

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

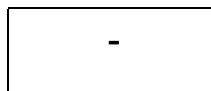
PROGETTO DEFINITIVO

**NODO DI TORINO
COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO
PORTA NUOVA**

**OPERE CIVILI – GALLERIA ARTIFICIALE
GA01**

RELAZIONE DI CALCOLO

SCALA:



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

NT0P 00 D 26 CL GA0100 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	V. PEISINO	Apr. 2019	V.A. MANITTA <i>[Signature]</i>	Mag. 2019	G. DE MICHELE <i>[Signature]</i>	Mag. 2019	ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD F. DE MICHELE Det. Ing. Francesco Cchi MACB/02/04 Ordine degli Ingegneri della Provincia Roma n. 23172 Sez. 7	

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	7
2. NORMATIVA E RIFERIMENTI.....	10
2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	10
2.2 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO.....	10
2.3 SOFTWARE UTILIZZATI.....	10
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
3.1 ACCIAIO PER ARMATURE LENTE.....	11
3.2 ACCIAIO PER C.A.P. IN TREFOLI	11
3.3 CALCESTRUZZO.....	11
<i>Calcestruzzo per impalcato.....</i>	<i>11</i>
<i>Calcestruzzo, elevazioni e cordolo di coronamento paratia.....</i>	<i>12</i>
<i>Calcestruzzo per pali e solettone di fondazione</i>	<i>13</i>
4. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	14
5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	16
5.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	16
5.2 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	16
6. GALLERIA ARTIFICIALE – DOPPIA CANNA.....	18
6.1 GENERALITÀ	18
6.2 METODO DI CALCOLO.....	19
6.2.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA E DEI VINCOLI.....	19
6.2.2 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DEI VINCOLI	19
6.2.3 SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI	19

6.2.4	MODELLAZIONE DEI MATERIALI	20
6.2.5	TIPO DI ANALISI.....	20
6.2.6	INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	20
6.2.7	GRADO DI AFFIDABILITÀ DEL CODICE	20
6.2.8	MOTIVAZIONE DELLA SCELTA DEL CODICE.....	20
6.2.9	VALUTAZIONE DELLA CORRETTEZZA DEL MODELLO.....	21
6.2.10	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	21
6.3	GEOMETRIA DEL MODELLO.....	21
6.4	ANALISI DEI CARICHI	26
6.5	COMBINAZIONI DI CARICO.....	34
6.6	SOLLECITAZIONI AGENTI.....	39
6.7	SPOSTAMENTI RISULTANTI	43
7.	IMPALCATO.....	47
7.1	VERIFICHE DELLE TRAVI – VARO TRAVI ENTRO 90GG	47
7.1.1	VERIFICA SEMITRAVE – L=13,45 M.....	51
7.1.2	VERIFICA SEMITRAVE – L=11,50 M.....	59
7.2	VERIFICHE TRAVI – VARO TRAVI A CADUTE AVVENUTE	65
7.2.1	VERIFICA SEMITRAVE – L=13,45 M.....	65
7.2.2	VERIFICA SEMITRAVE – L=11,50 M.....	72
7.3	VERIFICHE TESTATE TRAVI	77
7.3.1	SCORRIMENTO ALA INFERIORE	77
7.3.2	TENSIONE DI FENDITURA (BURSTING)	78

7.3.3	TENSIONE DI DIFFUSIONE (SPREADING)	80
7.3.4	TENSIONE DI TRAZIONE AL BORDO (SPALLING)	80
7.3.5	ARMATURE LONGITUDINALI IN APPOGGIO.....	82
7.4	ARMATURA TRAVI E NODI.....	83
8.	PIEDRITTI.....	84
9.	CAPACITA' PORTANTE DEI PALI.....	89
10.	SOLETTONE DI FONDAZIONE	93
10.1	GENERALITÀ	93
10.2	METODO DI CALCOLO	94
10.2.1	SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA E DEI VINCOLI	94
10.2.2	SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI	96
10.2.3	MODELLAZIONE DEI MATERIALI	96
10.2.4	TIPO DI ANALISI	96
10.2.5	INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	97
10.2.6	GRADO DI AFFIDABILITÀ DEL CODICE	98
10.2.7	VALUTAZIONE DELLA CORRETTEZZA DEL MODELLO	98
10.2.8	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	98
10.3	MODELLO STRUTTURALE	98
10.4	ANALISI DEI CARICHI	100
10.5	COMBINAZIONI DI CARICO	101
10.6	VERIFICHE STRUTTURALI GUSCI	101
10.7	SPOSTAMENTI VERTICALI ATTESI	113

11. PARATIA DI SOSTEGNO	114
11.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA DI SOSTEGNO	114
11.2 COMBINAZIONI DI CARICO	115
11.2.1 COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - SLU	116
11.2.2 COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE.....	117
11.3 CRITERI DI VERIFICA DELLA PARATIA	117
11.3.1 VERIFICHE GEOTECNICHE	117
<i> Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera</i>	<i>117</i>
<i> Interazione terreno-struttura</i>	<i>118</i>
11.3.2 VERIFICHE STRUTTURALI.....	119
<i> Verifica agli stati limite ultimi per pressoflessione e taglio</i>	<i>119</i>
<i> Verifica agli stati limite di esercizio</i>	<i>121</i>
11.4 ANALISI DEI CARICHI DELLA PARATIA	121
11.4.1 PESO PROPRIO DELLA PARATIA.....	122
11.4.2 SPINTA DELLE TERRE	122
11.4.3 SPINTA DELL'ACQUA.....	123
11.4.4 SOVRACCARICO STRADALE	124
11.4.5 AZIONE SISMICA	124
11.5 ANALISI DI CALCOLO	126
11.5.1 MODELLO DI CALCOLO	126
11.5.2 RISULTATI DELLE ANALISI	128

**NODO DI TORINO****COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA –
TORINO PORTA NUOVA****RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	6 di 133

ALLEGATI

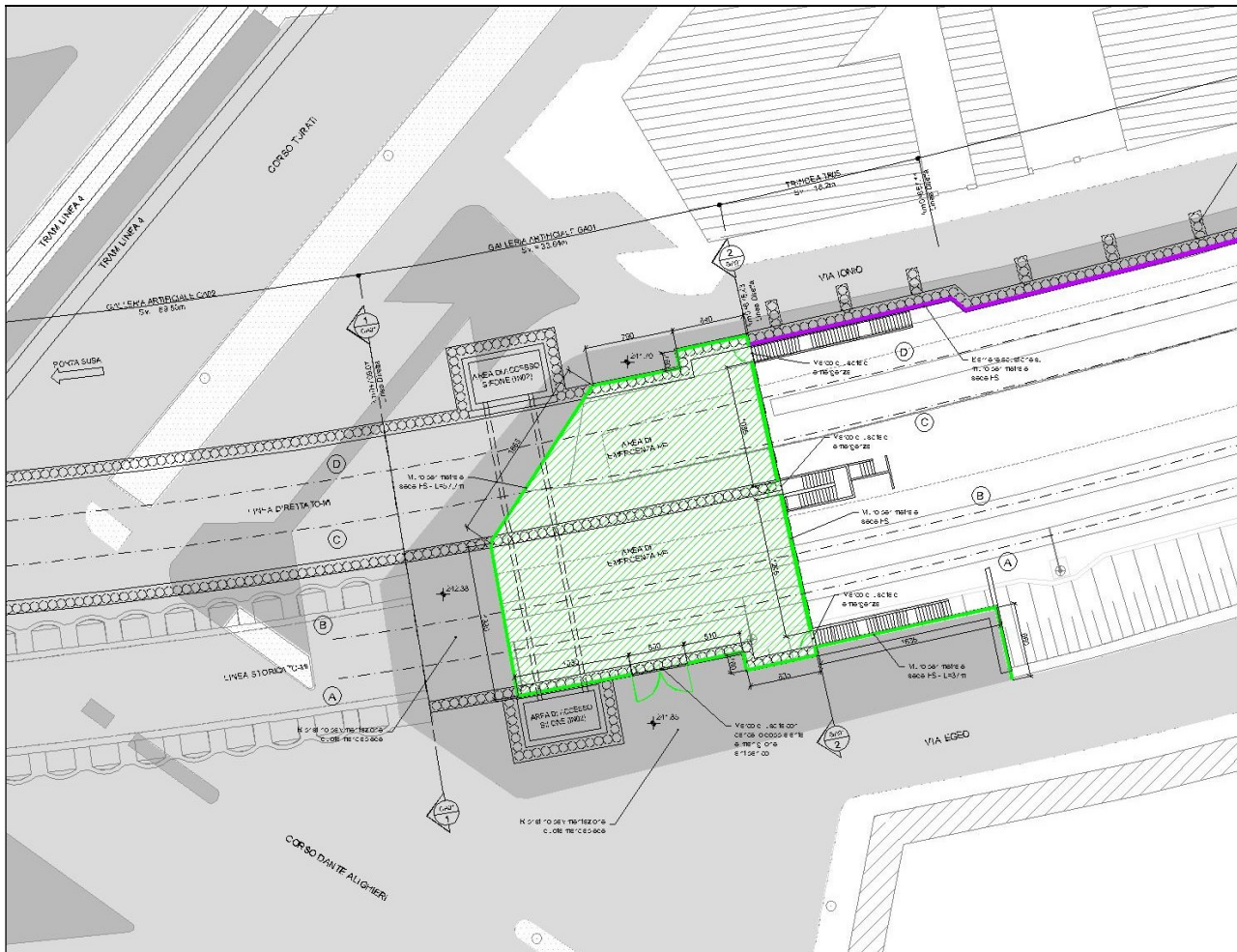
- **Allegato:** Tabulato di calcolo della paratia GA01

1. PREMESSA

In questa relazione si espongono i criteri di dimensionamento adottati ed i risultati delle verifiche effettuate per la progettazione delle opere civili previste nel tratto di galleria artificiale GA01 (Nuova galleria – Corso Turati) per la realizzazione della nuova linea a doppio binario in affiancamento alla linea esistente, nell’ambito del Progetto Definitivo del “Completamento linea diretta Torino p.ta Nuova – Torino P.ta Susa” nell’ambito del Nodo di Torino.

Il tratto in esame, compreso tra la progr. Km 0+675.43 e la progr. 0+709.07 della linea diretta P.ta Nuova – P.ta Susa, consta delle opere civili della galleria artificiale a doppia canna da realizzare in affiancamento della linea esistente a doppio binario, verso P.ta Nuova.

FIGURA 1 STRALCIO PLANIMETRICO GA01



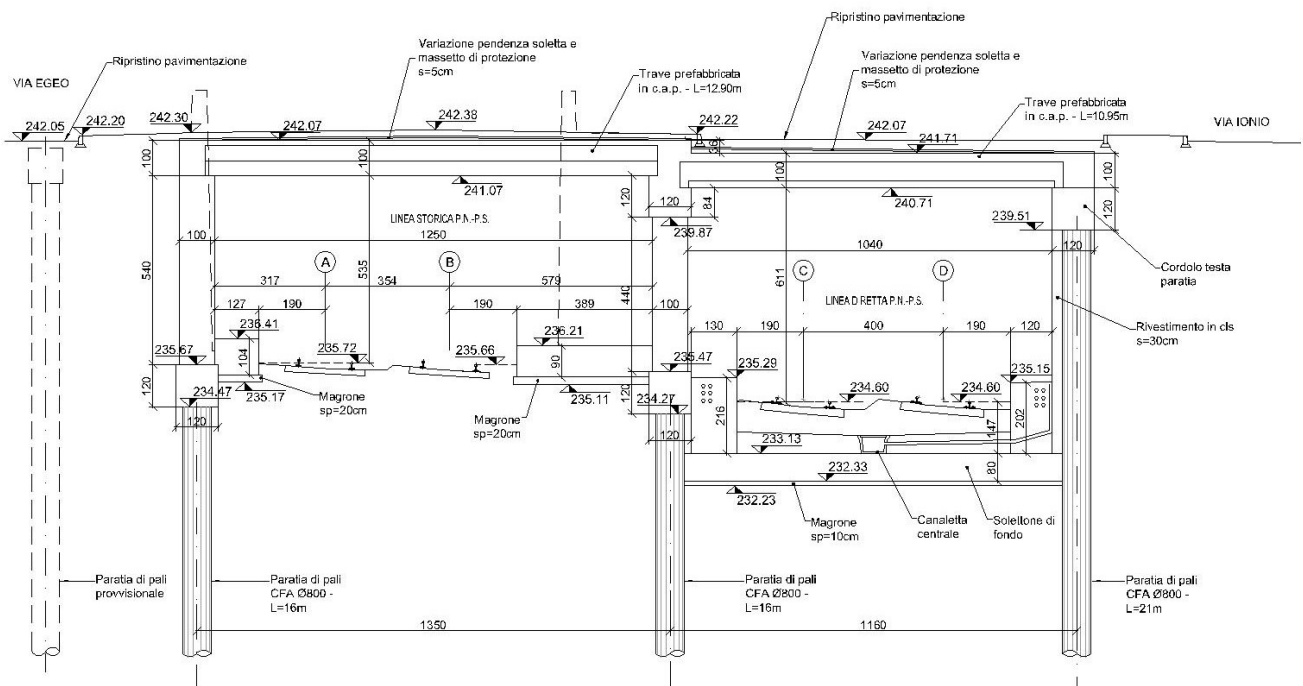
Il progetto prevede il ricoprimento della zona mediante galleria artificiale a doppia canna per uno sviluppo di circa 33.6 m, realizzando da un lato una canna in proseguimento della galleria esistente e dall'altro continuando la nuova canna in progetto GA02.

Gli elementi verticali della GA01 sono costituiti, lato via Jonio da paratie di pali CFA Ø800 accostati mentre l'allineamento centrale e quello via Egeo è realizzato su paratia-setto, ovvero da una paratia di pali CFA Ø800 accostati fino a quota imposta fondazione dei binari esistenti seguita in continuità da un setto in c.a. dello spessore di 1 m.

La copertura della galleria lato linea storica è realizzata con travi prefabbricate in c.a. a T, appoggiate direttamente ai cordoli di coronamento delle strutture verticali. Dopo il varo delle travi prefabbricate viene realizzato un getto di seconda fase di 15 cm e un successivo massetto delle pendenze. La copertura della galleria lato linea diretta è realizzata invece con travi in c.a. gettate in opera a T rovesce, appoggiate direttamente ai cordoli di coronamento delle strutture verticali. Dopo la maturazione delle travi, sulle anime vengono disposte lastre prefabbricate per sostenere il getto in opera della soletta di completamento di spessore variabile minimo di 25 cm. Infine si procede alla solidarizzazione della sommità dei piedritti con le sezioni di estremità delle travi, realizzando quindi una completa continuità strutturale.

Successivamente, in corrispondenza della canna della linea diretta, partendo dall'intradosso della trave di impalcato, verrà eseguito lo scavo fino alla profondità massima dove verrà realizzato il solettone di fondazione in c.a. in adiacenza alle paratie e con spessore di circa 0.80 m.

FIGURA 2 SEZIONE TRASVERSALE DELLA GA01



**NODO DI TORINO****COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA –
TORINO PORTA NUOVA****RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	9 di 133

La relazione si sviluppa dapprima con la descrizione dei materiali e dei terreni interessati dall'opera, successivamente si illustrano le azioni e le combinazioni di calcolo, i criteri di verifica e la modellazione dell'analisi, infine si riportano le risultanze delle calcolazioni rimandando ai tabulati di calcolo allegati alla presente per maggiori dettagli sulle analisi condotte.

	NODO DI TORINO COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSÀ – TORINO PORTA NUOVA					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NT0P	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A

2. NORMATIVA E RIFERIMENTI

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l’applicazione delle “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- RFI – Manuale di progettazione delle opere civili – Documento n° RFI-DTC-SI-PS-MA-IFS-001-B del 22 Dicembre 2017
- CNR DT 207/2008: “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”.

2.2 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO

- NT0P 00 D26GE GE0000001 A - Relazione Geotecnica – Tratta nuove Opere da realizzare
- NT0P 00 D26P9 GA0100001 A – Planimetria di progetto
- NT0P 00 D26PA GA0100001 A – Prospetto paratie binario pari
- NT0P 00 D26PA GA0100002 A – Prospetto paratie binario dispari
- NT0P 00 D26PA GA0100003 A – Prospetto paratia centrale
- NT0P 00 D26BA GA0100001 A – Carpenteria - Pianta
- NT0P 00 D26WA GA0100001 A – Carpenteria – Sezioni trasversali
- NT0P 00 D26BA GZ0100001 A – Carpenteria – Impalcato di copertura
- NT0P 00 D26BA GZ0200002 A – Carpenteria – Soletta di fondazione
- NT0P 00 D26WA GA0200002÷3 A – Fasi costruttive – Tav. 1÷2

2.3 SOFTWARE UTILIZZATI

Per il calcolo delle opere in esame sono stati utilizzati i seguenti software di calcolo:

- Paratie Plus 2018 ver.18.1 della CEAS S.r.l.;
- SAP2000 vers. 21 della CSI – Computers & Structures Inc;

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

3.1 ACCIAIO PER ARMATURE LENTE

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
allungamento caratteristico	$\geq 7.5 \%$
rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento:	$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

3.2 ACCIAIO PER C.A.P. IN TREFOLI

Modulo elastico:	$E_s = 195000 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$
Tensione al 1%:	$f_{p(1)k} = 1670 \text{ N/mm}^2$
Massima tensione iniziale:	$\sigma_{spi} = 0,90 f_{p(1)k} = 1503 \text{ N/mm}^2$
Massima tensione in esercizio:	$\sigma_{sp} = 0,60 f_{ptk} = 1116 \text{ N/mm}^2$
Basso rilassamento:	$r_{1000} = 2,2 \%$ $r_{2000} = 2,5 \%$
Coefficiente di omogeneizzazione:	$n = 6$

3.3 CALCESTRUZZO

Calcestruzzo per impalcato

Classe di resistenza:	C32/40
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: $f_{ck} = 33 \text{ N/mm}^2$

Resistenza media cilindrica a compressione: $f_{cm} = 41 \text{ N/mm}^2$

Resistenza media a trazione semplice: $f_{ctm} = 3.10 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico: $E_{cm} = 33594 \text{ N/mm}^2$

(Per tener conto della maturazione a vapore utilizzata nella prefabbricazione delle travi, nel seguito si tiene conto di una riduzione del modulo elastico della trave rispetto al valore calcolato come da regolamento: $E_{c, trave} = 0,85 E_c = 28.555 \text{ N/mm}^2$)

Coefficiente di Poisson $\nu = 0,2$

Sollecitazioni massime in condizioni di esercizio:

- trazione: $\sigma_{ct} = 0,03 R_{ck} = 1,20 \text{ N/mm}^2$ (in assenza di apposite armature)
- compressione: $\sigma_{cc} = 0,38 R_{ck} = 15,20 \text{ N/mm}^2$

Massimo valore della tensione principale di trazione: $\sigma_I = 0,06 R_{ck} = 2,40 \text{ N/mm}^2$

Massimi valori della tensione principale di compressione: $0,02 R_{ck} < \sigma_I < 0,04 R_{ck}$ $\sigma_{II} = 0,38 R_{ck} = 15,20 \text{ N/mm}^2$

$0,04 R_{ck} < \sigma_I < 0,06 R_{ck}$ $\sigma_{II} = 0,24 R_{ck} = 9,60 \text{ N/mm}^2$

Al taglio trefoli: $R_{ckj} = 35 \text{ N/mm}^2$

Calcestruzzo, elevazioni e cordolo di coronamento paratia

Classe di resistenza: C28/35

Resistenza caratteristica cubica a compressione: $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: $f_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$

Resistenza media cilindrica a compressione: $f_{cm} = 37.05 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico: $E_{cm} = 32588 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = 16.46 \text{ N/mm}^2$

Resistenza media a trazione semplice: $f_{ctm} = 2.83 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica a trazione: $f_{ctk} = 1.98 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctd} = 1.32 \text{ N/mm}^2$

**NODO DI TORINO****COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA –
TORINO PORTA NUOVA****RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	13 di 133

Calcestruzzo per pali e solettone di fondazione

Classe di resistenza:	C25/30
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media cilindrica a compressione:	$f_{cm} = 32.90 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico:	$E_{cm} = 31447 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = 14.11 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione semplice:	$f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione:	$f_{ctk} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione:	$f_{ctd} = 1.19 \text{ N/mm}^2$

4. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

La caratterizzazione geotecnica dei litotipi interessati dall'opera è stata condotta sulla base della relazione geotecnica generale del progetto esecutivo di cui il presente lavoro ne è l'adeguamento normativo e sulla base delle risultanze ad oggi disponibili della campagna di indagini geognostiche integrativa condotta relativamente all'attuale incarico di progettazione. Per maggiori dettagli sui dati delle pregresse caratterizzazioni geotecniche e sulle risultanze delle nuove indagini si rimanda alla relazione geotecnica di progetto.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica dei litotipi presenti ed i parametri geotecnici caratteristici utilizzati in sede di calcolo.

- **Terreno A:** Terreno di riporto di spessore variabile da 1÷4 m. Materiale di riporto superficiale molto eterogeneo, costituito da livelli di materiale incoerente con notevole frazione grossolana e livelli di materiale fine coesivo plastico.
 - peso dell'unità di volume $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 - coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$
 - angolo di resistenza a taglio $\varphi' = 33^\circ$
 - modulo di Young $E = 15 \text{ MPa}$
 - coefficiente di Poisson $\nu = 0.25$

- **Terreno B:** Ghiaia con sabbia/Sabbia con ghiaia di spessore medio pari a circa 5 m. Terreni ghiaiosi-sabbiosi con presenza talvolta di livelli cementati.
 - peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
 - coesione drenata $c' = 0 \div 20 \text{ kPa}$
 - angolo di resistenza a taglio $\varphi' = 38^\circ$
 - modulo di Young $E = 70 \text{ MPa}$
 - coefficiente di Poisson $\nu = 0.25$

- **Terreno C:** Ghiaia con sabbia con spessori > 15 m. E' lo stesso materiale del Terreno B ma con minor presenza di livelli cementati.
 - peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
 - coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$

**NODO DI TORINO****COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO PORTA NUOVA****RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	15 di 133

- angolo di resistenza a taglio $\varphi' = 38^\circ$
- modulo di Young $E = 70 \text{ MPa}$
- coefficiente di Poisson $\nu = 0.25$

In sede di calcolo lo strato B è stato cautelativamente assunto senza coesione.

Per quanto concerne invece la quota della falda, questa è stata assunta a vantaggio di sicurezza posta a **-9 m dal p.c.** per il calcolo a lungo termine della paratia. Il calcolo per la valutazione degli sforzi-deformazioni invece la profondità di falda è stata assunta alla quota di **-12 m** del p.c.

Infine, ai fini della caratterizzazione sismica il terreno di fondazione, sulla base di quanto evidenziato dalla caratterizzazione geotecnica delle indagini pregresse e di quelle integrative attuali, può essere classificato di **categoria "C"**.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

5.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Come concordato con la S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale $V_N = 100$ anni
- classe d'uso IV

In base a ciò risulta:

- coefficiente d'uso $C_U = 2.0$
- periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_U = 200$ anni

5.2 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Per la caratterizzazione dell'azione sismica delle opere si è fatto riferimento alle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine $45^\circ 02' 59''$ E

Longitudine $7^\circ 39' 56''$ N

Si riporta di seguito il riepilogo della parametrizzazione sismica:

TABELLA 1 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLA MASSIMA ACCELERAZIONE LOCALE.

Stato limite	V_N [anni]	C_U	V_R [anni]	T_R [anni]	a_g [g]	F_0	F_V	T_C^* [s]
SLO	100	2	200	120	0.040	2.660	0.715	0.226
SLD	100	2	200	201	0.046	2.689	0.780	0.245
SLV	100	2	200	1898	0.079	2.871	1.092	0.290
SLC	100	2	200	2475	0.084	2.897	1.135	0.291

Categoria suolo = C

Stato limite	Suolo	S _S	S _T	S	C _C	T _B	T _C	T _D
SLO (T_R60)	C	1.50	1.00	1.50	1.715	0.129	0.388	1.759
SLD	C	1.50	1.00	1.50	1.670	0.136	0.409	1.785
SLV	C	1.50	1.00	1.50	1.580	0.153	0.458	1.918
SLC	C	1.50	1.00	1.50	1.578	0.153	0.459	1.937

Per le analisi in condizioni sismiche è stato preso a riferimento lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e dunque i seguenti parametri:

- Categoria di suolo C;
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica: S_S = 1.580;
- Coefficiente di amplificazione topografica: S_T = 1.000;
- Massima accelerazione orizzontale al suolo a_g/g = 0.079.

6. GALLERIA ARTIFICIALE – DOPPIA CANNA

La galleria artificiale è stata modellata sia nella situazione con solettone di base assente (dimensionante per gli stati SLU e SLE), massimizzando le sollecitazioni dell’impalcato sinistro (“Modello 1”) e dell’impalcato destro (“Modello 2”), sia con la soletta di base gettata in opera già completata (dimensionante per le combinazioni compressive delle azioni sismiche) (“Modello 3”).

Di seguito si riportano la geometria della galleria stessa, le azioni sollecitanti e la verifica strutturale dello stesso.

6.1 GENERALITÀ

L’analisi strutturale della galleria a doppia canna viene effettuata schematizzando con un programma agli elementi finiti la sezione trasversale come telaio piano considerandone una striscia di 1m. La paratia di sostegno formata da pali di diametro 800mm viene modellata con una sezione rettangolare equivalente di spessore 670mm, mentre le travi di impalcato sono costituite da travi prefabbricate a T e T rovescia con soletta collaborante gettata in opera di spessore 0.25m nel primo caso e 0.15m nel secondo.

Di seguito si riportano le sezioni delle travi d’impalcato.

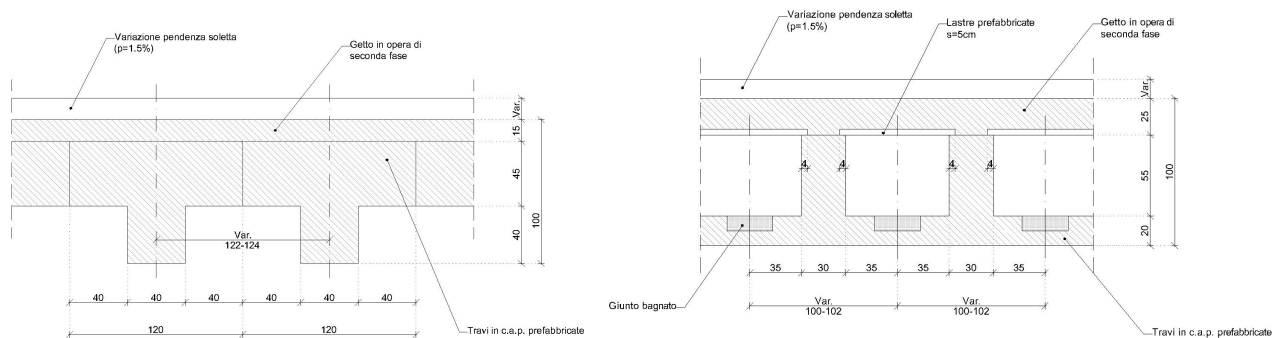


FIGURA 3: SEZIONI DELLE TRAVI DI IMPALCATO RISPETTIVAMENTE DELLA CANNA SINISTRA E DI QUELLA A DESTRA

L’interazione con il terreno è stata simulata vincolando gli elementi delle paratie lati esterni e quelli al di sotto della quota di massimo scavo con vincoli elastici in direzione orizzontale con costante elastica $k_0=4.0\text{kg/cm}^3$.

La presenza del solettone nella configurazione finale viene schematizzato come vincolo fisso alla traslazione lungo l’asse x del modello, sostituito al vincolo a molla alla quota corrispondente per la paratia di destra e quella centrale.

I carichi esterni considerati nel modello sono il peso proprio delle strutture, i sovraccarichi permanenti e accidentali sulla copertura, le spinte del terreno di tipo attivo e a riposo, gli effetti della temperatura (uniforme e differenziale) e del ritiro differenziale tra la trave prefabbricata e la soletta gettata in opera.

Si sono trascurati, poiché non dimensionanti, gli effetti dovuti al vento e alla neve.

6.2 METODO DI CALCOLO

Il metodo di calcolo impiegato è quello detto “degli stati limite” con riferimento allo stato limite ultimo elastico della sezione (raggiungimento, nel punto più sollecitato, della tensione di snervamento di calcolo) ed allo stato limite di deformazione in condizioni di esercizio.

Il calcolo sismico è stato effettuato tramite analisi statica lineare.

La verifica delle membrature in cemento armato viene eseguita considerando tutte le caratteristiche di sollecitazione.

6.2.1 Schematizzazione della struttura e dei vincoli

La struttura è stata schematizzata come telaio piano di larghezza 1m.

Gli elementi componenti la struttura in elevazione sono stati schematizzati come elementi (travi), aventi la sezione indicata negli elaborati grafici.

Il terreno di fondazione è modellato come un mezzo elastico, tramite molle alla Winkler con un valore di 4.0 Kg/cm^3 , riconfermando quanto calcolato nella precedenti fasi di progetto.

Alla base delle paratie sono stati posti vincoli a cerniera sferica.

In fase finale, i vincoli “molle alla Winkler” in corrispondenza del solettone sono stati sostituiti con carrelli orizzontali, che impediscono gli spostamenti lungo l’asse x.

6.2.2 Modellazione della struttura e dei vincoli

La struttura è modellata con il metodo degli elementi finiti, applicato a sistemi tridimensionali. Gli elementi utilizzati sono monodimensionali (trave con eventuali sconnessioni interne). I vincoli sono considerati puntuali ed inseriti tramite le sei costanti di rigidezza elastica, oppure come elementi asta poggianti su suolo elastico. Le sezioni oggetto di verifica nelle travi sono stampate a passo costante.

6.2.3 Schematizzazione delle azioni

In accordo con le sopracitate normative, sono state considerate nei calcoli le seguenti azioni:

- pesi propri strutturali
- carichi permanenti portati dalla struttura
- spinte del terreno sulle paratie laterali
- carichi variabili sui solai: traffico veicolare (azione dominante)
- effetti dovuti alla temperatura (effetto termico uniforme e differenziale)

	NODO DI TORINO COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSÀ – TORINO PORTA NUOVA					
RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NT0P	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 20 di 133

- effetti dovuti al ritiro differenziale.

Le azioni sono state modellate tramite opportuni carichi concentrati e distribuiti su nodi ed aste.

Le condizioni ed i casi di carico prese in conto nei calcoli sono specificate nella stampa dei dati di input.

6.2.4 Modellazione dei materiali

I materiali costituenti la struttura sono considerati elastici e con comportamento lineare. Le loro caratteristiche sono specificate al cap. 3 e riportati nella stampa dei dati di input.

6.2.5 Tipo di analisi

Le analisi strutturali condotte sono statiche in regime lineare.

6.2.6 Individuazione del codice di calcolo

Per il calcolo delle sollecitazioni e per la verifica di travi, pilastri, setti e pareti in cemento armato si è fatto ricorso all'elaboratore elettronico utilizzando un programma di calcolo agli elementi finiti, sviluppato in ambiente Windows, che permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono la trave, con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidità elastica.

6.2.7 Grado di affidabilità del codice

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto. La presenza di un modulo CAD per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. È possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura. Al termine dell'elaborazione viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

6.2.8 Motivazione della scelta del codice

Il programma permette in campo elastico lineare un'analisi dettagliata del comportamento dell'intera struttura, tenendo conto del comportamento irrigidente di setti anche complessi e solai considerati con la loro effettiva rigidità. È possibile inoltre scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando mesh via via più dettagliate.



NODO DI TORINO

COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO PORTA NUOVA

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	21 di 133

6.2.9 Valutazione della correttezza del modello

Il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche.

6.2.10 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo nonché il confronto con calcolazioni di massima eseguite manualmente porta a confermare la validità dei risultati.

6.3 GEOMETRIA DEL MODELLO

La struttura in oggetto è stata schematizzata a doppio portale: la luce dell'impalcato di sinistra è 13.45m, quella dell'impalcato di destra è 11.5m, l'altezza libera delle paratie è 7m quella di sinistra, 7.8m quella centrale e 8.6m quella di destra (l'ultimo tratto in testa è modellato come link rigido per simulare il cordolo presente di legatura tra paratia e impalcato), mentre le parti infisse sono rispettivamente 16m, 15m e 14m. Nella parte infissa sono posti vincoli a molla ogni metro (nella configurazione finale il primo vincolo a molla è sostituito da un carrello orizzontale), mentre alla base è posto un vincolo tipo cerniera sferica. Nel "modello 3", le molle in corrispondenza del solettone sono state sostituite da carrelli orizzontali.

NODI--	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	num.=
Nome				60
1	0.00	0.00	0.00	
2	0.00	0.00	-1000.00	
3	0.00	0.00	-4000.00	
4	0.00	0.00	-7000.00	
5	0.00	0.00	-8000.00	
6	0.00	0.00	-9000.00	
7	0.00	0.00	-10000.00	
8	0.00	0.00	-11000.00	
9	0.00	0.00	-12000.00	
10	0.00	0.00	-13000.00	
11	0.00	0.00	-14000.00	
12	0.00	0.00	-23000.00	
13	13450.00	0.00	0.00	
14	13450.00	0.00	-1400.00	
15	13450.00	0.00	-4400.00	
16	13450.00	0.00	-7800.00	
17	13450.00	0.00	-8800.00	
18	13450.00	0.00	-9800.00	
19	13450.00	0.00	-10800.00	
20	13450.00	0.00	-11800.00	
21	13450.00	0.00	-12800.00	
22	13450.00	0.00	-13800.00	
23	13450.00	0.00	-14800.00	
24	13450.00	0.00	-22800.00	
26	24950.00	0.00	-1400.00	
27	24950.00	0.00	-5000.00	
28	24950.00	0.00	-9000.00	
29	24950.00	0.00	-10000.00	
30	24950.00	0.00	-11000.00	
31	24950.00	0.00	-12000.00	
32	24950.00	0.00	-13000.00	
33	24950.00	0.00	-14000.00	
34	24950.00	0.00	-15000.00	
35	24950.00	0.00	-16000.00	
36	24950.00	0.00	-17000.00	
37	24950.00	0.00	-18000.00	



NODO DI TORINO

COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSÀ - TORINO PORTA NUOVA

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	22 di 133

38	24950.00	0.00	-23000.00
39	6725.00	0.00	0.00
41	13450.00	0.00	-400.00
42	19200.00	0.00	-400.00
43	24950.00	0.00	-400.00
44	0.00	0.00	-15000.00
45	0.00	0.00	-16000.00
46	0.00	0.00	-17000.00
47	0.00	0.00	-18000.00
48	0.00	0.00	-19000.00
49	0.00	0.00	-20000.00
50	0.00	0.00	-21000.00
51	0.00	0.00	-22000.00
52	13450.00	0.00	-21800.00
53	13450.00	0.00	-20800.00
54	13450.00	0.00	-19800.00
55	13450.00	0.00	-18800.00
56	13450.00	0.00	-17800.00
57	13450.00	0.00	-16800.00
58	13450.00	0.00	-15800.00
59	24950.00	0.00	-19000.00
60	24950.00	0.00	-20000.00
61	24950.00	0.00	-21000.00
62	24950.00	0.00	-22000.00

ASTE--	Proprieta'	Nodo iniz.	Nodo fin.	Rilasci in.	Rilasci fin.	num.=	Orient.
1	1	1	2			59	0.0
2	1	2	3				0.0
3	1	3	4				0.0
4	1	4	5				0.0
5	1	5	6				0.0
6	1	6	7				0.0
7	1	7	8				0.0
8	1	8	9				0.0
9	1	9	10				0.0
10	1	10	11				0.0
11	1	11	44				0.0
13	1	15	14				0.0
14	1	16	15				0.0
15	1	17	16				0.0
16	1	18	17				0.0
17	1	19	18				0.0
18	1	20	19				0.0
19	1	21	20				0.0
20	1	22	21				0.0
21	1	23	22				0.0
22	1	24	52				0.0
23	1	43	26				0.0
24	1	26	27				0.0
25	1	27	28				0.0
26	1	28	29				0.0
27	1	29	30				0.0
28	1	30	31				0.0
29	1	31	32				0.0
30	1	32	33				0.0
31	1	33	34				0.0
32	1	34	35				0.0
33	1	35	36				0.0
34	1	37	59				0.0
35	1	36	37				0.0
36	3	1	39				0.0
38	3	39	13				0.0
40	2	41	42				0.0
41	2	42	43				0.0
42	1	14	41				0.0
43	1	41	13				0.0
44	1	44	45				0.0
45	1	45	46				0.0
46	1	46	47				0.0
47	1	47	48				0.0
48	1	48	49				0.0
49	1	49	50				0.0
50	1	50	51				0.0
51	1	51	12				0.0
52	1	52	53				0.0



NODO DI TORINO

COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA - TORINO PORTA NUOVA

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	24 di 133

VINCOLI-Mod 3	----- ----- ----- ----- num.= 48					
Nodo	Rigid. X	Rigid. Y	Rigid. Z	Rigid. RX	Rigid. RY	Rigid. RZ
11	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
10	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
9	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
8	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
7	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
6	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
5	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
4	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
37	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
36	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
35	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
34	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
33	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
32	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
31	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
30	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
29	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
28	bloccato	libero	libero	libero	libero	libero
12	bloccato	bloccato	libero	libero	libero	libero
51	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
50	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
49	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
48	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
47	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
46	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
45	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
44	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
16	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
23	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
22	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
21	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
20	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
19	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
18	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
17	bloccato	libero	libero	libero	libero	libero
24	bloccato	bloccato	bloccato	libero	libero	libero
52	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
53	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
54	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
55	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
56	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
57	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
58	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
60	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
59	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
38	bloccato	bloccato	bloccato	libero	libero	libero
61	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero
62	4.00000E+01	libero	libero	libero	libero	libero



FIGURA 4: VISTA 3D DEL MODELLO

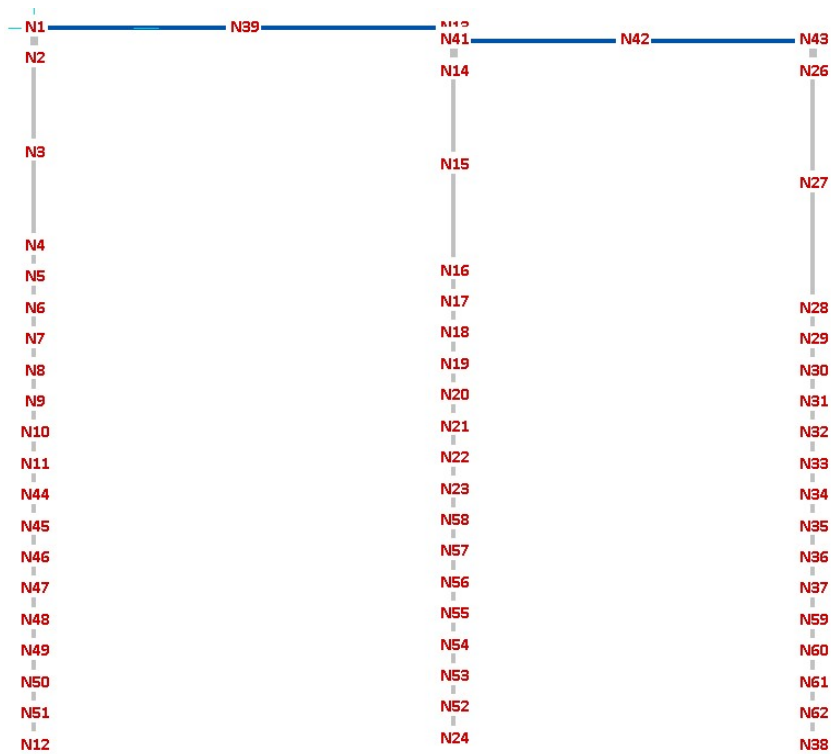
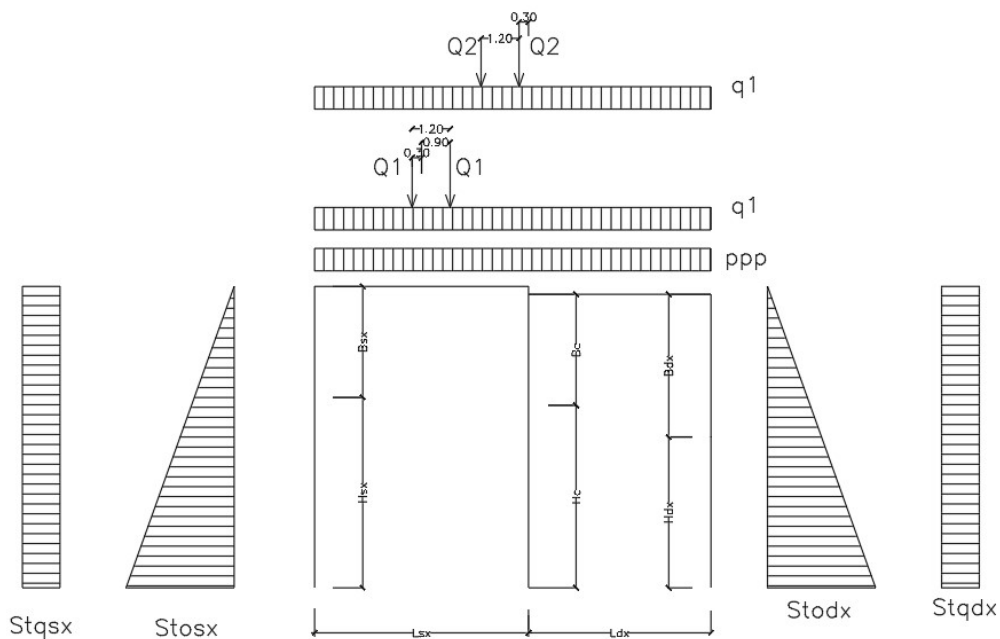


FIGURA 5: VISTA DEI NODI DEL MODELLO

6.4 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riportano i carichi considerati nel modello 1.

FIGURA 6: SCHEMA DI CALCOLO DELLA GALLERIA – MODELLO 1



- Carichi permanenti p – Tenuti presenti i pesi dei materiali da costruzione e degli elementi costruttivi di cui alla tabella 3.1.1 del predetto D.M., si precisa che quali pesi per unità di volume, per la determinazione dei pesi propri strutturali, si possono assumere i seguenti:

- Pesi propri strutturali: Calcolati in automatico $\gamma_{cls} = 25,0 \text{ kN/m}^3$

- Carichi permanenti portati – pesi propri di tutti gli elementi non strutturali:

- Sovraccarico permanente in copertura (p_p):

Carico dovuto a terreno di ricoprimento: $p_r = \Delta h_t \gamma_t = 0.35 \times 20.0 = 7.0 \text{ kN/m}^2$

Carico dovuto alla pavimentazione stradale: $p_{pa} = 3.0 \text{ kN/m}^2$

$P_{p,tot} = 7.0 + 3.0 = 10.0 \text{ kN/m}^2$

- Spinte del terreno sugli allineamenti laterali (Stodx e Stosx):

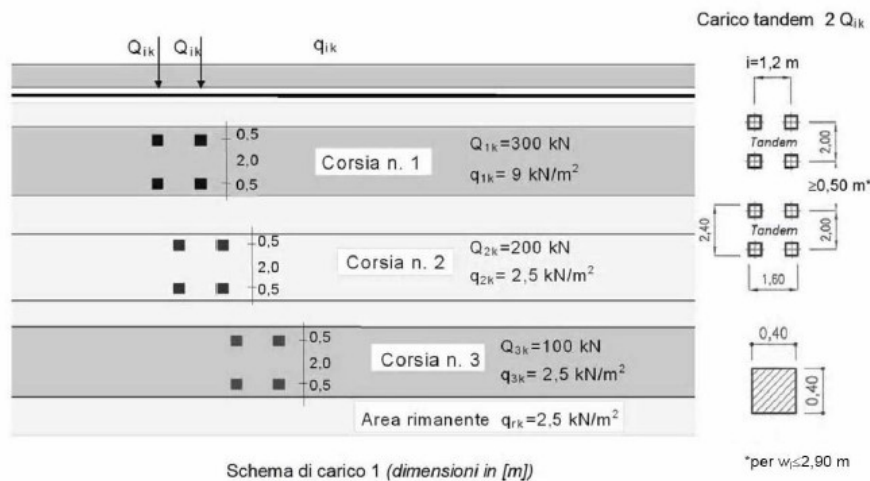
Le spinte del terreno sul lato sinistro vengono trascurate a favore di sicurezza considerando da quel lato la presenza di una galleria esistente.

I valori delle spinte sono riportati nella tabella allegata sotto i carichi di esercizio.

• Carichi variabili di esercizio:

- Sovraccarico stradale: secondo le prescrizioni di RFI e della vigente normativa, il carico stradale è stato considerato secondo lo schema di carico 1 par. 5.1.3.3 delle NT18 di cui si riporta un breve estratto:

“Schema di Carico 1: è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato in Fig. 5.1.2. Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.”



Estratto Fig. 5.1.2. – Schema di carico 1 Dimensioni in [m]

Tabella 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

I carichi tandem (Q1 e Q2) sono stati considerati applicati nei punti che massimizzano il momento in mezzeria dell’impalcato di sinistra e il taglio lato destro dello stesso impalcato (massimizzando quindi lo sforzo normale agente sulla paratia centrale).

La spinta laterale dovuta al sovraccarico stradale (St_{qdx} e St_{qsx}) è stata calcolata considerando un sovraccarico di 20kPa.

Come per le spinte laterali del terreno, le spinte del terreno dovute al sovraccarico stradale sul lato sinistro vengono trascurate a favore di sicurezza considerando da quel lato la presenza di una galleria esistente.

