

COMMITTENTE :



RETE FERROVIARIA ITALIANA - S.p.A.

DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE DI ANCONA

PROGETTAZIONE:



engineering SPA
Via della Stazione, 27 Fraz. Mattarello
38123 Trento (TN) Italia
P.iva C.F. 00580910222



SOGGETTO TECNICO : RFI SpA - DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE DI ANCONA
S. O. INGEGNERIA

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA: BOLOGNA-LECCE
COMUNE DI ANCONA

PROGETTO: Comune di Ancona - Lungomare Nord

Mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569

RELAZIONE DI CALCOLO BARRIERE ANTIRUMORE

SCALA

-

Foglio

- di -

PROGETTO/ANNO

SOTTOPR.

LIVELLO

NOME DOC.

PROGR.OP.

FASE FUNZ.

NUMERAZ.

1 8 2 6 1 8

0 0 2

P D

T G - -

0 0

0 0

E 9 3 2

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	1^ EMISSIONE	C. Marchetti	Dicembre 2018	V. Gangai		P. Ludovico		G. del Vasto	
B	2^ EMISSIONE	C. Marchetti	Giugno 2019	V. Gangai		P. Ludovico		N. D'Alessandro	
C	3^ EMISSIONE a seguito istruttoria Direzione Tecnica RFI	L. Billa Dot. P. Billa	Maggio 2020	M. Esposito	Giugno 2020	M. Esposito	Giugno 2020	N. D'Alessandro	Giugno 2020



POSIZIONE ARCHIVIO

LINEA

--	--	--	--

SEDE TECN.

--	--	--	--	--	--

NOME DOC.

-	-	-	-
---	---	---	---

NUMERAZ

.
---	---	---	---	---

Verificato e trasmesso

Data

Convalidato

Data

Archiviato

Data

File:

Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	10
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	12
5	ANALISI DEI CARICHI.....	13
5.1	PESI PERMANENTI STRUTTURALI.....	13
5.2	PESI PORTATI.....	13
5.3	VENTO.....	13
5.4	PRESSIONE PER EFFETTI AERODINAMICI DEL TRENO.....	14
5.5	EFFETTI DEL VENTO E DELLE PRESSIONI E DEPRESSIONI AEREODINAMICHE.....	15
5.6	AZIONI ECCEZIONALI – URTO DEL CONVOGLIO.....	16
5.7	AZIONE SISMICA.....	16
6	COMBINAZIONI DI CARICO.....	19
7	ANALISI STRUTTURALE.....	22
7.1	MODELLO STRUTTURALE.....	22
7.2	SCHEMATIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI DI CARICO.....	24
7.3	RISULTATI DELL’ANALISI STRUTTURALE.....	30
8	VERIFICHE.....	38
8.1	VERIFICHE SLU ED SLE DELLA BARRIERA.....	38
8.1.1	Verifiche di resistenza del montante.....	38
8.1.2	Verifiche di deformabilità.....	42
8.1.3	Verifiche di resistenza della piastra di base.....	43
8.1.4	Verifiche a fatica.....	58

8.1.4.1	Verifica dei tiranfondi	64
8.1.4.2	Verifica giunzione piastra – montante	65
8.1.4.3	Verifica delle saldature	66
8.1.5	Verifiche del Muro antisvio in CA	68
8.1.5.1	Verifiche di resistenza	68
8.1.5.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione	78
8.1.5.3	Verifiche allo stato limite di limitazione delle tensioni	83
8.1.6	Verifiche Pali di fondazione in prossimita' dell'attraversamento.....	87
8.1.6.1	Azioni.	88
8.1.6.2	Sollecitazioni SLU.....	89
8.1.6.3	Sollecitazioni a SLE	94
8.1.6.4	Verifiche strutturali SLU ed SLE	96
8.1.7	Verifiche Pali di fondazione lontani dall'attraversamento	103
8.1.7.1	Azioni.	105
8.1.7.2	Sollecitazioni SLU.....	106
8.1.7.3	Sollecitazioni SLE	109
8.1.7.4	Verifiche strutturali SLU ed SLE	111
8.1.7.5	Verifiche geotecniche	118
8.1.7.5.1	Calcolo della portata limite verticale	118
8.1.7.5.2	Calcolo della resistenza limite alle azioni orizzontali	120
8.1.7.5.3	Metodo di verifica	124
8.1.7.5.4	Risultati delle verifiche geotecniche Pali L = 16.0 mt	125
8.1.7.5.5	Risultati delle verifiche geotecniche Pali L = 8.0 mt	129
8.1.7.5.6	Efficienza dei pali in gruppo per azioni verticali	135
8.1.7.5.7	Efficienza dei pali in gruppo per azioni orizzontali	136
9	ALLEGATO 1 – TABULATI DI CALCOLO	139

9.1	INPUT DI CALCOLO	139
9.2	OUTPUT DI CALCOLO.....	143

1 PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli statici relativi alle opere strutturali nell'ambito della Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce.

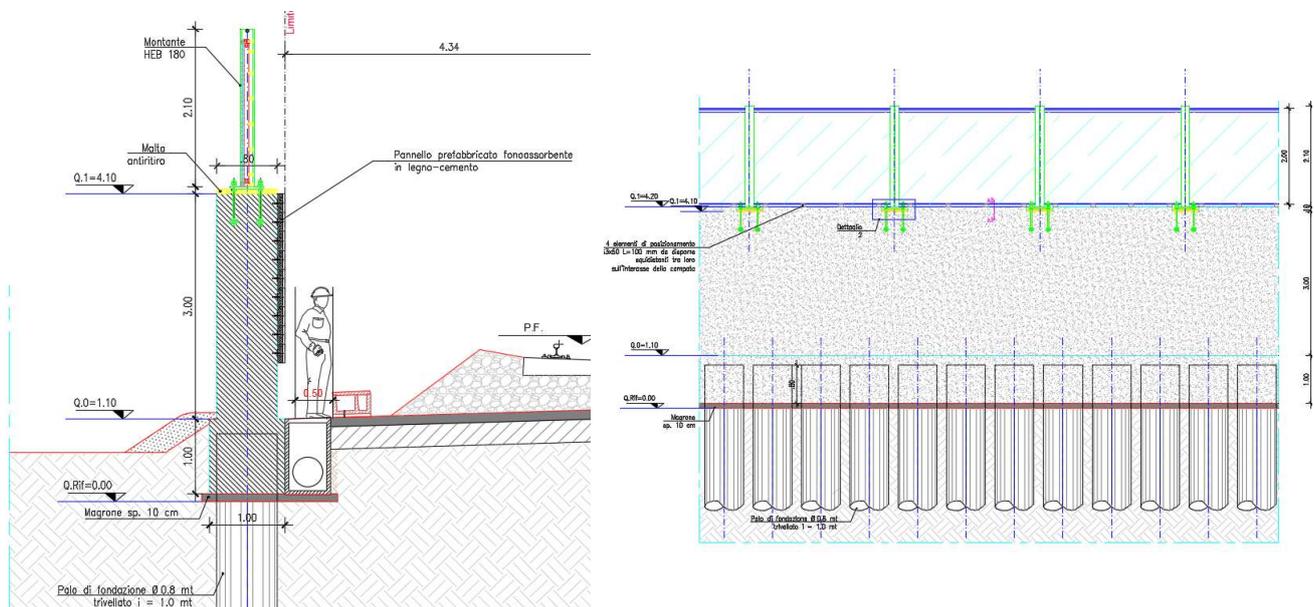
Il progetto prevede la realizzazione di pannelli antirumore in vetro tra montanti in acciaio posti ad interasse pari a 3.0 mt di altezza pari a 2.00 mt.

I montanti saranno vincolati alla base su di un setto in c.a. di spessore pari a 0.80 mt ed altezza di 3.00 mt.

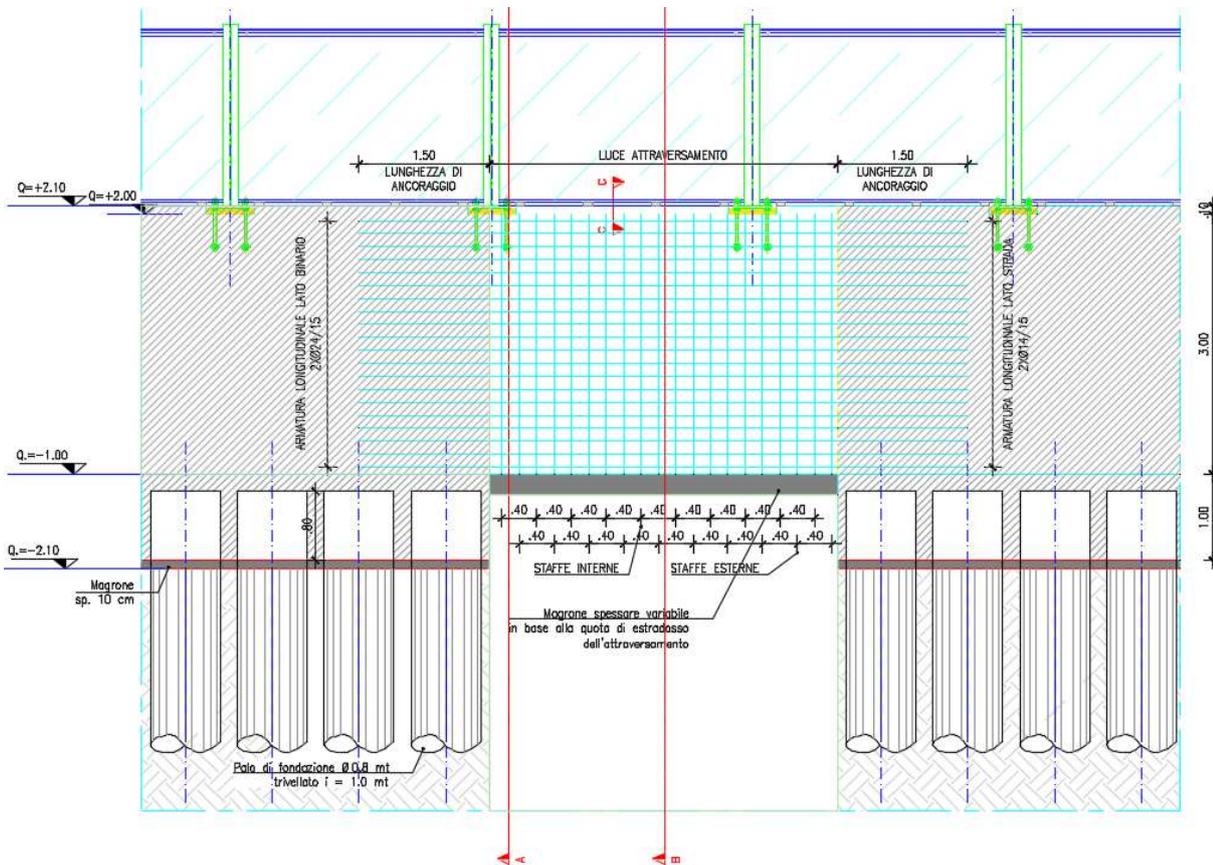
Le fondazione del sistema setto – barriera sono del tipo profondo ovvero realizzati con pali trivellati di diametro Ø800, e hanno una lunghezza di 16.0 m e 8.0 m rispettivamente nelle zone prossime agli attraversamenti idraulici e nelle zone “lontane” dagli attraversamenti, tutti presentano un interasse di 1.0 m.

In adiacenza alla linea ferroviaria verranno mantenuti attraversamenti idraulici che rendono impossibile la continuita strutturale delle opere di fondazione.

Si rimanda agli elaborati grafici per una migliore comprensione.



Barriera antirumore e fondazioni – Sezione e prospetto.



Barriera antirumore e fondazioni – Prospetto in prossimità dell'attraversamento

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Per i calcoli statici si è ottemperato a quanto prescritto dalle normative, decreti, circolari e prescrizioni di seguito riportate.

NORMATIVA NAZIONALE

- **D.M. 17/01/18** “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- **Circolare n. 7 del 21/02/19** del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”, di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- **D.Lgs. n.81 del 9 aprile 2008**: “Attuazione dell’art.1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” ;
- **Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50** Codice dei contratti pubblici;
- **Testo Unico sull’Ambiente – D.Lgs 152 del 03/04/2006**;
- **Direttiva del PCM del 29/09/2005** recante “Indirizzi operativi per prevenire e fronteggiare eventuali situazioni di emergenza connesse a fenomeni idrogeologici ed idraulici”;
- **Decreto del ministero dello sviluppo economico 22 gennaio 2008, n. 37** “Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici”;
- **D.P.R. n. 380 del 6/06/01**: “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia”;
- **Legge n. 225 del 24/02/92**: “Istituzione del servizio nazionale della protezione civile” (Testo aggiornato con il decreto-legge 14 agosto 2013, n. 93, coordinato con la legge di conversione 15 ottobre 2013, n. 119);
- **Legge n. 46 del 05/03/90**: “Norme di sicurezza degli impianti”;
- **D.P.R. n. 469 del 1/06/1979**: “Regolamento d’attuazione Legge n.191 del 26/04/1974”;
- **Legge n.191 del 26/04/1974**: “Prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall’Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato”;
- **Decreto del Presidente della Repubblica 11 luglio 1980 n. 753** Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell’esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto.

NORMATIVA FERROVIARIA

- **RFI DTC INC LG IFS 002 C:** “Procedure e interventi di protezione della sede dai fenomeni di dissesto idrogeologico”;
- **RFI DTC DNS SS TB IT IS 00 WJL A:** Linea Guida “Tutela Ambientale – Linea di Guida per la definizione di Standard Tecnici e Contrattuali del Settore Tecnologie”;
- **MdP RFI Parte II – Sezione 1: Ambiente**
- **MdP RFI Parte II – Sezione 2: Ponti e Strutture;**
- **Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili RFI;**
- **Procedura operativa sub-direzionale di direzione manutenzione:** “Disposizioni operative di dettaglio per la visita in linea ordinaria nei settori armamento, sede e T.E.” emanate ai sensi del d.p.r. 753 11/07/1980;
- Capitolato Tecnico IS 01/1973
- **Specifica Tecnica IS 402:** “Prove di Tipo e di Accettazione per le apparecchiature elettroniche ed elettromeccaniche destinate agli impianti di sicurezza e segnalamento”;
- **Specifica Tecnica di Fornitura IS 365:** “Trasformatori d’isolamento monofasi e trifasi a raffreddamento naturale in aria destinati agli impianti di sicurezza e segnalamento”;
- **Specifica Tecnica di Fornitura IS 228:** “Dispositivi indicatori dello stato di isolamento dei cavi degli impianti di sicurezza e segnalamento”;
- **Specifica Tecnica di Fornitura IS 758:** “Relè a corrente continua di tipo C per impianti di segnalamento
- **Capitolato Tecnico per l’esecuzione degli impianti di segnalamento, apparati centrali elettrici e blocco IS/01 edizione 1973;**
- **Circolare RFI/TCSS/009/523 del 11/12/2002:** “Protezione contro le sovratensioni dell’alimentazione degli impianti di sicurezza e segnalamento”;
- **Circolare RFI/TCSSTB/009/318 del 03/10/2006:** “Protezione contro le sovratensioni dei Sistemi di Controllo e di Distanziamento Treni”;
- **Circolare RFIDTCDNS\A0011\P\2007\0000715 del 22/11/2007:** “Disposizioni integrative per la protezione contro le sovratensioni di apparati e impianti”;

- **Circolare** RFIDTCDNS\A0015\P\2012\0000481 del 24/02/2012: “Protezioni contro le sovratensioni degli impianti IS”;
- **Specifica Tecnica di fornitura** RFIDTCSTESPIFSES210A del 14/12/2016 relativa ai cavi elettrici con conduttore in acciaio per rete di rilevamento caduta massi.

