiali coesivi

Inserisci stratigrafia

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	2.5	1	S	20.0	35	35			0.50	40	40
2.5	14.5	2	S	20.0	35	50			0.50	38	38
14.5	19.5	3	A	19.0			200	200	0.50		
19.5	38.5	4	S	20.0	50	60			0.50	38	38
38.5											
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 24 Sez. TS4 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 17 Combinazione SLU: Sollecitazioni massime di compressione e trazione e valori limiti resistenti

Combinazione di carico - SLU	Q tot
Massima compressione, Ndc, max [kN]	930 (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 18: Combinazione SLE: Sollecitazione massima di compressione

Combinazione di carico SLE	Qtot
Massima compressione, Ndc SLE, max [kN]	690 (SLE)

GALLERIA ARTIFICIALE S.MARTINO BUON ALBERGO - GA01-E
Sez. TS-4
Capacità portante Comb. SLE diafr. sp1000mm: Ltot 15.8m - Linfissa 7.0m
(Quota zero coincidente con il fondo dello scavo della galleria naturale)

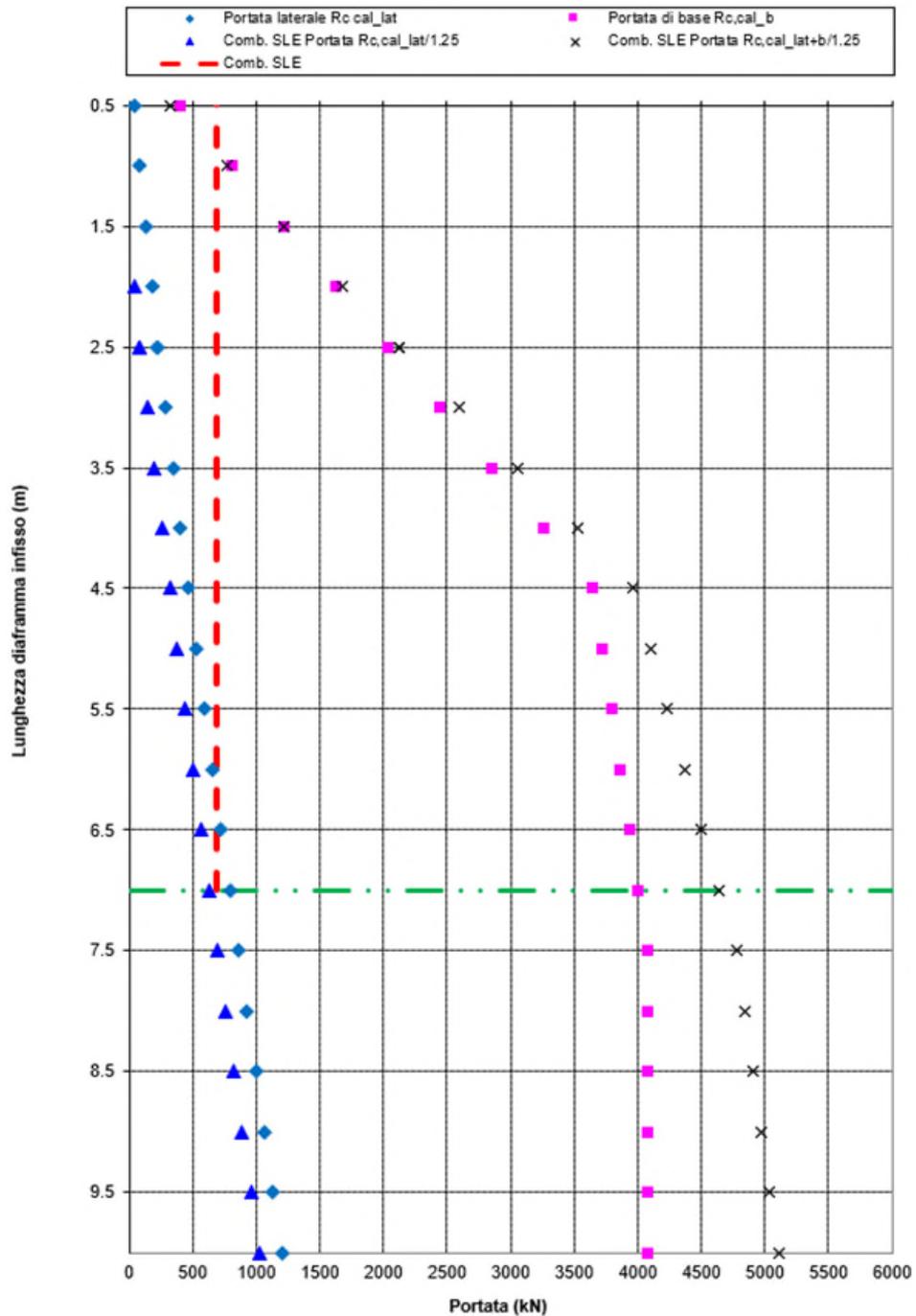


Figura 25 Sez. TS4 – Verifica capacità portante Comb. SLE

GALLERIA ARTIFICIALE S.MARTINO BUON ALBERGO - GA01-E
Sez. TS-4

Cap. portante Comb. A1+M1+R3 diafr. sp1000mm: Ltot 15.8m - Linfissa 7.0m
(Quota zero coincidente con il fondo dello scavo della galleria naturale)

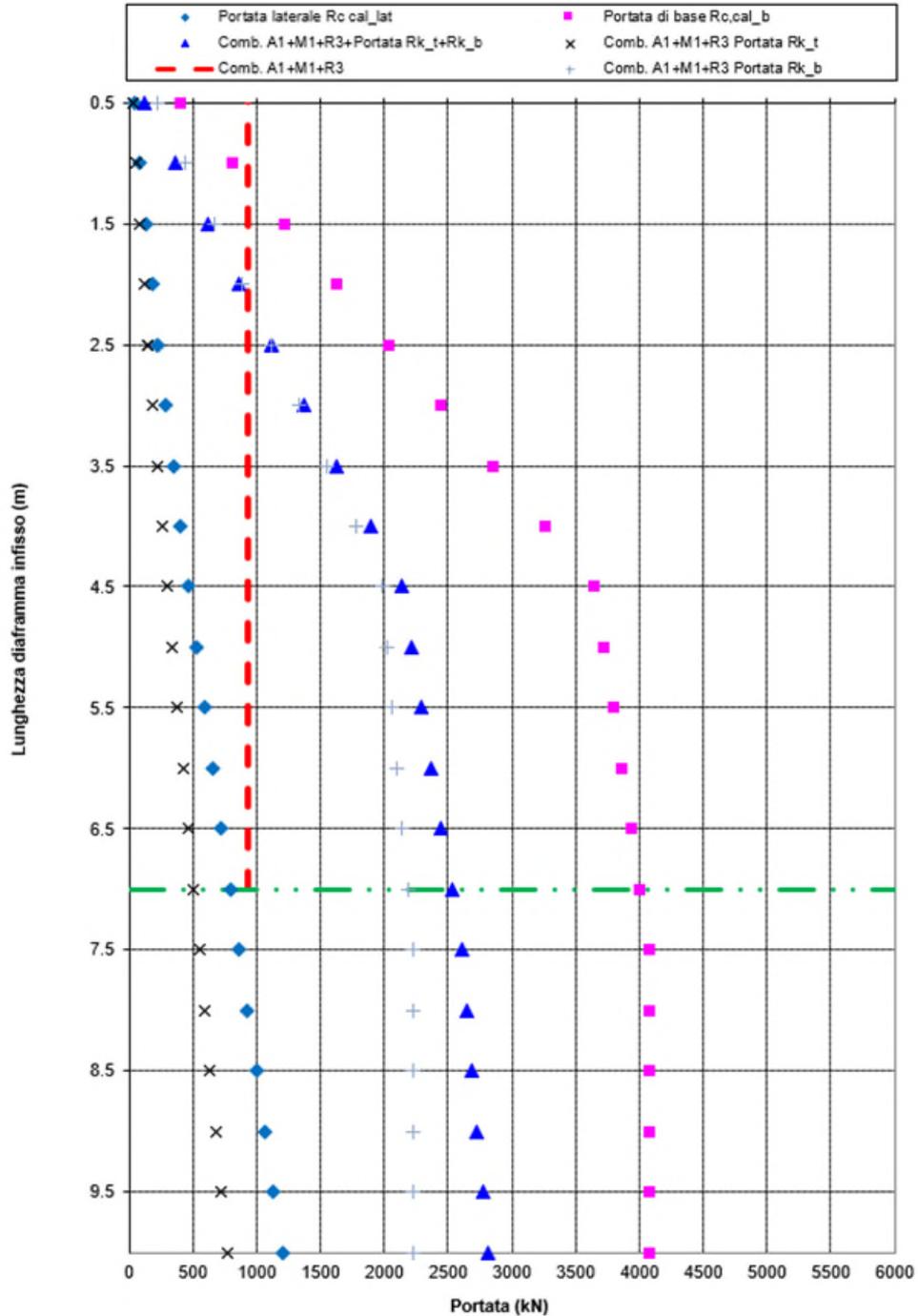


Figura 26 Sez. TS4 – Verifica capacità portante Comb. SLU (A1+M1+R3)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 59 di 237

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 19 Sezione TS4 Risultati stabilità globale

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

8.3.5 Verifiche di stabilità del fondo scavo al galleggiamento

Per i criteri generali di verifica si rimanda alla relazione IN1711EI2RHGA0100001A 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 § 7.3.4. 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 20 TS4 Verifica a galleggiamento tampone di fondo

GA01E - VERIFICA TAMPONE DI FONDO - MAX BATTENTE 8m (TRATTO TS4)		
Zfalda	40.75 m s.l.m	Quota falda
Zfs	32.7 m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	8.05 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	1.5	Altezza terreno trattato sotto il fondo scavo
Hte	3 m	Altezza intermedia terreno non trattato
Hta	2.5 m	Altezza tampone di fondo inferiore
Hinfission	7.0 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	15.1 m	= Zfalda - Zfs +Hte+Hta altezza battente idraulico
u_Hw	147.6 kPa	pressione interstiziale in funzione del battente idraulico
Sw	147.6 kPa	pressione interstiziale agente alla base del tampone
Np	900.0 kN/m	da calcolo Paratie
σ_{p1}	128.57 kN/m ²	Np/Hinfissione Valore medio pressione passiva mobilitata su jet
σ_{p2}	128.57 kN/m ²	valore medio sull'altezza del tampone letto in paratie
σ_{p3}	17.50 kN/m ²	valore geostatico a fondo scavo alla profondità media del tampone
$\sigma_{p,calc}$	128.57 kN/m ²	valore adottato nei calcoli
fa	37.29 kN/m ²	= $\sigma_p \cdot \tan \phi$ Aderenza massima tampone paratia
Wt	8.2 m ³	= $Hta^2/6$ W resistente flessione tampone per 1 m di larghezza
α	0.99 (-)	= $1/(1+Lmin/Lmax)^2$ coeff riduttivo momento per effetto piastra
qtf	59.17 kN/m	= $8 \cdot \sigma_p \cdot Wt / (\alpha \cdot Lmin^2)$
qta	43.50 kN/m	= $2 \cdot fa \cdot Hinf / Lmin$
qt utile	43.50 kN/m	
Pte	720.0 kN	= $\gamma_{te} \cdot (Hte+Htf) \cdot Lmin$ Peso terreno per 1 metro di sezione
Pta	960.0 kN	= $\gamma_{ta} \cdot Hta \cdot Lmin$ = Peso tampone per 1 m di sezione
Sta	522.0 kN	= qt utile $\cdot Lmin$ = risultante pressione assorbita dall infissione per 1 m
Sw	1771.7 kN	= Hw $\cdot 10 \cdot Lmin$ = sottospinta falda per 1 metro di sezione
Ribasso locale in corrispondenza vasca di aggotamento		
Wrib	0 kN	
Verifica secondo NTC 08		
0.9* St	1981.8 kN	
1.1*SW	1948.9 kN	
St>Sw	Verificato	
St/Sw	1.02	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 61 di 237

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 62 di 237

VERIFICA SOLLEVAMENTO STRUTTURA DEFINITIVA		
GA01-E - VERIFICA SOLLEVAMENTO STRUTTURA DEFINITIVA - TRATTO TS 4		
Quote falda e battente		
Zfalda	42.25 m s.l.m	Quota falda lungo termine
Zfs	32.7 m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	9.55 m	Altezza falda lungo termine a piano scavo
Carichi struttura GA01		
Lmin	12 m	Dimensione minima in pianta del tampone
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+cordolo 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	1.5 m	Altezza ricoprimento
γtn	18.5 kN/m ³	Peso specifico terreno naturale
W_ter	405.15 kN/m	Peso ricoprimento
W_tot	1484.8 kN/m	
pw	95.5 kPa	
Sw	1146.0 kN/m	= Hw *10 * Lmin = sottospinta falda per 1 metro di sezione
0.9*W_d	1336.4 kN/m	
1.1*SW	1260.6	
St>Sw	Verificato	
St/Sw	1.060	
Calcolo azione assiale testa diaframma (compressione positiva)		
N_inst_diaf	573 kN/m	Azione instabilizzante indotta falda sul piedritto
N_stab_cop	742 kN/m	Azione stabilizzante pesi propri sul piedritto
1.3*N_inst_diaf	744.9 kN/m	
0.9*N_stab_cop	668.2 kN/m	
N_testaDiaf_SLE	169 kN/m	Azione assiale risultante sul piedritto SLE
N_testaDiaf_SLU	-77 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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 63 di 237

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 21 Verifica velocità di flusso all'interno dello scavo

TS4 - 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	Upstream	T6-Falda COSTR Fondo Scavo	Low	5.45	12.45		1.00E-03	5.45E+03	0.001	0.004	8.25E-07	1
2		T4-Sabbie		1.50			1.00E-04	1.50E+04	0.002	0.012	8.25E-07	2
3		T4-Sabbie		1.15			1.00E-04	1.15E+04	0.002	0.009	8.25E-07	3
4		T4-Sabbie		1.85			1.00E-04	1.85E+04	0.003	0.015	8.25E-07	4
5		T4-Sabbie		2.50			1.00E-04	2.50E+04	0.004	0.021	8.25E-07	5
5	downstream	T4-Sabbie-Jet inf	High	2.50	7.00		5.00E-07	5.00E+06	0.757	4.125	8.25E-07	5
4		T4-Sabbie		1.85			1.00E-04	1.85E+04	0.003	0.015	8.25E-07	4
3		T4-Sabbie-Jet sup		1.15			1.00E-04	1.15E+04	0.002	0.009	8.25E-07	3
2		T4-Sabbie-Jet sup		1.50			1.00E-06	1.50E+06	0.227	1.238	8.25E-07	2
				5.45			6.61E+06	1.00	5.45	8.25E-07		

La filtrazione all'interno dello scavo dovuta alla permeabilità del tampone di fondo determina la necessità di aggottare 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 22 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	5.45	5.45	m
Ampiezza scavo	12	12	m
Sviluppo scavo	100	100	m
Superficie di efflusso	1200	1200	m ²
Portata in efflusso sul fondo scavo	9.90×10^{-4}	2.37×10^{-3}	m ³ /s per 100m
	1.0	2.4	l/s per 100m
Portata oraria da aggottare	3.56×10^3	8.54×10^3	l/h per 100m
	3.6	8.5	m ³ /h per 100m

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 64 di 237

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 10 litri per secondo su una tratta di riferimento di 100m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 65 di 237

9 VERIFICHE SEZIONE TA

I diaframmi dimensionati con tale sezione sono previsti da progressiva pk 6+530 alla pk 6+665 circa della GA01-E, per un'estensione complessiva di 135m circa. I diaframmi sono lunghi 14.8m 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 §4 e 5.

9.1 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 44.5m slm;
 - quota falda di costruzione a 37.5m slm a circa 7.0m 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 44.21 e 45.02m 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 strato singolo al di sotto del piano di scavo:
 - L'intervento è così composto:
 - Spessore terreno trattato superiore: assente
 - Spessore terreno non trattato intermedio: 3.5m
 - 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 1.0m.
- Fase 8: Applicazione del carico accidentale di 20kPa a piano campagna

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 66 di 237

- Fase 9: Scavo della Galleria fino a quota di fondo scavo 33.90m, 10.3m 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 34.50m.
- 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 17 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 41.50m 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.
 - $\Delta p = (a_g/g) \times S \times \gamma_t \times H = 110\text{kPa}$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 67 di 237

9.2 Risultati di calcolo

Di seguito sono schematizzati i risultati principali del dimensionamento della paratia di sostegno. La Figura 27 e Figura 28 riporta gli involuipi delle sollecitazioni flettenti e taglianti al metro lineare di diaframma ottenute dai modelli sviluppati per la sezione 'TA'. La quota testa paratia corrisponde alla quota di intradosso della trave di coronamento di larghezza 2.05m e spessore 1m. 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 Tabella 23 e 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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 68 di 237

Tabella 23 Sezione 'TA' Sollecitazioni flettenti e taglianti di verifica

	SLS-rara								SLU (A1+M+R1)							
	Momento - Caso copertura appoggiata				Momento - Caso copertura incastrata				Momento - Caso copertura appoggiata				Momento - Caso copertura incastrata			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)	
Sollecitazioni flettenti	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)	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)
Quota asse copertura	12	0	12	0	951	0	970	0	16	0	16	0	1270	0	1295	0
Quota intradosso copertura	10	163	10	183	701	0	708	0	14	211	14	238	942	0	951	0
Testa diaframma	29	361	29	403	415	0	415	0	39	469	39	524	567	0	567	0
Gabbia di armatura No.1	55	965	55	1017	415	668	415	672	75	1254	75	1322	567	860	567	866
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	0	567	3	567	0	484	0	484	0	737	4	737	0	626	0	626
Gabbia di armatura No.2	315	79	315	79	219	82	219	82	410	103	410	103	281	109	281	109

	SISMA (STRU)							
	Momento - Caso copertura appoggiata				Momento - Caso copertura incastrata			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)	
Sollecitazioni flettenti	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)
Quota asse copertura	12	0	37	0	951	0	1245	0
Quota intradosso copertura	10	163	10	373	701	0	721	0
Testa diaframma	29	361	29	789	415	0	415	0
Gabbia di armatura No.1	55	965	1070	1542	415	668	1092	980
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	0	567	710	548	0	484	729	459
Gabbia di armatura No.2	315	79	277	79	219	82	258	82

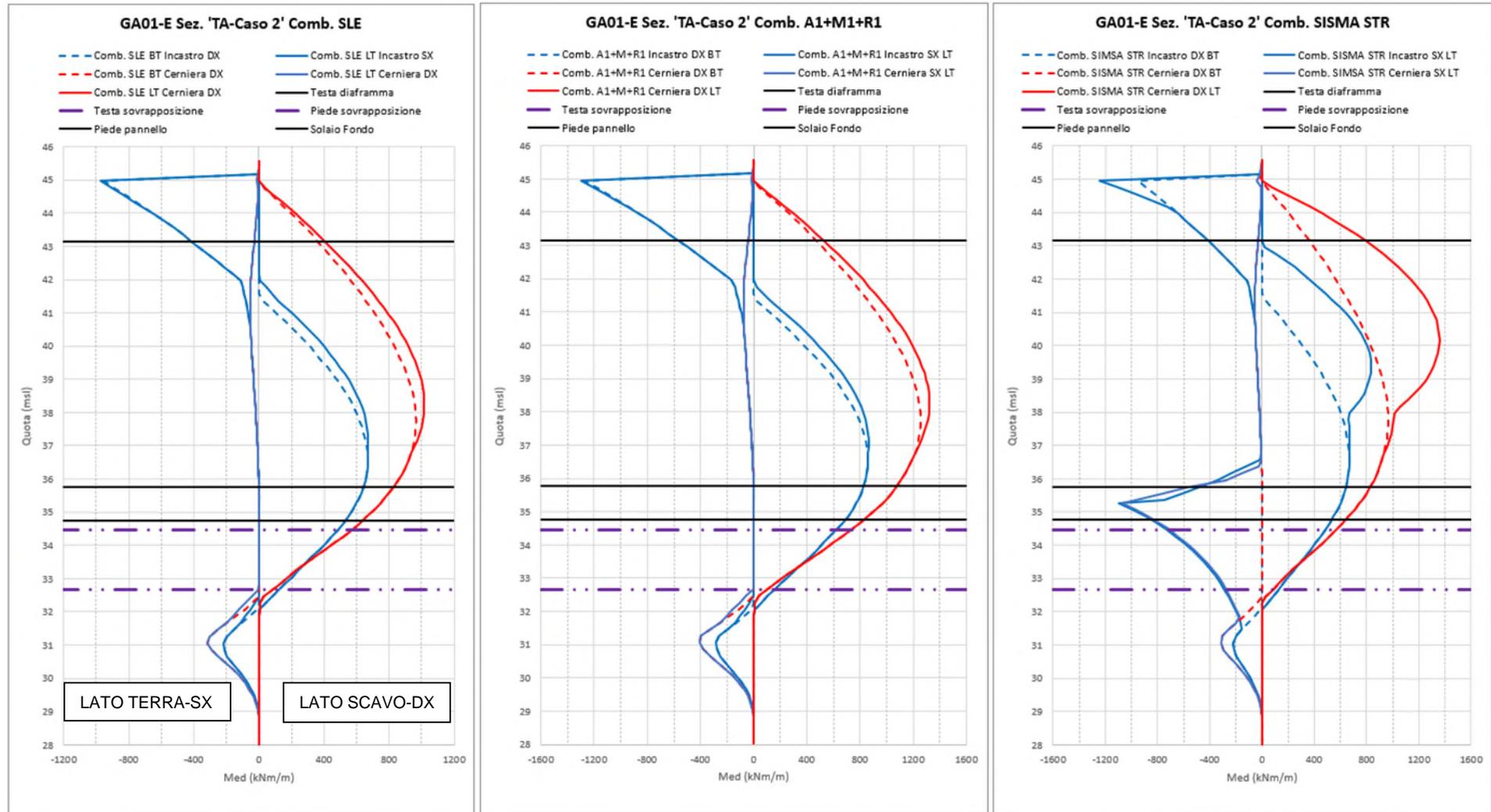


Figura 27 Sollecitazioni flettenti al metro lineare di paratia schema 'TA'

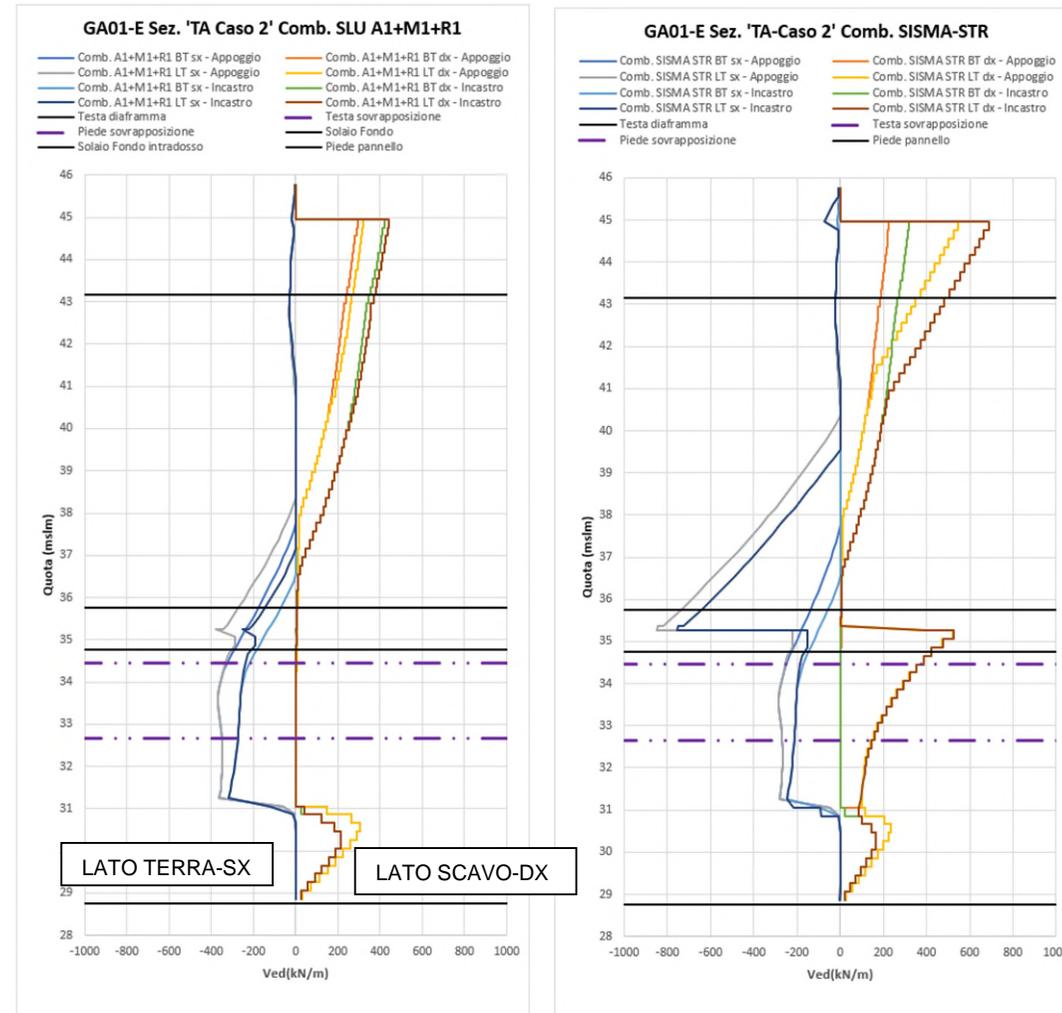


Figura 28 Sollecitazioni taglianti al metro lineare di paratia schema 'TA'

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 71 di 237

9.3 Verifiche geotecniche

9.3.1 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 16).

Tabella 24 TA 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)
TA (copertura appoggiata)	SLE RARA	8 (z=38m)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	16	60
	SLU Sisma-STR	-	-	86
TA (copertura incastrata)	SLE RARA	5 (z=39m)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	14	55
	SLU Sisma-STR	-	-	85

9.3.2 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.

Per i risultati dell'analisi di cedimento si rimanda alla sezione 'TS4' in quanto più gravosa.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 72 di 237

9.3.3 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-E Sez. TA

Stratigrafia e parametri geotecnici

Dati di input		
Spessore diaframma	1	m
Sovraccarico efficace VALLE	0.0	kPa
HW da testa diaframma valle	0.0	m
γ acqua	10.00	kN/m ³
Δz palo/diaf da p.c. originario	3.60	m
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

Legenda tipo di terreno:	
SL	Sabbia limosa
S	Sabbia
G	Ghiaia
A	Materiali coesivi

Inserisci stratigrafia

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	2.0	1	G	20.0	40	50			0.50	40	40
2.0	14.5	2	S	20.0	35	50			0.50	38	38
14.5	18.5	3	A	19.0			200	200	0.50		
18.5	38.5	4	S	20.0	50	60			0.50	38	38
38.5											
0.0											
0.0											
0.0											
0.0											
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. TA 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 25 Combinazione SLU: Sollecitazioni massime di compressione e trazione e valori limiti resistenti

Combinazione di carico - SLU	Q tot
Massima compressione, Ndc, max [kN]	760 (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 26: Combinazione SLE: Sollecitazione massima di compressione

Combinazione di carico SLE	Qtot
Massima compressione, Ndc SLE, max [kN]	560 (SLE)

GALLERIA ARTIFICIALE S.MARTINO BUON ALBERGO GA01-A Sez. TA
 Capacità portante SLE diaframmi sp1000 mm: Ltot 14.8 m - Linfissa 6m
 (Quota zero coincidente con il fondo dello scavo della galleria artificiale)

◆ Portata laterale $R_{c,cal,lat}$	■ Portata di base $R_{c,cal,b}$
▲ Comb. SLE Portata $R_{c,cal,lat}/1.25$	× Comb. SLE Portata laterale $R_{c,cal,lat}+b/1.25$
— Carico SLE	— Piede Diaframma

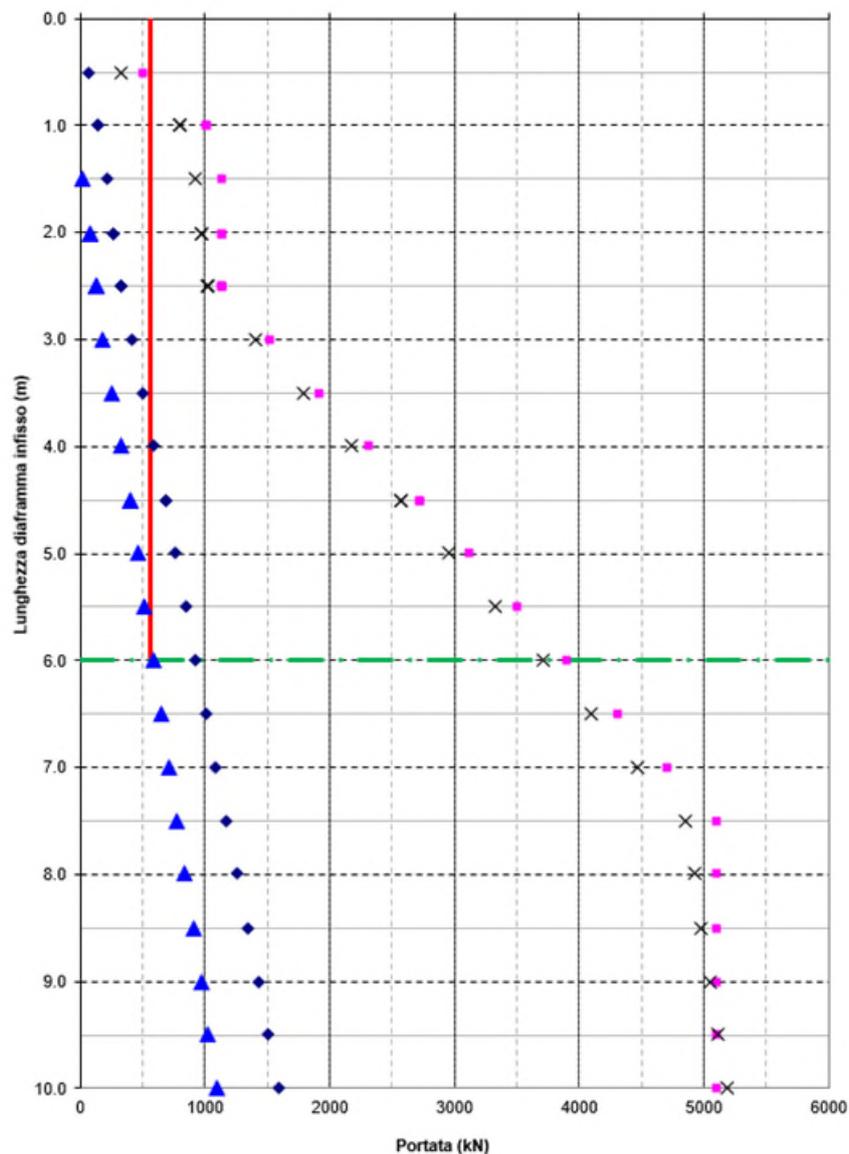


Figura 30 Sez. TA – Verifica capacità portante Comb. SLE

GALLERIA ARTIFICIALE S.MARTINO BUON ALBERGO GA01-E Sez. TA
Cap. portante Comb. A1+M1+R3 diafr. sp1000 mm: Ltot 14.8 m - Linfissa 6m
(Quota zero coincidente con il fondo dello scavo della galleria artificiale)

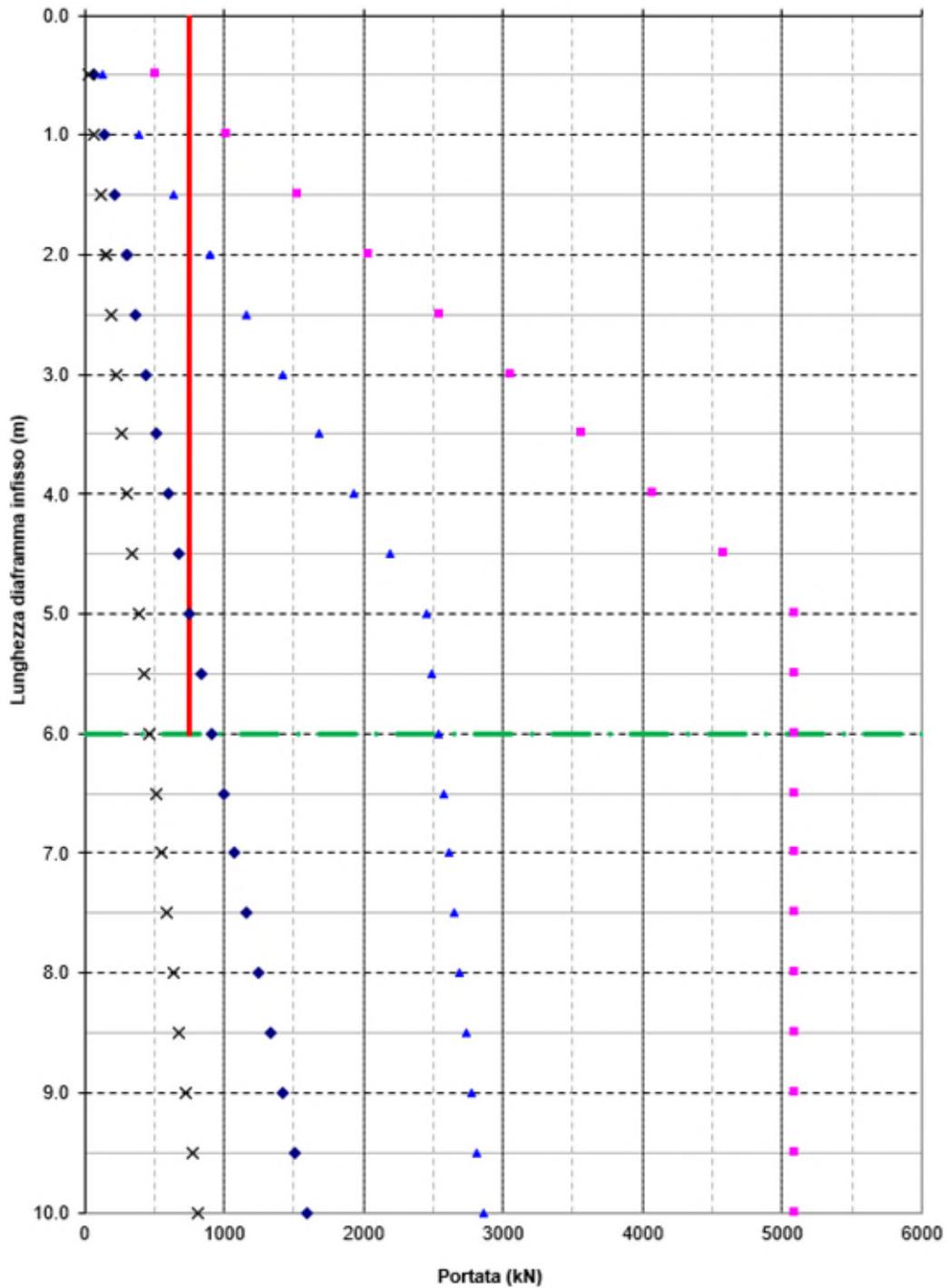
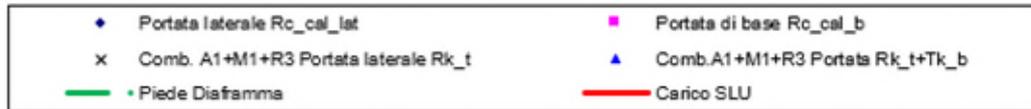


Figura 31 Sez. TA – Verifica capacità portante Comb. SLU (A1+M1+R3)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 75 di 237

9.3.4 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 27 Sezione TA Risultati stabilità globale

Comb.	Step	Coefficiente di sicurezza
Sez. TA	Fase 10 - Risalita falda a quota di breve termine	2.35

9.3.5 Verifiche di stabilità del fondo scavo al galleggiamento

Per i criteri generali di verifica si rimanda alla relazione IN1711EI2RHGA0100001A 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 § 7.3.4. 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
GA01-E 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: 35%;">Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014</td> <td style="width: 10%;">Rev. A</td> <td style="width: 25%;">Foglio 76 di 237</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 76 di 237
Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 76 di 237		

Tabella 28 TA Verifica a galleggiamento tampone di fondo

GA01E - VERIFICA TAMPONE DI FONDO - MAX BATTENTE (TRATTO TA)		
Zfalda	40 m s.l.m	Quota falda
Zfs	35 m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	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	0	Altezza terreno trattato sotto il fondo scavo
Hte	3.5 m	Altezza intermedia terreno non trattato
Hta	2.5 m	Altezza tampone di fondo inferiore
Hinfission	6.0 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	11.0 m	= Zfalda - Zfs +Hte+Hta altezza battente idraulico
u_Hw	107.9 kPa	pressione interstiziale in funzione del battente idraulico
Sw	107.9 kPa	pressione interstiziale agente alla base del tampone
Np	850.0 kN/m	da calcolo Paratie
σ_{p1}	141.67 kN/m ²	Np/Hinfissione Valore medio pressione passiva mobilitata su jet
σ_{p2}	141.67 kN/m ²	valore medio sull'altezza del tampone letto in paratie
σ_{p3}	15.00 kN/m ²	valore geostatico a fondo scavo alla profondità media del tampone
$\sigma_{p,calc}$	141.67 kN/m ²	valore adottato nei calcoli
fa	41.08 kN/m ²	= $\sigma_p \cdot \tan \phi$ Aderenza massima tampone paratia
Wt	6.0 m ³	= $Hta^2/6$ W resistente flessione tampone per 1 m di larghezza
α	0.99 (-)	= $1/(1+Lmin/Lmax)^2$ coeff riduttivo momento per effetto piastra
qtf	47.90 kN/m	= $8 \cdot \sigma_p \cdot Wt / (\alpha \cdot Lmin^2)$
qta	41.08 kN/m	= $2 \cdot fa \cdot Hinf / Lmin$
qt utile	41.08 kN/m	
Pte	840.0 kN	= $\gamma_{te} \cdot (Hte+Htf) \cdot Lmin$ Peso terreno per 1 metro di sezione
Pta	600.0 kN	= $\gamma_{ta} \cdot Hta \cdot Lmin$ = Peso tampone per 1 m di sezione
Sta	493.0 kN	= qt utile $\cdot Lmin$ = risultante pressione assorbita dall infissione per 1 m
Sw	1294.9 kN	= Hw $\cdot 10 \cdot Lmin$ = sottospinta falda per 1 metro di sezione
Ribasso locale in corrispondenza vasca di aggotamento		
Wrib	0 kN	
Verifica secondo NTC 08		
0.9* St	1739.7 kN	
1.1*SW	1424.4 kN	
St>Sw	Verificato	
St/Sw	1.22	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 77 di 237

9.3.6 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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 78 di 237

VERIFICA SOLLEVAMENTO STRUTTURA DEFINITIVA		
GA01-E - VERIFICA SOLLEVAMENTO STRUTTURA DEFINITIVA - TRATTO TA		
Quote falda e battente		
Zfalda	41.5 m s.l.m	Quota falda lungo termine
Zfs	35 m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	6.5 m	Altezza falda lungo termine a piano scavo
Carichi struttura GA01		
Lmin	12 m	Dimensione minima in pianta del tampone
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	0 m	Altezza ricoprimento
γtn	18.5 kN/m ³	Peso specifico terreno naturale
W_ter	0 kN/m	Peso ricoprimento
W_tot	1079.7 kN/m	
pw	65 kPa	
Sw	780.0 kN/m	= Hw *10 * Lmin = sottospinta falda per 1 metro di sezione
0.9*W_d	971.7 kN/m	
1.1*SW	858	
St>Sw	Verificato	
St/Sw	1.133	
Calcolo azione assiale testa diaframma (compressione positiva)		
N_inst_diaf	390 kN/m	Azione instabilizzante indotta falda sul piedritto
N_stab_cop	540 kN/m	Azione stabilizzante pesi propri sul piedritto
1.3*N_inst_diaf	507.0 kN/m	
0.9*N_stab_cop	485.9 kN/m	
N_testaDiaf_SLE	150 kN/m	Azione assiale risultante sul piedritto SLE
N_testaDiaf_SLU	-21 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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 79 di 237

9.3.7 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.