I valori delle spinte sono riportati nella tabella allegata di seguito.

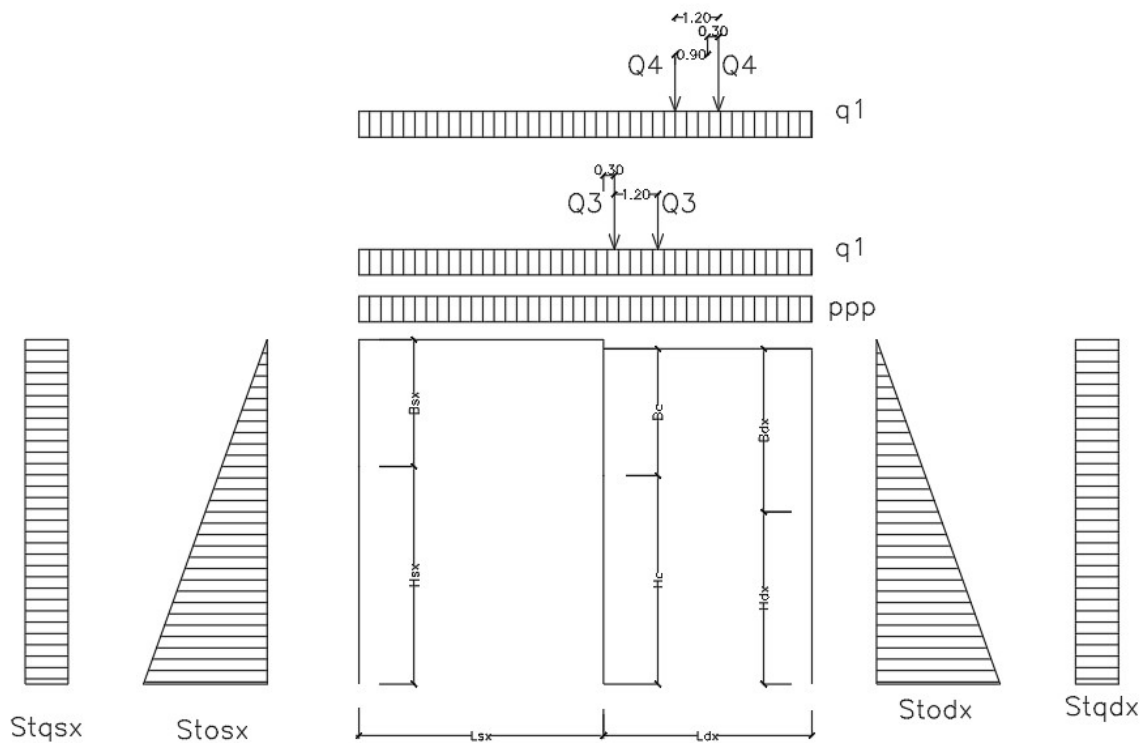
Lunghezza impalcato sx	Lsx =	13.45	m
Lunghezza impalcato dx	Ldx =	11.50	m
Altezza piedritto sx	Bsx =	7.00	m
Altezza piedritto centrale	Bc =	7.80	m
Altezza piedritto dx	Bdx =	8.60	m
Lunghezza paratia sx	Hsx =	16.00	m
Lunghezza paratia centrale	Hc =	15.00	m
Lunghezza paratia dx	Hdx =	14.00	m
			m
Coefficiente di spinta a riposo	K0 =	0.384	
Accelerazione sismica max	amax/g =	0.125	
Sovraccarico stradale a tergo opere	qs =	20	kPa
Carico uniforme stradale	qdx=qsx=	9	kN/m
Carico tandem	Q1=Q2=	150	kN
Spinta statica a riposo sx	Stosx =	176.64	kN/m
Spinta da sovraccarico stradale a riposo sx	Stqsx =	7.68	kN/m
Spinta statica a riposo dx	Stodx =	173.568	kN/m
Spinta da sovraccarico stradale a riposo dx	Stqdx =	7.68	kN/m

- Carichi termici:
 - Azione termica uniforme Tu: +15°C
 - Azione termica differenziale Td: ±5°C
- Carichi dovuti al ritiro differenziale:
 - Sono stati modellati cautelativamente come combinazione del carico termico costante (+15°C) e di quello differenziale agenti contemporaneamente (±5°C).

Come accennato in precedenza, sono stati trascurati in quanto non dimensionanti i carichi dovuti alle azioni del vento, della neve.

Di seguito si riportano i carichi considerati nel modello 2.

FIGURA 7: SCHEMA DI CALCOLO DELLA GALLERIA – MODELLO 2



- Carichi permanenti p – Tenuti presenti i pesi dei materiali da costruzione e degli elementi costruttivi di cui alla tabella 3.1.1 del predetto D.M., si precisa che quali pesi per unità di volume, per la determinazione dei pesi propri strutturali, si possono assumere i seguenti:

- Pesi propri strutturali: Calcolati in automatico $\gamma_{cls} = 25,0 \text{ kN/m}^3$

- Carichi permanenti portati – pesi propri di tutti gli elementi non strutturali:

- Sovraccarico permanente in copertura (p_p):

Carico dovuto a terreno di ricoprimento: $p_r = \Delta h_t \gamma_t = 0.35 \times 20.0 = 7.0 \text{ kN/m}^2$

Carico dovuto alla pavimentazione stradale: $p_{pa} = 3.0 \text{ kN/m}^2$

$P_{p,tot} = 7.0 + 3.0 = 10.0 \text{ kN/m}^2$

- Spinte del terreno sugli allineamenti laterali (Stodx e Stosx):

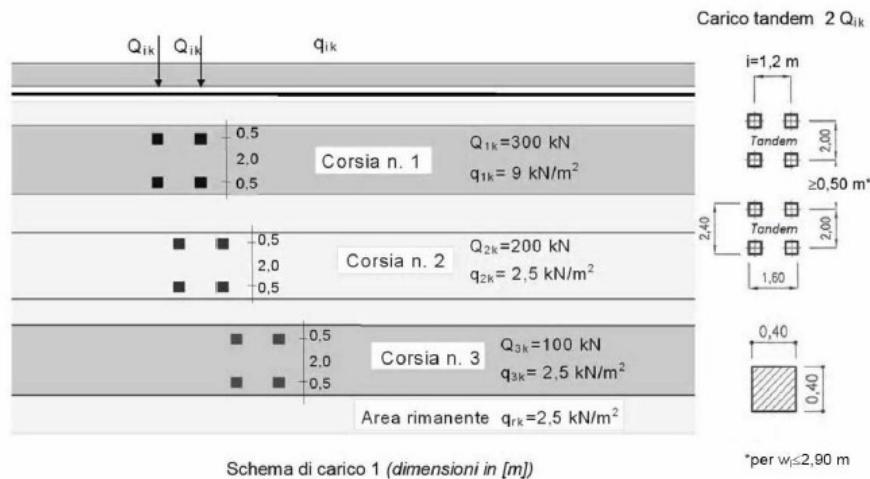
Le spinte del terreno sul lato sinistro vengono trascurate a favore di sicurezza considerando da quel lato la presenza di una galleria esistente.

I valori delle spinte sono riportati nella tabella allegata sotto i carichi di esercizio.

• Carichi variabili di esercizio:

- Sovraccarico stradale: secondo le prescrizioni di RFI e della vigente normativa, il carico stradale è stato considerato secondo lo schema di carico 1 par. 5.1.3.3 delle NT18 di cui si riporta un breve estratto:

“Schema di Carico 1: è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato in Fig. 5.1.2. Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.”



Estratto Fig. 5.1.2. – Schema di carico 1 Dimensioni in [m]

Tabella 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

I carichi tandem (Q3 e Q4) sono stati considerati applicati nei punti che massimizzano il momento in mezzeria dell’impalcato di destra e il taglio lato sinistro dello stesso impalcato (massimizzando quindi lo sforzo normale agente sulla paratia centrale).

La spinta laterale dovuta al sovraccarico stradale (St_{qdx} e St_{qsx}) è stata calcolata considerando un sovraccarico di 20kPa.

Come per le spinte laterali del terreno, le spinte del terreno dovute al sovraccarico stradale sul lato sinistro vengono trascurate a favore di sicurezza considerando da quel lato la presenza di una galleria esistente.

I valori delle spinte sono riportati nella tabella allegata di seguito.

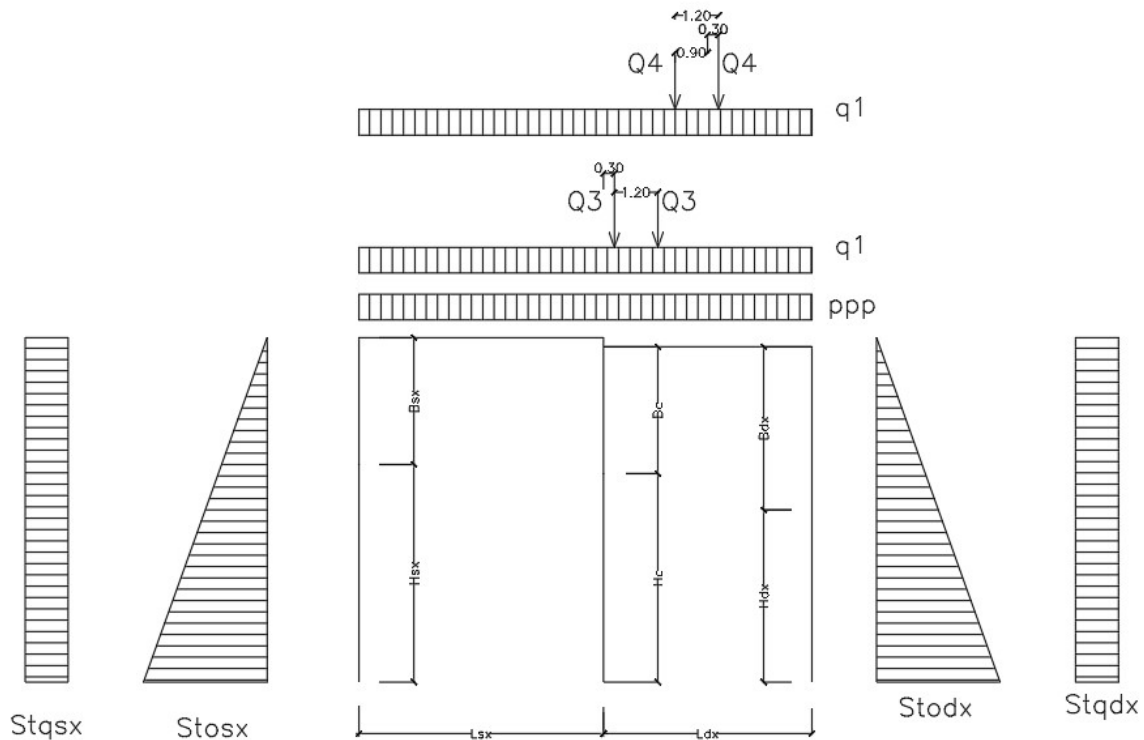
Lunghezza impalcato sx	Lsx =	13.45	m
Lunghezza impalcato dx	Ldx =	11.50	m
Altezza piedritto sx	Bsx =	7.00	m
Altezza piedritto centrale	Bc =	7.80	m
Altezza piedritto dx	Bdx =	8.60	m
Lunghezza paratia sx	Hsx =	16.00	m
Lunghezza paratia centrale	Hc =	15.00	m
Lunghezza paratia dx	Hdx =	14.00	m
			m
Coefficiente di spinta a riposo	K0 =	0.384	
Accelerazione sismica max	amax/g =	0.125	
Sovraccarico stradale a tergo opere	qs =	20	kPa
Carico uniforme stradale	qdx=qsx=	9	kN/m
Carico tandem	Q3=Q4=	150	kN
Spinta statica a riposo sx	Stosx =	176.64	kN/m
Spinta da sovraccarico stradale a riposo sx	Stqsx =	7.68	kN/m
Spinta statica a riposo dx	Stodx =	173.568	kN/m
Spinta da sovraccarico stradale a riposo dx	Stqdx =	7.68	kN/m

- Carichi termici:
 - Azione termica uniforme Tu: +15°C
 - Azione termica differenziale Td: ±5°C
- Carichi dovuti al ritiro differenziale:
 - Sono stati modellati cautelativamente come combinazione del carico termico costante (+15°C) e di quello differenziale agenti contemporaneamente (±5°C).

Come accennato in precedenza, sono stati trascurati in quanto non dimensionanti i carichi dovuti alle azioni del vento, della neve.

Di seguito si riportano i carichi considerati nel modello 3.

FIGURA 8: SCHEMA DI CALCOLO DELLA GALLERIA – MODELLO 2



- Carichi permanenti p – Tenuti presenti i pesi dei materiali da costruzione e degli elementi costruttivi di cui alla tabella 3.1.1 del predetto D.M., si precisa che quali pesi per unità di volume, per la determinazione dei pesi propri strutturali, si possono assumere i seguenti:

- Pesi propri strutturali: Calcolati in automatico $\gamma_{cls} = 25,0 \text{ kN/m}^3$

Per il calcolo delle masse sismiche si è diviso il carico tra pesi propri (impalcato e metà della paratia svettante) che entrano nel calcolo sismico e la restante parte definita come peso di fondazione.

- Carichi permanenti portati – pesi propri di tutti gli elementi non strutturali:

- Sovraccarico permanente in copertura (p_p):

Carico dovuto a terreno di ricoprimento: $p_r = \Delta h_t \gamma_t = 0.35 \times 20.0 = 7.0 \text{ kN/m}^2$

Carico dovuto alla pavimentazione stradale: $p_{pa} = 3.0 \text{ kN/m}^2$

$P_{p,tot} = 7.0 + 3.0 = 10.0 \text{ kN/m}^2$

- Spinte del terreno sugli allineamenti laterali ($St_{dx} + S_{ddx}$ e $St_{dx} + S_{dsx}$):

Le spinte del terreno sul lato sinistro vengono trascurate a favore di sicurezza.

I valori delle spinte sono riportati nella tabella allegata di seguito.

Lunghezza impalcato sx	Lsx =	13.45	m
Lunghezza impalcato dx	Ldx =	11.50	m
Altezza piedritto sx	Bsx =	7.00	m
Altezza piedritto centrale	Bc =	7.80	m
Altezza piedritto dx	Bdx =	8.60	m
Lunghezza paratia sx	Hsx =	16.00	m
Lunghezza paratia centrale	Hc =	15.00	m
Lunghezza paratia dx	Hdx =	14.00	m
			m
Coefficiente di spinta attiva	Ka =	0.238	
Accelerazione sismica max	amax/g =	0.125	
Sovraccarico stradale a tergo opere	qs =	20	kPa
Carico uniforme stradale	qdx=qsx=	9	kN/m
Spinta statica attiva sx	Stasx =	109.48	kN/m
Spinta statica attiva dx	Stadx =	107.576	kN/m
Incremento di spinta sismica sx	Sd, sx =	57.417	kN/m
Incremento di spinta sismica dx	Sd,dx =	56.419	kN/m

- Carichi sismici E:

I carichi sismici sono calcolati con una analisi lineare statica. Nei calcoli per la tipologia di modello viene presa in conto la sola componente di sisma con direzione principale concorde con l'asse x.

 Analisi sismica - Statica lineare - (NTC 2018)

DATI PROGETTO
 Edificio sito in località TORINO (long. 7.674 lat. 45.070400)
 Categoria del suolo di fondazione = C
 Coeff. di amplificazione stratigrafica $S_s = 1.500$
 Coeff. di amplificazione topografica $S_T = 1.000$
 $S = 1.500$
 Vita nominale dell'opera VN = 100 anni
 Coefficiente d'uso CU = 2.0
 Periodo di riferimento VR = 200.0
 PVR : probabilità di superamento in VR = 10 %
 Tempo di ritorno = 1898
 Coeff. di smorzamento viscoso = 2.0

Valori risultanti per :
 $a_g = 0.773$ [g/10]
 $F_o = 2.873$
 $TC^* = 0.290$

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	34 di 133

Fattore di comportamento $q = 1.000$

Rapporto spettro di esercizio / spettro di progetto = 0.652

Coeff. lambda = 1.0000
Sd = 0.333 per T1 = 0.283

Numero condizioni generanti carichi sismici : 2

Cond. 001 : Peso_proprio con coeff. 1.000
Cond. 003 : PPP con coeff. 1.000

Condizioni di carico sismico generate:

Cond. 013 : Sisma X
Cond. 014 : Sisma Y
Cond. 015 : Torcente add. X
Cond. 016 : Torcente add. Y

Carichi sismici :

Piani	Pesi	C. distr.	Forze piano	Torc. piano X	Torc. piano Y	Bar. X	Bar. Y
mm	kN		kN	kNm	kNm	mm	mm
18000	30.15	0.2718	8.20	0.0	0.0	24950	0
18600	50.25	0.2809	14.12	0.0	9.5	6725	0
21600	105.53	0.3262	34.42	0.0	42.9	13379	0
22600	643.10	0.3413	219.49	0.0	273.8	12498	0

6.5 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico sono effettuate secondo i principi dei capp. 2 e 5 delle NTC08, considerando le combinazioni di carico possibili e più sfavorevoli.

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQ ¹⁰	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combi- nazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequent)	Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Di seguito si riportano le combinazioni di carico del Modello 1 e 2 precisando il significato dei numeri della colonna "Num. "

1: Peso proprio

2: Peso permanente in fondazione

3: Peso permanente portato

4: Spinta statica del terreno sul lato sinistra (Stosx)

5: Spinta dovuta al sovraccarico stradale del terreno sul lato sinistra (Stqsx)

6: Spinta statica del terreno sul lato destro (Stodx)

7: Spinta dovuta al sovraccarico stradale del terreno sul lato destro (Stqdx)

8: Carico stradale sulla canna sinistra (qsx)

9: Carico stradale sulla canna destra (qdx)

10: Variazioni termiche uniformi (Tu)

11: Variazioni termiche differenziali (Td)

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	36 di 133

NOME	DESCRIZIONE	VERIFICA	TIPO	CONDIZ. INSERITE			CASI INSERITI	
				Num.	Coeff.	Segno	Num.	Coeff.
1	SLU SENZA SISMA 1	S.L.U.	somma	3	1.500	+		
				4	1.500	+		
				6	1.500	+		
				1	1.350	+		
				2	1.350	+		
				5	1.350	+		
				7	1.350	+		
				8	1.350	+		
2	SLU SENZA SISMA 2	S.L.U.	somma	3	1.500	+		
				4	1.500	+		
				6	1.500	+		
				1	1.350	+		
				2	1.350	+		
				5	1.013	+		
				7	1.013	+		
				8	1.013	+		
3	Rara 1	Rara	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				5	1.000	+		
				6	1.000	+		
				7	1.000	+		
				8	1.000	+		
4	Rara 2	Rara	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				5	0.750	+		
				6	1.000	+		
				7	0.750	+		
				8	0.750	+		
5	Frequente 1	Freq.	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				5	0.750	+		
				6	1.000	+		
				7	0.750	+		
				8	0.750	+		
6	Frequente 2	Freq.	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				6	1.000	+		
				6	1.000	+		
7	Quasi Perm	QuasiPerm.	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				6	1.000	+		
				6	1.000	+		
8	SLU SENZA SISMA sx	S.L.U.	somma	3	1.500	+		
				4	1.500	+		
				6	1.500	+		
				1	1.350	+		
				2	1.350	+		
				5	1.350	+		
				8	1.350	+		
				8	1.350	+		
9	SLU SENZA SISMA dx	S.L.U.	somma	3	1.500	+		
				4	1.500	+		
				6	1.500	+		
				1	1.350	+		
				2	1.350	+		
				7	1.350	+		
				7	1.350	+		

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	37 di 133

				9	1.350	+		
10	Rara sx	Rara	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				5	1.000	+		
				6	1.000	+		
				8	1.000	+		
11	Rara dx	Rara	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				6	1.000	+		
				7	1.000	+		
				9	1.000	+		
12	Frequente sx	Freq.	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				5	0.750	+		
				6	1.000	+		
				8	0.750	+		
13	Frequente dx	Freq.	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				6	1.000	+		
				7	0.750	+		
				9	0.750	+		
14	PP+PPF	Rara	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
15	PP+PPF+PPP	Rara	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
16	PP+PPF+PPP+Stodxesx	Rara	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				6	1.000	+		
17	Sto	Rara	somma	4	1.000	+		
				6	1.000	+		
18	Ritiro e effetti i termici	S.L.U.	somma	10	1.200	+		
				11	1.200	+		
				1	1.350	+		
				2	1.350	+		
				3	1.500	+		
				4	1.500	+		
				6	1.500	+		
19	SLU SENZA SISMA 3	S.L.U.	somma	3	1.500	+		
				6	1.500	+		
				1	1.350	+		
				2	1.350	+		
				4	1.500	+		
				5	1.350	+		
				7	1.350	+		
				9	1.350	+		
20	SLU SENZA SISMA 4	S.L.U.	somma	3	1.500	+		
				4	1.500	+		
				6	1.500	+		
				1	1.350	+		
				2	1.350	+		
				5	1.013	+		
				7	1.013	+		
				9	1.013	+		

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	38 di 133

21	Rara 3	Rara	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				5	1.000	+		
				6	1.000	+		
				7	1.000	+		
				8	1.000	+		
				9	1.000	+		
22	Rara 4	Rara	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				5	0.750	+		
				6	1.000	+		
				7	0.750	+		
				8	0.750	+		
				9	0.750	+		
23	Frequente 3	Freq.	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				5	0.750	+		
				6	1.000	+		
				7	0.750	+		
				8	0.750	+		
				9	0.750	+		
24	Frequente 4	Freq.	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				5	1.000	+		
				6	1.000	+		
25	Quasi Perm 2	QuasiPerm.	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				4	1.000	+		
				5	1.000	+		
				6	1.000	+		

Di seguito si riportano le combinazioni di carico del Modello 3 precisando il significato dei numeri della colonna "Num. "

1: Peso proprio

2: Peso permanente in fondazione

3: Peso permanente portato

12: Spinta attiva del terreno con incremento della spinta sismica (Stasx + Sdsx, Stadx + Sddx)

NOME	DESCRIZIONE	VERIFICA	TIPO	CONDIZ. INSERITE			CASI INSERITI	
				Num.	Coeff.	Segno	Num.	Coeff.
1	SISMAX SLU	nessuna	somma	13	1.000	±		
2	SLU con SISMAX PRINC	S.L.U.	somma	1	1.000	+	1	1.000
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				12	1.000	+		
3	SLD con SISMAX PRINC	S.L.Danno	somma	1	1.000	+	1	0.545
				2	1.000	+		
				3	1.000	+		
				12	1.000	+		

6.6 SOLLECITAZIONI AGENTI

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime agenti sugli elementi strutturali nel modello 1

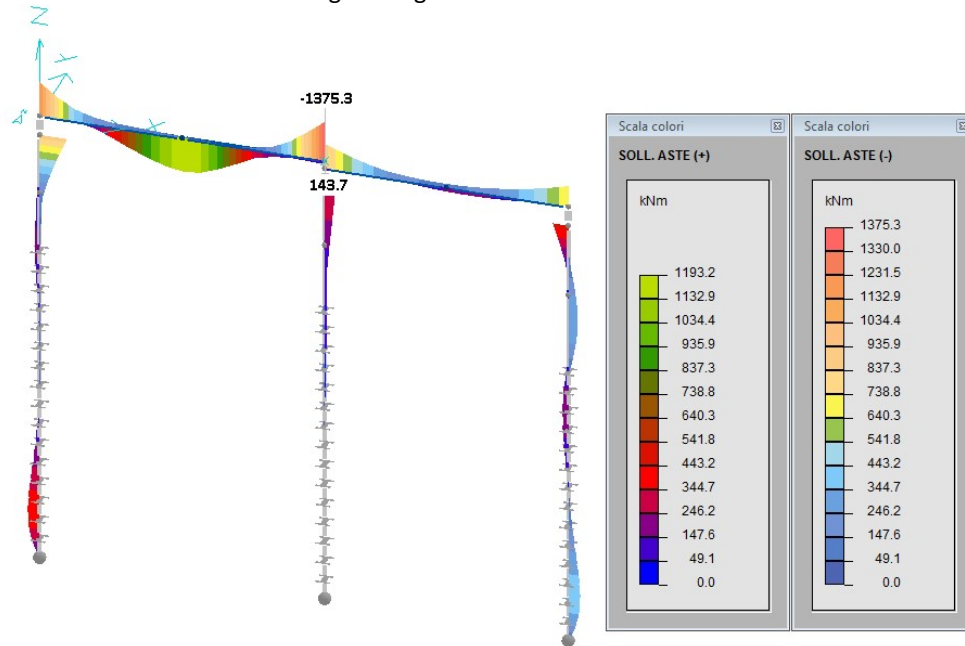


FIGURA 9: INVILUPPO MOMENTO AGENTE MZZ

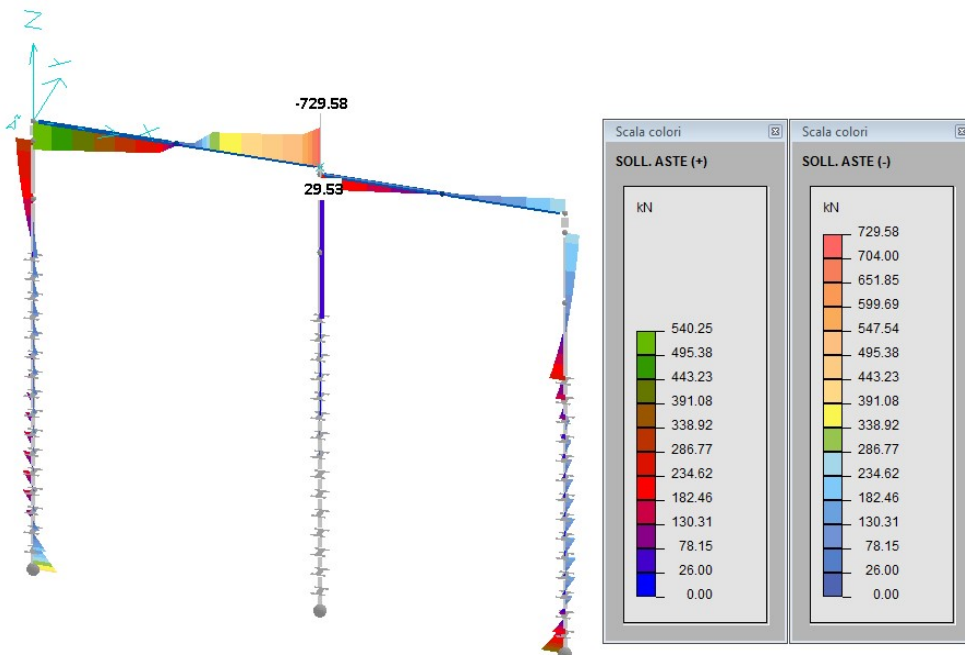


FIGURA 10: INVILUPPO TAGLIO AGENTE TY

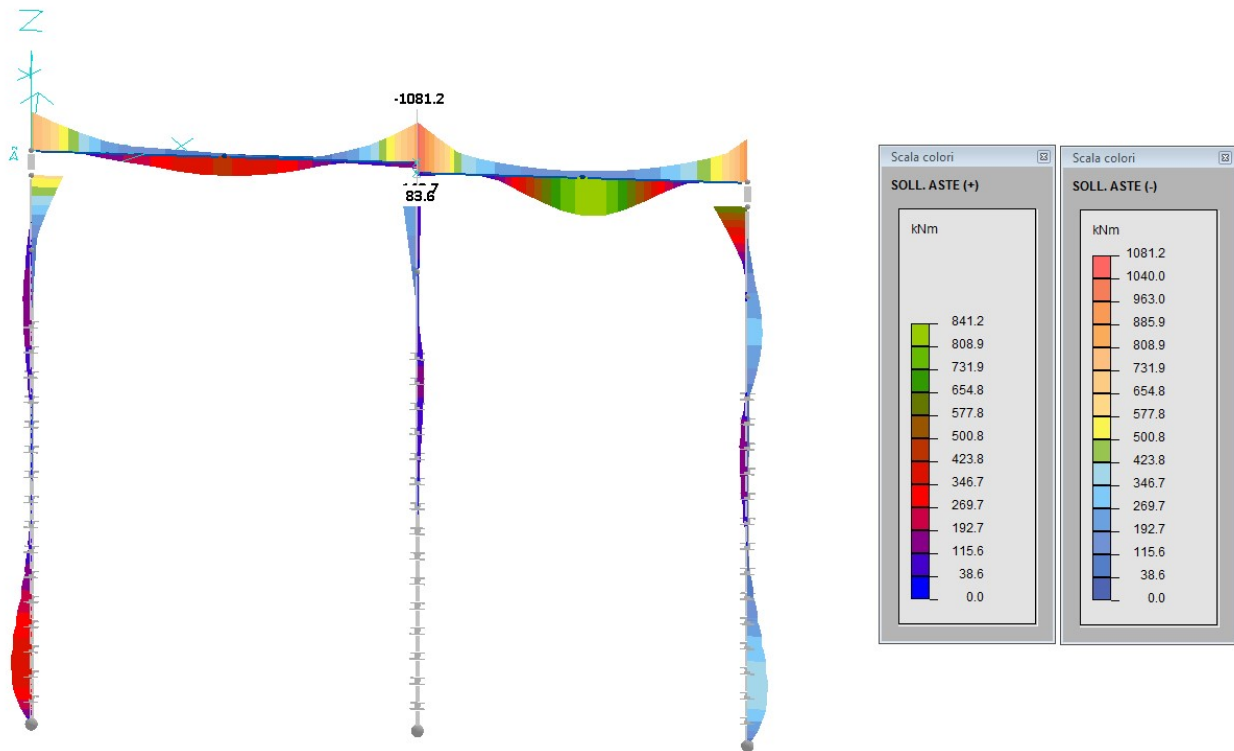


FIGURA 11: INVILUPPO SFORZO NORMALE AGENTE N

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime agenti sugli elementi strutturali nel modello 2

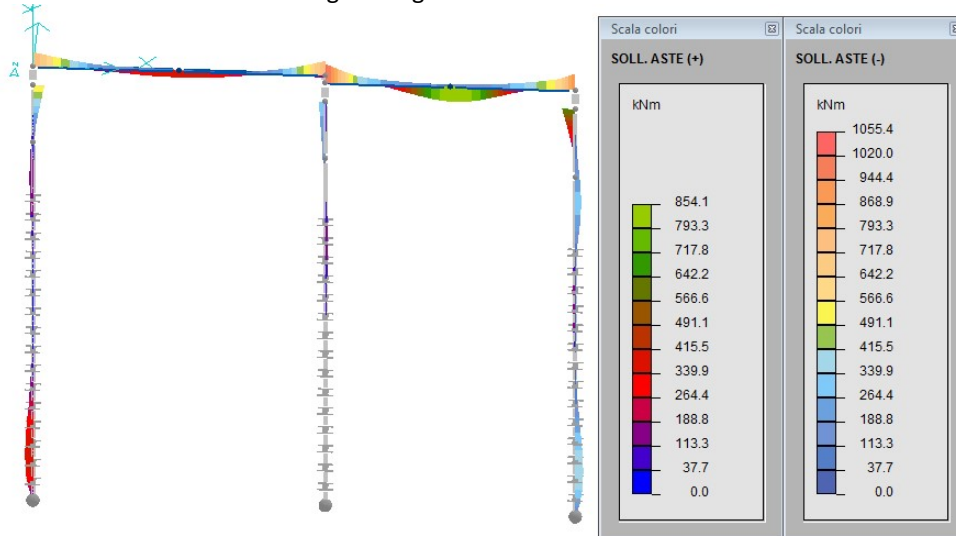


Figura 12: Inviluppo momento agente Mzz

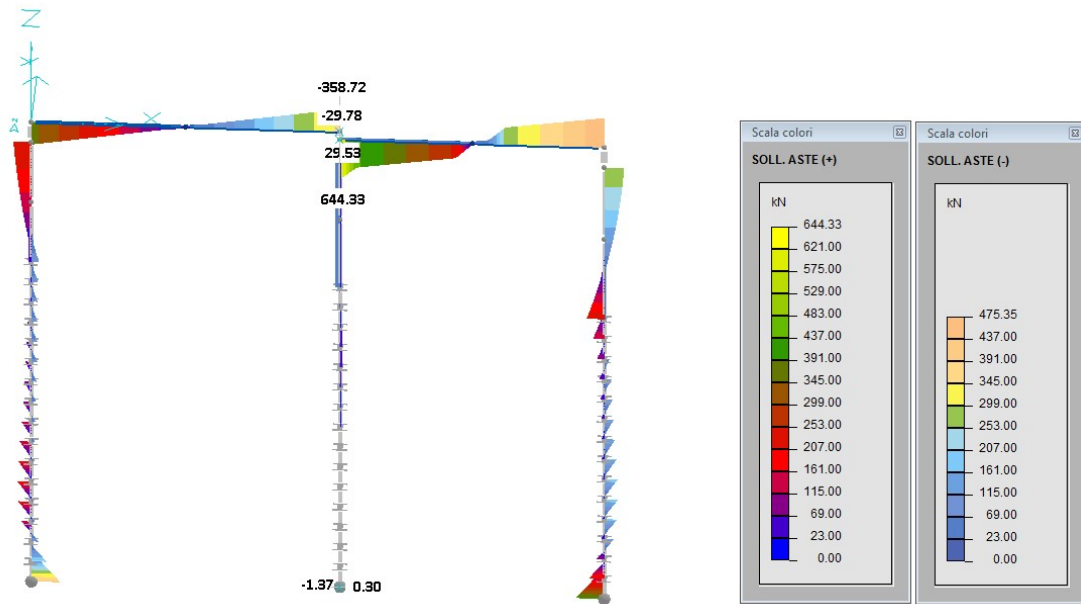


FIGURA 13: INVILUPPO TAGLIO AGENTE TY

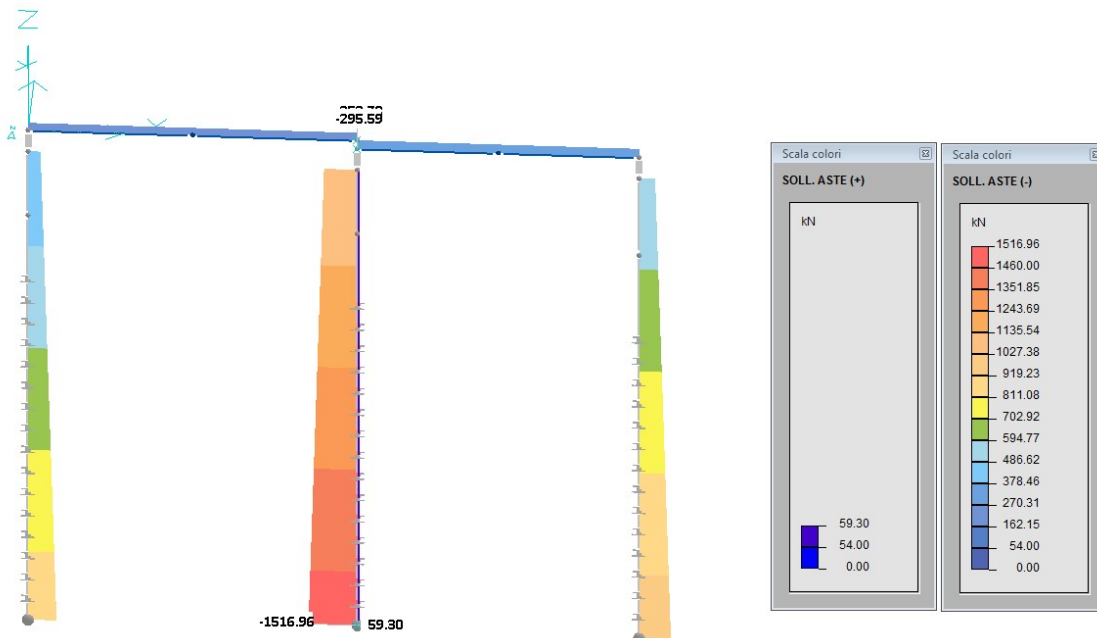


FIGURA 14: INVILUPPO SFORZO NORMALE AGENTE N

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime agenti sugli elementi strutturali nel modello 3

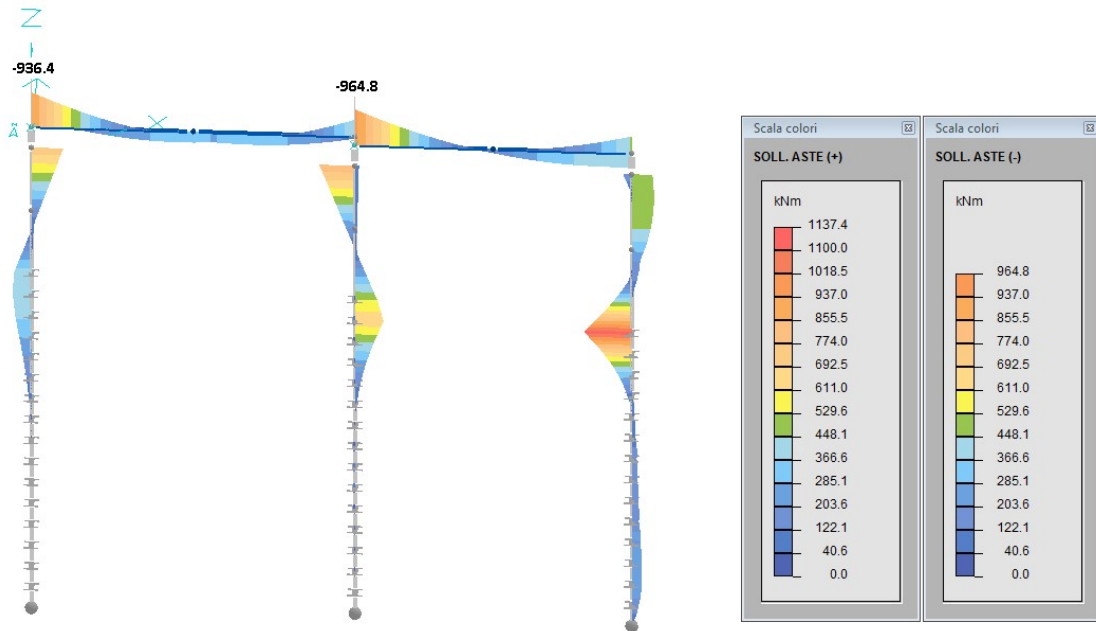


FIGURA 15: INVILUPPO MOMENTO AGENTE MZZ

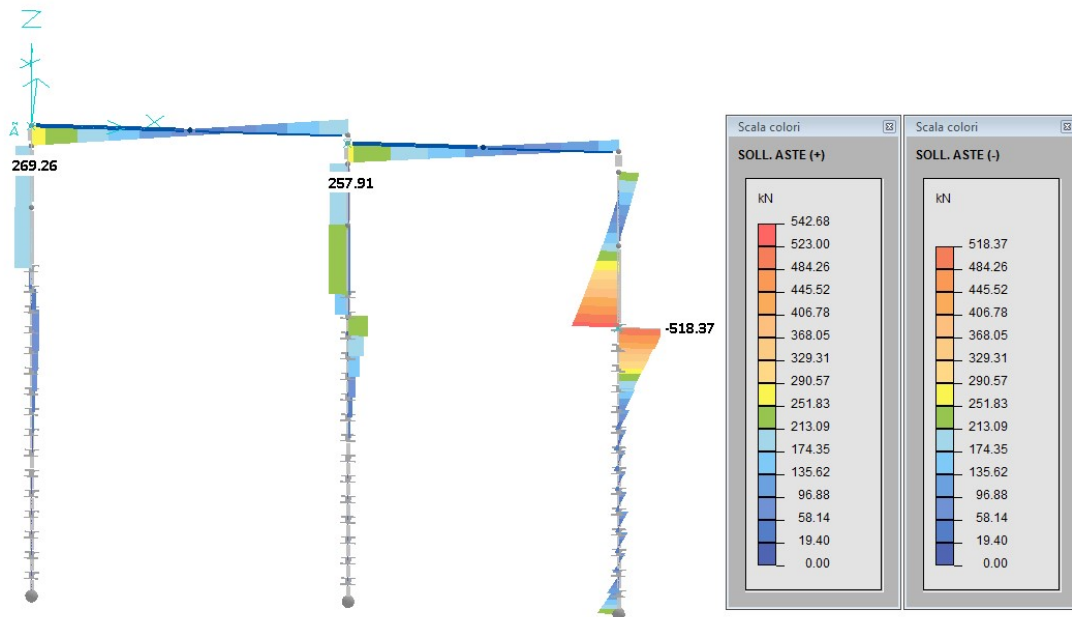


FIGURA 16: INVILUPPO TAGLIO AGENTE TY

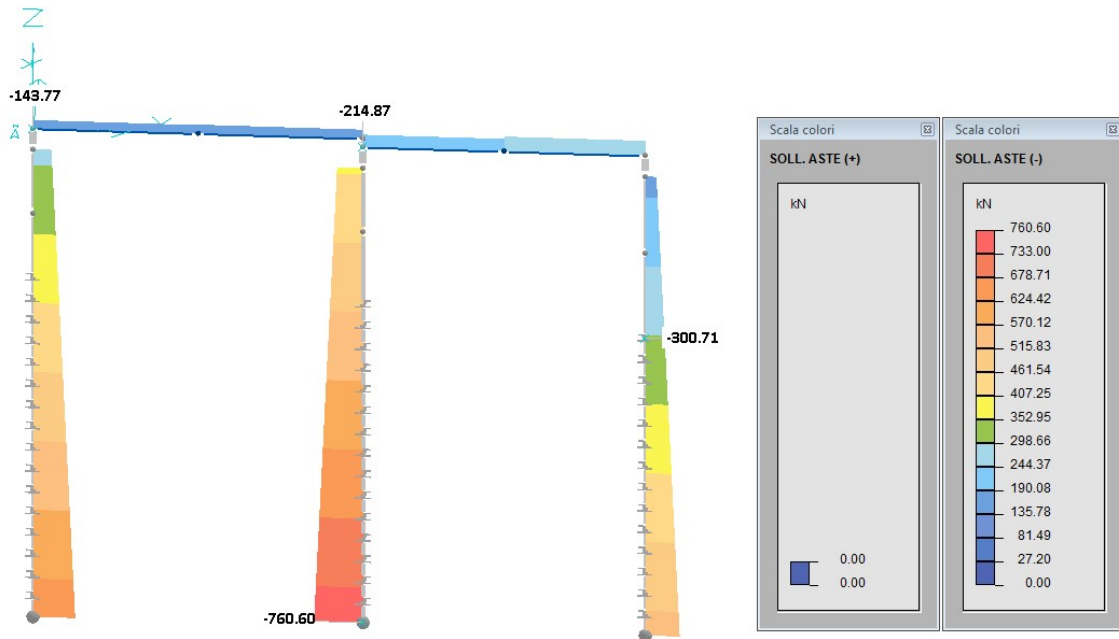


FIGURA 17: INVILUPPO SFORZO NORMALE AGENTE N

Per i dimensionamenti strutturali degli elementi si rimanda ai paragrafi successivi della presente relazione.

6.7 SPOSTAMENTI RISULTANTI

Come si può vedere dalle figure di seguito riportate tratte dal Modello 1 e 2, gli spostamenti, ottenuti sia orizzontalmente sia verticalmente nelle combinazioni di carico SLE, sono accettabili in quanto risultano essere 1/1500 dell'altezza libera, 1/1700 della luce dell'impalcato di destra e 1/3000 della luce dell'impalcato di sinistra.