NORMATIVA TECNICA

- **Norma UNI EN ISO 9001: 2015** Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti;
- **UNI 11211 – 1:2007**: “Opere di difesa dalla caduta massi: termini e definizioni”;
- **UNI 11211 – 2:2007**: “Opere di difesa dalla caduta massi: programma preliminare d’intervento”;
- **CEI 64-08**: “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua”;
- **CEI EN 61558 -2-6**. Sicurezza dei trasformatori, dei reattori, delle unità di alimentazione e prodotti simili per tensioni fino a 1100 V
- **Norma MIL-HDBK-217/F**: “Reliability prediction of electronic equipment”;
- **Norma CEI EN 60529**: “Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)” del 1997;
- **Norma CEI EN 50125-3** “Railway Applications: Environmental Conditions for equipment Part 3 Equipment for signalling and telecommunications”;
- **Norma CEI EN 50126** “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - La specificazione e la dimostrazione di Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità e Sicurezza (RAMS)”;
- **Norma CEI EN 50128**: “Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Sistemi di telecomunicazione, segnalamento ed elaborazione - Software per sistemi ferroviari di comando e di protezione”;
- **Norma UNI ISO 2859/1:2007** “Procedimenti di campionamento nell’ispezione per attributi - Parte 1: Schemi di campionamento indicizzati secondo il limite di qualità accettabile (AQL) nelle ispezioni lotto per lotto”;
- **Norma UNI ISO 2859/2:1993** Procedimenti di campionamento nel collaudo per attributi. Piani di campionamento indicizzati secondo la qualità limite (QL) per il collaudo di un lotto isolato;
- **Norma UNI ISO 2859/3:2007** Procedimenti di campionamento nell’ispezione per attributi - Parte 3: Procedimenti di campionamento con salto di lotti.
- **Norma CEI EN 50121-4 (CEI 9-35/4)**: Applicazione ferroviarie – Compatibilità elettromagnetica;

- **Norma CEI EN 50122-1 (CEI 9-6):** Applicazione ferroviarie - Installazioni fisse - Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra.
- **Norma CEI EN 50124-1:** Applicazioni ferroviarie Coordinamento degli isolamenti
- **Norma CEI EN 61439-1 (CEI 17-13/1):** Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

È previsto l'impiego dei seguenti materiali:

Calcestruzzo per magrone: C12/15

$$R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 6,8 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} \approx 27085 \text{ N/mm}^2$$

Calcestruzzo per strutture di fondazione (PALI E CORDOLO): C28/35

$$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 15,87 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} \approx 32308 \text{ N/mm}^2$$

Calcestruzzo per strutture in elavazione (MURO DI SVIO): C25/30

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} \approx 31476 \text{ N/mm}^2$$

Acciaio da cemento armato: B450C ad aderenza migliorata

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ik} = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$$

Acciaio per montanti: S355 J2

$$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$$

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

$$f_{yd} = 338,1 \text{ N/mm}^2$$

Bulloni : Classe 8.8

$$f_{yk} = 640 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 880 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 525 \text{ N/mm}^2$$

Rosette per tirafondi : S355 J2

$$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$$

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

$$f_{yd} = 338,1 \text{ N/mm}^2$$

Copriferro netto:

Fondazioni (Pali e cordolo) : 6,0 cm

Elevazioni (muro) : 5,0 cm

In accordo con quanto previsto dalla “*Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A*” per le verifiche allo SLE si è tenuto conto delle seguenti limitazioni sulle tensioni:

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare)	0,55 f_{ck}
Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.)	0,40 f_{ck}
Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare)	0,75 f_{yk}

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

La stratigrafia del terreno e i parametri geotecnici sono stati desunti sulla base delle indagini effettuate per il progetto definitivo “Realizzazione della scogliera di protezione della linea ferroviaria Bologna – Lecce, interrimento con gli escavi dei fondali marini, rettifica e velocizzazione della linea ferroviaria dal km 200+175 al km 202+640 della linea Bologna-Lecce”. Di seguito si riportano i parametri geotecnici utilizzati nel dimensionamento delle opere di fondazione.

Le barriere antirumore verranno installate su due tratti, il primo di lunghezza pari a circa 540 m, mentre il secondo di lunghezza pari a circa 525 m

In entrambi i tratti le barriere verranno posizionate in testa ad un muro in C.A. fondato su pali di grande diametro. Per il dimensionamento e le verifiche geotecniche dei pali verrà presa a riferimento, in via cautelativa, la seguente stratigrafia:

- Terreno di riporto **R** da 0.00 m a -2.00;
- Sabbia medio fine **Sb** da -2.00 m a -3.00;
- Argilla limosa di consistenza medio bassa e media **Al-m** da -3.00 m e per tutta la profondità.

I parametri geotecnici dell'unità sopra indicate, sono riassunti nella seguente tabella.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA						
		γ_n [kN/m ³]	Cu [kPa]	ϕ'	c' [kPa]	Mo [Mpa]
UNITA' GEOTECNICHE	terreno di riporto - R	19.0		35.0		
	sabbie medio fini - Sb	19.0		31.0	0.0	
	argilla limosa di consistenza medio bassa e media - Al-m	20.0	80.0	25.5	12.5	6.0
	argilla debolmente limosa molto consistente - Al-c	20.0	205.0	19.7	61.7	10.7

5 ANALISI DEI CARICHI

I carichi agenti sulla struttura dovuti al vento e agli effetti aerodinamici sono stati riportati sul montante e sul muro considerando le aree di influenza e assumendo la superficie di incidenza della barriera pari al 100% della superficie di un pannello pieno per tutta l'altezza di 2.0 m. Si è considerata una larghezza dell'area di influenza pari all'interasse tra i montanti metallici $i=3.0$ m.

5.1 PESI PERMANENTI STRUTTURALI

I pesi propri delle strutture sono funzione della loro geometria e del peso specifico del materiale utilizzato.

- Per il calcestrutto armato è stato considerato un peso pari a $\gamma_{cls} = 25$ KN/m³;
- Per le strutture in acciaio è stato considerato un peso specifico pari a $\gamma_{stell} = 78.50$ KN/m³

La modellazione effettuata con software agli elementi finiti calcola automaticamente il peso degli elementi strutturali utilizzati e sono stati denominati con la codifica "DEAD".

5.2 PESI PORTATI

Sono stati considerati, come carichi permanenti portati, i pesi degli elementi che compongono la barriera. Nello specifico è stato considerato il peso del pannello in vetro avente peso pari a 50 kg/m². Sul montante è stato quindi considerato un carico verticale uniformemente distribuito pari a 3.0 kN.

Nella modellazione di calcolo il peso di tali elementi è stato denominato con la codifica "PP"

5.3 VENTO

L'azione del vento viene determinata attraverso la zonizzazione e le caratteristiche della costruzione come indicato dal D.M. 17/01/2018 al §3.3.

Attraverso le formulazioni indicate dal D.M. è possibile risalire alla pressione caratteristica del vento sulle superfici della costruzione che dipende principalmente dall'altezza di riferimento della superficie investita attraverso il coefficiente di esposizione $C_e(z)$.

Di seguito si riportano i parametri per la definizione della pressione cinetica di riferimento:

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce
 RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

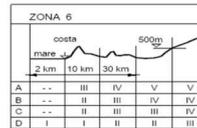
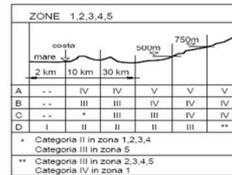
Vento (WL)

Regione	Marche	
Località	Ancona	
Altitudine (as)	16 m	
vb=vb0*ca	27 m/s	
vb0	27 m/s	
ao	500 m	
ks	0.37	
ca	1 per as ≤ a0 0.64184 per a0 < as ≤ 1500 m	
vr=vb*cr	27.0 m/s	
cr	1.0	
Tr	50 anni	
p=qr*ce*cp*cd	1299.5 N/m ²	pressione del vento
pf=qr*ce*cf	1083.0 N/m ²	azione tangenziale del vento
qr=0.5*ρ*vr ²	456.3 N/m ²	pressione cinetica di riferimento
ρ	1.25 kg/m ³	
ce	2.37 per z ≥ zmin 1.88 per z < zmin	
ce utilizzato	2.37	
Categoria	D	
Classe di esposizione	I	
Kr	0.17	
zo	0.01	
zmin	2	
z	5	si considera la barriera § 7.4 dell'EC1
cp	1.2	
cf	1	
cd	1	
ct	1	
p	1.3 KN/m ²	Pressione di progetto

1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K _r	z ₀ [m]	z _{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12



È stata assegnata una pressione del vento di intensità 1.3 kN/m² agente ortogonalmente sulle superfici direttamente investite dal vento (muro di svio) mentre riguardo alla pressione del vento agente sui montanti la stessa è stata trasformata in un'azione lineare uniformemente distribuita considerando un'interasse tra i montanti pari a 3.00 mt.

Riassumendo:

- l'azione sulle superfici è pari a **WL = 1.3 KN/m²**
- l'azione sui montanti è pari a **WL = 3.9 KN/m**

Nella modellazione strutturale per l'azione della pressione del vento è stata assunta la codifica "WL"

5.4 PRESSIONE PER EFFETTI AERODINAMICI DEL TRENO

La pressione indotta dagli effetti aerodinamici del treno è stata applicata staticamente.

Per determinare il valore della pressione indotta dal passaggio del treno è stato preso a riferimento il punto in cui il muro si trova più vicino al binario. Operando in tale modo risulta una distanza della barriera dall'asse del binario assunta cautelativamente pari a circa 3.50 m. Dall' abaco 5.2.2.6.1 DM 17/01/2018 si è assunto per $V = 200$ km/h un valore della pressione aerodinamica di 0.40 kN/m² agente ortogonalmente alla superficie considerata (vedi figura seguente riportata da DM 17/01/2018).

Pressione per effetti aerodinamici del treno (V200)

V	200 km/h	velocità massima della linea
$a_{g_{min}}$	3.5 m	distanza minima dall'asse del binario
$a_{g_{max}}$	4.35 m	distanza massima dall'asse del binario
$a'g$	4.35 m	
q_{1k}	0.4 kN/m ²	
k1	0.85 per convogli formati da carrozze con sagoma arrotondata	
	0.6 per treni aerodinamici	
k2	1.3 se $h \leq 1.0$ m o $l \leq 2.5$ m	
	1 negli altri casi	
P (V200)	0.34 kN/m ²	

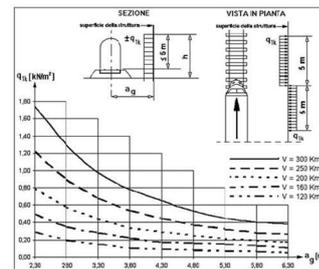


Fig. 5.2.8 - Valori caratteristici delle azioni q_{1k} per superfici verticali parallele al binario

È stata assegnata una pressione per effetti aerodinamici del treno di intensità 0.34 kN/m² agente ortogonalmente sulle superfici direttamente investite (muro di svio) mentre riguardo alla pressione per effetti aerodinamici agente sui montanti la stessa è stata trasformata in un'azione lineare uniformemente distribuita considerando un'interasse tra i montanti pari a 3.00 m.

Riassumendo:

- l'azione sulle superfici è pari a $V200 = 0.34$ KN/m²
- l'azione sui montanti è pari a $V200 = 1.02$ KN/m

Nella modellazione strutturale l'azione della pressione/depressione aerodinamica è stata assunta la codifica "V200"

5.5 EFFETTI DEL VENTO E DELLE PRESSIONI E DEPRESSIONI AEREODINAMICHE.

LA somma delle azioni dovute agli effetti del vento e della depressione e depressione aerodinamica dovuta ai convogli ferroviari è, nella condizione più sfavorevole, pari a:

$$P_{tot} = WL + V200 = 1.3 + 0.34 = 1.64 \text{ KN/m}^2$$

quindi, superiore a quanto previsto dal “Manuale di progettazione delle opere civili”, edizione 2018, che assume un valore minimo da considerare pari a:

$$P_{\text{tot,min}} = 1.5 \text{ KN/m}^2$$

5.6 AZIONI ECCEZIONALI – URTO DEL CONVOGLIO

Le azioni eccezionali considerate sono quelle dovute all’urto da traffico ferroviario secondo quanto indicato al § 3.6.3.4 del D.M. 17/01/2018.

Non essendo state eseguite specifiche analisi di rischio si sono assunte le seguenti azioni statiche equivalenti che sono funzione della distanza “ $d < 5.0\text{mt}$ ” degli elementi esposti all’asse del binario:

- 4000 KN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- 1500 KN in direzione ortogonale alla direzione di marcia dei convogli ferroviari.

Data la struttura di sostegno dei muri di svio non verrà considerata l’azione parallela alla direzione di marcia.

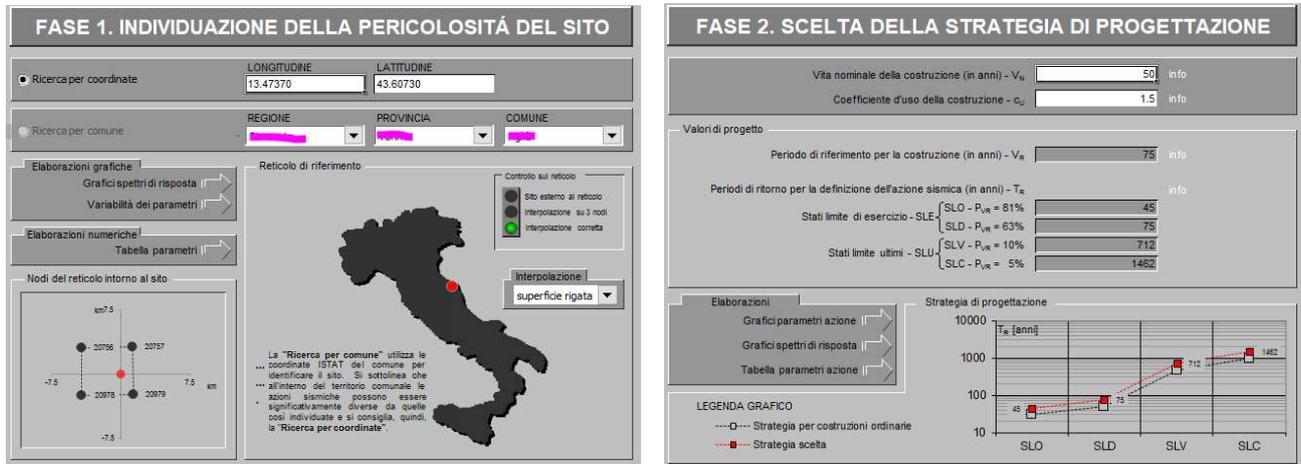
Nella modellazione strutturale l’azione dell’urto è stata assunta la codifica “**URTO**”

5.7 AZIONE SISMICA

Ai fini della caratterizzazione sismica per la progettazione delle opere sono stati individuati i parametri caratterizzanti la località in esame riferite alle seguenti coordinate geografiche:

LAT: 43.6073

LONG : 13.4737



Si riportano, nella tabella seguente, i valori di accelerazione di picco e gli altri parametri significativi degli spettri di progetto, relativi alla località in cui ricade l’opera in oggetto.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0.055	2.546	0.276
SLD	75	0.074	2.474	0.283
SLV	712	0.207	2.479	0.303
SLC	1462	0.269	2.499	0.313

Si verifica allo stato limite di salvaguardia della vita con una probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR pari al 10%, il periodo di ritorno dell’azione sismica TR:

$$TR = -VR / \ln(1-PVR) = 712 \text{ anni}$$

Il suolo è classificato in categoria “C” e il sito di riferimento presenta una categoria topografica T1.

Di seguito si riportano i parametri fondamentali:

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.207 g
F_g	2.479
T_c	0.303 s
S_s	1.393
C_c	1.558
S_T	1.000
q	1.200

Parametri dipendenti

S	1.393
η	0.833
T_B	0.157 s
T_C	0.472 s
T_D	2.426 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot E} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_s(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.288
T_B	0.157	0.594
T_C	0.472	0.594
	0.565	0.496
	0.658	0.426
	0.751	0.373
	0.844	0.332
	0.937	0.299
	1.030	0.272
	1.123	0.250
	1.216	0.230
	1.309	0.214
	1.402	0.200
	1.495	0.187
	1.589	0.176
	1.682	
	1.775	0.158
	1.868	0.150
	1.961	0.143
	2.054	0.136
	2.147	0.131
	2.240	0.125
	2.333	0.120
T_D	2.426	0.116
	2.501	0.109
	2.576	0.102
	2.651	0.097
	2.726	0.091
	2.801	0.087
	2.876	0.082
	2.951	0.078
	3.026	0.074
	3.101	0.071
	3.176	0.067
	3.251	0.064
	3.326	0.061
	3.400	0.059
	3.475	0.056
	3.550	0.054
	3.625	0.052
	3.700	0.050
	3.775	0.048
	3.850	0.046
	3.925	0.044
	4.000	0.042

6 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le verifiche di resistenza, di deformabilità e a fatica sono state utilizzate le sollecitazioni derivanti dalle più gravose combinazioni tra peso proprio, pressione del vento, sovrappressioni aerodinamiche ed urti del convoglio ferroviario

Per la definizione dei singoli casi di carico si è adottata la seguente simbologia:

- DEAD, peso proprio (G)
- PP, peso portato (G)
- WL, vento (Q)
- V200, sovrappressione aerodinamica (Q)
- URTO, urto del convoglio ferroviario (Ad)

Data la simmetria del sistema statico verranno considerate le azioni variabili (vento e pressione aerodinamica) agendo in un unico verso considerando identiche le sollecitazioni risultanti ma con verso opposto.