Per tale sezione il battente idrico sulla falda di costruzione è minore di quello previsto per la porzione di galleria analizzata nella sezione di calcolo 'TS-4'. Pertanto, ai fini della stima delle portate entranti nello scavo, si rimanda ai risultati relativi alla 'TS-4' descritti nel §8.3.7.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 80 di 237

10 VERIFICHE SEZIONE ST

I diaframmi dimensionati con tale sezione sono previsti da progressiva pk 6+646 alla pk 6+842 circa della GA01-E, per un'estensione complessiva di 190m circa. I diaframmi sono lunghi 15.8m con un'altezza di scavo di 8.40m da quota testa paratia. In tale tratto l'intervento jet grouting non è presente. Si prevede di utilizzare un opportuno sistema di pozzi di emungimento esterni alle paratie di diaframmi con la funzione di deprimere il livello della falda esistente sino ad 0.5 m circa al di sotto della quota di fondo scavo della galleria. Per 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 §4 e 5. Per il dimensionamento del sistema di pozzi si rimanda al successivo § 10.3.6

10.1 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 46.0m slm;
 - quota falda di costruzione a 37.15m slm a circa 8.85m da piano campagna;
- Fase 2: Realizzazione piano di lavoro variabile tra 45.59 e 46.62m slm ed applicazione del carico accidentale di cantiere di 20kPa a quota piano campagna.
- Fase 3: Realizzazione diaframmi
- Fase 4: Approfondimento 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 1.0m.
- Fase 8: Applicazione del carico accidentale di 20kPa a piano campagna
- Fase 9: Scavo della Galleria fino a quota di fondo scavo 34.98m, 10.6m 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. Cautelativamente, ai lati delle paratie la quota di falda è stata mantenuta pari alla quota di costruzione. Tuttavia, per tali diaframmi è prevista l'installazione e messa in funzione di un opportuno sistema di dewatering al fine di emungere la falda in sito fino ad un metro al di sotto

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 81 di 237

della quota di fondo scavo. Maggiori informazioni sulla verifica del sistema di dewatering sono fornite nella §10.3.6

- Fase 10: 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 35.58m.
- Fase 11: 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 17 presentata in precedenza).
- Fase 12: 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 41.15m a monte ed a valle della paratia. In tale fase, l'azione irrigidente del tampone jet a valle è ancora considerata presente.
- Fase 13: 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 14: 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.
 - $\Delta p = (a_g/g) \times S \times \gamma_t \times H = 115\text{kPa}$

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

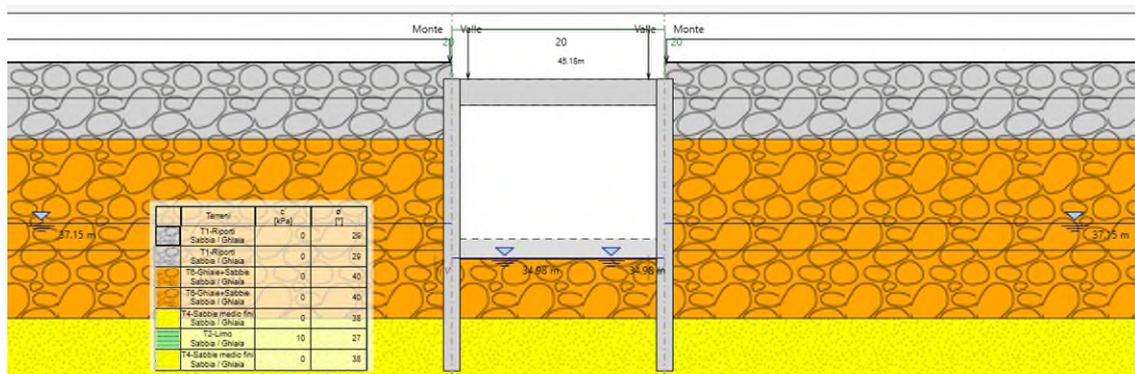


Figura 32 Fase 10 Scavo della Galleria fino a quota di fondo scavo 32.52m e falda a quota falda di breve termine

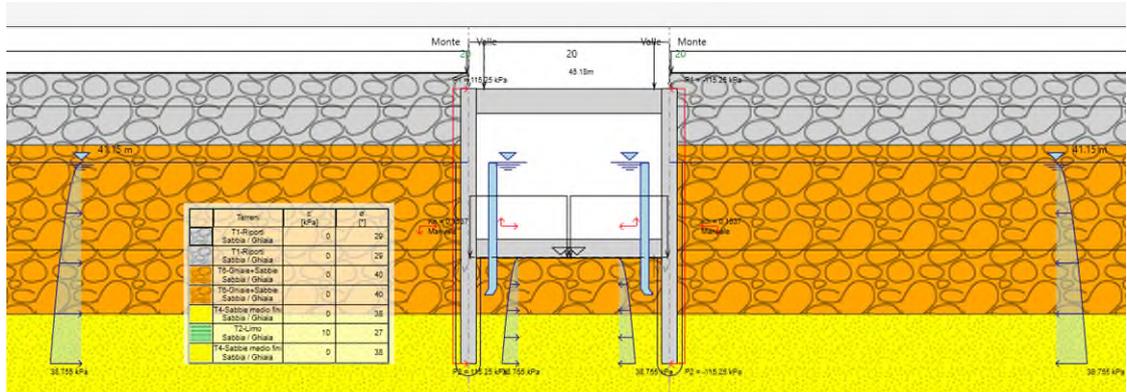


Figura 33 Fase 17 Applicazione azione sismica

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 83 di 237

10.2 Risultati di calcolo

Di seguito sono schematizzati i risultati principali del dimensionamento della paratia di sostegno. La riporta gli involuipi delle sollecitazioni flettenti e taglianti al metro lineare di diaframma ottenute dai modelli sviluppati per la sezione 'ST'. 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 costruzione (Fase 9)
- Condizioni di Lungo Termine (LT):
Tali condizioni comprendono le fasi di calcolo nelle quali si completano le strutture definitive della galleria Fase 10-Costruzione solaio di fondo) e si instaurano le condizioni di lungo termine (Fase 13-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 e vengono riportati i diagrammi delle sollecitazioni flettenti e taglianti al metro lineare di sviluppo di paratia ottenute nelle combinazioni di carico SLE, A1+M+R1 e SLV. In ascissa sono indicate le azioni a metro lineare di pannello, mentre in ordinata è indicata la quota altimetrica

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
EI2 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
84 di 237

Tabella 29 Sezione 'ST' Sollecitazioni flettenti e taglianti di verifica

	SLS-rara								SLU (A1+M+R1)							
	Momento - Caso copertura appoggiata				Momento - Caso copertura incastrata				Momento - Caso copertura appoggiata				Momento - Caso copertura incastrata			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)	
Sollecitazioni Flettenti	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)												
Quota asse copertura	11	0	12	0	787	0	834	0	15	0	15	0	1053	0	1113	0
Quota intradosso copertura	14	134	14	156	586	0	615	0	18	174	18	202	788	0	826	0
Testa diaframma	35	296	35	340	357	0	365	0	46	384	46	442	487	0	498	0
Gabbia di armatura No.1	83	696	83	828	357	389	365	462	108	905	108	1076	487	498	498	593
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	4	419	4	427	1	289	1	289	6	545	6	555	1	373	1	373
Gabbia di armatura No.2	20	130	33	130	3	104	11	104	25	169	43	169	3	136	13	136

	SISMA (STRU)							
	Momento - Caso copertura appoggiata				Momento - Caso copertura incastrata			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)	
Sollecitazioni Flettenti	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)
Quota asse copertura	11	0	47	0	787	0	1149	0
Quota intradosso copertura	14	134	0	430	586	0	660	0
Testa diaframma	35	296	0	898	357	0	365	0
Gabbia di armatura No.1	83	696	970	1432	357	389	1166	666
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	4	419	559	427	1	289	708	289
Gabbia di armatura No.2	20	130	205	130	3	104	223	104

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
EI2 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
85 di 237

	Inviluppo A1+M1+R1								Inviluppo SISMA STR							
	Taglio - Caso copertura appoggiata				Taglio - Caso copertura incastrata				Taglio - Caso copertura appoggiata				Taglio - Caso copertura incastrata			
	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	19	292	19	320	18	419	18	439	15	225	75	545	14	320	73	687
Quota intradosso copertura	18	276	18	304	18	400	18	420	13	212	13	481	13	305	13	622
Testa diaframma	28	245	28	273	28	357	28	378	21	188	21	372	21	272	21	507
Quota estradosso solaio fondo	177	8	270	8	70	7	146	7	136	6	737	6	56	5	642	5
Asse solaio fondo	238	6	380	0	132	5	220	5	183	5	223	521	104	4	753	394
Quota intradosso solaio fondo	279	5	290	5	173	3	194	3	215	4	223	471	135	2	151	424
Gabbia di Armatura No.1	325	245	380	273	219	357	250	378	250	188	847	521	170	272	753	524
Sovrapposizione	368	4	368	4	278	3	278	3	283	3	283	385	216	2	216	388
Gabbia di Armatura No. 2	361	305	361	305	318	213	318	213	278	235	278	235	246	166	246	166

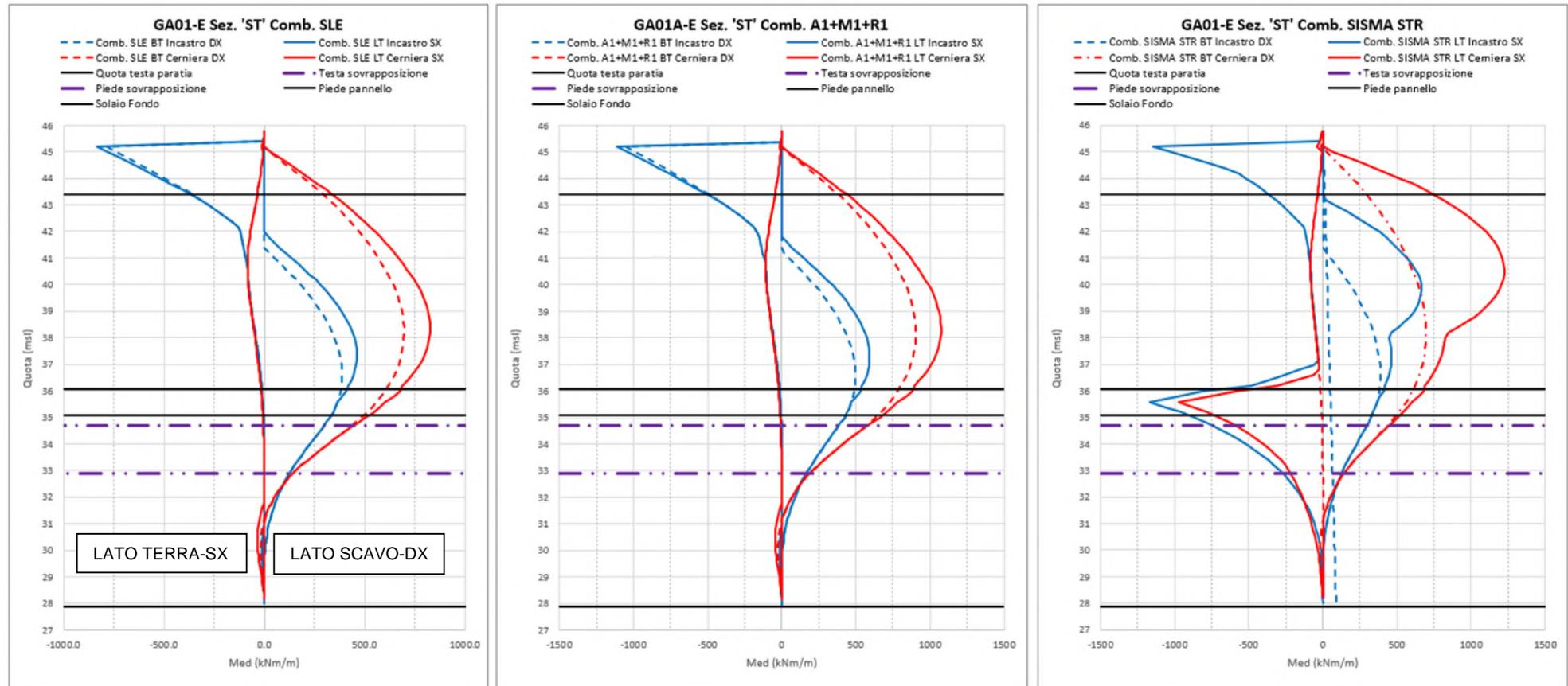


Figura 34 Sollecitazioni flettenti al metro lineare di paratia schema 'ST'

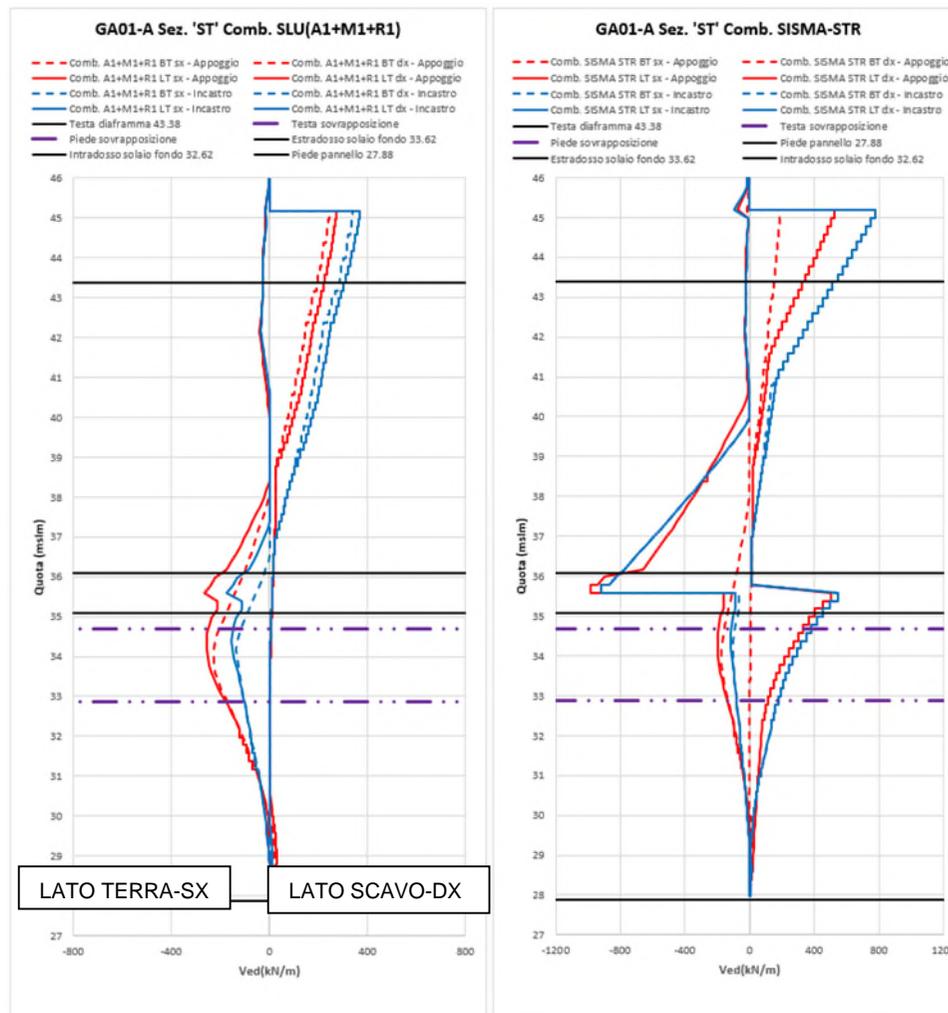


Figura 35 Sollecitazioni taglianti al metro lineare di paratia schema 'ST'

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica Documento
EI2 CL GA 01 E4 0014

Rev.
A

Foglio
88 di 237

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 89 di 237

10.3 Verifiche geotecniche

10.3.1 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 30).

Tabella 30 ST 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)
TS4 (copertura appoggiata)	SLE RARA	12 (z=37.4m)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	71	57
	SLU Sisma-STR	-	-	85
TS4 (copertura incastrata)	SLE RARA	6 (z=38.2m)	-	-
	SLU (A2+M2+R1)	-	54	43
	SLU Sisma-STR	-	-	72

10.3.2 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.

Per i risultati dell'analisi di cedimento si rimanda alla sezione 'TS4' in quanto più gravosa.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 90 di 237

10.3.3 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-E Sez. ST

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	10.00	kN/m ³	A	Materiali coesivi
Az palo/diaf da p.c. originario	3.60	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_{sat}	Nspt		c_u (kPa)		Δz	ϕ^*	
da	a	No.	(S, A)	kN/m ³	da	a	da	a	(m)	da	a
0.0	3.6	1	G	20.0	40	50			0.50	40	40
3.6	16.7	2	S	20.0	35	50			0.50	38	38
16.7	20.2	3	A	19.0			200	200	0.50		
20.2	38.5	4	S	20.0	50	60			0.50	38	38
38.5											
0.0											
0.0											
0.0											
0.0											
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 36 Sez. ST Capacità portante - Stratigrafia a e parametri di riferimento

Nelle tabelle seguenti si riassumono i valori di capacità portante a compressione (Rc,d) e a trazione (Rt,d), ottenuti dalla analisi, secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3).

Tabella 31 Combinazione SLU: Sollecitazioni massime di compressione e trazione e valori limiti resistenti

Combinazione di carico - SLU	Q tot
Massima compressione, Ndc, max [kN]	930 (SLU)

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

Tabella 32: Combinazione SLE: Sollecitazione massima di compressione

Combinazione di carico SLE	Qtot
Massima compressione, Ndc SLE, max [kN]	690 (SLE)

GALLERIA ARTIFICIALE S.MARTINO BUON ALBERGO GA01-E Sez. ST
 Capacità portante SLE diaframmi sp1000 mm: Ltot 15.8 m - Linfissa 7m
 (Quota zero coincidente con il fondo dello scavo della galleria artificiale)

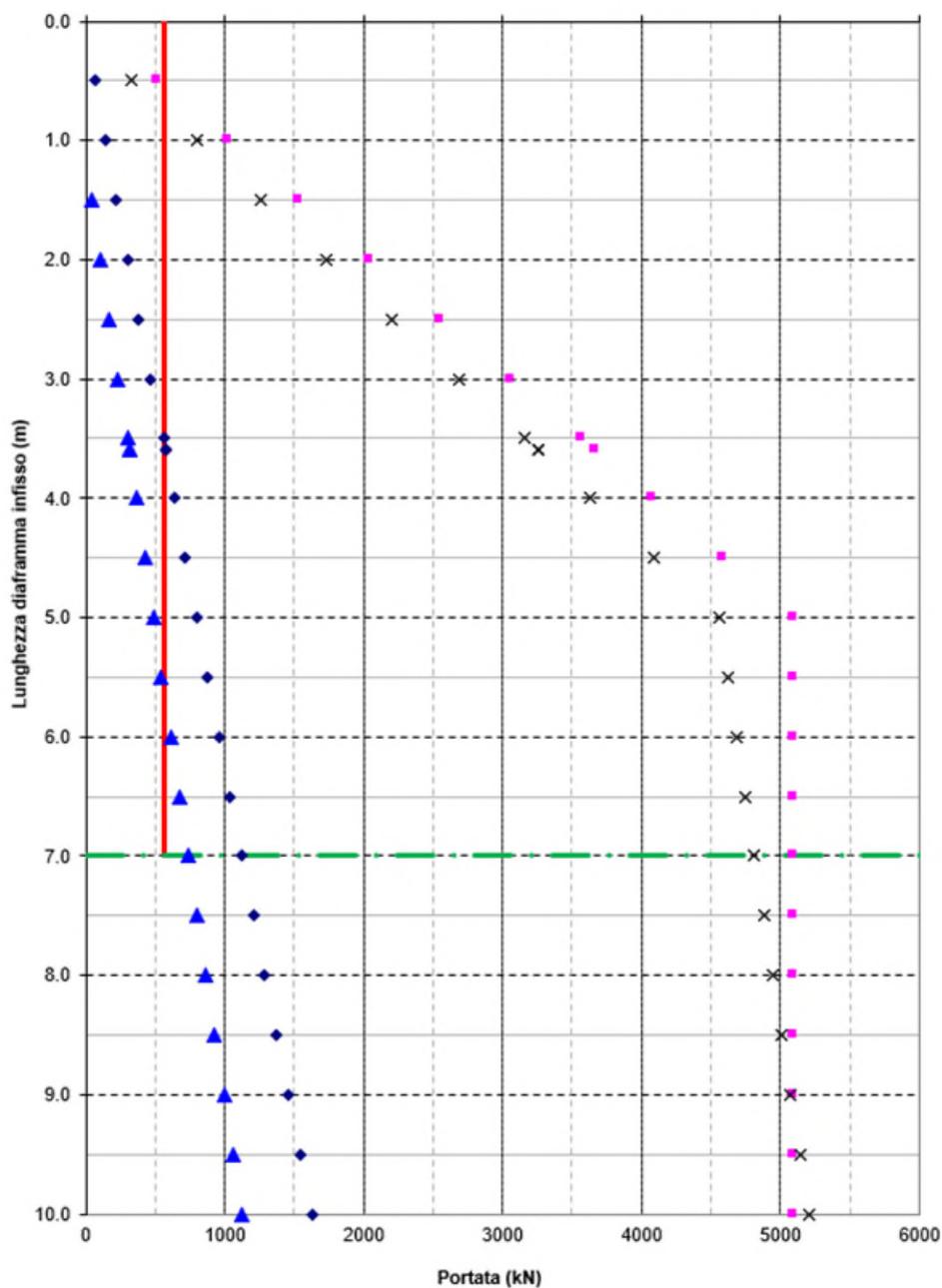


Figura 37 Sez. ST – Verifica capacità portante Comb. SLE

GALLERIA ARTIFICIALE S.MARTINO BUON ALBERGO GA01-E Sez. ST
Cap. portante Comb. A1+M1+R3 diafr. sp1000 mm: Ltot 15.8 m - Linfissa 7m
(Quota zero coincidente con il fondo dello scavo della galleria artificiale)

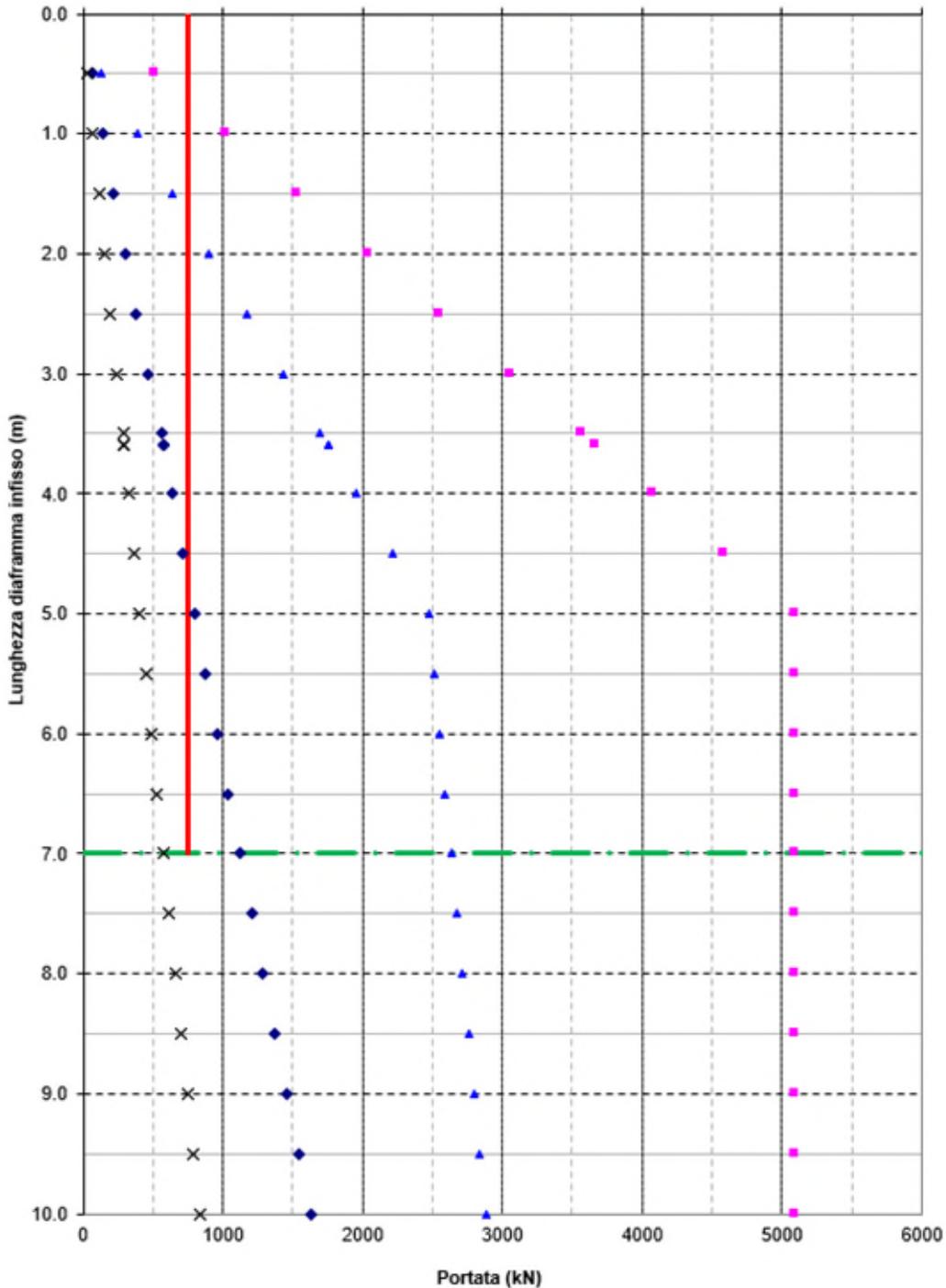
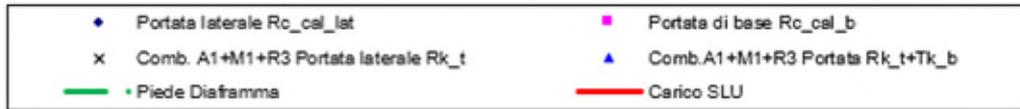


Figura 38 Sez. ST – Verifica capacità portante Comb. SLU (A1+M1+R3)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 93 di 237

10.3.4 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

GA01E - VERIFICA SOLLEVAMENTO STRUTTURA DEFINITIVA SCHEMA ST

Quote falda e battente

Zfalda	41.15 m s.l.m	Quota falda lungo termine
Zfs	35.08 m s.l.m	Quota fondo scavo
Hw	6.07 m	Altezza falda lungo termine a piano scavo

Carichi struttura GA01

Lmin	12 mslm	Quota testa fodera interna (fodera sopra cordolo)
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	0 m	Altezza ricoprimento
γtn	18.5 kN/m ³	Peso specifico terreno naturale
W_ter	0 kN/m	Peso ricoprimento
W_tot	1079.7 kN/m	
pw	60.7 kPa	
Sw	728.4 kN/m	= Hw *10 * Lmin = sottospinta falda per 1 metro di sezione
0.9*W_d	971.7 kN/m	
1.1*SW	801.24	
St>Sw	Verificato	
St/Sw	1.213	

Calcolo azione assiale testa diaframma (compressione positiva)

N_inst_diaf	364.2 kN/m	Azione instabilizzante indotta falda sul piedritto
N_stab_cop	540 kN/m	Azione stabilizzante pesi propri sul piedritto
1.3*N_inst_diaf	473.5 kN/m	
0.9*N_stab_cop	485.9 kN/m	
N_testaDiaf_SLE	176 kN/m	Azione assiale risultante sul piedritto SLE
N_testaDiaf_SLU	12 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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 95 di 237

10.3.5 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 33 Sezione ST Risultati stabilità globale

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

10.3.6 Verifiche sistema di dewatering

Per i criteri di dimensionamento del sistema di emungimento della falda si rimanda all'elaborato 'Relazione sui criteri di dimensionamento opere di sostegno degli scavi e impermeabilizzazione degli scavi', IN1711EI2RHGA0100001A.

10.3.6.1 Risultati analisi di dimensionamento pozzi

La tabella seguente riporta i risultati ottenuti in termini di diametro, interasse, lunghezza pozzi e portate emunte, nell'ipotesi che i terreni interagenti con l'opera abbiano permeabilità nel range di variabilità tra 2×10^{-3} m/s e 1×10^{-4} m/s. Si è ipotizzato un campo di lavoro della lunghezza complessiva 100 m e uno scenario base con una batteria di pozzi disposta come riassunto nella tabella seguente e visualizzato negli elaborati grafici di riferimento di cui al § 2.2. La disposizione dei pozzi prevede una batteria di 10 pozzi ogni 100 m disposti a quinconce lungo i lati dello scavo (interasse pozzi 20 m).

Tabella 34: Progetto esecutivo – Riepilogo portate emunte da pozzi

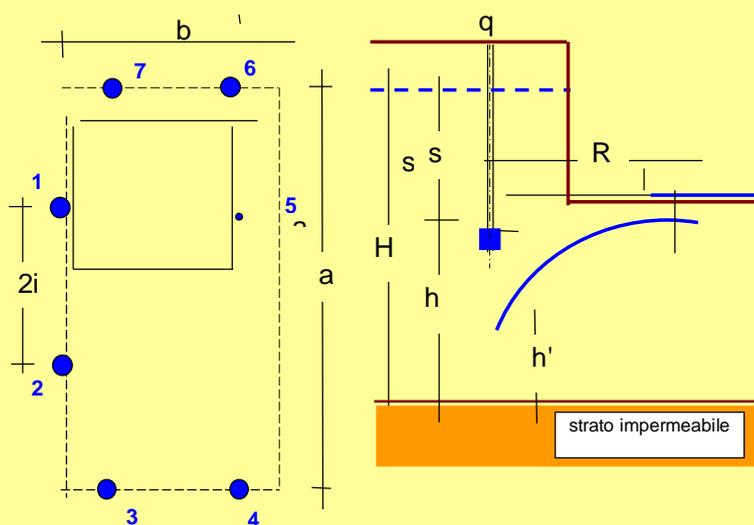
Caso	Hw – falda di breve termine	Permeabilità dell'acquifero	Larghezza batteria di pozzi	Diametro pozzi	Interasse pozzi	Lunghezza pozzi	Portata
	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(l/s/100 m)
1	4.5+0.5 di franco	2×10^{-3}	17 (pozzi esterni alle opere di sostegno)	0.8	20	22	580
2	4.5+0.5 di franco	1×10^{-4}		0.8	20	22	65
5	2+0.5 franco	2×10^{-3}		0.8	20	22	380
6	2+0.5 franco	1×10^{-4}		0.8	20	22	70

Di seguito si riporta il dettaglio dei risultati delle analisi svolte.

- Caso 1: $H_w=4.5+0.5 = 5\text{m}$, $k=2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

R. DEWATERING

R.3. POZZI MULTIPLI - SCAVO RETTANGOLARE



RISULTATI

a	lunghezza impronta area pozzi	100.0	(m)
b	larghezza impronta area pozzi	17.0	(m)
k	coefficiente di permeabilità	0.0	(m/s)
H	livello stabilizzato falda	22.0	(m)
s	abbassamento di falda richiesto	5.0	(m)
D	diametro pozzi	0.8	(m)
2i	interasse medio pozzi	19.5	(m)
R	raggio di influenza del singolo pozzo	670.8	(m)

Q_{max}	portata massima da emungere	0.581	(m ³ /s)
		580.7	(l/s)
q_{req}	portata da emungere dal singolo pozzo	0.0749	(m ³ /s)
		74.9	(l/s)
h'	livello acqua nel pozzo	15.6	(m)
q	portata emungibile dal singolo pozzo	0.1172	(m ³ /s)
		117.2	(l/s)

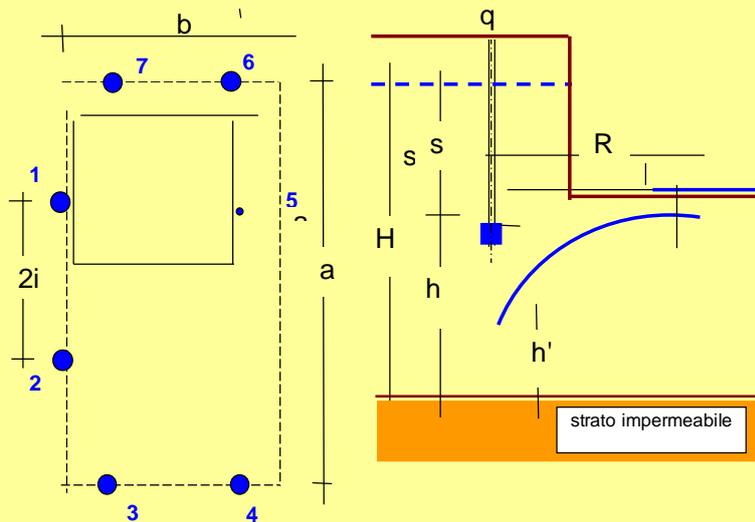
n_{req}	numero dei pozzi richiesto	7.75	(n)
------------------------	----------------------------	-------------	-----

n_{req} < n_a : verifica soddisfatta

- Caso 2: $H_w=4.5+0.5 = 5\text{m}$, $k=1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

R. DEWATERING

R.3. POZZI MULTIPLI - SCAVO RETTANGOLARE



RISULTATI

a	lunghezza impronta area pozzi	100.0	(m)
b	larghezza impronta area pozzi	17.0	(m)
k	coefficiente di permeabilità	0.0	(m/s)
H	livello stabilizzato falda	22.0	(m)
s	abbassamento di falda richiesto	5.0	(m)
D	diametro pozzi	0.8	(m)
2i	interasse medio pozzi	19.5	(m)
R	raggio di influenza del singolo pozzo	150.0	(m)

Q_{\max}	portata massima da emungere	0.063	(m^3/s)
		63.3	(l/s)
q_{req}	portata da emungere dal singolo pozzo	0.0168	(m^3/s)
		16.8	(l/s)
h'	livello acqua nel pozzo	13.9	(m)
q	portata emungibile dal singolo pozzo	0.0233	(m^3/s)
		23.3	(l/s)

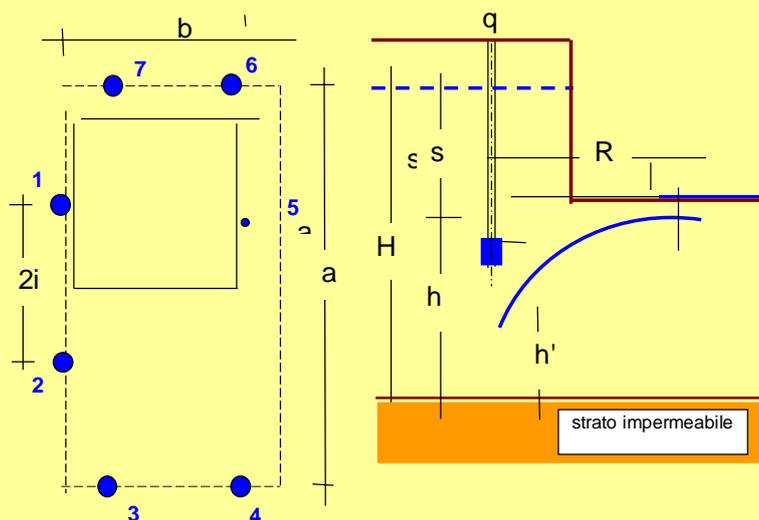
n_{req}	numero dei pozzi richiesto	3.78	(n)
------------------------------------	-----------------------------------	-------------	-----

$n_{\text{req}} < n_a$: verifica soddisfatta

- Caso 3: $H_w=2+0.5 = 5\text{m}$, $k=2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

R. DEWATERING

R.3. POZZI MULTIPLI - SCAVO RETTANGOLARE



RISULTATI

a	lunghezza impronta area pozzi	100.0	(m)
b	larghezza impronta area pozzi	17.0	(m)
k	coefficiente di permeabilità	0.0	(m/s)
H	livello stabilizzato falda	19.5	(m)
s	abbassamento di falda richiesto	2.5	(m)
D	diametro pozzi	0.8	(m)
2i	interasse medio pozzi	19.5	(m)
R	raggio di influenza del singolo pozzo	335.4	(m)

Q_{\max}	portata massima da emungere	0.356	(m ³ /s)
		355.9	(l/s)
q_{req}	portata da emungere dal singolo pozzo	0.0749	(m ³ /s)
		74.9	(l/s)
h'	livello acqua nel pozzo	16.2	(m)
q	portata emungibile dal singolo pozzo	0.1213	(m ³ /s)
		121.3	(l/s)

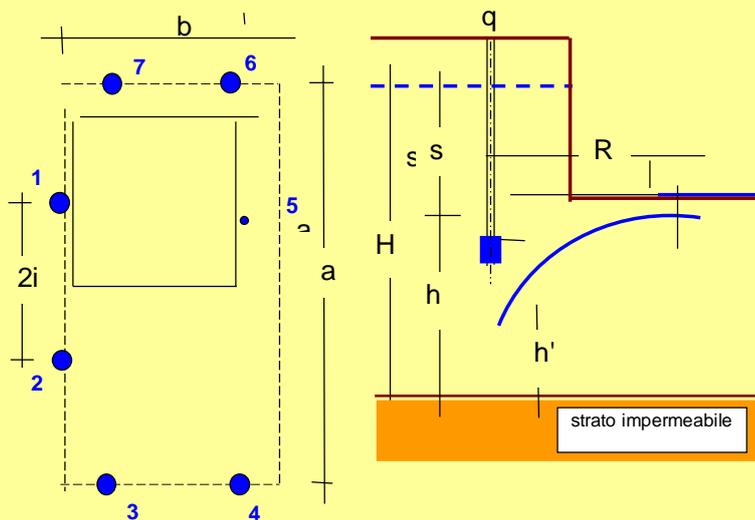
n_{req}	numero dei pozzi richiesto	4.75	(n)
------------------------------------	-----------------------------------	-------------	-----

$n_{\text{req}} < n_a$: verifica soddisfatta

- Caso 4: $H_w=2+0.5 = 5\text{m}$, $k=2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

R. DEWATERING

R.3. POZZI MULTIPLI - SCAVO RETTANGOLARE



RISULTATI

a	lunghezza impronta area pozzi	100.0	(m)
b	larghezza impronta area pozzi	17.0	(m)
k	coefficiente di permeabilità	0.0	(m/s)
H	livello stabilizzato falda	19.5	(m)
s	abbassamento di falda richiesto	2.5	(m)
D	diametro pozzi	0.8	(m)
2i	interasse medio pozzi	19.5	(m)
R	raggio di influenza del singolo pozzo	75.0	(m)

Q_{max}	portata massima da emungere	0.069	(m ³ /s)
		69.2	(l/s)
q_{req}	portata da emungere dal singolo pozzo	0.0168	(m ³ /s)
		16.8	(l/s)
h'	livello acqua nel pozzo	13.5	(m)
q	portata emungibile dal singolo pozzo	0.0227	(m ³ /s)
		22.7	(l/s)

n_{req}	numero dei pozzi richiesto	4.13	(n)
------------------------	----------------------------	-------------	-----

n_{req} < n_a : verifica soddisfatta

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 100 di 237

10.3.6.2 Stime degli effetti in superficie prodotti dal dewatering

Al fine di affinare l'analisi sugli effetti in superficie del sistema di dewatering sono state effettuate alcune analisi numeriche con il codice agli elementi finiti RS2 (Rocscience) con riferimento alla configurazione mostrata nella Figura 39 in modo da tenere in conto l'effettiva geometria dei diaframmi e la stratigrafia rilevata dalle indagini geologiche.