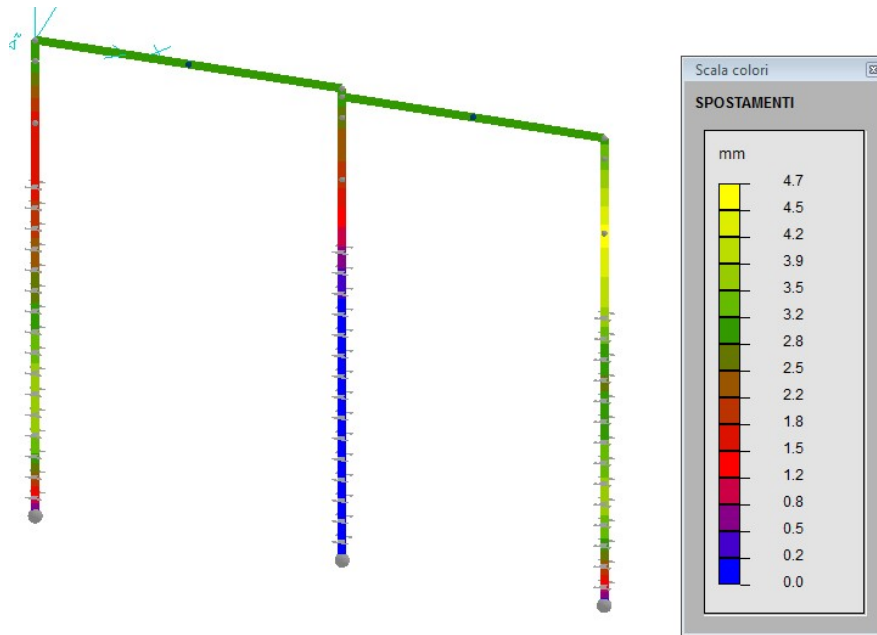


FIGURA 18: SPOSTAMENTI MASSIMI IN DIREZIONE X DEL MODELLO 1

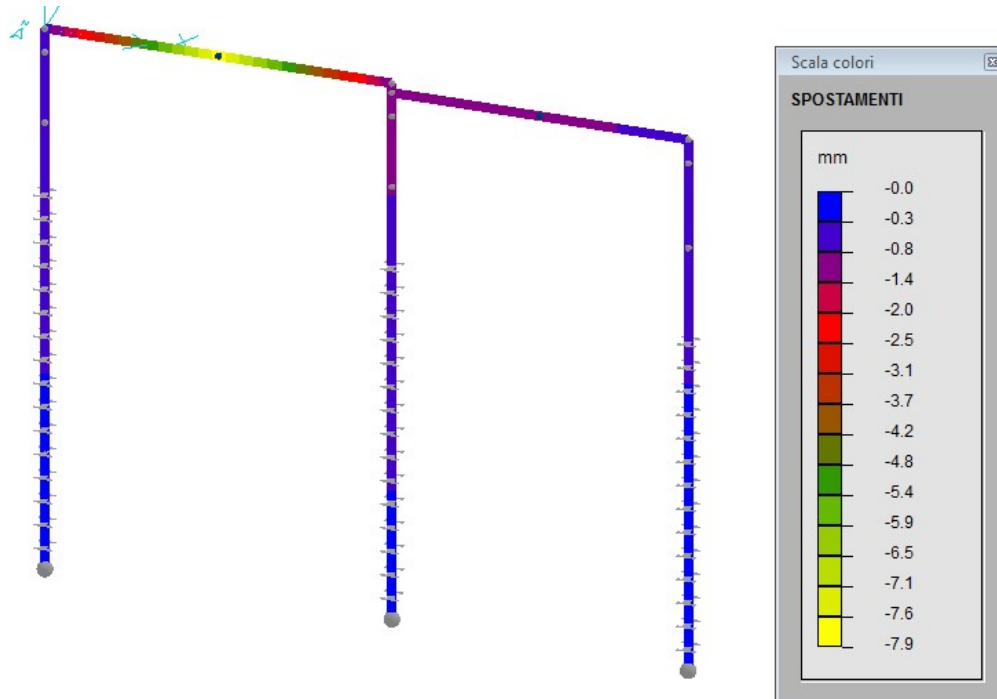


FIGURA 19: SPOSTAMENTI MASSIMI VERTICALI IN DIREZIONE Z DEL MODELLO 1

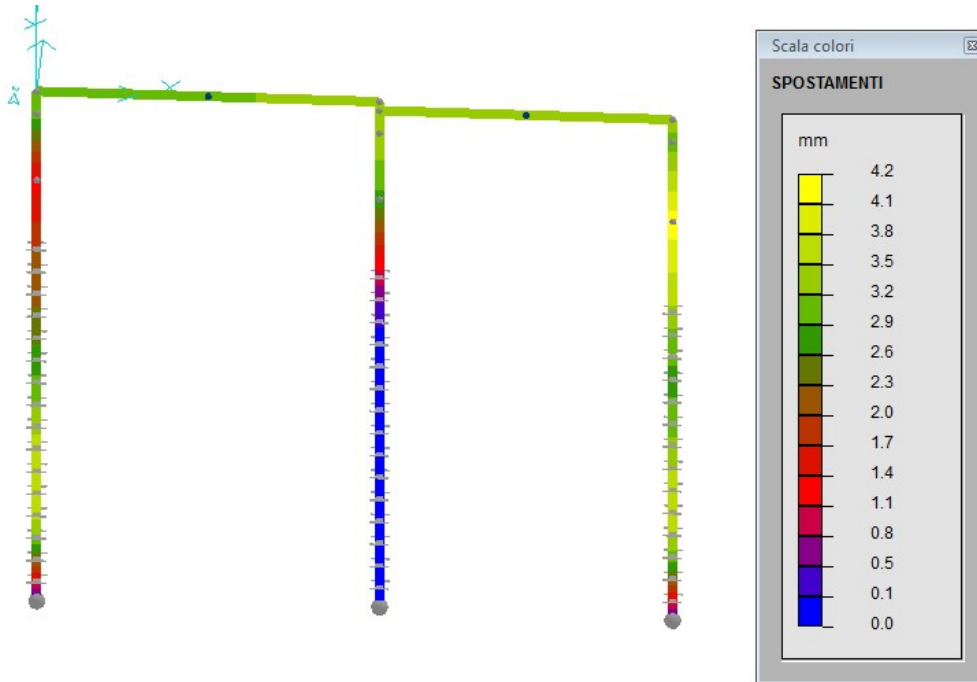


FIGURA 20: SPOSTAMENTI MASSIMI IN DIREZIONE X DEL MODELLO 2

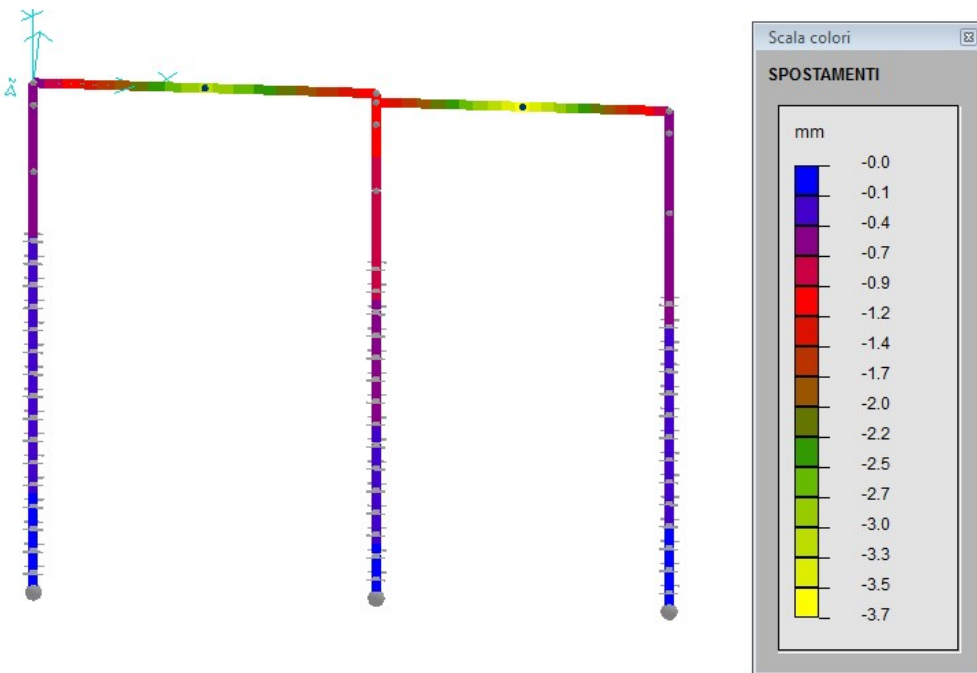


FIGURA 21: SPOSTAMENTI MASSIMI VERTICALI IN DIREZIONE Z DEL MODELLO 2



NODO DI TORINO

COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSÀ - TORINO PORTA NUOVA

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	46 di 133

Di seguito si riporta la verifica degli spostamenti sismici tratta dal Modello 3.

VERIFICA SPOSTAMENTI SISMICI DI ESERCIZIO (NTC 7.3.7.2)

spostamento limite interpiano = 0.333% dell'altezza

CASO n. 3 - SLD con SISMAX PRINC:

Zinf [mm]	Zsup [mm]	h [mm]	spost.max [mm]	%h	nodo	sest.	ver.
-9000.0	-400.0	8600.0	13.90923	0.162	43	2	SI
-7800.0	0.0	7800.0	12.66531	0.162	13	2	SI
-7000.0	0.0	7000.0	10.76377	0.154	1	2	SI

VERIFICA SPOSTAMENTI SISMICI DI S.L.V. (NTC 7.3.3.3)

Fattore Mud = 1.000

Quota [mm]	DX max [mm]	nodo	DY max [mm]	nodo
-7800.0	1.74094	16	0.00000	16
-7000.0	3.93842	4	0.00000	4
-400.0	17.84253	43	0.00000	41
0.0	17.98493	13	0.00000	1

	NODO DI TORINO COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO PORTA NUOVA					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NT0P	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A

7. IMPALCATO

L'opera oggetto di questa relazione consiste in un impalcato a due campate con struttura in c.a.p. composta da una trave prefabbricata con sezione a T con luce di calcolo 13,45 m ed una Trave a doppio T con luce di calcolo pari a 11,50 m. Al di sopra delle travi prefabbricate è previsto il getto di una soletta di completamento di spessore 25 cm dal lato a luce minore e 15 cm dal lato di luce maggiore.

L'altezza delle travi è pari a 0,75 m dal lato a luce minore e 0,85 m dal lato di luce maggiore.

La struttura è impostata su paratie spalle realizzate in cemento armato gettato in opera.

Le travi sono prefabbricate e precomprese col sistema della pretensione impiegando trefoli da 0,6" e utilizzando, sulle testate, guaine di passivazione nei primi tratti. Sulle paratie di appoggio è prevista la realizzazione di cordoli pieni gettati in opera per garantire la continuità delle sollecitazioni, in campata è prevista la realizzazione di n. 2 traversi ogni campata per la ripartizione dei carichi.

Lo schema di calcolo assunto è quello di trave semplicemente appoggiata agli estremi con luce di calcolo pari alla luce di varo (vincolo di cerniera alle estremità della trave) per il carico il caso di carico peso proprio e carico dovuta al getto della soletta di completamento.

Per le successive fasi di carico (carichi permanenti e carico da traffico) si considera lo schema di calcolo completo impalcato + paratie di sostegno.

Per le verifiche delle travi nelle condizioni di sollevamento e trasporto, per tener conto degli effetti dinamici, si è amplificato e ridotto l'effetto del peso proprio con un coefficiente pari a (CNR 10025/98 p.to 1.6.1)

$$\Phi_{din} = 1 \pm 0,15$$

7.1 VERIFICHE DELLE TRAVI – VARO TRAVI ENTRO 90GG

Nel seguito vengono riportate le verifiche relative alla trave in oggetto eseguite tramite foglio elettronico per la condizione di verifica definita (semplice appoggio per peso proprio e getto soletta – schema a telaio per permanenti e carico di esercizio).

Nella prima parte sono riportate le caratteristiche dei materiali, di carico e geometriche della trave senza e con soletta collaborante. Nella valutazione delle caratteristiche geometriche della sezione con soletta collaborante la larghezza della soletta in calcestruzzo gettata in opera viene ridotta, cautelativamente, in base al rapporto $E_{c,soletta} / E_{c,trave} = 0,85$. La riduzione del modulo elastico della trave rispetto al valore calcolato come da regolamento tiene conto degli effetti della maturazione a vapore.

La geometria della sezione è calcolata suddividendo la stessa in singole parti trapezoidali sovrapposte introdotte a partire dall'alto della sezione.



NODO DI TORINO

**COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA –
TORINO PORTA NUOVA**

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	48 di 133

I trefoli vengono introdotti col numero, la distanza dal fondo della sezione e l'area corrispondente. I trefoli vengono considerati attivi, e pertanto presi in conto ai fini del calcolo della precompressione agente, a partire da circa 0,90 m dalla sezione in cui ha inizio l'aderenza col calcestruzzo.

Nella seconda parte sono riportate le sollecitazioni, dovute ai carichi esterni, calcolate nelle varie sezioni in cui è suddivisa la trave. Vengono riportati i contributi delle singole condizioni di carico e, nella colonna finale, la risultante di tutte le sollecitazioni sovrapposte. Nel caso dell'involuppo dei momenti negativi la colonna delle sollecitazioni per carichi permanenti totali comprende la somma del peso della trave, della soletta e dei carichi permanenti portati.

Nella terza parte sono riportate le verifiche delle tensioni nelle fibre a diversa altezza della trave per tutte le sezioni individuate.

a) Tensioni normali: per ogni livello sono riportati nella prima parte i contributi delle singole condizioni di carico e nella seconda, in neretto, i valori relativi alle combinazioni di verifica. Le combinazioni di verifica considerate sono le seguenti:

1) Sola trave resistente:

-Scassero: Peso proprio trave + precompressione iniziale

-Sollevamento/Trasporto: Peso proprio trave x 1,15 + precompressione iniziale e Peso proprio trave x 0,85 + precompressione iniziale o con precompressione con cadute di fase 1

-Getto soletta: Peso proprio trave + precompressione con cadute fase 1 + Getto soletta

-Getto soletta+esercizio: Peso proprio trave + precompressione finale + Getto soletta + carichi di esercizio in fase di getto (2,00 kN/m²)

2) Trave + soletta collaborante:

-Getto soletta+cadute finali: (Peso proprio trave + precompressione con cadute fase 1 + Getto soletta) + Cadute di precompressione di fase 2 + Ritiro differenziale

-Carichi permanenti: (Peso proprio trave + precompressione finale + Getto soletta + Cadute di precompressione di fase 2 + Ritiro differenziale) + Carichi permanenti

-Carichi esercizio: (Peso proprio trave + precompressione finale + Getto soletta + Cadute di precompressione di fase 2 + Ritiro differenziale) + Carichi permanenti + Carichi di esercizio.

Valori negativi corrispondono a tensioni di compressione e valori positivi corrispondono a tensioni di trazione.

La valutazione delle cadute di tensione per ritiro, fluage e rilassamento (e della loro interazione) avviene secondo le indicazioni delle norme italiane vigenti assumendo:

-Rilassamento acciaio di precompressione:

-Per $\sigma_{spio} = 0,75 f_{ptk}$ si ha:

$$\Delta\sigma_{r\infty} = [r_{2000} + C (r_{2000} - r_{1000})] \sigma_{spi}$$

con $C = 9$

$$\Delta\sigma_{r\infty} = 0,052 \cdot 0,75 f_{ptk} = 72,54 \text{ N/mm}^2$$

-Per $\sigma_{spio} \neq 0,75 f_{ptk}$ si ha (ipotizzando che la caduta vari con legge parabolica il cui diagramma, tracciato in funzione di σ_{spi} , abbia ordinata nulla e tangente orizzontale per $\sigma_{spio} = 0,5 f_{ptk}$):

$$\Delta\sigma_{r\infty} = 16 \cdot (\sigma_{spio} / f_{ptk} - 0,5)^2 \cdot (0,052 \cdot \sigma_{spi})$$

Si assume che la perdita per rilassamento avvenga:

fra il tiro ed il taglio dei trefoli: $0,2 \Delta\sigma_{r\infty}$

fra il taglio dei trefoli ed il varo: $0,8 \Delta\sigma_{r\infty}$

Dopo il taglio dei trefoli la caduta per rilassamento interagisce con i fenomeni di ritiro e fluage del calcestruzzo. Le perdite di tensione per rilassamento depurate dall'effetto mutuo valgono:

$$\Delta\sigma_{r'\infty} = \Delta\sigma_{r\infty} (1 - 2,5 \cdot \Delta\sigma_{ssf} / \sigma_{spi})$$

Questa riduzione si applica alla sola frazione del rilassamento che avviene dopo l'applicazione della precompressione.

Il calcolo delle cadute di tensione viene effettuato ipotizzando che la trave prefabbricata subisca un periodo di immagazzinamento non superiore a 90 giorni, durante il quale avvengono le cadute per rilassamento e una parte di quelle dovute al ritiro ed al fluage. Trascorso tale periodo, la trave viene completata con la soletta e le cadute per la restante parte del ritiro del fluage avvengono sulla sezione completa, sommandosi agli effetti del ritiro differenziale soletta-trave.

Nel periodo così individuato per il varo (30 – 90 giorni) si è assunto che, mediamente le cadute di ritiro e fluage assommino al 40% delle cadute finali.

Assumendo:

$$\alpha = 2 A_c / u = 2 \cdot 2964 / 300 = 20 \text{ cm}$$

umidità relativa ~ 70% si ha:

-Ritiro trave:	-0,0003
tra t_0 e varo	-0,00012
tra getto soletta e t_∞	-0,00018
-Coefficiente di fluage trave:	2,58

tra t_0 e varo 1,03

tra getto soletta e t_∞ 1,55

Il ritiro differenziale fra soletta e trave è valutato considerando una forza fittizia di compressione, applicata nel baricentro della soletta ed agente sulla sezione completa, di intensità pari a:

$$N^* = \epsilon_{dif} A_{soletta} E_{soletta} / (1 + 0,8 f_s)$$

Assumendo:

$$\alpha = 2 A_c / u = 2 \cdot 2000 / 200 = 20 \text{ cm}$$

umidità relativa $\sim 70\%$ si ha:

-deformazione di ritiro fra getto e infinito per la soletta: $-0,0003$

-coefficiente di fluage soletta fra getto e infinito: $f_s = 2,58$

-ritiro differenziale fra soletta e trave: $\epsilon_{dif} = -0,0018$

Il denominatore rappresenta un fattore riduttivo che tiene conto dello smorzamento del fenomeno a causa del contemporaneo fluage della soletta. Il calcolo è effettuato in base al metodo Age Adjust Effective Modulus AAEM, attribuendo al coefficiente di invecchiamento il valore 0,8. Le tensioni nella trave si ottengono direttamente dalla presso flessione provocata da N^* , quella nella soletta, dalla stessa presso flessione, ma deducendo il termine $N^*/A_{soletta}$.

Le armature necessarie vengono calcolate assumendo come tensioni di progetto il valore introdotto nella prima parte ovvero $\sigma_s = 255 \text{ N/mm}^2$. Nel caso in cui sia necessario disporre armature sussidiarie di acciaio ad aderenza migliorata nella zona tesa della trave, l'area necessaria delle stesse viene calcolata assumendo il tasso convenzionale di 175 N/mm^2 .

b) Tensioni tangenziali: sono riportate, per le diverse sezioni le verifiche tensionali effettuate calcolando convenzionalmente le tensioni principali al livello della fibra baricentrica. Vengono quindi calcolate le armature necessarie di staffe e confrontate con quelle disposte. Per il primo tratto della trave, dove non è disponibile la precompressione, la verifica avviene considerando la sezione in cemento armato ordinario. Nella seconda parte vengono calcolate le tensioni tangenziali di scorrimento nella fibra di contatto trave – soletta collaborante, vengono calcolate le armature delle staffe di collegamento necessarie e vengono confrontate con quelle effettivamente disposte.

Nella parte finale si calcola l'armatura che deve assorbire la trazione pari alla reazione massima all'appoggio (affidata integralmente alle armature ordinarie trascurando la deduzione della trazione assorbita dai trefoli), viene confrontata con quella effettivamente disposta e, per la sezione maggiormente sollecitata, vengono effettuate le verifiche a rottura ed a fessurazione valutando i relativi coefficienti di sicurezza. Nel calcolo del momento a rottura per il calcestruzzo si assume il diagramma parabola– rettangolo e vengono considerati nel calcolo come armature resistenti i soli trefoli.

Vengono infine riportate le sollecitazioni agenti nei trefoli nelle varie fasi di verifica individuate e le verifiche a scorrimento dell'ala inferiore nel tratto iniziale di introduzione delle forze di precompressione.



NODO DI TORINO

**COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA –
TORINO PORTA NUOVA**

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	51 di 133

7.1.1 Verifica semitrave – L=13,45 m

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	52 di 133

GA01 TRAVE INTERASSE=13,45 m			Trave - L _{TOT} =		12.90 m			
Luce di calcolo scassero	13.45 m							
Luce di calcolo appoggi prov.	13.45 m		R _{ck} =	40 N/mm ²				
Luce di calcolo eserc	13.45 m		f _{ptk} =	1860 N/mm ²				
			R _{ckj} =	35 N/mm ²				
Interasse	1.21 m							
			Soletta:	R _{ck} =	35 N/mm ²			
				H _{min} =	15 cm			
Peso proprio trave	17.50 kN/m			H _{max} =	15 cm			
Getto collaborante	3.75 kN/m ²			B=	121 cm			
Carichi di eser. in fase di getto	2.00 kN/m ²	(utilizzato solo per la verifica nella fase di getto)						
Carichi permanenti	10.00 kN/m ²							
Carichi di esercizio	-, - kN/m ²	Inviluppo						
Sezione di mezzzeria:								
	Bs	Bi	H					
1	1.20	1.20	0.45	m				
2	0.40	0.40	0.40	m				
3	0.00	0.00	0.000	m				
4	0.00	0.00	0.00	m				
5	0.00	0.00	0.000	m				
6	0.00	0.00	0.00	m				
7	0.00	0.00	0.00	m				
H _{tot} =			0.85	m				
Armature ordinarie			ψ _{y,k} =	450 N/mm ²				
Armature di precompressione	Al martinetto:		σ _{spl} =	1390 N/mm ²				
	Al taglio trefoli:		σ _{spl} =	1376 N/mm ²				
Trefoli T0.6"	N°	di	Area	Atot (cm ²)				
1	3	0.08	1.39	4.17	Inguainati per 5,10 m			
2	5	0.13	1.39	6.95	3 inguainati per 2,00 m - 2 inguainati per 4,10 m			
3	5	0.23	1.39	6.95	Inguainati per 2,00 m			
4	5	0.28	1.39	6.95				
5	3	0.33	1.39	4.17				
6	3	0.73	1.39	4.17				
7	0	0.00	0.00	0.00				
8	0	0.00	0.00	0.00				
9	0	0.00	0.00	0.00				
10	0	0.00	0.00	0.00				
Tot	24			33.36				
Caratteristiche sezioni trave isolata:								
Sez	X	A _{om}	J _{om}	y _{ginf}	y _{gsup}	W _{inf}	W _{sup}	Q _{om}
	m	cm ²	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ²
2	0.700	7597.25	3789553.54	53.32	31.68	71072.51	119618.02	0.000147
3	1.125	7132.95	3472677.07	52.65	32.35	65963.12	107332.90	0.000146
4	1.825	7132.95	3472677.07	52.65	32.35	65963.12	107332.90	0.000146
5	2.525	7188.55	3535509.89	52.39	32.61	67487.74	108409.44	0.000145
6	3.225	7202.45	3557032.31	52.31	32.69	67997.24	108815.75	0.000145
7	3.925	7202.45	3557032.31	52.31	32.69	67997.24	108815.75	0.000145
8	4.625	7202.45	3557032.31	52.31	32.69	67997.24	108815.75	0.000145
9	5.675	7223.30	3597853.16	52.18	32.82	68946.16	109635.55	0.000145
10	6.025	7223.30	3597853.16	52.18	32.82	68946.16	109635.55	0.000145
11	6.725	7223.30	3597853.16	52.18	32.82	68946.16	109635.55	0.000145
Caratteristiche sezioni trave con soletta:								
Sez	X	A _{om}	J _{om}	y _{ginf}	y _{gsup}	W _{inf}	W _{sup}	Q _{om}
	m	cm ²	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ²
2	0.700	9295.03	5951611.51	60.48	39.52	98412.75	150582.31	0.000136
3	1.125	8830.73	5682736.55	60.31	39.69	94228.52	143170.95	0.000135
4	1.825	8830.73	5682736.55	60.31	39.69	94228.52	143170.95	0.000135
5	2.525	8886.33	5777181.61	60.05	39.95	96204.36	144614.43	0.000135
6	3.225	8900.23	5807905.51	59.98	40.02	96834.48	145116.58	0.000135
7	3.925	8900.23	5807905.51	59.98	40.02	96834.48	145116.58	0.000135
8	4.625	8900.23	5807905.51	59.98	40.02	96834.48	145116.58	0.000135
9	5.675	8921.08	5864103.82	59.86	40.14	97969.90	146077.37	0.000134
10	6.025	8921.08	5864103.82	59.86	40.14	97969.90	146077.37	0.000134
11	6.725	8921.08	5864103.82	59.86	40.14	97969.90	146077.37	0.000134

Sollecitazioni (m - kNm - kN)							
Sez	X	Mpp	Mgetto perm	Mgetto eser	Mperm	Meser	Mtot
1	0.000	0.00	0.00	0.00	-235.28	-864.96	-1100.24
2	0.700	78.09	20.25	10.80	-174.26	-621.98	-697.90
3	1.125	121.32	31.46	16.78	-140.49	-487.47	-475.17
4	1.825	185.64	48.13	25.67	-90.24	-287.36	-143.83
5	2.525	241.37	62.58	33.38	-46.69	-113.94	143.33
6	3.225	288.54	74.81	39.90	-9.84	32.80	386.31
7	3.925	327.12	84.82	45.24	20.31	152.86	585.11
8	4.625	357.14	92.60	49.39	43.76	246.25	739.74
9	5.675	386.08	100.10	53.39	66.37	336.29	888.84
10	6.025	391.44	101.49	54.13	70.56	352.97	916.45
11	6.725	395.72	102.61	54.72	73.90	366.31	938.54
Sez	X	Tpp	Tgetto perm	Tgetto eser	Tperm	Teser	Ttot
1	0.000	117.69	30.51	16.27	91.95	366.18	606.33
2	0.700	105.44	27.34	14.58	82.38	328.06	543.22
3	1.125	98.00	25.41	13.55	76.57	304.92	504.90
4	1.825	85.75	22.23	11.86	67.00	266.81	441.79
5	2.525	73.50	19.06	10.16	57.43	228.69	378.67
6	3.225	61.25	15.88	8.47	47.86	190.58	315.56
7	3.925	49.00	12.71	6.78	38.28	152.46	252.45
8	4.625	36.75	9.53	5.08	28.71	114.35	189.34
9	5.675	18.38	4.76	2.54	14.36	57.17	94.67
10	6.025	12.25	3.18	1.69	9.57	38.12	63.11
11	6.725	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	54 di 133

Verifiche tensioni di esercizio - Tensioni Normali (N/mm²)

Livello inferiore trave z=			0 cm							
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro	Carichi	Carichi
								differenziale	permanenti	esercizio
2	0.7000	-6.23	1.10	0.45	0.28	0.15	0.62	0.44	-1.77	-6.32
3	1.1250	-6.46	1.84	0.47	0.48	0.25	0.65	0.47	-1.49	-5.17
4	1.8250	-6.46	2.81	0.45	0.73	0.39	0.69	0.47	-0.96	-3.05
5	2.5250	-15.92	3.58	1.51	0.93	0.49	1.18	0.46	-0.49	-1.18
6	3.2250	-18.53	4.24	1.88	1.10	0.59	1.53	0.46	-0.10	0.34
7	3.9250	-18.53	4.81	1.85	1.25	0.67	1.48	0.46	0.21	1.58
8	4.6250	-18.53	5.25	1.83	1.36	0.73	1.45	0.46	0.45	2.54
9	5.6750	-22.73	5.60	2.53	1.45	0.77	2.16	0.45	0.68	3.43
10	6.0250	-22.73	5.68	2.53	1.47	0.79	2.15	0.45	0.72	3.60
11	6.7250	-22.73	5.74	2.53	1.49	0.79	2.15	0.45	0.75	3.74
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali			Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	-5.13	-4.51	-5.29	-4.39	-4.24	-3.33			-5.10	-11.42
3	-4.62	-3.88	-4.90	-3.68	-3.42	-2.56			-4.05	-9.22
4	-3.65	-2.77	-4.07	-2.46	-2.08	-1.31			-2.27	-5.32
5	-12.34	-10.29	-12.88	-9.90	-9.41	-8.26			-8.75	-9.93
6	-14.29	-11.77	-14.92	-11.31	-10.72	-9.32			-9.42	-9.08
7	-13.72	-11.15	-14.44	-10.62	-9.96	-8.68			-8.47	-6.89
8	-13.28	-10.66	-14.06	-10.09	-9.36	-8.19			-7.73	-5.19
9	-17.13	-13.76	-17.97	-13.15	-12.37	-10.53			-9.86	-6.42
10	-17.05	-13.67	-17.91	-13.05	-12.27	-10.45			-9.73	-6.13
11	-16.99	-13.61	-17.85	-12.98	-12.18	-10.38			-9.63	-5.89
Livello superiore trave z=			85 cm							
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro	Carichi	Carichi
								differenziale	permanenti	esercizio
2	0.700	-0.71	-0.65	0.04	-0.17	-0.09	0.10	-0.49	0.72	2.56
3	1.125	-0.79	-1.13	0.05	-0.29	-0.16	0.10	-0.52	0.61	2.12
4	1.825	-0.79	-1.73	0.05	-0.45	-0.24	0.09	-0.52	0.39	1.25
5	2.525	1.71	-2.23	-0.22	-0.58	-0.31	-0.07	-0.51	0.20	0.49
6	3.225	2.52	-2.65	-0.32	-0.69	-0.37	-0.17	-0.51	0.04	-0.14
7	3.925	2.52	-3.01	-0.31	-0.78	-0.42	-0.16	-0.51	-0.09	-0.66
8	4.625	2.52	-3.28	-0.31	-0.85	-0.45	-0.15	-0.51	-0.19	-1.06
9	5.675	3.94	-3.52	-0.53	-0.91	-0.49	-0.36	-0.51	-0.28	-1.44
10	6.025	3.94	-3.57	-0.53	-0.93	-0.49	-0.36	-0.51	-0.30	-1.51
11	6.725	3.94	-3.61	-0.53	-0.94	-0.50	-0.36	-0.51	-0.32	-1.57
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali			Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	-1.37	-1.43	-1.27	-1.50	-1.59	-1.89			-1.17	1.39
3	-1.92	-2.05	-1.75	-2.17	-2.33	-2.58			-1.97	0.14
4	-2.52	-2.73	-2.26	-2.92	-3.16	-3.35			-2.95	-1.71
5	-0.52	-1.07	-0.18	-1.31	-1.62	-1.90			-1.69	-1.20
6	-0.13	-0.85	0.26	-1.14	-1.51	-1.83			-1.78	-1.92
7	-0.49	-1.25	-0.04	-1.58	-2.00	-2.25			-2.34	-3.00
8	-0.76	-1.56	-0.27	-1.92	-2.38	-2.59			-2.78	-3.84
9	0.42	-0.64	0.95	-1.02	-1.51	-1.90			-2.18	-3.62
10	0.37	-0.69	0.91	-1.08	-1.57	-1.95			-2.26	-3.77
11	0.34	-0.73	0.88	-1.13	-1.63	-2.00			-2.32	-3.89

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	55 di 133

Livello inferiore soletta z=			85 cm								
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro	Carichi	Carichi	
								differenziale	permanenti	esercizio	
2	0.700							0.67	0.67	2.40	
3	1.125							0.64	0.57	1.98	
4	1.825							0.64	0.37	1.17	
5	2.525							0.64	0.19	0.46	
6	3.225							0.64	0.04	-0.13	
7	3.925							0.64	-0.08	-0.62	
8	4.625							0.64	-0.18	-0.99	
9	5.675							0.64	-0.27	-1.35	
10	6.025							0.64	-0.28	-1.42	
11	6.725							0.64	-0.30	-1.47	
Sez	Scassero	Sollev./	Trasporto	Getto soletta	Getto soletta	Getto soletta		Carichi		Carichi	
		(P.p x 1,15)	(P.p x 0,85)	e esercizio		perdite totali		permanenti		esercizio	
2								1.34		3.74	
3								1.21		3.19	
4								1.01		2.17	
5								0.83		1.29	
6								0.68		0.55	
7								0.56		-0.06	
8								0.47		-0.53	
9								0.38		-0.97	
10								0.36		-1.06	
11								0.35		-1.12	
Livello superiore soletta z=			100 cm								
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro	Carichi	Carichi	
								differenziale	permanenti	esercizio	
2	0.700							0.51	1.08	3.86	
3	1.125							0.48	0.92	3.18	
4	1.825							0.48	0.59	1.88	
5	2.525							0.48	0.30	0.74	
6	3.225							0.48	0.06	-0.21	
7	3.925							0.48	-0.13	-0.99	
8	4.625							0.48	-0.28	-1.59	
9	5.675							0.48	-0.43	-2.17	
10	6.025							0.48	-0.45	-2.26	
11	6.725							0.48	-0.47	-2.35	
Sez	Scassero	Sollev./	Trasporto	Getto soletta	Getto soletta	Getto soletta		Carichi		Carichi	
		(P.p x 1,15)	(P.p x 0,85)	e esercizio		perdite totali		permanenti		esercizio	
2								1.59		5.46	
3								1.40		4.58	
4								1.07		2.95	
5								0.78		1.52	
6								0.54		0.33	
7								0.35		-0.63	
8								0.20		-1.39	
9								0.06		-2.11	
10								0.03		-2.23	
11								0.01		-2.34	



NODO DI TORINO

**COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA -
TORINO PORTA NUOVA**

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	56 di 133

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	57 di 133

Livello inferiore soletta z=			85 cm								
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro	Carichi	Carichi	
								differenziale	permanenti	esercizio	
2	0.700							0.67	0.67	2.40	
3	1.125							0.64	0.57	1.98	
4	1.825							0.64	0.37	1.17	
5	2.525							0.64	0.19	0.46	
6	3.225							0.64	0.04	-0.13	
7	3.925							0.64	-0.08	-0.62	
8	4.625							0.64	-0.18	-0.99	
9	5.675							0.64	-0.27	-1.35	
10	6.025							0.64	-0.28	-1.42	
11	6.725							0.64	-0.30	-1.47	
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti		Carichi esercizio	
2								1.34		3.74	
3								1.21		3.19	
4								1.01		2.17	
5								0.83		1.29	
6								0.68		0.55	
7								0.56		-0.06	
8								0.47		-0.53	
9								0.38		-0.97	
10								0.36		-1.06	
11								0.35		-1.12	
Livello superiore soletta z=			100 cm								
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro	Carichi	Carichi	
								differenziale	permanenti	esercizio	
2	0.700							0.51	1.08	3.86	
3	1.125							0.48	0.92	3.18	
4	1.825							0.48	0.59	1.88	
5	2.525							0.48	0.30	0.74	
6	3.225							0.48	0.06	-0.21	
7	3.925							0.48	-0.13	-0.99	
8	4.625							0.48	-0.28	-1.59	
9	5.675							0.48	-0.43	-2.17	
10	6.025							0.48	-0.45	-2.26	
11	6.725							0.48	-0.47	-2.35	
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti		Carichi esercizio	
2								1.59		5.46	
3								1.40		4.58	
4								1.07		2.95	
5								0.78		1.52	
6								0.54		0.33	
7								0.35		-0.63	
8								0.20		-1.39	
9								0.06		-2.11	
10								0.03		-2.23	
11								0.01		-2.34	

Trefoli - Tensioni Normali (N/mm ²)					
Sez	Scassero (t = 0)	Getto soletta	Carichi permanenti	Carichi esercizio	
Liv.1	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	1282.98	1126.55	1130.07	1147.91
	10	1283.37	1127.41	985.11	1003.84
	11	1283.69	1128.10	986.56	1006.00
Liv.2	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	1312.65	1180.54	1063.19	1057.63
	6	1303.13	1162.96	1036.60	1038.19
	7	1305.69	1168.55	1048.44	1055.86
	8	1307.68	1172.90	1057.66	1069.61
	9	1289.17	1137.65	1000.68	1016.81
	10	1289.52	1138.42	1002.30	1019.22
	11	1289.80	1139.03	1003.59	1021.15
Liv.3	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	1321.00	1195.56	1088.09	1083.70
	6	1313.12	1180.95	1065.80	1067.05
	7	1315.02	1185.12	1074.68	1080.52
	8	1316.51	1188.36	1081.58	1090.99
	9	1301.57	1159.86	1035.46	1048.14
	10	1301.83	1160.43	1036.67	1049.98
	11	1302.04	1160.89	1037.64	1051.45
Liv.4	2	1352.52	1253.98	1181.08	1160.71
	3	1353.46	1256.33	1186.72	1170.09
	4	1356.20	1262.32	1199.68	1189.88
	5	1325.17	1203.07	1100.53	1096.74
	6	1318.11	1189.94	1080.40	1081.48
	7	1319.69	1193.40	1087.79	1092.84
	8	1320.92	1196.09	1093.55	1101.68
	9	1307.76	1170.97	1052.85	1063.81
	10	1307.98	1171.44	1053.86	1065.36
	11	1308.15	1171.82	1054.66	1066.60
Liv.5	2	1353.84	1256.38	1185.93	1168.70
	3	1354.41	1257.90	1189.85	1175.79
	4	1356.60	1262.67	1200.26	1191.97
	5	1329.34	1210.58	1112.98	1109.78
	6	1323.11	1198.93	1094.99	1095.91
	7	1324.36	1201.68	1100.91	1105.17
	8	1325.34	1203.82	1105.51	1112.37
	9	1313.96	1182.07	1070.24	1079.48
	10	1314.13	1182.45	1071.04	1080.74
	11	1314.27	1182.75	1071.68	1081.75
Liv.6	2	1364.46	1275.56	1224.78	1232.63
	3	1362.04	1270.41	1214.89	1221.42
	4	1359.77	1265.46	1204.88	1208.73
	5	1362.73	1270.66	1212.55	1214.09
	6	1363.06	1270.88	1211.79	1211.34
	7	1361.72	1267.94	1205.84	1203.78
	8	1360.67	1265.65	1201.22	1197.90
	9	1363.52	1270.90	1209.35	1204.83
	10	1363.34	1270.50	1208.53	1203.79
	11	1363.19	1270.17	1207.88	1202.95

7.1.2 Verifica semitrave – L=11,50 m

GA01 TRAVE INTERASSE=11,50 m				Trave - L _{TOT} = 10.90 m				
Luce di calcolo scassero	11.50 m							
Luce di calcolo appoggi prov.	11.50 m		R _{ck} =	40 N/mm ²				
Luce di calcolo eserc	11.50 m		f _{ptk} =	1860 N/mm ²				
			R _{ckj} =	35 N/mm ²				
Interasse	1.01 m		Soletta:	R _{ck} =	35 N/mm ²			
				H _{min} =	25 cm			
Peso proprio trave	9.13 kN/m			H _{max} =	25 cm			
Getto collaborante	6.25 kN/m ²			B=	101 cm			
Carichi di eser. in fase di getto	2.00 kN/m ²	(utilizzato solo per la verifica nella fase di getto)						
Carichi permanenti	10.00 kN/m ²							
Carichi di esercizio	-, - kN/m ²	Involuppo						
Sezione di mezzeria:	Bs	Bi	H					
1	0.30	0.30	0.55	m				
2	1.00	1.00	0.20	m				
3	0.00	0.00	0.000	m				
4	0.00	0.00	0.00	m				
5	0.00	0.00	0.000	m				
6	0.00	0.00	0.00	m				
7	0.00	0.00	0.00	m				
H _{tot} =			0.75	m				
Armature ordinarie			φ _{y,k} =	450 N/mm ²				
Armature di precompressione Al martinetto:			σ _{spio} =	1390 N/mm ²				
		Al taglio trefoli:	σ _{spi} =	1376 N/mm ²				
Trefoli T0.6"	N°	di	Area	Atot (cm ²)				
1	7	0.08	1.39	9.73	Inguainati per 0,30 m			
2	7	0.13	1.39	9.73	Inguainati per 0,30 m			
3	0	0.23	1.39	0.00				
4	0	0.28	1.39	0.00				
5	0	0.33	1.39	0.00				
6	3	0.78	1.39	4.17	Inguainati per 0,30 m			
7	0	0.00	0.00	0.00				
8	0	0.00	0.00	0.00				
9	0	0.00	0.00	0.00				
10	0	0.00	0.00	0.00				
Tot	17			23.63				
Caratteristiche sezioni trave isolata:								
Sez	X	A _{om}	J _{om}	y _{ginf}	y _{gsup}	W _{inf}	W _{sup}	Q _{om}
	m	cm ²	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ⁻²
2	0.700	3809.30	1827626.54	26.69	48.31	68488.05	37827.57	0.000509
3	1.150	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505
4	1.725	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505
5	2.300	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505
6	2.875	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505
7	3.450	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505
8	4.025	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505
9	4.888	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505
10	5.175	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505
11	5.750	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505
Caratteristiche sezioni trave con soletta:								
Sez	X	A _{om}	J _{om}	y _{ginf}	y _{gsup}	W _{inf}	W _{sup}	Q _{om}
	m	cm ²	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ⁻²
2	0.700	6171.22	7342720.40	49.96	50.04	146968.96	146740.03	0.000447
3	1.150	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447
4	1.725	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447
5	2.300	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447
6	2.875	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447
7	3.450	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447
8	4.025	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447
9	4.888	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447
10	5.175	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447
11	5.750	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447

Sollecitazioni (m - kNm - kN)							
Sez	X	Mpp	Mgetto perm	Mgetto eser	Mperm	Meser	Mtot
1	0.000	0.00	0.00	0.00	-178.20	-546.72	-724.92
2	0.700	34.49	23.86	7.64	-127.23	-305.82	-374.70
3	1.150	54.31	37.57	12.02	-97.96	-167.44	-173.52
4	1.725	76.93	53.22	17.03	-64.52	-9.41	56.22
5	2.300	96.54	66.79	21.37	-35.54	127.55	255.34
6	2.875	113.14	78.27	25.04	-11.03	243.44	423.82
7	3.450	126.71	87.66	28.05	9.04	338.26	561.67
8	4.025	137.27	94.96	30.39	24.64	412.01	668.88
9	4.888	147.45	102.01	32.64	39.68	483.13	772.27
10	5.175	149.34	103.31	33.06	42.47	496.30	791.42
11	5.750	150.85	104.35	33.39	44.70	506.83	806.73
Sez	X	Tpp	Tgetto perm	Tgetto eser	Tperm	Teser	Ttot
1	0.000	52.47	36.30	11.62	67.08	206.17	362.01
2	0.700	46.08	31.88	10.20	58.91	181.07	317.94
3	1.150	41.98	29.04	9.29	53.66	164.93	289.61
4	1.725	36.73	25.41	8.13	46.95	144.32	253.41
5	2.300	31.48	21.78	6.97	40.25	123.70	217.21
6	2.875	26.23	18.15	5.81	33.54	103.08	181.00
7	3.450	20.99	14.52	4.65	26.83	82.47	144.80
8	4.025	15.74	10.89	3.48	20.12	61.85	108.60
9	4.888	7.87	5.44	1.74	10.06	30.92	54.30
10	5.175	5.25	3.63	1.16	6.71	20.62	36.20
11	5.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Verifiche tensioni di esercizio - Tensioni Normali (N/mm²)

Livello inferiore trave z= 0 cm										
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro differenziale	Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	0.7000	-5.72	0.50	0.42	0.35	0.11	0.55	0.26	-0.87	-2.08
3	1.1500	-10.62	0.77	1.04	0.54	0.17	0.86	0.26	-0.67	-1.14
4	1.7250	-10.62	1.10	1.02	0.76	0.24	0.83	0.26	-0.44	-0.06
5	2.3000	-10.62	1.38	1.00	0.95	0.30	0.79	0.26	-0.24	0.87
6	2.8750	-10.62	1.61	0.99	1.11	0.36	0.75	0.26	-0.08	1.66
7	3.4500	-10.62	1.80	0.98	1.25	0.40	0.72	0.26	0.06	2.30
8	4.0250	-10.62	1.96	0.97	1.35	0.43	0.70	0.26	0.17	2.80
9	4.8875	-10.62	2.10	0.97	1.45	0.46	0.68	0.26	0.27	3.29
10	5.1750	-10.62	2.13	0.96	1.47	0.47	0.68	0.26	0.29	3.38
11	5.7500	-10.62	2.15	0.96	1.49	0.48	0.67	0.26	0.30	3.45
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti		Carichi esercizio
2	-5.22	-4.72	-5.30	-4.45	-4.34	-3.63		-4.50		-6.58
3	-9.85	-8.69	-9.96	-8.28	-8.10	-7.15		-7.82		-8.96
4	-9.53	-8.34	-9.69	-7.75	-7.51	-6.66		-7.10		-7.16
5	-9.25	-8.04	-9.45	-7.29	-6.99	-6.24		-6.48		-5.61
6	-9.01	-7.78	-9.25	-6.90	-6.55	-5.89		-5.96		-4.31
7	-8.82	-7.56	-9.09	-6.59	-6.19	-5.60		-5.54		-3.24
8	-8.67	-7.40	-8.96	-6.34	-5.91	-5.38		-5.21		-2.40
9	-8.52	-7.24	-8.84	-6.10	-5.64	-5.16		-4.89		-1.60
10	-8.49	-7.21	-8.81	-6.06	-5.59	-5.12		-4.83		-1.45
11	-8.47	-7.19	-8.79	-6.02	-5.55	-5.09		-4.78		-1.33
Livello superiore trave z= 75 cm										
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro differenziale	Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	0.700	1.90	-0.91	-0.14	-0.63	-0.20	-0.18	-0.82	0.43	1.04
3	1.150	-4.79	-1.38	0.33	-0.95	-0.31	0.36	-0.82	0.33	0.57
4	1.725	-4.79	-1.96	0.36	-1.35	-0.43	0.37	-0.82	0.22	0.03
5	2.300	-4.79	-2.45	0.38	-1.70	-0.54	0.43	-0.82	0.12	-0.43
6	2.875	-4.79	-2.88	0.40	-1.99	-0.64	0.49	-0.82	0.04	-0.82
7	3.450	-4.79	-3.22	0.41	-2.23	-0.71	0.53	-0.82	-0.03	-1.14
8	4.025	-4.79	-3.49	0.42	-2.41	-0.77	0.56	-0.82	-0.08	-1.39
9	4.888	-4.79	-3.75	0.44	-2.59	-0.83	0.59	-0.82	-0.13	-1.63
10	5.175	-4.79	-3.80	0.44	-2.63	-0.84	0.60	-0.82	-0.14	-1.68
11	5.750	-4.79	-3.83	0.44	-2.65	-0.85	0.60	-0.82	-0.15	-1.71
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti		Carichi esercizio
2	0.99	0.71	1.12	0.21	0.01	-0.79		-0.36		0.69
3	-6.17	-6.04	-5.96	-6.79	-7.10	-7.25		-6.92		-6.35
4	-6.74	-6.68	-6.45	-7.74	-8.17	-8.18		-7.97		-7.93
5	-7.24	-7.23	-6.87	-8.56	-9.10	-8.94		-8.82		-9.25
6	-7.66	-7.70	-7.23	-9.25	-9.89	-9.59		-9.55		-10.37
7	-8.01	-8.08	-7.52	-9.82	-10.54	-10.11		-10.14		-11.29
8	-8.28	-8.37	-7.75	-10.27	-11.04	-10.52		-10.61		-12.00
9	-8.53	-8.66	-7.97	-10.69	-11.52	-10.92		-11.05		-12.68
10	-8.58	-8.71	-8.01	-10.77	-11.61	-10.99		-11.13		-12.81
11	-8.62	-8.76	-8.05	-10.83	-11.68	-11.05		-11.20		-12.91