I carichi sono stati combinati secondo i coefficienti parziali di sicurezza e di combinazione previsti al punto 5.2.3.2 del DM 17/01/2018 per le verifiche agli SLU e SLE, riportati nelle tabelle seguenti.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ced}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione Ψ delle azioni

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	g_{r1}	0,80 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
Gruppi di	g_{r2}	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
carico	g_{r3}	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	g_{r4}	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) si è fatto riferimento rispettivamente alla combinazione fondamentale (SLU) e quella eccezionale (A):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Per le verifiche sismiche agli stati limite di salvaguardia della vita (SLV) si è fatto riferimento alla combinazione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) si è considerata la combinazione caratteristica (rara):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Per le verifiche agli stati limite a fatica si è considerata la combinazione caratteristica (rara):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Sono state, quindi, prese in considerazione le seguenti combinazioni di carico, ipotizzando le azioni del vento e della sovrappressione aerodinamica dirette sia verso l'interno sia verso l'esterno:

Combinazioni di carico considerate												
CODICE CASO DI CARICO	STR 01	STR 02	STR 03	STR 04	STR 05	GEO 01 (A1+M1+R3)	GEO 02 (A1+M1+R3)	GEO 03 (A1+M1+R3)	GEO 04 (A1+M1+R3)	RARA	SLV	SLD
DEAD	1.35	1	1.35	1	1	1.35	1	1	1	1	1	1
PP	1.5	1	1.5	1	1	1.5	1	1	1	1	1	1
V200	0	1.5	1.5	0	0	0	1.5	0	0	1	0	0
WL	0	1.5	1.5	0	0	0	1.5	0	0	1	0	0
URTO_01	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
URTO_ATTR	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
SISMA_SLV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
SISMA_SLD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabella 1 – Coefficienti di combinazione utilizzati

Nella tabella soprariportata si riconoscono due differenti casi di carico riferiti all'azione da URTO.

La motivazione di tale scelta, come verrà illustrato al paragrafo che segue, è dovuta alla volontà di determinare gli effetti dell'urto sulle stutture in zone lontane dall'interruzione delle fondazioni (URTO_01) e quelli dell'urto sulle strutture in prossimità dell'interruzione delle fondazioni (URTO_ATTR).

Oltre alle singole combinazioni di carico sono state eseguite combinazioni di Inviluppo al fine di facilitare la lettura delle massime sollecitazioni/reazioni vincolari e nello specifico sono state effettuate le seguenti combinazioni:

- ENV SLU (STR) [STR01 , STR02 , STR03 , STR04 , STR05 , SLV]
- ENV SLU (GEO) [GEO01 , GEO02 , GEO03 , GEO04]

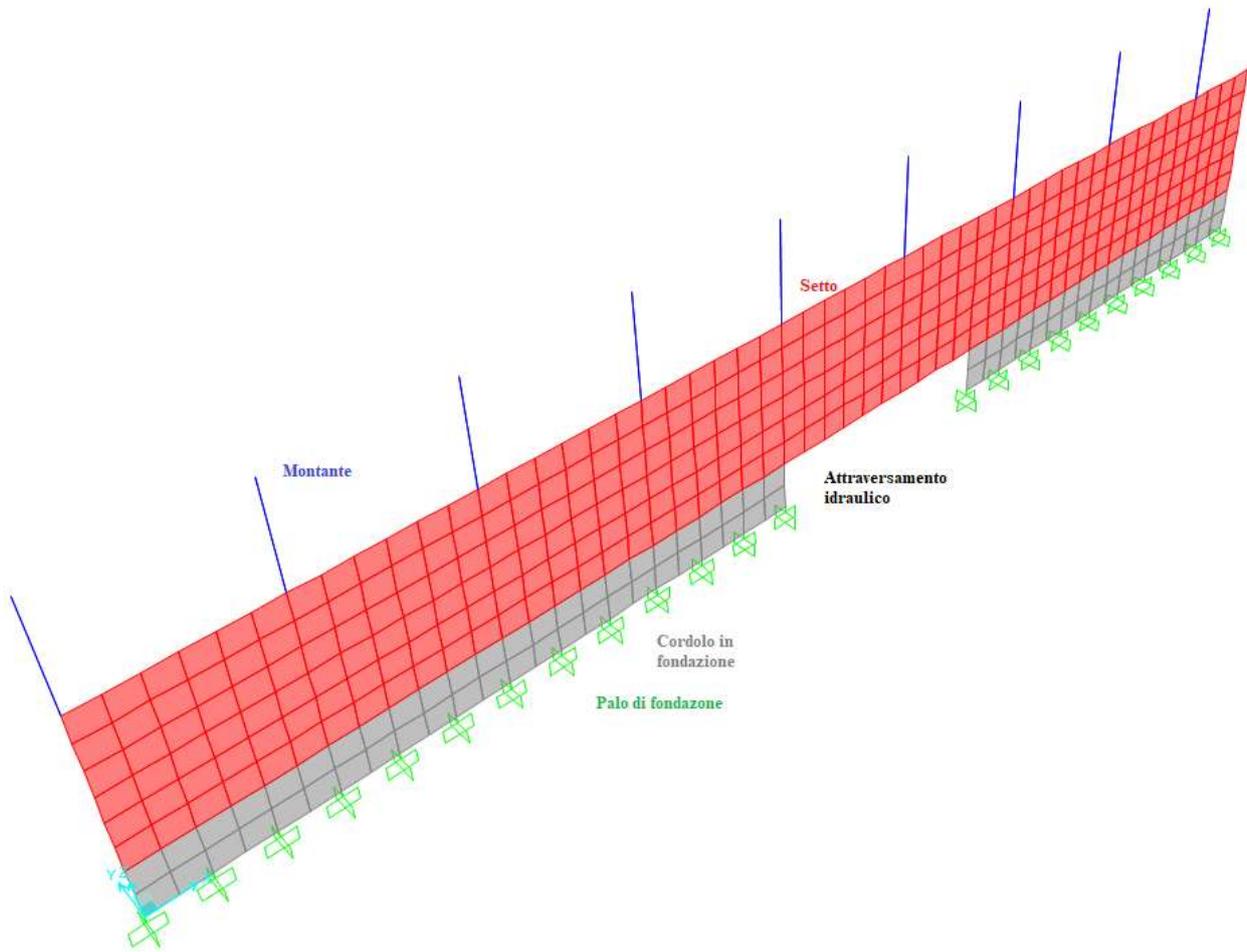
7 ANALISI STRUTTURALE

7.1 MODELLO STRUTTURALE

Per il dimensionamento degli elementi strutturali necessari alla realizzazione delle barriere antirumore e delle sue fondazioni è stato realizzato un unico modello agli elementi finiti all'interno del quale è stato possibile ricostruire tutte le condizioni di carico sfavorevoli, sia per gli elementi in elevazione che per gli elementi di fondazione.

Come detto in premessa la fondazione della barriere antirumore presenta discontinuità strutturali in prossimità di attraversamenti idraulici preesistenti di conseguenza per valutare tutte le possibili condizioni è stato modellato uno sviluppo longitudinale del sistema barriera pari a 26.00 mt in modo tale da considerare anche le zone prossime ad un attraversamento idraulico a cui corrisponde un interruzione strutturale delle fondazioni pari alla luce massima di progetto pari a 5.00 mt.

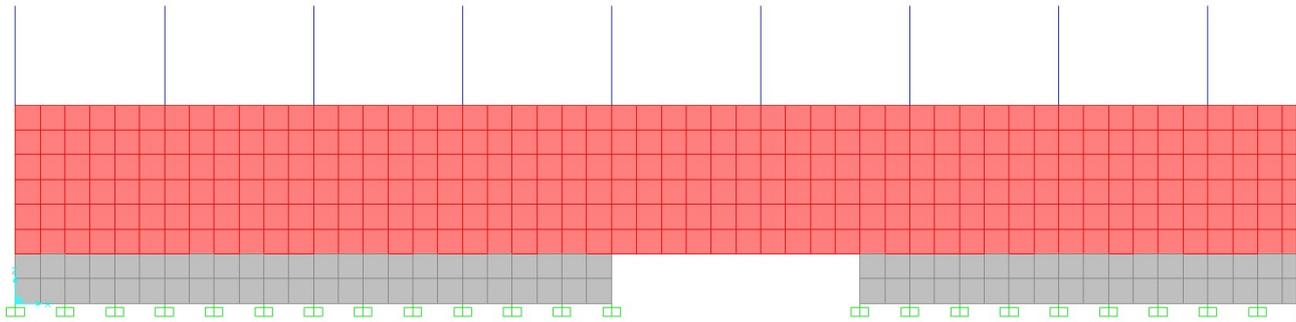
Di seguito un immagine 3 D del modello utilizzato per l'analisi strutturale:



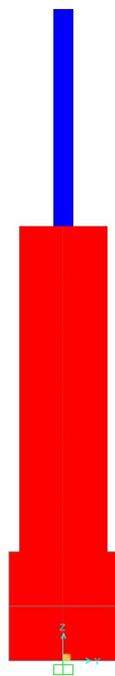
- Il montante in acciaio è costituito da un profilo in acciaio tipo HEB 180 e hanno un interasse di 3.0 mt;
- Il setto in c.a. ha un'altezza di 3.00 mt ed uno spessore di 0.80 cm;
- Il cordolo di fondazione ha una sezione di 1.00 mt x 1.00 mt;
- I pali di fondazione sono posti ad interasse pari a 1.00 mt ed hanno una sezione Ø800 mm.

I vincoli esterni sono caratterizzati da incastri perfetti posti in prossimità di ogni palo di fondazione.

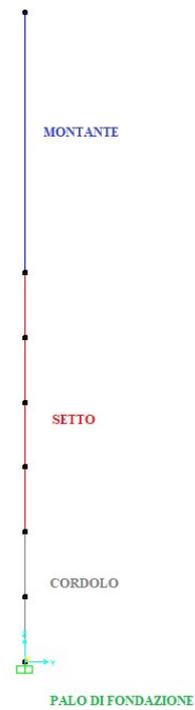
Di seguito si riportano ulteriori viste 3D:



Vista frontale



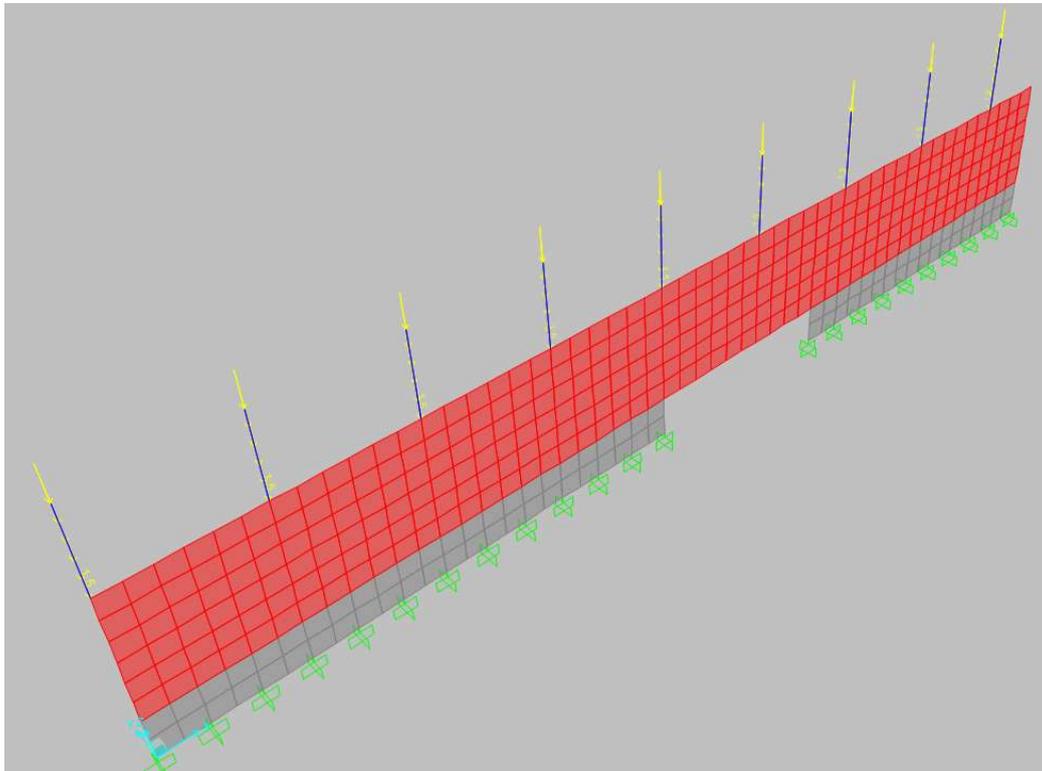
Sezione trasversale



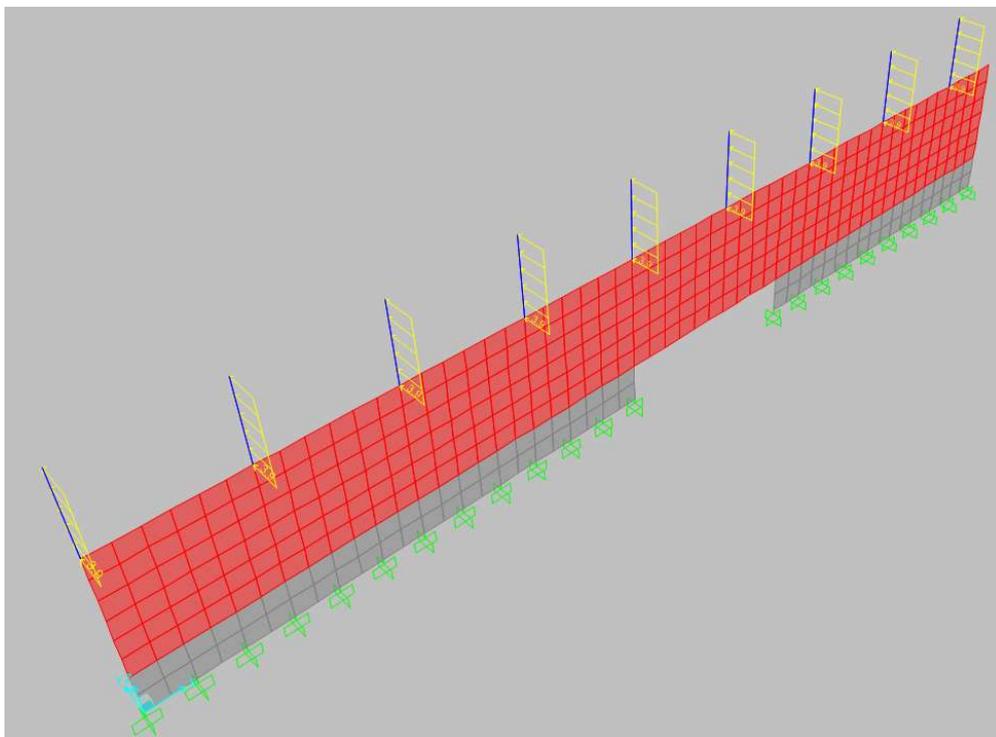
Modello unifilare

7.2 SCHEMATIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI DI CARICO

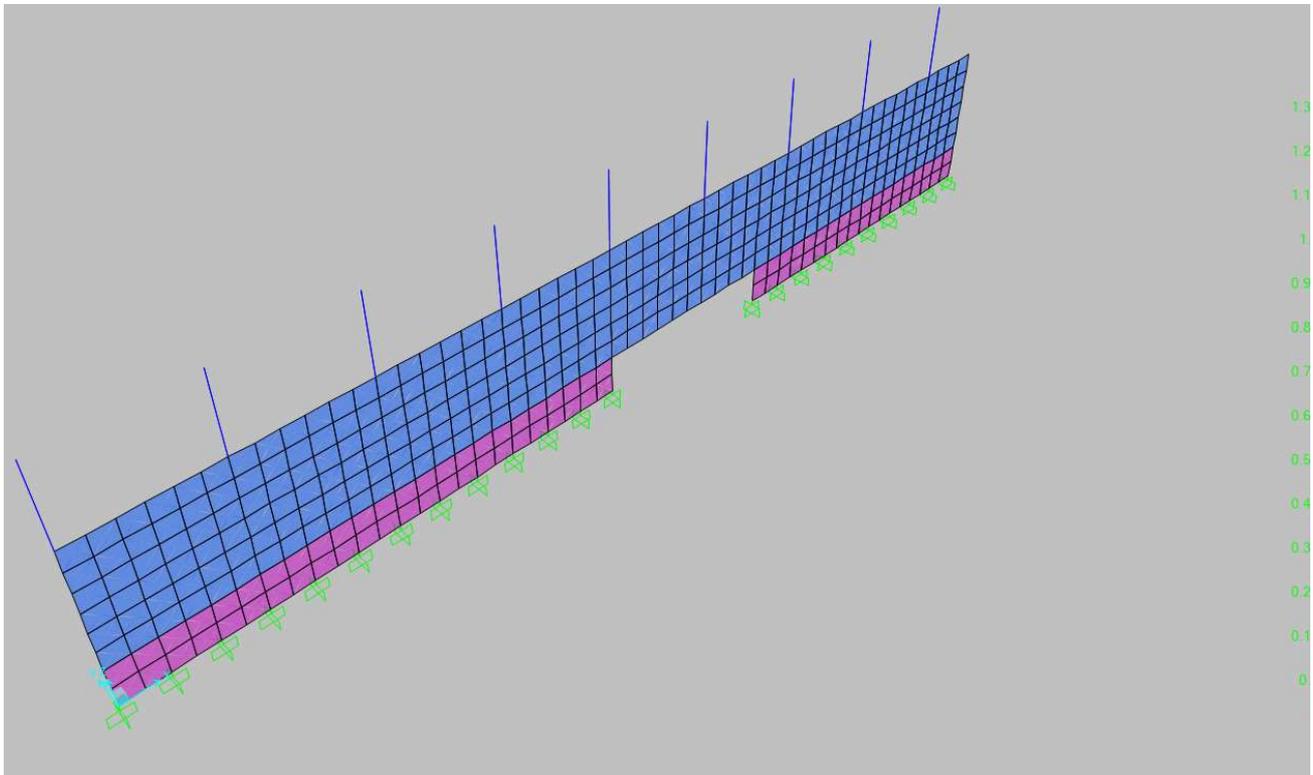
Schema di carico PP



Schema di carico "WL"

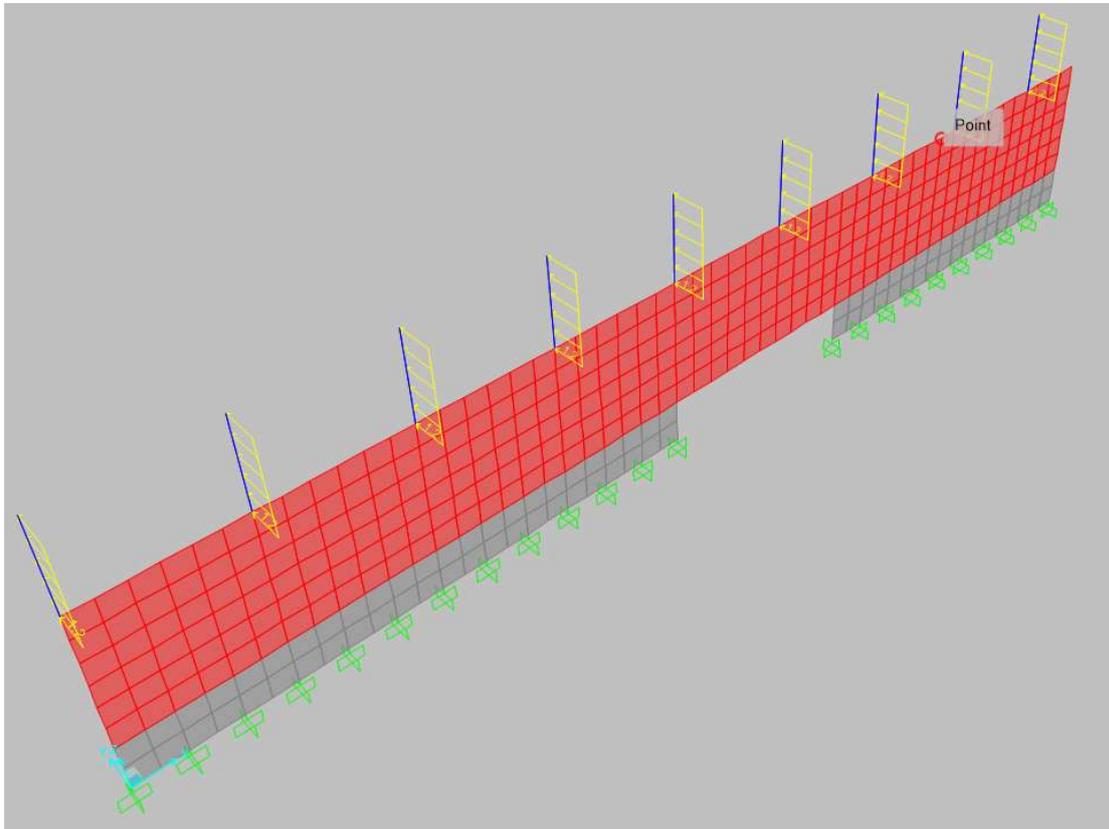


Azione sui montanti

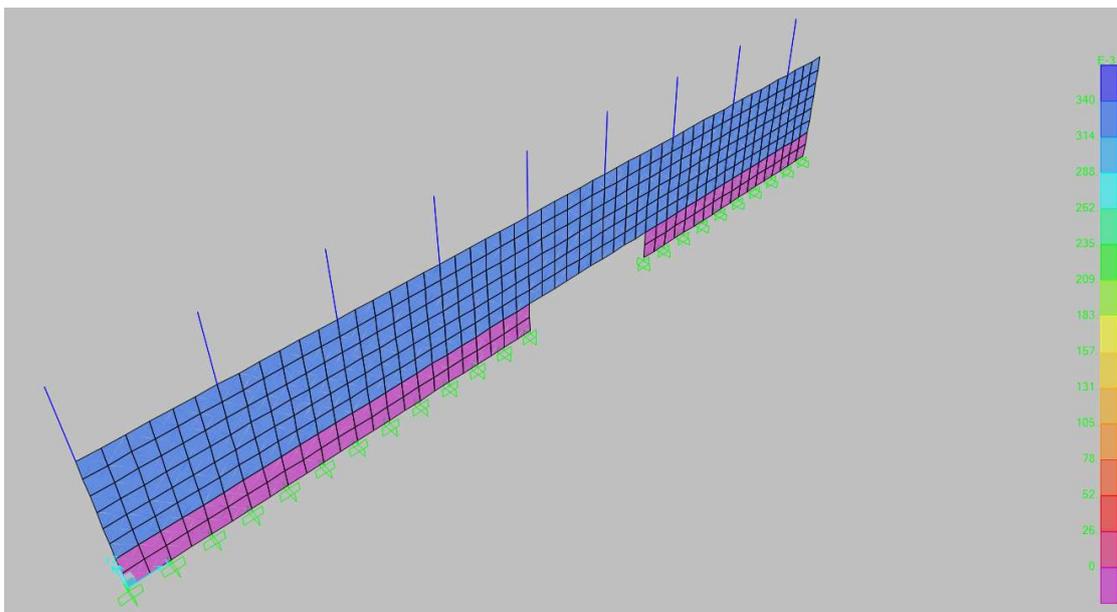


Azione sui setti - superfici

Schema di carico "V200"

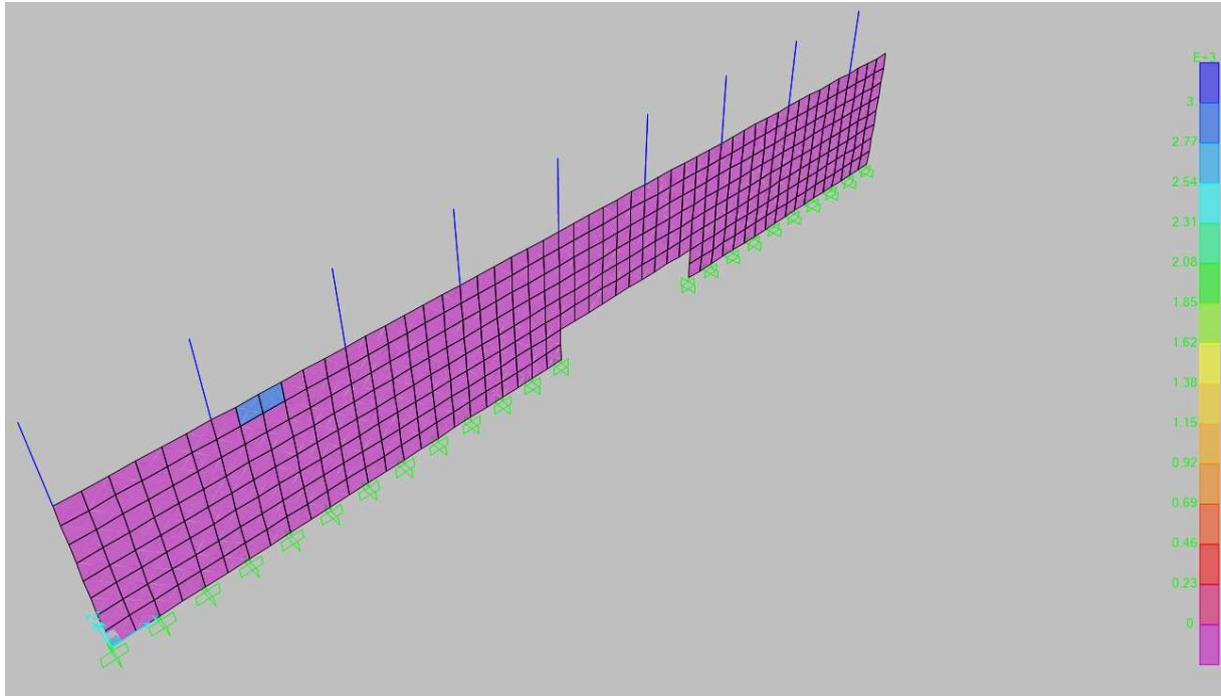


Azione sui montanti

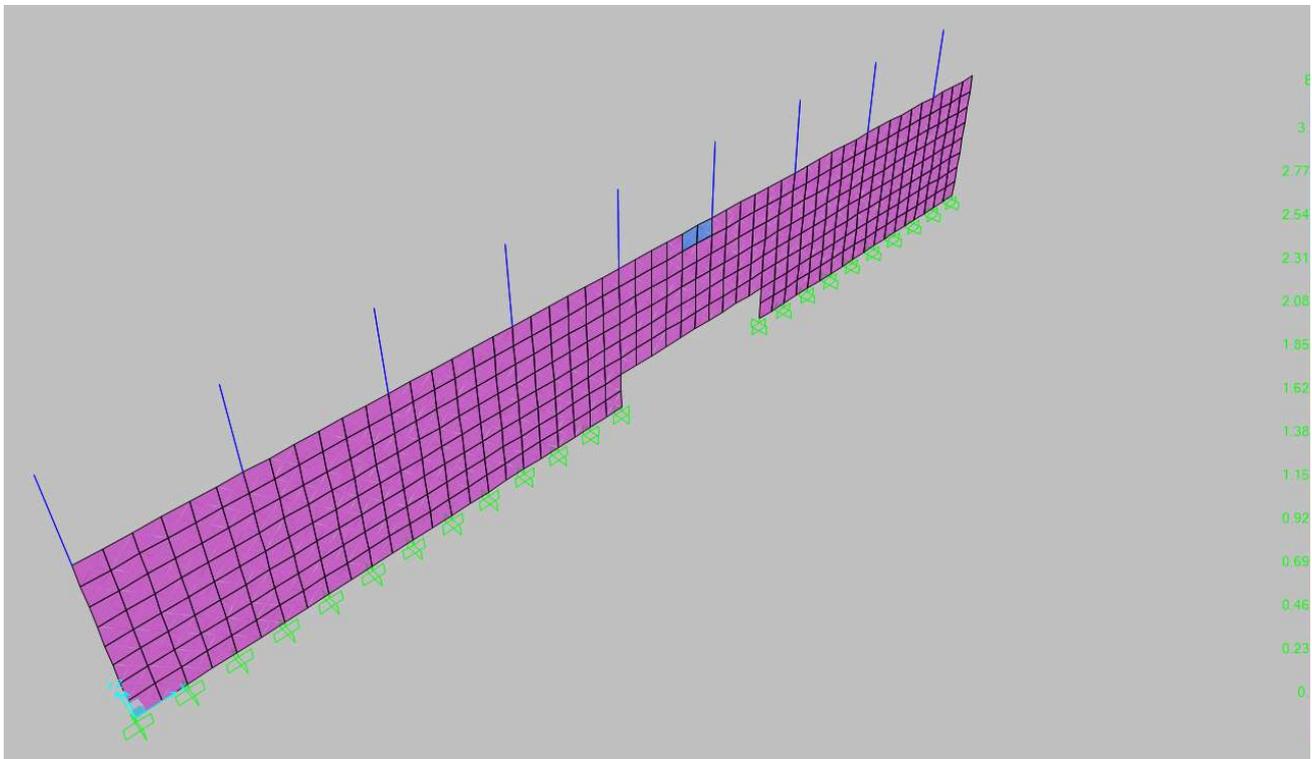


Azione sui setti - superfici

Schema di carico "URTO"



Azione sui setti – urto_01 – lontano dall'attraversamento idraulico



Azione sui setti – urto_attr – prossimo all'attraversamento idraulico

Si precisa che l'azione dovuta all'uro pari a 1'500 KN è stata applicata su di una superficie limitata di 0.5 x 1.00 mq a cui corrispondo 2 shell del modello, per questi motivi il valore della azione di superficie risulta essere pari a 3'000 KN/m².

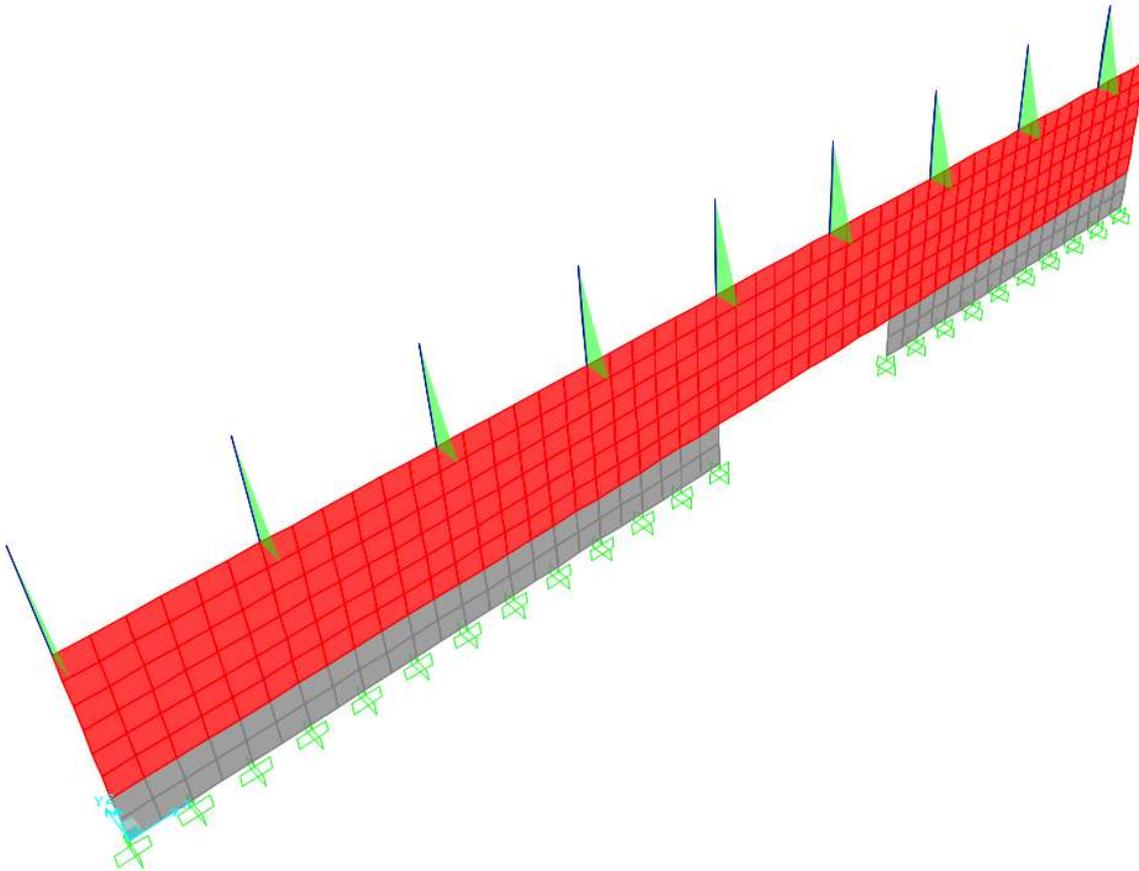
Inoltre tale azione è stata applicata ad un'altezza media dal piano del ferro di 1.80 mt.