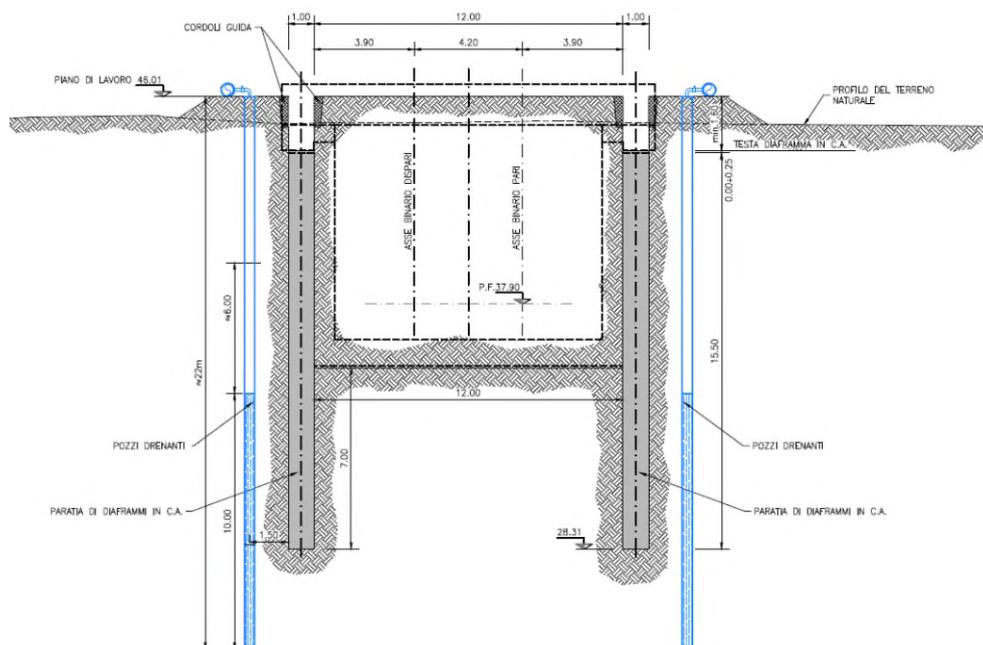


Figura 39 Geometria della sezione oggetto di analisi

10.3.6.2.1 Geometria e dati di ingresso

La stratigrafia assunta è riportata nella immagine seguente, in cui si può osservare un particolare del modello nella zona interessata dalle opere.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 101 di 237

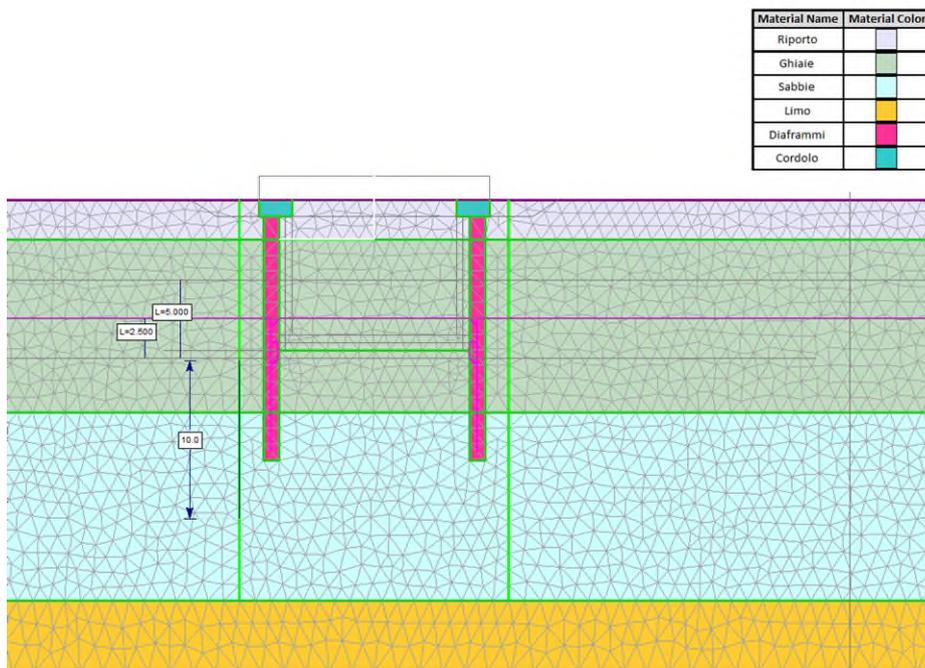


Figura 40 Modello numerico con indicazione della stratigrafia

I parametri di resistenza e di deformabilità delle unità geotecniche sono riassunti in Tabella 35 di seguito riportate.

Tabella 35 Parametri geotecnici assunti nelle analisi numeriche

Unità	Descrizione	γ	c'	ϕ'	k	E_{vc}	E_{ur}/E_{vc}	ν
		[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[m/sec]	[kPa]	[-]	[-]
1	Riporto	19	0	29	$2.0 \cdot 10^{-4}$	20	1.6	0.2
6	Ghiaie con sabbia	19	0	41	Caso A: $2.0 \cdot 10^{-3}$ Caso B: $1.0 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^5 \left(\frac{\sigma_h'}{p_a}\right)^{0.5}$	2.0	0.2
4	Sabbie	19	0	38	Caso A: $2.0 \cdot 10^{-3}$ Caso B: $1.0 \cdot 10^{-4}$	$1.8 \cdot 10^5 \left(\frac{\sigma_h'}{p_a}\right)^{0.6}$	2.0	0.2
2	Limi argillosi	19	10	27	$2.0 \cdot 10^{-6}$	20	1.6	0.2

Alle unità geotecniche presenti nel modello è stato attribuito un legame costitutivo di tipo elasto-plastico ideale con criterio di rottura di Mohr-Coulomb. In merito ai parametri di deformabilità è stato assunto un modulo di Young di scarico/ricarico E_{ur} differente da quello di primo carico E_{vc} in accordo a quanto indicato nella Tabella 35.

L'estensione minima del modello è stata definita in funzione della zona di influenza dei pozzi, ossia dell'estensione dell'area ove gli effetti prodotti dall'emungimento del pozzo sono trascurabili. Tali valori variano a seconda della permeabilità e dell'entità dell'abbattimento del livello di falda. Per stimare tale distanza è stata utilizzata la nota formulazione empirica di Sichard (1927 - Das Fassungsvermögen von Bohrbrunnen und seine Bedeutung für die Grundwassersabsenkung insbesondere für größere Absenktiefen. Diss. Technische Hochschule, Berlin):

$$R = C \cdot \Delta h \cdot \sqrt{k}$$

dove: Δh rappresenta l'abbassamento in metri in seguito al pompaggio, k è il coefficiente di permeabilità in m/sec e C una costante empirica che nel caso della trincea drenante si assume variabile fra 1500 e 2000. È bene evidenziare che le analisi numeriche essendo bidimensionali considerano le due file di pozzi come se fossero due trincee e quindi per metro di estensione dell'opera in senso longitudinale.

Nella Figura 41 è mostrata una vista di insieme del modello numerico agli elementi finiti.

Material Name	Material Color
Riporto	
Ghiaie	
Sabbie	
Limo	
Diaframmi	
Cordolo	

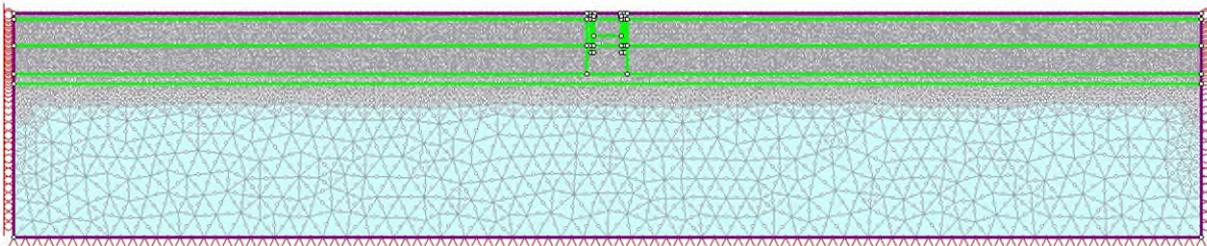


Figura 41 Vista di insieme del modello FEM

L'emungimento è stato simulato nel modello assegnando ai nodi, posti lungo la parte finestrata dei pozzi stessi (avente lunghezza 10m), la pore-pressure in modo da ottenere l'abbassamento voluto del livello di falda. Di seguito è mostrato il particolare del modello nella zona dei pozzi con la visualizzazione dei vettori di flusso.

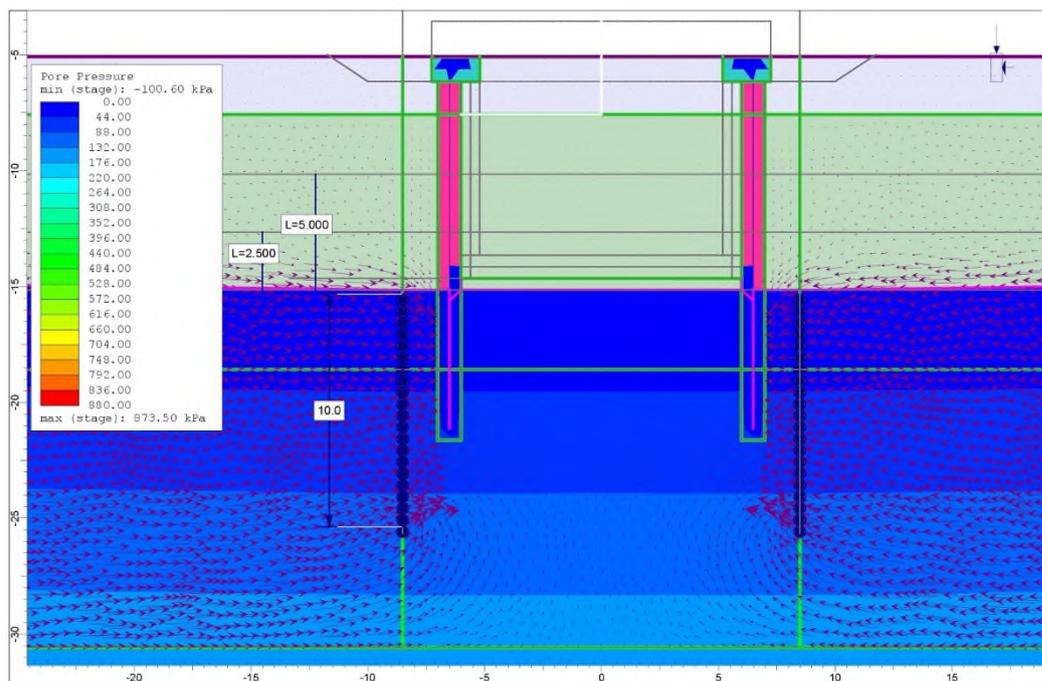


Figura 42 Particolare del modello nella zona in cui sono presenti i pozzi di emungimento con indicazione dei vettori di flusso

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 103 di 237

10.3.6.2.2 Fasi di calcolo

Nella modellazione sono stati presi in considerazione i seguenti due livelli di falda:

1. Falda al livello di costruzione: differenza di quota rispetto al fondo scavo pari a 2 m;
2. Falda a livello di breve termine: differenza di quota rispetto al fondo scavo pari a 4.5 m.

Si ricorda che il livello di falda di costruzione è stato definito come il livello medio monitorato della falda incrementato di 0.5 m. Il livello di falda di breve termine è, invece, pari al livello di costruzione incrementato di 2.5 m. I modelli considerano quindi un abbattimento della falda media:

- in fase di cantiere di circa 2.0 m;
- a breve termine, in seguito ad un evento meteorico intenso/scenario alluvionale, un abbassamento di ulteriori 2.5 m per un totale di 4.5 m.

Il valore di abbattimento della falda assunto effettivamente nei suddetti modelli risulta di 0.5 m superiore ai due precedenti valori, in modo tale da portare il livello di falda a circa 0.5 m al di sotto del fondo scavo (vedasi esempio in Figura 42).

Per i precedenti due livelli di abbattimento della falda sono state eseguite le analisi assumendo due configurazioni diverse di permeabilità dell'acquifero di:

- o Caso A: permeabilità Unità 4 e 6 pari a 2.0×10^{-3} m/s;
- o Caso B: permeabilità Unità 4 e 6 pari a 1.0×10^{-4} m/s.

Per ogni condizione esaminata sono state eseguite le seguenti fasi di calcolo:

- o Fase 1: condizione geostatica con applicazione di un precarico sul piano campagna di 30kPa atto a simulare la consolidazione dovuta alle normali oscillazioni stagionali del livello di falda che interessano l'acquifero e che possono essere stimate in un range di 3 m in casi di eventi meteorici severi, come indicato nella relazione idrogeologica di riferimento;
- o Fase 2: condizione geostatica iniziale con rimozione del precarico;
- o Fase 3: installazione dei diaframmi;
- o Fase 3: emungimento con abbassamento del livello di falda in prossimità delle opere in oggetto (- 0.5m da fondo scavo).

A titolo di esempio nella Figura 43 è mostrato il livello di falda di costruzione nella condizione indisturbata (fase di calcolo 3).

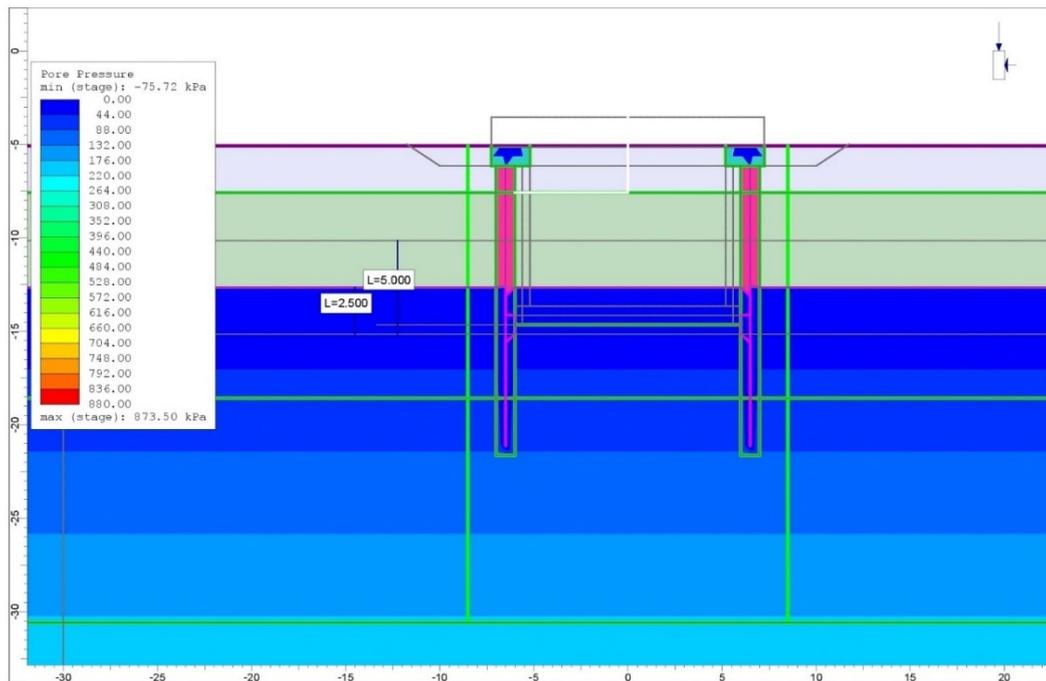


Figura 43 Analisi 1: falda al livello di costruzione nelle condizioni indisturbate

10.3.6.2.3 Descrizione dei risultati

Nel presente paragrafo si descriveranno i risultati delle analisi nella condizione di falda indisturbata al livello di costruzione (Analisi 1) e al livello di breve termine (Analisi 2). Entrambe le analisi sono state eseguite per le condizioni A ($k= 2.0 \cdot 10^{-3}$ m/s) e B ($k= 1.0 \cdot 10^{-4}$ m/s) di permeabilità equivalenti dell'acquifero descritte nel paragrafo precedente.

Il livello di falda ottenuto a seguito dell'emungimento eseguito dai pozzi posti all'esterno dei diaframmi per l'Analisi 1A e 1B è mostrato in Figura 44 e nella Figura 45. Nella Figura 46 è riportato un particolare del livello di falda nella zona interessata dalle opere al termine dell'Analisi 1B.

Si è valutata la distanza dallo scavo all'interno della quale si osservano abbassamenti di livello superiori a 1.0 m rispetto al livello medio di falda (pari al livello di costruzione ridotto di 0.5m). Il valore di soggiacenza indicato è raggiunto periodicamente dall'acquifero e quindi si ritiene non possa provocare modifiche sostanziali dell'equilibrio idrogeologico delle aree al contorno della galleria, né problematiche di cedimento in superficie. Oltre tale zona, quindi, i cedimenti legati all'emungimento e le perturbazioni dell'acquifero prodotte dall'emungimento si ritengono del tutto ininfluenti sul contesto territoriale, in quanto all'interno di un range di oscillazione usuale della falda.

La distanza alla quale si verifica un abbassamento di 1 m rispetto al livello medio di falda pari a circa 90 m da asse scavo per l'Analisi 1A (Figura 44) e pari a circa 25 m per l'Analisi 1B (Figura 45), quest'ultima in presenza di un acquifero meno permeabile. La fascia di potenziale e ridotta perturbazione del livello di falda – nella quale potrebbero registrarsi abbassamenti superiori ad 1 m rispetto alla quota media di soggiacenza- è quindi in tutti i casi molto ridotta e non desta particolari preoccupazioni, vista l'assenza di interferenze sensibili all'interno dei suddetti 90 m.

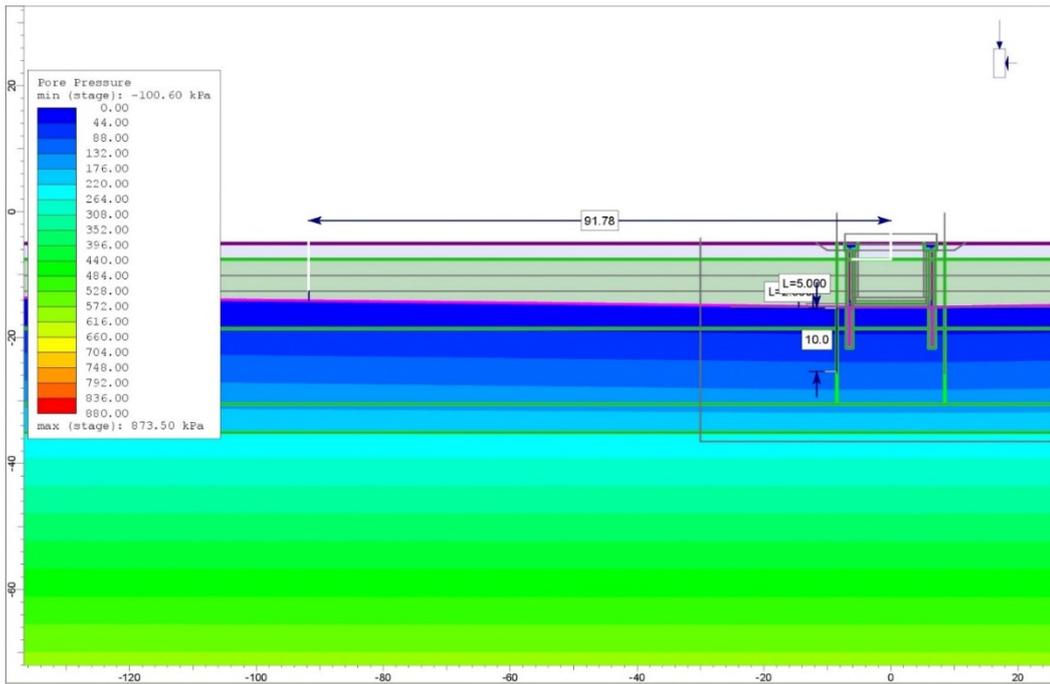


Figura 44 Analisi 1A: Livello di falda raggiunto in seguito all'emungimento dai pozzi

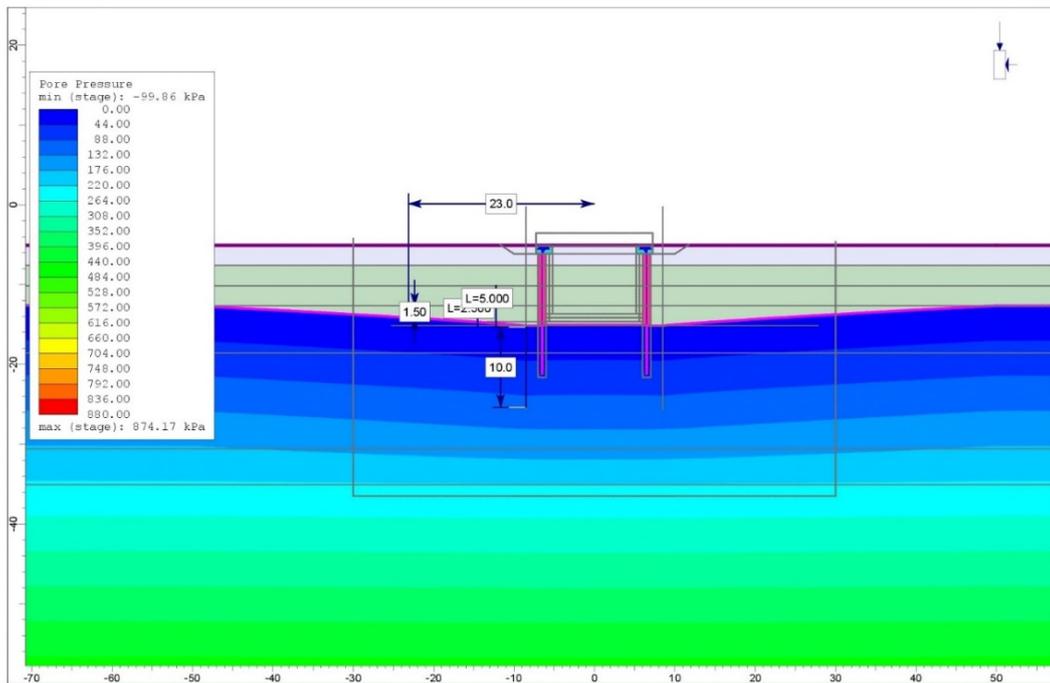


Figura 45 Analisi 1B: Livello di falda raggiunto in seguito all'emungimento dai pozzi

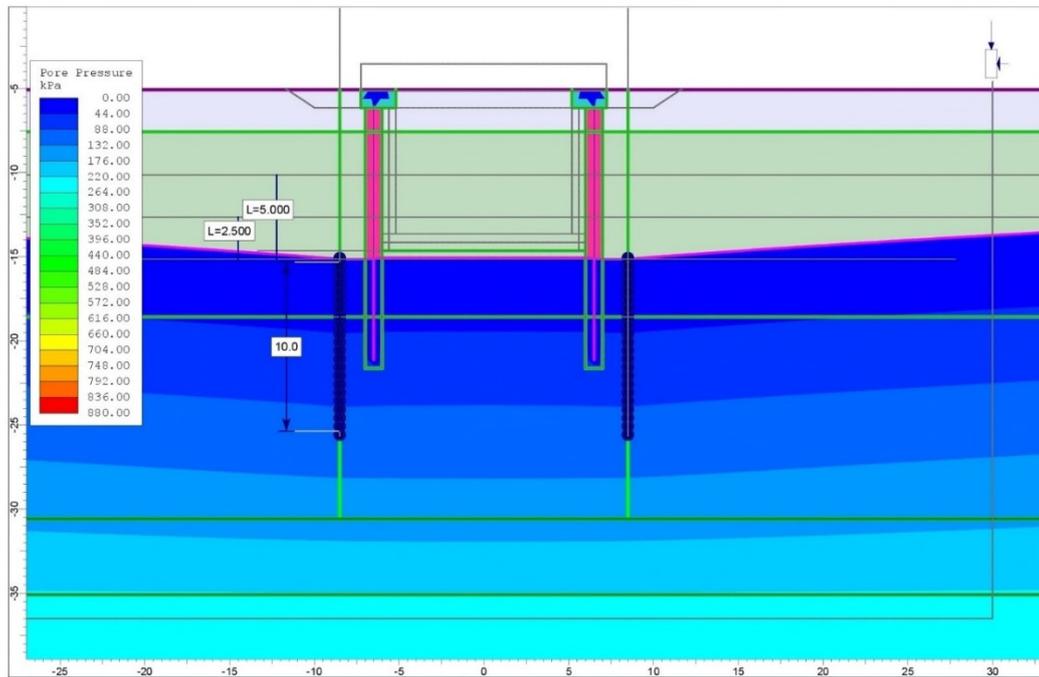


Figura 46 Analisi 1B: Particolare del livello di falda raggiunto in prossimità delle opere

Nelle precedenti figure si può osservare come la zona di influenza aumenti con l'aumentare della permeabilità dell'acquifero. In Figura 47 e Figura 48 sono mostrati gli spostamenti totali dovuti all'emungimento e calcolati in prossimità della zona interessata dalle opere risultanti dalle Analisi 1A e 1B.

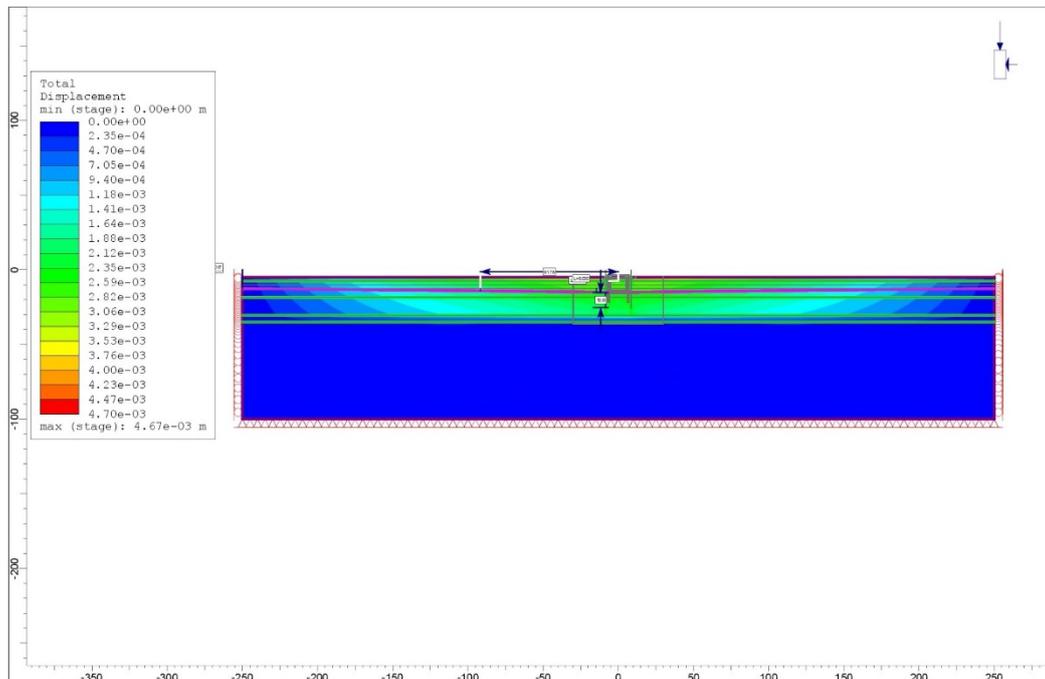


Figura 47 Analisi 1A: spostamenti totali.

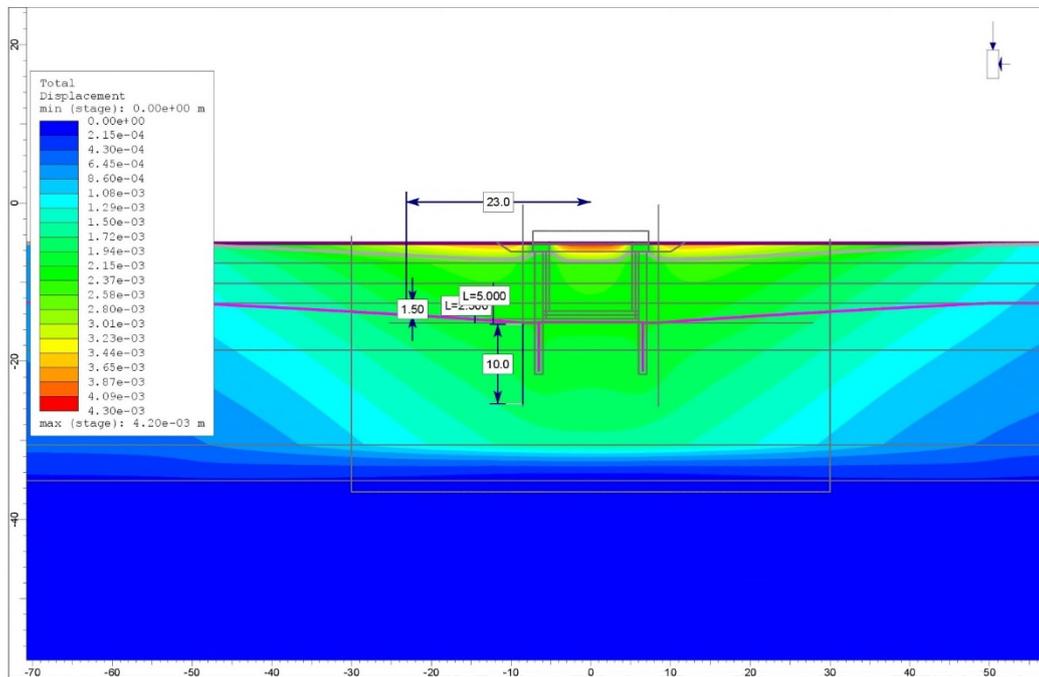


Figura 48 Analisi 1B: spostamenti totali.

Il cedimento massimo del piano campagna risulta pari a circa 5mm a 7.80m dai diaframmi per l'Analisi 1A e pari a 4 mm a 3.80m dai diaframmi per l'Analisi 1B. Tali valori di cedimento risultano certamente tollerabili per le opere esistenti poste nelle immediate vicinanze.

Sono state poi eseguite le analisi con falda indisturbata al livello di breve termine corrispondente ad una risalita repentina della stessa per effetto di eventi meteorici intensi. Come indicato in precedenza, l'area di influenza aumenta all'aumentare della permeabilità dell'acquifero e dell'entità dell'abbattimento del livello di falda. Nella Figura 49 è mostrato il livello di falda nella zona di interesse ottenuto al termine dell'emungimento nell'Analisi 2A mentre nella Figura 50 è mostrato quello relativo all'Analisi 2B.

Il cedimento massimo del piano campagna a seguito dell'emungimento valutato per l'Analisi 2A risulta pari a 12mm (ad una distanza di circa 7.80 m dai diaframmi) mentre quello relativo all'Analisi 2B è pari a 10mm (ad una distanza di 4.90m dai diaframmi), valori ancora certamente accettabili, tenuto conto che i valori sono riferiti all'evento eccezionale di risalita della falda, in concomitanza con il massimo emungimento richiesto per scavo a quota intradosso solettone di fondo. Tali valori, comunque, sono potenzialmente sperimentati in passato dal terreno, per analoghi livelli di escursione di falda.

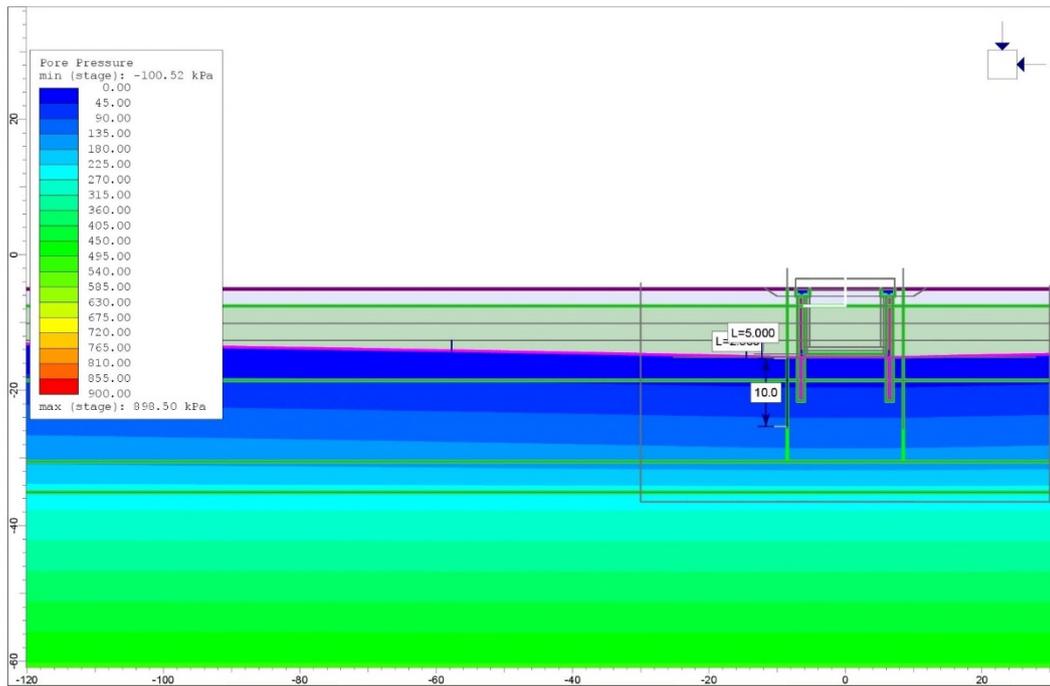


Figura 49 Analisi 2A: Livello di falda raggiunto in seguito all'emungimento dai pozzi.

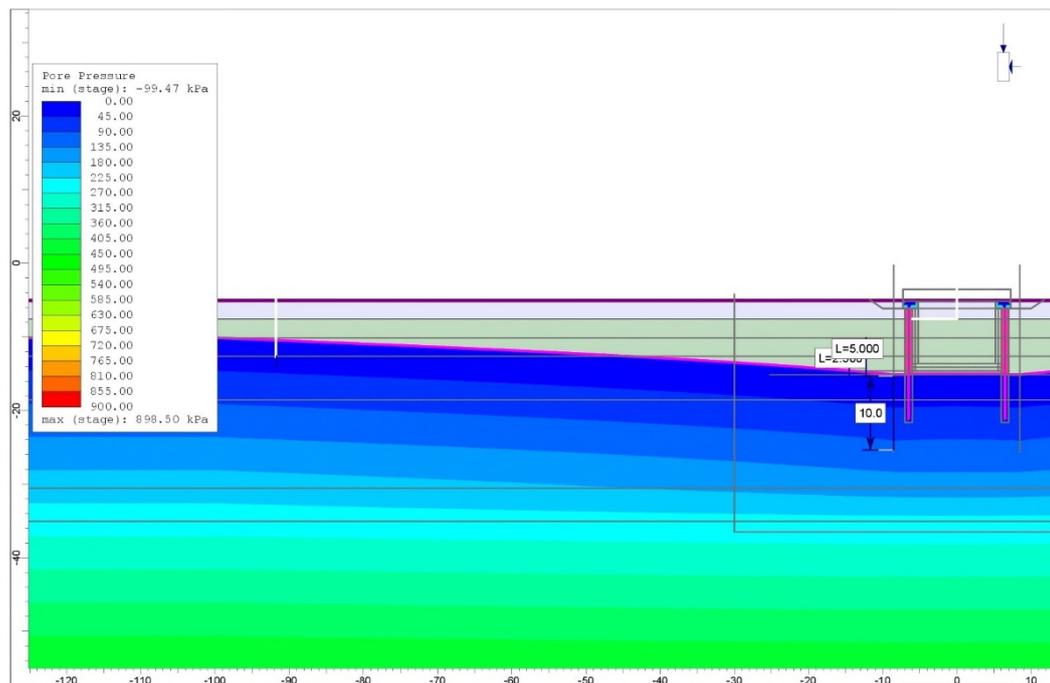


Figura 50 Analisi 2B: Livello di falda raggiunto in seguito all'emungimento dai pozzi.

10.3.6.2.4 Considerazioni conclusive

Dalla analisi dei risultati ottenuti si possono trarre le seguenti indicazioni progettuali:

- Il modesto battente idraulico da aggotare riduce il raggio di influenza significativo del dewatering che appare limitato; l'abbassamento della falda previsto oltre i 90 m di distanza dai diaframmi dai diaframmi nel caso di permeabilità più elevata (valore certamente prudenziale) si attesta nell'ordine

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 109 di 237

di circa 1 m rispetto al valore medio di soggiacenza assunto in fase di cantiere, variazione del tutto confrontabili con le normali oscillazioni stagionali della stessa.

- le portate emunte per 100 m di sviluppo sono considerevoli per le permeabilità più elevate, ma gestibili, tenuto presente che:
 - i valori calcolati sono valori di picco riferiti ad un aumento repentino della quota di falda al di sopra del livello medio assunto per la fase di cantiere;
 - i valori di permeabilità assunti per le analisi sono certamente cautelativi;
 - è possibile parzializzare i campi di scavo con la riduzione delle portate emunte, qualora esse fossero superiori alla capacità di emungimento e recapito.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 110 di 237

11 VERIFICHE STRUTTURALI DEI DIAFRAMMI

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 36 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 punto di minimo della corda molle imposta dalla livelletta ferroviaria.

Tabella 36 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	
	Sez. TS2	2jet(sup.) +4.0(nt*) +2.5 jet (inf.)	8<H _w <9.0	17.3	Tipo 1
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. TP-Att. 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
	Sez. ST	Assenza di tampone / Dewatering	H _w <2.0	15.8	Tipo 4

Limitatamente alla WBS oggetto della presente relazione, la Tabella 36 evidenzia che la GA01-E è interessata da interventi di consolidamento jet-grouting 'sandwich' con doppio strato di geometria seguente:

- Schema di calcolo 'TP- Att. A4':
 - o Spessore terreno trattato continuo: 8.5m
 - o Lunghezza paratie: 20.80m
- Schema di calcolo 'TS-4':
 - o Spessore terreno trattato superiore: 1.5m
 - o Spessore terreno non trattato intermedio: 3.0m
 - o Spessore terreno trattato inferiore: 2.5m
 - o Lunghezza paratie: 15.80m
- Schema di calcolo 'TA':
 - o Spessore terreno non trattato superiore: 3.5m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 111 di 237

- Spessore terreno trattato inferiore: 2.5m
- Lunghezza paratie: 14.80m
- Schema di calcolo 'ST':
 - Assenza di tampone di fondo jet grouting
 - Lunghezza paratie: 15.80m

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'involuppo delle forze interne ottenute dagli schemi di calcolo sviluppati per ciascun gruppo omogeneo.

Ne risulta che la GA01-E è interessata dalle seguenti armature dei diaframmi:

- Schema di calcolo 'TP- Att. A4':
 - Armature 'Tipo 5'
- Schema di calcolo 'TS-4':
 - Armature 'Tipo 2'
- Schema di calcolo 'TA':
 - Armature 'Tipo 3'
- Schema di calcolo 'ST':
 - Armature 'Tipo 4'

Tali armature sono state ottenute dall'involuppo dei risultati dei corrispondenti schemi di calcolo indicati in tabella precedente. Si precisa che lo schema di calcolo 'TS-4' e 'TA' sono rappresentativi non solo di una porzione della GA01-E, ma anche di una porzione della GA01-A. Quest'ultimo caso è trattato per esteso nella relazione di calcolo 'IN1711EI2CLGA01A4001A'.