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	62 di 133

Livello inferiore soletta z= 75 cm										
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro differenziale	Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	0.700							0.35	0.41	0.98
3	1.150							0.36	0.31	0.53
4	1.725							0.36	0.20	0.03
5	2.300							0.36	0.11	-0.40
6	2.875							0.36	0.03	-0.77
7	3.450							0.36	-0.03	-1.07
8	4.025							0.36	-0.08	-1.30
9	4.888							0.36	-0.13	-1.53
10	5.175							0.36	-0.13	-1.57
11	5.750							0.36	-0.14	-1.60
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta e esercizio	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti		Carichi esercizio
2								0.76		1.73
3								0.67		1.20
4								0.56		0.59
5								0.47		0.07
6								0.39		-0.38
7								0.33		-0.74
8								0.28		-1.02
9								0.23		-1.30
10								0.22		-1.35
11								0.22		-1.39
Livello superiore soletta z= 100 cm										
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro differenziale	Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	0.700							0.01	0.81	1.95
3	1.150							0.02	0.62	1.06
4	1.725							0.02	0.41	0.06
5	2.300							0.02	0.23	-0.81
6	2.875							0.02	0.07	-1.54
7	3.450							0.02	-0.06	-2.14
8	4.025							0.02	-0.16	-2.61
9	4.888							0.02	-0.25	-3.06
10	5.175							0.02	-0.27	-3.15
11	5.750							0.02	-0.28	-3.21
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta e esercizio	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti		Carichi esercizio
2								0.83		2.78
3								0.64		1.70
4								0.43		0.49
5								0.25		-0.56
6								0.09		-1.45
7								-0.04		-2.18
8								-0.13		-2.75
9								-0.23		-3.29
10								-0.25		-3.39
11								-0.26		-3.47

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	63 di 133

Staffe per taglio (N/mm² - cm²/m)

Sez	X	$\tau_{c.g}$	$\sigma_{c.g}$	σ_I	σ_{II}	$\tan\beta$	$A_{s.nec}$	$A_{s.eff}$
1	0.000	1.40	0.00	0.00	0.00	-	16.06	30.80
2	0.700	1.47	-2.90	0.62	-3.51	0.54	7.61	30.80
3	1.150	1.34	-7.32	0.24	-7.56	0.26	4.50	22.60
4	1.725	1.17	-7.26	0.18	-7.45	0.23	4.50	22.60
5	2.300	1.00	-7.21	0.14	-7.34	0.20	4.50	15.80
6	2.875	0.84	-7.14	0.10	-7.23	0.17	4.50	15.80
7	3.450	0.67	-7.08	0.06	-7.14	0.14	4.50	15.80
8	4.025	0.50	-7.04	0.04	-7.07	0.11	4.50	5.00
9	4.888	0.25	-7.00	0.01	-7.00	0.05	4.50	5.00
10	5.175	0.17	-6.99	0.00	-6.99	0.04	4.50	5.00
11	5.750	0.00	-6.98	0.00	-6.98	0.00	4.50	5.00

Staffe per scorrimento soletta (cm⁴ - cm³ - kN - cm²/m)

Sez	X	J_{om}	S_{ala}	T	b	$\tau_{c.cont}$	$A_{s.nec}$	$A_{s.eff}$
1	0.000	7336431.6	88598.97	362.01	30.00	1.46	16.76	30.80
2	0.700	7336431.6	88598.97	317.94	30.00	1.28	14.72	30.80
3	1.150	7354321.4	88413.70	289.61	30.00	1.16	13.35	22.60
4	1.725	7354321.4	88413.70	253.41	30.00	1.02	11.68	22.60
5	2.300	7354321.4	88413.70	217.21	30.00	0.87	10.01	15.80
6	2.875	7354321.4	88413.70	181.00	30.00	0.73	8.34	15.80
7	3.450	7354321.4	88413.70	144.80	30.00	0.58	6.67	15.80
8	4.025	7354321.4	88413.70	108.60	30.00	0.44	5.00	5.00
9	4.888	7354321.4	88413.70	54.30	30.00	0.22	2.50	5.00
10	5.175	7354321.4	88413.70	36.20	30.00	0.15	1.67	5.00
11	5.750	7354321.4	88413.70	0.00	30.00	0.00	0.00	5.00

Armature longitudinali sull'appoggio (cm²)

$A_{s.nec}$	12.89	$A_{s.eff}$	18.48
-------------	-------	-------------	-------

Mezzeria
Momento ultimo (cm - kN - kNm)

Sez	ε_c	$\varepsilon_s.max$	x	C	T	M_{rott}	M_{ult}	FS
11	-2.091	10.00	30.67	-3766.15	3766.15	2595.69	1812.50	1.43

Fessurazione - Formazione fessure - Condizione rara

Sez	$\sigma_{c.inf.prec}$	fctm	W_{inf} [cm ²]	M_{fess}	M_{max}	FS
11	-9.29	3.28	146889.48	1845.96	806.73	2.29

Appoggio
Verifica a taglio ultimo

Sez	A_s [cm ²]	b_w [cm]	d [cm]	ρ_w	k	C_{Rd}	v_1	A_{wd} [cm ²]	s [cm]
1	18.48	100.00	87.00	0.0021	1.4795	0.12	0.5	1.54	10.00

$$A_{sw} f_{ywd} / b_w s = 0.6026 < 5.5333 = 1/2 a_{cw} f_{cd} v_1$$

$$\cot \theta = 2.5000$$

$$V_{ult} = 504.22 \text{ kN} \quad V_{Rd,s} = 1356.55 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 2988.00 \text{ kN}$$

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	64 di 133

Trefoli - Tensioni Normali (N/mm ²)						
	Sez	Scassero	Getto soletta	Carichi	Carichi	
		(t = 0)		permanenti	esercizio	
Liv.1	2	1348.50	1246.90	1170.57	1160.08	
	3	1319.12	1191.08	1077.05	1071.30	
	4	1320.48	1194.64	1085.20	1084.87	
	5	1321.66	1197.73	1092.26	1096.64	
	6	1322.66	1200.34	1098.24	1106.59	
	7	1323.47	1202.47	1103.13	1114.73	
	8	1324.11	1204.13	1106.93	1121.06	
	9	1324.72	1205.74	1109.05	1125.62	
	10	1324.83	1206.03	1111.28	1128.30	
	11	1324.92	1206.27	1111.82	1129.20	
Liv.2	2	1350.99	1251.29	1178.36	1169.13	
	3	1320.60	1193.32	1080.61	1075.54	
	4	1321.60	1195.94	1086.77	1086.48	
	5	1322.46	1198.21	1092.10	1095.96	
	6	1323.20	1200.13	1096.62	1103.98	
	7	1323.80	1201.71	1100.32	1110.54	
	8	1324.26	1202.93	1103.19	1115.65	
	9	1324.71	1204.11	1105.96	1120.57	
	10	1324.80	1204.33	1106.48	1121.48	
	11	1324.86	1204.50	1106.89	1122.21	
Liv.3	2	0.00	0.00	0.00	0.00	
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	
	9	0.00	0.00	0.00	0.00	
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	
Liv.4	2	0.00	0.00	0.00	0.00	
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	
	9	0.00	0.00	0.00	0.00	
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	
Liv.5	2	0.00	0.00	0.00	0.00	
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	
	9	0.00	0.00	0.00	0.00	
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	
Liv.6	2	0.00	0.00	0.00	0.00	
	3	1339.73	1222.45	1126.87	1130.68	
	4	1336.07	1212.85	1107.16	1107.38	
	5	1332.89	1204.53	1090.08	1087.18	
	6	1330.20	1197.49	1075.63	1070.10	
	7	1328.00	1191.73	1063.81	1056.12	
	8	1326.29	1187.25	1054.61	1045.24	
	9	1324.64	1182.93	1045.74	1034.76	
	10	1324.34	1182.13	1044.10	1032.82	
	11	1324.09	1181.49	1042.79	1031.26	

**NODO DI TORINO****COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA –
TORINO PORTA NUOVA****RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	65 di 133

7.2 VERIFICHE TRAVI – VARO TRAVI A CADUTE AVVENUTE**7.2.1 Verifica semitrave – L=13,45 m**

Si considera la trave varata a cadute completamente avvenute.

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	66 di 133

GA01 TRAVE INTERASSE=13,45 m				Trave - L _{TOT} =	12.90 m			
Luce di calcolo scassero	13.45 m							
Luce di calcolo appoggi prov.	13.45 m		R _{ck} =	40	N/mm ²			
Luce di calcolo eserc	13.45 m		f _{ptk} =	1860	N/mm ²			
			R _{ckj} =	35	N/mm ²			
Interasse	1.21 m							
		Soletta:	R _{ck} =	35	N/mm ²			
			H _{min} =	15	cm			
			H _{max} =	15	cm			
Peso proprio trave	17.50 kN/m		B =	121	cm			
Getto collaborante	3.75 kN/m ²							
Carichi di eser. in fase di getto	2.00 kN/m ²	(utilizzato solo per la verifica nella fase di getto)						
Carichi permanenti	10.00 kN/m ²							
Carichi di esercizio	-, - kN/m ²	Inviluppo						
Sezione di mezzera:								
	B _s	B _i	H					
1	1.20	1.20	0.45	m				
2	0.40	0.40	0.40	m				
3	0.00	0.00	0.000	m				
4	0.00	0.00	0.00	m				
5	0.00	0.00	0.000	m				
6	0.00	0.00	0.00	m				
7	0.00	0.00	0.00	m				
H _{tot} =			0.85	m				
Armature ordinarie		φ _{y,k} =	450	N/mm ²				
Armature di precompressione Al martinetto:		σ _{spl} =	1390	N/mm ²				
Al taglio trefoli:		σ _{spl} =	1376	N/mm ²				
Trefoli T0.6"	N°	di	Area	Atot (cm ²)				
1	3	0.08	1.39	4.17	Inguainati per 5,10 m			
2	5	0.13	1.39	6.95	3 inguainati per 2,00 m - 2 inguainati per 4,10 m			
3	5	0.23	1.39	6.95	Inguainati per 2,00 m			
4	5	0.28	1.39	6.95				
5	3	0.33	1.39	4.17				
6	3	0.73	1.39	4.17				
7	0	0.00	0.00	0.00				
8	0	0.00	0.00	0.00				
9	0	0.00	0.00	0.00				
10	0	0.00	0.00	0.00				
Tot	24			33.36				
Caratteristiche sezioni trave isolata:								
Sez	X	A _{om}	J _{om}	y _{ginf}	y _{gsup}	W _{inf}	W _{sup}	Q _{om}
	m	cm ²	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ²
2	0.700	7597.25	3789553.54	53.32	31.68	71072.51	119618.02	0.000147
3	1.125	7132.95	3472677.07	52.65	32.35	65963.12	107332.90	0.000146
4	1.825	7132.95	3472677.07	52.65	32.35	65963.12	107332.90	0.000146
5	2.525	7188.55	3535509.89	52.39	32.61	67487.74	108409.44	0.000145
6	3.225	7202.45	3557032.31	52.31	32.69	67997.24	108815.75	0.000145
7	3.925	7202.45	3557032.31	52.31	32.69	67997.24	108815.75	0.000145
8	4.625	7202.45	3557032.31	52.31	32.69	67997.24	108815.75	0.000145
9	5.675	7223.30	3597853.16	52.18	32.82	68946.16	109635.55	0.000145
10	6.025	7223.30	3597853.16	52.18	32.82	68946.16	109635.55	0.000145
11	6.725	7223.30	3597853.16	52.18	32.82	68946.16	109635.55	0.000145
Caratteristiche sezioni trave con soletta:								
Sez	X	A _{om}	J _{om}	y _{ginf}	y _{gsup}	W _{inf}	W _{sup}	Q _{om}
	m	cm ²	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ²
2	0.700	9295.03	5951611.51	60.48	39.52	98412.75	150582.31	0.000136
3	1.125	8830.73	5682736.55	60.31	39.69	94228.52	143170.95	0.000135
4	1.825	8830.73	5682736.55	60.31	39.69	94228.52	143170.95	0.000135
5	2.525	8886.33	5777181.61	60.05	39.95	96204.36	144614.43	0.000135
6	3.225	8900.23	5807905.51	59.98	40.02	96834.48	145116.58	0.000135
7	3.925	8900.23	5807905.51	59.98	40.02	96834.48	145116.58	0.000135
8	4.625	8900.23	5807905.51	59.98	40.02	96834.48	145116.58	0.000135
9	5.675	8921.08	5864103.82	59.86	40.14	97969.90	146077.37	0.000134
10	6.025	8921.08	5864103.82	59.86	40.14	97969.90	146077.37	0.000134
11	6.725	8921.08	5864103.82	59.86	40.14	97969.90	146077.37	0.000134

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	67 di 133

Sollecitazioni (m - kNm - kN)							
Sez	X	Mpp	Mgetto perm	Mgetto eser	Mperm	Meser	Mtot
1	0.000	0.00	0.00	0.00	-235.28	-864.96	-1100.24
2	0.700	78.09	20.25	10.80	-174.26	-621.98	-697.90
3	1.125	121.32	31.46	16.78	-140.49	-487.47	-475.17
4	1.825	185.64	48.13	25.67	-90.24	-287.36	-143.83
5	2.525	241.37	62.58	33.38	-46.69	-113.94	143.33
6	3.225	288.54	74.81	39.90	-9.84	32.80	386.31
7	3.925	327.12	84.82	45.24	20.31	152.86	585.11
8	4.625	357.14	92.60	49.39	43.76	246.25	739.74
9	5.675	386.08	100.10	53.39	66.37	336.29	888.84
10	6.025	391.44	101.49	54.13	70.56	352.97	916.45
11	6.725	395.72	102.61	54.72	73.90	366.31	938.54
Sez	X	Tpp	Tgetto perm	Tgetto eser	Tperm	Teser	Ttot
1	0.000	117.69	30.51	16.27	91.95	366.18	606.33
2	0.700	105.44	27.34	14.58	82.38	328.06	543.22
3	1.125	98.00	25.41	13.55	76.57	304.92	504.90
4	1.825	85.75	22.23	11.86	67.00	266.81	441.79
5	2.525	73.50	19.06	10.16	57.43	228.69	378.67
6	3.225	61.25	15.88	8.47	47.86	190.58	315.56
7	3.925	49.00	12.71	6.78	38.28	152.46	252.45
8	4.625	36.75	9.53	5.08	28.71	114.35	189.34
9	5.675	18.38	4.76	2.54	14.36	57.17	94.67
10	6.025	12.25	3.18	1.69	9.57	38.12	63.11
11	6.725	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NT0P 00 D 26 CL GA 01 00 001 A 68 di 133

Verifiche tensioni di esercizio - Tensioni Normali (N/mm²)

Livello inferiore trave z=			0 cm							
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro	Carichi	Carichi
								differenziale	permanenti	esercizio
2	0.7000	-6.23	1.10	0.75	0.28	0.15	0.32	1.11	-1.77	-6.32
3	1.1250	-6.46	1.84	0.77	0.48	0.25	0.35	1.16	-1.49	-5.17
4	1.8250	-6.46	2.81	0.73	0.73	0.39	0.41	1.16	-0.96	-3.05
5	2.5250	-15.92	3.58	2.79	0.93	0.49	-0.07	1.14	-0.49	-1.18
6	3.2250	-18.53	4.24	3.55	1.10	0.59	-0.07	1.14	-0.10	0.34
7	3.9250	-18.53	4.81	3.48	1.25	0.67	-0.07	1.14	0.21	1.58
8	4.6250	-18.53	5.25	3.43	1.36	0.73	-0.07	1.14	0.45	2.54
9	5.6750	-22.73	5.60	4.93	1.45	0.77	-0.07	1.13	0.68	3.43
10	6.0250	-22.73	5.68	4.92	1.47	0.79	-0.07	1.13	0.72	3.60
11	6.7250	-22.73	5.74	4.91	1.49	0.79	-0.07	1.13	0.75	3.74
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali			Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	-5.13	-4.21	-5.29	-4.09	-3.94	-2.66			-4.43	-10.75
3	-4.62	-3.58	-4.90	-3.38	-3.12	-1.86			-3.35	-8.53
4	-3.65	-2.49	-4.07	-2.18	-1.80	-0.62			-1.57	-4.62
5	-12.34	-9.01	-12.88	-8.62	-8.13	-7.55			-8.03	-9.22
6	-14.29	-10.10	-14.92	-9.64	-9.05	-8.57			-8.68	-8.34
7	-13.72	-9.52	-14.44	-8.99	-8.33	-7.92			-7.71	-6.13
8	-13.28	-9.06	-14.06	-8.49	-7.76	-7.42			-6.96	-4.42
9	-17.13	-11.36	-17.97	-10.75	-9.97	-9.69			-9.02	-5.58
10	-17.05	-11.28	-17.91	-10.66	-9.88	-9.61			-8.89	-5.28
11	-16.99	-11.22	-17.85	-10.59	-9.80	-9.54			-8.78	-5.04
Livello superiore trave z=			85 cm							
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro	Carichi	Carichi
								differenziale	permanenti	esercizio
2	0.700	-0.71	-0.65	0.05	-0.17	-0.09	0.08	-1.22	0.72	2.56
3	1.125	-0.79	-1.13	0.07	-0.29	-0.16	0.08	-1.29	0.61	2.12
4	1.825	-0.79	-1.73	0.08	-0.45	-0.24	0.06	-1.29	0.39	1.25
5	2.525	1.71	-2.23	-0.44	-0.58	-0.31	0.14	-1.29	0.20	0.49
6	3.225	2.52	-2.65	-0.65	-0.69	-0.37	0.14	-1.29	0.04	-0.14
7	3.925	2.52	-3.01	-0.63	-0.78	-0.42	0.14	-1.29	-0.09	-0.66
8	4.625	2.52	-3.28	-0.61	-0.85	-0.45	0.13	-1.29	-0.19	-1.06
9	5.675	3.94	-3.52	-1.08	-0.91	-0.49	0.15	-1.28	-0.28	-1.44
10	6.025	3.94	-3.57	-1.08	-0.93	-0.49	0.14	-1.28	-0.30	-1.51
11	6.725	3.94	-3.61	-1.08	-0.94	-0.50	0.14	-1.28	-0.32	-1.57
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali			Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	-1.37	-1.41	-1.27	-1.49	-1.58	-2.62			-1.90	0.66
3	-1.92	-2.03	-1.75	-2.15	-2.31	-3.36			-2.75	-0.63
4	-2.52	-2.70	-2.26	-2.89	-3.13	-4.12			-3.73	-2.48
5	-0.52	-1.29	-0.18	-1.53	-1.84	-2.67			-2.47	-1.98
6	-0.13	-1.18	0.26	-1.47	-1.84	-2.61			-2.57	-2.71
7	-0.49	-1.57	-0.04	-1.90	-2.31	-3.05			-3.13	-3.79
8	-0.76	-1.87	-0.27	-2.23	-2.68	-3.38			-3.57	-4.63
9	0.42	-1.19	0.95	-1.57	-2.06	-2.71			-3.00	-4.44
10	0.37	-1.24	0.91	-1.63	-2.12	-2.77			-3.07	-4.59
11	0.34	-1.28	0.88	-1.68	-2.18	-2.82			-3.13	-4.70

NODO DI TORINO
**COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA -
 TORINO PORTA NUOVA**
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	69 di 133

Livello inferiore soletta z=			85 cm							
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro differenziale	Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	0.700							1.67	0.67	2.40
3	1.125							1.60	0.57	1.98
4	1.825							1.60	0.37	1.17
5	2.525							1.60	0.19	0.46
6	3.225							1.60	0.04	-0.13
7	3.925							1.60	-0.08	-0.62
8	4.625							1.60	-0.18	-0.99
9	5.675							1.61	-0.27	-1.35
10	6.025							1.61	-0.28	-1.42
11	6.725							1.61	-0.30	-1.47
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti	Carichi esercizio	
2								2.34	4.73	
3								2.17	4.15	
4								1.97	3.14	
5								1.79	2.25	
6								1.64	1.51	
7								1.52	0.91	
8								1.43	0.43	
9								1.34	-0.01	
10								1.32	-0.09	
11								1.31	-0.16	
Livello superiore soletta z=			100 cm							
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro differenziale	Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	0.700							1.28	1.08	3.86
3	1.125							1.20	0.92	3.18
4	1.825							1.20	0.59	1.88
5	2.525							1.20	0.30	0.74
6	3.225							1.20	0.06	-0.21
7	3.925							1.20	-0.13	-0.99
8	4.625							1.20	-0.28	-1.59
9	5.675							1.21	-0.43	-2.17
10	6.025							1.21	-0.45	-2.26
11	6.725							1.21	-0.47	-2.35
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti	Carichi esercizio	
2								2.36	6.23	
3								2.11	5.30	
4								1.79	3.66	
5								1.50	2.24	
6								1.27	1.06	
7								1.07	0.09	
8								0.92	-0.67	
9								0.78	-1.39	
10								0.76	-1.50	
11								0.73	-1.61	

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	70 di 133

Staffe per taglio (N/mm² - cm²/m)

Sez	X	$\tau_{c.g}$	$\sigma_{c.g}$	σ_I	σ_{II}	$\tan\beta$	$A_{s.nec}$	$A_{s.eff}$
1	0.000	0.58	0.00	0.00	0.00	-	26.90	30.80
2	0.700	0.75	-3.84	0.14	-3.99	0.27	6.00	30.80
3	1.125	0.70	-3.75	0.12	-3.87	0.26	6.00	22.60
4	1.825	0.61	-3.32	0.11	-3.43	0.26	6.00	22.60
5	2.525	0.52	-4.84	0.06	-4.89	0.16	6.00	15.80
6	3.225	0.43	-4.93	0.04	-4.97	0.13	6.00	15.80
7	3.925	0.35	-4.72	0.03	-4.74	0.11	6.00	15.80
8	4.625	0.26	-4.55	0.01	-4.56	0.09	6.00	15.80
9	5.675	0.13	-4.89	0.00	-4.89	0.04	6.00	15.80
10	6.025	0.09	-4.86	0.00	-4.86	0.03	6.00	15.80
11	6.725	0.00	-4.84	0.00	-4.84	0.00	6.00	15.80

Staffe per scorrimento soletta (cm⁴ - cm³ - kN - cm²/m)

Sez	X	J_{om}	S_{ala}	T	b	$\tau_{c.cont}$	$A_{s.nec}$	$A_{s.eff}$
1	0.000	5951611.5	54369.57	606.33	120.00	0.46	21.23	30.80
2	0.700	5951611.5	54369.57	543.22	120.00	0.41	19.02	30.80
3	1.125	5682736.6	54654.78	504.90	120.00	0.40	18.61	22.60
4	1.825	5682736.6	54654.78	441.79	120.00	0.35	16.29	22.60
5	2.525	5777181.6	55090.93	378.67	120.00	0.30	13.84	15.80
6	3.225	5807905.5	55215.69	315.56	120.00	0.25	11.50	15.80
7	3.925	5807905.5	55215.69	252.45	120.00	0.20	9.20	15.80
8	4.625	5807905.5	55215.69	189.34	120.00	0.15	6.90	15.80
9	5.675	5864103.8	55421.93	94.67	120.00	0.07	3.43	15.80
10	6.025	5864103.8	55421.93	63.11	120.00	0.05	2.29	15.80
11	6.725	5864103.8	55421.93	0.00	120.00	0.00	0.00	15.80

Armature longitudinali sull'appoggio (cm²)

$A_{s.nec}$	21.39	$A_{s.eff}$	22.80
-------------	-------	-------------	-------

Mezzeria
Momento ultimo (cm - kN - kNm)

Sez	ε_c	$\varepsilon_{s.max}$	X	C	T	M_{rott}	M_{ult}	FS
11	-2.715	10.00	33.20	-5069.01	5069.01	3136.64	1812.50	1.73

Fessurazione - Formazione fessure - Condizione rara

Sez	$\sigma_{c.inf.prec}$	fctm	W_{inf} [cm ²]	M_{fess}	M_{max}	FS
11	-16.77	3.10	97969.90	1946.26	938.54	2.07

Appoggio
Verifica a taglio ultimo

Sez	A_s [cm ²]	b_w [cm]	d [cm]	ρ_w	k	C_{Rd}	v_1	A_{wd} [cm ²]	s [cm]
1	22.80	40.00	87.00	0.0066	1.4795	0.12	0.5	1.54	10.00
$A_{sw} f_{ywd} / b_w s =$		1.5065	<	5.5333	$= 1/2 a_{cw} f_{cd} v_1$				
$\cot \theta =$		2.5000							
$V_{ult} =$		836.91 kN	$V_{Rd,s} =$		1356.55 kN				
			$V_{Rd,max} =$		1195.20 kN				

Trefoli - Tensioni Normali (N/mm ²)					
	Sez	Scassero (t = 0)	Getto soletta	Carichi permanenti	Carichi esercizio
Liv.1	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	1282.98	965.72	969.24	987.09
	10	1283.37	967.14	970.88	989.61
	11	1283.69	968.27	972.19	991.62
	Liv.2	2	0.00	0.00	0.00
3		0.00	0.00	0.00	0.00
4		0.00	0.00	0.00	0.00
5		1312.65	1060.97	1058.69	1053.12
6		1303.13	1030.15	1029.67	1031.26
7		1305.69	1039.30	1040.28	1047.70
8		1307.68	1046.42	1048.54	1060.49
9		1289.17	985.44	988.62	1004.75
10		1289.52	986.69	990.08	1007.00
11		1289.80	987.70	991.24	1008.80
Liv.3		2	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	1321.00	1087.60	1085.80	1081.41
	6	1313.12	1062.02	1061.65	1062.90
	7	1315.02	1068.85	1069.62	1075.46
	8	1316.51	1074.16	1075.83	1085.23
	9	1301.57	1024.88	1027.38	1040.06
	10	1301.83	1025.81	1028.47	1041.78
	11	1302.04	1026.56	1029.35	1043.16
	Liv.4	2	1352.52	1189.85	1184.14
3		1353.46	1193.51	1188.72	1172.09
4		1356.20	1203.30	1200.23	1190.42
5		1325.17	1100.91	1099.35	1095.56
6		1318.11	1077.96	1077.64	1078.72
7		1319.69	1083.62	1084.29	1089.34
8		1320.92	1088.03	1089.47	1097.61
9		1307.76	1044.60	1046.76	1057.72
10		1307.98	1045.37	1047.67	1059.18
11		1308.15	1045.99	1048.40	1060.34
Liv.5		2	1353.84	1194.09	1189.26
	3	1354.41	1196.40	1192.35	1178.29
	4	1356.60	1204.21	1201.60	1193.32
	5	1329.34	1114.22	1112.91	1109.71
	6	1323.11	1093.90	1093.63	1094.54
	7	1324.36	1098.40	1098.96	1103.22
	8	1325.34	1101.89	1103.11	1109.98
	9	1313.96	1064.32	1066.14	1075.38
	10	1314.13	1064.93	1066.87	1076.57
	11	1314.27	1065.42	1067.45	1077.52
	Liv.6	2	1364.46	1228.04	1230.24
3		1362.04	1219.51	1221.39	1227.92
4		1359.77	1211.42	1212.63	1216.48
5		1362.73	1220.72	1221.35	1222.88
6		1363.06	1221.41	1221.54	1221.10
7		1361.72	1216.60	1216.32	1214.27
8		1360.67	1212.85	1212.26	1208.95
9		1363.52	1222.07	1221.18	1216.65
10		1363.34	1221.40	1220.45	1215.71
11		1363.19	1220.87	1219.88	1214.95

7.2.2 Verifica semitrave – L=11,50 m

Si considera la trave varata a cadute completamente avvenute.

GA01 TRAVE INTERASSE=11,50 m				Trave - L _{TOT} =		10.90		m	
Luce di calcolo scassero		11.50 m							
Luce di calcolo appoggi prov.		11.50 m		R _{ck} =		40		N/mm ²	
Luce di calcolo eserc		11.50 m		f _{ptk} =		1860		N/mm ²	
				R _{ckj} =		35		N/mm ²	
Interasse		1.01 m		Soletta:		R _{ck} =		35 N/mm ²	
						H _{min} =		25 cm	
Peso proprio trave		9.13 kN/m				H _{max} =		25 cm	
Getto collaborante		6.25 kN/m ²				B=		101 cm	
Carichi di eser. in fase di getto		2.00 kN/m ²		(utilizzato solo per la verifica nella fase di getto)					
Carichi permanenti		10.00 kN/m ²							
Carichi di esercizio		-,- kN/m ²		Inviluppo					
Sezione di mezzera:		Bs		Bi		H			
1		0.30		0.30		0.55		m	
2		1.00		1.00		0.20		m	
3		0.00		0.00		0.000		m	
4		0.00		0.00		0.00		m	
5		0.00		0.00		0.000		m	
6		0.00		0.00		0.00		m	
7		0.00		0.00		0.00		m	
H _{tot} =						0.75		m	
Armature ordinarie				σ _{y,k} =		450		N/mm ²	
Armature di precompressione		Al martinetto:		σ _{spio} =		1390		N/mm ²	
		Al taglio trefoli:		σ _{spi} =		1376		N/mm ²	
Trefoli T0.6"		N°		di		Area		Atot (cm ²)	
1		7		0.08		1.39		9.73 Inguainati per 0,30 m	
2		7		0.13		1.39		9.73 Inguainati per 0,30 m	
3		0		0.23		1.39		0.00	
4		0		0.28		1.39		0.00	
5		0		0.33		1.39		0.00	
6		3		0.78		1.39		4.17 Inguainati per 0,30 m	
7		0		0.00		0.00		0.00	
8		0		0.00		0.00		0.00	
9		0		0.00		0.00		0.00	
10		0		0.00		0.00		0.00	
Tot		17				23.63			
Caratteristiche sezioni trave isolata:									
Sez	X	A _{om}	J _{om}	Y _{ginf}	Y _{gsup}	W _{inf}	W _{sup}	Q _{om}	
	m	cm ²	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ²	
2	0.700	3809.30	1827626.54	26.69	48.31	68488.05	37827.57	0.000509	
3	1.150	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505	
4	1.725	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505	
5	2.300	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505	
6	2.875	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505	
7	3.450	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505	
8	4.025	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505	
9	4.888	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505	
10	5.175	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505	
11	5.750	3813.35	1891039.15	26.94	48.06	70203.84	39344.52	0.000505	
Caratteristiche sezioni trave con soletta:									
Sez	X	A _{om}	J _{om}	Y _{ginf}	Y _{gsup}	W _{inf}	W _{sup}	Q _{om}	
	m	cm ²	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ²	
2	0.700	6171.22	7342720.40	49.96	50.04	146968.96	146740.03	0.000447	
3	1.150	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447	
4	1.725	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447	
5	2.300	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447	
6	2.875	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447	
7	3.450	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447	
8	4.025	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447	
9	4.888	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447	
10	5.175	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447	
11	5.750	6175.27	7363877.42	50.10	49.90	146981.22	147575.07	0.000447	

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NT0P 00 D 26 CL GA 01 00 001 A 73 di 133

Verifiche tensioni di esercizio - Tensioni Normali (N/mm²)

Livello inferiore trave z= 0 cm										
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro differenziale	Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	0.7000	-5.72	0.50	0.71	0.35	0.11	0.27	0.66	-0.87	-2.08
3	1.1500	-10.62	0.77	1.94	0.54	0.17	-0.05	0.66	-0.67	-1.14
4	1.7250	-10.62	1.10	1.89	0.76	0.24	-0.02	0.66	-0.44	-0.06
5	2.3000	-10.62	1.38	1.86	0.95	0.30	0.00	0.66	-0.24	0.87
6	2.8750	-10.62	1.61	1.82	1.11	0.36	0.00	0.66	-0.08	1.66
7	3.4500	-10.62	1.80	1.80	1.25	0.40	0.00	0.66	0.06	2.30
8	4.0250	-10.62	1.96	1.78	1.35	0.43	0.00	0.66	0.17	2.80
9	4.8875	-10.62	2.10	1.76	1.45	0.46	0.00	0.66	0.27	3.29
10	5.1750	-10.62	2.13	1.76	1.47	0.47	0.00	0.66	0.29	3.38
11	5.7500	-10.62	2.15	1.75	1.49	0.48	0.00	0.66	0.30	3.45
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti	Carichi esercizio	
2	-5.22	-4.44	-5.30	-4.16	-4.05	-3.23		-4.10	-6.18	
3	-9.85	-7.79	-9.96	-7.38	-7.20	-6.77		-7.43	-8.57	
4	-9.53	-7.47	-9.69	-6.87	-6.63	-6.24		-6.68	-6.74	
5	-9.25	-7.18	-9.45	-6.44	-6.13	-5.78		-6.02	-5.16	
6	-9.01	-6.94	-9.25	-6.07	-5.71	-5.41		-5.49	-3.83	
7	-8.82	-6.75	-9.09	-5.77	-5.37	-5.11		-5.05	-2.75	
8	-8.67	-6.59	-8.96	-5.53	-5.10	-4.88		-4.71	-1.91	
9	-8.52	-6.45	-8.84	-5.31	-4.84	-4.65		-4.38	-1.10	
10	-8.49	-6.42	-8.81	-5.27	-4.80	-4.61		-4.32	-0.95	
11	-8.47	-6.40	-8.79	-5.23	-4.76	-4.58		-4.27	-0.83	
Livello superiore trave z= 75 cm										
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	Ritiro differenziale	Carichi permanenti	Carichi esercizio
2	0.700	1.90	-0.91	-0.24	-0.63	-0.20	-0.09	-2.06	0.43	1.04
3	1.150	-4.79	-1.38	0.53	-0.95	-0.31	0.16	-2.04	0.33	0.57
4	1.725	-4.79	-1.96	0.59	-1.35	-0.43	0.06	-2.04	0.22	0.03
5	2.300	-4.79	-2.45	0.65	-1.70	-0.54	0.00	-2.04	0.12	-0.43
6	2.875	-4.79	-2.88	0.70	-1.99	-0.64	0.00	-2.04	0.04	-0.82
7	3.450	-4.79	-3.22	0.74	-2.23	-0.71	0.00	-2.04	-0.03	-1.14
8	4.025	-4.79	-3.49	0.77	-2.41	-0.77	0.00	-2.04	-0.08	-1.39
9	4.888	-4.79	-3.75	0.79	-2.59	-0.83	0.00	-2.04	-0.13	-1.63
10	5.175	-4.79	-3.80	0.80	-2.63	-0.84	0.00	-2.04	-0.14	-1.68
11	5.750	-4.79	-3.83	0.80	-2.65	-0.85	0.00	-2.04	-0.15	-1.71
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti	Carichi esercizio	
2	0.99	0.61	1.12	0.12	-0.08	-2.02		-1.59	-0.55	
3	-6.17	-5.84	-5.96	-6.59	-6.90	-8.48		-8.14	-7.58	
4	-6.74	-6.44	-6.45	-7.50	-7.93	-9.48		-9.26	-9.23	
5	-7.24	-6.96	-6.87	-8.29	-8.83	-10.33		-10.21	-10.64	
6	-7.66	-7.40	-7.23	-8.95	-9.59	-11.00		-10.96	-11.78	
7	-8.01	-7.76	-7.52	-9.50	-10.21	-11.54		-11.57	-12.72	
8	-8.28	-8.03	-7.75	-9.92	-10.70	-11.97		-12.05	-13.44	
9	-8.53	-8.30	-7.97	-10.33	-11.16	-12.38		-12.51	-14.14	
10	-8.58	-8.35	-8.01	-10.41	-11.25	-12.45		-12.60	-14.27	
11	-8.62	-8.39	-8.05	-10.47	-11.32	-12.51		-12.66	-14.38	



NODO DI TORINO

COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA - TORINO PORTA NUOVA

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	74 di 133

Livello inferiore soletta z=			75 cm					Ritiro	Carichi	Carichi
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	differenziale	permanenti	esercizio
2	0.700							0.88	0.41	0.98
3	1.150							0.89	0.31	0.53
4	1.725							0.89	0.20	0.03
5	2.300							0.89	0.11	-0.40
6	2.875							0.89	0.03	-0.77
7	3.450							0.89	-0.03	-1.07
8	4.025							0.89	-0.08	-1.30
9	4.888							0.89	-0.13	-1.53
10	5.175							0.89	-0.13	-1.57
11	5.750							0.89	-0.14	-1.60
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta e esercizio	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti		Carichi esercizio
2								1.29		2.27
3								1.20		1.73
4								1.10		1.13
5								1.01		0.60
6								0.93		0.16
7								0.87		-0.20
8								0.82		-0.49
9								0.77		-0.76
10								0.76		-0.81
11								0.75		-0.85
Livello superiore soletta z=			100 cm					Ritiro	Carichi	Carichi
Sez	X	Precom.	Peso trave	Cadute1	Getto	Eserc. Getto	Cadute2	differenziale	permanenti	esercizio
2	0.700							0.04	0.81	1.95
3	1.150							0.05	0.62	1.06
4	1.725							0.05	0.41	0.06
5	2.300							0.05	0.23	-0.81
6	2.875							0.05	0.07	-1.54
7	3.450							0.05	-0.06	-2.14
8	4.025							0.05	-0.16	-2.61
9	4.888							0.05	-0.25	-3.06
10	5.175							0.05	-0.27	-3.15
11	5.750							0.05	-0.28	-3.21
Sez	Scassero	Sollev./ (P.p x 1,15)	Trasporto (P.p x 0,85)	Getto soletta e esercizio	Getto soletta e esercizio	Getto soletta perdite totali		Carichi permanenti		Carichi esercizio
2								0.85		2.80
3								0.67		1.74
4								0.46		0.52
5								0.28		-0.53
6								0.12		-1.42
7								0.00		-2.15
8								-0.10		-2.71
9								-0.20		-3.26
10								-0.22		-3.36
11								-0.23		-3.44

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	75 di 133

Staffe per taglio (N/mm² - cm²/m)

Sez	X	$\tau_{c.g}$	$\sigma_{c.g}$	σ_I	σ_{II}	$\tan\beta$	$A_{s.nec}$	$A_{s.eff}$
1	0.000	1.40	0.00	0.00	0.00	-	16.06	30.80
2	0.700	1.47	-3.33	0.56	-3.88	0.50	7.03	30.80
3	1.150	1.34	-7.75	0.22	-7.98	0.24	4.50	22.60
4	1.725	1.17	-7.69	0.17	-7.86	0.22	4.50	22.60
5	2.300	1.00	-7.63	0.13	-7.76	0.19	4.50	15.80
6	2.875	0.84	-7.58	0.09	-7.68	0.16	4.50	15.80
7	3.450	0.67	-7.55	0.06	-7.60	0.13	4.50	15.80
8	4.025	0.50	-7.51	0.03	-7.54	0.10	4.50	5.00
9	4.888	0.25	-7.47	0.01	-7.48	0.05	4.50	5.00
10	5.175	0.17	-7.46	0.00	-7.46	0.03	4.50	5.00
11	5.750	0.00	-7.45	0.00	-7.45	0.00	4.50	5.00

Staffe per scorrimento soletta (cm⁴ - cm³ - kN - cm²/m)

Sez	X	J_{om}	S_{ala}	T	b	$\tau_{c.cont}$	$A_{s.nec}$	$A_{s.eff}$
1	0.000	7336431.6	88598.97	362.01	30.00	1.46	16.76	30.80
2	0.700	7336431.6	88598.97	317.94	30.00	1.28	14.72	30.80
3	1.150	7354321.4	88413.70	289.61	30.00	1.16	13.35	22.60
4	1.725	7354321.4	88413.70	253.41	30.00	1.02	11.68	22.60
5	2.300	7354321.4	88413.70	217.21	30.00	0.87	10.01	15.80
6	2.875	7354321.4	88413.70	181.00	30.00	0.73	8.34	15.80
7	3.450	7354321.4	88413.70	144.80	30.00	0.58	6.67	15.80
8	4.025	7354321.4	88413.70	108.60	30.00	0.44	5.00	5.00
9	4.888	7354321.4	88413.70	54.30	30.00	0.22	2.50	5.00
10	5.175	7354321.4	88413.70	36.20	30.00	0.15	1.67	5.00
11	5.750	7354321.4	88413.70	0.00	30.00	0.00	0.00	5.00

Armature longitudinali sull'appoggio (cm²)

$A_{s.nec}$	12.89	$A_{s.eff}$	18.48
-------------	-------	-------------	-------

Mezzeria

Momento ultimo (cm - kN - kNm)

Sez	ε_c	$\varepsilon_{s.max}$	x	C	T	M_{rott}	M_{ult}	FS
11	-2.120	10.00	30.57	-3778.43	3778.43	2598.95	1812.50	1.43

Fessurazione - Formazione fessure - Condizione rara

Sez	$\sigma_{c.inf.prec}$	fctm	W_{inf} [cm ²]	M_{fess}	M_{max}	FS
11	-8.80	3.28	146889.48	1774.44	806.73	2.20

Appoggio

Verifica a taglio ultimo

Sez	A_s [cm ²]	b_w [cm]	d [cm]	ρ_w	k	C_{Rd}	v_1	A_{wd} [cm ²]	s [cm]
1	18.48	100.00	87.00	0.0021	1.4795	0.12	0.5	1.54	10.00

$$A_{sw} f_{ywd} / b_w s = 0.6026 < 5.5333 = 1/2 a_{cw} f_{cd} v_1$$

$$\cot \theta = 2.5000$$

$$V_{ult} = 504.22 \text{ kN} \quad V_{Rd,s} = 1356.55 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 2988.00 \text{ kN}$$

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	76 di 133

Trefoli - Tensioni Normali (N/mm ²)					
Sez	Scassero (t = 0)	Getto soletta	Carichi permanenti	Carichi esercizio	
Liv.1	2	1348.50	1177.18	1172.82	1162.33
	3	1319.12	1080.51	1077.15	1071.41
	4	1320.48	1085.96	1083.75	1083.43
	5	1321.66	1090.69	1089.47	1093.84
	6	1322.66	1094.68	1094.30	1102.66
	7	1323.47	1097.95	1098.26	1109.87
	8	1324.11	1100.50	1101.34	1115.48
	9	1324.72	1102.95	1104.31	1120.88
	10	1324.83	1103.40	1104.86	1121.89
	11	1324.92	1103.77	1105.30	1122.69
Liv.2	2	1350.99	1185.02	1181.18	1171.95
	3	1320.60	1084.80	1081.84	1076.78
	4	1321.60	1088.81	1086.86	1086.58
	5	1322.46	1092.29	1091.21	1095.07
	6	1323.20	1095.23	1094.90	1102.25
	7	1323.80	1097.64	1097.91	1108.13
	8	1324.26	1099.51	1100.25	1112.71
	9	1324.71	1101.31	1102.51	1117.12
	10	1324.80	1101.65	1102.93	1117.93
	11	1324.86	1101.91	1103.27	1118.59
Liv.3	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00
Liv.4	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00
Liv.5	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00
Liv.6	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	1339.73	1140.54	1142.77	1146.57
	4	1336.07	1125.84	1127.31	1127.52
	5	1332.89	1113.11	1113.91	1111.01
	6	1330.20	1102.33	1102.58	1097.04
	7	1328.00	1093.51	1093.30	1085.61
	8	1326.29	1086.65	1086.09	1076.72
	9	1324.64	1080.04	1079.13	1068.15
	10	1324.34	1078.81	1077.85	1066.56
	11	1324.09	1077.83	1076.81	1065.29

7.3 VERIFICHE TESTATE TRAVI

Qui di seguito ci si riferisce alla testata della trave con suola di luce 11,50 m.

Nel seguito si assume (secondo EC2):

$A_s = \text{area trefolo} = 139 \text{ mm}^2$

$\varnothing_{\text{nom}} = \text{diametro nominale trefolo} = 15,24 \text{ mm}$

$l_{bp0} = \text{zona neutralizzata per rilascio repentino} = 10 \varnothing_{\text{nom}} = 152,4 \text{ mm}$

$l_{bp} = \text{lunghezza di trasmissione} = \beta p \varnothing_{\text{nom}} = 990,6 \text{ mm}$

con $\beta p = 65$ (EC2 prospetto 4.7)

$l_{bpd} = \text{lunghezza di trasmissione di calcolo} = 0,8 l_{bp} = 792,5 \text{ mm}$

$H = \text{altezza della trave} = 750 \text{ mm}$

$c = \text{distanza cavo risultante dalla base} = 105,0 \text{ mm}$

$d = \text{altezza utile} = 645,0 \text{ mm}$

$l_{p,\text{eff}} = \text{Lunghezza di diffusione} = (l_{bpd} + d)1/2 = 1.021,8 \text{ mm}$

$X_d = \text{distanza testata – fine lunghezza di diffusione} = l_{bp0} + l_{p,\text{eff}} = 1.174,2 \text{ mm}$

7.3.1 Scorrimento ala inferiore

La risultante della precompressione vale (tiro iniziale per i 6 trefoli attivi in testata a cadute elastiche scontate):

$N_{sp} = 1.124,16 \text{ kN}$

La risultante della precompressione per i trefoli situati nella suola della trave vale (6 trefoli attivi in testata a cadute elastiche scontate):

$R_p = 976,16 \text{ kN}$

Le tensioni dovute alla sola precompressione nella trave all'atto del rilascio dei trefoli valgono (alla fine della lunghezza di diffusione):

$\sigma_s = 1,90 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_i = -5,72 \text{ N/mm}^2$



NODO DI TORINO

**COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA –
TORINO PORTA NUOVA**

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	78 di 133

All'attacco anima-soletta inferiore si ha:

$$\sigma_a = -3,69 \text{ N/mm}^2$$

La risultante delle tensioni normali nella soletta inferiore vale:

$$R_s = 976,13 \text{ kN}$$

Lo sforzo di scorrimento vale:

$$S_s = R_p - R_s = 148,02 \text{ kN}$$

L'area resistente vale:

$$A_t = (X_d - l_{\text{foro}}) \cdot b_{\text{an}} = 229.2564 \text{ mm}^2$$

l_{foro} = lunghezza foro per il passaggio delle armature del traverso = 200 mm

b_{an} = larghezza anima = 300 mm

La tensione tangenziale media vale:

$$\tau_{\text{med}} = S_s / A_t = 0,51 \text{ N/mm}^2$$

La tensione tangenziale massima vale:

$$\tau_{\text{max}} = 1,2 \tau_{\text{med}} = 0,61 \text{ N/mm}^2 < \tau_{c1j} = 1,4 + [(R_{ckj} - 15)/35] = 2,20 \text{ N/mm}^2$$

Nella zona in cui non è attiva la precompressione, trascurando la presenza del traverso, nel caso più sfavorevole si ha:

Taglio:

$$\tau_{\text{max}} = 1,40 \text{ N/mm}^2$$

La tensione tangenziale complessiva vale:

$$\tau_{\text{max}} = 0,61 + 1,40 = 2,01 \text{ N/mm}^2 < \tau_{c1} = 1,4 + [(R_{ck} - 15)/35] = 2,54 \text{ N/mm}^2$$

7.3.2 Tensione di fenditura (Bursting)

L'introduzione delle forze di precompressione genera delle trazioni lungo i trefoli, ortogonalmente agli stessi nel tratto della lunghezza di introduzione delle forze.