7.3 RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE

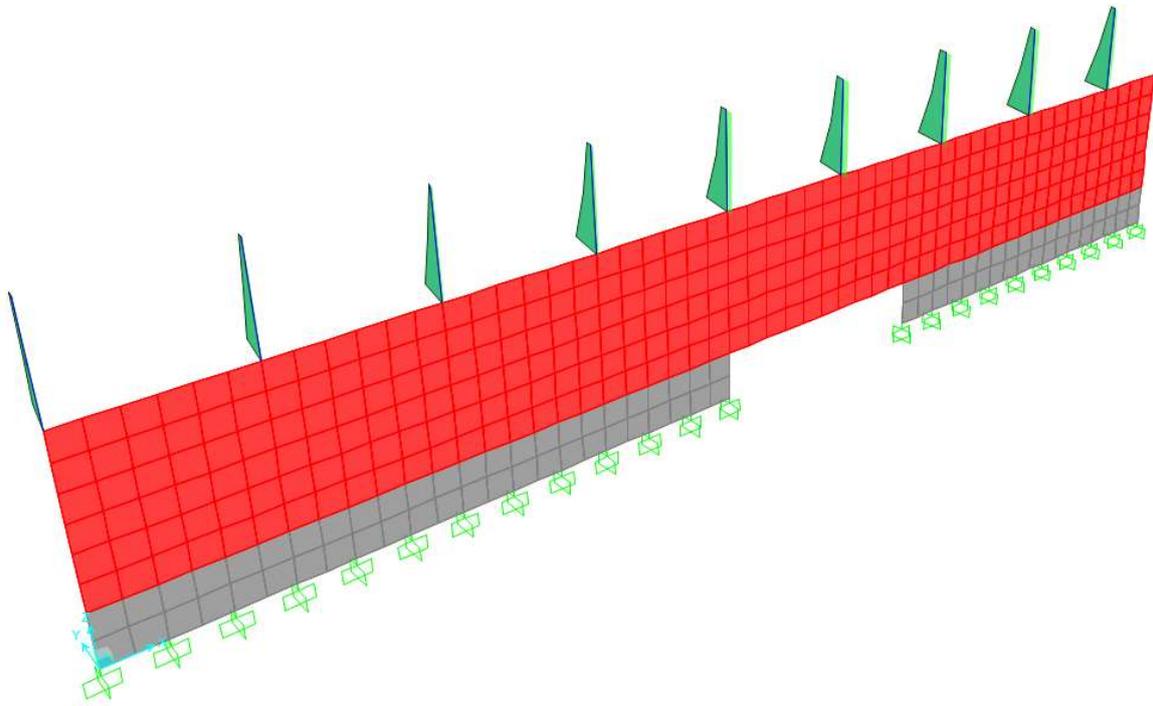
Una volta descritte le singole condizioni di carico e le combinazioni utilizzate è possibile ottenere:

- le sollecitazioni risultanti sugli elementi “beam” (montanti);
- le tensioni risultanti sugli elementi “shell” (setti e cordoli);
- le reazioni vincolari (azioni in testa alla palificata).

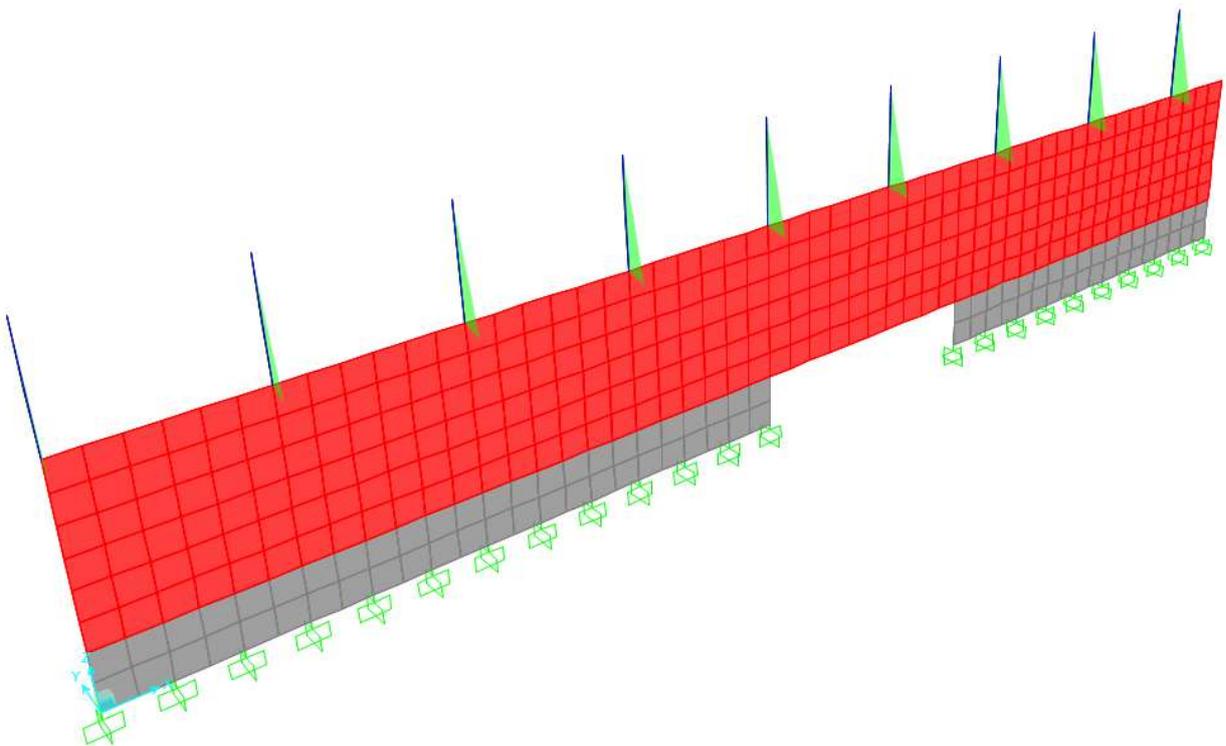
Inviluppo delle sollecitazioni sui montanti



Inviluppo combinazioni STR – Momento flettente - $M_{max} = 15.3 \text{ KNm}$

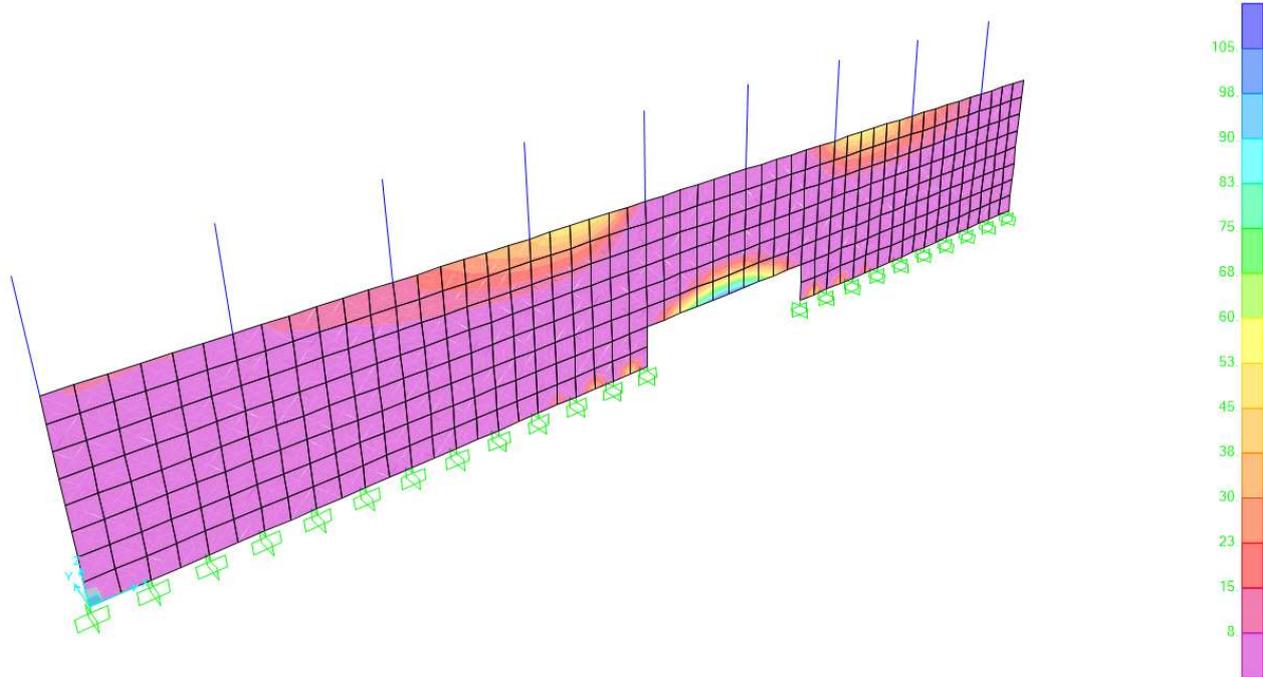


Inviluppo combinazioni STR – Taglio - T max = 15.3 KN

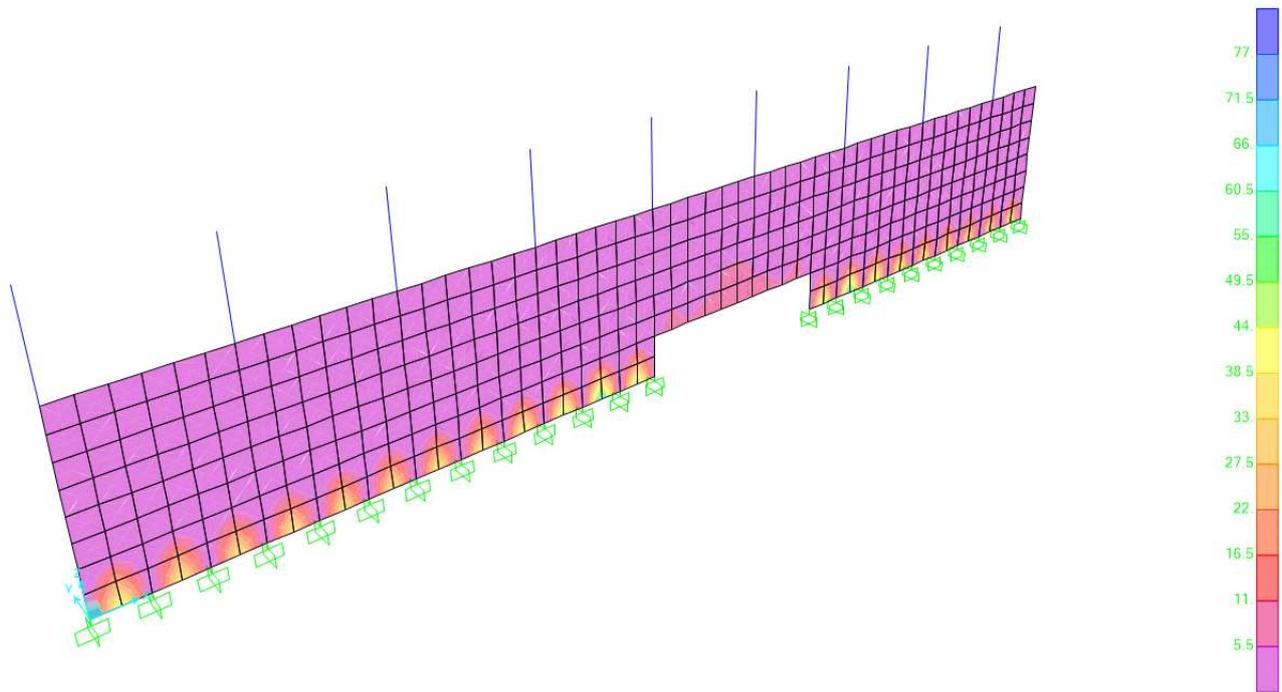


Inviluppo combinazioni STR – Sforzo Normale - $N_{max} = -5.86 \text{ KN}$

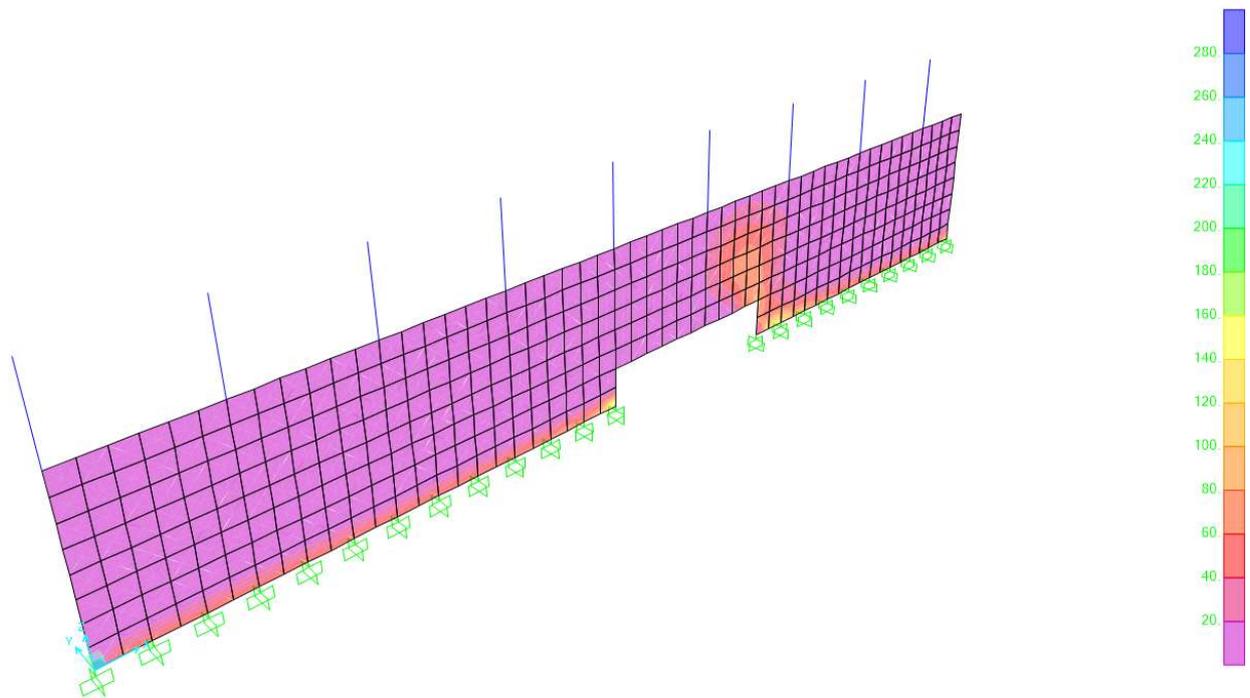
Forze risultanti sui setti e sui cordoli