Per maggiori dettagli in merito ai criteri di verifica adottati in combinazione SLE-RARA e SLU si rimanda alla relazione IN1711EI2GA010A 'Criteri di dimensionamento opere di sostegno degli scavi e tampone di fondo.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 112 di 237

11.1 Tipologia armatura 'Tipo 2' (Schema TS-3 e TS-4)

Nella tabella seguente si riassumono le massime sollecitazioni flettenti ottenute dall'involuppo dei risultati degli schemi di calcolo 'TS-3' e 'TS-4' utilizzate per il dimensionamento dell'armatura 'Tipo 2'.

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 ¼ dello spessore dall'asse della soletta.

Tabella 37 Sollecitazioni flettenti dimensionanti

INVILUPPO TS-4 / TS-3	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)
Asse copertura	905	0	978	0	1251	0	1457	0
Intradosso copertura	653	141	701	168	909	183	1019	423
Testa diaframma*	366	315	384	368	523	409	582	893
Gabbia 1	366	684	384	734	523	889	582	1409
Sovrapposizione	53	581	287	589	68	756	1673	766
Gabbia 2	586	239	586	239	762	317	2107	317

11.1.1 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.

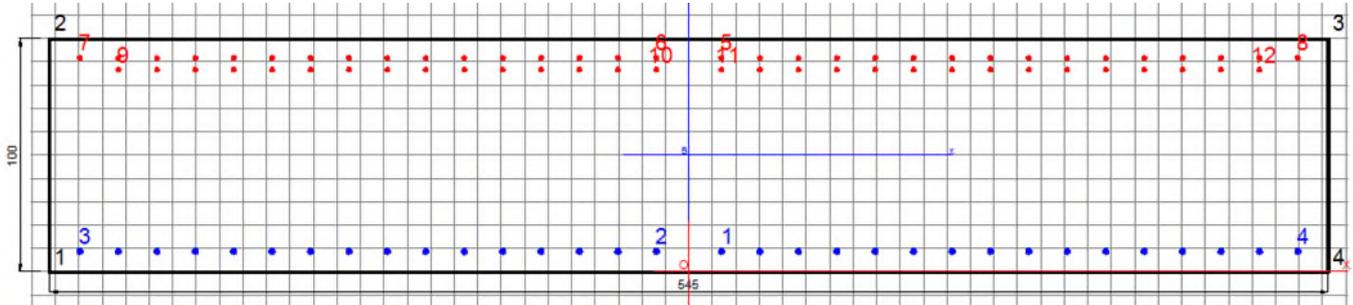
Le verifiche sono effettuate in accordo con il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi secondo i criteri riportati nelle NTC 08 per le strutture in calcestruzzo armato.

11.1.1.1 Pannello P1 (base pannello 5.45m)

Tabella 38 Pannello P1 Sollecitazioni di progetto allo SLE e SLU

P1	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)	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	1997	1717	2094	2007	2852	2231	3170	4866
Gabbia 1	1997	3726	2094	4003	2852	4845	3170	7679
Sovrapposizione	287	3167	1563	3209	371	4119	9117	4173
Gabbia 2	3194	1303	3194	1303	4151	1729	11484	1729

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



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Coprifero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	-3170.00	0.00	-6417.14	2.02	364.7(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 della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
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 es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
Xs min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)
Xs max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max Ascissa 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	0.00042	-259.5	8.7	-0.02890	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	-2100.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
114 di 237

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

N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.20	-272.5	0.0	-137.7	243.1	91.6	13553	194.8

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	-0.00077	0.00000	0.500	20.0	74	0.00041 (0.00041)	488	0.200 (990.00)	-2786.97	0.00

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 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi 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]

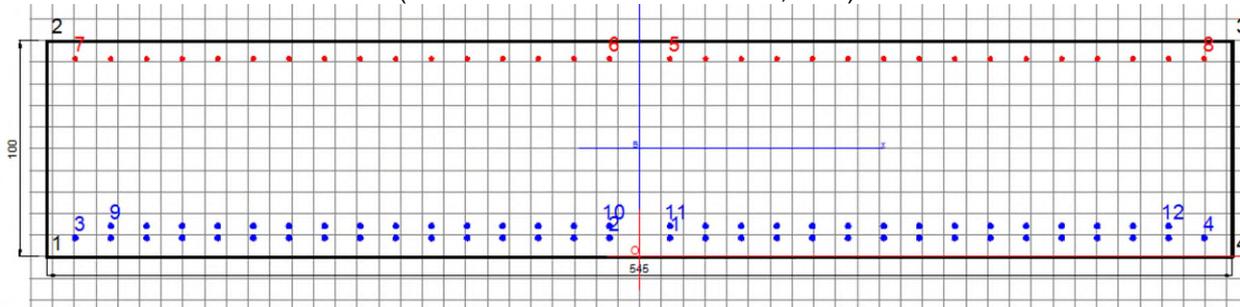
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

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]

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



Legenda barre ● 62 Ø 26 ● 32 Ø 20 As tot = 429.7 (0.8 %)	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
--	--	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Coprifero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	7680.00	0.00	10518.56	1.37	429.7(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	100.0	0.00160	13.9	91.6	-0.01716	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	4010.00	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NT/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

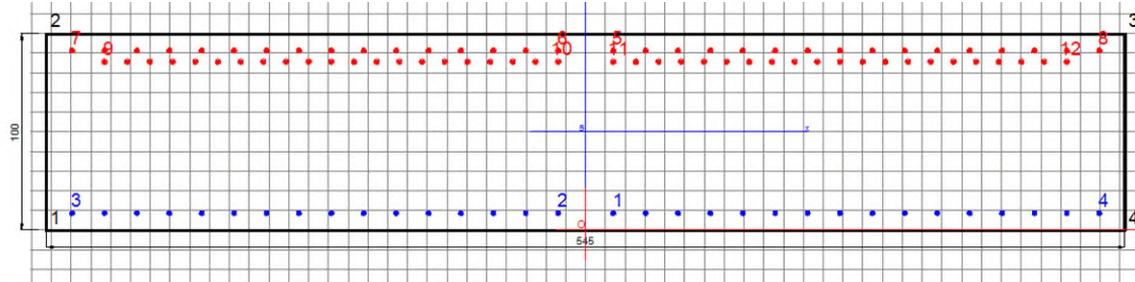
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.41	-272.5	100.0	-161.9	243.1	8.7	12663	329.2

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} 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 [cfr. 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 ammessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi 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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00093	0.00000	0.500	26.0	74	0.00049 (0.00049)	422	0.200 (990.00)	2947.31	0.00

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



Legenda barre	Dati sezione solo conglom.	Visualizza
<ul style="list-style-type: none"> ● 32 Ø 24 ● 74 Ø 26 <p>As tot = 537,7 (1.0 %)</p>	<p>ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE:</p> <p>Area = 54500 cm² Y baric. = 50.000 cm SX = 2725000 cm³ JX = 181666667 cm⁴</p> <p>ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:</p>	<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

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	-11490.00	0.00	-12396.70	1.08	537.7(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 (sistem a 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	0.00170	-259.5	8.6	-0.01560	259.5	91.3

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 118 di 237

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	-3200.00	0.00

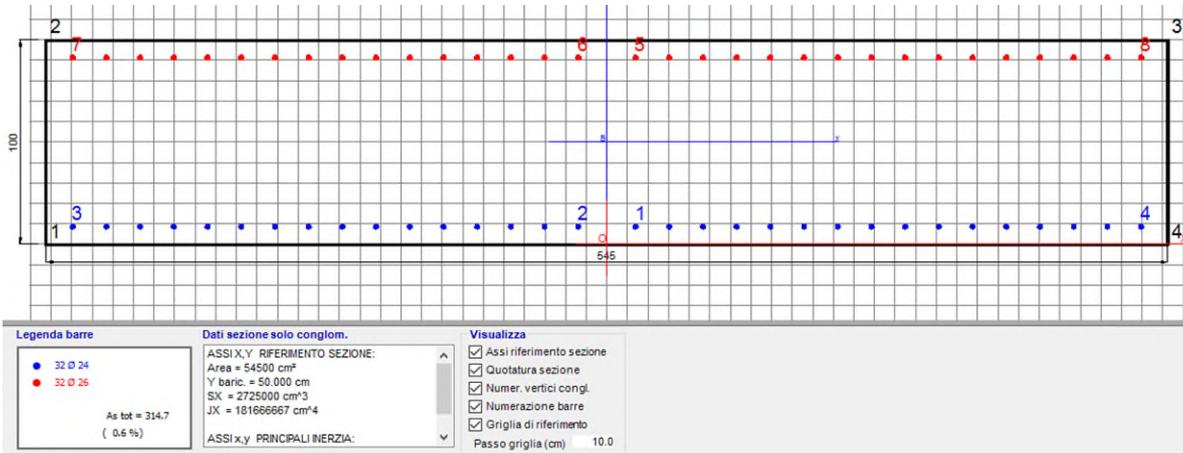
COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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 [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	3.98	-272.5	0.0	-110.5	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 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 = 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 ammessi nazionali											
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali											
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]											
Cf	Copri ferro [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	-0.00063	0.00000	0.500	26.0	74	0.00033 (0.00033) 390 0.129 (990.00)		-3074.29	0.00		

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



Legenda barre

- 32 Ø 24
- 32 Ø 25

As tot = 314.7 (0.6 %)

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

- Assi riferimento sezione
- Quotatura sezione
- Numer. vertici congl.
- Numerazione barre
- Griglia di riferimento
- Passo griglia (cm) 10.0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copifero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 13.8 cm

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	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	1780.00	0.00	4961.64	2.79	314.7(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	100.0	0.00005	13.9	91.3	-0.03276	13.9	8.6

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 120 di 237

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	1320.00	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	2.17	-272.5	100.0	-108.5	243.1	8.6	11880	144.8

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

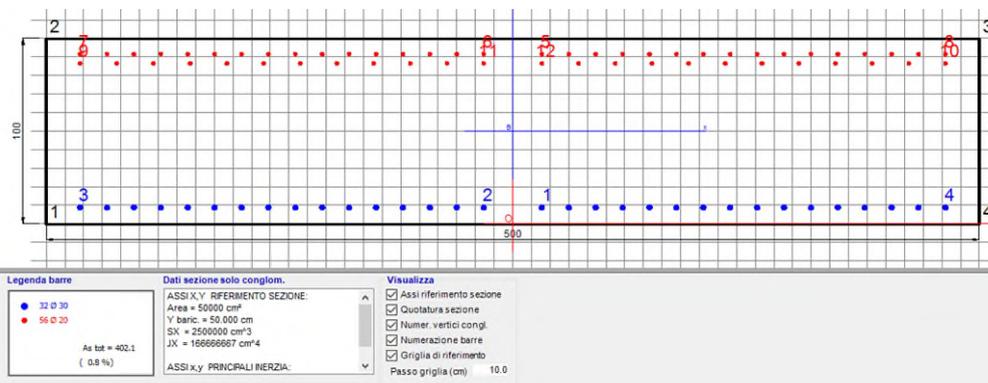
La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Ver. Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel 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 ammessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi 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
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	Mx fess	My fess
1	S	-0.00061	0.00000	0.500	24.0	74	0.00033 (0.00033)	586	0.191 (990.00)	2724.12	0.00

11.1.1.2 Pannello S1 (base pannello 5.0m)

Pannello secondario S1	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)	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*	1832	1575	1921	1842	2617	2047	2908	4464
Gabbia 1	1832	3419	1921	3672	2617	4445	2908	7045
Sovrapposizione	263	2906	1434	2944	341	3779	8364	3829
Gabbia 2	2931	1195	2931	1195	3808	1586	10536	1586

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



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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 + Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
As Totale Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
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	-2920.00	0.00	-5815.97	1.99	402.1(150.0)

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	-250.0	0.0	0.00029	-231.9	8.9	-0.02952	231.9	91.6

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 122 di 237

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	-1950.00	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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

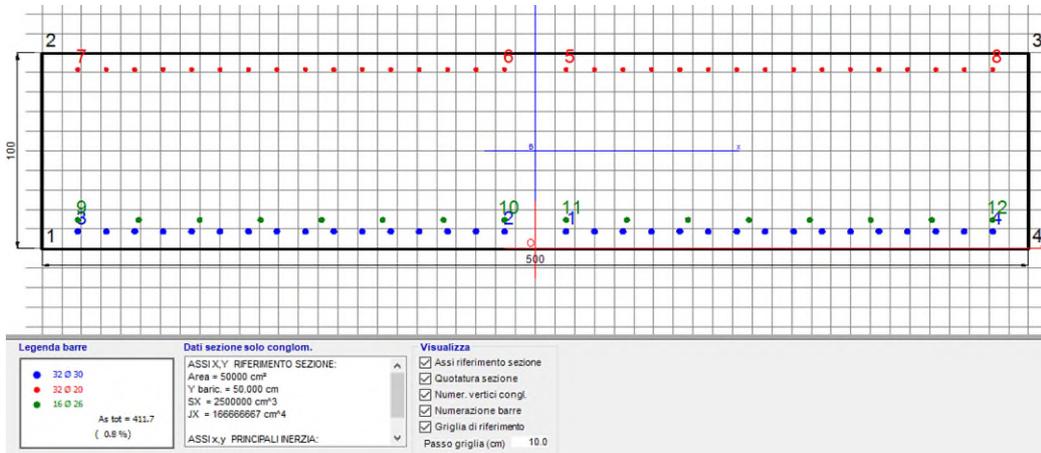
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.08	-250.0	0.0	-140.2	217.5	91.6	12387	175.9

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 permanent / = 0.6 per comb. frequent [cf. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per fessure; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi 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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [§7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max[e_{sm} - e_{cm}]$ [§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 cmsr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00079	0.00000	0.500	20.0	74	0.00042 (0.00042)	491	0.200 (990.00)	-2503.99	0.00

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



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	7050.00	0.00	10047.02	1.43	411.7(150.0)

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	-250.0	100.0	0.00161	15.6	91.6	-0.01697	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	3680.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
124 di 237

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NT/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

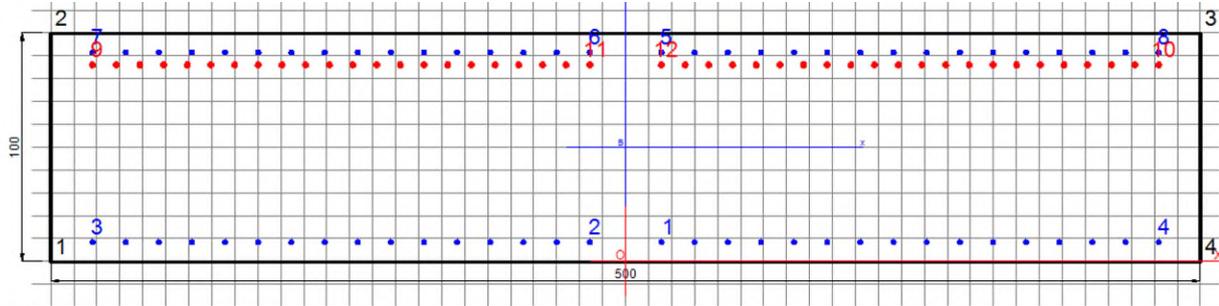
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.24	-250.0	100.0	-152.7	217.5	8.9	11612	311.1

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 fessure; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq. (7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq. (7.11) come da ammessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq. (7.11) come da ammessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff. [eq. (7.11)EC2]
Cf	Copri ferro [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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max\{e_{sm} - e_{cm}\}$ [(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	-0.00088	0.00000	0.500	28.8	74	0.00046 (0.00046)	434	0.199 (990.00)	2747.22	0.00

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



Legenda barre <ul style="list-style-type: none"> 64 Ø 22 44 Ø 26 <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
---	--	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	-10540.00	0.00	-11186.93	1.06	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 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	0.00174	-231.9	8.5	-0.01548	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	-2950.00	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 [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

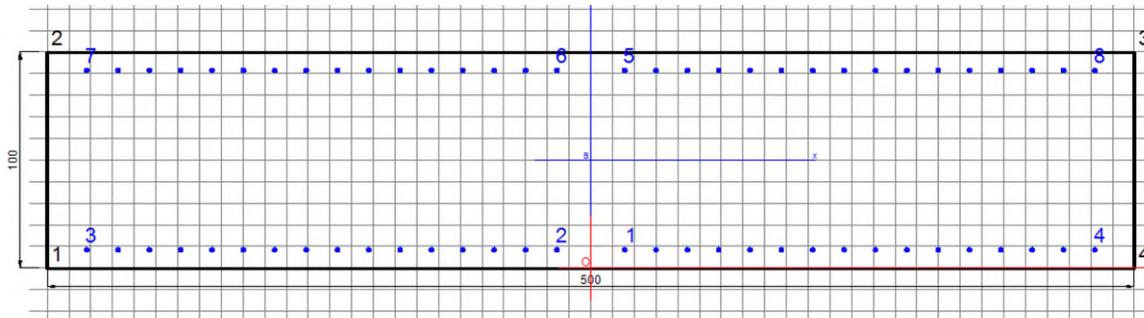
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.07	-250.0	0.0	-113.6	217.5	91.5	11193	355.3

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}
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 [cfr. 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 ammessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi 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
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	-0.00065	0.00000	0.500	24.5	74	0.00034 (0.00034)	383	0.130 (990.00)	-2798.48	0.00

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



Legenda barre	Dati sezione solo conglom.	Visualizza
<ul style="list-style-type: none"> 64 Ø 22 <p>As tot = 243.3 (0.5 %)</p>	<p>ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE:</p> <p>Area = 50000 cm² Y baric. = 50.000 cm SX = 2500000 cm³ JX = 166666667 cm⁴</p> <p>ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:</p>	<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

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Coprifero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 12.2 cm

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	1600.00	0.00	4191.77	2.62	243.3(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 corisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corisp. 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 corisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corisp. 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 corisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corisp. a es max (sistem a 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	-0.00003	15.6	91.5	-0.03451	15.6	8.5

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	1200.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
128 di 237

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	2.28	-250.0	100.0	-117.0	217.5	8.5	10313	121.6

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 ammessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [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 = $0.5 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(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]

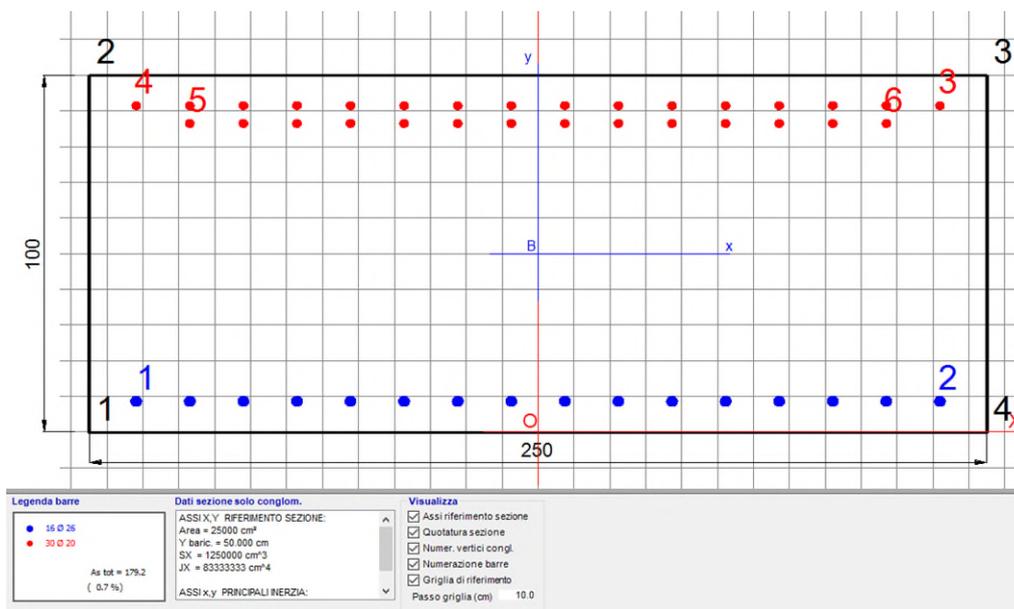
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00066	0.00000	0.500	22.0	74	0.00035 (0.00035)	569	0.200 (990.00)	2455.12	0.00

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

P2-S2

	I				2.50 m			
	SLS-rara		Inv.LT (Fod+Diafr.)		SLU		Inv.LT (Fod+Diafr.)	
	Inv.BT (Diafr.)	Inv.LT (Fod+Diafr.)	Inv.LT (Fod+Diafr.)	Inv.LT (Fod+Diafr.)	Inv.BT (Diafr.)	Inv.LT (Fod+Diafr.)	Inv.LT (Fod+Diafr.)	Inv.LT (Fod+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)	Terra (kN*m/m)	Scavo (kN*m/m)	Terra (kN*m/m)	Scavo (kN*m/m)
Testa diaframma*	916	788	961	921	1308	1023	1454	2232
Gabbia 1	916	1709	961	1836	1308	2223	1454	3523
Sovrapposizione	132	1453	717	1472	170	1890	4182	1914
Gabbia 2	1465	598	1465	598	1904	793	5268	793

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



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copritifero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	-1460.00	0.00	-3101.32	2.12	179.2(75.0)

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
 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	0.00047	-111.9	8.7	-0.02636	111.9	91.6

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
130 di 237

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	-1000.00	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 apertura delle fessure

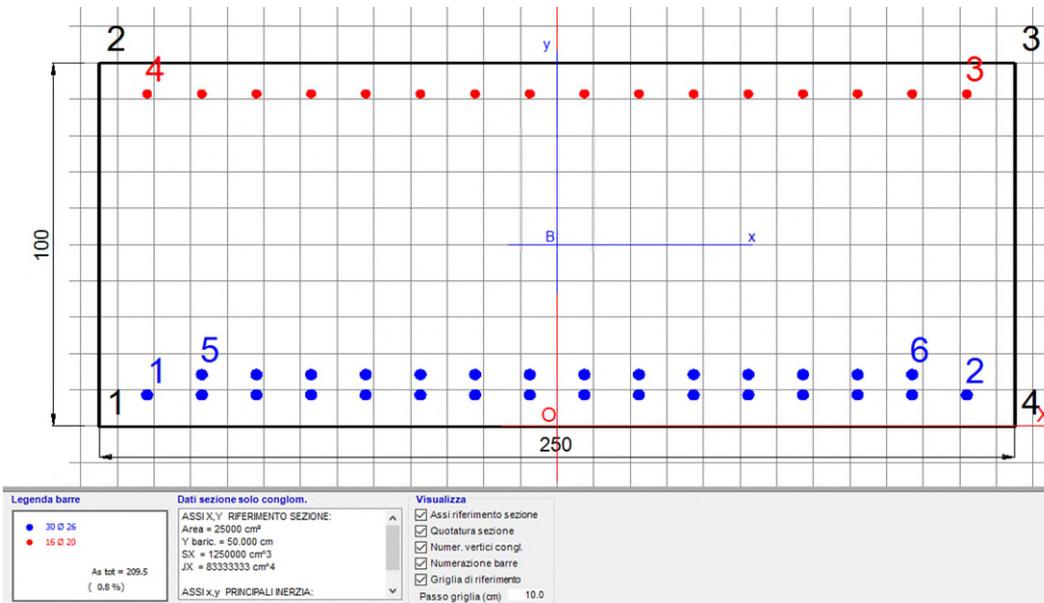
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.22	-125.0	0.0	-135.4	-97.0	91.6	6157	94.2

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
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 fessure; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [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 = 0.5 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(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	Mx fess	My fess
1	S	-0.00076	0.00000	0.500	20.0	74	0.00041 (0.00041)	474	0.192 (990.00)	-1292.68	0.00

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



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	3530.00	0.00	5084.74	1.44	209.5(75.0)

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
 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 (sistem a 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	0.00166	111.9	91.6	-0.01654	-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	1850.00	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 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

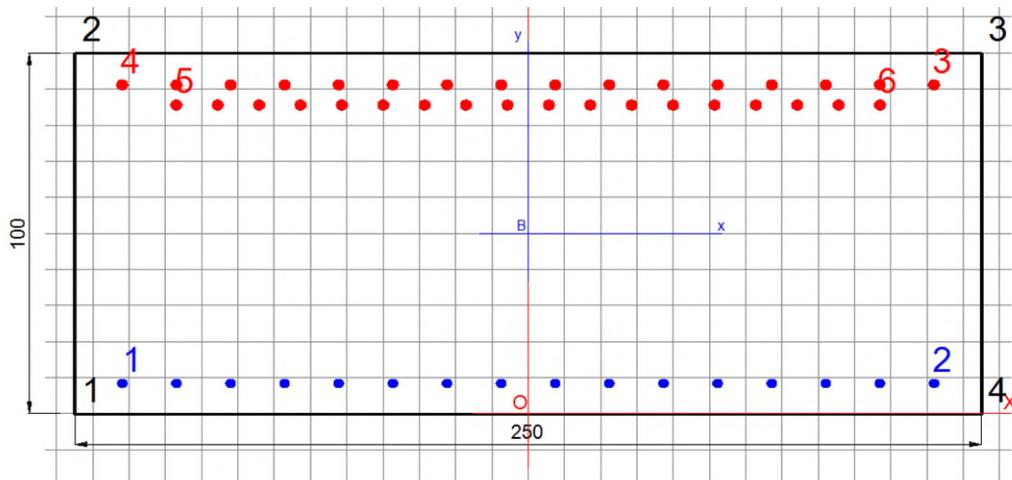
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.30	-125.0	100.0	-154.3	97.0	8.7	5807	159.3

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

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 fessure; = (e1 + e2)/(2 * e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferito [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]
 Mx fess. Apertura fessure in mm calcolata = sr max * [e_sm - e_cm] [§ 7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 My 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	-0.00088	0.00000	0.500	26.0	74	0.00046 (0.00046)	413	0.191 (990.00)	1370.18	0.00

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



<p>Legenda barre</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 16 Ø 22 ● 34 Ø 25 <p>As tot = 241.3 (1.0 %)</p>	<p>Dati sezione solo conglom.</p> <p>ASSI X, Y RIFERIMENTO SEZIONE:</p> <p>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"/> 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>
---	---	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali:	7.4 cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	3.0 cm

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 [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	-5270.00	0.00	-5706.37	1.08	241.3(75.0)

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 corrip. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrip. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrip. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrip. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max	Ascissa in cm della barra corrip. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)
	Ordinata in cm della barra corrip. 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	0.00177	-111.9	8.5	-0.01513	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	-1470.00	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NT/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 corrip. 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 corrip. 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

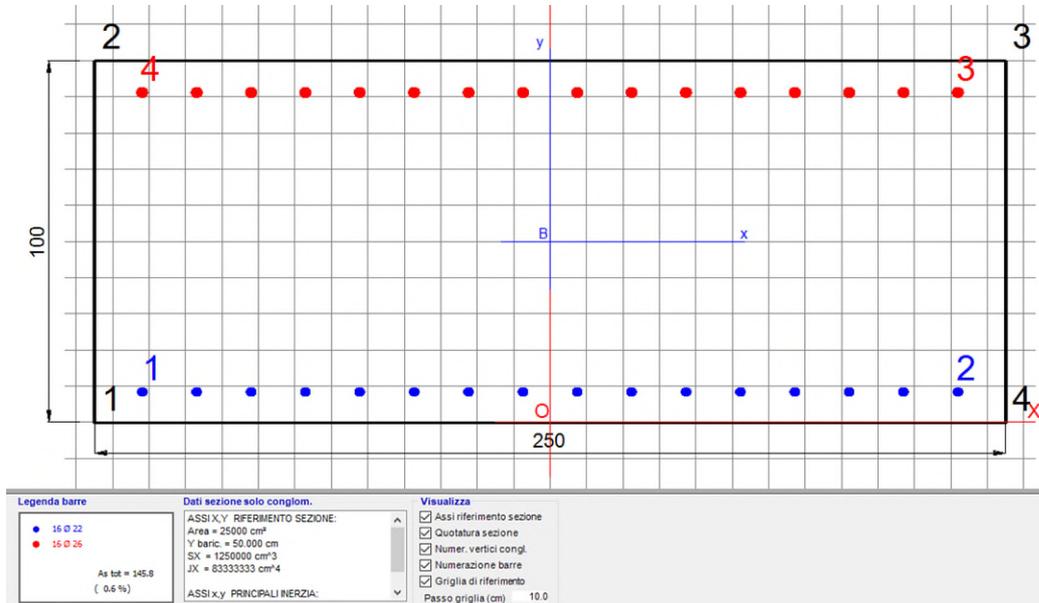
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.00	-125.0	0.0	-109.9	-97.0	91.3	5633	180.5

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
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; = $(e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi 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 (CA.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = 0.5 Smax / Es [§7.9)EC2 e (CA.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (CA.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		
9	1	S	-0.00063	0.00000	0.500	26.0	74	0.00033 (0.00033)	390	0.128 (990.00)	-1409.09	0.00

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



 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 135 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 12.3 cm

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	800.00	0.00	2096.65	2.62	145.8(75.0)

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
 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	-0.00005	111.9	91.3	-0.03381	-111.9	8.5

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	600.00	0.00

 Consorzio IricAV Due	 ALTA SORVEGLIANZA
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 136 di 237

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NT/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	2.20	-125.0	100.0	-117.0	97.0	8.5	5266	60.8

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
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 fessure; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [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 = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	Mx fess	My fess
1	S	-0.00065	0.00000	0.500	22.0	74	0.00035 (0.00035)	575	0.200 (990.00)	1244.47	0.00

11.1.2 Verifiche sollecitazioni taglianti

Nella tabella seguente si riassume le massime sollecitazioni taglianti ottenute dall'involuppo dei risultati degli schemi di calcolo 'TS-3' e 'TS-4' utilizzati per il dimensionamento dell'armatura 'Tipo 2'.

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.

 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 137 di 237

Tabella 39 Sollecitazioni taglianti dimensionanti

SOLLECITAZIONI	INVILUPPO TS-3_TS-4				INVILUPPO A1+M1+R1				INVILUPPO SISMA STR			
	Inv. BT (Diafr.)		Inv. LT (Diafr.)		Inv. BT (Diafr.)		Inv. LT (Diafr.)		Valore lato Terra (kN/m)		Valore lato Scavo (kN/m)	
Asse copertura	30	439	30	485	23	325	90	805				
Intradosso copertura	16	415	16	464	12	306	12	731				
Testa diaframma	11	366	11	418	8	273	8	596				
Gabbia 1	314	366	314	418	170	273	648	596				
Sovrapposizione	606	2	606	2	370	1	1168	1				
Estradosso solaio Fondo	656	12	656	12	404	5	1361	5				
Asse Solaio fondo	476	2	605	189	365	2	1319	801				
Sezione 1/4 da estradosso	437	2	558	95	336	2	1243	401				
Intradosso solaio fondo	584	141	605	189	512	1	1305	799				
Gabbia 2	732	336	732	336	512	303	1479	920				

11.1.2.1 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 40 Inviluppo sollecitazioni taglianti dimensionanti

INVILUPPO TS-3_TS-4	INVILUPPO A1+M1+R1 / SISMA STR	
Sollecitazioni taglianti	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)
Testa diaframma	11	596
Sezione 1/4 da estradosso	1243	401

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. 8 braccia $\phi 14$, passo 25cm
2. Armatura trasversale composta da nr. 8 braccia $\phi 14$, passo 15cm
3. Armatura trasversale composta da nr. 8 braccia $\phi 14$, passo 10cm

Caso 1: 8 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

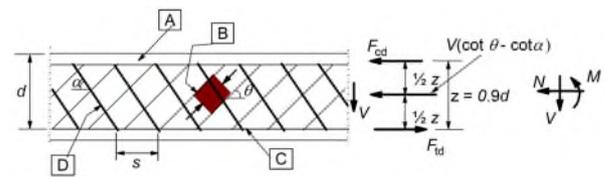
calcestruzzo

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

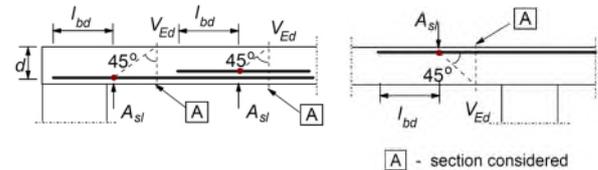
acciaio

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: 8 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

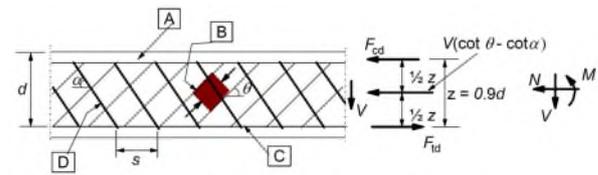
calcestruzzo

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

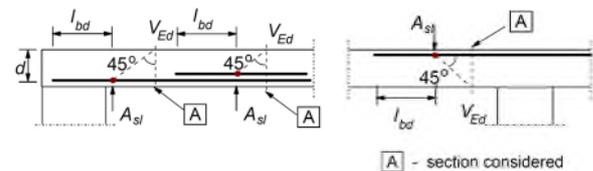
acciaio

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: 8 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

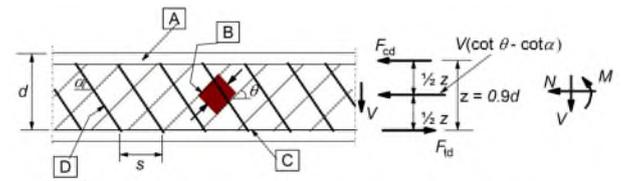
calcestruzzo

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

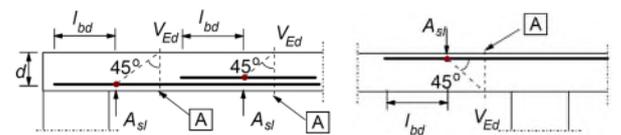
acciaio

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: 8 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

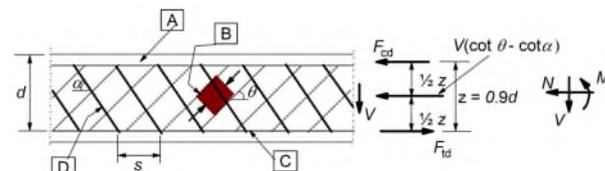
calcestruzzo

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

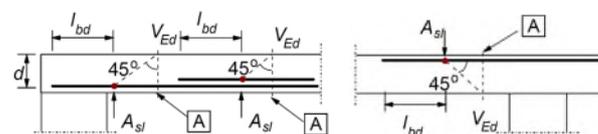
acciaio

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

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

- 8 braccia $\phi 14$ passo 25cm: $V_{rds}/L = 2662/5.45 = 488.6$ kN/m
- 8 braccia $\phi 14$ passo 15cm: $V_{rds}/L = 4437/5.45 = 814.3$ kN/m
- 8 braccia $\phi 14$ passo 10: $V_{rds}/L = 6656/5.45 = 1221.4$ kN/m
- 8 braccia $\phi 14$ passo 10 ($\theta=25^\circ$): $V_{rds}/L = 8241/5.45 = 1512.2$ kN/m

I diagrammi del taglio resistente a metro lineare così calcolato sono stati confrontati 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.