Per la lunghezza di trasmissione si assume una distribuzione costante delle tensioni di aderenza con una conseguente variazione lineare delle tensioni normali nel trefolo.

**NODO DI TORINO****COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO PORTA NUOVA****RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	79 di 133

La valutazione delle armature necessarie per contrastare le tensioni di fenditura viene effettuata secondo le indicazioni contenute in "C.A. & C.A.P. Casi speciali di dimensionamento nelle costruzioni in c.a. e c.a.p." F. Leonhardt E. Mönnig.

La risultante delle tensioni di trazione lungo la lunghezza di introduzione delle forze vale:

$$ZS = 0,25 n T$$

n = numero trefoli attivi considerati (tenuto conto del reciproco annullamento delle componenti per trefoli disposti su file parallele. Nel caso in esame i trefoli sono disposti su tre file di 9, 9 e 3)

$$T = \text{Tiro nel singolo trefolo al rilascio} = 1.39 \cdot 139 = 193,21 \text{ kN}$$

Il dimensionamento dell'armatura avviene per la forza di fenditura applicando alla stessa un coefficiente di maggiorazione pari 1,5

L'armatura necessaria per assorbire le forze di fenditure in direzione orizzontale e verticale da distribuirsi in un tratto di lunghezza a lbp0 + 0,7 lbp = 85 cm vale:

A) Suola

In direzione orizzontale si ha, nel caso più sfavorevole:

n = numero trefoli attivi considerati: 2

$$ZS = 0,25 n T = 96,61 \text{ kN}$$

$$As,nec = 1,5 ZS / 255 = 3,62 \text{ cm}^2$$

Pari a:

$$As = As,nec / 0,85 = 4,26 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Disposti si hanno (pos. 6)

$$(2 \varnothing 10) / 10 = 15,80 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

In direzione verticale si ha:

n = numero trefoli attivi considerati: 3

$$ZS = 0,25 n T = 144,91 \text{ kN}$$

$$As,nec = 1,5 ZS / 255 = 5,43 \text{ cm}^2$$

Pari a:

$$As = As,nec / 0,85 = 6,39 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Le staffe verticali presenti nella suola valgono:

$$(2 \varnothing 14) / 10 = 30,80 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

7.3.3 Tensione di diffusione (Spreading)

La diffusione delle forze di precompressione avviene per traiettorie che si assumono, con sufficiente approssimazione, inclinate di un angolo pari a 34° (EC2 4.2.3.5.7).

La massima risultante delle trazioni di trazione ortogonali ai cavi di precompressione che devono essere assorbite da staffe verticali disposte su tutta l'altezza della trave per un tratto pari alla zona di diffusione $l_{p,eff} = 1.021,8 \text{ mm}$ vale:

$$S_s = R_p - R_s = 148,02 \text{ kN}$$

$$R_T = S_s \tan 34^\circ = S_s \cdot 0,67 = 99,18 \text{ kN}$$

L'armatura, da aggiungere alle staffe per il taglio-torsione, vale:

$$A_{s,nec} = R_T / 255 = 2,48 \text{ cm}^2$$

$$A_s = A_{s,nec} / l_{p,eff} = 2,43 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Le staffe verticali complessivamente necessarie nel primo tratto della suola valgono:

Taglio: $16,06 \text{ cm}^2/\text{m}$

Fenditura (bursting): $6,39 \text{ cm}^2/\text{m}$

Diffusione (spreading) $2,43 \text{ cm}^2/\text{m}$

Totale $24,88 \text{ cm}^2/\text{m}$

Disposti si hanno:

$$(2 \varnothing 14 / 10) = 30,80 \text{ cm}^2 / \text{m} > 24,88 \text{ cm}^2/\text{m}$$

7.3.4 Tensione di trazione al bordo (Spalling)

Tale fenomeno, consistente nel manifestarsi di forze di trazione agenti in prossimità della testata della trave anche in assenza di tensioni di trazione al lembo superiore.

La valutazione delle armature necessarie per contrastare le tensioni di fenditura viene effettuata secondo le indicazioni contenute in "C.A. & C.A.P. Casi speciali di dimensionamento nelle costruzioni in c.a. e c.a.p." F. Leonhardt E. Mönnig.

La verifica si effettua all'atto del rilascio dei trefoli.

$$T = \text{Tiro nel singolo trefolo al rilascio} = 1.376 \cdot 139 = 191,24 \text{ kN}$$

$$n = \text{numero trefoli attivi in testata} = 6$$

Precompressione al taglio trefoli

$$R_p = 6 \cdot 191,24 = 1.147,46 \text{ kN}$$

Con riferimento alla trave:

$$H = \text{altezza della trave} = 750 \text{ mm}$$

$$y_i = \text{distanza baricentro da base trave} = 266,9 \text{ mm}$$

$$c = \text{distanza cavo risultante dalla base} = 105,0 \text{ mm}$$

$$e = \text{eccentricità cavo risultante} = 161,9 \text{ mm}$$

$$e / H = 0,22$$

Si ha:

1) Spalling verticale

$$Z_{Ry} = 0,015 R_p / [1 - (2 e / H)^{1/2}] = 50,18 \text{ kN}$$

Armatura necessaria da disporre sul bordo:

$$A_{s,y,nec} = Z_{Ry} / 255 = 1,73 \text{ cm}^2$$

In direzione verticale si ha:

$$(4 \varnothing 12) = 4,52 \text{ cm}^2$$

2) Spalling orizzontale

$$Z_{Rx} = 0,015 R_p = 17,21 \text{ kN}$$

Armatura necessaria da disporre sul bordo:

$$A_{s,x,nec} = Z_{Rx} / 255 = 0,59 \text{ cm}^2$$

In direzione orizzontale necessitano:

$$4 \varnothing 12 = 4,52 \text{ cm}^2$$



NODO DI TORINO

**COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSÀ –
TORINO PORTA NUOVA**

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	82 di 132

7.3.5 Armature longitudinali in appoggio

Al lembo inferiore sull'appoggio sono disposte le seguenti armature – Trave Interasse=13,45 m

$$5 \varnothing 24 = 22,60 \text{ cm}^2$$

A queste armature viene integralmente affidato lo sforzo di trazione pari alla massima reazione vincolare (trascurando pertanto il contributo dello sforzo di precompressione).

1) Tensioni ammissibili

$$T = R_{\max} = 502,13 \text{ kN}$$

L'area necessaria vale:

$$A_{s,nec} = T / 255 = 19,69 \text{ cm}^2$$

2) Stato limite ultimo

$$T = 1,5 R_{\max} = 696,24 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = \text{tensione di snervamento di calcolo} = f_{yk} / 1,15 = 391,3 \text{ N/mm}^2$$

L'area necessaria vale:

$$A_{s,nec} = T / 391,3 = 16,01 \text{ cm}^2$$

**NODO DI TORINO****COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSÀ - TORINO PORTA NUOVA****RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	83 di 132

7.4 ARMATURA TRAVI E NODI

Sulla base di quanto esposto in precedenza e delle analisi di calcolo condotte, è stata definita l'armatura tipo delle travi in progetto.

In corrispondenza delle sezioni di nodo di attacco solettone di copertura- piedritti per quanto riguarda la canna relativa alla *linea storica* è necessario disporre di un quantitativo di armatura a momento negativo almeno pari a $15 \Phi 26/m$. In corrispondenza invece del nodo di attacco tra solettone di copertura - piedritti della canna relativa alla *linea diretta* è necessario disporre di un quantitativo di armatura a momento negativo almeno pari al quantitativo previsto per ogni singolo palo.

**NODO DI TORINO****COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO PORTA NUOVA****RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	84 di 133

8. PIEDRITTI

Gli elementi verticali della GA01 sono costituiti da paratie di pali CFA $\varnothing 800$ accostati lato via Jonio, mentre l'allineamento centrale e quello via Egeo è realizzato su paratia-setto, ovvero da una paratia di pali CFA $\varnothing 800$ accostati fino a quota imposta fondazione dei binari esistenti seguita in continuità da un setto in c.a. dello spessore di 1 m.

Le massime sollecitazioni sui piedritti si determinano nel modello 1 a telaio con valori pari a:

$$M_{Ed} = 1375.30 \text{ kNm/m}$$

$$V_{Ed} = 729.58 \text{ kN/m}$$

Cautelativamente la verifica strutturale dei piedritti è stata condotta per tali azioni, indipendentemente su quali di essi si è determinata tale sollecitazione.

Il piedritto lato via Jonio consta di una paratia di pali $\varnothing 800$ accostati, ovvero ad interasse $i = 80$ cm, per cui le sollecitazioni massime sul singolo palo valgono:

$$M_{Ed} = 1100.24 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 583.66 \text{ kN}$$

In progetto si prevede la disposizione di armatura longitudinale pari a $12\varnothing 26$ e staffe circolari $\varnothing 14/15$ per l'intera lunghezza del palo in modo da soddisfare le verifiche del palo anche nel modello a "paratia" (vedi capitolo 11 ed allegato), mentre in corrispondenza della sommità piedritto (nodo implacato/palo) in cui si determina la maggiore sollecitazione si prevedono ferri accoppiati $12+12\varnothing 26$.

Di seguito si riportano le verifiche strutturali del palo:

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	85 di 133

Geometria della sezione

Diametro sezione	D =	80 cm
Copriferro	c =	6 cm
Copriferro di calcolo	δ =	8.7 cm

Armature

Numero ferri	n =	24
Diametro ferro	ϕ =	26 mm
Area armatura di calcolo	A_s =	127.36 cm ²

Materiali

Resistenza caratteristica cls	R_{ck} =	30 MPa
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk} =	450 MPa

Sollecitazioni:

Sforzo normale caratt. (+ di compressione)	N =	0.00 kN
Taglio	V =	583.66 kN
Momento	M =	1100.24 kNm verifica

VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE

rottura	M_u (+)	M_u (-)	
sollec.	1282.30	-1282.30	kNm
campo =	3	3	
ϵ'_c =	-0.0035	-0.0035	
ϵ'_s =	-0.0023	0.0065	
γ'_s =	1.0000	1.0000	
ϵ_s =	0.0065	-0.0023	
γ_s =	-1.0000	-1.0000	

VERIFICA A TAGLIO

VEd =	583.66 kN	Taglio ultimo agente sullasezione
Nk =	0.00 kN	Sforzo normale dovuto a carichi o precompressione (compressione positiva)
NEd =	0.00 kN	Sforzo normale ultimo dovuto a carichi o precompressione (compressione positiva)
D =	800 mm	Diametro della sezione
Ac =	502655 mm ²	Area sezione
fck =	25 MPa	Resistenza caratteristica del cls
fcd =	17 MPa	Resistenza di calcolo del cls
fyk =	450 MPa	Tensione caratteristica di snervamento
fyd =	391 MPa	Tensione di calcolo di snervamento
d =	566 mm	Altezza utile della sezione
b =	566 mm	Larghezza minima della sezione di calcolo
v_{min} =	0.35 MPa	Resistenza unitaria a Taglio di calcolo di riferimento ($\gamma_c = 1,5$)
k =	1.59	
$A_{s_{long}}$ =	12736 mm ²	Area delle armature longitudinali
ρ_l =	0.0200	
σ_{cp} =	0	Fattore di efficienza
α_c =	1.00	
V_{Rd} =	225.28 kN	Resistenza di calcolo della sezione priva di armatura
V_{Rcd} =	956.2 kN	Max taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse

E' necessaria armatura a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	86 di 133

cot θ =	2	
Asw/s =	14.649 cm ² /m	Armatura necessaria
Asw/s,min =	8.485 cm ² /m	Armatura minima di normativa
nb =	2	Numero braccia staffa
ϕ =	14 mm	Diametro staffa
Asw/s,max =	14.649 cm ² /m	Armatura di progetto
As,st =	3.08 cm ²	Area staffa
s =	21.02 cm	Passo staffe necessario

Per quanto concerne invece i piedritti a sezione rettangolare dello spessore di 1 m, disponendo armatura longitudinale costituita da $\varnothing 24/10$ su entrambi i lembi e spilli $\varnothing 16/20 \times 40$, le verifiche risultano soddisfatte.

Di seguito si riportano le verifiche della sezione:

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	87 di 133

SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	1000	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	40	[mm]
Altezza utile della sezione	d	960	[mm]

ARMATURA TESA

Diametro dei ferri correnti	ϕ_1	24	[mm]
Numero dei ferri correnti	n ₁	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ_2	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n ₂	0	[-]
Area dell'armatura tesa	A _s	4524	[mm ²]

ARMATURA COMPRESSA

Diametro dei ferri correnti	ϕ_1	24	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' ₁	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ_2	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' ₂	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' _s	4524	[mm ²]

DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE

Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	ω_s	[-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	δ	[-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	ρ	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	ξ_{2a}	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	ξ_{2b}	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 3	ξ_3	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	β_{2a}	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	β_{2b}	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2a	$\alpha'_{s(a)}$	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2b	$\alpha'_{s(b)}$	[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 3	$\alpha'_{s(3)}$	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	ω_{2a}	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	ω_{2b}	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 3	ω_3	[-]
	ω'_3	[-]

Armatura simmetrica

Posizione adimensionale dell'asse neutro	ξ	[-]
Posizione dell'asse neutro	x	[mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\varepsilon_{c,max}$	[-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\varepsilon_{s,max}$	[-]
Coefficiente di riempimento	β	[-]
Coefficiente di baricentro	κ	[-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s / f_{yd}$	α'_s	[-]
Tensione nell'armatura compressa	σ'_s	[MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	ε'_s	[-]

Momento resistente della sezione	M_{Rd}	1628.60	[kNm]
Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto	M_{Ed}	1375.3	[kNm]

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

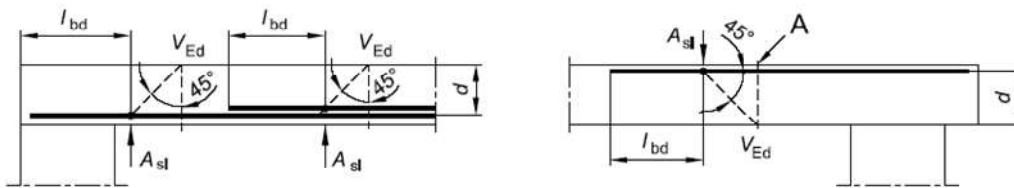
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	729.58 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		no [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.46 [-]
		1.46 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0047124 [-]
		0 [-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	0.00 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	323.47 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	323.47 [kN]

§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	16 [mm]
Numero di braccia	n_b	5 [-]
Passo delle staffe	s	400 [mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45 [°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90 [°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	1005 [mm ²]
Braccio della coppia interna	z	864 [mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1.00 [-]
		1.00 [-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0.00 [-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1.00 [-]

Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	849.71 [kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f_{cd}	8.50 [MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	3672.00 [kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	5213.33 [mm]

Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	849.71 [kN]
---	----------------------------	--------------------

§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE

Resistenza massima a taglio della trave	V_{Rd}	4080.00 [kN]
--	----------------------------	---------------------

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI TORINO COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSÀ – TORINO PORTA NUOVA					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NT0P	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A

9. CAPACITA' PORTANTE DEI PALI

Le paratie di pali della galleria artificiale in esame, fungono da elementi di contenimento del terreno ma allo stesso tempo sono gli elementi verticali del telaio con cui è stata modellata la galleria. Pertanto risulta necessario verificare i singoli pali a capacità portante considerando il contributo sia alla punta che quello laterale del terreno attraversato.

Dall'analisi della struttura la massima azione verticale in testa palo di determina in combinazione SLU con carico tandem di traffico veicolare superficiale applicato in asse pedritto con valore pari a $N_{Ed} = 1252.23 \text{ kN/m}$ e quindi pari a **1001.78 kN/palo (interasse pari a 0.80 m)**.

La testa del palo a partire dal quale si procede al calcolo della capacità portante è mediamente a circa -9 m dal p.c. per cui il litotipo interessato è lo **Strato C**:

- peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$
- angolo di resistenza a taglio $\varphi' = 38^\circ$
- modulo di Young $E = 70 \text{ MPa}$
- coefficiente di Poisson $\nu = 0.25$

Il calcolo della capacità portante del singolo palo è condotto con l'approccio progettuale 2 (A1+M1+R3) della Norme Tecniche in cui oltre ad applicare i coefficienti parziali di sicurezza da normativa, riportati di seguito, si applica anche il fattore di correlazione ξ , funzione del numero di verticali indagate secondo la seguente tabella:

Figura 24 Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Figura 25 Coefficienti parziali di sicurezza per i parametri geotecnici

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Figura 26 Coefficienti parziali di sicurezza per resistenze – Colonne in jet grouting

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Figura 27 Fattore di correlazione per la resistenza caratteristica in funzione delle verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

In sede di calcolo, vista la numerosità delle indagini è stato assunto cautelativamente un fattore di correlazione $\xi = 1.70$.

Dalla verifica di capacità portante deve risultare quindi:

$$Q_{Rd} \geq Q_{Sd}$$

in cui

$$Q_{Rd} = \frac{1}{\xi} \left(\frac{Q_s}{R^v_i} + \frac{Q_b}{R^b_i} \right) - W_{lc} + \frac{S_w}{R_w}$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$Q_b = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot q_b$$

$$Q_s = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_s$$

- D = diametro della palo
- L = lunghezza della palo
- q_b = pressione limite alla base della palo

- τ_s = pressione laterale lungo la palo
- R_i e ξ = coefficienti di abbattimento delle resistenze
- W_k = peso caratteristico della palo
- S_w = spinta idraulica sulla porzione della palo immersa
- R_w = coefficiente di abbattimento del contributo della spinta idraulica.

Il terreno interessato alle opere è di tipo incoerente e, limitando cautelativamente la resistenza alla punta a 2.5 MPa, la resistenza laterale lungo il fusto del palo è data dalla seguente espressione:

$$\tau_s = K \cdot \sigma'_{v0} \cdot \tan \delta$$

dove:

- σ'_{v0} = tensione litostatica efficace;
- $K = (0.50 \div 1)$ coefficiente di spinta;
- $\delta = (0.50 \div 1) \varphi'$;
- φ' = angolo di attrito interno.

In sede di verifica sono state fatte le seguenti assunzioni:

- coefficiente di spinta $K = 0.60$;
- angolo di attrito terra/muro $\delta = 2/3 \varphi'$;

Di seguito si riporta il tabulato di verifica a capacità portante:

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	92 di 133

Figura 28 Calcolo della capacità portante del palo

 Lunghezza palo di progetto: $L_p =$ m

Tabella di calcolo della resistenza laterale caratteristica del palo

N° Concio	z _{fin con.} dal p.p. (m)	z _{m con.} dal p.p. (m)	n° strato	γ' (kN/m ³)	σ'_{v0} (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	α	β	τ_{ks} (kN/m ²)	ΔQ_{ks} (kN)
1	0.65	0.33	1	10.00	93.25	0.00	0.00	0.28	26.49	43.27
2	1.30	0.98	1	10.00	99.75	0.00	0.00	0.28	28.33	46.29
3	1.95	1.63	1	10.00	106.25	0.00	0.00	0.28	30.18	49.30
4	2.60	2.28	1	10.00	112.75	0.00	0.00	0.28	32.03	52.32
5	3.25	2.93	1	10.00	119.25	0.00	0.00	0.28	33.87	55.34
6	3.90	3.58	1	10.00	125.75	0.00	0.00	0.28	35.72	58.35
7	4.55	4.23	1	10.00	132.25	0.00	0.00	0.28	37.57	61.37
8	5.20	4.88	1	10.00	138.75	0.00	0.00	0.28	39.41	64.38
9	5.85	5.53	1	10.00	145.25	0.00	0.00	0.28	41.26	67.40
10	6.50	6.18	1	10.00	151.75	0.00	0.00	0.28	43.10	70.42
11	7.15	6.83	1	10.00	158.25	0.00	0.00	0.28	44.95	73.43
12	7.80	7.48	1	10.00	164.75	0.00	0.00	0.28	46.80	76.45
13	8.45	8.13	1	10.00	171.25	0.00	0.00	0.28	48.64	79.46
14	9.10	8.78	1	10.00	177.75	0.00	0.00	0.28	50.49	82.48
15	9.75	9.43	1	10.00	184.25	0.00	0.00	0.28	52.34	85.50
16	10.40	10.08	1	10.00	190.75	0.00	0.00	0.28	54.18	88.51
17	11.05	10.73	1	10.00	197.25	0.00	0.00	0.28	56.03	91.53
18	11.70	11.38	1	10.00	203.75	0.00	0.00	0.28	57.87	94.55
19	12.35	12.03	1	10.00	210.25	0.00	0.00	0.28	59.72	97.56
20	13.00	12.68	1	10.00	216.75	0.00	0.00	0.28	61.57	100.58

 $Q_s = 1438.48$
Legenda:
z_{fin con} = profondità finale del concio dal piano di posa

z_{m con} = profondità media del concio dal piano di posa

 γ' = peso specifico efficace dello strato

 σ'_{v0} = tensione litostatica efficace a quota *z_m*
cu = Coesione non drenata

 α = Parametro di calcolo per terreni coesivi

 β = Parametro di calcolo per terreni incoerenti

 τ_{ks} = Azione tangenziale resistente caratteristica sul palo

 ΔQ_{ks} = Resistenza laterale caratteristica del concio

Risultati delle analisi di capacità portante del palo di lunghezza L_p

Resistenza laterale caratteristica:	$Q_{k,s} =$	1438.48 kN
Resistenza alla punta caratteristica:	$Q_{k,b} =$	1256.64 kN
Sottospinta idraulica base palo:	$S_w =$	0.00 kN
Peso caratteristico del palo:	$W_{p,k} =$	-163.36 kN

Tabella di calcolo dei Fattori di Sicurezza

N°	Combinazioni		N _p (kN)	Q _{Rd} (kN)	FS _{eff}
	Tipo	Descrizione			
1	A1+M1+R3	SLU	-1001.78	-1141.05	1.14

Come si evince, assunta una lunghezza palo attiva pari a 13 m (16 complessivo) la verifica a capacità portante risulta verificata con un fattore di sicurezza pari a **FS = 1.14**.

10. SOLETTONE DI FONDAZIONE

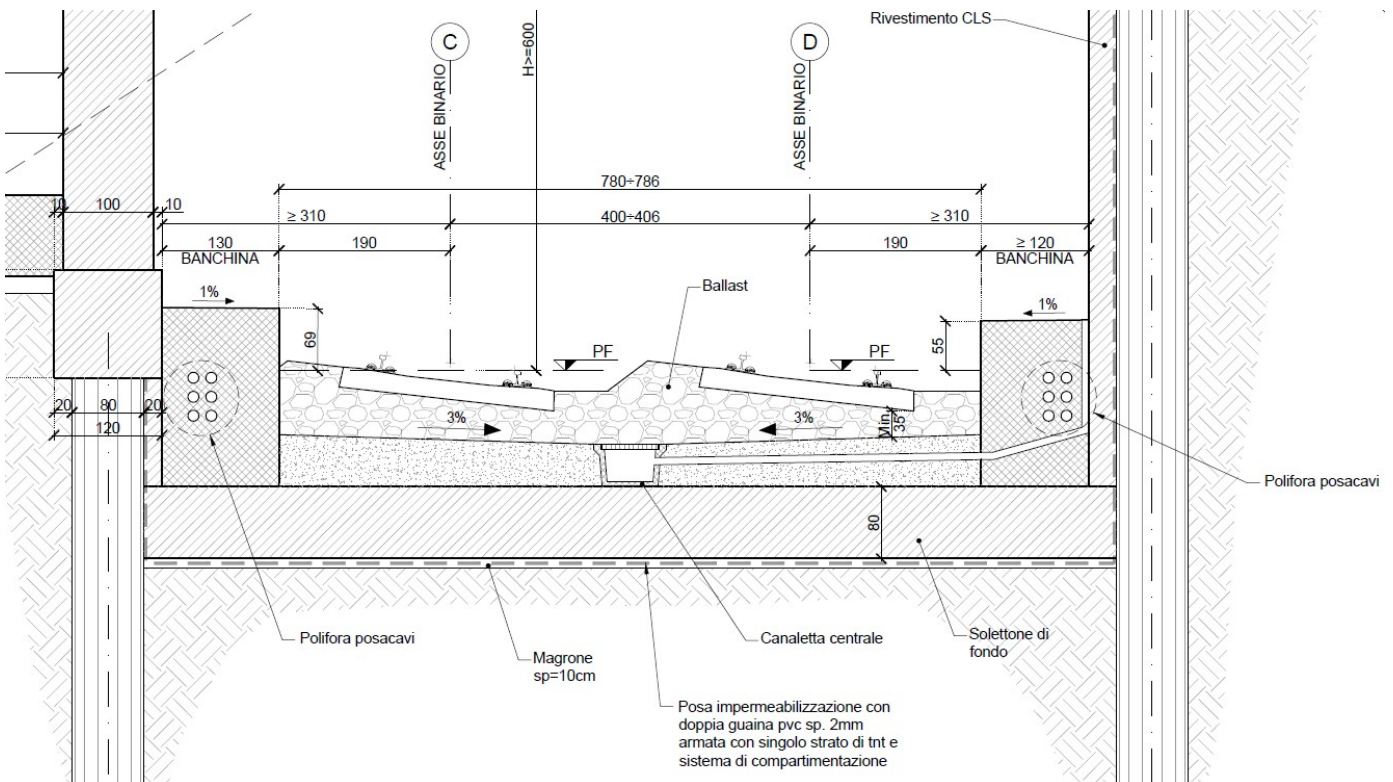
10.1 GENERALITÀ

Il solettone ferroviario è realizzato con lastre di spessore H_s costante e appoggiato con continuità sul terreno, è a prevalente sviluppo bidimensionale con rapporto lati L_y/L_x tale da richiedere una schematizzazione di calcolo a piastra su suolo elastico. In via cautelativa, gli stati di sollecitazione nel solettone ferroviario sono stati valutati su schemi di calcolo semplificati, considerando gli effetti distribuiti su modelli a guscio su suolo elastico.

Il solettone in c.a. ha uno spessore di 0.80 m, sopra ad esso vi sono lateralmente due zone di spessore 0.8 m e larghezza 1.3 m e 1.2 m destinate a banchina, mentre nella zona centrale vi sono due armamenti ferroviari di larghezza 2.9 m.

La struttura è stata calcolata con il software agli elementi finiti SAP2000 prodotto dalla CSI – Computers & Structures Inc.

FIGURA 29: SEZIONE TIPO DELLA FONDAZIONE DELLA GALLERIA



10.2 METODO DI CALCOLO

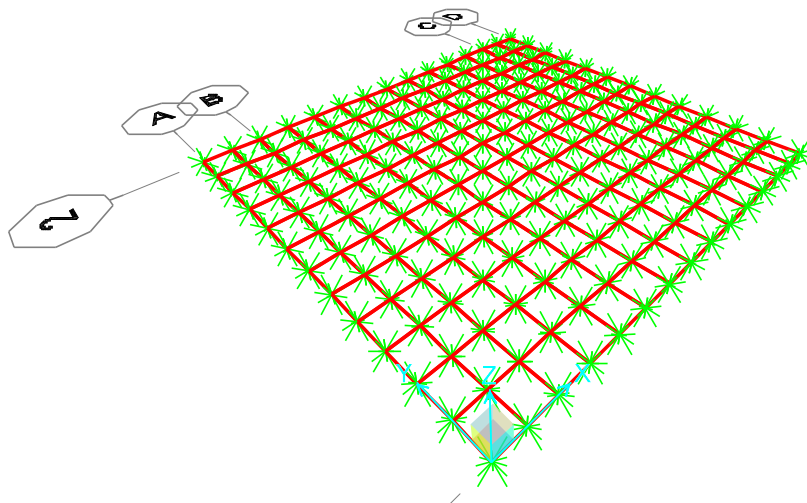
Il metodo di calcolo impiegato è quello detto “degli stati limite” con riferimento allo stato limite ultimo elastico della sezione (raggiungimento, nel punto più sollecitato, della tensione di snervamento di calcolo) ed allo stato limite di deformazione in condizioni di esercizio.

10.2.1 Schematizzazione della struttura e dei vincoli

La struttura è stata schematizzata considerando una struttura bidimensionale modellata tramite elementi guscio appoggiati su solo elastico. Il modello ha dimensioni 10.50 m in larghezza e 10 m in lunghezza: l’analisi è stata condotta andando a verificare il comportamento di una striscia significativa di fondazione di 10 m.

La mesh è stata creata in modo da avere degli elementi con dimensione inferiore a 0.70 m. Il modello è stato vincolato esternamente ai nodi inferiori impedendo le traslazioni lungo l’asse x e y (cerniere).

FIGURA 30: MODELLO SHELL PIASTRA DI FONDAZIONE – SAP2000



Il comportamento della piastra sul terreno è stato idealizzato tramite l’assegnazione delle molle cedevoli agli elementi area dello shell.

Il valore della rigidità delle molle è stato stimato utilizzando la formulazione proposta da Bowles (1991) che prende in esame le caratteristiche del terreno e la conformazione geometrica della piastra. Con questi elementi e attraverso le formule di seguito riportate è possibile ottenere una stima della costante elastica alla Winkler del terreno. Alla profondità di realizzazione della piastra, il modulo elastico del terreno è stato assunto pari a 70 Mpa in accordo con quanto prescritto nella relazione geotecnica.

Il termine I_F riportato nelle formule seguenti indica il fattore di influenza e viene stimata a partire dal grafico riportato in

$$k_s = \frac{1}{B \cdot E'_s \cdot I_s \cdot I_F}$$

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	95 di 133

$$E'_s = \frac{1 - \nu^2}{E_s}$$

$$M = \frac{L'}{B'}$$

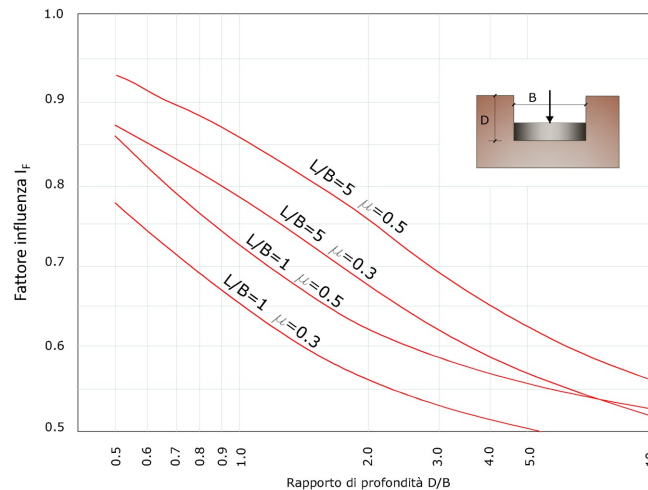
$$N = \frac{H}{B'}$$

$$I_1 = \frac{1}{\pi} \left[M \cdot \ln \frac{(1 + \sqrt{M^2 + 1}) \cdot \sqrt{M^2 + N^2}}{M \cdot (1 + \sqrt{M^2 + N^2 + 1})} + \ln \frac{(M + \sqrt{M^2 + 1}) \cdot \sqrt{1 + N^2}}{M + \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right]$$

$$I_2 = \frac{N}{2\pi} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{M}{N \cdot \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right)$$

$$I_s = I_1 + \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} \cdot I_2$$

FIGURA 31: GRAFICO PER LA DETERMINAZIONE DI I_F



In Tabella 2 vengono riportati i dati necessari di input per la determinazione della costante elastica di reazione del terreno.

TABELLA 2: DATI COSTANTE DI WINKLER (BOWLES 1991)

Modulo elastico terreno	Es [Mpa]	70
Poisson terreno	ν [-]	0.3
Larghezza fondazione (minore)	B [m]	10.5
Lunghezza fondazione (maggiore)	L [m]	11
Profondità fondazione	D [m]	11
Coefficiente influenza (grafico)	If [-]	0.65

I risultati dell'approccio di Bowles sono riportati in Tabella 3: facendo la media dei valori viene assunto cautelativamente una costante di reazione del terreno pari a 1 Kg/cm³.

$$\bar{k}_s = \frac{4 \cdot 1.09 + 2.43}{5} = 1.36 \text{ kg/cm}^3$$

TABELLA 3: RISULTATI COSTANTE DI WINKLER (BOWLES 1991)

Posizione	B' [m]	L' [m]	M	N	I1	I2	Is	ks [kN/m ³]
centro piastra	5.25	5.5	1.05	10	0.5080	0.0165	0.5174	10891.61
spigolo piastra	10.5	11	1.05	5	0.4444	0.0320	0.4627	24359.24

10.2.2 Schematizzazione delle azioni

In accordo con le sopracitate normative, sono state considerate nei calcoli le seguenti azioni:

- pesi propri strutturali G1
- carichi permanenti portati dalla struttura G2
- carichi variabili: ferroviario.

Le azioni sono state modellate tramite opportuni carichi distribuiti sugli elementi guscio.

Le condizioni ed i casi di carico prese in conto nel calcolo sono specificate nella stampa dei dati di input.

10.2.3 Modellazione dei materiali

I materiali costituenti la struttura sono considerati elastici e con comportamento lineare. Le loro caratteristiche sono specificate nella stampa dei dati di input.

10.2.4 Tipo di analisi

Le analisi strutturali condotte sono statiche in regime lineare. Il metodo di calcolo è agli elementi finiti.

	<p>NODO DI TORINO</p> <p>COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSÀ – TORINO PORTA NUOVA</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NT0P</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>GA 01 00 001</td> <td>A</td> <td>97 di 133</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	97 di 133
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	97 di 133								

10.2.5 Individuazione del codice di calcolo

Il calcolo delle sollecitazioni e la verifica degli elementi in cemento armato sono stati eseguiti con il software agli elementi finiti SAP2000 che permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà. Gli elementi considerati sono i gusci (shell), che vengono idealizzati tramite una mesh che può essere rettangolare o triangolare e con comportamento sia di membrana che di piastra. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sui gusci, come carichi distribuiti. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidità elastica.

Il software SAP2000 che utilizza il solutore SAPfire viene impiegato nei progetti di opere civili strutturali ed è caratterizzato dalle seguenti principali funzionalità:

- Analisi statica e dinamica
- Analisi lineare e non lineare
- Analisi sismica dinamica e analisi statica in pushover
- Analisi con carichi variabili da traffico per ponti
- Non linearità geometrica, inclusi P-Delta e grande spostamento
- Costruzioni per fasi (incrementali)
- Effetti di ritiro, viscosità e invecchiamento
- Analisi di collasso per instabilità (buckling)
- Analisi della risposta a carichi armonici e analisi di densità spettrale
- Elementi Frame, inclusivi di comportamento beam-column, truss
- Elementi Shell, inclusivi di comportamento a lastra e a piastra
- Elementi cavo e tirante
- Elementi Plane e Asolid, di tipo solido bidimensionale,
- Elementi Solid, di tipo solido tridimensionale
- Elementi Link e Support non lineari
- Proprietà Link e Support dipendenti dalla frequenza
- Sistemi di coordinate multipli
- Svariati tipi di vincoli interni
- Gran varietà di opzioni di carico

	NODO DI TORINO COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO PORTA NUOVA					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NT0P	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A

- Algoritmi di risoluzione stabili e altamente efficienti

10.2.6 Grado di affidabilità del codice

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto nella quale è possibile individuare i diversi test di validazione per gli elementi utilizzati nella modellazione della struttura in esame. Inoltre i risultati ottenuti per la piastra di fondazione sono stati confrontati con le soluzioni analitiche proposte per la risoluzione di piastre su suolo alla Winkler: il confronto dei risultati ha determinato un errore accettabile tra il modello numerico e quello analitico. Si può quindi constatare che la modellazione del problema della piastra su suolo alla Winkler tramite il software SAP2000 è corretta.

10.2.7 Valutazione della correttezza del modello

Il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche.

10.2.8 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

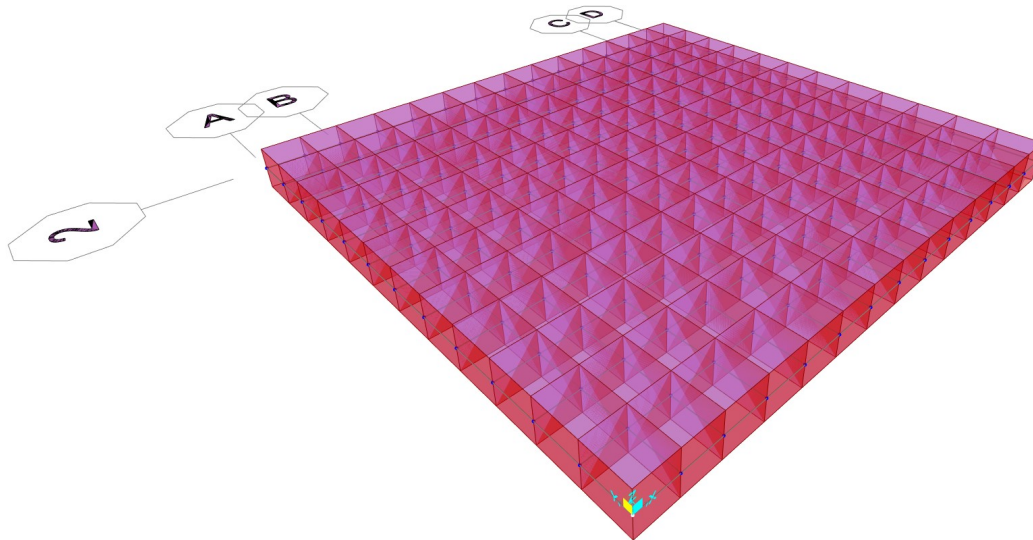
L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo nonché il confronto con calcolazioni di massima eseguite manualmente porta a confermare la validità dei risultati.

10.3 MODELLO STRUTTURALE

Il modello piastra è stato schematizzato attraverso un elemento shell a cui è stato associato uno spessore sia membranale che flessionale pari a 0.80 m. Alla sezione guscio è stato associato un materiale con caratteristiche analoghe al calcestruzzo C25/30. Per il corretto calcolo dell'armatura sono stati inseriti due layer a rappresentare l'armatura superiore ed inferiore ad una distanza di 0.04 m dal bordo superiore e a 0.04 m dal bordo inferiore.

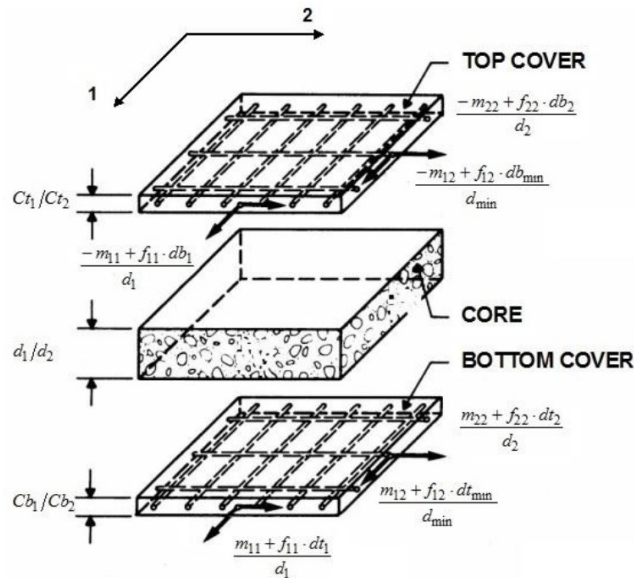
In Figura 32 è riportato il modello dell'elemento shell con la suddivisione nelle aree di carico che verranno soggette alle aree di influenza del carico così come riportato nell'analisi dei carichi.

FIGURA 32: MODELLO SHELL TRIDIMENSIONALE DELLA PIASTRA DI FONDAZIONE – SAP2000



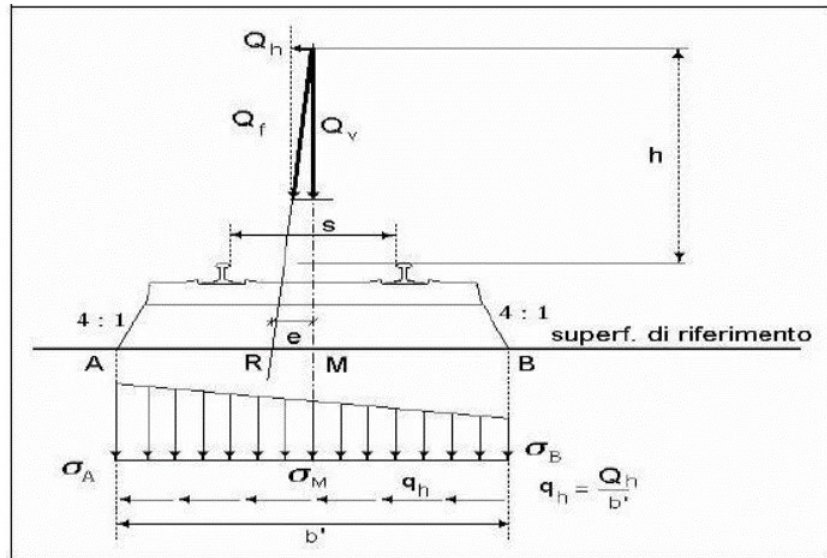
Il calcolo dell'armatura viene affrontato da SAP2000 utilizzando l'approccio a "Sandwich" che considera separatamente i tre contributi forniti dalla piastra: l'armatura superiore in direzione x e y, il cuore di calcestruzzo e l'armatura inferiore in direzione x e y.

FIGURA 33: SCHEMA DI CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELL'ELEMENTO SHELL ARMATO – SAP2000



10.4 ANALISI DEI CARICHI

- Carichi permanenti – Tenuti presenti i pesi dei materiali da costruzione e degli elementi costruttivi di cui alla tabella 3.1.1 del predetto D.M., si precisa che quali pesi per unità di volume, per la determinazione dei pesi propri strutturali, si possono assumere i seguenti:
 - Pesi propri strutturali: Calcolati in automatico $\gamma_{cls} = 25,0 \text{ kN/m}^3$
- Carichi permanenti portati – pesi propri di tutti gli elementi non strutturali:
 - peso delle banchine: 0.8 (altezza delle banchine) $\times 25.0 = 20 \text{ kN/m}^2$
- Carichi variabili di esercizio:
 - Sovraccarico ferroviario: secondo le prescrizioni di RFI e della vigente normativa, il treno di carico da considerare per le verifiche locali è il tipo SW2 che presenta longitudinalmente un carico a metro lineare di $Q_v = 150 \text{ kN/m}$. Trasversalmente va distribuito su una traversa di larghezza pari a 2.60 m e poi ripartito sulla superficie di riferimento secondo lo schema di seguito riportato:



Considerando pertanto una diffusione di 1:4 su uno spessore del ballast di 35 cm (ad estradosso del super compattato) risulta una larghezza di diffusione di circa 2.77 m e quindi un carico ferroviario distribuito (accidentale) pari a circa **55 kPa**. A questo va poi aggiunto un carico distribuito permanente dato dall'armamento (traversine, ballast, rotaie, ecc) assunto pari a 20 kN/m³ per uno spessore medio di 85 cm; complessivamente quindi il carico permanente risulta pari a **17 kPa**.