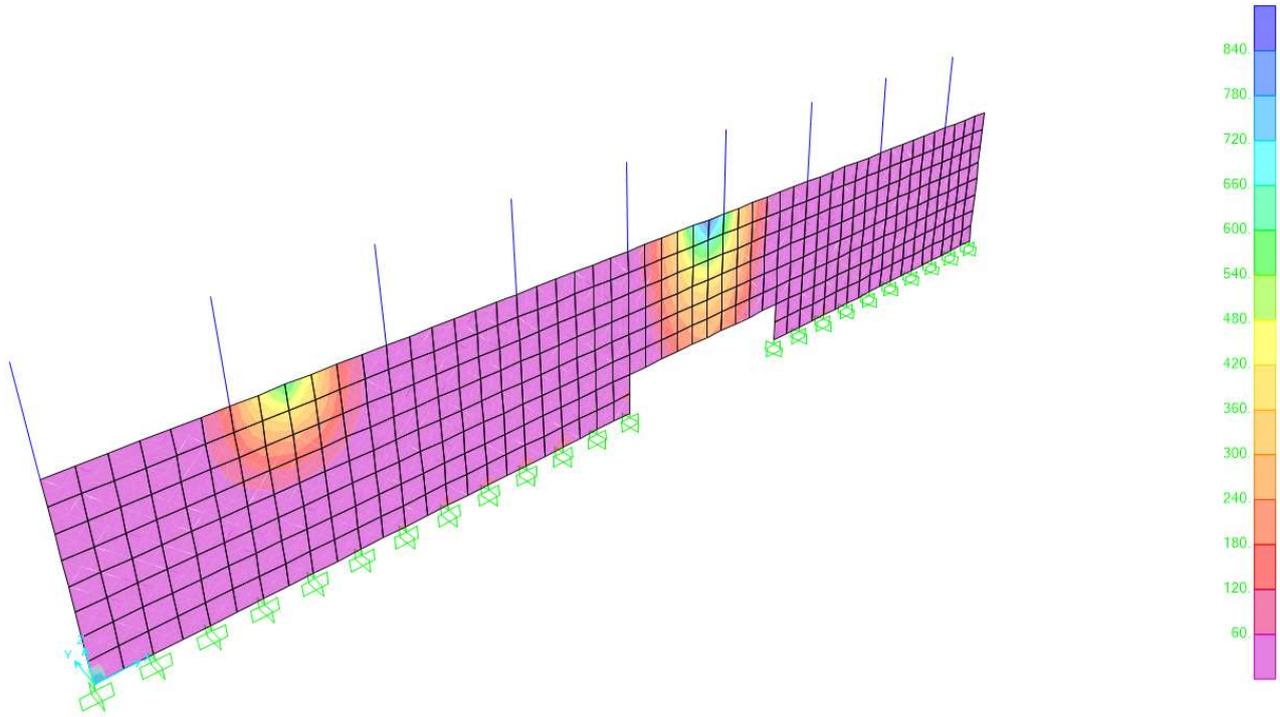
Inviluppo combinazioni STR – Forze risultanti - F11



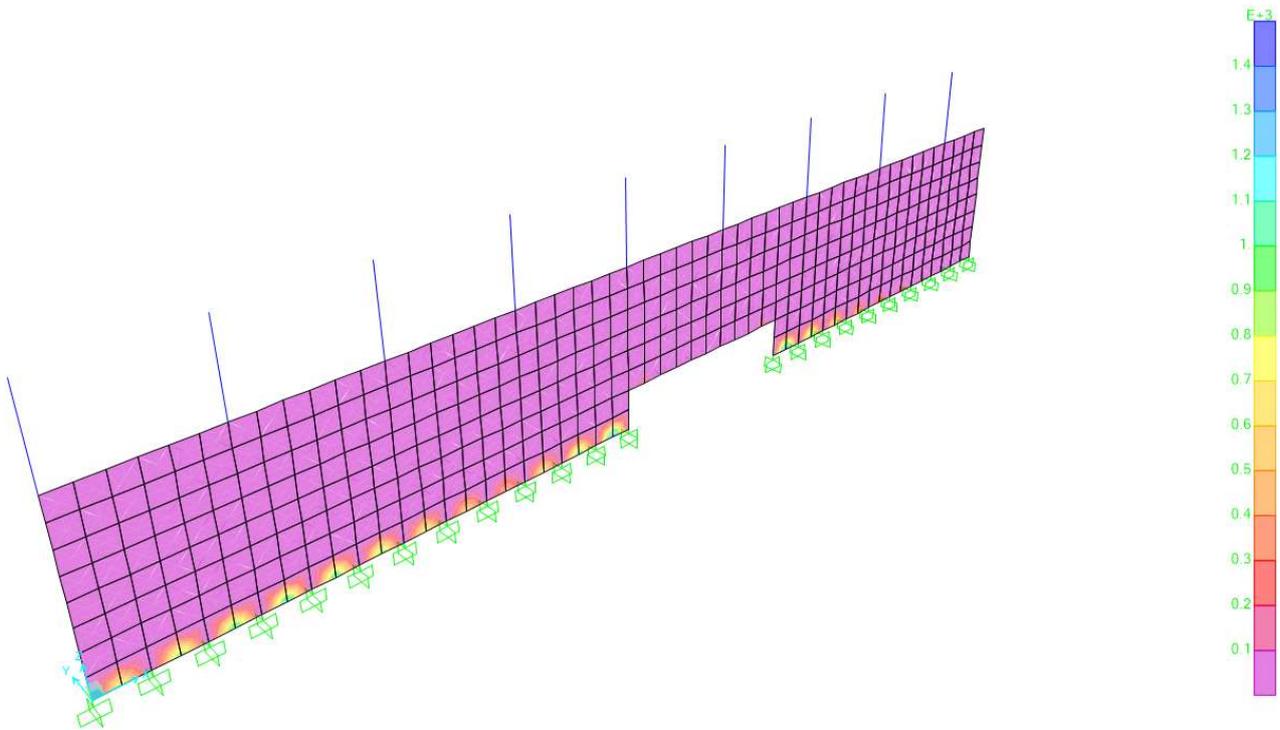
Inviluppo combinazioni STR – Forze risultanti – F22



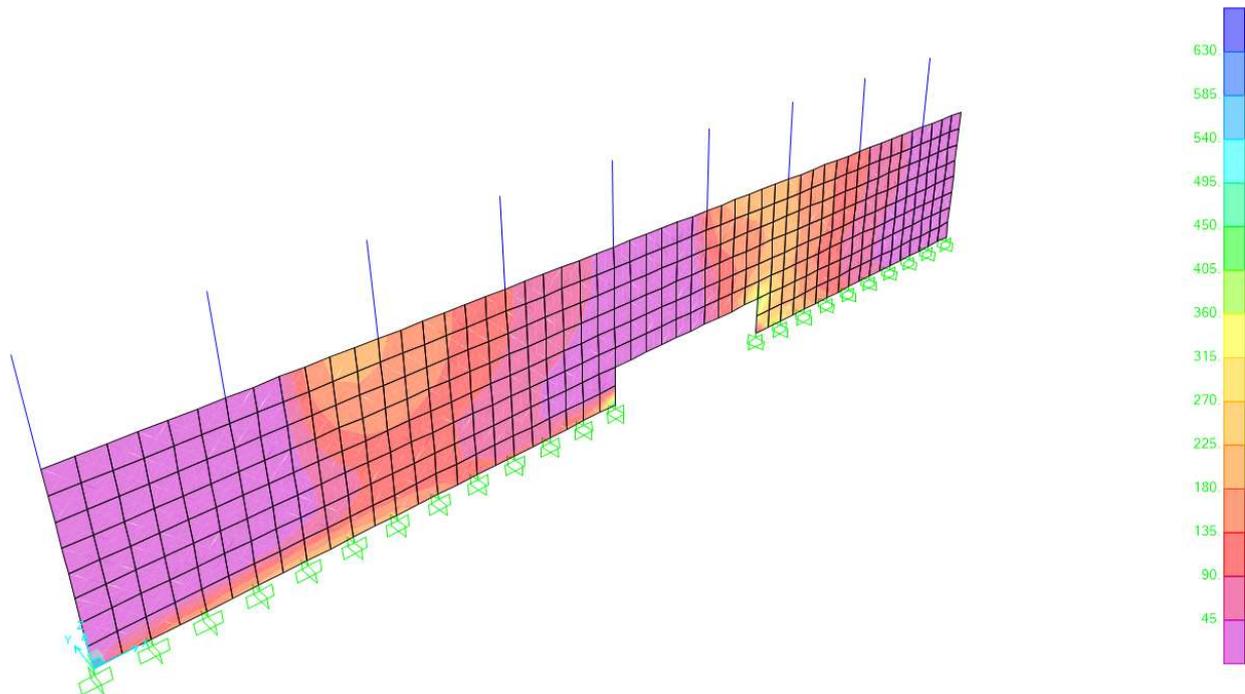
Inviluppo combinazioni STR – Forze risultanti – F12



Inviluppo combinazioni STR – Forze risultanti – M11



Inviluppo combinazioni STR – Forze risultanti – M22

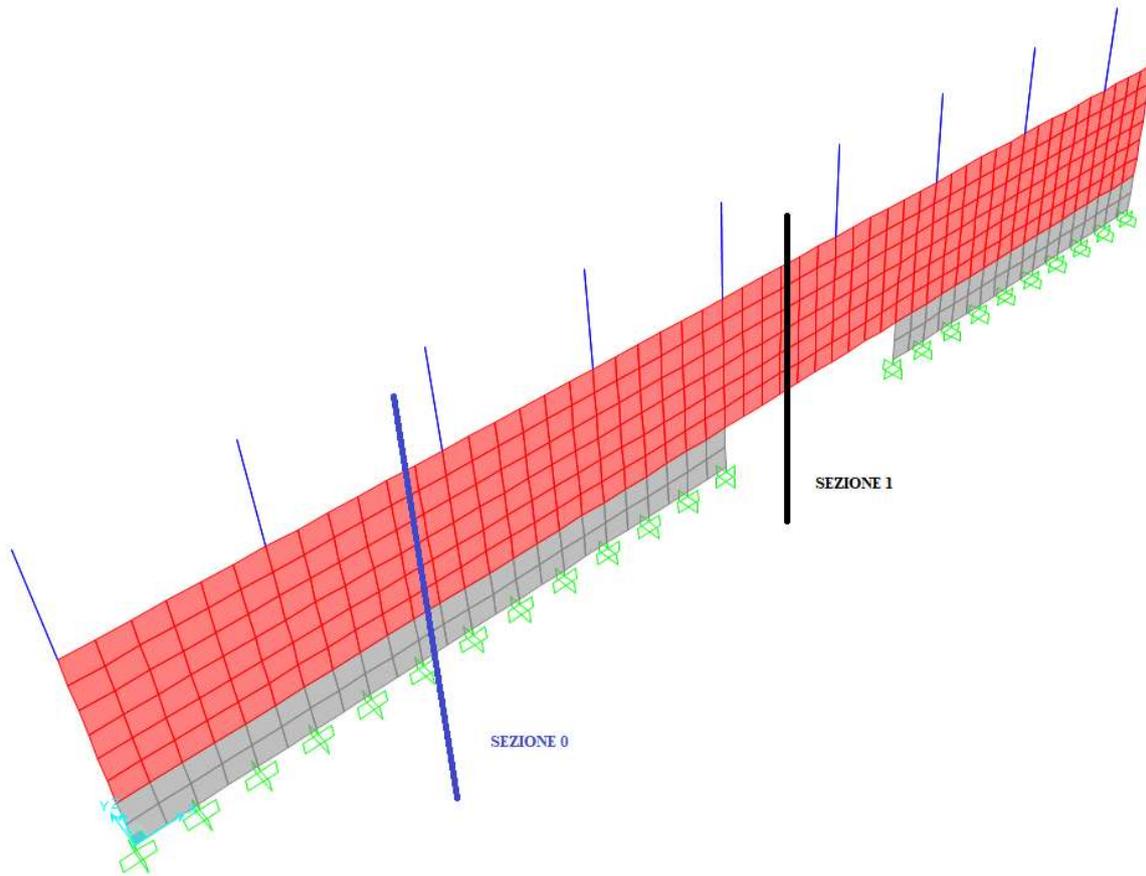


Inviluppo combinazioni STR – Forze risultanti – M12

Sono state individuate due sezioni principali di verifica al fine di ottenere le sollecitazioni risultanti all'interno degli elementi shell in modo da effettuare agevolmente le verifiche di tali elementi.

Le sezioni individuate tecnicamente chiamate “sections cut” sono le seguenti:

- SEZ_1_ATTR sezione verticale in prossimità dell'ettraversamento;
- SEZ_0 sezione verticale in prossimità dell'urto fuori attraversamento.



Localizzazione "sections cut"

I risultati ottenuti in termini di sollecitazioni risultanti hanno com sistema di riferimento quello globale ovvero:

- | | |
|----|---|
| F1 | Forsa risultante in direzione X del sistema di riferimento globale; |
| F2 | Forsa risultante in direzione Y del sistema di riferimento globale; |
| F3 | Forsa risultante in direzione Z del sistema di riferimento globale; |
| M1 | Momento risultante intorno all'asse X del sistema di riferimento globale; |
| M2 | Momento risultante intorno all'asse Y del sistema di riferimento globale; |
| M3 | Momento risultante intorno all'asse Z del sistema di riferimento globale; |

Di seguito si riportano i risultati dell'involuppo(STR) delle sollecitazioni:

TABLE: Section Cut Forces - Analysis

SectionCut	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SEZ_0	ENV_SLU(STR)	Combination	Max	0.00000282	0.349	6.481	1504.1534	37.1611	92.0997
SEZ_0	ENV_SLU(STR)	Combination	Min	-21.911	-567.645	-0.00001444	-171.866	-0.000001086	-365.4727
SEZ_1_ATTR	ENV_SLU(STR)	Combination	Max	0.00002347	749.812	0.00001881	84.9058	0.00001675	35.2978
SEZ_1_ATTR	ENV_SLU(STR)	Combination	Min	-95.677	-4.86	-42.458	-939.2625	-162.9916	-1213.3681

TABLE: Section Cut Forces - Analysis

SectionCut	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SEZ_0	ENV_SLU(STR)	Combination	Max	0.00000267	0.432	2.23	1006.5273	11.3517	24.7228
SEZ_0	ENV_SLU(STR)	Combination	Min	-15.206	-520.603	-0.00001284	-47.7674	-3.769E-07	-263.9198
SEZ_1_ATTR	ENV_SLU(STR)	Combination	Max	0.00001652	749.986	0.00000873	17.1717	0.00002948	7.7706
SEZ_1_ATTR	ENV_SLU(STR)	Combination	Min	-63.789	-1.282	-28.95	-562.594	-94.5161	-1012.1809

Dai risultati si evince che le massime sollecitazioni si hanno in prossimità dell'attraversamento idraulico, tutta via si procederà al dimensionamento delle armature in funzione della localizzazione delle strutture siano esse in prossimità dell'attraversamento e non.

Si ricorda che sia per la determinazione delle sollecitazioni massime sono state definite le combinazioni di involuppo al modo di tenere in conto di tutte le combinazioni siano esse statiche o sismiche:

- ENV SLU (STR) [STR01 , STR02 , STR03 , STR04 , STR05 , SLV]
- ENV SLU (GEO) [GEO01 , GEO02 , GEO03 , GEO04]

In questo modo si ha la certezza che le sollecitazioni ottenute siano le più gravosi ai fini delle verifiche strutturali.