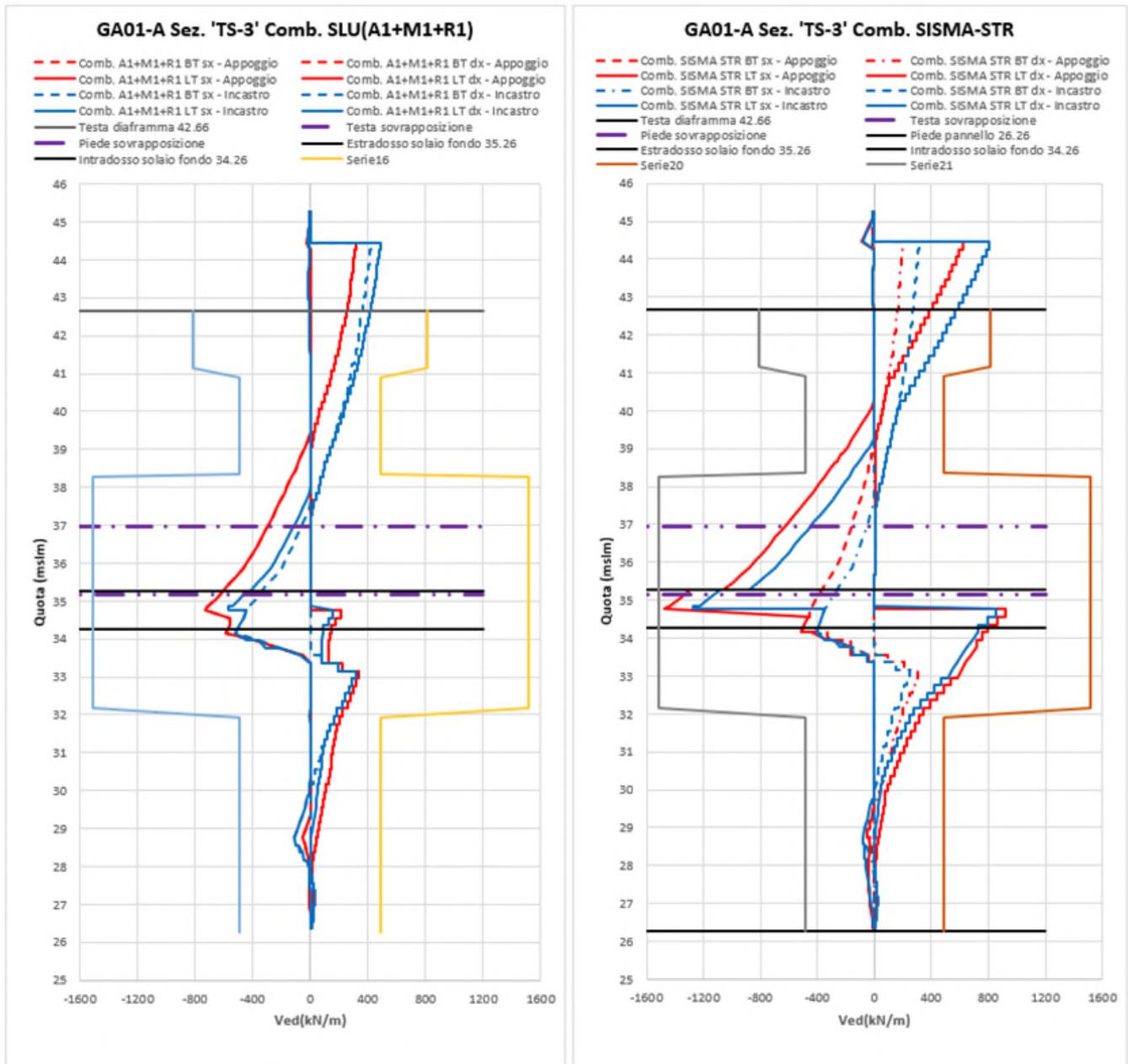


Figura 51 Diaframma TS-3- Diagramma azioni taglianti e resistenti allo SLU - valori in kN/m

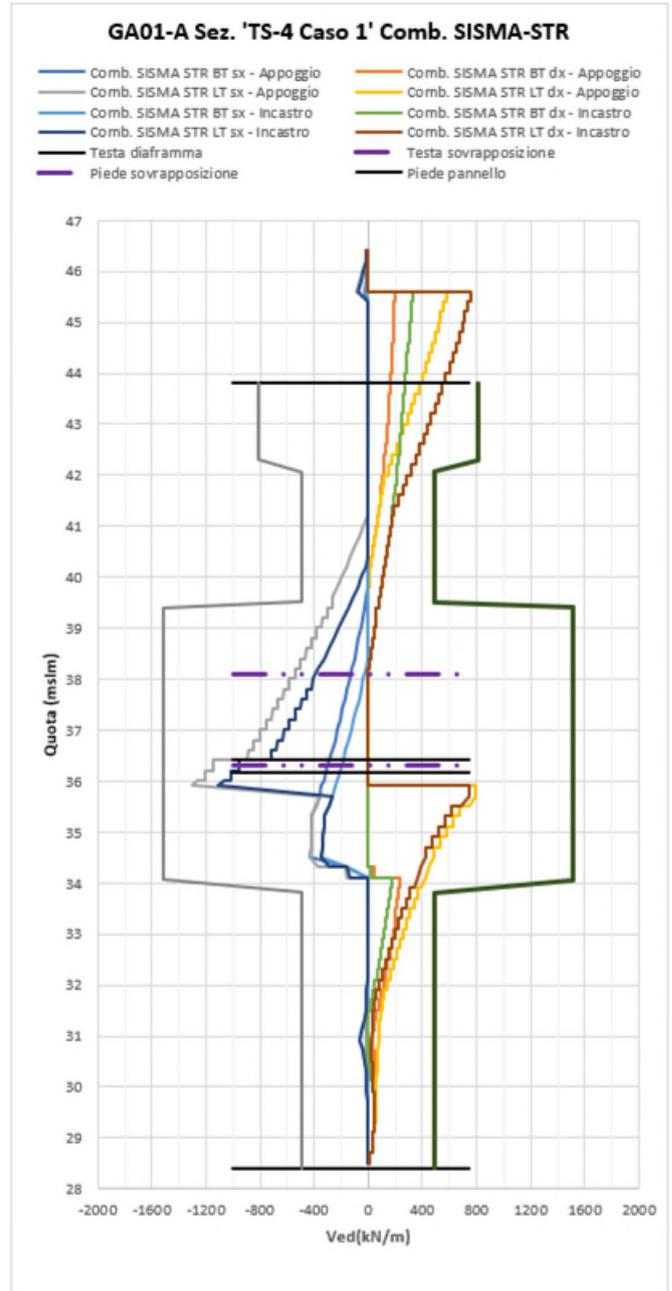
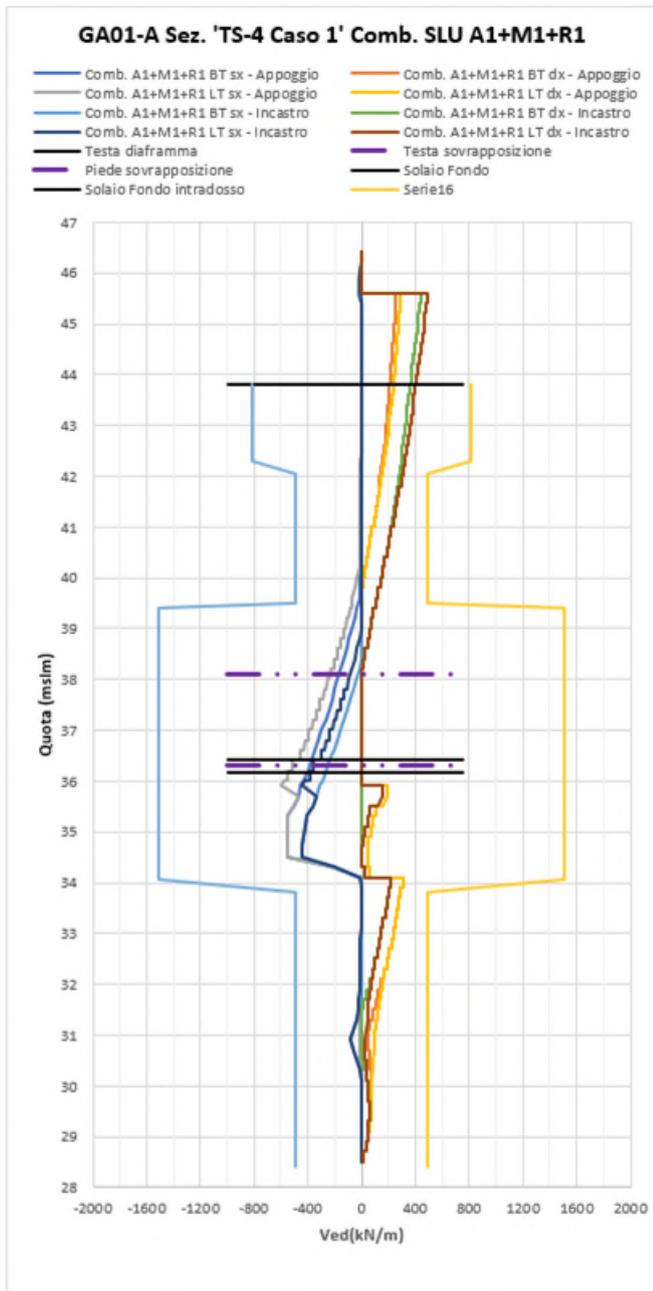


Figura 52 Diaframma TS-4-Caso 1- Diagramma azioni taglianti e resistenti allo SLU - valori in kN/m

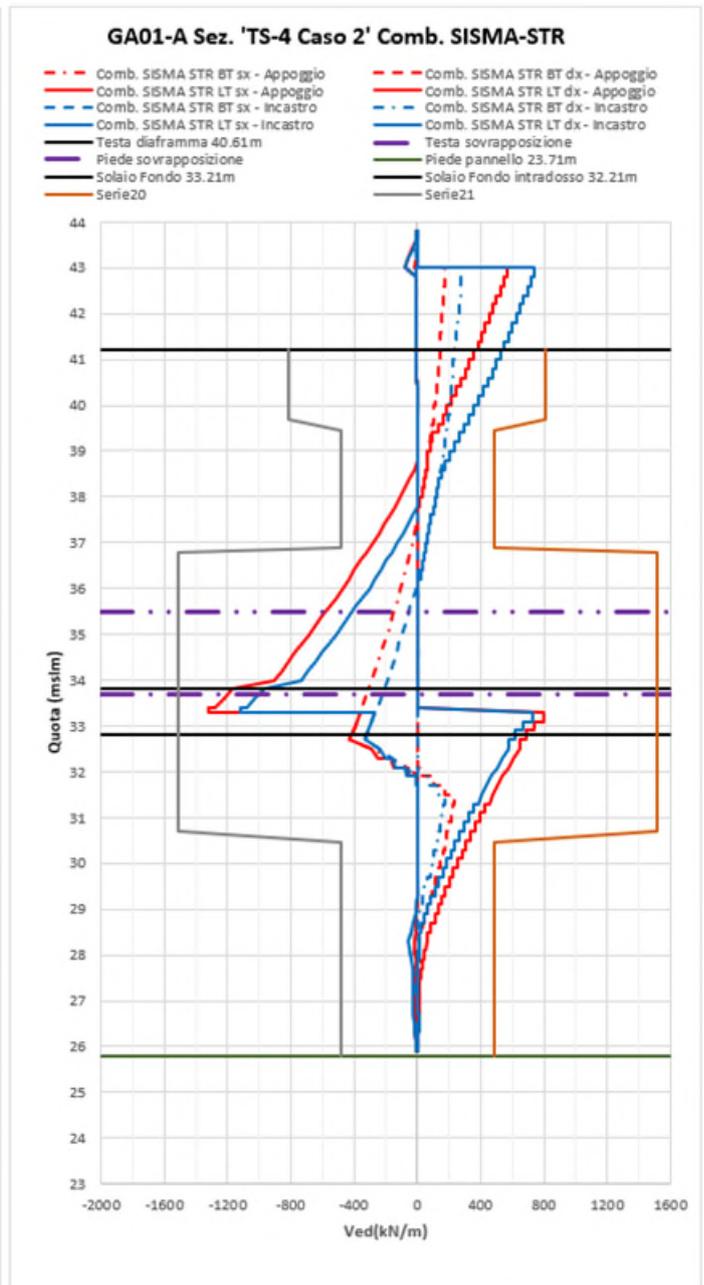
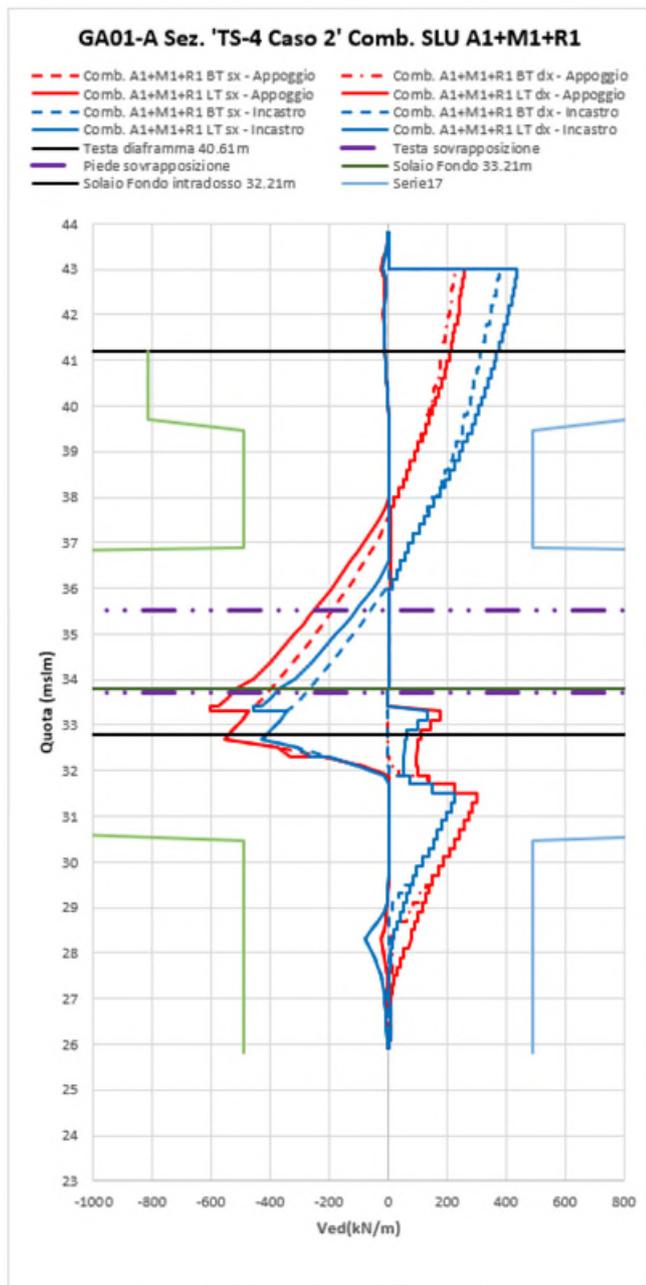


Figura 53 Diaframma TS-4-Caso 2- Diagramma azioni taglianti e resistenti allo SLU - valori in kN/m

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 145 di 237

11.2 Tipologia armatura 'Tipo 3' (Schema TA)

Nella tabella seguente si riassumono le massime sollecitazioni flettenti ottenute dall'involuppo dei risultati degli schemi di calcolo 'TA' utilizzati per il dimensionamento dell'armatura 'Tipo 3'.

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 41 Sollecitazioni flettenti dimensionanti

INVILUPPO TA	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)
Asse copertura	1123	0	1142	0	1490	0	1515	0
Intradosso copertura	847	188	850	214	1129	244	1134	402
Testa diaframma*	515	427	515	479	695	555	695	861
Gabbia 1	515	1261	515	1275	695	1639	1092	1734
Sovrapposizione	0	904	3	904	0	1175	729	1175
Gabbia 2	356	335	356	338	462	436	462	440

11.2.1 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.

11.2.1.1 Pannello P1 (base pannello 5.45m)

	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)	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*	2806	2327	2806	2612	3790	3025	3790	4695
Gabbia 1	2806	6871	2806	6947	3790	8934	5949	9452
Sovrapposizione	0	4924	18	4924	0	6404	3976	6404
Gabbia 2	1943	1823	1943	1844	2521	2375	2521	2400

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



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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 x 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	4700.00	0.00	13663.74	2.91	692.6(163.5)
2	S	0.00	-3890.00	0.00	-8347.59	2.15	692.6(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 corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrip. 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 corrip. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrip. 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 corrip. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrip. 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	0.00182	13.9	91.5	-0.01447	13.9	8.9
2	0.00350	-272.5	0.0	0.00104	-259.5	8.9	-0.02182	259.5	91.5

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
147 di 237

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	-2810.00	0.00

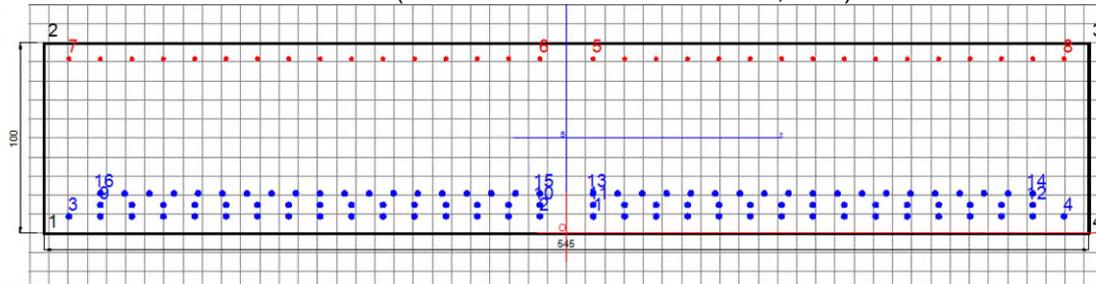
COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NT/EC2)

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	3.54	-272.5	0.0	-146.3	243.1	91.5	13642	254.3

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 fessure; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]										
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali										
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali										
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese e compresse 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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]										
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]										
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(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	Mx fess	My fess
1	S	-0.00082	0.00000	0.500	22.2	75	0.00044 (0.00044)	458	0.201 (99.00)	-3001.37	0.00

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



Legenda barre ● 100 Ø 30 ● 32 Ø 20 As tot = 807,4 (1,5 %)	Dati sezione solo conglom. ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 54500 cm ² Y baric. = 50.000 cm SX = 2725000 cm ³ JX = 181866667 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
---	--	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	9500.00	0.00	19359.82	2.04	807.4(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 della fibra corisp. a ec max (sistema ref. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corisp. a ec max (sistema ref. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corisp. a es min (sistema ref. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corisp. a es min (sistema ref. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corisp. a es max (sistema ref. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corisp. a es max (sistema ref. 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	0.00273	13.9	91.6	-0.00490	13.9	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	7000.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
149 di 237

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NT/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

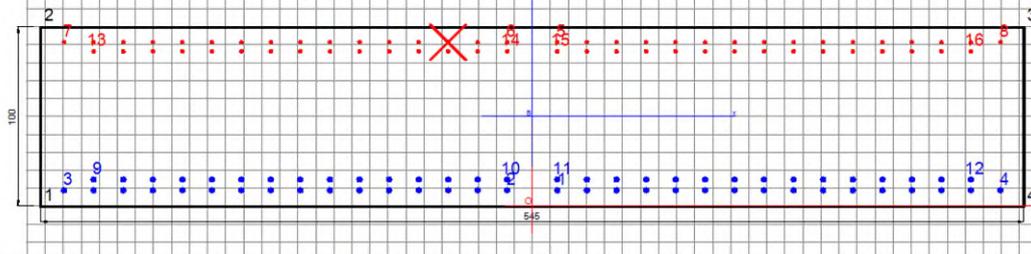
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.03	-272.5	100.0	-155.8	243.1	8.9	11130	438.3

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

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 [cfr. 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 ammessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copritore [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	30.0	74	0.00054 (0.00047)	381	0.200 (990.00)	3364.68	0.00

- Sovrapposizione gabbia di armatura No. 1-2 (Lembo teso superiore lato terra M<0)



Legenda barre	Dati sezione solo conglom.	Visualizza
<ul style="list-style-type: none"> 62 Ø 30 62 Ø 20 <p>As tot = 633.0 (1.2 %)</p>	<p>ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE:</p> <p>Area = 54500 cm² Y baric. = 50.000 cm SX = 2725000 cm³ JX = 181666667 cm⁴</p> <p>ASSI X,y PRINCIPALI INERZIA:</p>	<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

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Coprifero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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]

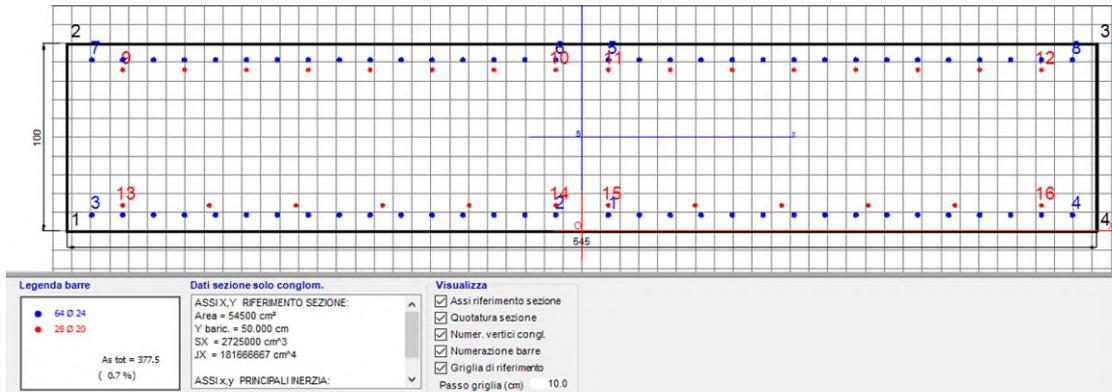
N° Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	-6000.00	0.00	-6623.83	1.10	633.0(163.5)

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
 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	0.00088	-259.5	8.9	-0.02346	259.5	91.5

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



Legenda barre ● 64 Ø 24 ● 28 Ø 20 As tot = 377,5 (0,7 %)	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
--	--	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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 x 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	2400.00	0.00	6173.87	2.57	377.5(163.5)
2	S	0.00	-2520.00	0.00	-6526.80	2.59	377.5(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
 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	0.00060	13.9	91.3	-0.02695	13.9	8.6
2	0.00350	-272.5	0.0	0.00064	-259.5	8.6	-0.02683	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	1850.00	0.00
2	0.00	-1950.00	0.00

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

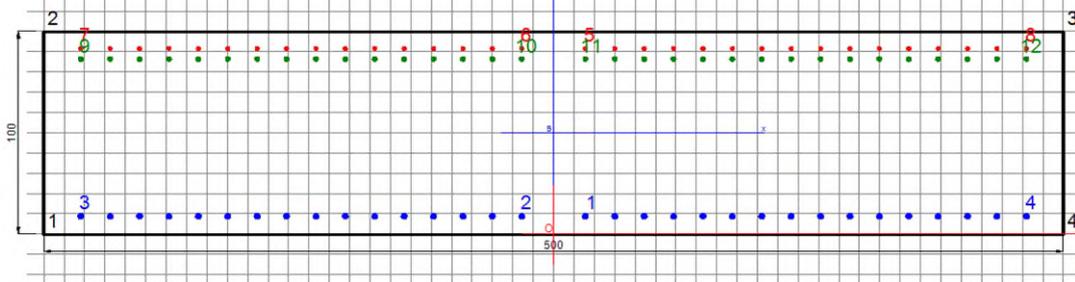
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.83	-272.5	100.0	-125.2	243.1	8.6	12990	182.5
2	S	2.94	-272.5	0.0	-124.8	243.1	91.3	13645	195.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cmsr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00070	0.00000	0.500	23.0	74	0.00038 (0.00038)	531	0.199 (990.00)	2787.48	0.00
2	S	-0.00070	0.00000	0.500	22.8	75	0.00037 (0.00037)	526	0.197 (990.00)	-2799.47	0.00

11.2.1.2 Pannello S1 (base pannello 5.0m)

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



Legenda barre <ul style="list-style-type: none"> ● 32 Ø 30 ● 32 Ø 20 ● 32 Ø 24 As tot = 471.5 (0.9 %)	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
--	--	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Coprifero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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 + 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	-3500.00	0.00	-7915.44	2.26	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 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	-2600.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
154 di 237

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

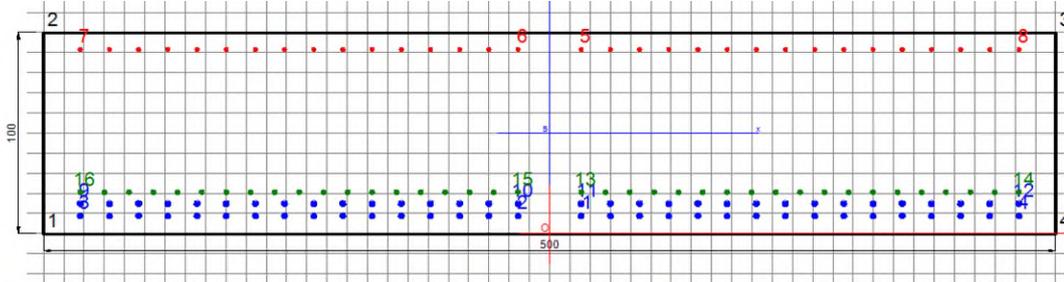
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.71	-250.0	0.0	-139.2	217.5	91.6	12134	245.3

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]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cf. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per fessione, = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff. [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 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max\{e_{sm} - e_{cm}\}$ [(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	Mx fess	My fess
1	S	-0.00079	0.00000	0.500	22.2	74	0.00042 (0.00042)	438	0.183 (990.00)	-2709.90	0.00

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



Legenda barre <ul style="list-style-type: none"> 64 Ø 30 32 Ø 20 38 Ø 24 As tot = 724.8 (1.4 %)	Dati sezione solo conglom. ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 50000 cm² Y baric = 50.000 cm SX = 2500000 cm³ JX = 16666667 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
--	--	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Coprifero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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 bancontro B sezione dis. (positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel bancontro B sezione dis. (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 x 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	8700.00	0.00	17557.32	2.02	724.8 (150.0)

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
 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	0.00268	15.6	91.6	-0.00542	15.6	8.9

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N° Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	8700.00	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 [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerata efficace per l'apertura delle fessure

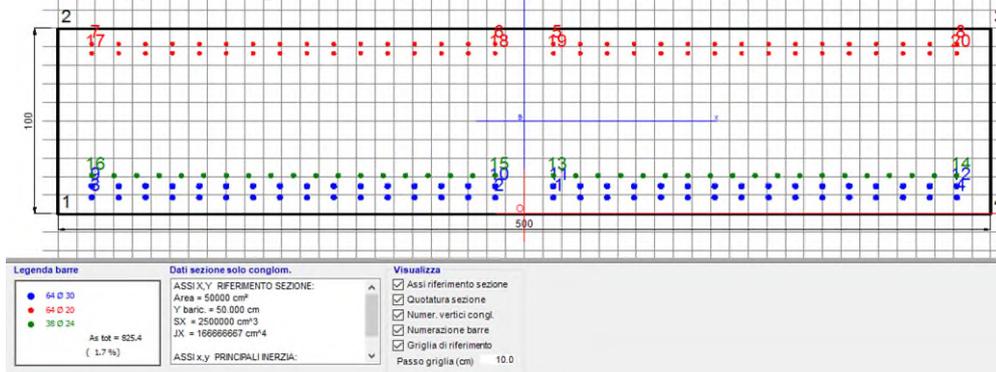
N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.87	-250.0	100.0	-155.1	217.5	8.9	10211	452.4

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; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Coarferro [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]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	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	Mx fess	My fess
1	S	-0.00091	0.00000	0.500	30.0	74	0.00055 (0.00047)	367	0.203 (990.00)	3103.43	0.00

- Sovrapposizione gabbia di armatura No. 1-2 (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
 Ms.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ; 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]

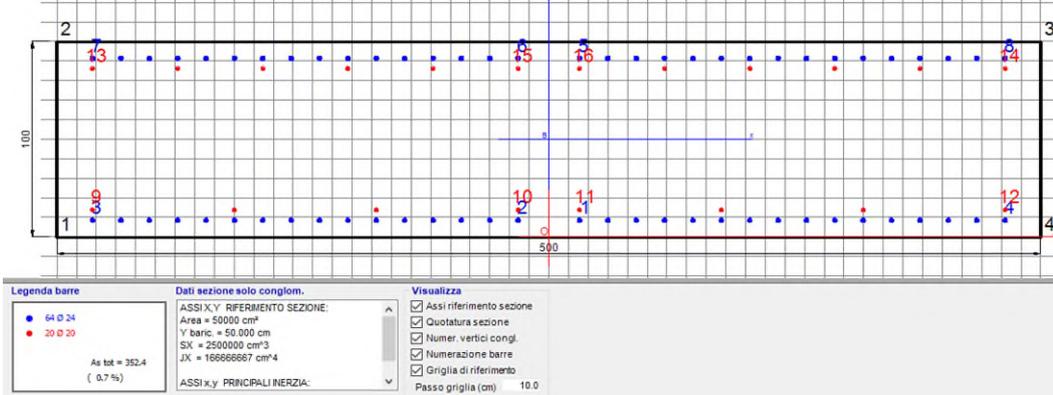
N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	-5460.00	0.00	-7233.15	1.32	825.4(150.0)

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	0.00131	-231.9	8.9	-0.01907	231.9	91.6

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



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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 cis. (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 cis. (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 ; 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	2210.00	0.00	5754.99	2.60	352.4(150.0)
2	S	0.00	-2350.00	0.00	-6119.45	2.60	352.4(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 corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrip. 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 corrip. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrip. 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 corrip. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrip. 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	0.00057	15.6	91.4	-0.02761	15.6	8.6
2	0.00350	-250.0	0.0	0.00061	-231.9	8.6	-0.02726	231.9	91.4

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	1700.00	0.00
2	0.00	-1800.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
159 di 237**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NT/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	2.78	-250.0	100.0	-122.5	217.5	8.6	11438	169.9
2	S	2.90	-250.0	0.0	-122.0	217.5	91.4	11771	182.5

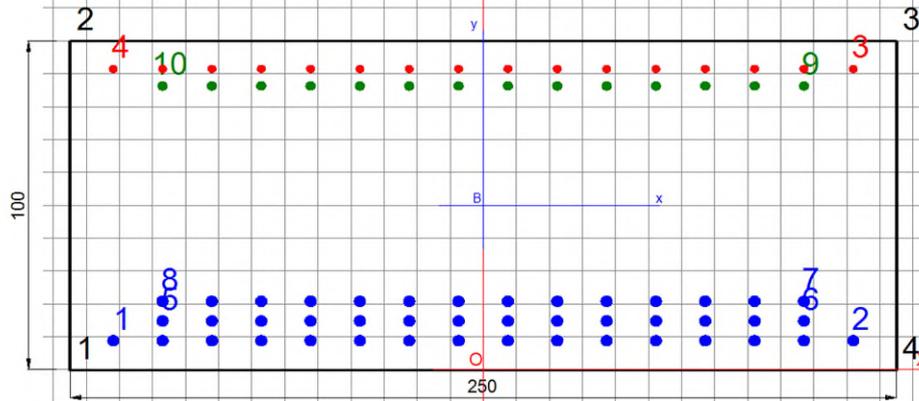
COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

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 = 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; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copri ferro [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 fless.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fless.	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 fless	My fless	
1	S	-0.00069	0.00000	0.500	23.3	74	0.00037 (0.00037)	518	0.191 (990.00)	2571.29	0.00
2	S	-0.00069	0.00000	0.500	23.0	74	0.00037 (0.00037)	504	0.185 (990.00)	-2584.02	0.00

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

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



Legenda barre	Dati sezione solo conglom.	Visualizza
<ul style="list-style-type: none"> ● 44 Ø 30 ● 16 Ø 20 ● 14 Ø 24 As tot = 424,6 (1,7 %)	ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 25000 cm² Y baric. = 50,000 cm SX = 1250000 cm³ JX = 83333333 cm⁴ ASSI X,y PRINCIPALI INERZIA:	<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

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7,4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3,0 cm

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 cis. (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 cis. (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; 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	4070,00	0,00	9001,40	2,21	424,6(75,0)
2	S	980,00	-1800,00	979,82	-4348,84	2,46	424,6(75,0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec 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.)
 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.)
 Xs 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.)
 Xs max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0,00350	-125,0	100,0	0,00244	111,9	91,6	-0,00800	-111,9	8,9
2	0,00350	-125,0	0,0	0,00147	-111,9	8,9	-0,01739	111,9	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	-1300,00	0,00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
161 di 237

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

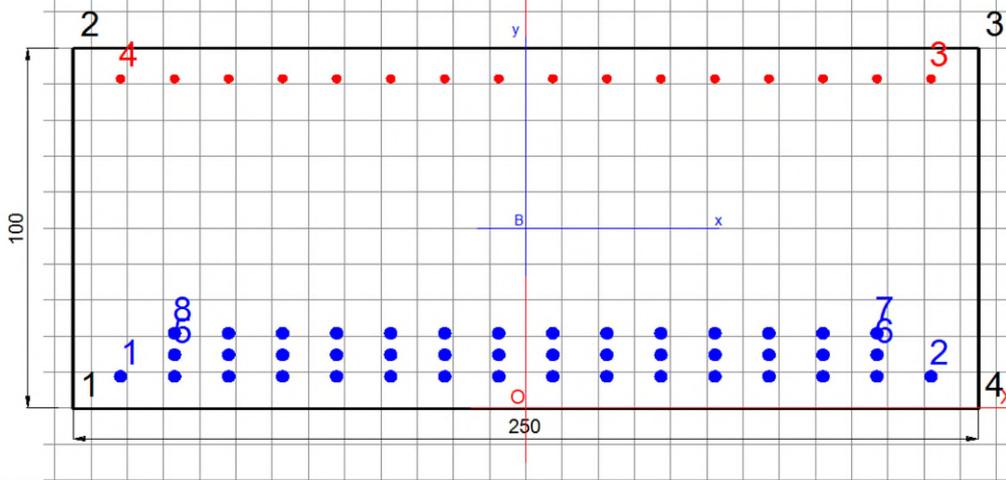
N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.47	-125.0	0.0	-150.5	-97.0	91.6	6181	113.6

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

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 [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 ammessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copri ferro [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 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	22.0	74	0.00045 (0.00045)	456	0.206 (990.00)	-1398.29	0.00

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



Legenda barre	Dati sezione solo conglom.	Visualizza
<ul style="list-style-type: none"> ● 44 Ø 30 ● 16 Ø 20 <p>As tot = 361.3 (1.4 %)</p>	<p>ASSI X, Y RIFERIMENTO SEZIONE:</p> <p>Area = 25000 cm² Y baric. = 50.000 cm S_X = 1250000 cm³ J_X = 83333333 cm⁴</p> <p>ASSI x, y PRINCIPALI INERZIA:</p>	<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

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	4400.00	0.00	8713.61	1.98	361.3(75.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 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	0.00267	111.9	91.6	-0.00545	-111.9	8.9
2	0.00350	-125.0	0.0	0.00127	-111.9	8.9	-0.01948	111.9	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	3190.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
163 di 237

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NT/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

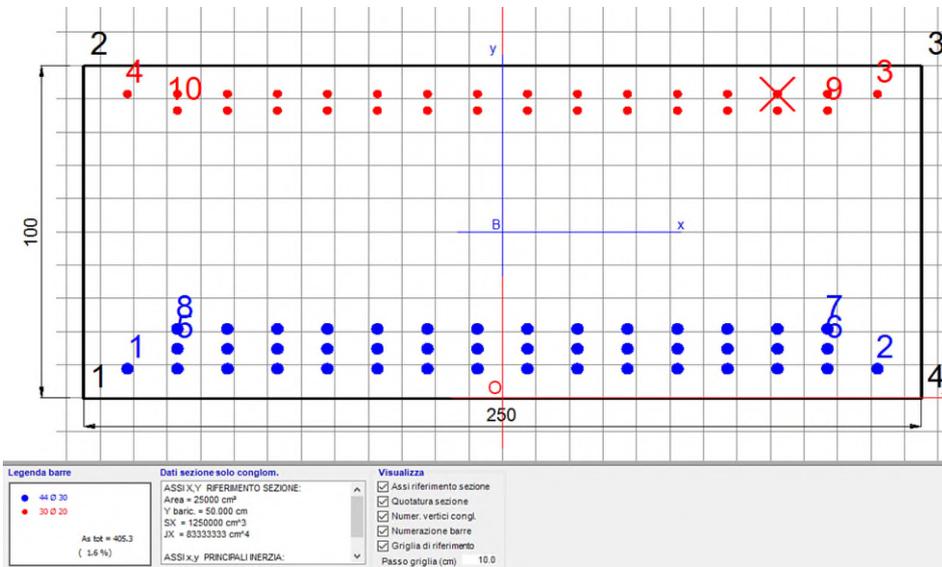
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.92	-125.0	100.0	-167.2	97.0	8.9	5106	212.1

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 fessure; = $(e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi 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]
sr max	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 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	-0.00092	0.00000	0.500	30.0	74	0.00055 (0.00047)	374	0.200 (990.00)	1543.78	0.00

- Sovrapposizione gabbia di armatura No. 1-2 (Lembo teso superiore lato terra, $M < 0$)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriero netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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]

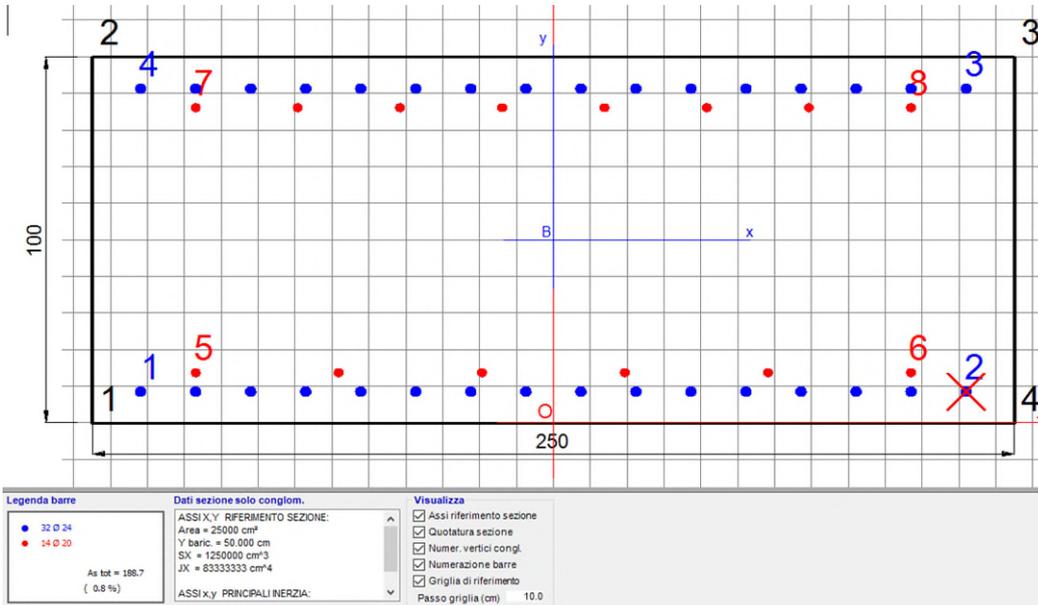
N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	-2750.00	0.00	-3479.95	1.27	405.3(75.0)

METODO AGU 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	0.0	0.00133	-111.9	8.9	-0.01884	111.9	91.6

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



Legenda barre

- 32 Ø 24
- 14 Ø 20

As tot = 188.7 (0.8 %)

Dati sezione solo conglom.

ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE:
 Area = 25000 cm²
 Y baric. = 50.000 cm
 SX = 1250000 cm³
 JX = 83333333 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

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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 x 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	1120.00	0.00	3070.81	2.74	188.7(75.0)
2	S	0.00	-1160.00	0.00	-3253.80	2.81	188.7(75.0)

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
 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 (sistem a 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	0.00069	111.9	91.4	-0.02634	-111.9	8.6
2	0.00350	-125.0	0.0	0.00073	-111.9	8.6	-0.02593	111.9	91.4

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	850.00	0.00
2	0.00	-900.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 166 di 237

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NT/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	2.71	-125.0	100.0	-115.3	97.0	8.6	5961	91.2
2	S	2.82	-125.0	0.0	-115.3	-97.0	91.4	6118	97.5

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 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 = 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 ammessi nazionali										
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da ammessi nazionali										
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]										
Cf	Copri ferro [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]										
Mx fess.	Apertura fessure in mm calcolata = sr max * (e_sm - e_cm) [7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi										
My fess.	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	-0.00065	0.00000	0.500	23.0	74	0.00035 (0.00035)	508	0.176 (990.00)	1298.28	0.00
2	S	-0.00065	0.00000	0.500	22.8	74	0.00035 (0.00035)	495	0.171 (990.00)	-1304.67	0.00

11.2.2 Verifiche sollecitazioni taglianti

Nella tabella seguente si riassume le massime sollecitazioni taglianti ottenute dall'involuppo dei risultati degli schemi di calcolo 'TA' utilizzati per il dimensionamento dell'armatura 'Tipo 3'.

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 ¼ dello spessore dall'asse della soletta.