- Sovraccarico accidentale dovuto alla folla sui marciapiedi = 10 kN/m²

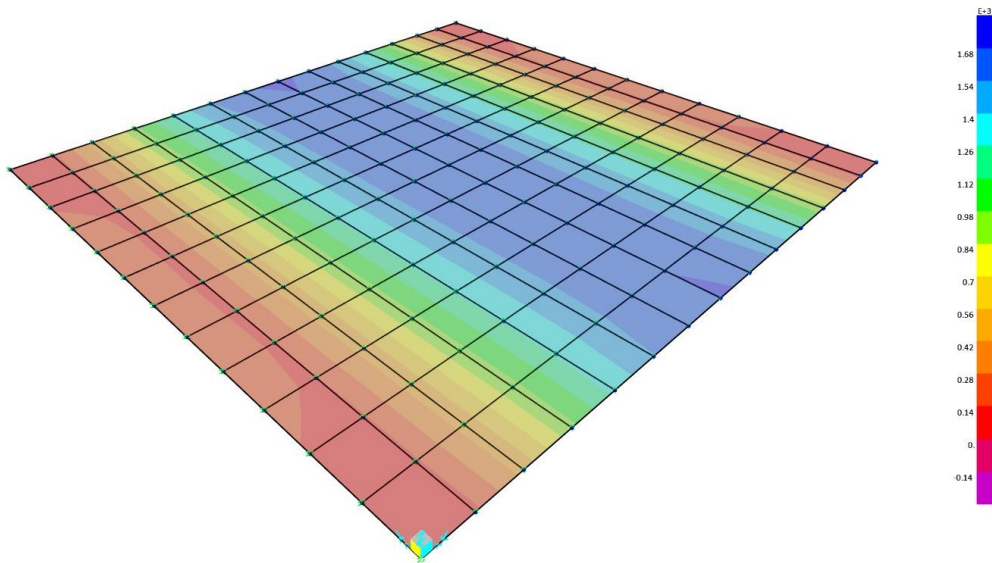
10.5 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico sono effettuate secondo i principi del cap. 2 delle NTC18, considerando le combinazioni di carico possibili e più sfavorevoli.

10.6 VERIFICHE STRUTTURALI GUSCI

La tensione massima nell'elemento shell viene riportata in Figura 34: la porzione più sollecitata risulta essere quella centrale in accordo con la distribuzione dei carichi ed il valore di tensione è circa pari a 1.68 N/mm². La tensione è inferiore alla resistenza del calcestruzzo.

FIGURA 34: SOLLECITAZIONI MASSIME SULLA FONDAZIONE – SAP2000



Le sollecitazioni prodotte dall'analisi con SAP2000 sono state combinate in modo da procedere con la verifica dell'armatura superiore ed inferiore nelle due direzioni. I parametri di resistenza dei materiali e della geometria della fondazione sono riportati in Tabella 4.

TABELLA 4: PARAMETRI RESISTENZA DEI MATERIALI

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI		
Resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo	$R_{ck} =$	30.00 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza sul calcestruzzo	$\gamma_c =$	1.50 -
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	$f_{ck} =$	24.90 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	$f_{cd} =$	14.11 N/mm²
Resistenza media a compressione del calcestruzzo	$f_{cm} =$	32.90 N/mm ²
Resistenza media a trazione del calcestruzzo	$f_{ctm} =$	2.56 N/mm ²
Coefficiente di riduzione di resistenza per effetto della fessurazione	$\nu =$	0.54 -
Resistenza di calcolo a taglio del calcestruzzo	$\tau_d =$	3.81 N/mm²
Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} =$	450.00 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza sull'acciaio	$\gamma_s =$	1.15 -
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{yd} =$	391.30 N/mm²
CARATTERISTICHE DELL'ELEMENTO SHELL		
Spessore dell'elemento shell	$h =$	0.80 m
Distanza tra il baricentro delle armature superiori ed il bordo superiore dell'elemento	$d'_s =$	0.04 m
Distanza tra il baricentro delle armature inferiori ed il bordo inferiore dell'elemento	$d'_s =$	0.04 m
Distanza tra il baricentro delle armature superiori ed il piano medio dell'elemento shell	$z_s =$	0.36 m
Distanza tra il baricentro delle armature inferiori ed il piano medio dell'elemento shell	$z_i =$	0.36 m
Braccio di leva tra le armature	$z =$	0.72 m
Spessore del layer superiore	$t_s =$	0.08 m
Spessore del layer inferiore	$t_i =$	0.08 m
Spessore del layer di calcestruzzo	$t_c =$	0.64 m

INPUT DERIVANTE DALL'ANALISI FEM - Caricato dal foglio " Dati SAP "									
Elemento shell	Combinazione	Inserire forze e momenti derivanti dall'analisi FEM							
		Forze di membrana			Momenti flettenti			Tagli fuori piano	
		N _{Ed,x}	N _{Ed,y}	N _{Ed,xy}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	M _{Ed,xy}	V _{Ed,x}	V _{Ed,y}
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
149	SLU1	0.00	0.00	0.00	-74.34	0.86	7.70	-63.76	0.45
150	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.43	-1.59	7.65	-46.32	0.44
151	SLU1	0.00	0.00	0.00	-149.62	-2.76	6.16	-31.04	0.46
152	SLU1	0.00	0.00	0.00	-169.20	-3.35	3.87	-17.41	0.49
153	SLU1	0.00	0.00	0.00	-178.21	-3.58	1.20	-4.86	0.50
154	SLU1	0.00	0.00	0.00	-177.25	-3.53	-1.57	7.23	0.50
155	SLU1	0.00	0.00	0.00	-166.45	-3.22	-4.17	19.47	0.48
156	SLU1	0.00	0.00	0.00	-145.47	-2.56	-6.33	32.48	0.46
157	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.53	-1.33	-7.63	46.80	0.44
158	SLU1	0.00	0.00	0.00	-69.62	1.14	-7.49	62.93	0.46
159	SLU1	0.00	0.00	0.00	-75.00	2.31	3.39	-63.98	0.98
160	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.08	-3.31	3.64	-46.49	0.95
161	SLU1	0.00	0.00	0.00	-148.56	-6.58	3.15	-31.14	0.95
162	SLU1	0.00	0.00	0.00	-167.73	-8.35	2.08	-17.46	0.97
163	SLU1	0.00	0.00	0.00	-176.56	-9.07	0.67	-4.87	0.99
164	SLU1	0.00	0.00	0.00	-175.63	-8.97	-0.84	7.25	0.99
165	SLU1	0.00	0.00	0.00	-165.05	-8.03	-2.21	19.52	0.97
166	SLU1	0.00	0.00	0.00	-144.51	-6.09	-3.22	32.58	0.95
167	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.30	-2.71	-3.61	46.96	0.95
168	SLU1	0.00	0.00	0.00	-70.37	2.95	-3.29	63.15	0.99
169	SLU1	0.00	0.00	0.00	-75.38	2.87	1.55	-64.02	1.12
170	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.18	-4.33	1.61	-46.56	1.11
171	SLU1	0.00	0.00	0.00	-148.29	-8.97	1.44	-31.21	1.11
172	SLU1	0.00	0.00	0.00	-167.18	-11.65	0.98	-17.50	1.11
173	SLU1	0.00	0.00	0.00	-175.87	-12.81	0.33	-4.88	1.12
174	SLU1	0.00	0.00	0.00	-174.95	-12.66	-0.40	7.27	1.12
175	SLU1	0.00	0.00	0.00	-164.53	-11.23	-1.03	19.57	1.11
176	SLU1	0.00	0.00	0.00	-144.28	-8.32	-1.46	32.65	1.11
177	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.44	-3.53	-1.60	47.03	1.12
178	SLU1	0.00	0.00	0.00	-70.77	3.67	-1.51	63.18	1.12

INPUT DERIVANTE DALL'ANALISI FEM - Caricato dal foglio " Dati SAP "									
Elemento shell	Combinazione	Inserire forze e momenti derivanti dall'analisi FEM							
		Forze di membrana			Momenti flettenti			Tagli fuori piano	
		$N_{Ed,x}$	$N_{Ed,y}$	$N_{Ed,xy}$	$M_{Ed,x}$	$M_{Ed,y}$	$M_{Ed,xy}$	$V_{Ed,x}$	$V_{Ed,y}$
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
179	SLU1	0.00	0.00	0.00	-75.49	2.75	0.71	-64.03	0.99
180	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.31	-5.18	0.68	-46.58	0.99
181	SLU1	0.00	0.00	0.00	-148.32	-10.55	0.59	-31.23	0.99
182	SLU1	0.00	0.00	0.00	-167.08	-13.80	0.40	-17.52	0.98
183	SLU1	0.00	0.00	0.00	-175.71	-15.24	0.14	-4.89	0.99
184	SLU1	0.00	0.00	0.00	-174.79	-15.07	-0.16	7.28	0.99
185	SLU1	0.00	0.00	0.00	-164.45	-13.31	-0.42	19.60	0.99
186	SLU1	0.00	0.00	0.00	-144.32	-9.81	-0.59	32.67	0.99
187	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.57	-4.29	-0.68	47.05	0.99
188	SLU1	0.00	0.00	0.00	-70.87	3.63	-0.70	63.19	0.99
189	SLU1	0.00	0.00	0.00	-75.52	2.44	0.30	-64.04	0.67
190	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.38	-5.83	0.26	-46.58	0.67
191	SLU1	0.00	0.00	0.00	-148.40	-11.57	0.21	-31.24	0.67
192	SLU1	0.00	0.00	0.00	-167.14	-15.11	0.14	-17.53	0.67
193	SLU1	0.00	0.00	0.00	-175.74	-16.71	0.05	-4.89	0.67
194	SLU1	0.00	0.00	0.00	-174.82	-16.53	-0.05	7.28	0.67
195	SLU1	0.00	0.00	0.00	-164.51	-14.59	-0.15	19.60	0.67
196	SLU1	0.00	0.00	0.00	-144.40	-10.79	-0.21	32.68	0.67
197	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.64	-4.90	-0.26	47.06	0.67
198	SLU1	0.00	0.00	0.00	-70.89	3.35	-0.30	63.20	0.67
199	SLU1	0.00	0.00	0.00	-75.52	2.22	0.08	-64.04	0.23
200	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.42	-6.20	0.07	-46.58	0.24
201	SLU1	0.00	0.00	0.00	-148.46	-12.07	0.05	-31.24	0.24
202	SLU1	0.00	0.00	0.00	-167.20	-15.73	0.03	-17.53	0.23
203	SLU1	0.00	0.00	0.00	-175.80	-17.40	0.01	-4.89	0.23
204	SLU1	0.00	0.00	0.00	-174.88	-17.22	-0.01	7.28	0.23
205	SLU1	0.00	0.00	0.00	-164.57	-15.20	-0.03	19.60	0.24
206	SLU1	0.00	0.00	0.00	-144.46	-11.28	-0.05	32.68	0.24
207	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.67	-5.25	-0.07	47.06	0.24
208	SLU1	0.00	0.00	0.00	-70.89	3.14	-0.08	63.20	0.23

INPUT DERIVANTE DALL'ANALISI FEM - Caricato dal foglio " Dati SAP "									
Elemento shell	Combinazione	Inserire forze e momenti derivanti dall'analisi FEM							
		Forze di membrana			Momenti flettenti			Tagli fuori piano	
		$N_{Ed,x}$	$N_{Ed,y}$	$N_{Ed,xy}$	$M_{Ed,x}$	$M_{Ed,y}$	$M_{Ed,xy}$	$V_{Ed,x}$	$V_{Ed,y}$
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
209	SLU1	0.00	0.00	0.00	-75.52	2.22	-0.08	-64.04	-0.23
210	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.42	-6.20	-0.06	-46.58	-0.24
211	SLU1	0.00	0.00	0.00	-148.46	-12.07	-0.05	-31.24	-0.24
212	SLU1	0.00	0.00	0.00	-167.20	-15.73	-0.03	-17.53	-0.23
213	SLU1	0.00	0.00	0.00	-175.80	-17.40	-0.01	-4.89	-0.23
214	SLU1	0.00	0.00	0.00	-174.88	-17.22	0.01	7.28	-0.23
215	SLU1	0.00	0.00	0.00	-164.57	-15.20	0.03	19.60	-0.24
216	SLU1	0.00	0.00	0.00	-144.46	-11.28	0.05	32.68	-0.24
217	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.67	-5.25	0.07	47.06	-0.24
218	SLU1	0.00	0.00	0.00	-70.89	3.14	0.08	63.20	-0.23
219	SLU1	0.00	0.00	0.00	-75.52	2.44	-0.30	-64.04	-0.67
220	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.38	-5.83	-0.26	-46.58	-0.67
221	SLU1	0.00	0.00	0.00	-148.40	-11.57	-0.21	-31.24	-0.67
222	SLU1	0.00	0.00	0.00	-167.14	-15.11	-0.14	-17.53	-0.67
223	SLU1	0.00	0.00	0.00	-175.74	-16.71	-0.05	-4.89	-0.67
224	SLU1	0.00	0.00	0.00	-174.82	-16.53	0.05	7.28	-0.67
225	SLU1	0.00	0.00	0.00	-164.51	-14.59	0.15	19.60	-0.67
226	SLU1	0.00	0.00	0.00	-144.40	-10.79	0.21	32.68	-0.67
227	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.64	-4.90	0.26	47.06	-0.67
228	SLU1	0.00	0.00	0.00	-70.89	3.35	0.30	63.20	-0.67
229	SLU1	0.00	0.00	0.00	-75.49	2.75	-0.71	-64.03	-0.99
230	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.31	-5.18	-0.68	-46.58	-0.99
231	SLU1	0.00	0.00	0.00	-148.32	-10.55	-0.59	-31.23	-0.99
232	SLU1	0.00	0.00	0.00	-167.08	-13.80	-0.40	-17.52	-0.98
233	SLU1	0.00	0.00	0.00	-175.71	-15.24	-0.14	-4.89	-0.99
234	SLU1	0.00	0.00	0.00	-174.79	-15.07	0.16	7.28	-0.99
235	SLU1	0.00	0.00	0.00	-164.45	-13.31	0.42	19.60	-0.99
236	SLU1	0.00	0.00	0.00	-144.32	-9.81	0.59	32.67	-0.99
237	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.57	-4.29	0.68	47.05	-0.99
238	SLU1	0.00	0.00	0.00	-70.87	3.63	0.70	63.19	-0.99

INPUT DERIVANTE DALL'ANALISI FEM - Caricato dal foglio " Dati SAP "									
Elemento shell	Combinazione	Inserire forze e momenti derivanti dall'analisi FEM							
		Forze di membrana			Momenti flettenti			Tagli fuori piano	
		$N_{Ed,x}$	$N_{Ed,y}$	$N_{Ed,xy}$	$M_{Ed,x}$	$M_{Ed,y}$	$M_{Ed,xy}$	$V_{Ed,x}$	$V_{Ed,y}$
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
239	SLU1	0.00	0.00	0.00	-75.38	2.87	-1.55	-64.02	-1.12
240	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.18	-4.33	-1.61	-46.56	-1.11
241	SLU1	0.00	0.00	0.00	-148.29	-8.97	-1.44	-31.21	-1.11
242	SLU1	0.00	0.00	0.00	-167.18	-11.65	-0.98	-17.50	-1.11
243	SLU1	0.00	0.00	0.00	-175.87	-12.81	-0.33	-4.88	-1.12
244	SLU1	0.00	0.00	0.00	-174.95	-12.66	0.40	7.27	-1.12
245	SLU1	0.00	0.00	0.00	-164.53	-11.23	1.03	19.57	-1.11
246	SLU1	0.00	0.00	0.00	-144.28	-8.32	1.46	32.65	-1.11
247	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.44	-3.53	1.60	47.03	-1.12
248	SLU1	0.00	0.00	0.00	-70.77	3.67	1.51	63.18	-1.12
249	SLU1	0.00	0.00	0.00	-75.00	2.31	-3.39	-63.98	-0.98
250	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.08	-3.31	-3.64	-46.49	-0.95
251	SLU1	0.00	0.00	0.00	-148.56	-6.58	-3.15	-31.14	-0.95
252	SLU1	0.00	0.00	0.00	-167.73	-8.35	-2.08	-17.46	-0.97
253	SLU1	0.00	0.00	0.00	-176.56	-9.07	-0.67	-4.87	-0.99
254	SLU1	0.00	0.00	0.00	-175.63	-8.97	0.84	7.25	-0.99
255	SLU1	0.00	0.00	0.00	-165.05	-8.03	2.21	19.52	-0.97
256	SLU1	0.00	0.00	0.00	-144.51	-6.09	3.22	32.58	-0.95
257	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.30	-2.71	3.61	46.96	-0.95
258	SLU1	0.00	0.00	0.00	-70.37	2.95	3.29	63.15	-0.99
259	SLU1	0.00	0.00	0.00	-74.34	0.86	-7.70	-63.76	-0.45
260	SLU1	0.00	0.00	0.00	-118.43	-1.59	-7.65	-46.32	-0.44
261	SLU1	0.00	0.00	0.00	-149.62	-2.76	-6.16	-31.04	-0.46
262	SLU1	0.00	0.00	0.00	-169.20	-3.35	-3.87	-17.41	-0.49
263	SLU1	0.00	0.00	0.00	-178.21	-3.58	-1.20	-4.86	-0.50
264	SLU1	0.00	0.00	0.00	-177.25	-3.53	1.57	7.23	-0.50
265	SLU1	0.00	0.00	0.00	-166.45	-3.22	4.17	19.47	-0.48
266	SLU1	0.00	0.00	0.00	-145.47	-2.56	6.33	32.48	-0.46
267	SLU1	0.00	0.00	0.00	-113.53	-1.33	7.63	46.80	-0.44
268	SLU1	0.00	0.00	0.00	-69.62	1.14	7.49	62.93	-0.46

INPUT DERIVANTE DALL'ANALISI FEM - Caricato dal foglio " Dati SAP "									
Elemento shell	Combinazione	Inserire forze e momenti derivanti dall'analisi FEM							
		Forze di membrana			Momenti flettenti			Tagli fuori piano	
		N _{Ed,x}	N _{Ed,y}	N _{Ed,xy}	M _{Ed,x}	M _{Ed,y}	M _{Ed,xy}	V _{Ed,x}	V _{Ed,y}
		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
271	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.42	5.75	3.33	-17.36	0.44
272	SLU1	0.00	0.00	0.00	-29.68	4.08	5.85	-54.25	0.53
273	SLU1	0.00	0.00	0.00	-6.12	12.42	1.98	-17.39	0.98
274	SLU1	0.00	0.00	0.00	-31.31	8.74	2.70	-54.39	0.99
275	SLU1	0.00	0.00	0.00	-6.26	14.86	1.21	-17.41	1.12
276	SLU1	0.00	0.00	0.00	-31.59	10.54	1.39	-54.41	1.12
277	SLU1	0.00	0.00	0.00	-6.27	15.62	0.72	-17.42	0.99
278	SLU1	0.00	0.00	0.00	-31.61	10.99	0.72	-54.42	0.99
279	SLU1	0.00	0.00	0.00	-6.25	15.71	0.37	-17.42	0.67
280	SLU1	0.00	0.00	0.00	-31.58	10.93	0.34	-54.43	0.66
281	SLU1	0.00	0.00	0.00	-6.24	15.66	0.12	-17.42	0.24
282	SLU1	0.00	0.00	0.00	-31.56	10.81	0.10	-54.43	0.23
283	SLU1	0.00	0.00	0.00	-6.24	15.66	-0.12	-17.42	-0.24
284	SLU1	0.00	0.00	0.00	-31.56	10.81	-0.10	-54.43	-0.23
285	SLU1	0.00	0.00	0.00	-6.25	15.71	-0.37	-17.42	-0.67
286	SLU1	0.00	0.00	0.00	-31.58	10.93	-0.34	-54.43	-0.66
287	SLU1	0.00	0.00	0.00	-6.27	15.62	-0.72	-17.42	-0.99
288	SLU1	0.00	0.00	0.00	-31.61	10.99	-0.72	-54.42	-0.99
289	SLU1	0.00	0.00	0.00	-6.26	14.86	-1.21	-17.41	-1.12
290	SLU1	0.00	0.00	0.00	-31.59	10.54	-1.39	-54.41	-1.12
291	SLU1	0.00	0.00	0.00	-6.12	12.42	-1.98	-17.39	-0.98
292	SLU1	0.00	0.00	0.00	-31.31	8.74	-2.70	-54.39	-0.99
293	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.42	5.75	-3.33	-17.36	-0.44
294	SLU1	0.00	0.00	0.00	-29.68	4.08	-5.85	-54.25	-0.53
343	SLU1	0.00	0.00	0.00	-27.03	4.27	5.60	53.29	-0.54
344	SLU1	0.00	0.00	0.00	-28.70	9.13	2.59	53.41	-0.99
345	SLU1	0.00	0.00	0.00	-28.96	11.02	1.36	53.43	-1.12
346	SLU1	0.00	0.00	0.00	-28.97	11.50	0.71	53.45	-0.99
347	SLU1	0.00	0.00	0.00	-28.94	11.46	0.35	53.45	-0.67
348	SLU1	0.00	0.00	0.00	-28.91	11.34	0.10	53.45	-0.23
349	SLU1	0.00	0.00	0.00	-28.91	11.34	-0.10	53.45	0.23
350	SLU1	0.00	0.00	0.00	-28.94	11.46	-0.35	53.45	0.67
351	SLU1	0.00	0.00	0.00	-28.97	11.50	-0.71	53.45	0.99
352	SLU1	0.00	0.00	0.00	-28.96	11.02	-1.36	53.43	1.12
353	SLU1	0.00	0.00	0.00	-28.70	9.13	-2.59	53.41	0.99
354	SLU1	0.00	0.00	0.00	-27.03	4.27	-5.60	53.29	0.54
355	SLU1	0.00	0.00	0.00	-4.96	5.85	3.21	17.23	-0.44
356	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.65	12.56	1.93	17.26	-0.98
357	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.78	14.99	1.20	17.28	-1.12
358	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.78	15.74	0.71	17.28	-0.99
359	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.76	15.83	0.37	17.29	-0.67
360	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.75	15.77	0.12	17.29	-0.24
361	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.75	15.77	-0.12	17.29	0.24
362	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.76	15.83	-0.37	17.29	0.67
363	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.78	15.74	-0.71	17.28	0.99
364	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.78	14.99	-1.20	17.28	1.12
365	SLU1	0.00	0.00	0.00	-5.65	12.56	-1.93	17.26	0.98
366	SLU1	0.00	0.00	0.00	-4.96	5.85	-3.21	17.23	0.44

Forze membranali di progetto				N° ELEMENTO SHELL	Armature minime necessarie			
Layer superiore		Layer inferiore			Layer superiore		Layer inferiore	
$n_{Ed,x,sup}$	$n_{Ed,y,sup}$	$n_{Ed,x,inf}$	$n_{Ed,y,inf}$		$A_{S,x,sup}$	$A_{S,y,sup}$	$A_{S,x,inf}$	$A_{S,y,inf}$
[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]
113.94	9.49	0.00	2.31	149	3.24	0.27	NO ARM.	0.07
175.11	12.83	0.00	0.00	150	4.97	0.36	NO ARM.	NO ARM.
216.36	12.39	0.00	0.00	151	6.14	0.35	NO ARM.	NO ARM.
240.37	10.02	0.00	0.00	152	6.83	0.28	NO ARM.	NO ARM.
249.18	6.63	0.00	0.00	153	7.08	0.19	NO ARM.	NO ARM.
248.37	7.09	0.00	0.00	154	7.05	0.20	NO ARM.	NO ARM.
236.98	10.27	0.00	0.00	155	6.73	0.29	NO ARM.	NO ARM.
210.83	12.34	0.00	0.00	156	5.99	0.35	NO ARM.	NO ARM.
168.28	12.45	0.00	0.00	157	4.78	0.35	NO ARM.	NO ARM.
107.10	8.81	0.00	2.70	158	3.04	0.25	NO ARM.	0.08
108.87	1.50	0.00	3.42	159	3.09	0.04	NO ARM.	0.10
169.05	9.65	0.00	0.00	160	4.80	0.27	NO ARM.	NO ARM.
210.70	13.51	0.00	0.00	161	5.98	0.38	NO ARM.	NO ARM.
235.84	14.48	0.00	0.00	162	6.70	0.41	NO ARM.	NO ARM.
246.15	13.53	0.00	0.00	163	6.99	0.38	NO ARM.	NO ARM.
245.09	13.62	0.00	0.00	164	6.96	0.39	NO ARM.	NO ARM.
232.31	14.23	0.00	0.00	165	6.60	0.40	NO ARM.	NO ARM.
205.17	12.92	0.00	0.00	166	5.83	0.37	NO ARM.	NO ARM.
162.38	8.78	0.00	0.00	167	4.61	0.25	NO ARM.	NO ARM.
102.30	0.48	0.00	4.31	168	2.90	0.01	NO ARM.	0.12
105.86	0.00	0.00	4.02	169	3.01	NO ARM.	NO ARM.	0.11
166.38	8.25	0.00	0.00	170	4.72	0.23	NO ARM.	NO ARM.
207.95	14.45	0.00	0.00	171	5.90	0.41	NO ARM.	NO ARM.
233.56	17.55	0.00	0.00	172	6.63	0.50	NO ARM.	NO ARM.
244.72	18.24	0.00	0.00	173	6.95	0.52	NO ARM.	NO ARM.
243.53	18.14	0.00	0.00	174	6.92	0.51	NO ARM.	NO ARM.
229.95	17.03	0.00	0.00	175	6.53	0.48	NO ARM.	NO ARM.
202.42	13.57	0.00	0.00	176	5.75	0.39	NO ARM.	NO ARM.
159.78	7.13	0.00	0.00	177	4.54	0.20	NO ARM.	NO ARM.
99.16	0.00	0.00	5.14	178	2.82	NO ARM.	NO ARM.	0.15
105.10	0.00	0.00	3.83	179	2.98	NO ARM.	NO ARM.	0.11
165.25	8.13	0.00	0.00	180	4.69	0.23	NO ARM.	NO ARM.
206.81	15.47	0.00	0.00	181	5.87	0.44	NO ARM.	NO ARM.
232.62	19.73	0.00	0.00	182	6.61	0.56	NO ARM.	NO ARM.
244.23	21.36	0.00	0.00	183	6.93	0.61	NO ARM.	NO ARM.
242.98	21.16	0.00	0.00	184	6.90	0.60	NO ARM.	NO ARM.
228.98	19.07	0.00	0.00	185	6.50	0.54	NO ARM.	NO ARM.
201.27	14.45	0.00	0.00	186	5.72	0.41	NO ARM.	NO ARM.
158.67	6.89	0.00	0.00	187	4.51	0.20	NO ARM.	NO ARM.
98.63	0.00	0.00	5.05	188	2.80	NO ARM.	NO ARM.	0.14

Forze membranali di progetto				N° ELEMENTO SHELL	Armature minime necessarie			
Layer superiore		Layer inferiore			Layer superiore		Layer inferiore	
$n_{Ed,x,sup}$	$n_{Ed,y,sup}$	$n_{Ed,x,inf}$	$n_{Ed,y,inf}$		$A_{s,x,sup}$	$A_{s,y,sup}$	$A_{s,x,inf}$	$A_{s,y,inf}$
[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]
104.93	0.00	0.00	3.39	189	2.98	NO ARM.	NO ARM.	0.10
164.78	8.46	0.00	0.00	190	4.68	0.24	NO ARM.	NO ARM.
206.40	16.36	0.00	0.00	191	5.86	0.46	NO ARM.	NO ARM.
232.34	21.18	0.00	0.00	192	6.60	0.60	NO ARM.	NO ARM.
244.16	23.27	0.00	0.00	193	6.93	0.66	NO ARM.	NO ARM.
242.88	23.03	0.00	0.00	194	6.90	0.65	NO ARM.	NO ARM.
228.68	20.47	0.00	0.00	195	6.49	0.58	NO ARM.	NO ARM.
200.85	15.27	0.00	0.00	196	5.70	0.43	NO ARM.	NO ARM.
158.19	7.17	0.00	0.00	197	4.49	0.20	NO ARM.	NO ARM.
98.50	0.00	0.00	4.65	198	2.80	NO ARM.	NO ARM.	0.13
104.89	0.00	0.00	3.08	199	2.98	NO ARM.	NO ARM.	0.09
164.56	8.70	0.00	0.00	200	4.67	0.25	NO ARM.	NO ARM.
206.26	16.84	0.00	0.00	201	5.86	0.48	NO ARM.	NO ARM.
232.27	21.89	0.00	0.00	202	6.60	0.62	NO ARM.	NO ARM.
244.18	24.18	0.00	0.00	203	6.93	0.69	NO ARM.	NO ARM.
242.91	23.93	0.00	0.00	204	6.90	0.68	NO ARM.	NO ARM.
228.61	21.16	0.00	0.00	205	6.49	0.60	NO ARM.	NO ARM.
200.70	15.73	0.00	0.00	206	5.70	0.45	NO ARM.	NO ARM.
157.96	7.38	0.00	0.00	207	4.49	0.21	NO ARM.	NO ARM.
98.47	0.00	0.00	4.36	208	2.80	NO ARM.	NO ARM.	0.12
104.89	0.00	0.00	3.08	209	2.98	NO ARM.	NO ARM.	0.09
164.56	8.70	0.00	0.00	210	4.67	0.25	NO ARM.	NO ARM.
206.26	16.84	0.00	0.00	211	5.86	0.48	NO ARM.	NO ARM.
232.27	21.89	0.00	0.00	212	6.60	0.62	NO ARM.	NO ARM.
244.18	24.18	0.00	0.00	213	6.93	0.69	NO ARM.	NO ARM.
242.91	23.93	0.00	0.00	214	6.90	0.68	NO ARM.	NO ARM.
228.61	21.16	0.00	0.00	215	6.49	0.60	NO ARM.	NO ARM.
200.70	15.73	0.00	0.00	216	5.70	0.45	NO ARM.	NO ARM.
157.96	7.38	0.00	0.00	217	4.49	0.21	NO ARM.	NO ARM.
98.47	0.00	0.00	4.36	218	2.80	NO ARM.	NO ARM.	0.12
104.93	0.00	0.00	3.39	219	2.98	NO ARM.	NO ARM.	0.10
164.78	8.46	0.00	0.00	220	4.68	0.24	NO ARM.	NO ARM.
206.40	16.36	0.00	0.00	221	5.86	0.46	NO ARM.	NO ARM.
232.34	21.18	0.00	0.00	222	6.60	0.60	NO ARM.	NO ARM.
244.16	23.27	0.00	0.00	223	6.93	0.66	NO ARM.	NO ARM.
242.88	23.03	0.00	0.00	224	6.90	0.65	NO ARM.	NO ARM.
228.68	20.47	0.00	0.00	225	6.49	0.58	NO ARM.	NO ARM.
200.85	15.27	0.00	0.00	226	5.70	0.43	NO ARM.	NO ARM.
158.19	7.17	0.00	0.00	227	4.49	0.20	NO ARM.	NO ARM.
98.50	0.00	0.00	4.65	228	2.80	NO ARM.	NO ARM.	0.13

Forze membranali di progetto				N° ELEMENTO SHELL	Armature minime necessarie			
Layer superiore		Layer inferiore			Layer superiore		Layer inferiore	
$n_{Ed,x,sup}$	$n_{Ed,y,sup}$	$n_{Ed,x,inf}$	$n_{Ed,y,inf}$		$A_{s,x,sup}$	$A_{s,y,sup}$	$A_{s,x,inf}$	$A_{s,y,inf}$
[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]
105.10	0.00	0.00	3.83	229	2.98	NO ARM.	NO ARM.	0.11
165.25	8.13	0.00	0.00	230	4.69	0.23	NO ARM.	NO ARM.
206.81	15.47	0.00	0.00	231	5.87	0.44	NO ARM.	NO ARM.
232.62	19.73	0.00	0.00	232	6.61	0.56	NO ARM.	NO ARM.
244.23	21.36	0.00	0.00	233	6.93	0.61	NO ARM.	NO ARM.
242.98	21.16	0.00	0.00	234	6.90	0.60	NO ARM.	NO ARM.
228.98	19.07	0.00	0.00	235	6.50	0.54	NO ARM.	NO ARM.
201.27	14.45	0.00	0.00	236	5.72	0.41	NO ARM.	NO ARM.
158.67	6.89	0.00	0.00	237	4.51	0.20	NO ARM.	NO ARM.
98.63	0.00	0.00	5.05	238	2.80	NO ARM.	NO ARM.	0.14
105.86	0.00	0.00	4.02	239	3.01	NO ARM.	NO ARM.	0.11
166.38	8.25	0.00	0.00	240	4.72	0.23	NO ARM.	NO ARM.
207.95	14.45	0.00	0.00	241	5.90	0.41	NO ARM.	NO ARM.
233.56	17.55	0.00	0.00	242	6.63	0.50	NO ARM.	NO ARM.
244.72	18.24	0.00	0.00	243	6.95	0.52	NO ARM.	NO ARM.
243.53	18.14	0.00	0.00	244	6.92	0.51	NO ARM.	NO ARM.
229.95	17.03	0.00	0.00	245	6.53	0.48	NO ARM.	NO ARM.
202.42	13.57	0.00	0.00	246	5.75	0.39	NO ARM.	NO ARM.
159.78	7.13	0.00	0.00	247	4.54	0.20	NO ARM.	NO ARM.
99.16	0.00	0.00	5.14	248	2.82	NO ARM.	NO ARM.	0.15
108.87	1.50	0.00	3.42	249	3.09	0.04	NO ARM.	0.10
169.05	9.65	0.00	0.00	250	4.80	0.27	NO ARM.	NO ARM.
210.70	13.51	0.00	0.00	251	5.98	0.38	NO ARM.	NO ARM.
235.84	14.48	0.00	0.00	252	6.70	0.41	NO ARM.	NO ARM.
246.15	13.53	0.00	0.00	253	6.99	0.38	NO ARM.	NO ARM.
245.09	13.62	0.00	0.00	254	6.96	0.39	NO ARM.	NO ARM.
232.31	14.23	0.00	0.00	255	6.60	0.40	NO ARM.	NO ARM.
205.17	12.92	0.00	0.00	256	5.83	0.37	NO ARM.	NO ARM.
162.38	8.78	0.00	0.00	257	4.61	0.25	NO ARM.	NO ARM.
102.30	0.48	0.00	4.31	258	2.90	0.01	NO ARM.	0.12
113.94	9.49	0.00	2.31	259	3.24	0.27	NO ARM.	0.07
175.11	12.83	0.00	0.00	260	4.97	0.36	NO ARM.	NO ARM.
216.36	12.39	0.00	0.00	261	6.14	0.35	NO ARM.	NO ARM.
240.37	10.02	0.00	0.00	262	6.83	0.28	NO ARM.	NO ARM.
249.18	6.63	0.00	0.00	263	7.08	0.19	NO ARM.	NO ARM.
248.37	7.09	0.00	0.00	264	7.05	0.20	NO ARM.	NO ARM.
236.98	10.27	0.00	0.00	265	6.73	0.29	NO ARM.	NO ARM.
210.83	12.34	0.00	0.00	266	5.99	0.35	NO ARM.	NO ARM.
168.28	12.45	0.00	0.00	267	4.78	0.35	NO ARM.	NO ARM.
107.10	8.81	0.00	2.70	268	3.04	0.25	NO ARM.	0.08

Forze membranali di progetto				N° ELEMENTO SHELL	Armature minime necessarie			
Layer superiore		Layer inferiore			Layer superiore		Layer inferiore	
$n_{Ed,x,sup}$	$n_{Ed,y,sup}$	$n_{Ed,x,inf}$	$n_{Ed,y,inf}$		$A_{Sx,sup}$	$A_{Sy,sup}$	$A_{Sx,inf}$	$A_{Sy,inf}$
[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]
10.19	0.00	0.00	10.83	271	0.29	NO ARM.	NO ARM.	0.31
49.34	2.45	0.00	7.27	272	1.40	0.07	NO ARM.	0.21
8.95	0.00	0.00	18.14	273	0.25	NO ARM.	NO ARM.	0.52
44.64	0.00	0.00	12.46	274	1.27	NO ARM.	NO ARM.	0.35
8.83	0.00	0.00	20.97	275	0.25	NO ARM.	NO ARM.	0.60
44.14	0.00	0.00	14.73	276	1.25	NO ARM.	NO ARM.	0.42
8.75	0.00	0.00	21.81	277	0.25	NO ARM.	NO ARM.	0.62
43.97	0.00	0.00	15.28	278	1.25	NO ARM.	NO ARM.	0.43
8.69	0.00	0.00	21.86	279	0.25	NO ARM.	NO ARM.	0.62
43.87	0.00	0.00	15.19	280	1.25	NO ARM.	NO ARM.	0.43
8.67	0.00	0.00	21.75	281	0.25	NO ARM.	NO ARM.	0.62
43.83	0.00	0.00	15.02	282	1.24	NO ARM.	NO ARM.	0.43
8.67	0.00	0.00	21.75	283	0.25	NO ARM.	NO ARM.	0.62
43.83	0.00	0.00	15.02	284	1.24	NO ARM.	NO ARM.	0.43
8.69	0.00	0.00	21.86	285	0.25	NO ARM.	NO ARM.	0.62
43.87	0.00	0.00	15.19	286	1.25	NO ARM.	NO ARM.	0.43
8.75	0.00	0.00	21.81	287	0.25	NO ARM.	NO ARM.	0.62
43.97	0.00	0.00	15.28	288	1.25	NO ARM.	NO ARM.	0.43
8.83	0.00	0.00	20.97	289	0.25	NO ARM.	NO ARM.	0.60
44.14	0.00	0.00	14.73	290	1.25	NO ARM.	NO ARM.	0.42
8.95	0.00	0.00	18.14	291	0.25	NO ARM.	NO ARM.	0.52
44.64	0.00	0.00	12.46	292	1.27	NO ARM.	NO ARM.	0.35
10.19	0.00	0.00	10.83	293	0.29	NO ARM.	NO ARM.	0.31
49.34	2.45	0.00	7.27	294	1.40	0.07	NO ARM.	0.21
45.32	1.84	0.00	7.54	343	1.29	0.05	NO ARM.	0.21
40.88	0.00	0.00	13.01	344	1.16	NO ARM.	NO ARM.	0.37
40.46	0.00	0.00	15.39	345	1.15	NO ARM.	NO ARM.	0.44
40.30	0.00	0.00	15.99	346	1.14	NO ARM.	NO ARM.	0.45
40.20	0.00	0.00	15.92	347	1.14	NO ARM.	NO ARM.	0.45
40.16	0.00	0.00	15.75	348	1.14	NO ARM.	NO ARM.	0.45
40.16	0.00	0.00	15.75	349	1.14	NO ARM.	NO ARM.	0.45
40.20	0.00	0.00	15.92	350	1.14	NO ARM.	NO ARM.	0.45
40.30	0.00	0.00	15.99	351	1.14	NO ARM.	NO ARM.	0.45
40.46	0.00	0.00	15.39	352	1.15	NO ARM.	NO ARM.	0.44
40.88	0.00	0.00	13.01	353	1.16	NO ARM.	NO ARM.	0.37
45.32	1.84	0.00	7.54	354	1.29	0.05	NO ARM.	0.21
9.33	0.00	0.00	11.01	355	0.26	NO ARM.	NO ARM.	0.31
8.26	0.00	0.00	18.37	356	0.23	NO ARM.	NO ARM.	0.52
8.16	0.00	0.00	21.16	357	0.23	NO ARM.	NO ARM.	0.60
8.07	0.00	0.00	21.98	358	0.23	NO ARM.	NO ARM.	0.62
8.01	0.00	0.00	22.02	359	0.23	NO ARM.	NO ARM.	0.63
7.99	0.00	0.00	21.91	360	0.23	NO ARM.	NO ARM.	0.62
7.99	0.00	0.00	21.91	361	0.23	NO ARM.	NO ARM.	0.62
8.01	0.00	0.00	22.02	362	0.23	NO ARM.	NO ARM.	0.63
8.07	0.00	0.00	21.98	363	0.23	NO ARM.	NO ARM.	0.62
8.16	0.00	0.00	21.16	364	0.23	NO ARM.	NO ARM.	0.60
8.26	0.00	0.00	18.37	365	0.23	NO ARM.	NO ARM.	0.52
9.33	0.00	0.00	11.01	366	0.26	NO ARM.	NO ARM.	0.31

La sezione viene armata superiormente con 5 ϕ 22/m in entrambe le direzioni per un'area di 19.01 cm²/m. Essendo maggiore dell'armatura minima richiesta la verifica risulta soddisfatta con un tasso di lavoro massimo riportato in Tabella 5.

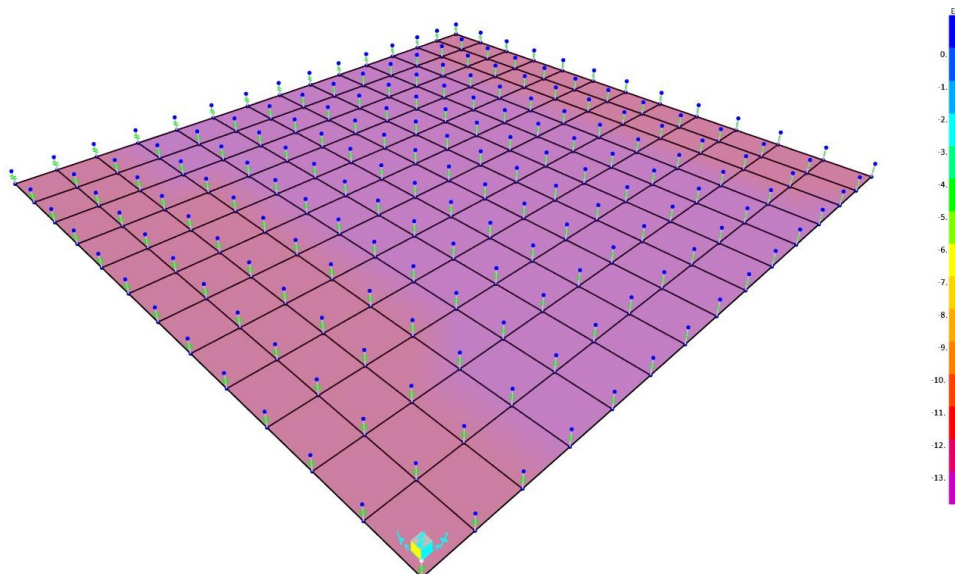
TABELLA 5: RIEPILOGO VERIFICA ARMATURA

Riepilogo della verifica			
Layer superiore		Layer inferiore	
$\sigma_{x,sup} / f_{yd}$	$\sigma_{y,sup} / f_{yd}$	$\sigma_{x,inf} / f_{yd}$	$\sigma_{y,inf} / f_{yd}$
✓ 0.37	✓ 0.04	✓ 0.00	✓ 0.03
Numero Elementi analizzati			168
Area x superiore	7.08	[cm ² /m]	
Area y superiore	0.69	[cm ² /m]	
Area x inferiore	0.00	[cm ² /m]	
Area y inferiore	0.63	[cm ² /m]	

10.7 SPOSTAMENTI VERTICALI ATTESI

Dai risultati di calcolo, la piastra di fondazione subisce un abbassamento sotto carico di circa 1,4 cm nella parte centrale dell'elemento, mentre nelle zone laterali lo spostamento è inferiore a 1 cm. Gli spostamenti calcolati possono ritenersi accettabili per la verifica a deformazione.

FIGURA 35: CEDIMENTI VERTICALI – SAP2000

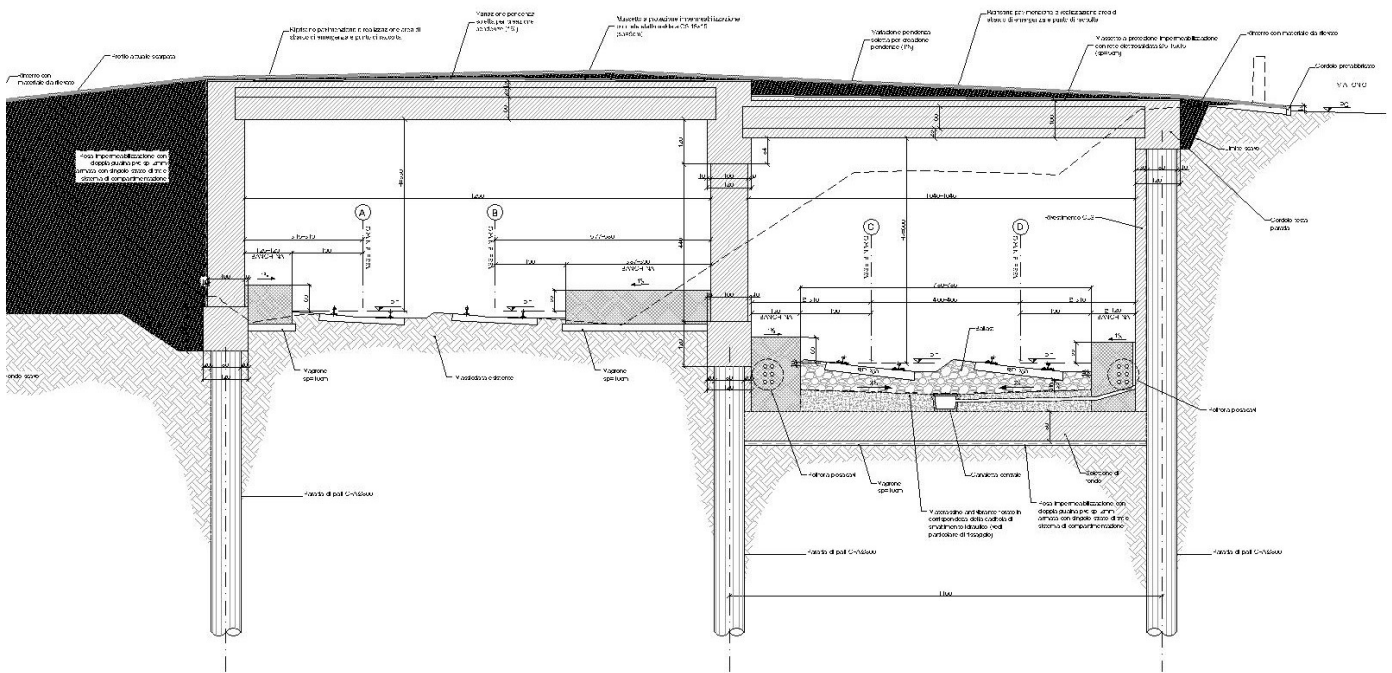


11. PARATIA DI SOSTEGNO

11.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA DI SOSTEGNO

La paratia di sostegno del tratto in galleria artificiale GA01 si sviluppa per circa 33.6 m con una altezza del fondo scavo di circa 9.20 m ed è costituita da pali CFA Ø800 mm accostati (interasse $i = 0.80$ m) di lunghezza variabile pari a 21 m e collegati in testa da una trave di coronamento in c.a. avente dimensioni 1.30x1.20 m.