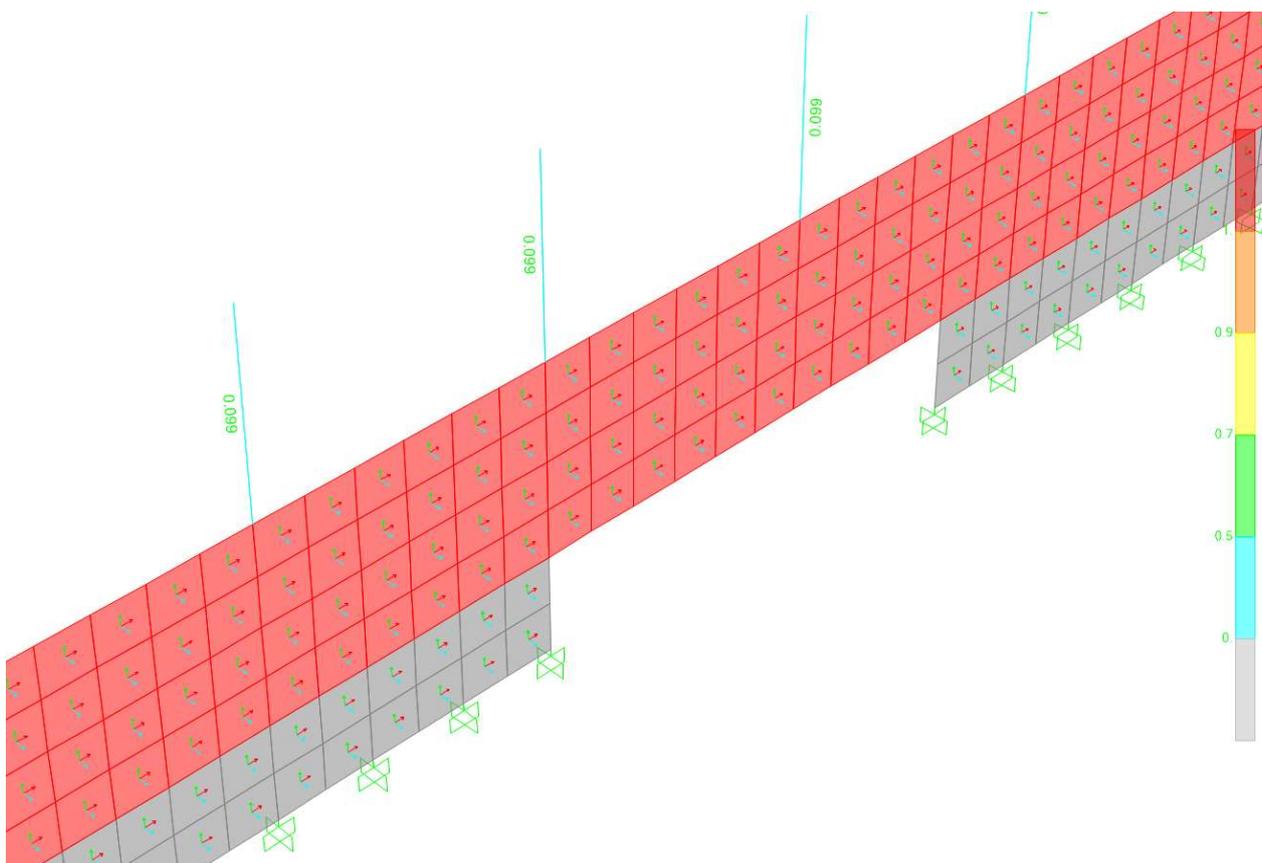
8 VERIFICHE

8.1 VERIFICHE SLU ED SLE DELLA BARRIERA

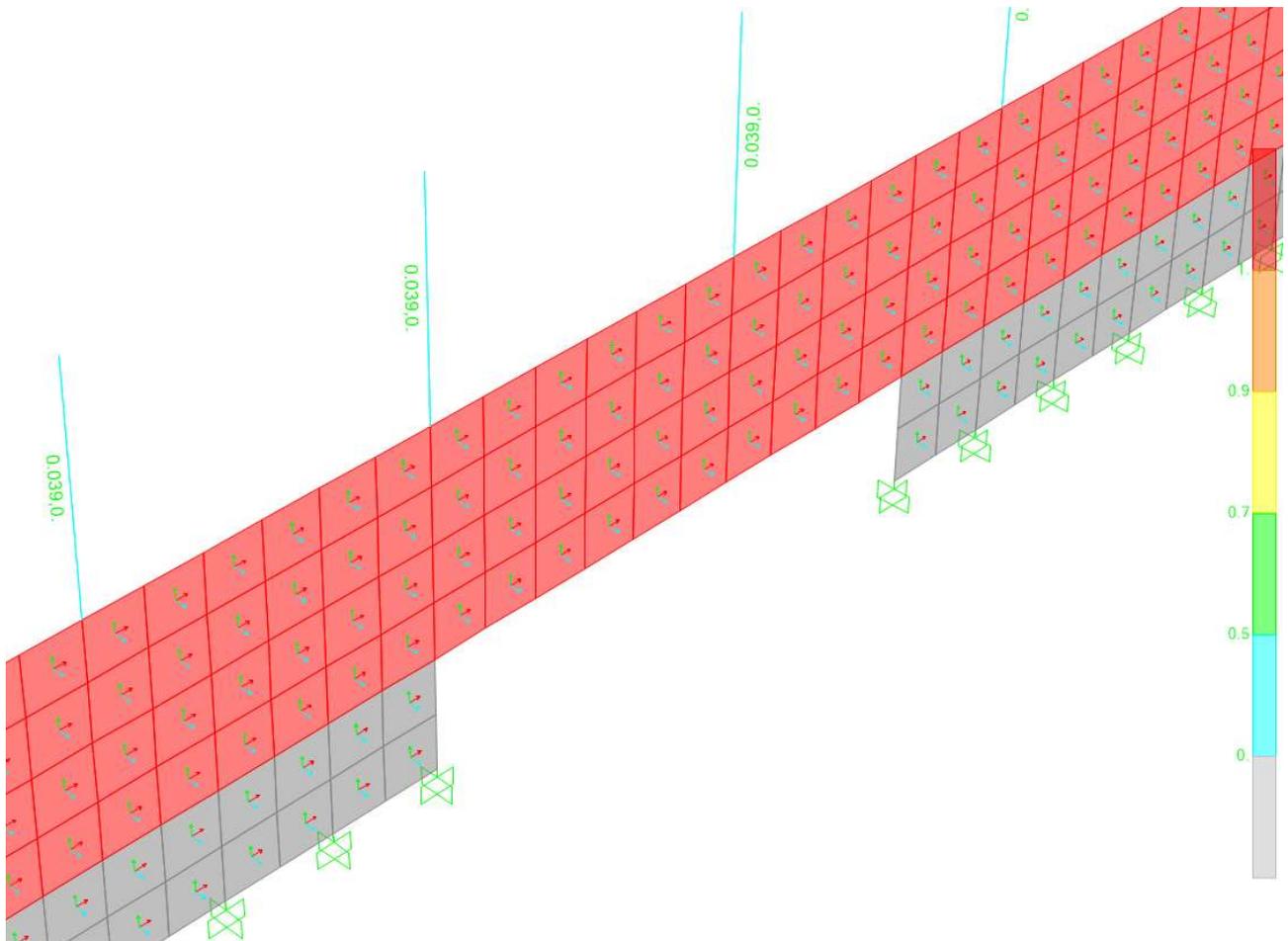
Il montante in acciaio è costituito da un profilo HEB 180 S355. Le azioni massime agenti alla base dell'elemento sono quelle riportate nel paragrafo precedente. Si riportano di seguito le verifiche eseguite per la sezione in esame, eseguite mediante l'implementazione di fogli di calcolo excel.

8.1.1 VERIFICHE DI RESISTENZA DEL MONTANTE

Si riporta di seguito l'output delle verifiche effettuate direttamente dal programma di calcolo:

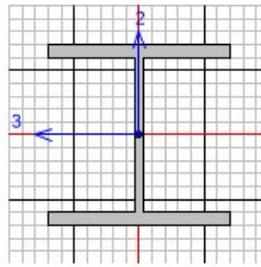


P-M ratio domanda/capacità $\rho_{max} = 0.099$



P-M ratio Shear ρ max = 0.039

Di seguito si riportano le gli output di verifica:



Units

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 19 X Mid: 15. Combo: ENV_SLU(STR) Design Type: Column
 Length: 2. Y Mid: 0. Shape: HE180B Frame Type: DCM-EBF
 Loc : 0. Z Mid: 4. Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
 An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=1.

Aeff=0.007	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.007	Iyy=3.831E-05	iyy=0.077	Wel,yy=4.257E-04	Weff,yy=4.257E-04
It=0.	Izz=1.363E-05	izz=0.046	Wel,zz=1.514E-04	Weff,zz=1.514E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.18	Wpl,yy=4.810E-04	Av,y=0.005
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=2.310E-04	Av,z=0.002

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-5.857	15.3	0.	15.3	0.	0.

Units

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: $0.099 = 0.003 + 0.096 + 0. < 1.$ OK
 $= NEd / (\chi_z N Rk / \Gamma_{M1}) + k_{zy} (M_y, Ed + NEd eNy) / (\chi_{LT} M_y, Rk / \Gamma_{M1})$
 $+ k_{zz} (M_z, Ed + NEd eNz) / (M_z, Rk / \Gamma_{M1})$ (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd				
Axial	Force	Capacity	Capacity				
	-5.857	2207.762	2207.762				
	Np1, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag		
	2207.762	2397.816	10401.958	10401.958	1.		
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd	
Major (y-y)	b	0.34	19850.489	0.342	0.582	0.949	2094.269
MajorB(y-y)	b	0.34	19850.489	0.342	0.582	0.949	2094.269
Minor (z-z)	c	0.49	7062.442	0.573	0.755	0.801	1769.118
MinorB(z-z)	c	0.49	7062.442	0.573	0.755	0.801	1769.118
Torsional TF	c	0.49	10401.958	0.472	0.678	0.858	1895.305

MOMENT DESIGN

	Med	Med, span	Mm, Ed	Meq, Ed			
	Moment	Moment	Moment	Moment			
Major (y-y)	15.3	15.3	15.3	15.3			
Minor (z-z)	0.	0.	0.	0.			
	Mc, Rd	Mv, Rd	Mn, Rd	Mb, Rd			
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity			
Major (y-y)	162.624	162.624	162.624	159.429			
Minor (z-z)	78.1	78.1	78.1				
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
	b	0.34	0.321	0.572	0.98	2.174	1661.772
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0.4	0.601	0.999	1.002			

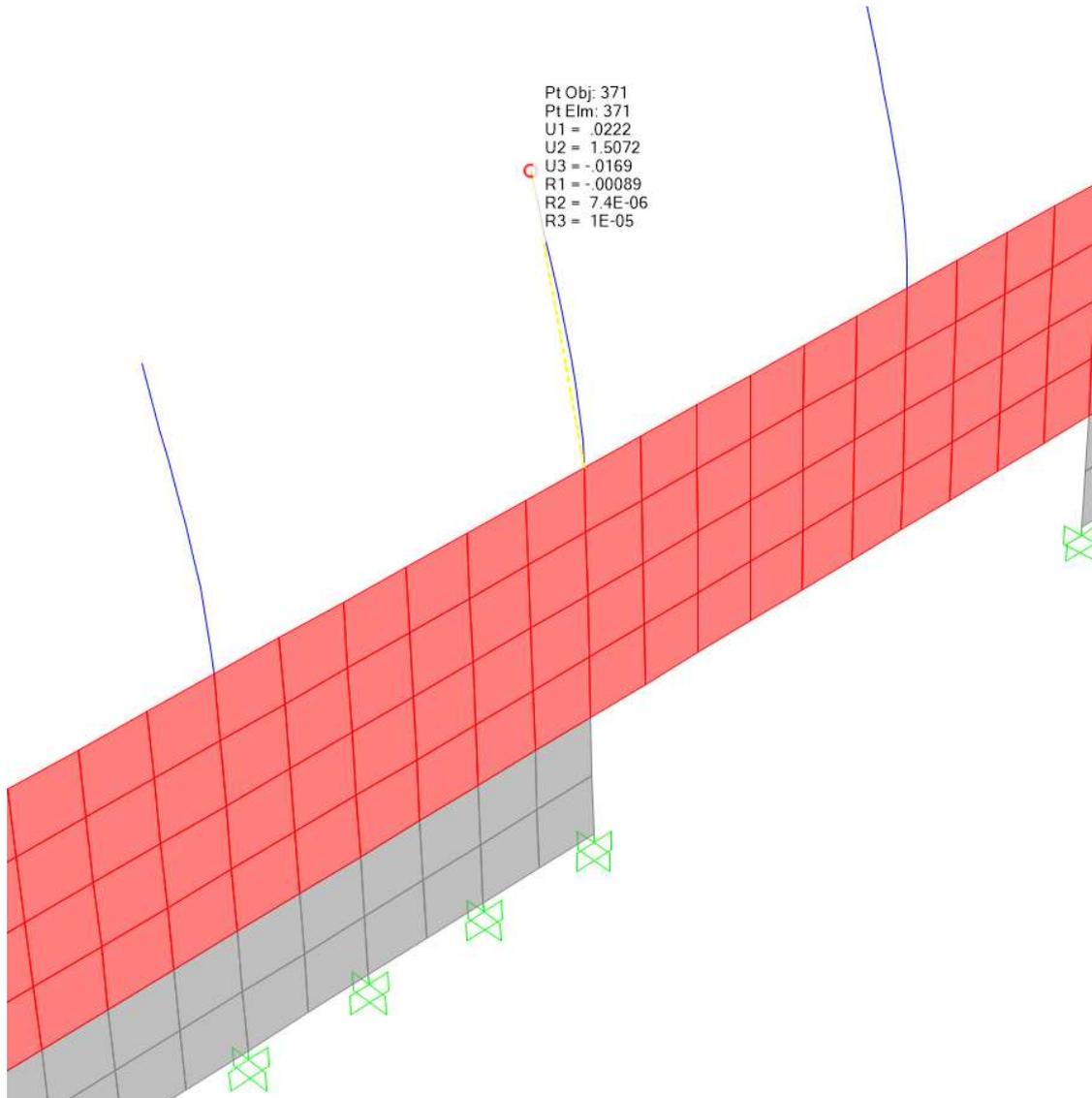
SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc, Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	15.3	0.	396.059	0.039	OK
Minor (y)	0.	0.	1022.454	0.	OK
Reduction	Vp1, Rd	Eta	LambdaBarW		
	396.059	1.	0.247		

8.1.2 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

La verifica di deformabilità si effettua confrontando la deformabilità laterale del montante confrontando lo spostamento della testa del montante dovuta alla combinazione caratteristica rara con lo spostamento ammissibile $f_{amm} = 1/150 L$, con $L = 2000$ mm pari all'altezza del montante.

Lo spostamento risulta essere pari a: $f = U2 = 1.50$ mm



$f < f_{amm}$ $1.50\text{mm} < 13.3 \text{ mm}$

verifica soddisfatta

8.1.3 VERIFICHE DI RESISTENZA DELLA PIASTRA DI BASE

La piastra di base è collegata al setto sottostante in c.a. attraverso n° 6 barre compressive Ø30 complessivi posti specularmente rispetto all'asse di simmetria del montante formando 2 file di bulloni.

La lunghezza di inghisaggio delle barre M30 nel cls di base viene fissata pari a 400 mm con rosetta di contrasto di diametro 100 mm e spessore 20 mm.

La piastra di base di spessore pari a 30 mm che ha dimensioni di 450 x 450 mm è saldata a cordone d'angolo al montante.