Tabella 42 Sollecitazioni taglianti dimensionanti

SOLLECITAZIONI TAGLIANTI	INVILUPPO TA-Caso 1-Caso2 Involuppo A1+M1+R1				SLU			
	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)
Asse copertura	20	459	20	485	18	419	75	695
Intradosso copertura	18	445	18	471	18	400	18	634
Testa diaframma	28	426	28	452	28	357	28	533
Gabbia 1	177	9	296	9	124	7	839	7
Sovrapposizione	238	11	427	11	175	9	1081	577
Estradosso solaio fondo	272	13	325	13	209	10	238	528
Asse Solaio fondo	326	426	427	452	251	250	1081	577
Sezione 1/4 da estradosso	325	245	380	273	219	357	960	378
Intradosso solaio fondo	517	19	517	19	398	15	398	438
Gabbia 2	631	344	631	344	485	265	485	265

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 167 di 237

11.2.2.1 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 (8 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 43 Inviluppo sollecitazioni taglianti dimensionanti

INVILUPPO TA-Caso 1-Caso2		
Sollecitazioni taglianti	Inviluppo A1+M1+R1 / SISMA STR	
	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)
Testa diaframma	28	533
Sezione 1/4 da estradosso	960	378

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. 8 braccia $\phi 14$, passo 25cm
2. Armatura trasversale composta da nr. 8 braccia $\phi 14$, passo 15cm
3. Armatura trasversale composta da nr. 8 braccia $\phi 14$, passo 15cm ($\theta=22^\circ$)

Caso 1: 8 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

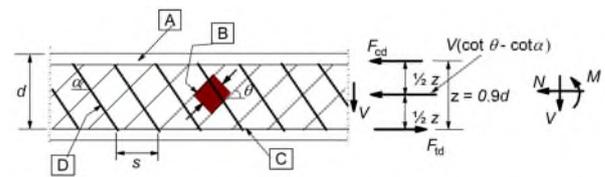
calcestruzzo

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

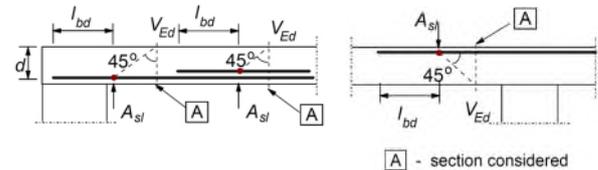
acciaio

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.	ai	=	88.6	cm

Caso 2: 8 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

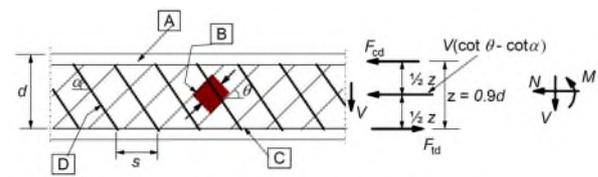
calcestruzzo

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	ν	=	0.540	
tensione di calcolo bielle	νf_{cd}	=	7.6	MPa

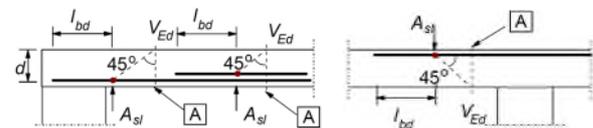
acciaio

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

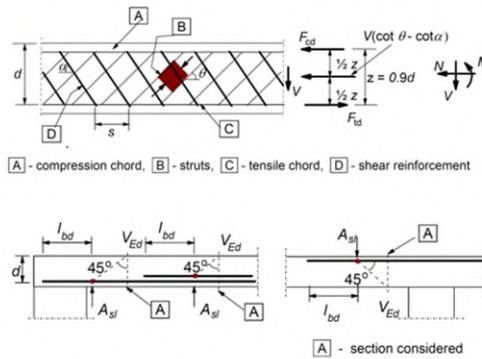
sollecitazioni e verifiche

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}	=	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: 8 braccia $\phi 14$, passo 15cm ($\theta=22^\circ$)

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
diámetro	ϕ = 14 mm
passo	s = 15 cm
inclinazione	α = 90 °
area	A _{sw} = ##### cm ²
armatura longitudinale tesa	
numero barre	n ₁ = 42
diámetro	ϕ_1 = 26 mm
numero barre	n ₂ = 32
diámetro	ϕ_2 = 20 mm
area totale	A _{sl} = ##### 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 = #####
tensione di calcolo bielle	v _{fed} = 7.6 MPa
acciaio	
tensione caratt. di snervamento	f _{yk} = ##### MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_s = 1.15
tensione di snervamento di calcolo	f _{yd} = ##### MPa

legenda



servizio

α	=	1.571 rad
θ	=	0.384 rad
C _{Rdc}	=	0.12
k	=	1.48
ρ_1	=	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

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}	=	6293.8 kN
resistenza bielle calcestruzzo	V _{Rdmax}	=	##### kN
inclinazione bielle calcestruzzo	θ	=	22.0 °
sezione			duttile
traslazione armatura long.	a _l	=	87.9 cm

angolo θ

scelta	imposto
$\theta_{imposto}$	= 22 °
$\theta_{calcolato}$	= 16.1 °
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:

- 8 braccia $\phi 14$ passo 25cm: $V_{rds}/L = 2662/5.45 = 488.6$ kN/m
- 8 braccia $\phi 14$ passo 15cm: $V_{rds}/L = 4437/5.45 = 814.3$ kN/m
- 8 braccia $\phi 14$ passo 15cm ($\theta=22^\circ$): $V_{rds}/L = 6656/5.45 = 1221.4$ kN/m

I diagrammi del taglio resistente a metro lineare così calcolato sono stati confrontati 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.

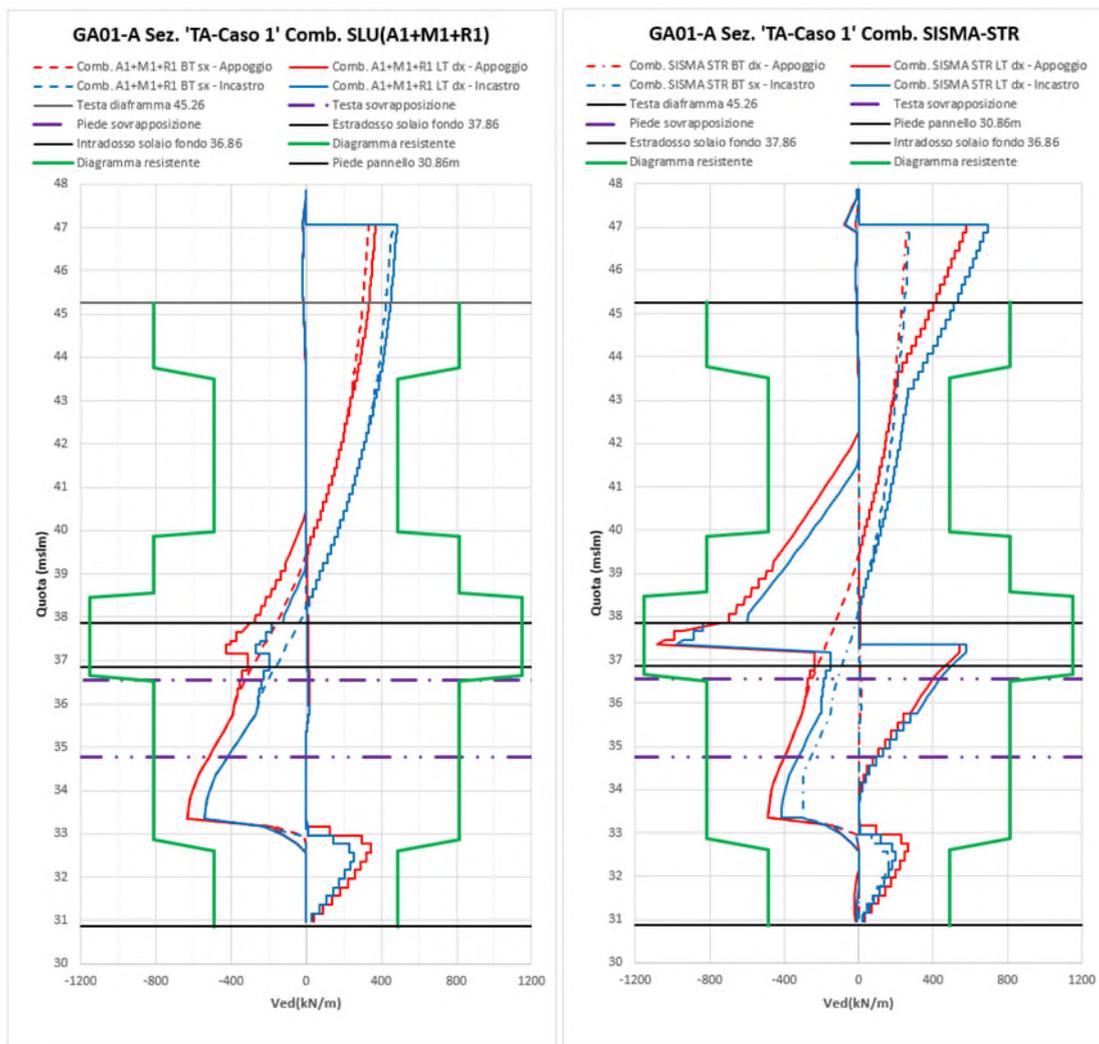


Figura 54 Diaframma TA-Caso 1- Diagramma azioni taglianti e resistenti allo SLU - valori in kN/m

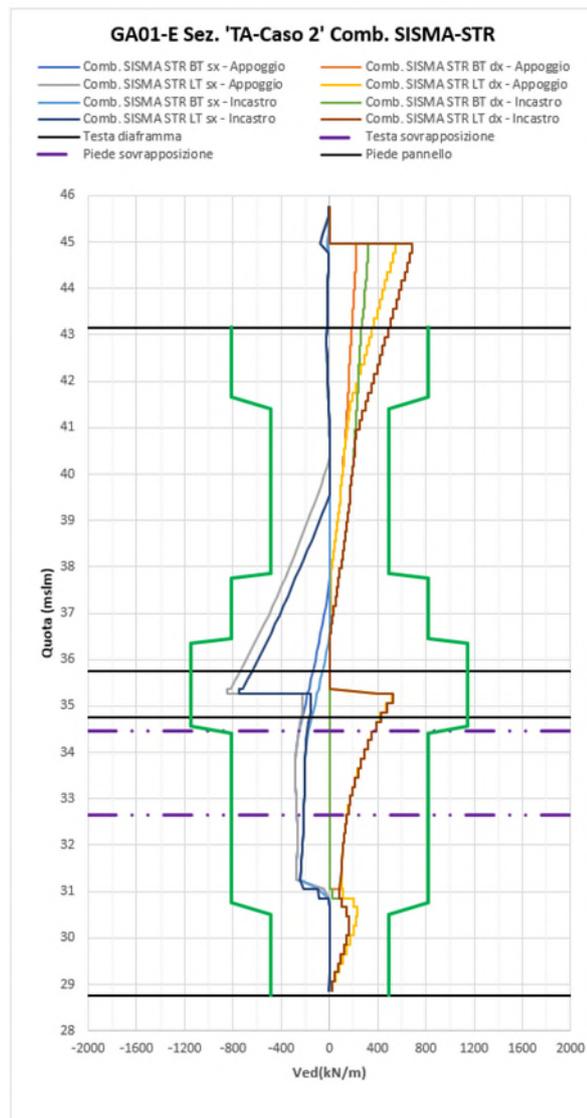
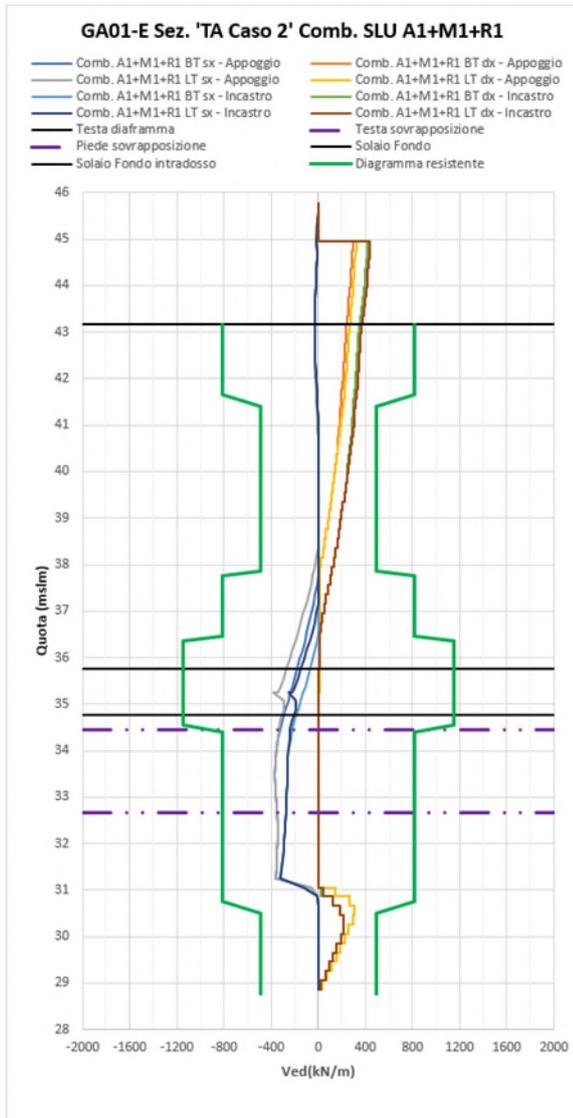


Figura 55 Diaframma TA-Caso 2- Diagramma azioni taglianti e resistenti allo SLU - valori in kN/m

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 173 di 237

11.3 Tipologia armatura 'Tipo 4' (Schema ST)

11.3.1 Verifiche sollecitazioni flettenti

Nella tabella seguente si riassumono le massime sollecitazioni flettenti ottenute dall'involuppo dei risultati dello schema di calcolo 'ST' utilizzato per il dimensionamento dell'armatura 'Tipo 4'.

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 44 Sollecitazioni flettenti dimensionanti

INVILUPPO ST	SLS-rara				SLU			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
Sollecitazioni	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)
Asse copertura	787	0	834	0	1053	0	1149	0
Intradosso copertura	586	134	615	156	788	174	826	430
Testa diaframma	357	296	365	340	487	384	498	898
Gabbia 1	357	696	365	828	487	905	1166	1432
Sovrapposizione	4	419	4	427	6	545	708	555
Gabbia 2	20	130	33	130	25	169	223	169

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 174 di 237

11.3.1.1 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.

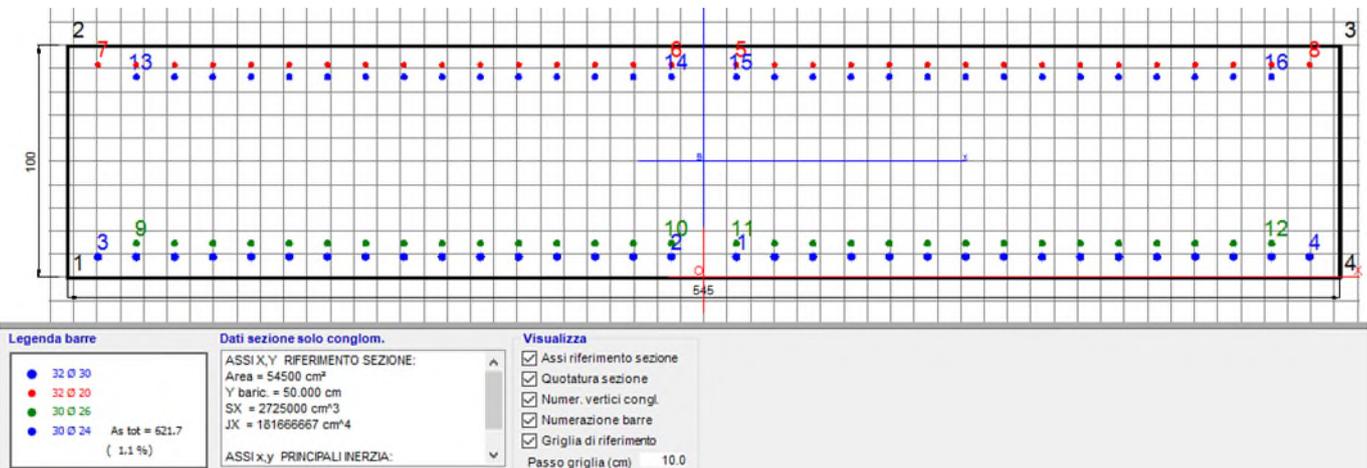
Le verifiche sono effettuate in accordo con il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi secondo i criteri riportati nelle NTC 08 per le strutture in calcestruzzo armato.

11.3.1.1.1 Pannello P1 (base pannello 5.45m)

Tabella 45 Pannello P1 Sollecitazioni di progetto allo SLE e SLU

Sollecitazioni	SLS-rara				SLU			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
	Valore lato Terra	Valore lato Scavo						
	(kN*m/m)							
Asse copertura	4291	0	4544	0	5739	0	6264	0
Intradosso copertura	3192	730	3353	848	4293	949	4503	2341
Testa diaframma	1944	1611	1991	1854	2653	2093	2714	4896
Gabbia 1	1944	3795	1991	4510	2653	4934	6357	7805
Sovrapposizione	24	2283	24	2325	31	2968	3858	3022
Gabbia 2	107	707	182	707	138	919	1214	919

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



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 175 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	2720.00	0.00	12198.97	4.48	621.7(163.5)
2	S	0.00	-4900.00	0.00	-7802.85	1.59	621.7(163.5)

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	-272.5	100.0	0.00169	13.9	91.6	-0.01614	13.9	8.9
2	0.00350	-272.5	0.0	0.00092	-259.5	8.9	-0.02309	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	1860.00	0.00
2	0.00	-2000.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
176 di 237

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

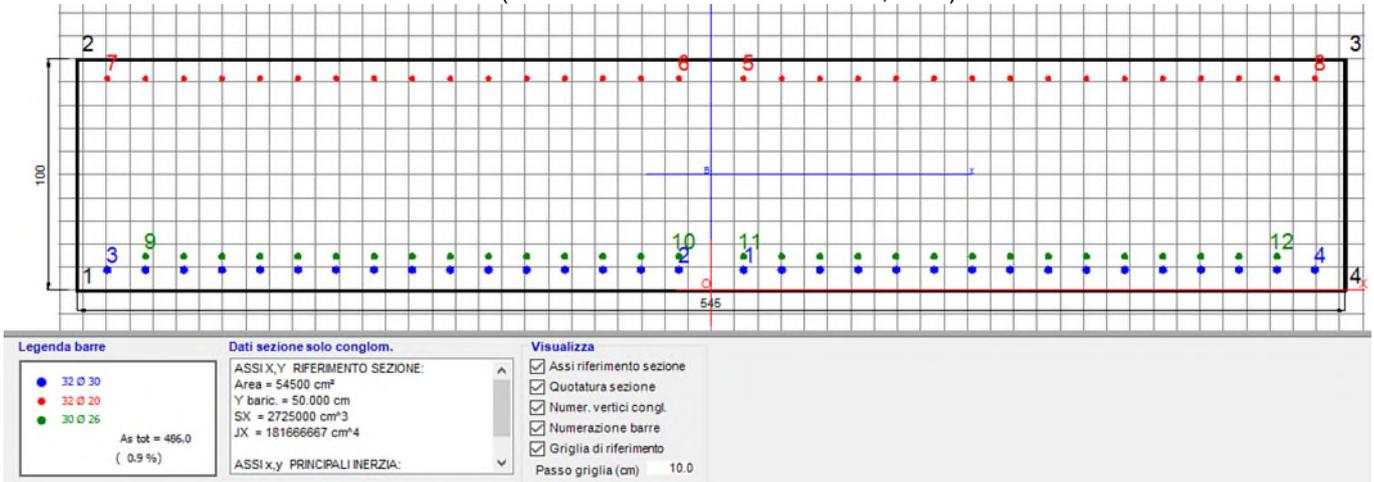
N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.22	-272.5	100.0	-64.2	243.1	8.9	12665	385.5
2	S	2.61	-272.5	0.0	-110.9	243.1	91.6	13639	236.2

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 = 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
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	-0.00037	0.00000	0.500	28.2	74	0.00019 (0.00019)	409	0.079 (990.00)	3121.92	0.00
2	S	-0.00062	0.00000	0.500	22.1	74	0.00033 (0.00033)	469	0.156 (990.00)	-2956.30	0.00

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



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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, 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	7820.00	0.00	12210.66	1.56	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	100.0	0.00188	13.9	91.6	-0.01411	13.9	8.9

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 178 di 237

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	4520.00	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	5.78	-272.5	100.0	-156.2	243.1	8.9	12282	385.5

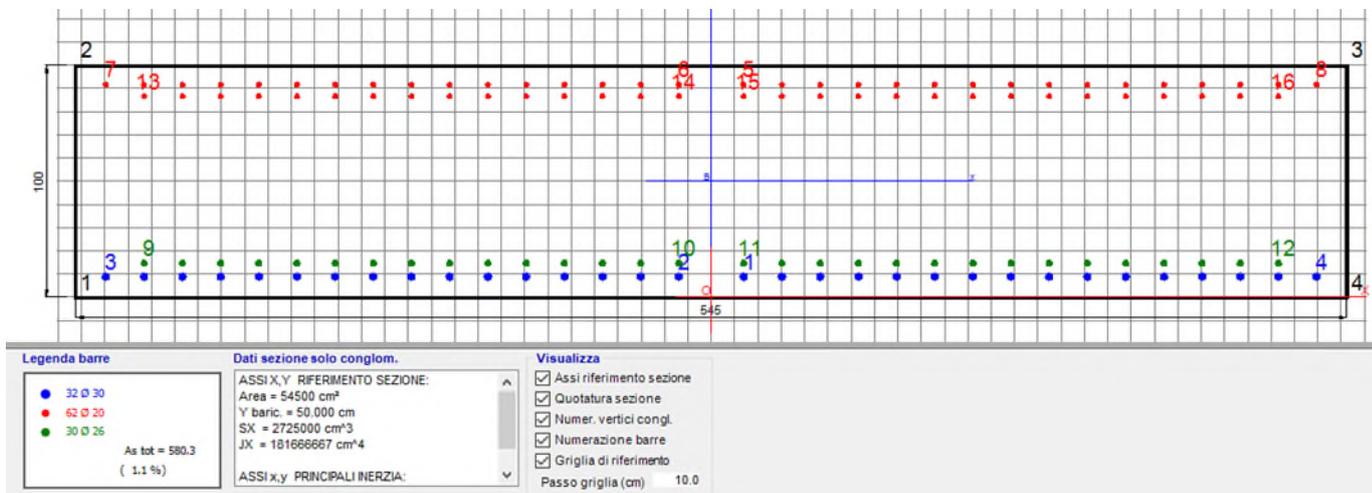
COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
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 = 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 = 0.6 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
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	-0.00090	0.00000	0.500	28.2	74	0.00049 (0.00047)	404	0.197 (990.00)	3041.90	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 179 di 237

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



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copiferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	-6360.00	0.00	-6595.20	1.04	580.3(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	0.00079	-259.5	8.9	-0.02441	259.5	91.6

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 180 di 237

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	-2000.00	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	2.79	-272.5	0.0	-131.5	243.1	91.6	13835	194.8

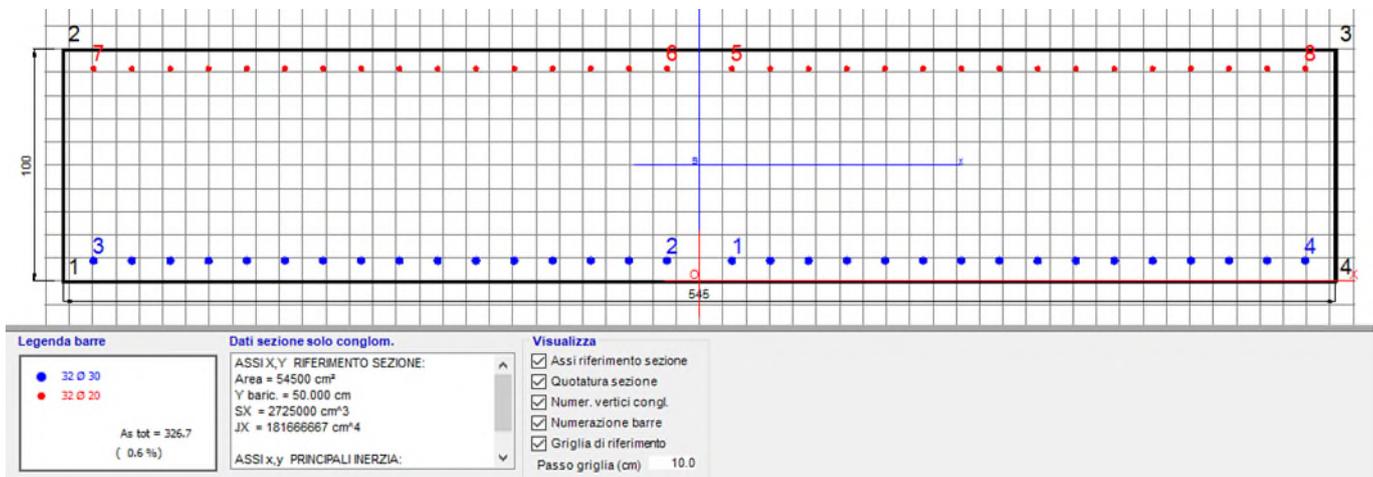
COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

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
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 [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 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	-0.00074	0.00000	0.500	20.0	74	0.00039 (0.00039)	493	0.195 (990.00)	-2892.06	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 181 di 237

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



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copiferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 13.4 cm

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 [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	3030.00	0.00	7580.79	2.50	326.7(163.5)
2	S	0.00	-1230.00	0.00	-3534.94	2.87	326.7(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	0.00089	13.9	91.6	-0.02476	13.9	8.9
2	0.00350	-272.5	0.0	-0.00027	-259.5	8.9	-0.03532	259.5	91.6

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 182 di 237

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	710.00	0.00
2	0.00	-200.00	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	1.04	-272.5	100.0	-38.1	243.1	8.9	12282	226.2
2	S	0.37	-272.5	0.0	-23.4	243.1	91.6	11313	100.5

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 [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 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
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	-0.00022	0.00000	0.500	30.0	74	0.00011 (0.00011)	529	0.060 (990.00)	2820.16	0.00
2	S	-0.00013	0.00000	0.500	20.0	74	0.00007 (0.00007)	634	0.045 (990.00)	-2678.14	0.00

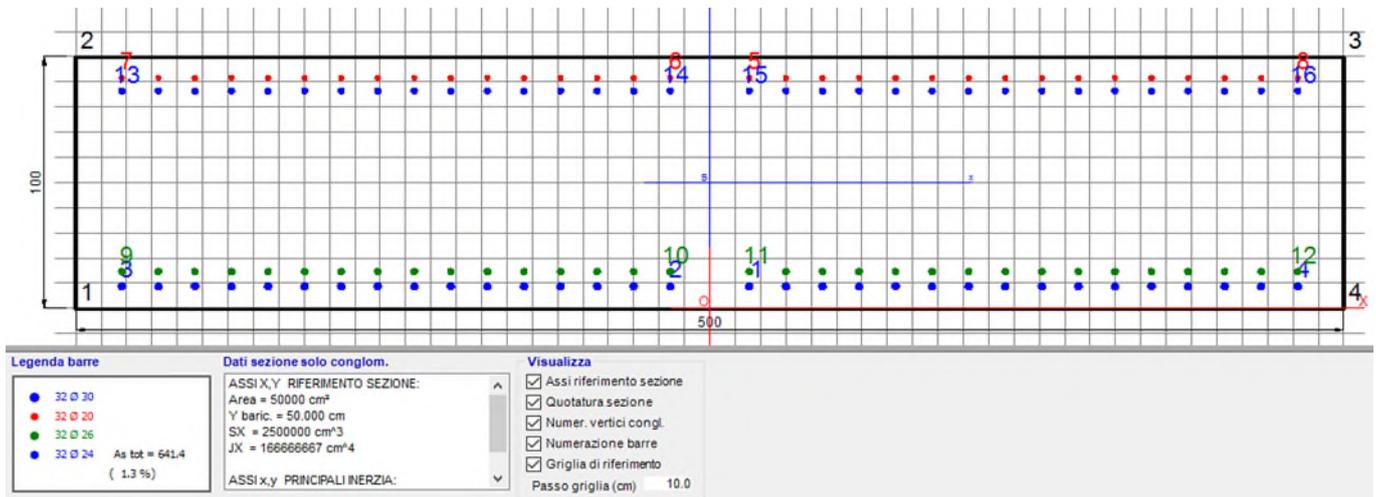
 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 183 di 237

11.3.1.1.2 Pannello S1 (base pannello 5.0m)

Tabella 46 Pannello S1 Sollecitazioni di progetto allo SLE e SLU

Sollecitazioni	SLS-rara				SLU			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+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)
Asse copertura	3937	0	4169	0	5266	0	5747	0
Intradosso copertura	2928	670	3076	778	3939	870	4131	2148
Testa diaframma	1784	1478	1827	1701	2434	1921	2490	4491
Gabbia 1	1784	3482	1827	4138	2434	4526	5832	7161
Sovrapposizione	22	2094	22	2133	28	2723	3540	2773
Gabbia 2	98	649	167	649	127	843	1113	843

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



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 184 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copiferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Inteferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	4500.00	0.00	12448.32	2.77	641.4(150.0)
2	S	0.00	-2500.00	0.00	-8030.64	3.21	641.4(150.0)

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
 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	0.00178	15.6	91.6	-0.01511	15.6	8.9
2	0.00350	-250.0	0.0	0.00101	-231.9	8.9	-0.02217	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	1701.00	0.00
2	0.00	-1830.00	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

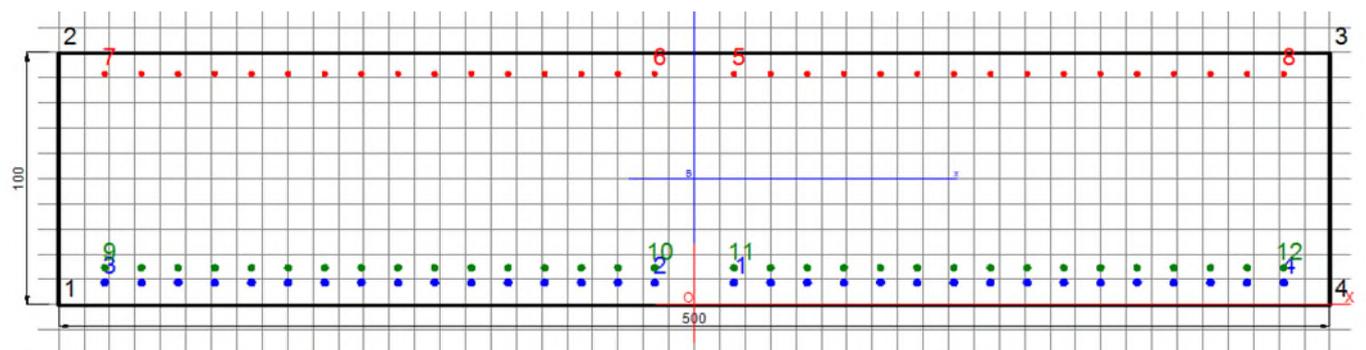
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.10	-250.0	100.0	-57.5	217.5	8.9	11263	396.1
2	S	2.44	-250.0	0.0	-98.4	217.5	91.6	12474	245.3

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 fessure; = $(e1 + e2) / (2 \cdot e1)$ 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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00033	0.00000	0.500	28.1	74	0.00017 (0.00017)	388	0.067 (990.00)	2950.43	0.00
2	S	-0.00055	0.00000	0.500	22.2	74	0.00030 (0.00030)	443	0.131 (990.00)	-2781.91	0.00

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



Legenda barre

- 32 Ø 30
- 32 Ø 20
- 32 Ø 26

As tot = 496.6
(1.0 %)

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

 Consorzio IricAV Due	 ALTA SORVEGLIANZA ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 186 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	7200.00	0.00	12432.82	1.73	496.6(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	0.00204	15.6	91.6	-0.01230	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	4140.00	0.00

 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 187 di 237

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

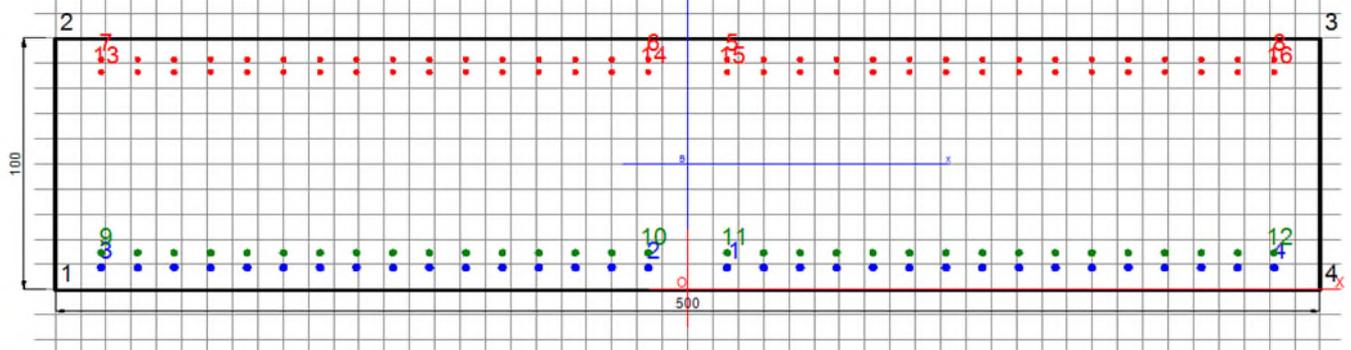
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.54	-250.0	100.0	-140.4	217.5	8.9	10913	396.1

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} 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 [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 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	-0.00081	0.00000	0.500	28.1	74	0.00044 (0.00042)	383	0.169 (990.00)	2864.44	0.00

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



Legenda barre <ul style="list-style-type: none"> ● 32 Ø 30 ● 64 Ø 20 ● 32 Ø 26 As tot = 597,2 (1,2 %)	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
--	--	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copiferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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 [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

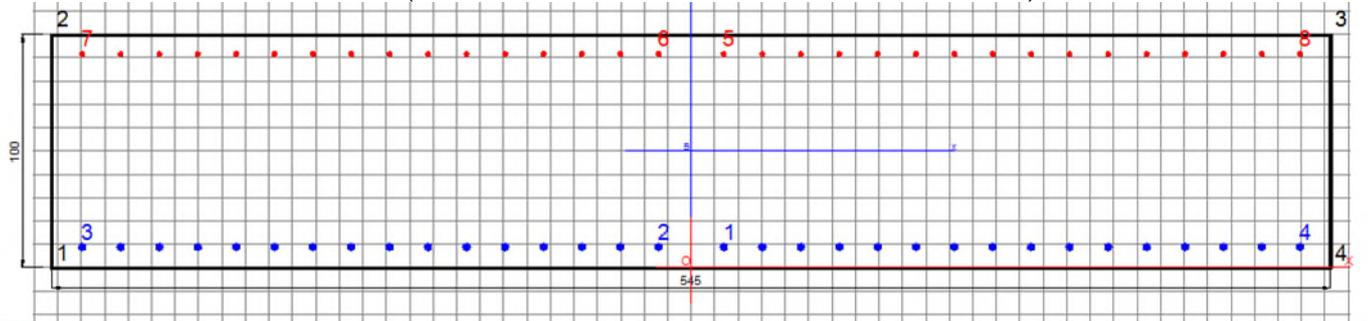
N° Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis. Sic.	As Totale
1	S	0.00	-5840.00	0.00	-6745.42	1.16	597.2(150.0)

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	0.0	0.00087	-231.9	8.9	-0.02356	231.9	91.6

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



Legenda barre	Dati sezione solo conglom.	Visualizza
<ul style="list-style-type: none"> ● 32 Ø 30 ● 32 Ø 20 <p>As tot = 326,7 (0,6 %)</p>	<p>ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE:</p> <p>Area = 54500 cm² Y baric. = 50,000 cm SX = 2725000 cm³ JX = 181666667 cm⁴</p> <p>ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Assi riferimento sezione</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Quotatura sezione</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Numer. vertici congl.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Numerazione barre</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Griglia di riferimento</p> <p>Passo griglia (cm) 10,0</p>

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copifero netto minimo barre longitudinali: 7,4 cm
Interfero netto minimo barre longitudinali: 13,4 cm

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	850.00	0.00	7580.79	8.92	326.7(163.5)
2	S	0.00	-1130.00	0.00	-3534.94	3.13	326.7(163.5)

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	650.00	0.00
2	0.00	-180.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 190 di 237

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 (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	0.96	-272.5	100.0	-34.9	243.1	8.9	12282	226.2
2	S	0.33	-272.5	0.0	-21.1	243.1	91.6	11313	100.5

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]
Mxfess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
Myfess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00020	0.00000	0.500	30.0	74	0.00010 (0.00010)	529	0.055 (990.00)	2820.16	0.00
2	S	-0.00012	0.00000	0.500	20.0	74	0.00006 (0.00006)	634	0.040 (990.00)	-2678.14	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 191 di 237

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

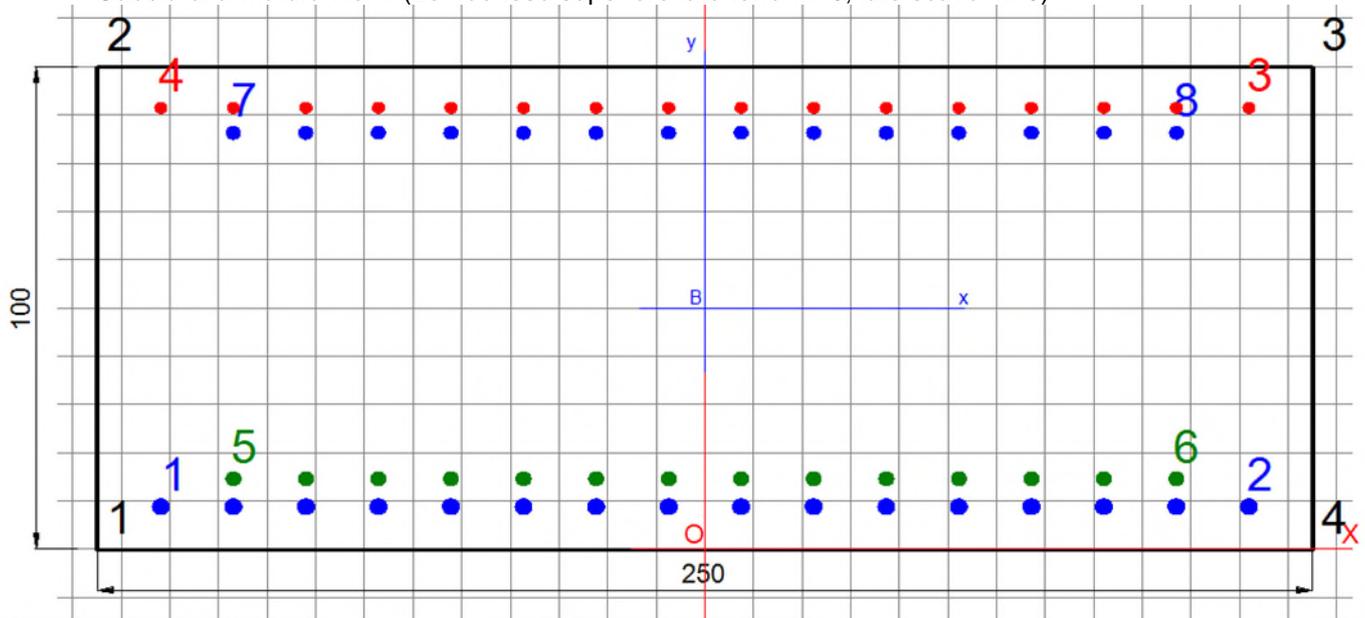
Tabella 47 Pannello P2 S2 Sollecitazioni di progetto allo SLE e SLU

P2-S2

l 2.50 m

Sollecitazioni	SLS-rara				SLU			
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Diafr.)	
	Valore lato Terra	Valore lato Scavo						
	(kN*m/m)		(kN*m/m)		(kN*m/m)		(kN*m/m)	
Asse copertura	1969	0	2084	0	2633	0	2874	0
Intradosso copertura	1464	335	1538	389	1969	435	2066	1074
Testa diaframma	892	739	913	851	1217	960	1245	2246
Gabbia 1	892	1741	913	2069	1217	2263	2916	3580
Sovrapposizione	11	1047	11	1067	14	1361	1770	1386
Gabbia 2	49	324	83	324	64	422	557	422

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



Legenda barre

- 16 Ø 30
- 16 Ø 20
- 14 Ø 26
- 14 Ø 24

As tot = 301.0
(1.2 %)

Dati sezione solo conglom.

ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE:
 Area = 25000 cm²
 Y baric. = 50.000 cm
 SX = 1250000 cm³
 JX = 83333333 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

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

N° Comb.	N	Mx	My
1	0.00	860.00	0.00
2	0.00	-920.00	0.00

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

 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 192 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copifero netto minimo barre longitudinali: 7,4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3,0 cm

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. 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	2250.00	0.00	5924.34	2.63	301.0(75.0)
2	S	0.00	-1250.00	0.00	-3746.09	3.00	301.0(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	0.00174	111.9	91.6	-0.01564	-111.9	8.9
2	0.00350	-125.0	0.0	0.00093	-111.9	8.9	-0.02299	111.9	91.6

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 193 di 237

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

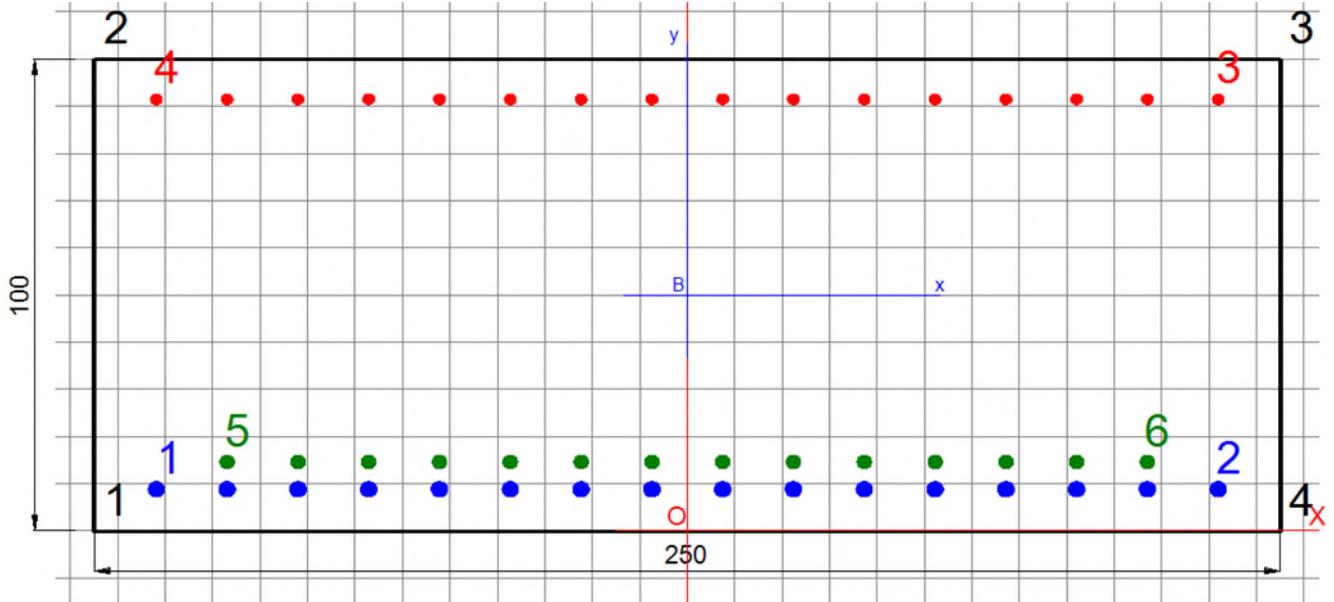
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.17	-125.0	100.0	-61.0	97.0	8.9	5634	187.4
2	S	2.54	-125.0	0.0	-105.9	-97.0	91.6	6181	113.6

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

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 fessione; = (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
∅	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
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	∅	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mxfess	Myfess
1	S	-0.00035	0.00000	0.500	28.3	74	0.00018 (0.00018)	396 0.072 (990.00)	1455.08	0.00	
2	S	-0.00060	0.00000	0.500	22.0	74	0.00032 (0.00032)	456 0.145 (990.00)	-1372.43	0.00	

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



<p>Legenda barre</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 16 Ø 30 ● 16 Ø 20 ● 14 Ø 26 <p>As tot = 237.7 (1.0 %)</p>	<p>Dati sezione solo conglom.</p> <p>ASSI x,y RIFERIMENTO SEZIONE:</p> <p>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"/> 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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 195 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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 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 [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	3580.00	0.00	5927.74	1.66	237.7(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	0.00194	111.9	91.6	-0.01346	-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	2070.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 196 di 237

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, 0)
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, 0)
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

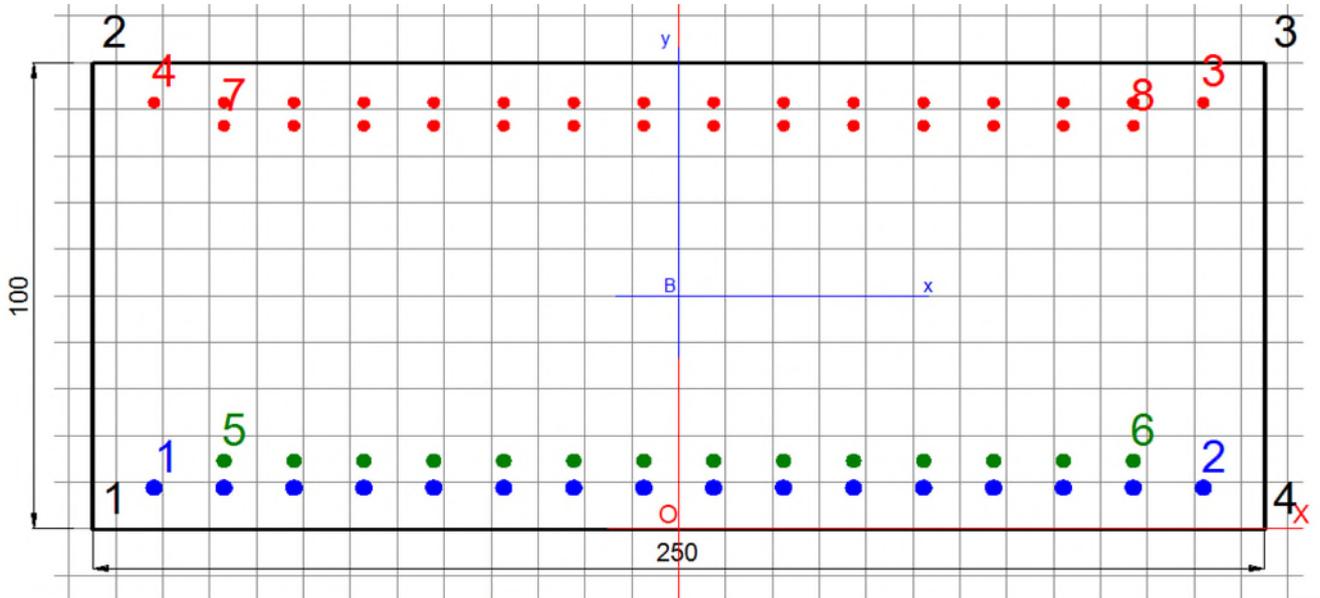
N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.62	-125.0	100.0	-147.1	97.0	8.9	5634	187.4

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} 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 Aceff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copri ferro [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
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	-0.00085	0.00000	0.500	28.3	74	0.00046 (0.00044)	396	0.180 (990.00)	1417.64	0.00

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



Legenda barre

- 16 Ø 30
 - 30 Ø 20
 - 14 Ø 26
- As tot = 281.7
(1.1 %)

Dati sezione solo conglom.

ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE:
 Area = 25000 cm²
 Y baric. = 50.000 cm
 SX = 1250000 cm³
 JX = 83333333 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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 198 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Cop.ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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]

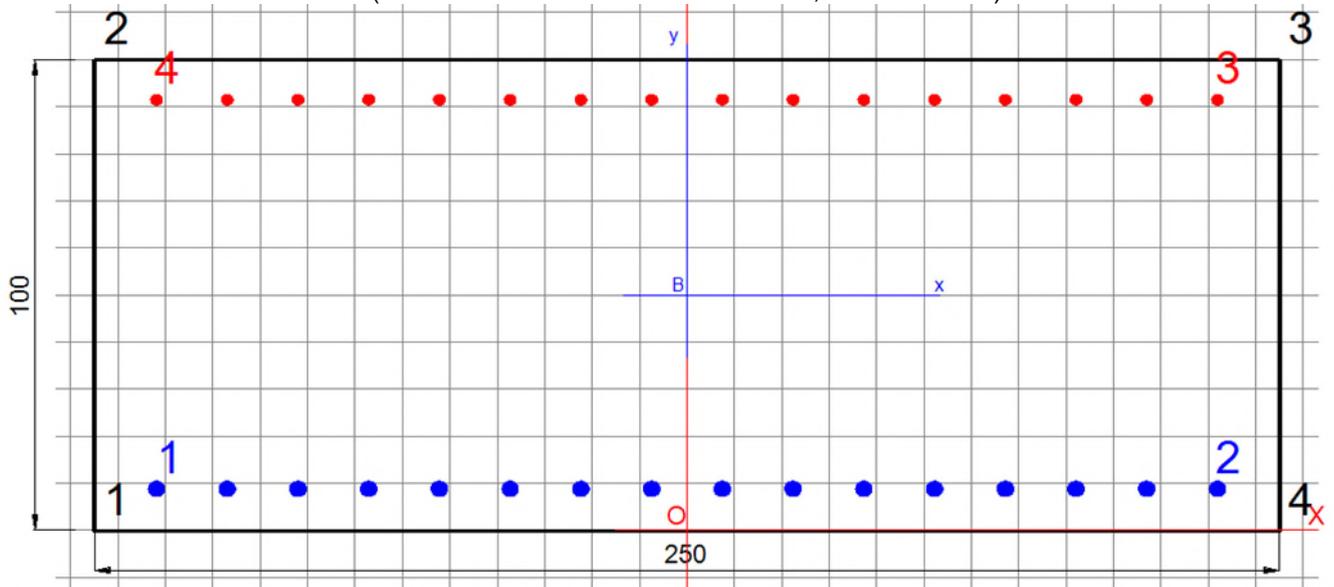
N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Ms. Sic.	As Totale
1	S	0.00	-3000.00	0.00	-3182.23	1.06	281.7 (75.0)

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
 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	0.00080	-111.9	8.9	-0.02429	111.9	91.6

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



Legenda barre ● 16 Ø 30 ● 16 Ø 20 As tot = 163.4 (0.7 %)	Dati sezione solo conglom. ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 25000 cm² Y baric. = 50.000 cm SX = 1250000 cm³3 JX = 83333333 cm⁴4 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
--	---	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 11.9 cm

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 + 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	1400.00	0.00	3777.64	2.70	163.4(75.0)
2	S	0.00	-1250.00	0.00	-1756.93	1.41	163.4(75.0)

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
 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	0.00102	111.9	91.6	-0.02339	-111.9	8.9
2	0.00350	-125.0	0.0	-0.00020	-111.9	8.9	-0.03457	111.9	91.6

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
200 di 237

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	1070.00	0.00
2	0.00	-100.00	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 comp. 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	3.30	-125.0	100.0	-115.3	97.0	8.9	5634	113.1
2	S	0.38	-125.0	0.0	-23.5	-97.0	91.6	5216	50.3

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 fessure; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ 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 = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	Mx fess	My fess
1	S	-0.00066	0.00000	0.500	30.0	74	0.00035 (0.00035)	506	0.175 (990.00)	1314.18	0.00
2	S	-0.00013	0.00000	0.500	20.0	74	0.00007 (0.00007)	604	0.043 (990.00)	-1242.72	0.00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 201 di 237

11.3.2 Verifiche sollecitazioni taglianti

Nella tabella seguente si riassume le massime sollecitazioni taglianti ottenute dall'involuppo dei risultati dello schema di calcolo 'ST' utilizzato per il dimensionamento dell'armatura 'Tipo 4'.

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 ¼ dello spessore dall'asse della soletta.

Tabella 48 Sollecitazioni taglianti dimensionanti

Sollecitazioni taglianti	Involuppo A1+M1+R1				Involuppo SISMA STR				
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)		Inv.LT (Fod+Diafr.)		
	Valore lato sinistro (kN/m)	Valore lato destro (kN/m)	Valore lato sinistro (kN/m)	Valore lato destro (kN/m)	Valore lato sinistro (kN/m)	Valore lato destro (kN/m)	Valore lato sinistro (kN/m)	Valore lato destro (kN/m)	
Quota asse copertura	45.18	19	341	19	368	97	774	97	774
Quota intradosso copertura	44.38	23	322	23	350	18	689	18	689
Testa diaframma	43.38	28	285	28	312	21	543	21	543
Quota estradosso solaio fond	36.08	113	15	221	15	823	12	893	12
Asse Solaio fondo	35.58	140	13	266	13	108	547	986	547
Quota intradosso solaio fondi	35.08	185	9	238	9	142	451	183	451
Gabbia 1	34.68	201	285	266	312	917	547	986	547
Sovrapposizione	32.88	228	8	257	8	176	415	198	415
Gabbia 2	23.78	182	21	188	28	140	191	145	191

11.3.2.1 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 49 Involuppo sollecitazioni taglianti dimensionanti

Sollecitazioni taglianti	INVILUPPO ST	
	Involuppo A1+M1+R1 / SISMA STR	
	Valore lato Terra (kN/m)	Valore lato Scavo (kN/m)
Testa diaframma	28	543
Sezione 1/4 da estradosso	940	279

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
2. Armatura trasversale composta da nr. 4 braccia $\phi 14$, passo 15cm
3. Armatura trasversale composta da nr. 4 braccia $\phi 14$, passo 15cm ($\theta=22^\circ$)

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

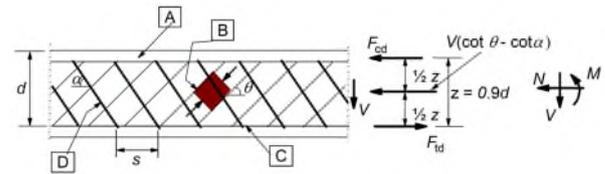
calcestruzzo

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

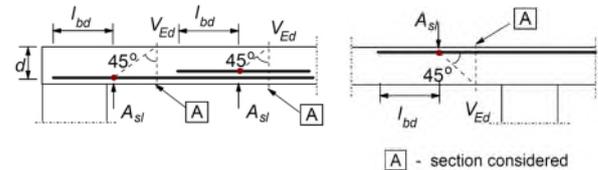
acciaio

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

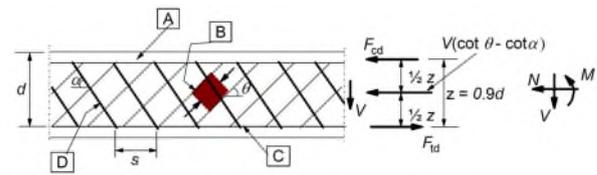
calcestruzzo

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	ν	=	0.540	
tensione di calcolo bielle	νf_{cd}	=	7.6	MPa

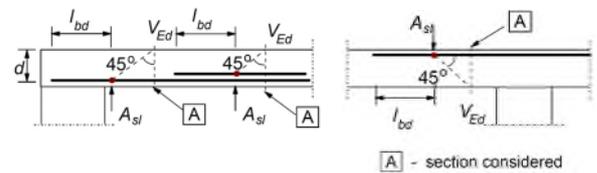
acciaio

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

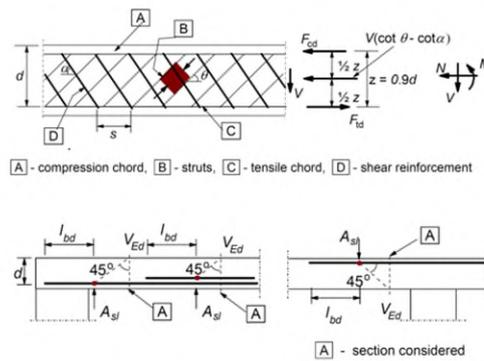
sollecitazioni e verifiche

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}	=	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 15cm ($\theta=22^\circ$)

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
di diametro	$\phi = 14$ mm
passo	s = 15 cm
inclinazione	$\alpha = 90^\circ$
area	$A_{sw} = #####$ cm ²
armatura longitudinale tesa	
numero barre	$n_1 = 42$
di diametro	$\phi_1 = 26$ mm
numero barre	$n_2 = 32$
di diametro	$\phi_2 = 20$ mm
area totale	$A_{sl} = #####$ cm ²
materiali	
calcestruzzo	
resistenza caratt. cilindrica a 28 gg.	$f_{ck} = 24.9$ MPa
coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_c = 1.5$
coeff. effetti a lungo termine	$\alpha_{cc} = 0.85$
tensione di calcolo	$f_{cd} = 14.1$ MPa
coeff. riduzione resistenza bielle	$v = #####$
tensione di calcolo bielle	$v_{fcd} = 7.6$ MPa
acciaio	
tensione caratt. di snervamento	$f_{yk} = #####$ MPa
coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = #####$ MPa

legenda



servizio

α	=	1.571 rad
θ	=	0.384 rad
C_{Rdc}	=	0.12
k	=	1.48
ρ_1	=	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

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	$V_{Rds} = 6293.8$ kN
resistenza bielle calcestruzzo	$V_{Rdmax} = #####$ kN
inclinazione bielle calcestruzzo	$\theta = 22.0^\circ$
sezione	duttile
traslazione armatura long.	$a_l = 87.9$ cm

angolo θ

scelta	imposto
$\theta_{imposto}$	= 22 °
$\theta_{calcolato}$	= 16.1 °
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:

- 8 braccia $\phi 14$ passo 25cm: $V_{rds}/L = 2662/5.45 = 488.6$ kN/m
- 8 braccia $\phi 14$ passo 15cm: $V_{rds}/L = 4437/5.45 = 814.3$ kN/m
- 8 braccia $\phi 14$ passo 15 ($\theta=22^\circ$): $V_{rds}/L = 6293/5.45 = 1154$ kN/m

I diagrammi del taglio resistente a metro lineare così calcolato sono confrontati 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.

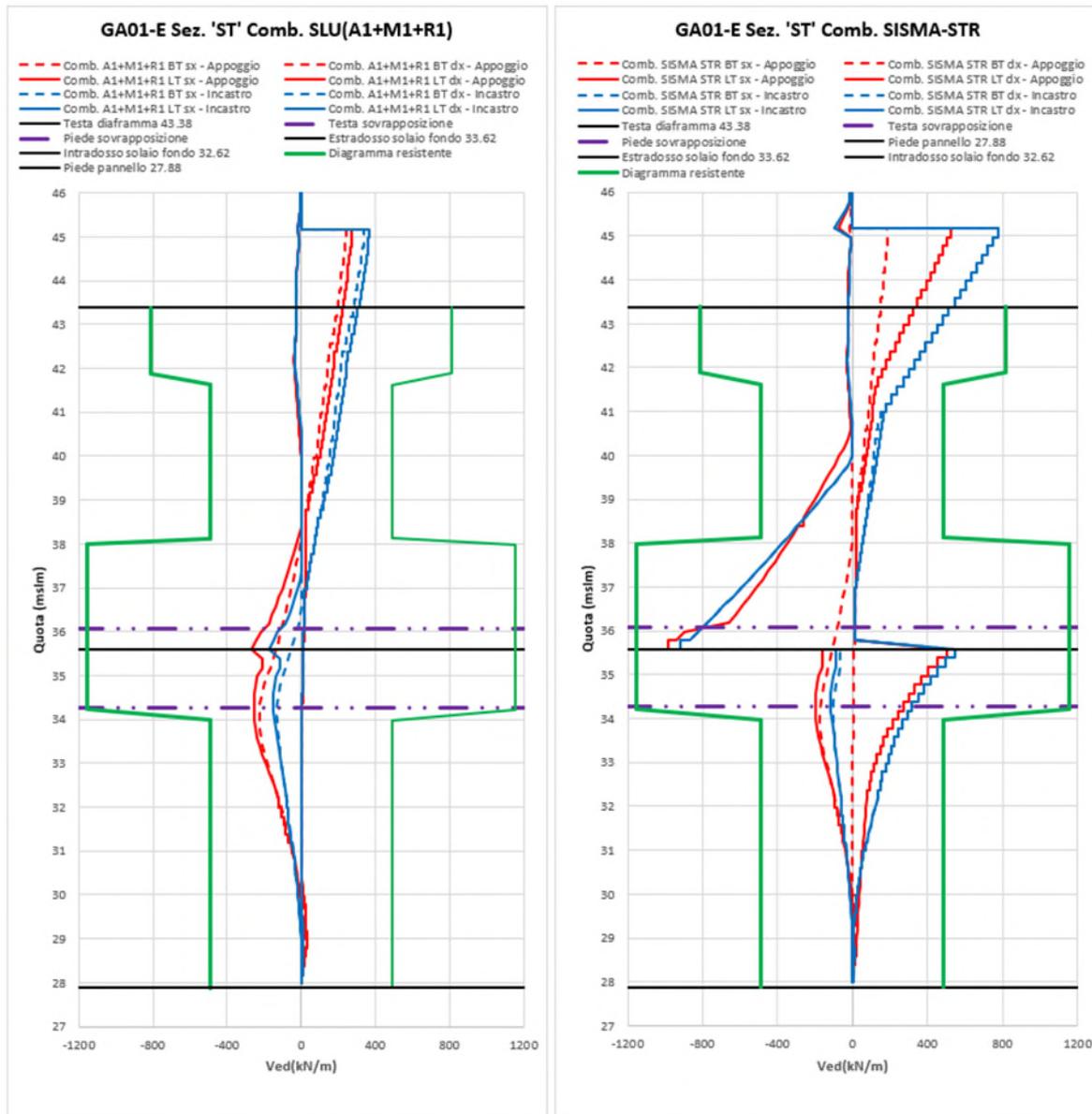


Figura 56 Diaframma ST- Diagramma azioni taglianti e resistenti allo SLU - valori in kN/m

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 206 di 237

11.4 Tipologia armatura 'Tipo 5' (Schema TP-Attr.A4)

11.4.1 Verifiche sollecitazioni flettenti

Nella tabella seguente si riassumono le massime sollecitazioni flettenti ottenute dall'involuppo dei risultati dello schema di calcolo 'TP-Attr.A4' utilizzato per il dimensionamento dell'armatura 'Tipo 5'.

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 50 Sollecitazioni flettenti dimensionanti

INVILUPPO TS-Attr.A4	SLS-rara		SLU	
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)	
Sollecitazioni	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo
	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)
Quota Testa cordolo puntone metallico	0	0	0	0
Quota asse puntone metallico	0	0	0	0
Quota testa paratia (intradosso cordolo)	0	122	0	161
Gabbia 1	879	916	1193	1198
Sovrapposizione	1848	817	2535	1067
Gabbia 2	2358	451	3241	587

11.4.1.1 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.

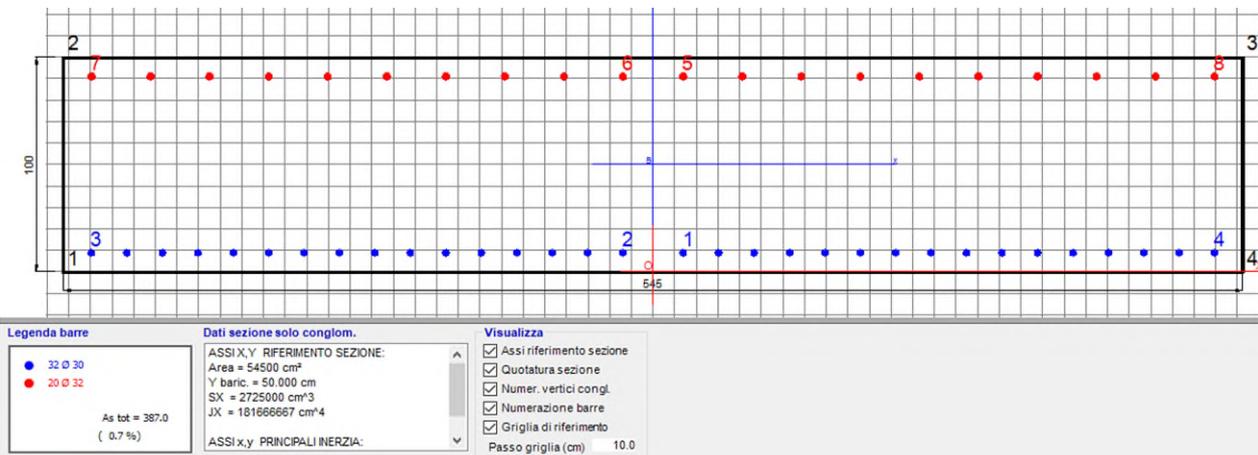
Le verifiche sono effettuate in accordo con il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi secondo i criteri riportati nelle NTC 08 per le strutture in calcestruzzo armato.

11.4.1.1.1 Pannello P1 (base pannello 5.45m)

Tabella 51 Pannello P1 Sollecitazioni di progetto allo SLE e SLU

Sollecitazioni	SLS-rara		SLU	
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.BT (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)
Asse copertura	0	0	0	0
Intradosso copertura	0	0	0	0
Testa diaframma	0	666	0	877
Gabbia 1	4790	4993	6500	6531
Sovrapposizione	10074	4455	13816	5817
Gabbia 2	12851	2458	17665	3197

- Gabbia di armatura No. 1 pancia (Lembo teso lato terra M>0)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 13.4 cm

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	6540.00	0.00	7570.78	1.16	387.0(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	0.00063	13.9	91.0	-0.02560	13.9	8.9

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
GA01-E 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: 35%;">Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014</td> <td style="width: 10%;">Rev. A</td> <td style="width: 25%;">Foglio 208 di 237</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 208 di 237
Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 208 di 237		

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

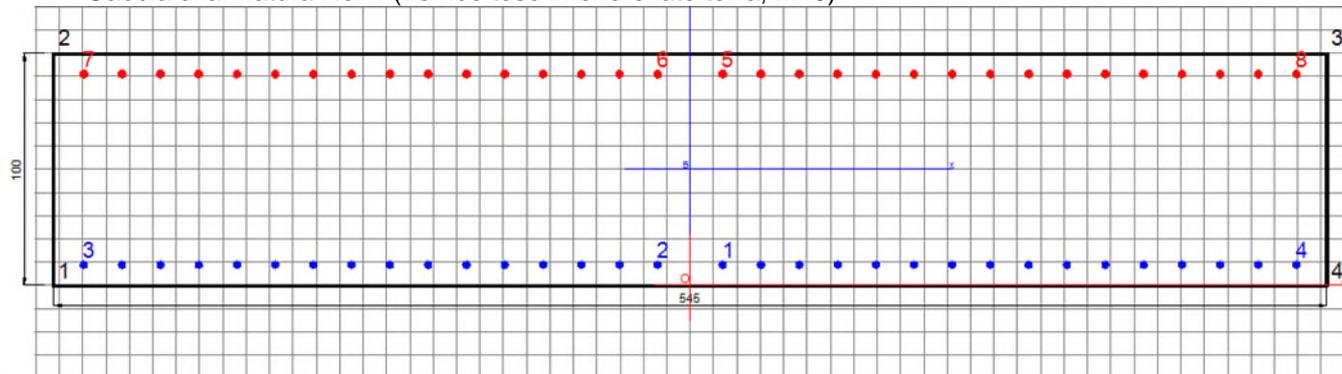
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	5000.00	0.00

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	7.06	-272.5	100.0	-268.2	243.1	8.9	12282	226.2

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



Legenda barre ● 32 Ø 30 ● 32 Ø 32 As tot = 483.6 (0.9 %)	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
--	--	---

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copiferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 13.2 cm

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	-6500.00	0.00	-8564.54	1.32	483.6(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
 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	0.00069	-259.5	8.9	-0.02520	259.5	91.0

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

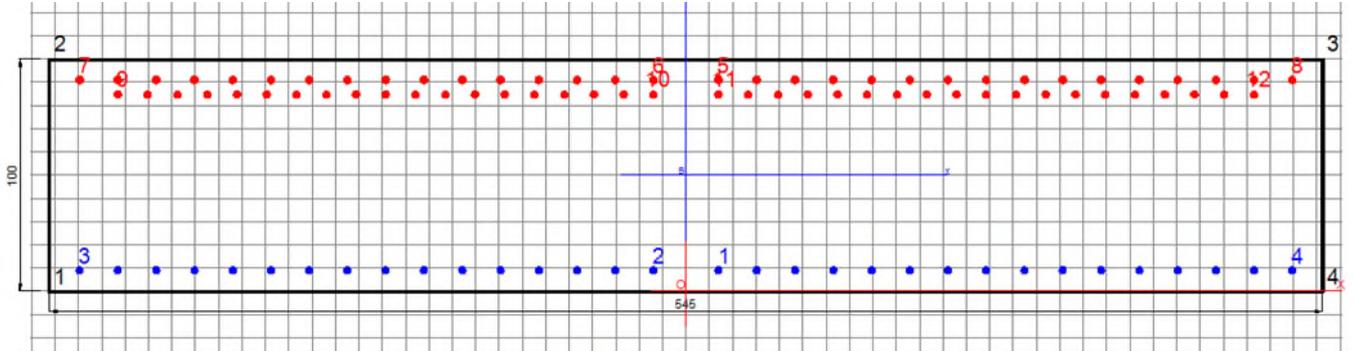
N° Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-4800.00	0.00

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	6.18	-272.5	0.0	-227.0	243.1	91.0	12282	257.4

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



Legenda barre ● 32 Ø 30 ● 70 Ø 32 As tot = 789.2 (1.4 %)	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
--	--	---

 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 211 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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	6000.00	0.00	7818.11	1.30	789.2(163.5)
2	S	0.00	-15800.00	0.00	-17352.01	1.10	789.2(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
 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	0.00101	13.9	91.0	-0.02165	13.9	9.0
2	0.00350	-272.5	0.0	0.00201	-259.5	9.0	-0.01160	259.5	91.0

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	4600.00	0.00
2	0.00	-11500.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 212 di 237

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	5.56	-272.5	100.0	-248.3	243.1	9.0	12282	226.2
2	S	12.25	-272.5	0.0	-284.3	243.1	91.0	11514	563.0

11.4.1.1.2 Pannello S1 (base pannello 5.0m)

Tabella 52 Pannello S1 Sollecitazioni di progetto allo SLE e SLU

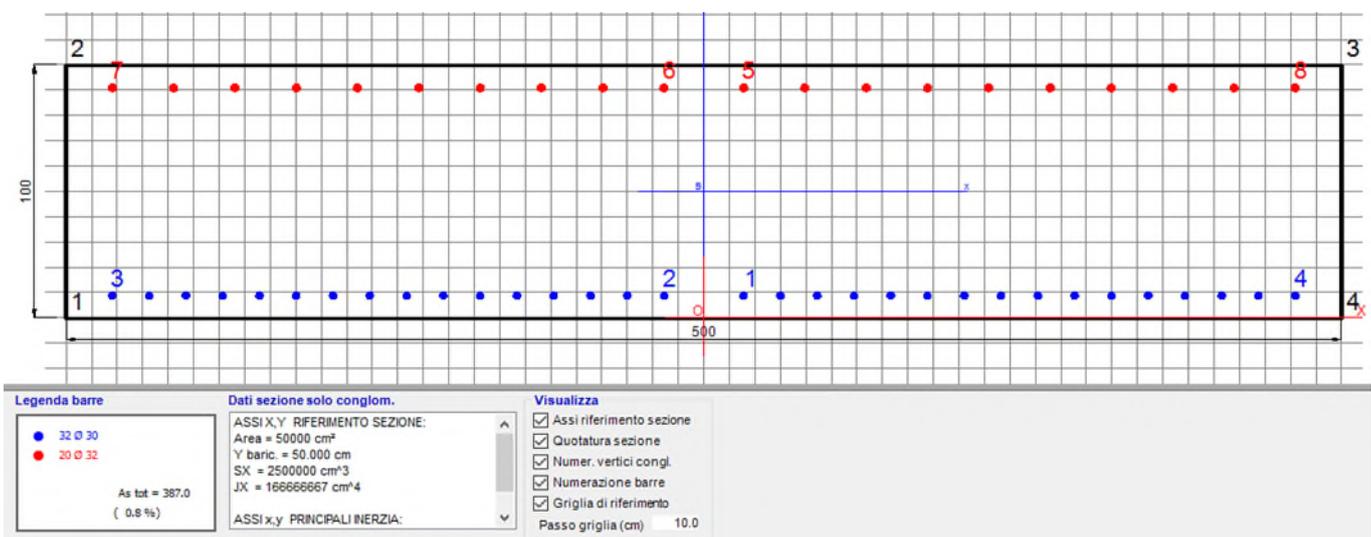
S1

I

5.00 m

Sollecitazioni	SLS-rara		SLU	
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)	
	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo
	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)	(kN*m/m)
Asse copertura	0	0	0	0
Intradosso copertura	0	0	0	0
Testa diaframma	0	611	0	805
Gabbia 1	4394	4581	5964	5992
Sovrapposizione	9242	4087	12676	5337
Gabbia 2	11790	2255	16206	2933

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



 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 213 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.4 cm

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 dis.(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 dis.(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	6000.00	0.00	7544.74	1.26	387.0(150.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 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	0.00073	15.6	91.0	-0.02457	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

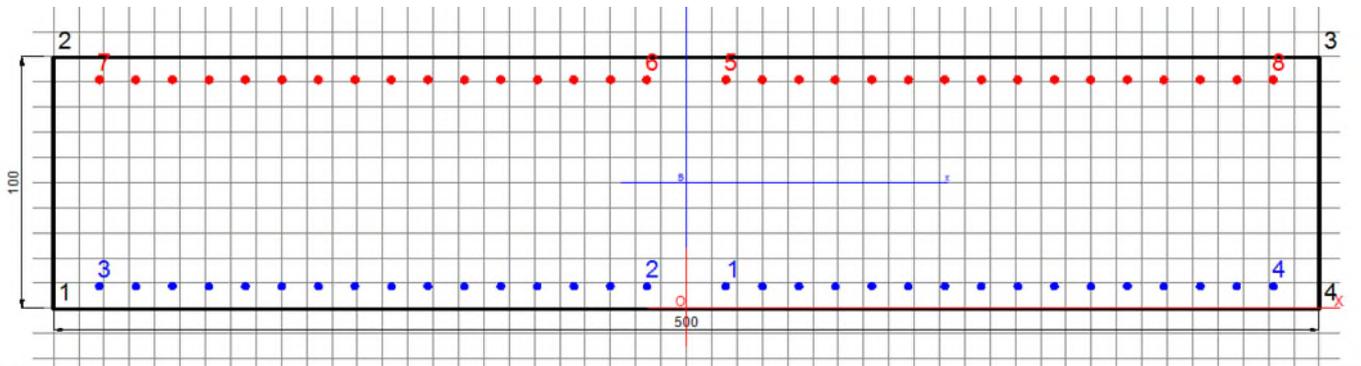
N° Comb.	N	Mx	My
1	0.00	4590.00	0.00

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 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	6.78	-250.0	100.0	-246.8	217.5	8.9	11262	226.2

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



Legenda barre <ul style="list-style-type: none"> ● 32 Ø 30 ● 32 Ø 32 <p>As tot = 483.6 (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
--	--	---

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 215 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copiferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.2 cm

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	-6000.00	0.00	-8539.12	1.42	483.6(150.0)

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.)
 Xs min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Ys min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es max Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 Xs max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Ys 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	0.00078	-231.9	8.9	-0.02435	231.9	91.0

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

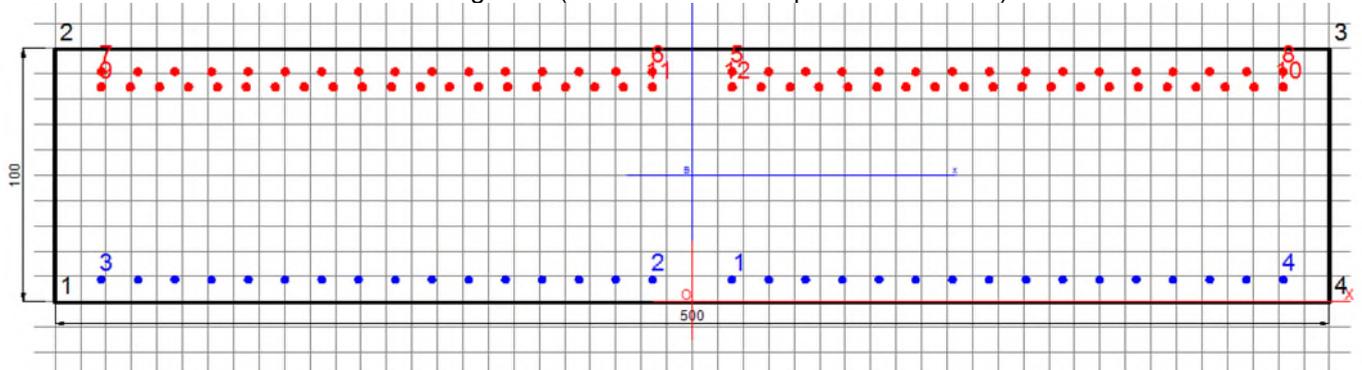
N° Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-4400.00	0.00

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	5.92	-250.0	0.0	-208.5	217.5	91.0	11268	257.4

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



<p>Legenda barre</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 32 Ø 30 ● 72 Ø 32 <p>As tot = 805.3 (1.6 %)</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>
---	--	---

 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANI
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 217 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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. 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	-14500.00	0.00	-17667.21	1.22	805.3(150.0)

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
 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	0.00221	-231.9	8.9	-0.00972	231.9	91.0

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	-10550.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 218 di 237

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)
 Aceff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 Aseff. 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	Aceff.	Aseff.
1	S	11.70	-250.0	0.0	-255.6	217.5	91.0	10563	579.1

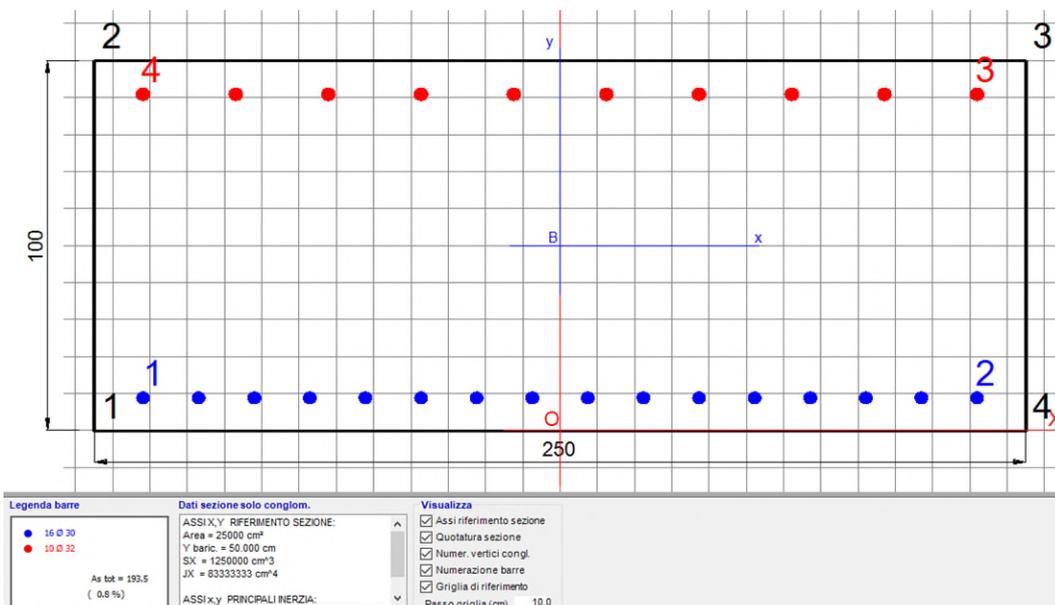
11.4.1.1.3 Pannello P2 e S2 Pannelli primari e secondari (base pannello 2.5 m)

Tabella 53 Pannello P2 S2 Sollecitazioni di progetto allo SLE e SLU

P2-S2 I 2.50 m

Sollecitazioni	SLS-rara		SLU	
	Inv.BT (Diafr.)		Inv.BT (Diafr.)	
	Valore lato Terra	Valore lato Scavo	Valore lato Terra	Valore lato Scavo
Asse copertura	0	0	0	0
Intradosso copertura	0	0	0	0
Testa diaframma	0	305	0	402
Gabbia 1	2197	2290	2982	2996
Sovrapposizione	4621	2044	6338	2669
Gabbia 2	5895	1127	8103	1467

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



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 219 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.9 cm

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 [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	3000.00	0.00	3772.48	1.26	193.5(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	100.0	0.00073	111.9	91.0	-0.02457	-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