FIGURA 36 SEZIONE TIPO DELLA PARATIA



Successivamente allo scavo di sbancamento si realizza il manufatto di raccolta delle acque, la sovrastruttura ferroviaria ed il rivestimento della paratia in cls di spessore pari a 30 cm, per cui il tratto sveltante a opera ultimata è pari a circa 6.40 m dalla sommità paratia.

Il calcolo della paratia è stato condotto applicando in sommità opera e a fondo scavo dei vincoli (elastico per la soletta superiore e fisso per il solettone di fondo) che simulino la presenza dell'impalcato e della fondazione che fungono quindi da puntoni nelle analisi di calcolo.

Nello specifico, la realizzazione dell'opera segue le seguenti fasi costruttive:

- sbancamento superficiale

- realizzazione paratia di pali
- scavo fino a -1.5 m testa paratia
- realizzazione soletta superiore (impalcato) con solidarizzazione nodi paratia-impalcato
- scavo fino a quota finale a circa -9.2 m dal p.c.
- realizzazione del solettone di fondazione
- completamento della canna (realizzazione sede ferroviaria, etc.)

11.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Il progetto e la verifica della paratia richiede la verifica dei seguenti stati limite:

1. SLU di tipo geotecnico (GEO):
 - a. collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera (moto rigido);
2. SLU di tipo strutturale (STR):
 - b. raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

Tutte le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1 considerando le due combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R1)

Nella seguente tabella si riportano i coefficienti parziali indicati dalla normativa (moltiplicativi per le azioni e riduttivi per i parametri di resistenza del terreno).

Combinazioni per analisi statiche SLU							
	Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)		
	<i>Permanenti</i>		<i>Variabili</i>				
	Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli	$\tan \varphi'$	c'	c_u
A1 + M1	1.30	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00
A2 + M2	1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40

I coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche relativamente ad ogni singolo SLU precedentemente analizzato sono di seguito indicati:

Coefficients parziali per le verifiche di paratie			
Verifica	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia	$\gamma_R=1.0$	-	-
Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera	$\gamma_R=1.0$	-	-

Essendo la paratia in oggetto un'opera definitiva, essa viene verificata anche nei confronti degli effetti provocati dal sisma. L'analisi sismica viene effettuata secondo le seguenti combinazioni:

- **Combinazione 1 con coefficienti parziali M1 sui parametri e coefficienti unitari sulle azioni;**
- **Combinazione 2 con coefficienti parziali M2 sui parametri e coefficienti unitari sulle azioni.**

In condizioni sismiche valgono gli stessi coefficienti parziali γ_R del caso statico riportati nella precedente tabella.

11.2.1 Combinazioni di carico agli Stati limite ultimi - SLU

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto dell'azione:

$$E_d = \gamma_E \cdot E[F_k; X_k / \gamma_M; a_d]$$

e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnica:

$$R_d = 1 / \gamma_R \cdot R[\gamma_F \cdot F_k; X_k / \gamma_M; a_d]$$

Effetto delle azioni e della resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $E_d = E_k \cdot \gamma_E$, dei parametri di progetto X_k / γ_M e della geometria di progetto. Nella formulazione della resistenza compare esplicitamente il coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza.

11.2.2 Combinazioni di carico agli Stati limite di esercizio - SLE

Le opere ed i sistemi geotecnici devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. Per ciascuno stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Nello specifico le analisi dovranno valutare gli spostamenti dell'opera per consentire di verificarne la compatibilità con la funzionalità attesa per l'opera stessa.

Nelle seguenti tabelle si riportano i coefficienti parziali indicati dalla normativa.

Combinazioni per analisi statiche SLE						
Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)		
<u>Permanenti</u>		<u>Variabili</u>				
Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli	$\tan \varphi'$	c'	c_u
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

11.3 CRITERI DI VERIFICA DELLA PARATIA

11.3.1 Verifiche geotecniche

Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera

La verifica all'equilibrio globale alla rotazione viene implicitamente soddisfatta mediante l'analisi di interazione terreno struttura, condotta mediante il programma di calcolo Paratie Plus 2018 ver. 18.1 della CEAS S.r.l. di cui si dirà più avanti, che nell'analizzare il sistema di sollecitazioni e deformazioni verifica tutte le condizioni di equilibrio del sistema.

	NODO DI TORINO COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO PORTA NUOVA												
RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NT0P</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>GA 01 00 001</td> <td>A</td> <td>118 di 133</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	118 di 133
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	118 di 133								

Interazione terreno-struttura

Come già anticipato l'analisi della struttura nelle successive fasi di realizzazione è stata sviluppata mediante il programma Paratie Plus 2018 ver. 18.1 della CEAS S.r.l., che utilizza per il terreno un modello elasto-plastico e consente di seguire l'evoluzione di sforzi e deformazioni durante le successive fasi di scavo, posa e messa in tiro degli eventuali ancoraggi, applicazione delle azioni sismiche.

In tale codice la schematizzazione dell'interazione tra paratia e terreno avviene considerando:

- la paratia come una serie di elementi il cui comportamento è caratterizzato dalla rigidità flessionale EJ;
- il terreno come una serie di molle di tipo elasto-plastico connesse ai nodi della paratia.

Questo modello numerico consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle configurazioni di carico, delle fasi esecutive e di esercizio.

Nel caso in esame, in una generica fase di calcolo dell'analisi di interazione tra paratia e terreno, la soluzione dipende dal percorso tenso-deformativo seguito dagli elementi schematizzanti il terreno nelle fasi precedenti; dalle variazioni di spinta o reazione del terreno indotte dalla progressione degli scavi, dall'inserimento di tiranti, dalle variazioni delle condizioni idrostatiche e di sovraccarico, etc.

La realizzazione dello scavo sostenuto da una paratia, nel caso in esame tirantata, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elasto-plastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe, 1996).

La legge costitutiva, rappresentativa del comportamento elasto-plastico del terreno, è identificata dai parametri di spinta e di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta del terreno sono:

- il coefficiente di spinta a riposo K_0 , corrispondente alla condizione iniziale indeformata, calcolato mediante l'espressione $K_0 = 1 - \sin \varphi'$;
- i coefficienti di spinta attiva K_a e passiva K_p , corrispondenti alle condizioni di equilibrio limite attivo e passivo, calcolati rispettivamente mediante le espressioni di Coulomb, Caquot e Kerisel, tenendo conto di un angolo di attrito tra terreno e paratia pari a $1/3 \div 2/3$ dell'angolo di attrito del terreno stesso.

	<p>NODO DI TORINO</p> <p>COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO PORTA NUOVA</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NT0P</td> <td>00</td> <td>D 26 CL</td> <td>GA 01 00 001</td> <td>A</td> <td>119 di 133</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	119 di 133
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	119 di 133								

- i parametri di deformabilità del terreno, che compaiono nella definizione della rigidità delle molle, sono assegnati sulla base dei valori di modulo di Young (E) dei vari strati, tenendo conto della diversa rigidità in fase di carico vergine oppure di scarico e ricarico. In particolare, il modulo di ricarico è assunto pari al doppio del modulo vergine.

Le componenti di sforzo verticale ed orizzontale vengono intese come sforzi principali. Viene introdotta una funzione di plasticità dipendente da esse, che definisce i confini di una regione entro la quale è determinato lo stato tensionale. A seconda dello stato in cui l'elemento si trova, questo reagisce con differenti caratteristiche di rigidità. Sono possibili tre situazioni:

- Fase elastica: l'elemento si comporta elasticamente; questa fase corrisponde ad una porzione di terreno in fase di scarico-ricarico, sollecitato a livelli di sforzo al di sotto dei massimi livelli precedentemente sperimentati e viene identificata con la sigla UL-RL (Unloading-Reloading).
- Fase incrudente: l'elemento viene sollecitato a livelli di tensione mai prima sperimentati; la fase incrudente è identificata dalla sigla V - C (Virgin Compression).
- Collasso: il terreno è sottoposto ad uno stato di sollecitazione coincidente con i limiti minimo o massimo dettati dalla resistenza del materiale; questa fase corrisponde a quelle che solitamente vengono chiamate condizioni di spinta attiva o passiva; il collasso viene identificato attraverso la parola Active o Passive.

Nel caso di applicazione di un tirante, lo step di installazione dello stesso viene preceduto da una fase nella quale lo scavo è approfondito appena al di sotto della quota di inserimento dell'ancoraggio. In questo modo il vero processo realizzativo è simulato in modo abbastanza fedele.

11.3.2 Verifiche strutturali

Il presente capitolo illustra nel dettaglio i criteri generali di verifica adottati per le verifiche strutturali condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione ed a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio per la fessurazione.

Verifica agli stati limite ultimi per pressoflessione e taglio

Le verifiche a pressoflessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di sicurezza (FS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente.

Le verifiche flessionali allo SLU sono eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;

- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura sono state dedotte a partire dalle deformazioni utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione. Per quanto attiene la legge σ - ϵ del calcestruzzo si è utilizzata una curva parabola-rettangolo, considerando solo la porzione compressa e con $\epsilon_{c2}=0,2\%$ ed $\epsilon_{cu}=0,35\%$.

Per quanto riguarda l'acciaio si è assunto un diagramma bilineare elastico-perfettamente plastico.

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1992-1-1:2005, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$V_{Rd,c} = \max \left\{ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$, resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \vartheta$, valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \vartheta + \tan \vartheta}$, valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$ con d in mm
- $\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$
- A_{sl} è l'area dell'armatura tesa
- b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa

- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 \cdot f_{cd}$
- N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi
- A_c è l'area della sezione di calcestruzzo
- $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$
- $k_1 = 0,15$
- $v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$
- $v = 0,5$ per calcestruzzi fino a C70/85
- $1 \leq \cot \theta \leq 2,5$
- A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio
- s è il passo delle staffe
- f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio
- $\nu_1 = \nu$ è il coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio
- α_{cw} è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

Verifica agli stati limite di esercizio

Per lo stato limite di fessurazione, in conseguenza alla classe di esposizione per gli elementi posti controterra, occorre verificare che l'ampiezza delle fessure w_k sia al di sotto del valore limite fissato pari a 0.2 mm per gli elementi con armature lente.

11.4 ANALISI DEI CARICHI DELLA PARATIA

Nel seguito si riassumono le condizioni di carico considerate nell'analisi di verifica delle strutture.

11.4.1 Peso proprio della paratia

Il peso proprio per questo tipo di struttura può essere trascurato sia agli effetti delle azioni statiche che, come precisato dalla normativa vigente, ai fini della valutazione delle forze di inerzia sismiche.

11.4.2 Spinta delle terre

La spinta delle terre viene determinata con la seguente espressione:

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_a - 2 c' \sqrt{K_a}$$

$\sigma'_v(z)$ = tensione verticale efficace alla generica quota z;

K_a = coefficiente di spinta attiva;

q = eventuale sovraccarico uniformemente distribuito.

Per il calcolo di K_a si utilizza la formula di Mueller-Breslau (1924), valida per superfici di rottura piane, e generalizzata per tener conto delle condizioni sismiche in base alla teoria di Mononobe ed Okabe riportata di seguito:

per $\beta \leq \Phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\phi + \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\phi + \theta - \delta) \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

per $\beta \geq \Phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\phi + \theta - \delta)}$$

in cui:

ϕ = angolo di resistenza al taglio del terreno

β = inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale (positivo per terreno che sale allontanandosi dal muro)

ψ = inclinazione della paratia rispetto all'orizzontale (>90° per parete inclinata verso valle)

δ = angolo di attrito muro terreno

	NODO DI TORINO COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO PORTA NUOVA					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NT0P	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A

θ = angolo dipendente dalla accelerazione sismica e definito dalle seguenti espressioni:

$$\theta = \text{tg}^{-1} (k_h / (1 \pm k_v))$$

essendo k_h e k_v rispettivamente i coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale (si veda il successivo par. 11.4.5).

La spinta attiva risultante P_a risulta inclinata dell'angolo δ sull'orizzontale. Pertanto il valore della spinta orizzontale P_{AH} è pari a:

$$P_{AH} = P_a \cdot \cos \delta$$

mentre la componente verticale P_{AV} risulta:

$$P_{AV} = P_a \cdot \sin \delta$$

Le componenti della spinta sono costituite in generale da due aliquote, l'una dovuta al peso proprio del terreno l'altra dovuta al sovraccarico, che avranno distribuzione diversa lungo l'altezza dell'opera: la prima di tipo triangolare l'altra di tipo rettangolare, se carico distribuito uniforme (permanente o accidentale che sia), o differente per aree di carico diverso (nastriforme, ...). Le diverse aliquote saranno considerate distintamente in fase di combinazione dei carichi a seconda che si tratti di azioni permanenti, strutturali o non strutturali, o variabili.

La spinta passiva viene valutata, ipotizzando la eventuale presenza della coesione, come:

$$p_p = \sigma'_v K_p + 2\sqrt{K_p} c'$$

Il coefficiente di spinta passiva K_p è stato valutato utilizzando le tabelle di Caquot e Kerisel, che fanno riferimento a superfici di rottura non piane.

Anche in questo caso la spinta agisce secondo una direzione inclinata di δ rispetto alla perpendicolare al paramento.

La spinta delle terre, sia quella dovuta al peso proprio che ai sovraccarichi accidentali, viene valutata con riferimento alla stratigrafia ed ai valori di progetto dei parametri geotecnici, peso di volume, angolo di attrito, coesione, attrito paratia-terreno, e dei sovraccarichi accidentali ottenuti abbattendo/amplificando i valori caratteristici mediante i coefficienti riduttivi o amplificativi specifici del tipo di verifica condotta, secondo i criteri riportati nel capitolo 6.

Per tener conto nella valutazione della spinta la presenza del pendio a monte dell'opera, nel software "Paratie" è stato inserito l'andamento del pendio stesso ed il software ha provveduto al calcolo della spinta ricercando iterativamente il cuneo di spinta attiva che massimizza la spinta tramite il Metodo dei cunei.

11.4.3 Spinta dell'acqua

La presenza della falda è stata così considerata nel codice di calcolo:

	NODO DI TORINO COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO PORTA NUOVA					
RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NT0P	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 124 di 133

- in fase provvisoria di scavo, essendo la paratia opera di sostegno permeabile e tenendo anche in considerazione la presenza del sistema di drenaggio, si abbatta la quota della falda al fondo scavo sia a monte che valle dell'opera;
- viene poi prevista una fase di calcolo finale con falda posta ad una quota intermedia fra fondo scavo ed il livello indisturbato a monte. In questo modo si simula la possibilità che nel lungo termine i dreni si possano intasare data la prevalente natura fine dei terreni interagenti con l'opera di sostegno.

11.4.4 Sovraccarico stradale

Per le opere interferenti con la viabilità si terrà conto di un sovraccarico accidentale uniforme dovuto al traffico stradale pari a 20 kPa, che dà luogo ad un incremento di spinta attiva dovuta al solo peso proprio del terreno secondo quanto indicato nel paragrafo 11.4.2.

11.4.5 Azione sismica

L'azione sismica è stata calcolata come differenza fra la spinta calcolata sulla parte fuori terra della paratia con riferimento ai coefficienti di spinta attiva in presenza di sisma ed i corrispondenti coefficienti di spinta attiva in condizioni statiche.

L'incremento di spinta dovuto al sisma (inteso come differenza fra la spinta totale in condizioni sismiche e la spinta pre-agente in condizioni statiche) viene applicato a metà dell'altezza fuori terra della paratia.

Il calcolo del coefficiente di spinta in condizioni sismiche viene effettuato come già indicato nel precedente paragrafo.

Il coefficiente di accelerazione sismica k_h viene valutato come:

$$k_h = \alpha \beta a_{max}/g$$

dove:

a_{max} = accelerazione massima attesa al sito in considerazione

g = accelerazione di gravità

α = coefficiente di deformabilità funzione dell'altezza complessiva H della paratia e della categoria di sottosuolo, si desume dal grafico della Figura 37 (figura 7.11.2 della normativa vigente qui di seguito riprodotto)

β = coefficiente funzione dello spostamento massimo u_s tollerabile dall'opera e viene desunto dal grafico della Figura 38 (figura 7.11.3 della normativa vigente riprodotto qui di seguito)

FIGURA 37 DIAGRAMMA PER LA VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFORMABILITÀ α

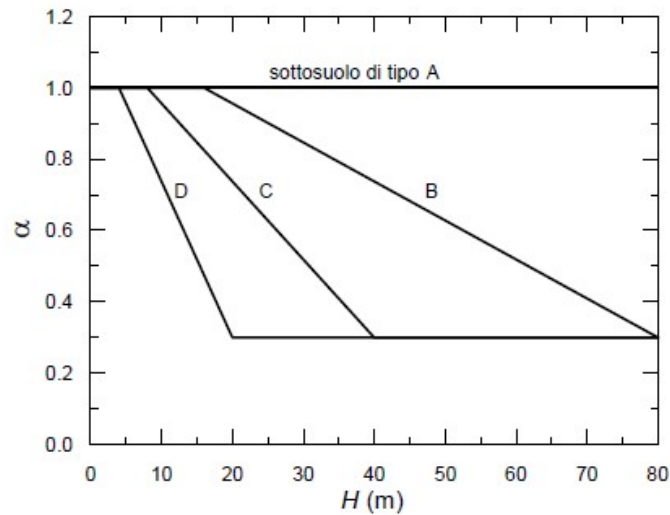
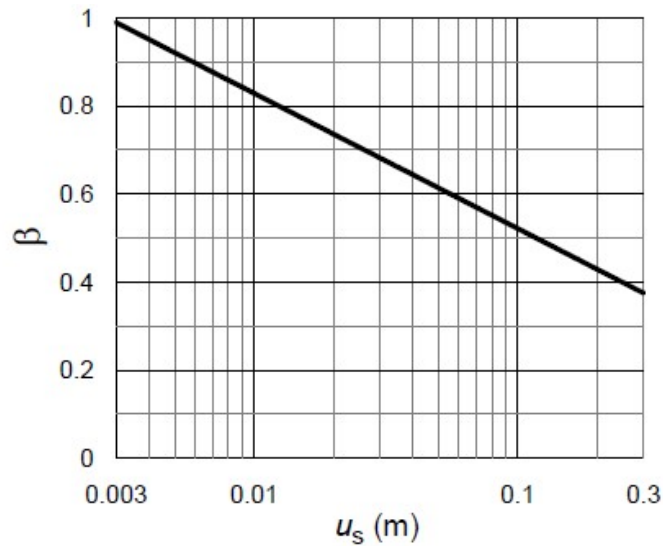


FIGURA 38 DIAGRAMMA PER LA VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SPOSTAMENTO β



Ai fini della valutazione di β lo spostamento deve comunque assumersi $u_s \leq 0.005 H$. Inoltre deve sempre risultare il prodotto $\alpha \beta > 0.2$ altrimenti deve assumersi $k_n = 0.20 a_{max}/g$.

L'accelerazione massima è stata valutata come:

$$a_{max} = a_g \cdot S_S \cdot S_T$$

in cui:

- a_g = accelerazione massima attesa al sito di riferimento sul substrato rigido
- S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica
- S_T = coefficiente di amplificazione topografica

Come previsto dalla normativa si è posto $k_v = 0$ e si sono trascurate le forze inerziali agenti sulla struttura della paratia.

11.5 ANALISI DI CALCOLO

11.5.1 Modello di calcolo

Il calcolo della paratia della galleria GA01 è stato condotto per tutte le casistiche che si presentano lungo il suo sviluppo in cui la massima altezza di scavo risulta pressoché costante pari a 9.20 m.

In sede di calcolo è stata assunta cautelativamente una altezza di scavo di 9.5 m con una paratia di altezza complessiva pari a 21 m.

La modellazione della paratia è stata condotta considerando la seguente sequenza:

- condizione geostatica;
- realizzazione paratia ed applicazione del sovraccarico stradale a monte (traffico su via Jonio aperto)
- scavo a -1.50 m, applicazione del vincolo elastico in testa paratia (simula la presenza dell'impalcato);
- ripristini superficiale con rinterro a tergo opera (applicazione del sovraccarico permanente a monte);
- scavo a -9.50 m, applicazione del vincolo fisso a simulare la realizzazione del solettone di fondazione;
- applicazione del sisma.

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica sia della fase di fondo scavo della paratia che della fase finale:

FIGURA 39 FASE DI MASSIMO SCAVO

Terrano	c [kPa]	φ [°]
Strato A Sabbia / Ghiaia	0	33
Strato B Sabbia / Ghiaia	0	38
Strato C Sabbia / Ghiaia	0	38

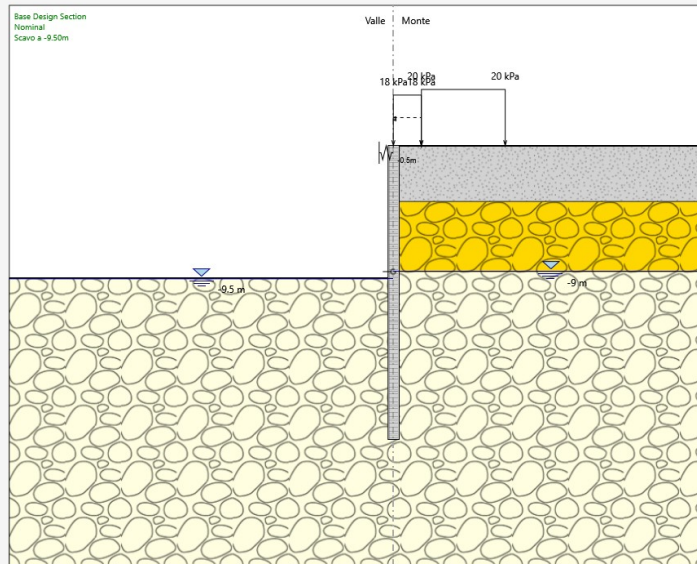
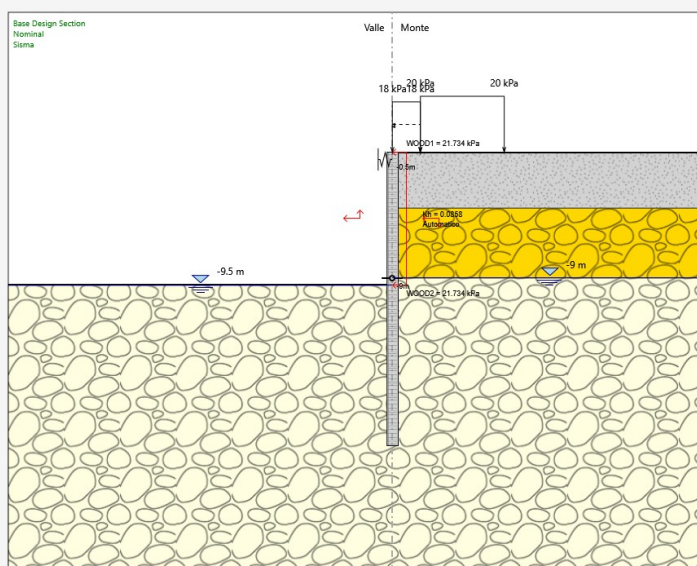


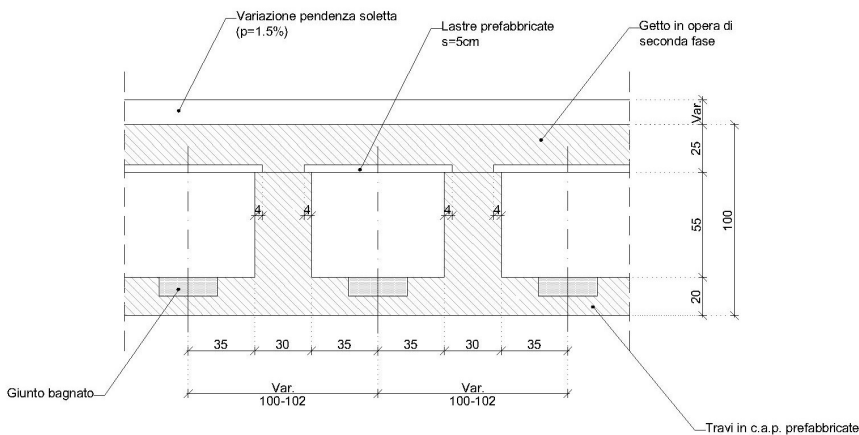
FIGURA 40 FASE FINALE (SISMA)

Terrano	c [kPa]	φ [°]
Strato A Sabbia / Ghiaia	0	33
Strato B Sabbia / Ghiaia	0	38
Strato C Sabbia / Ghiaia	0	38



Per tener conto della realizzazione dell'impalcato in testa alla paratia è stato applicato un vincolo elastico (molla) la cui rigidità kt è stata determinata dalla rigidità assiale della soletta di copertura:

FIGURA 41 SEZIONE IMPALCATO



L'impalcato consta di una trave a doppio T di lunghezza e altezza pari a 1 m, spessore dell'anima pari a 30 cm e spessore delle ali pari a 20 cm e 25 cm rispettivamente per inferiori e superiori. La rigidità assiale di tale sezione è pari a $kt = 1.710 \times 10^6$ kN/m.

11.5.2 Risultati delle analisi

Si riporta un tabulato delle risultanze di calcolo per ciascuna combinazione previste da normativa.

In calce alla presente relazione si allega il tabulato di calcolo della paratia in cui si riportano in dettaglio tutte le risultanze delle analisi e delle verifiche.

TABULATO DI SINTESI DELLE COMBINAZIONI

Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>

Parete <Right wall>

Min. spostamento laterale [mm]	-11.96	Z = -7.25 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)
(Scavo a -9.50m)			
Max. spostamento laterale [mm]	0.69	Z = 0 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -9.50m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.37		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Sisma)

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	129 di 133

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.12 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Geostatico)

Risultati Elementi parete (Beam)

Paratia Max. momento (assoluto) [kNm/m] 464.43 Z = -6.5 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -9.50m)

Max. taglio [kN/m] 151.63 Z = -11 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -9.50m)

Caver: max. sfruttamento a flessione 0 Z = -21 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Sisma)

Caver: max. sfruttamento a taglio 0 Z = -21 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Sisma)

Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0.518 Z = -6.5 m D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -9.50m)

Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Impalcato Max. forza (ass.) [kN/m] 133.01 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -9.50m)

Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Sisma)

Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)

FixedSupport Max. forza (ass.) [kN/m] 0.02 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Sisma)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>
Parete <Right wall>

Min. spostamento laterale [mm] -12.1 Z = -7.25 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Max. spostamento laterale [mm] 0.7 Z = 0 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.37 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.12 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Geostatico)

Risultati Elementi parete (Beam)

Paratia Max. momento (assoluto) [kNm/m] 610.29 Z = -6.5 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Max. taglio [kN/m] 198.73 Z = -11 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Caver: max. sfruttamento a flessione 0.707 Z = -6.5 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Caver: max. sfruttamento a taglio 0.773 Z = -11 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -21 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Impalcato Max. forza (ass.) [kN/m] 174.48 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)

FixedSupport Max. forza (ass.) [kN/m] 0 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Sisma)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Parete <Right wall>

Min. spostamento laterale [mm] -23.22 Z = -8 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
 Max. spostamento laterale [mm] 1.59 Z = 0 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
 Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.54 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Sisma)
 Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.15 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Geostatico)

Risultati Elementi parete (Beam)

Paratia Max. momento (assoluto) [kNm/m] 767.81 Z = -7.25 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
 Max. taglio [kN/m] 201.28 Z = -11.75 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
 Caver: max. sfruttamento a flessione 0.89 Z = -7.25 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
 Caver: max. sfruttamento a taglio 0.783 Z = -11.75 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
 Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -21 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Sisma)

Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Impalcato Max. forza (ass.) [kN/m] 196.59 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
 Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Sisma)

Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)

FixedSupport Max. forza (ass.) [kN/m] 0 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Sisma)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SISMICA STR>

Parete <Right wall>

Min. spostamento laterale [mm] -12.18 Z = -7 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)
 Max. spostamento laterale [mm] 0.78 Z = 0 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)
 Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.43 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)
 Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.12 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Geostatico)

Risultati Elementi parete (Beam)

Paratia Max. momento (assoluto) [kNm/m] 496.15 Z = -5.75 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)
 Max. taglio [kN/m] 185.82 Z = -0.75 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)
 Caver: max. sfruttamento a flessione 0.575 Z = -5.75 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)
 Caver: max. sfruttamento a taglio 0.723 Z = -0.75 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)
 Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -21 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)

Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Impalcato Max. forza (ass.) [kN/m] 206.09 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)

Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)

FixedSupport Max. forza (ass.) [kN/m] 180.88 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Sisma)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SISMICA GEO>

Parete <Right wall>

Min. spostamento laterale [mm] -12.18 Z = -7 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)
Max. spostamento laterale [mm] 0.78 Z = 0 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.43 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.12 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Geostatico)

Risultati Elementi parete (Beam)

Paratia Max. momento (assoluto) [kNm/m] 496.15 Z = -5.75 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)
Max. taglio [kN/m] 185.82 Z = -0.75 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)
Caver: max. sfruttamento a flessione 0.575 Z = -5.75 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)
Caver: max. sfruttamento a taglio 0.723 Z = -0.75 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)
Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -21 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)

Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Impalcato Max. forza (ass.) [kN/m] 206.09 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)

Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)

FixedSupport Max. forza (ass.) [kN/m] 180.88 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)

Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive

Parete <Right wall>

Min. spostamento laterale [mm] -23.22 Z = -8 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
Max. spostamento laterale [mm] 1.59 Z = 0 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.54 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Sisma)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.15 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Geostatico)

Risultati Elementi parete (Beam)

Paratia Max. momento (assoluto) [kNm/m] 767.81 Z = -7.25 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
Max. taglio [kN/m] 201.28 Z = -11.75 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)
Caver: max. sfruttamento a flessione 0.89 Z = -7.25 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)

**NODO DI TORINO****COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSÀ - TORINO PORTA NUOVA****RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	132 di 133

Caver: max. sfruttamento a taglio 0.783 Z = -11.75 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Scavo a -9.50m)

Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0.518 Z = -6.5 m D.A. NTC2018: SLE

(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Scavo a -9.50m)

Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)

Impalcato Max. forza (ass.) [kN/m] 206.09 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)

Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)

Risultati elementi mono-dimensionali (Fixed Support)

FixedSupport Max. forza (ass.) [kN/m] 180.88 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Sisma)



NODO DI TORINO

**COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA –
TORINO PORTA NUOVA**

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0P	00	D 26 CL	GA 01 00 001	A	133 di 133

ALLEGATO

Tabulato di calcolo della paratia GA01



Report di Calcolo

Descrizione Progetto

CALCOLO PARATIA DI PALI - GA01

Descrizione del Software

ParatiePlus è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -4 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -9 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c_v	ϕ_p	c'	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Avexp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur		
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	°	°	kPa	kPa			kPa	kPa			kPa			kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	
1	Strato A	19	19	33				0	Constant		15000	30000											
2	Strato B	20	20	38				0	Constant		70000	140000											
3	Strato C	20	20	38				0	Constant		70000	140000											

Descrizione Pareti

X : 7.5 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -21 m

Muro di destra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 21 m

Materiale :

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 12

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.087 m

Staffe 1

Numero di staffe : 1

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.014 m

Lunghezza : 21 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.15 m

Sezione : Paratia Palo D800

Area equivalente : 0.628318530717959 m

Inerzia equivalente : 0.0251 m⁴/m

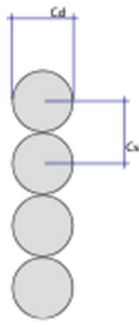
Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.8 m

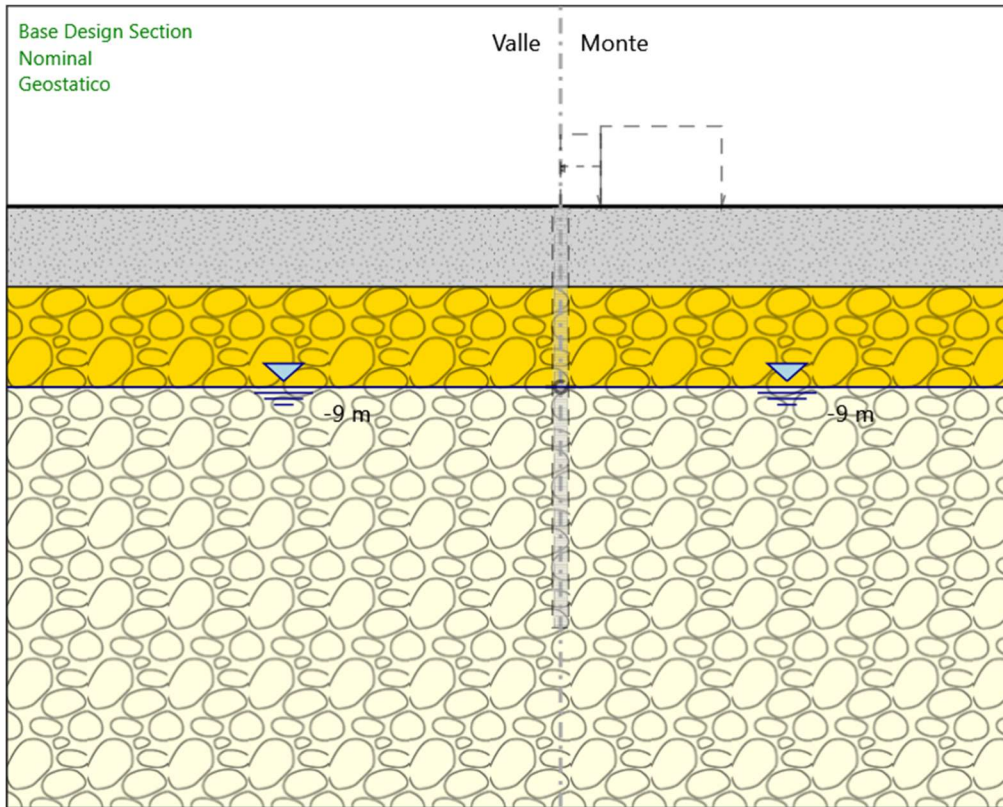
Diametro : 0.8 m

Efficacia : 1



Fasi di Calcolo

Geostatico



Geostatico

Scavo

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9 m

Falda di destra : -9 m

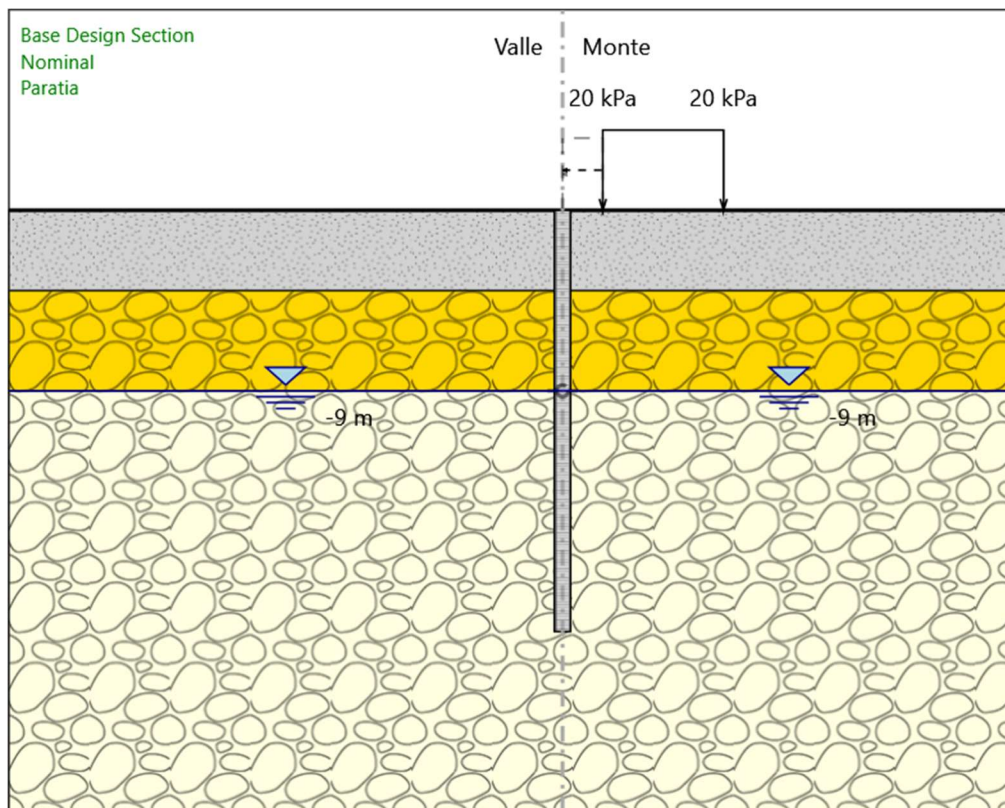
Elementi strutturali

Paratia : Paratia

ParatiePlus 2018 [v: 18.1.0]

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -18 m
Sezione : Diaframma 2.40x1.00m

Paratia



Paratia

Scavo

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9 m

Falda di destra : -9 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Sovraccarico stradale

X iniziale : 9.5 m

X finale : 15.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18 m

Sezione : Diaframma 2.40x1.00m

Paratia : Paratia

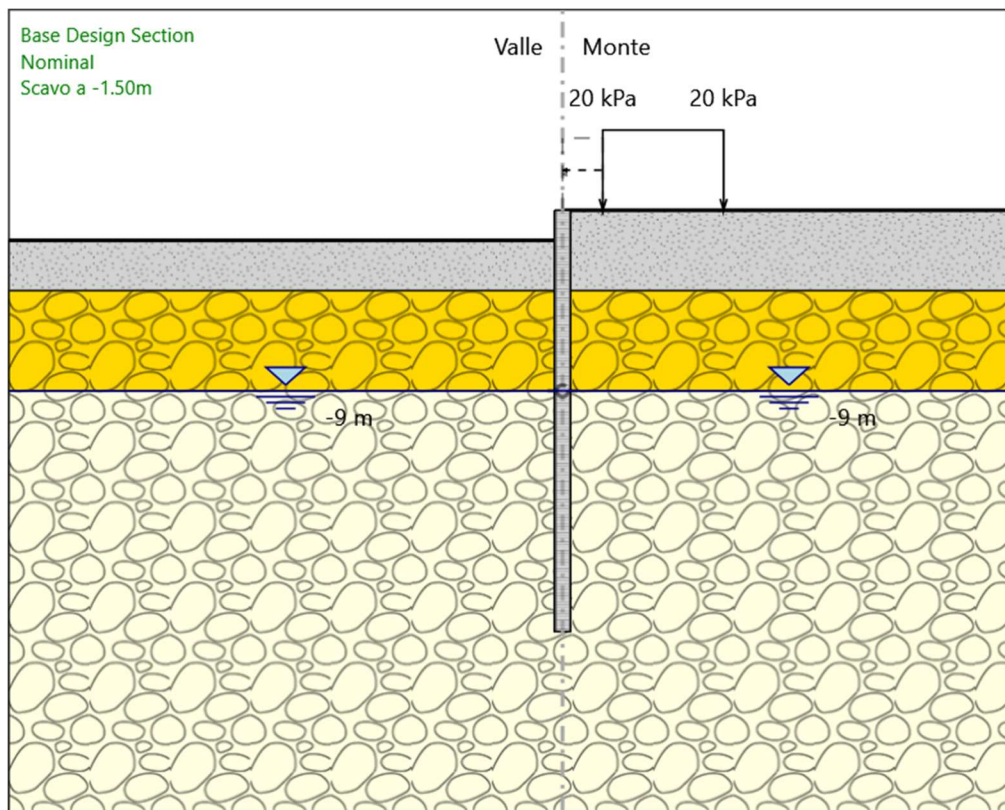
X : 7.5 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -21 m

Sezione : Paratia Palo D800

Scavo a -1.50m



Scavo a -1.50m

Scavo

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-1.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9 m

Falda di destra : -9 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Sovraccarico stradale

X iniziale : 9.5 m

X finale : 15.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18 m

Sezione : Diaframma 2.40x1.00m

Paratia : Paratia

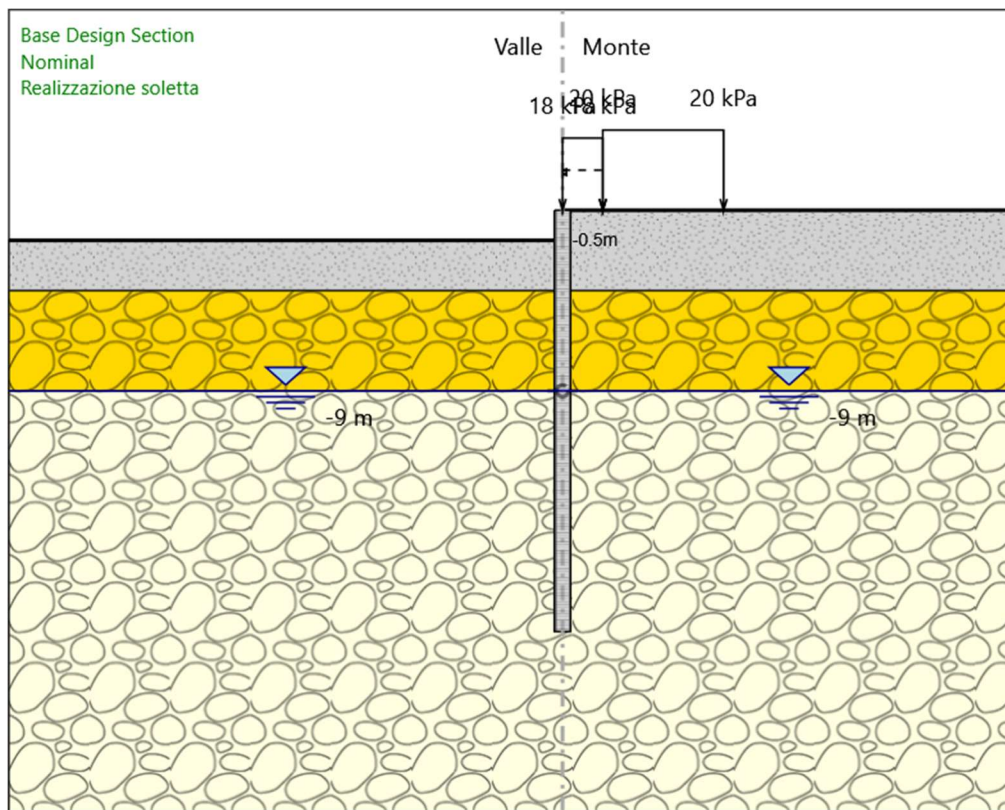
X : 7.5 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -21 m

Sezione : Paratia Palo D800

Realizzazione soletta



Realizzazione soletta

Scavo

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-1.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9 m

Falda di destra : -9 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Sovraccarico stradale

X iniziale : 9.5 m

X finale : 15.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Rinterro

X iniziale : 7.5 m

X finale : 9.5 m

Pressione iniziale : 18 kPa

Pressione finale : 18 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18 m

Sezione : Diaframma 2.40x1.00m

Paratia : Paratia

X : 7.5 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -21 m

Sezione : Paratia Palo D800

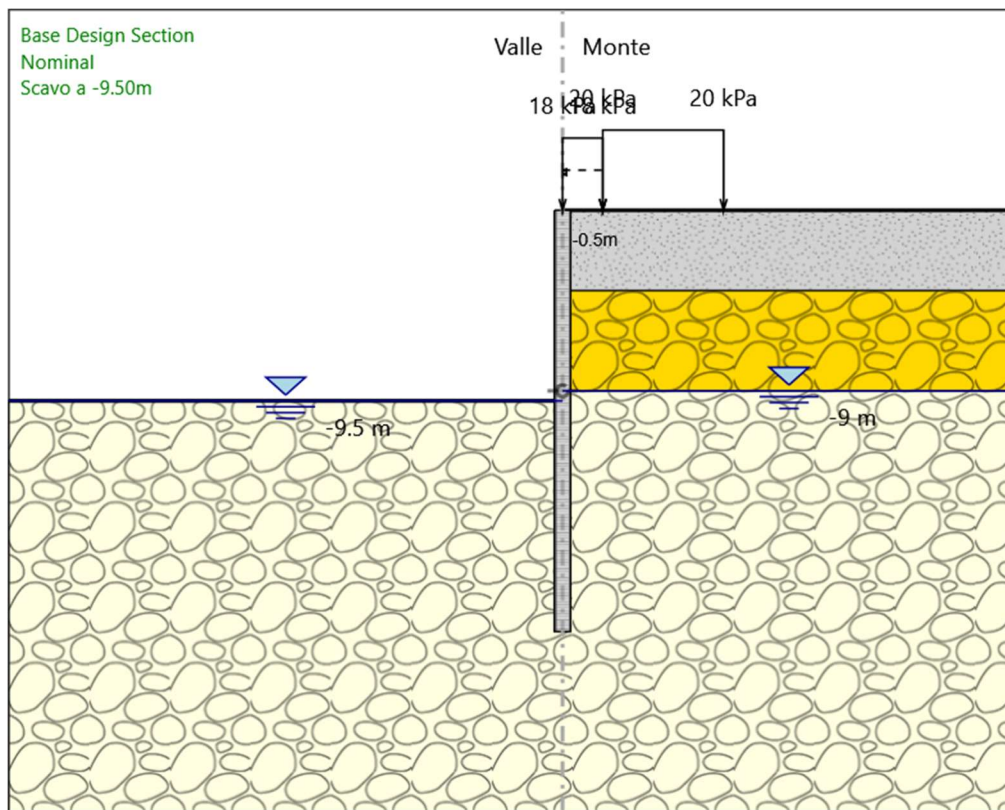
Vincolo elastico : Impalcato

X : 7.5 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Scavo a -9.50m



Scavo a -9.50m

Scavo

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-9.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Sovraccarico stradale