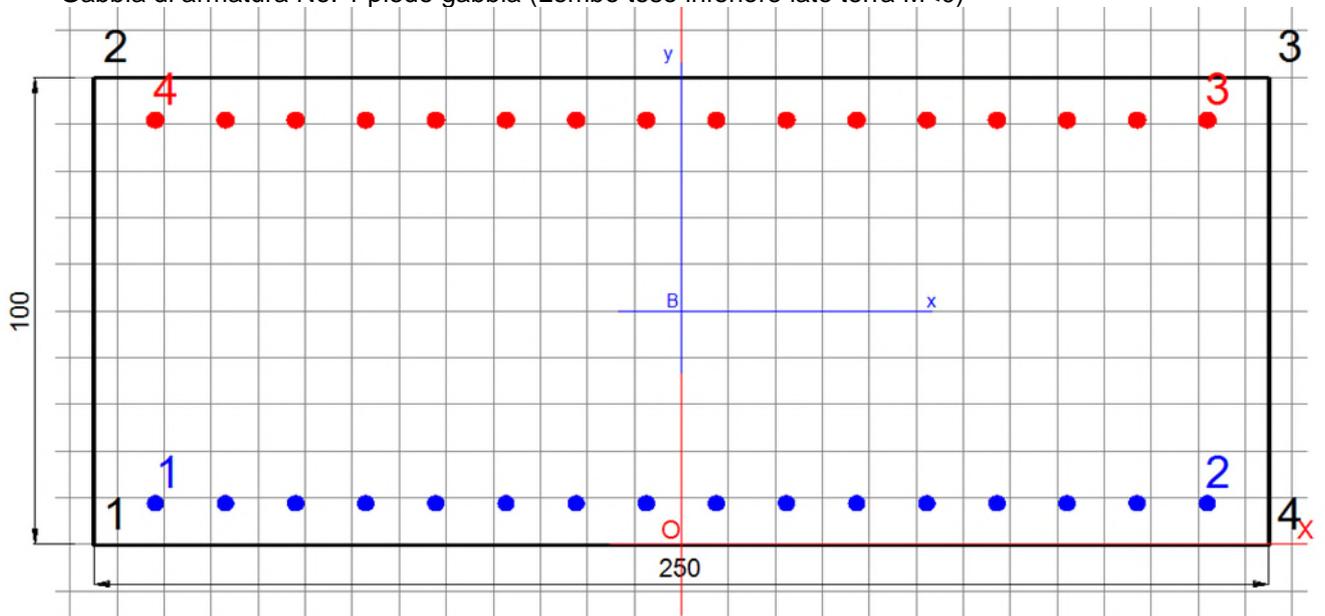
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2300.00	0.00

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	6.79	-125.0	100.0	-247.4	97.0	8.9	5634	113.1

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



Legenda barre ● 16 Ø 30 ● 16 Ø 32 As tot = 241.8 (1.0 %)	Dati sezione solo conglom. ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE: Area = 25000 cm ² Y baric. = 50.000 cm SX = 1250000 cm ³ JX = 83333333 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
--	---	---

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17 Lotto 11 Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014 Rev. A Foglio 221 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copiferro netto minimo barre longitudinali: 7,4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 11,7 cm

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)
 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	-3000.00	0.00	-4269.56	1.42	241.8(75.0)

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
 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	0.00078	-111.9	8.9	-0.02435	111.9	91.0

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

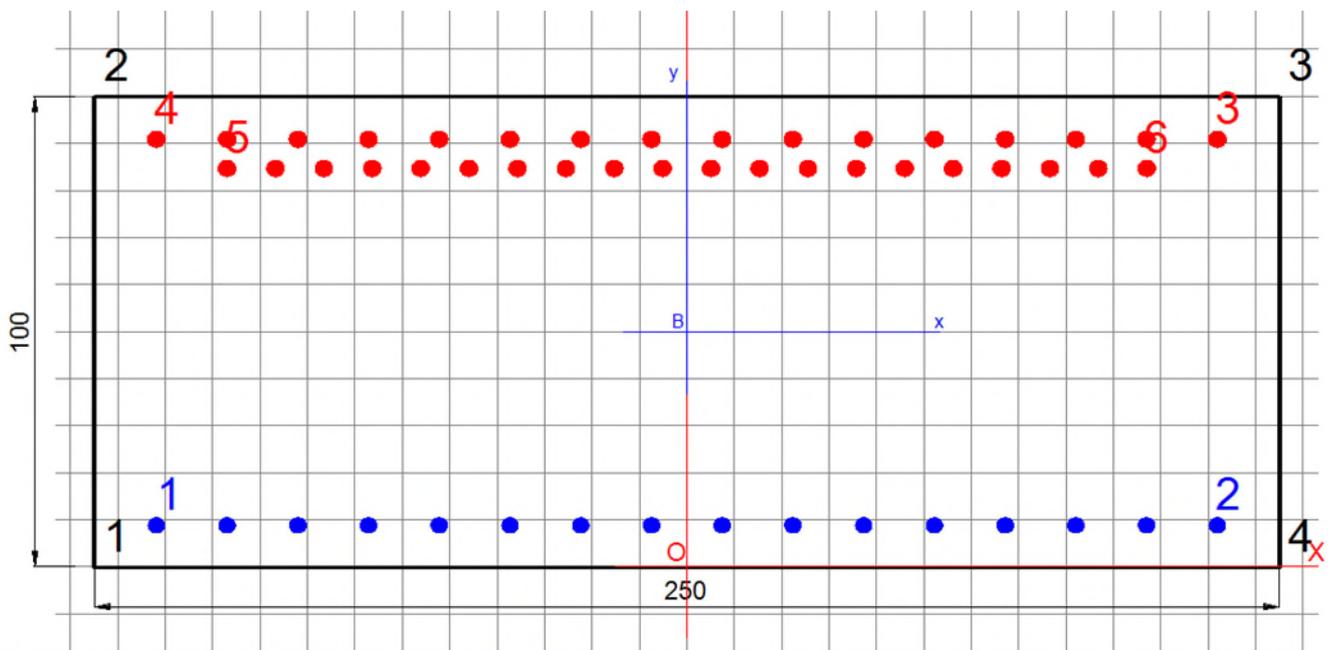
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-2200.00	0.00

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 (sistema 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	5.92	-125.0	0.0	-208.5	-97.0	91.0	5634	128.7

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



Legenda barre	Dati sezione solo conglom.	Visualizza
<ul style="list-style-type: none"> ● 16 Ø 30 ● 36 Ø 32 <p>As tot = 402.6 (1.6 %)</p>	<p>ASSI X,Y RIFERIMENTO SEZIONE:</p> <p>Area = 25000 cm² Y baric. = 50.000 cm SX = 1250000 cm³ JX = 83333333 cm⁴</p> <p>ASSI x,y PRINCIPALI INERZIA:</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-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO

Progetto
IN17Lotto
11Codifica Documento
E12 CL GA 01 E4 0014Rev.
AFoglio
223 di 237

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = comb. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione dis. (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 dis. (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	-7250.00	0.00	-8833.68	1.22	402.6(75.0)

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
 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	0.00221	-111.9	8.9	-0.00972	111.9	91.0

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	-5300.00	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	11.76	-125.0	0.0	-256.8	-97.0	91.0	5282	289.5

11.4.2 Verifiche sollecitazioni taglianti

Nella tabella seguente si riassume le massime sollecitazioni taglianti ottenute dall'involuppo dei risultati dello schema di calcolo 'TP-Attr.A4' utilizzato per il dimensionamento dell'armatura 'Tipo 5'.

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

- sollecitazioni testa diaframma riferite ad asse cordolo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 224 di 237

- 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 54 Sollecitazioni taglianti dimensionanti

	Inviluppo A1+M1+R1	
	Taglio	
	Inv.BT (Diafr.)	
	Valore lato terra (kN/m)	Valore lato scavo (kN/m)
Sollecitazioni Taglianti		
Q.ta asse puntone	0	230
Q.ta intr. cordolo puntello	0	230
Gabbia di armatura No.1	474	230
Sovrapposizione Gabbia No.1-No.2	886	3
Q.ta estradosso solaio fondo	474	2
Asse solaio di fondo	1002	971
Q.ta intradosso solaio fondo	707	850
Gabbia 2	1002	971

11.4.2.1 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.

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

4. Armatura trasversale composta da nr. 4 braccia $\phi 14$, passo 25cm
5. Armatura trasversale composta da nr. 4 braccia $\phi 14$, passo 15cm
6. Armatura trasversale composta da nr. 4 braccia $\phi 14$, passo 15cm ($\theta=22^\circ$)

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

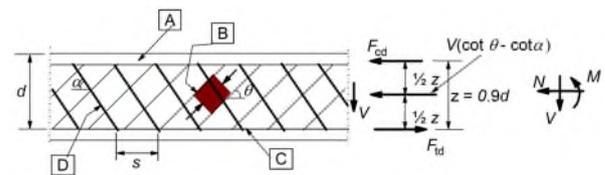
calcestruzzo

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

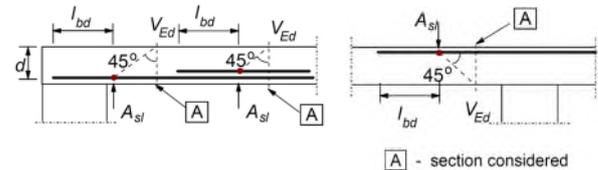
acciaio

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

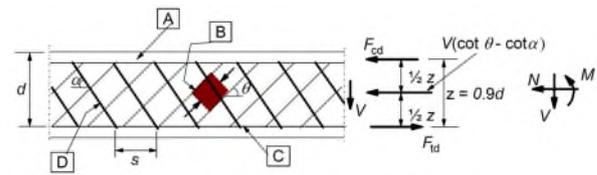
calcestruzzo

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

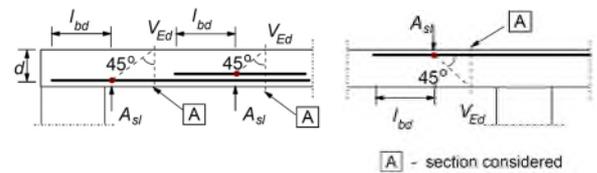
acciaio

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

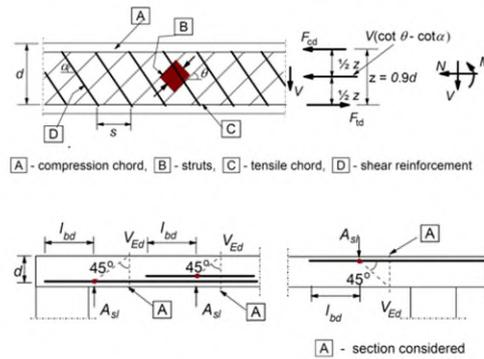
sollecitazioni e verifiche

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 15cm ($\theta=22^\circ$)

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 = 15 cm
inclinazione	α = 90 °
area	A _{sw} = ##### 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 _{sl} = ##### 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 = #####
tensione di calcolo bielle	v _{fcd} = 7.6 MPa
acciaio	
tensione caratt. di snervamento	f _{yk} = ##### MPa
coeff. parziale di sicurezza	γ_s = 1.15
tensione di snervamento di calcolo	f _{yd} = ##### MPa

legenda



servizio

α	=	1.571 rad
θ	=	0.384 rad
C _{Rdc}	=	0.12
k	=	1.48
ρ_1	=	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

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}	=	6293.8 kN
resistenza bielle calcestruzzo	V _{Rdmax}	=	##### kN
inclinazione bielle calcestruzzo	θ	=	22.0 °
sezione			duttile
traslazione armatura long.	a _l	=	87.9 cm

angolo θ

scelta	imposto
$\theta_{imposto}$	= 22 °
$\theta_{calcolato}$	= 16.1 °
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:

- 8 braccia $\phi 14$ passo 25cm: $V_{Rds}/L = 2662/5.45 = 488.6$ kN/m
- 8 braccia $\phi 14$ passo 15cm: $V_{Rds}/L = 4437/5.45 = 814.3$ kN/m
- 8 braccia $\phi 14$ passo 15 ($\theta=22^\circ$): $V_{Rds}/L = 6293/5.45 = 1154$ kN/m

I diagrammi del taglio resistente a metro lineare così calcolato sono confrontati 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.

GA01-E Sez. 'TP-Atr.A4' Comb. A1+M1+R1

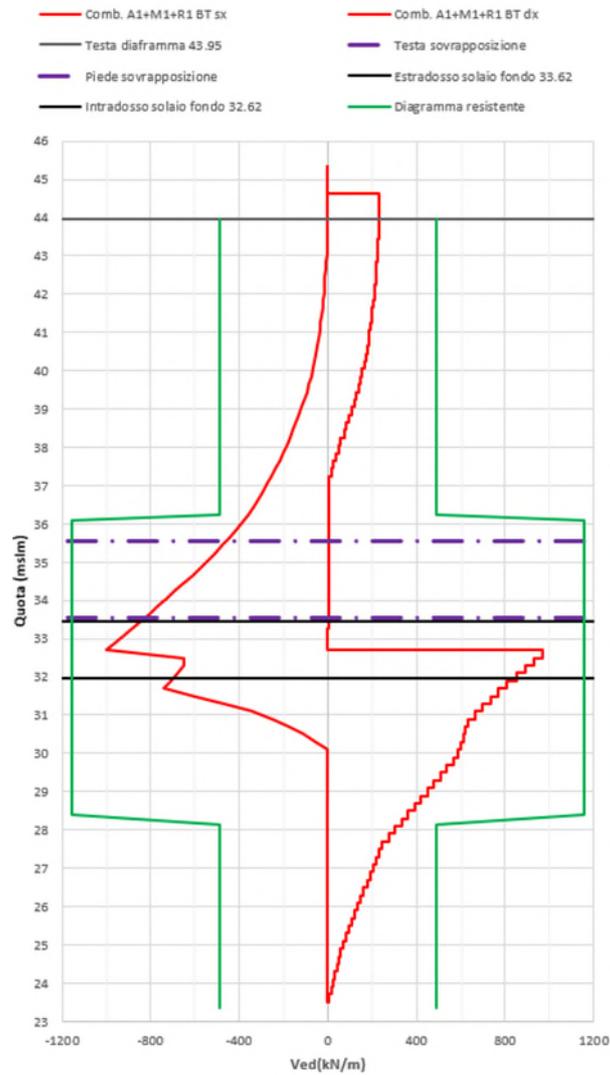


Figura 57 Diaframma ST- Diagramma azioni taglianti e resistenti allo SLU - valori in kN/m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 229 di 237

12 OPERE PROVVISORIALI DI PRESIDIO

12.1 Inquadramento delle opere provvisorie della WBS GA01-E

Per la realizzazione degli scavi necessari alla realizzazione della galleria artificiale GA01-E è prevista 1 opera di sostegno a presidio delle preesistenze che si pongono in adiacenza all'impronta planimetrica della galleria stessa. Tali opere consentono di limitare le deformazioni conseguenti agli scavi della galleria e al fine di garantire la funzionalità anche durante tutte le fasi di lavorazione.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con l'indicazione delle principali caratteristiche geometriche delle opere da realizzare nella tratta in esame:

Tabella 55 Sollecitazioni flettenti dimensionanti

Opera Provvisoria	Tipologia di opera	Pk. Inizio [km]	Pk. Fine [km]	Altezza max scavo [m]	Opere a tergo [-]
D	Palancola metallica PU28	≈6+330	≈6+400	≈3.60	Rilevato Autostradale

Per la realizzazione delle opere in oggetto è stato considerato il quadro geotecnico e stratigrafico definito nel paragrafo seguente. La quota di falda di breve termine si trova al di sotto della quota di scavo prevista per la realizzazione della soletta di copertura della GA01-E interessata dalla presenza dell'opera.

L'opera è da intendersi come provvisoria; pertanto, le analisi sismiche non vengono eseguite in quanto essa ha durata prevista in progetto inferiore a 2 anni.

12.2 Opera provvisoria D

12.2.1 Descrizione dell'opera

L'opera provvisoria D è realizzata tramite una palancolata metallica costituita da profili PU28 di profondità 8m: essa è realizzata al piede del rilevato esistente dello svincolo autostradale Verona Est dell'Autostrada A4. Al fine di poter realizzare l'opera provvisoria, in oggetto necessaria per sostenere lo scavo di sbancamento per la realizzazione della galleria artificiale, la rotatoria dovrà essere riconfigurata come indicato in rosso nello stralcio planimetrico seguente.

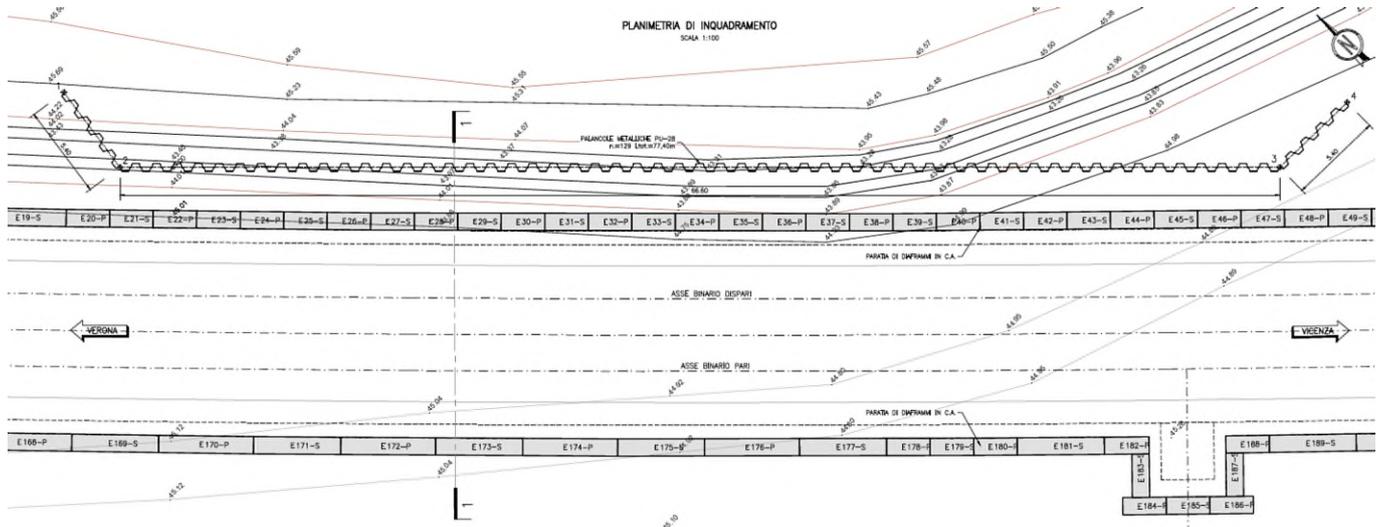


Figura 58 Planimetria di inquadramento – Opera Provvisoriale E

Sono di seguito riportate le principali caratteristiche della struttura e del modello sviluppato per le analisi di verifica dell'opera. La sezione tipo di verifica è riportata nella figura successiva.

Tabella 56 Riassunto caratteristiche geometriche e sovraccarichi – Opera Provvisoriale E

RIASSUNTO CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E SOVRACCARICHI – OPERA PROVV. E	
Tipologia di struttura di sostegno	Palancona metallica PU28
Altezza totale paratia	8.0 m
Altezza totale scavo	3.6 m
Inclinazione piano campagna monte/valle	0°/0°
Sovraccarichi permanenti monte/valle	Sovraccarico indotto dal rilevato esistente/0
Sovraccarichi variabili monte/valle	20 kPa/0

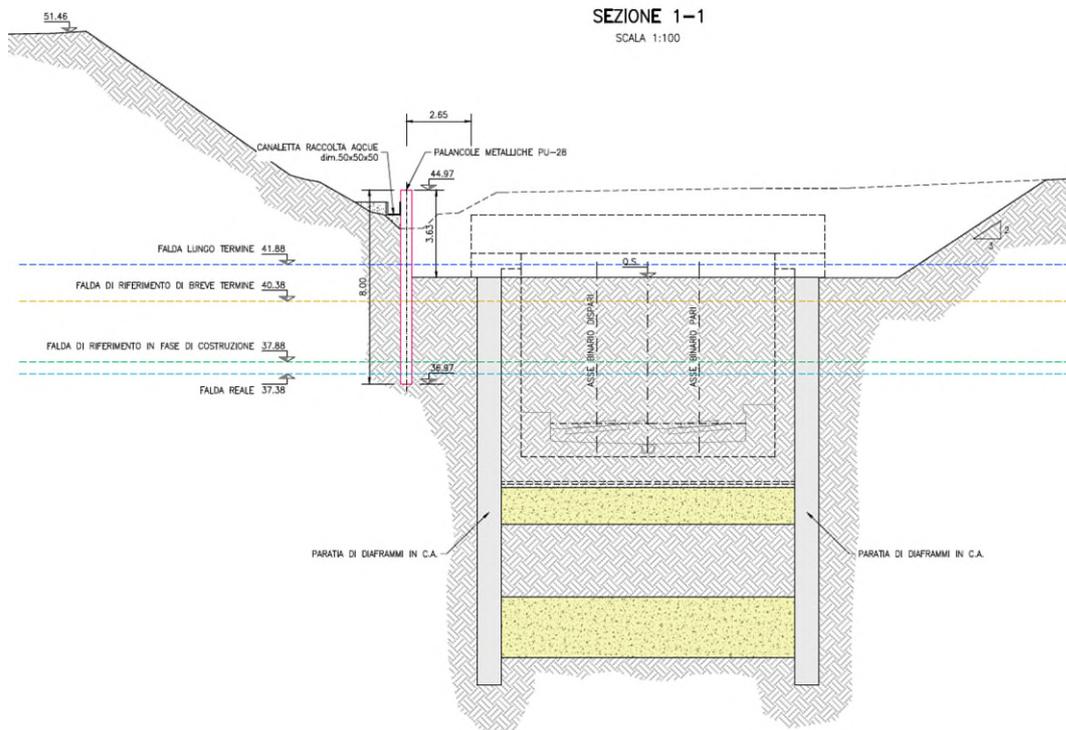


Figura 59 Sezione trasversale in corrispondenza opera provvisoria E

12.2.2 Modello di calcolo

La figura seguente riporta la stratigrafia e il modello di calcolo sviluppato con ParatiePlus 2020.

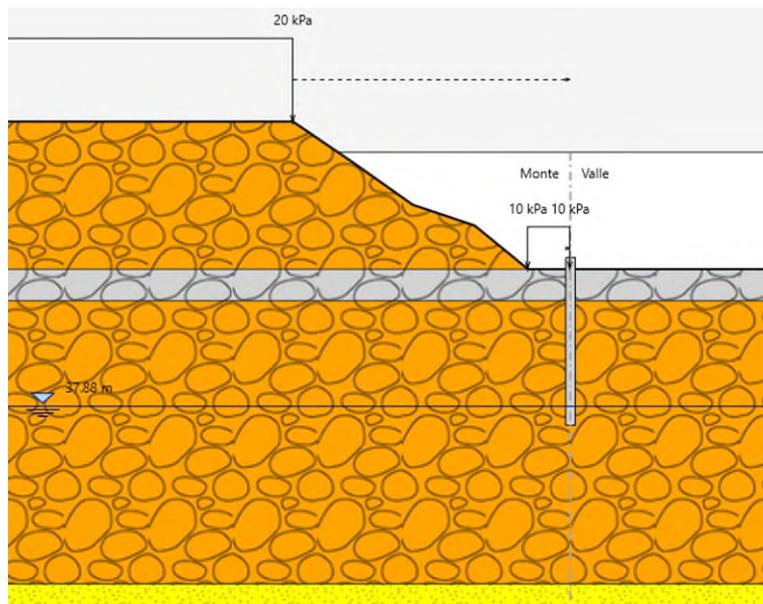


Figura 60 Modello di calcolo implementato nel software Paratie Plus 2020

La stratigrafia e i parametri geotecnici adottati nelle elaborazioni sono riportati nella figura seguente. In particolare, si è fatto riferimento alla successione stratigrafica riportata nel profilo geotecnico generale di cui al § 4.5.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 232 di 237

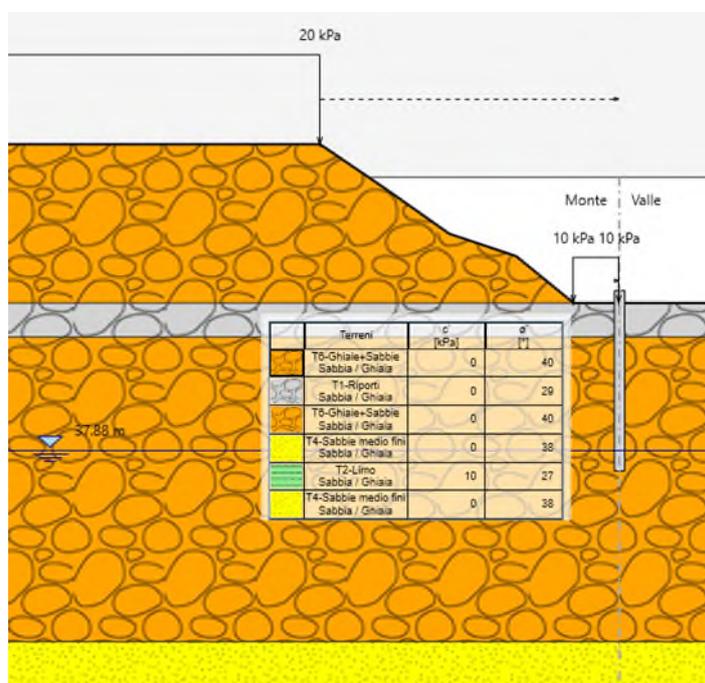


Figura 61 Stratigrafia di calcolo adottata nel modello

I coefficienti di spinta corrispondenti allo stato attivo e passivo sono valutati dal programma di calcolo a partire dai parametri geotecnici. In particolare, i coefficienti di spinta attiva (k_a) sono calcolati secondo la formulazione di Coulomb, considerando un angolo di attrito terreno/calcestruzzo (δ) pari a $2/3 \phi'$; i coefficienti di spinta passiva (k_p) sono calcolati secondo la formulazione di Lancellotta (2007), considerando un angolo di attrito terreno/calcestruzzo (d) pari a $2/3 \phi'$.

12.2.3 Descrizione delle fasi di calcolo

Le fasi di calcolo considerate nelle elaborazioni sono le seguenti:

- *fase 0 – fase geostatica iniziale*
 - tutte le unità geotecniche in condizioni drenate;
- *fase 1 – realizzazione della palancola PU28*
 - applicazione sovraccarico accidentale a monte della paratia (il carico accidentale indotto dal traffico stradale in sommità al rilevato è stato assunto per pari a 20kPa)
- *fase 2 – scavo a -3.6 m*
- *fase 3 – innalzamento della falda dal livello di costruzione a quello di breve termine*

12.2.4 Sintesi risultati allo SLE – Spostamenti

Nel seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di deformata della paratia (Combinazione SLE rara), per la fase di calcolo 2.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 233 di 237

Il massimo spostamento a testa palancola è pari a circa 12 mm; con riferimento alle indicazioni contenute nella relazione IN1711E12RHGA0100001A relativa ai criteri generali di dimensionamento delle opere è possibile stimare per il cinematismo a sbalzo in questione un cedimento massimo a tergo paratia dell'ordine di:

$$\frac{S_{v,max}}{S_{w,max}} = 0.64$$

Da cui si ottiene un cedimento massimo $S_{v,max}$ a piano campagna dell'ordine massimo di circa 8 mm; l'ampiezza della fascia di subsidenza per lo scavo in questione è stimabile in circa 10 m; i cedimenti attesi si esauriscono quindi in massima parte prima del ciglio della carreggiata della tangenziale.

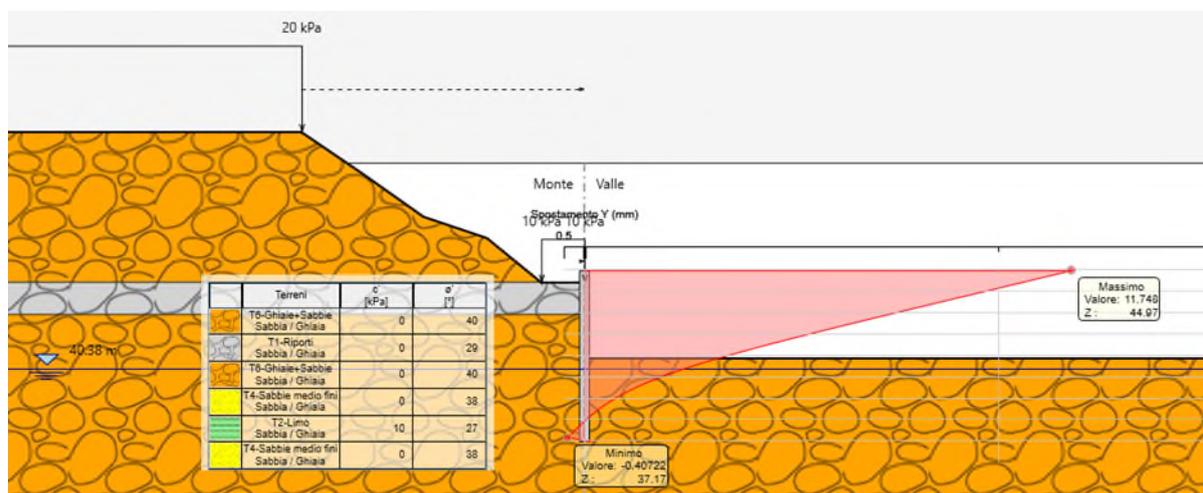


Figura 62 Spostamenti della paratia in condizione SLE – falda di breve termine

12.2.5 Sintesi risultati analisi strutturale

Nella seguente si riassumono i valori massimi di azione tagliante e flettente sulla palancola, mentre nelle figure successive sono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di:

- Azione flettente (SLU in approccio 1 – Combinazione 1);
- Azione tagliante (SLU in approccio 1 – Combinazione 1);

Tabella 57 SLU A1+M1+R1: Sollecitazioni agenti a metro lineare

Fase	M SLE [kNm/m]	M SLU [kNm]	V [kN]
3	70	130	80

Le immagini seguenti riportano le massime sollecitazioni allo SLU sul palo (momento flettente +taglio), nella fase di calcolo finale.

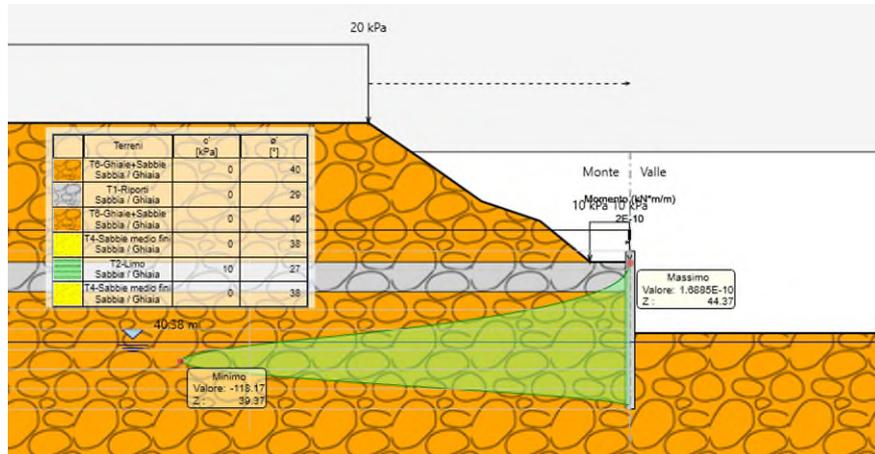


Figura 63 Sollecitazioni flettenti SLU A1+M1+R1 – falda di breve termine

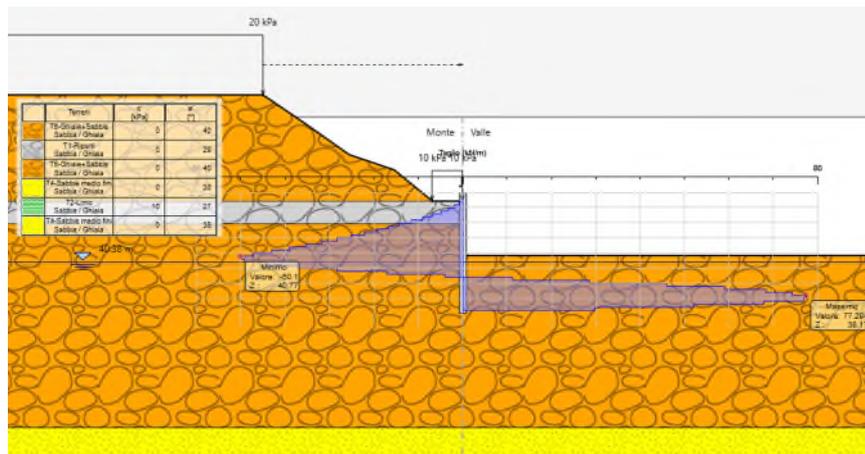


Figura 64 Sollecitazioni taglianti SLU A1+M1+R1 – falda di breve termine

12.2.6 Verifiche allo SLU di tipo STR

Le sezioni delle palancole risultano verificate. Nel seguito si riportano le verifiche strutturali svolte nei confronti delle massime sollecitazioni derivanti dagli involuipi agli SLU.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento EI2 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 235 di 237

Risultati dell'analisi

					z [m]
Sez 1	Momento massimo	$M_{MAX} =$	130.0	[kNm/m]	
Sez 2	Taglio massimo	$V_{MAX} =$	80.0	[kN/m]	
max	Momento	$M_{SEZ3} =$	130.0	[kNm/m]	-
	Taglio	$V_{SEZ3} =$	80.0	[kN/m]	-

Verifica di resistenza

Tens. normale ortogonale all'asse	$\sigma_{x,Ed}$	46	[MPa]
Tens. normale parallela all'asse della membratura	$\sigma_{z,Ed}$	0	
Tens. Tangenziale nel piano della membratura	$\tau_{,Ed}$	20	[MPa]
(§5.2.2 - prEN 1993-5:2006)	β_W	1.0	
	β_I	1.0	
	$\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \tau_{Ed}^2 =$	3284	[MPa]
	$\sigma_{id} =$	57	
	γ_{M0}	1.05	
	f_{yk}/γ_{M0}	338	[MPa]

Verifica di resistenza ok 57.3 < 338

Resistenze di calcolo

$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$	$M_{pl,Rd} = 1105.2$	[kNm/m]	ok
$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$	$M_{c,Rd} = 960.2$	[kNm/m]	ok
$V_{Ed} \leq V_{p,Rd}$	$V_{c,Rd} = 865$	[kNm/m]	ok

12.2.7 Verifica allo SLU di tipo GEO

12.2.7.1 Verifica di stabilità globale

La verifica di stabilità globale dell'opera provvisoria deve essere condotta in accordo all'approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R1). Nella figura seguente è riportato il risultato delle verifiche in accordo con il metodo di Janbu. L'analisi di stabilità risulta essere soddisfatta con un coefficiente di sicurezza di 1.1.

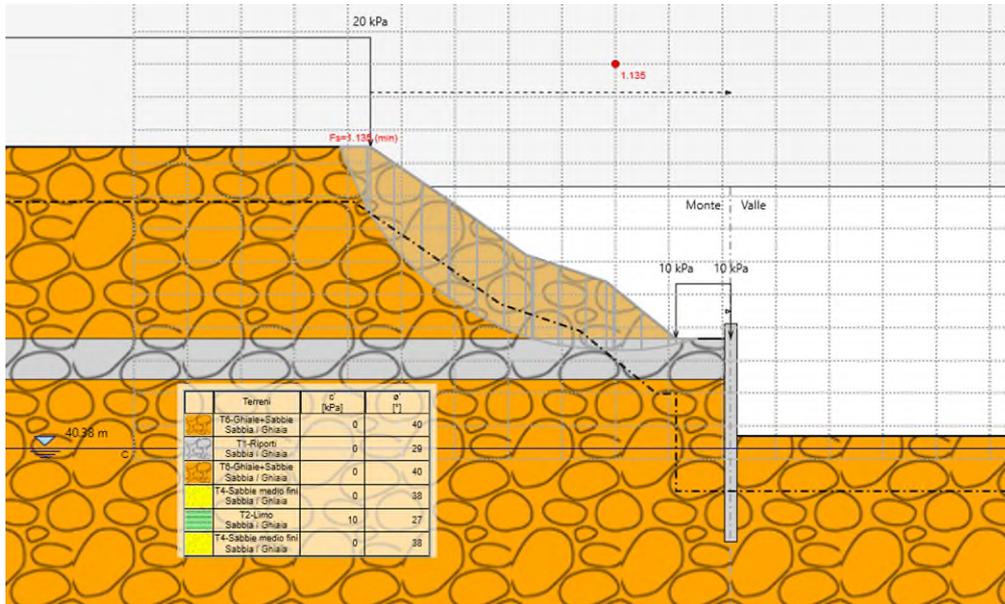


Figura 65 Opera Provvisoria E – risultati stabilità globale Comb. A2+M2+R1

12.2.7.2 Verifica delle spinte a valle della paratia

La verifica delle spinte a valle della paratia è condotta in accordo all'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R1). Nella seguente figura si mostrano la risultante delle spinte agenti sulla paratia relativi all'ultima fase di calcolo (Fase 2), in particolare deve risultare che la spinta mobilitata a valle (Spinta reale efficace), moltiplicata per il coefficiente $gF = 1.0$, sia inferiore alla resistenza del terreno (Massima spinta ammissibile) corrispondente alla spinta passiva divisa per il coefficiente di resistenza $gR = 1.0$.

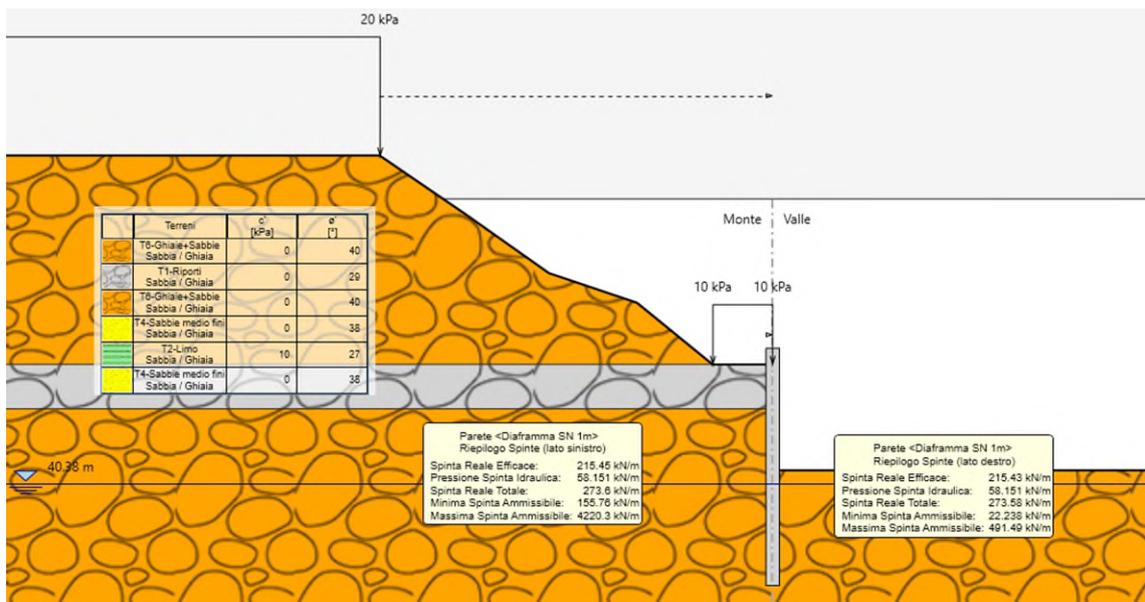


Figura 66 Risultati spinte paratia Comb. A2+M+R1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
GA01-E OPERE SOSTEGNO DEGLI SCAVI E TAMPONE DI FONDO	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica Documento E12 CL GA 01 E4 0014	Rev. A	Foglio 237 di 237

13 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. IN1711E12RHGA0100002A).