X iniziale : 9.5 m

X finale : 15.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

ParatiePlus 2018 [v: 18.1.0]

Carico lineare in superficie : Rinterro

X iniziale : 7.5 m

X finale : 9.5 m

Pressione iniziale : 18 kPa

Pressione finale : 18 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18 m

Sezione : Diaframma 2.40x1.00m

Paratia : Paratia

X : 7.5 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -21 m

Sezione : Paratia Palo D800

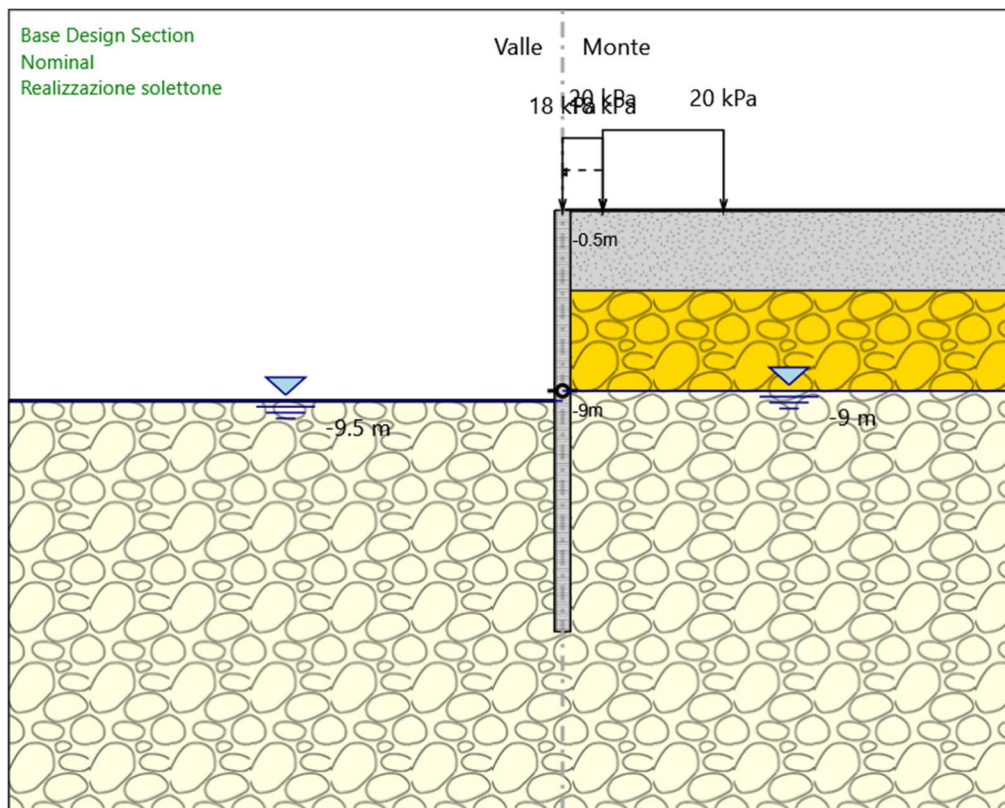
Vincolo elastico : Impalcato

X : 7.5 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Realizzazione solettone



Realizzazione solettone

Scavo

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-9.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Sovraccarico stradale

X iniziale : 9.5 m

X finale : 15.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Rinterro

X iniziale : 7.5 m

X finale : 9.5 m

Pressione iniziale : 18 kPa

Pressione finale : 18 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18 m

Sezione : Diaframma 2.40x1.00m

Paratia : Paratia

X : 7.5 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -21 m

Sezione : Paratia Palo D800

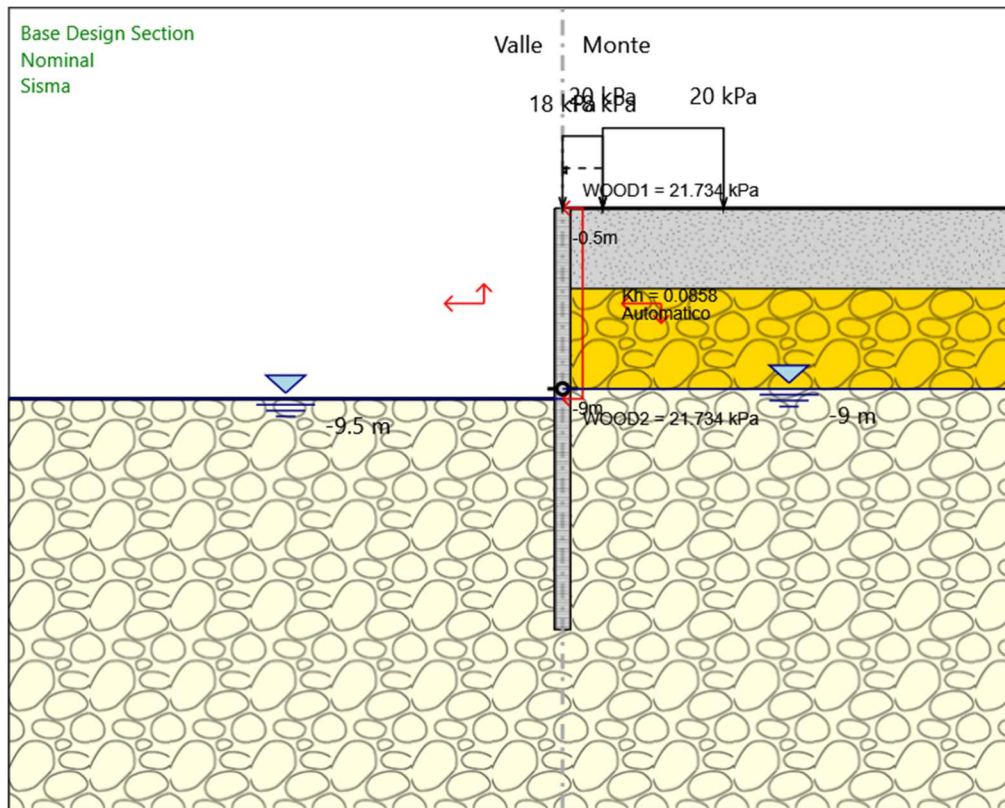
Vincolo elastico : Impalcato

X : 7.5 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Sisma



Sisma

Scavo

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-9.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Sovraccarico stradale

X iniziale : 9.5 m

X finale : 15.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Rinterro

X iniziale : 7.5 m

X finale : 9.5 m

Pressione iniziale : 18 kPa

Pressione finale : 18 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18 m

Sezione : Diaframma 2.40x1.00m

Paratia : Paratia

X : 7.5 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -21 m

Sezione : Paratia Palo D800

Vincolo elastico : Impalcato

X : 7.5 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Per- manenti Sfavorevoli (F_dead_lo ad_unfa- vour)	Carichi Per- manenti Favorevoli (F_dead_lo ad_favour)	Carichi Va- riabili Sfa- vorevoli (F_live_loa d_unfa- vour)	Carichi Va- riabili Fa- vorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Si- smico (F_seism_ load)	Pres sioni Lato Mon te (F_	Pres sioni Lato Vall e (F_	Carichi Perma- nenti De- stabiliz- zanti (F_UPL_G DStab)	Carichi Perma- nenti Sta- bilizzanti (F_UPL_G Stab)	Carichi Va- riabili De- stabiliz- zanti (F_UPL_Q DStab)	Carichi Perma- nenti De- stabiliz- zanti (F_HYD_G DStab)	Carichi Perma- nenti Sta- bilizzanti (F_HYD_G Stab)	Carichi Va- riabili De- stabiliz- zanti (F_HYD_Q DStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018 : SLE (Rara/Fr equente /Quasi Perma- nente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018 : A1+M1+ R1 (R3 per ti- ranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018 : A2+M2+ R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018 : SI- SMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018 : SI- SMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su tan(ϕ') (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Fre- quente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Tabella Inviluppi Spostamento Right wall

Design Assumption: Nominal Inviluppi: Spostamento Muro: RIGHT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
0	-0.624	0.695
-0.25	-0.597	0.026
-0.26	0	0
-0.5	-0.642	0
-0.75	-1.31	0
-1	-1.976	0
-1.25	-2.637	0
-1.5	-3.291	0
-1.75	-3.935	0
-2	-4.567	0
-2.25	-5.184	0
-2.5	-5.786	0
-2.75	-6.368	0
-3	-6.931	0
-3.25	-7.471	0
-3.5	-7.987	0
-3.75	-8.477	0
-4	-8.939	0
-4.25	-9.373	0
-4.5	-9.777	0
-4.75	-10.149	0
-5	-10.488	0
-5.25	-10.794	0
-5.5	-11.065	0
-5.75	-11.302	0
-6	-11.502	0
-6.25	-11.666	0
-6.5	-11.794	0
-6.75	-11.885	0
-7	-11.939	0
-7.25	-11.957	0
-7.5	-11.939	0
-7.75	-11.885	0
-8	-11.797	0
-8.25	-11.675	0
-8.5	-11.52	0
-8.75	-11.333	0
-9	-11.117	0
-9.25	-10.873	0
-9.5	-10.602	0
-9.75	-10.308	0
-10	-9.992	0
-10.25	-9.658	0
-10.5	-9.308	0
-10.75	-8.944	0
-11	-8.571	0
-11.25	-8.19	0
-11.5	-7.806	0
-11.75	-7.42	0
-12	-7.036	0
-12.25	-6.656	0
-12.5	-6.282	0
-12.75	-5.916	0
-13	-5.561	0
-13.25	-5.217	0
-13.5	-4.886	0
-13.75	-4.569	0
-14	-4.268	0
-14.25	-3.982	0
-14.5	-3.712	0
-14.75	-3.458	0
-15	-3.221	0
-15.25	-3	0

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento Muro: RIGHT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-15.5	-2.795	0
-15.75	-2.606	0
-16	-2.433	0
-16.25	-2.274	0
-16.5	-2.129	0
-16.75	-1.997	0
-17	-1.877	0
-17.25	-1.768	0
-17.5	-1.669	0
-17.75	-1.579	0
-18	-1.497	0
-18.25	-1.422	0
-18.5	-1.353	0
-18.75	-1.29	0
-19	-1.23	0
-19.25	-1.175	0
-19.5	-1.121	0
-19.75	-1.07	0
-20	-1.02	0
-20.25	-0.972	0
-20.5	-0.924	0
-20.75	-0.876	0
-21	-0.828	0

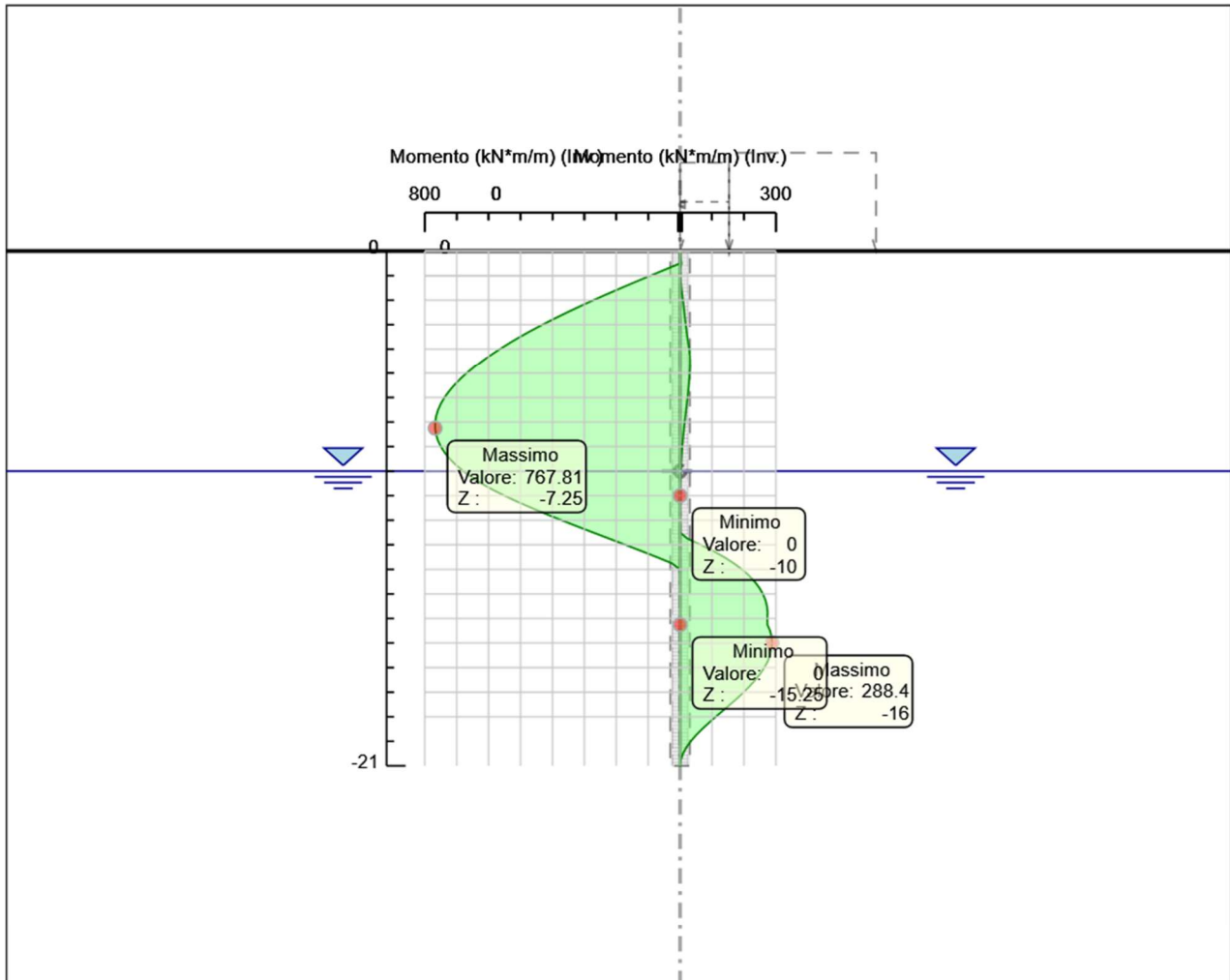
Tabella Involuppi Momento Paratia

Design Assumption: Nominal	Involuppi: Momento	Muro: Paratia
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.25	0	1.099
-0.5	0.051	4.204
-0.75	46.024	0.458
-1	92.916	1.148
-1.25	139.072	2.304
-1.5	184.373	4.049
-1.75	228.699	6.505
-2	271.93	8.899
-2.25	313.944	11.155
-2.5	354.646	13.325
-2.75	393.935	15.473
-3	431.702	17.675
-3.25	467.832	20.015
-3.5	502.211	22.574
-3.75	534.725	25.428
-4	565.256	28.658
-4.25	594.044	30.487
-4.5	620.991	31.161
-4.75	645.998	30.904
-5	668.967	29.913
-5.25	689.8	28.596
-5.5	708.399	27.235
-5.75	724.664	25.47
-6	738.498	23.428
-6.25	749.806	21.213
-6.5	758.488	18.916
-6.75	764.45	16.61
-7	767.59	14.359
-7.25	767.813	12.209
-7.5	765.022	10.196
-7.75	759.12	8.417
-8	750.011	6.825
-8.25	737.597	5.408
-8.5	721.79	4.164
-8.75	702.5	3.086
-9	679.638	2.166
-9.25	653.112	1.391
-9.5	622.727	0.752
-9.75	588.286	0.233
-10	550.25	0
-10.25	509.08	0
-10.5	465.234	0
-10.75	419.175	0
-11	371.361	0
-11.25	322.252	0
-11.5	272.307	0
-11.75	221.987	23.102
-12	171.752	65.419
-12.25	122.06	103.898
-12.5	73.37	138.085
-12.75	26.14	168.057
-13	0.654	193.887
-13.25	0.547	215.746
-13.5	0.45	233.833
-13.75	0.363	248.34
-14	0.281	259.448
-14.25	0.205	267.328
-14.5	0.136	272.14
-14.75	0.075	274.03
-15	0.022	273.133
-15.25	0	273.535
-15.5	0	281.971
-15.75	0	286.872
-16	0	288.401
-16.25	0	286.716
-16.5	0	281.962

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: Paratia
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-16.75	0	274.28
-17	0	263.791
-17.25	0	250.78
-17.5	0	235.513
-17.75	0	218.246
-18	0	199.218
-18.25	0	178.656
-18.5	0	156.794
-18.75	0	134.283
-19	0	111.748
-19.25	0	89.795
-19.5	0	69.01
-19.75	0	49.969
-20	0	33.232
-20.25	0	19.356
-20.5	0	8.892
-20.75	0	2.316
-21	0	0

Grafico Inviluppi Momento

Valore:
Z:



Momento

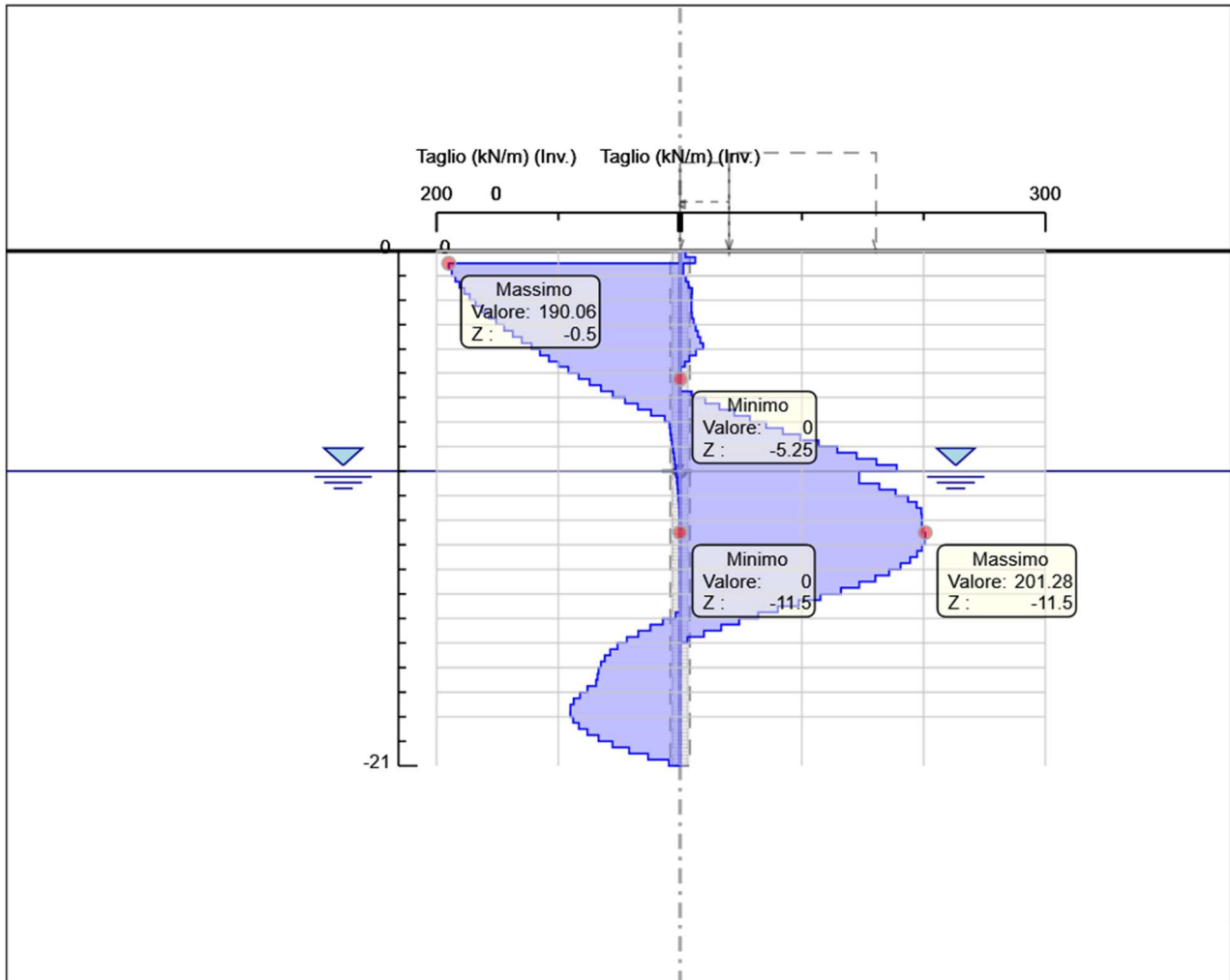
Tabella Inviluppi Taglio Paratia

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: Paratia
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	4.395
-0.25	0.204	12.419
-0.5	190.056	12.419
-0.75	190.056	2.761
-1	187.568	4.626
-1.25	184.625	6.979
-1.5	181.202	9.823
-1.75	177.306	9.823
-2	172.922	9.577
-2.25	168.059	9.328
-2.5	162.808	9.78
-2.75	157.155	11.165
-3	151.067	12.775
-3.25	144.52	14.615
-3.5	137.516	16.683
-3.75	130.057	19.006
-4	122.126	19.006
-4.25	115.152	13.046
-4.5	107.786	7.76
-4.75	100.027	3.964
-5	91.876	0.592
-5.25	83.335	0.141
-5.5	74.392	0
-5.75	65.06	9.549
-6	55.339	20.683
-6.25	45.229	32.345
-6.5	34.731	44.549
-6.75	23.845	57.305
-7	12.562	70.612
-7.25	8.6	84.465
-7.5	8.051	98.856
-7.75	7.394	113.77
-8	6.66	129.184
-8.25	5.874	145.053
-8.5	5.112	161.338
-8.75	4.387	177.995
-9	3.709	177.995
-9.25	3.097	147.033
-9.5	2.56	163.645
-9.75	2.073	177.059
-10	1.638	187.273
-10.25	1.255	194.29
-10.5	0.922	198.109
-10.75	0.636	198.732
-11	0.395	198.732
-11.25	0.195	199.777
-11.5	0.032	201.28
-11.75	0	201.28
-12	0	200.946
-12.25	0	198.776
-12.5	0	194.769
-12.75	0	188.926
-13	0	181.248
-13.25	0	171.735
-13.5	0	160.387
-13.75	0	147.206
-14	0	132.19
-14.25	0.009	115.341
-14.5	0.017	97.475
-14.75	3.587	80.408
-15	14.25	64.115
-15.25	24.48	48.57
-15.5	34.328	33.743
-15.75	43.786	19.603
-16	51.44	6.119
-16.25	57.447	0.074
-16.5	61.955	0.052

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: Paratia
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-16.75	65.105	0.031
-17	67.025	0.013
-17.25	67.834	0
-17.5	69.069	0
-17.75	76.114	0
-18	82.248	0
-18.25	87.447	0
-18.5	90.044	0
-18.75	90.139	0
-19	90.139	0
-19.25	87.813	0
-19.5	83.137	0
-19.75	76.167	0
-20	66.946	0
-20.25	55.503	0
-20.5	41.859	0
-20.75	26.304	0
-21	9.263	0

Grafico Inviluppi Taglio

Valore:
Z:



Taglio

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: A2+M2+R1 Scavo a -9.50m		Right wall	LEFT	54.06
NTC2018: A2+M2+R1	Geostatico	Right wall	RIGHT	15.46

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Geostatico	Right wall	LEFT	15908.09
NTC2018: A2+M2+R1 Realizzazione solettone		Right wall	RIGHT	11114.78

Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	FixedSupport	Sollecitazione kN/m
FixedSupport	NTC2018: SISMICA	GEO	Sisma	-180.88

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Cela Forza kN/m
Impalcato	NTC2018: SISMICA	GEO Sisma	-206.09

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Cela Momento kN*m/m
Impalcato	NTC2018: SISMICA	GEO Sisma	0

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

Design Assumption	Geostatico	Paratia	Scavo a - 1.50m	Realizzazione soletta	Scavo a - 9.50m	Realizzazione solettone	Sisma
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V	V	V	V	V

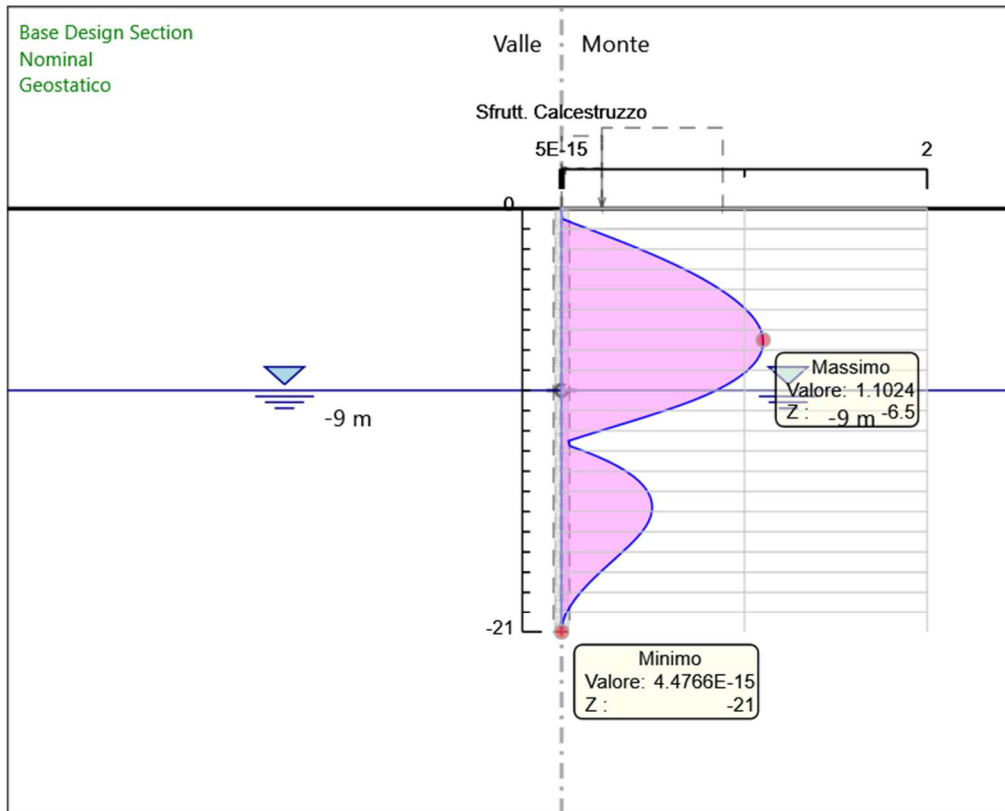
Risultati Caver

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : RIGHT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
0	0
-0.25	0.001
-0.5	0.003
-0.75	0.072
-1	0.147
-1.25	0.22
-1.5	0.291
-1.75	0.36
-2	0.428
-2.25	0.493
-2.5	0.555
-2.75	0.615
-3	0.672
-3.25	0.727
-3.5	0.777
-3.75	0.825
-4	0.868
-4.25	0.909
-4.5	0.946
-4.75	0.98
-5	1.01
-5.25	1.036
-5.5	1.058
-5.75	1.076
-6	1.089
-6.25	1.098
-6.5	1.102
-6.75	1.102
-7	1.096
-7.25	1.085
-7.5	1.068
-7.75	1.046
-8	1.018
-8.25	0.984
-8.5	0.944
-8.75	0.898
-9	0.845
-9.25	0.785
-9.5	0.718
-9.75	0.644
-10	0.564
-10.25	0.479
-10.5	0.391
-10.75	0.301
-11	0.211
-11.25	0.123
-11.5	0.037
-11.75	0.045
-12	0.122
-12.25	0.191
-12.5	0.253
-12.75	0.306
-13	0.353
-13.25	0.392
-13.5	0.424
-13.75	0.45
-14	0.47
-14.25	0.484
-14.5	0.492
-14.75	0.496
-15	0.494
-15.25	0.487
-15.5	0.475
-15.75	0.46

Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-16		0.44
-16.25		0.416
-16.5		0.39
-16.75		0.362
-17		0.333
-17.25		0.302
-17.5		0.272
-17.75		0.241
-18		0.211
-18.25		0.182
-18.5		0.154
-18.75		0.128
-19		0.103
-19.25		0.081
-19.5		0.061
-19.75		0.043
-20		0.028
-20.25		0.016
-20.5		0.007
-20.75		0.002
-21		0

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover



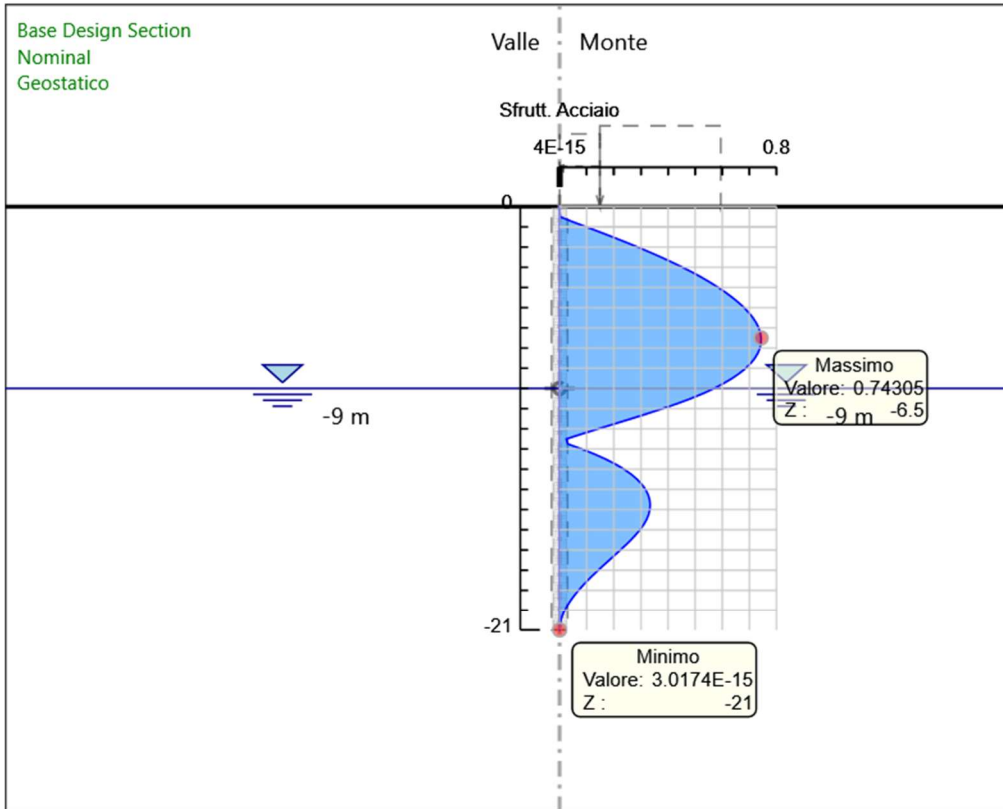
Involuppi
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : RIGHT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver
0	0
-0.25	0.001
-0.5	0.002
-0.75	0.049
-1	0.099
-1.25	0.148
-1.5	0.196
-1.75	0.243
-2	0.288
-2.25	0.332
-2.5	0.374
-2.75	0.415
-3	0.453
-3.25	0.49
-3.5	0.524
-3.75	0.556
-4	0.585
-4.25	0.613
-4.5	0.638
-4.75	0.66
-5	0.681
-5.25	0.698
-5.5	0.713
-5.75	0.725
-6	0.734
-6.25	0.74
-6.5	0.743
-6.75	0.743
-7	0.739
-7.25	0.731
-7.5	0.72
-7.75	0.705
-8	0.686
-8.25	0.663
-8.5	0.636
-8.75	0.605
-9	0.569
-9.25	0.529
-9.5	0.484
-9.75	0.434
-10	0.38
-10.25	0.323
-10.5	0.264
-10.75	0.203
-11	0.143
-11.25	0.083
-11.5	0.025
-11.75	0.031
-12	0.082
-12.25	0.129
-12.5	0.17
-12.75	0.207
-13	0.238
-13.25	0.264
-13.5	0.286
-13.75	0.304
-14	0.317
-14.25	0.326
-14.5	0.332
-14.75	0.334
-15	0.333
-15.25	0.328
-15.5	0.321
-15.75	0.31
-16	0.296
-16.25	0.281
-16.5	0.263

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-16.75	0.244	
-17	0.224	
-17.25	0.204	
-17.5	0.183	
-17.75	0.163	
-18	0.142	
-18.25	0.123	
-18.5	0.104	
-18.75	0.086	
-19	0.07	
-19.25	0.055	
-19.5	0.041	
-19.75	0.029	
-20	0.019	
-20.25	0.011	
-20.5	0.005	
-20.75	0.001	
-21	0	

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover



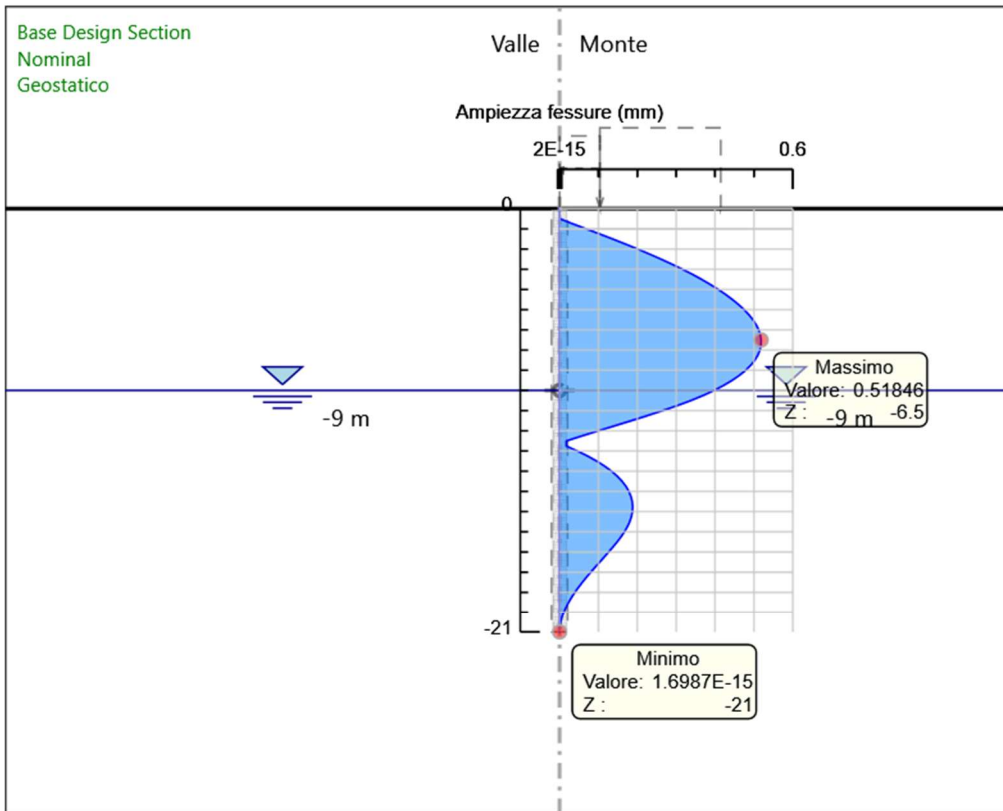
Involuppi
Tasso di Sfruttamento Armature - Cover

Tabella Inviluppi Apertura Fessure - Caver : RIGHT

Inviluppi Apertura Fessure - Caver	RIGHT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
0	0
-0.25	0
-0.5	0.001
-0.75	0.034
-1	0.069
-1.25	0.103
-1.5	0.137
-1.75	0.169
-2	0.201
-2.25	0.232
-2.5	0.261
-2.75	0.289
-3	0.316
-3.25	0.342
-3.5	0.366
-3.75	0.388
-4	0.408
-4.25	0.427
-4.5	0.445
-4.75	0.461
-5	0.475
-5.25	0.487
-5.5	0.498
-5.75	0.506
-6	0.512
-6.25	0.516
-6.5	0.518
-6.75	0.518
-7	0.515
-7.25	0.51
-7.5	0.502
-7.75	0.492
-8	0.479
-8.25	0.463
-8.5	0.444
-8.75	0.422
-9	0.397
-9.25	0.369
-9.5	0.338
-9.75	0.303
-10	0.265
-10.25	0.225
-10.5	0.184
-10.75	0.142
-11	0.099
-11.25	0.058
-11.5	0.017
-11.75	0.017
-12	0.046
-12.25	0.072
-12.5	0.096
-12.75	0.116
-13	0.134
-13.25	0.149
-13.5	0.161
-13.75	0.171
-14	0.178
-14.25	0.184
-14.5	0.187
-14.75	0.188
-15	0.187
-15.25	0.185
-15.5	0.18
-15.75	0.174
-16	0.167
-16.25	0.158
-16.5	0.148

Inviluppi Apertura Fessure - Caver	RIGHT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
-16.75	0.137
-17	0.126
-17.25	0.115
-17.5	0.103
-17.75	0.092
-18	0.08
-18.25	0.069
-18.5	0.059
-18.75	0.049
-19	0.039
-19.25	0.031
-19.5	0.023
-19.75	0.016
-20	0.011
-20.25	0.006
-20.5	0.003
-20.75	0.001
-21	0

Grafico Inviluppi Apertura Fessure - Caver



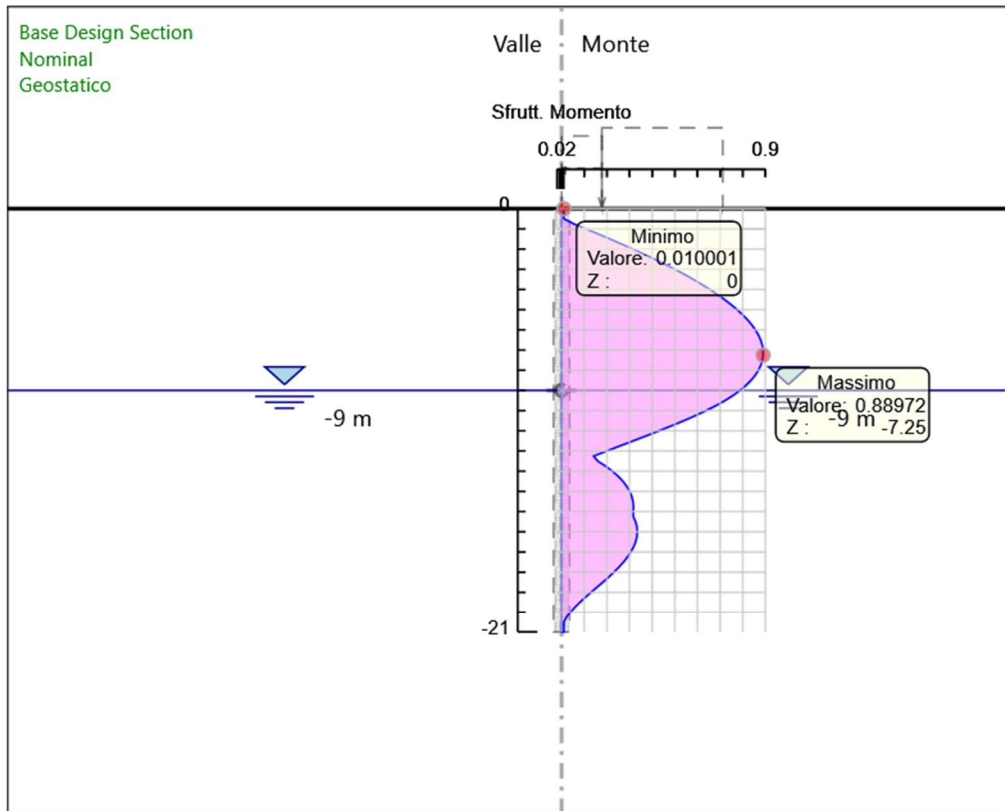
Inviluppi
Apertura Fessure - Caver

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver : RIGHT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
0	0.01	
-0.25	0.01	
-0.5	0.01	
-0.75	0.053	
-1	0.108	
-1.25	0.161	
-1.5	0.214	
-1.75	0.265	
-2	0.315	
-2.25	0.364	
-2.5	0.411	
-2.75	0.456	
-3	0.5	
-3.25	0.542	
-3.5	0.582	
-3.75	0.62	
-4	0.655	
-4.25	0.688	
-4.5	0.72	
-4.75	0.749	
-5	0.775	
-5.25	0.799	
-5.5	0.821	
-5.75	0.84	
-6	0.856	
-6.25	0.869	
-6.5	0.879	
-6.75	0.886	
-7	0.889	
-7.25	0.89	
-7.5	0.886	
-7.75	0.88	
-8	0.869	
-8.25	0.855	
-8.5	0.836	
-8.75	0.814	
-9	0.788	
-9.25	0.757	
-9.5	0.722	
-9.75	0.682	
-10	0.638	
-10.25	0.59	
-10.5	0.539	
-10.75	0.486	
-11	0.43	
-11.25	0.373	
-11.5	0.316	
-11.75	0.257	
-12	0.199	
-12.25	0.141	
-12.5	0.16	
-12.75	0.195	
-13	0.225	
-13.25	0.25	
-13.5	0.271	
-13.75	0.288	
-14	0.301	
-14.25	0.31	
-14.5	0.315	
-14.75	0.318	
-15	0.316	
-15.25	0.317	
-15.5	0.327	
-15.75	0.332	
-16	0.334	
-16.25	0.332	
-16.5	0.327	

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
-16.75		0.318
-17		0.306
-17.25		0.291
-17.5		0.273
-17.75		0.253
-18		0.231
-18.25		0.207
-18.5		0.182
-18.75		0.156
-19		0.129
-19.25		0.104
-19.5		0.08
-19.75		0.058
-20		0.039
-20.25		0.022
-20.5		0.01
-20.75		0.01
-21		0.01

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver



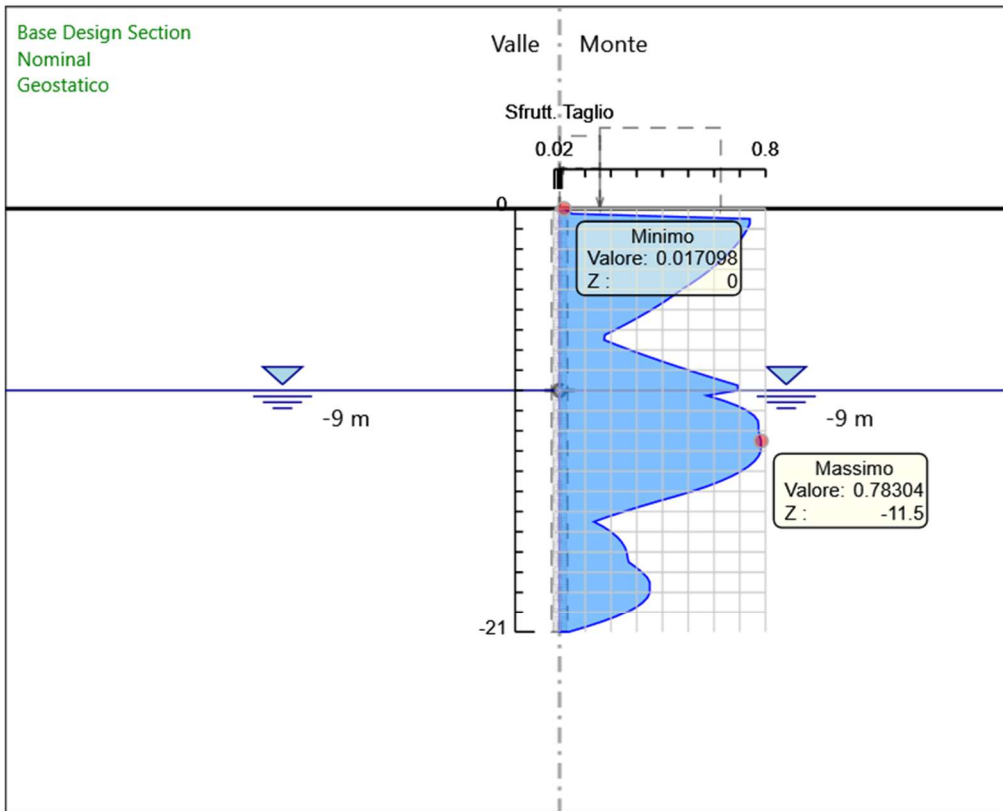
Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : RIGHT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
0	0.017
-0.25	0.048
-0.5	0.739
-0.75	0.739
-1	0.73
-1.25	0.718
-1.5	0.705
-1.75	0.69
-2	0.673
-2.25	0.654
-2.5	0.633
-2.75	0.611
-3	0.588
-3.25	0.562
-3.5	0.535
-3.75	0.506
-4	0.475
-4.25	0.448
-4.5	0.419
-4.75	0.389
-5	0.357
-5.25	0.324
-5.5	0.289
-5.75	0.253
-6	0.215
-6.25	0.176
-6.5	0.173
-6.75	0.223
-7	0.275
-7.25	0.329
-7.5	0.385
-7.75	0.443
-8	0.503
-8.25	0.564
-8.5	0.628
-8.75	0.692
-9	0.692
-9.25	0.572
-9.5	0.637
-9.75	0.689
-10	0.729
-10.25	0.756
-10.5	0.771
-10.75	0.773
-11	0.773
-11.25	0.777
-11.5	0.783
-11.75	0.783
-12	0.782
-12.25	0.773
-12.5	0.758
-12.75	0.735
-13	0.705
-13.25	0.668
-13.5	0.624
-13.75	0.573
-14	0.514
-14.25	0.449
-14.5	0.379
-14.75	0.313
-15	0.249
-15.25	0.189
-15.5	0.134
-15.75	0.17
-16	0.2
-16.25	0.223
-16.5	0.241

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
-16.75	0.253
-17	0.261
-17.25	0.264
-17.5	0.269
-17.75	0.296
-18	0.32
-18.25	0.34
-18.5	0.35
-18.75	0.351
-19	0.351
-19.25	0.342
-19.5	0.323
-19.75	0.296
-20	0.26
-20.25	0.216
-20.5	0.163
-20.75	0.102
-21	0.036

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