Le azioni massime prese in considerazione per le verifiche del collegamento di base composto da piastra e tirafondi sono di seguito riportate:

$$M_{\max} = 15.3 \text{ KNm}$$

$$T_{\max} = 15.3 \text{ KN}$$

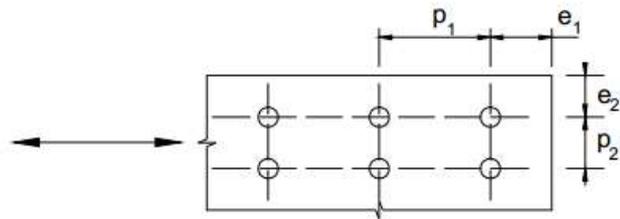
$$N = 5.86 \text{ KN}$$

Nella pagina che segue si riportano le verifiche di resistenza svolte:

TIRAFONDI 8.8 E PIASTRA DI BASE

☐

Numero tirafondi	$n_b := 6$	$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$
Classe bullone	$M := 8,8$	$f_{tb} := 800 \text{ MPa}$
		$\gamma_{M2} := 1,25$
coefficiente di sicurezza		$f_t := 430 \text{ MPa}$
geometria collegamento	$e_1 := 50 \text{ mm}$	$p_1 := 350 \text{ mm}$
	$e_2 := 50 \text{ mm}$	$p_2 := 175 \text{ mm}$
Altezza piastra	$h_p := 450 \text{ mm}$	
Larghezza piastra	$b_p := 450 \text{ mm}$	
Spessore piastra	$t_p := 25 \text{ mm}$	
Diametro del gambo	$D := 30 \text{ mm}$	
diametro testa tirafondo	$d_m := 50,85 \text{ mm}$	
Area resistente del tirafondo	$A_{res} := 561 \text{ mm}^2$	
Lunghezza ancoraggio del gambo	$L := 400 \text{ mm}$	



SOLLECITAZIONI

Compressione	$N := 5,86 \text{ kN}$	Taglio	$V := 15,3 \text{ kN}$	M.Flettente	$M_f := 15,3 \text{ kN m}$
eccentricità	$e := \frac{M_f}{N} = 2610,9215 \text{ mm}$				
	$\text{if } e \leq \frac{h_p}{6}$				
	SEZIONE=1	SEZIONE=2	SEZIONE=1	----->	SEZIONE NON PARZIALIZZATA
	else		SEZIONE=2	----->	SEZIONE PARZIALIZZATA
	SEZIONE=2				

CALCOLO RESISTENZA TIRAFONDO

Resistenza a taglio per ogni piano di taglio del bullone	$\text{if } (M \geq 10,9)$	
	$F_{vRd} := 0,5 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res}}{\gamma_{M2}}$	
	else	
	$F_{vRd} := 0,6 \cdot f_{tb} \cdot \frac{A_{res}}{\gamma_{M2}}$	$F_{vRd} = 215,42 \text{ kN}$

Resistenza a rifollamento

scegliere----> COND=1

COND=1
bulloni di bordo in direzione del carico

$$\alpha_1 := \min \left(\begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{tb}}{f_t} \\ 1 \end{array} \right) \quad \alpha_1 = 0,53$$

COND=2
bulloni interni nella direzione del carico

$$\alpha_2 := \min \left(\begin{array}{c} \frac{p_1}{3 \cdot d_0 - 0,25 \text{ mm}} \\ \frac{f_{tb}}{f_t} \\ 1 \end{array} \right) \quad \alpha_2 = 1$$

COND=3
bulloni di bordo in direzione perpendicolare al carico

$$k_1 := \min \left(\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right) \quad k_1 = 2,5$$

COND=4
bulloni interni in direzione perpendicolare al carico

$$k_2 := \min \left(\begin{array}{c} 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right) \quad k_2 = 2,5$$

$$F_{bRd_ba} := k_1 \cdot \alpha_1 \cdot f_t \cdot D \cdot \frac{t_p}{Y_{M2}} \quad F_{bRd_ba} = 341,27 \text{ kN}$$

$$F_{bRd_ia} := k_2 \cdot \alpha_2 \cdot f_t \cdot D \cdot \frac{t_p}{Y_{M2}} \quad F_{bRd_ia} = 645 \text{ kN}$$

```

if COND=1
  F_bRd:=F_bRd_ba
else
  if COND=2
    F_bRd:=F_bRd_ia
  else
    if COND=3
      F_bRd:=F_bRd_bo
    else
      F_bRd:=F_bRd_io
  
```

F_bRd = 341,27 kN

Resistenza a trazione del gambo del bullone

$$F_{tRd} := \frac{0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{Y_{M2}}$$

F_{tRd} = 323,14 kN

Resistenza a punzonamento del piatto

$$B_{pRd} := 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot \frac{f_t}{\gamma_{M2}}$$

$$B_{pRd} = 824,31 \text{ kN}$$

Resistenza a sfilamento del tirafondo

Distanza minima tra asse tirafondo e bordo calcestruzzo

$$a = 220 \text{ mm}$$

TIR:2 = TIRAFONDI CON ROSETTA

Lunghezza del gambo

$$L = 400 \text{ mm}$$

Diametro rosetta

$$\phi := 100 \text{ mm}$$

Spessore rosetta

$$t := 20 \text{ mm}$$

Resistenza del tirafondo per aderenza col cls

$$F_{adR} := \frac{f_{bd}}{\left(1 + \frac{D}{a}\right)^2} \cdot \pi \cdot D \cdot L + f_{cd} \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi^2}{4} - \frac{D^2}{4}\right)$$

$$F_{adR} = 179,88 \text{ kN}$$

Verifica rosetta

$$\frac{\phi}{D} = 3,33 \quad \eta := 3,36$$

$$\eta \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{\phi}{2 \cdot t}\right) = 119 \text{ MPa} < \frac{f_y}{\gamma_{M2}} = 220 \text{ MPa}$$

DATI PER SEZIONI PARZIALIZZATE

e = 2610,9215 mm eccentricità

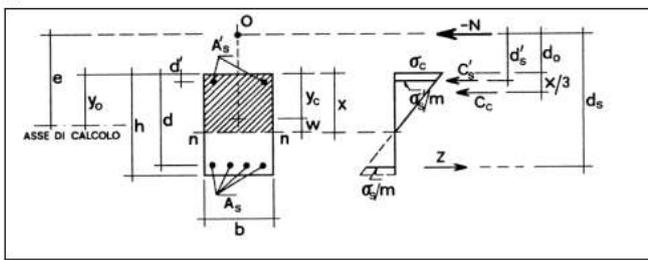
n = 15 coefficiente di omogenizzazione

Base della piastra $b := b_p$ $b = 45 \text{ cm}$

Altezza della piastra $h := h_p$ $h = 45 \text{ cm}$

Distanze dal lembo compresso

	A_{s1}	A_{s2}	A_{s3}	A_{s4}	A_{s5}	A_s	d
Area BULLONATURA strato più vicino al lembo compresso	$A_{s1} := 3 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right)$	$A_{s1} = 2120,575 \text{ mm}^2$					$d_1 := 50 \text{ mm}$
Area BULLONATURA strato 2 dal lembo compresso	$A_{s2} := 0 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right)$	$A_{s2} = 0 \text{ mm}^2$					$d_2 := 0 \text{ mm}$
Area BULLONATURA strato 3 dal lembo compresso	$A_{s3} := 0 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right)$	$A_{s3} = 0 \text{ mm}^2$					$d_3 := 0 \text{ mm}$
Area BULLONATURA strato 4 al lembo compresso	$A_{s4} := 0 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right)$	$A_{s4} = 0 \text{ mm}^2$					$d_4 := 0 \text{ mm}$
Area BULLONATURA strato 5 dal lembo compresso	$A_{s5} := 0 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right)$	$A_{s5} = 0 \text{ mm}^2$					$d_5 := 0 \text{ mm}$
Area BULLONATURA strato più distante dal lembo compresso	$A_s := 3 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right)$	$A_s = 2120,575 \text{ mm}^2$					$d := 400 \text{ mm}$



$$x^3 + 3d_0x^2 + \frac{6m}{b}(A_s d_s + A'_s d'_s)x - \frac{6m}{b}(A_s d_s d + A'_s d'_s d') = 0$$

$$S_i = \frac{bx^2}{2} + mA'_s(x - d') - mA_s(d - x) \quad (> 0)$$

- $d_0 := e - \frac{h}{2} \quad d_0 = 2385,9215 \text{ mm}$
- $d_{S5} := (d_s + d_0) \quad d_{S5} = 2435,9215 \text{ mm} \quad d_{S4} := (d_4 + d_0) \quad d_{S4} = 2385,9215 \text{ mm}$
- $d_{S2} := (d_2 + d_0) \quad d_{S2} = 2385,9215 \text{ mm} \quad d_{S5} := (d_5 + d_0) \quad d_{S5} = 2385,9215 \text{ mm}$
- $d_{S3} := (d_3 + d_0) \quad d_{S3} = 2385,9215 \text{ mm} \quad d_S := (d + d_0) \quad d_S = 2785,9215 \text{ mm}$

Posizione asse neutro x

$$a := 1 \quad a_1 := 3 \cdot d_0 \quad a_2 := \frac{6 \cdot n}{b} \cdot (A_s \cdot d_S + A_{S5} \cdot d_{S5} + A_{S4} \cdot d_{S4} + A_{S3} \cdot d_{S3} + A_{S2} \cdot d_{S2} + A_{SS} \cdot d_{SS})$$

$$a_3 := -\frac{6 \cdot n}{b} \cdot (A_s \cdot d \cdot d_S + A_{S5} \cdot d_5 \cdot d_{S5} + A_{S4} \cdot d_4 \cdot d_{S4} + A_{S3} \cdot d_3 \cdot d_{S3} + A_{S2} \cdot d_2 \cdot d_{S2} + A_{SS} \cdot d_s \cdot d_{SS})$$

$$R_p := \begin{pmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a \end{pmatrix} \quad R'_p := \text{polyroots}(R_p) = \begin{pmatrix} 156,1771 \cdot \frac{1}{m} \\ -492,0848 \cdot \frac{1}{m} \\ -6821,8568 \cdot \frac{1}{m} \end{pmatrix} \text{ mm}$$

Asse neutro $x_p := R'_p[1] \text{ m} \quad x_p = 156,18 \text{ mm}$

Momento statico sezione parzializzata

$$S_i := \left(\frac{b \cdot x_p^2}{2} - n \cdot A_{SS} \cdot (d_S - x_p) - n \cdot A_{S5} \cdot (d_5 - x_p) - n \cdot A_{S4} \cdot (d_4 - x_p) - n \cdot A_{S3} \cdot (d_3 - x_p) - n \cdot A_{S2} \cdot (d_2 - x_p) - n \cdot A_S \cdot (d - x_p) \right)$$

TENSIONE CALCESTRUZZO

```

if SOLLECITAZIONE=1
  sigma_c := sigma_cf
else
  if SOLLECITAZIONE=2
    sigma_c := sigma_cp
  else
    if SOLLECITAZIONE=3
      sigma_c := sigma_ct
    else
      if SOLLECITAZIONE=4
        sigma_c := sigma_cn
      else
        sigma_c := sigma_ce

```

$$\sigma_c = 0,8247 \frac{N}{mm^2}$$

TENSIONE ACCIAIO

```

if SOLLECITAZIONE=1
  sigma_s := sigma_sf
else
  if SOLLECITAZIONE=2
    sigma_s := sigma_sp
  else
    if SOLLECITAZIONE=3
      sigma_s := sigma_st
    else
      if SOLLECITAZIONE=4
        sigma_s := sigma_sn
      else
        sigma_s := sigma_se

```

$$\sigma_s = 19,31 \frac{N}{mm^2}$$

VERIFICHE

Verifica Tirafondi e Calcestruzzo

Azioni di progetto per ogni tirafondo

Azione di progetto di Taglio

$n_b = 6$ numero di tirafondi

$$F_{VEd} := \frac{V}{n_b} \quad F_{VEd} = 2,55 \text{ kN}$$

Azione di progetto di Trazione

$$F_{tEd} := \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot \sigma_s \quad F_{tEd} = 13,65 \text{ kN}$$

Classe del bullone

8.8

Spessore della piastra

$t_p = 25 \text{ mm}$

Diametro del gambo

$D = 30 \text{ mm}$

Area resistente del bullone

$A_{res} = 561 \text{ mm}^2$

Geometria del collegamento

$e_1 = 50 \text{ mm}$

$p_1 = 350 \text{ mm}$

$e_2 = 50 \text{ mm}$

$p_2 = 175 \text{ mm}$

Resistenza a taglio del tirafondo	$F_{vRd} = 215,42 \text{ kN}$
Resistenza a trazione del tirafondo	$F_{tRd} = 323,14 \text{ kN}$
Resistenza a rifollamento della piastra	$F_{bRd} = 341,27 \text{ kN}$
Resistenza a punzonamento della piastra	$B_{pRd} = 824,31 \text{ kN}$

$$\frac{F_{VEd}}{F_{vRd}} + \frac{F_{tEd}}{1,4 \cdot F_{tRd}} = 0,04$$

$$\frac{F_{tEd}}{F_{tRd}} = 0,04$$

$$\frac{F_{VEd}}{F_{bRd}} = 0,01$$

$$\frac{F_{tEd}}{B_{pRd}} = 0,02$$

Verifiche ≤ 1 ≤ 1 ≤ 1 ≤ 1

Verifica a compressione del calcestruzzo $\sigma_c = 0,8247 \frac{N}{mm^2} \leq f_{cd} = 14,1667 \frac{N}{mm^2}$

VERIFICA SFILAMENTO TIRAFONDO

TIRAFONDI CON ROSETTA

Resistenza sfilamento tirafondo con rosetta $F_{adR} = 179,88 \text{ kN}$

$$\frac{F_{tEd}}{F_{adR}} = 0,08 \leq 1$$

Verifica rosetta $\frac{\phi}{D} = 3,33$ $\eta = 3,36$

$$\eta \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{D}{2 \cdot t} \right) = 35,7 \text{ MPa} < \frac{f_y}{\gamma_{M2}} = 220 \text{ MPa}$$

Verifica Pressione massima sul calcestruzzo trasmesso dalla rosetta

Massima trazione nel tirafondo $F_{tEd} = 13,6516 \text{ kN}$

Pressione sul calcestruzzo
$$p = \frac{F_{tEd}}{\left(\frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right)}$$

$$p = 1,9101 \frac{N}{mm^2} < f_{cd} = 14,1667 \frac{N}{mm^2}$$

Verifica Piastra di base al tiro del tirafondo

□

Si considera una porzione di flangia inflessa schematizzandola come una mensola con sezione di incastro rettangolare di base $B=D+2A$ ed altezza t_p .

$d_m = 50,85 \text{ mm}$ Diametro testa tirafondo

$A = 85 \text{ mm}$ Distanza Tirafondo -piatto verticale

$B = d_m + 2 \cdot A = 220,85 \text{ mm}$ Base sezione di incastro della mensola

$t_p = 25 \text{ mm}$ Spessore piastra=altezza sezione incastro

$F_{tEd} = 13,6516 \text{ kN}$ Resistenza a trazione del tirafondo

$M_i := F_{tEd} \cdot A = 1,1604 \text{ kN m}$ Momento di incastro

$W_{el} := \frac{B \cdot t_p^2}{6} = 23,0052 \text{ cm}^3$ modulo elastico sezione incastro

$M_{rd} := \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 6,0252 \text{ kN m}$ Momento resistente elastico sezione incastro

$$\frac{M_i}{M_{rd}} = 0,1926 \leq 1$$

Verifica Piastra di base alle pressioni di contatto col calcestruzzo

Se non vi sono irrigidimenti si considera la piastra secondo uno schema statico di mensola caricata dal basso dalle tensioni agenti sul calcestruzzo e incastrata al piede del pilastro.
 Se invece la piastra è irrigidita si considera come una normale trave continua appoggiata a livello di irrigidimenti e caricata sempre dalle tensioni sul calcestruzzo.

PIASTRA SENZA IRRIGIDIMENTI

□

Altezza profilo colonna $H_c := 180 \text{ mm}$
 spessore piastra di base $t_p = 25 \text{ mm}$
 larghezza piastra di base $b_1 := b_p = 450 \text{ mm}$
 luce della mensola $c := \frac{(h_p - 0,95 \cdot H_c)}{2} = 139,5 \text{ mm}$
 pressione di contatto col calcestruzzo $p_c := \sigma_c = 0,8247 \frac{N}{mm^2}$

$$\tau_p^2 = 625 \text{ mm}^2 \geq \frac{6 \cdot p_c \cdot c^2}{2 \cdot \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right)} = 183,8353 \text{ mm}^2$$

SALDATURA COLONNA - PIASTRA

2 CORDONI PARALLELI

☐

Altezza profilo colonna	$H_c := 180 \text{ mm}$
Base profilo colonna	$B_c := 180 \text{ mm}$
Spessore anima colonna	$t_w := 8,5 \text{ mm}$
Spessore flangia colonna	$t_f := 14 \text{ mm}$
Raggio di raccordo anima-flangia	$r_w := 15 \text{ mm}$
Cordone saldatura	$a := 0,7 \cdot t_w = 5,95 \text{ mm}$
Tensione di snervamento acciaio	$f_y = 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Parametro di calcolo	$\beta_1 := 0,85$
Parametro di calcolo	$\beta_2 := 1$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M2} := 1,25$
Altezza cordone anima colonna	$h := \left(H_c - 2 \cdot (t_f + r_w) \right)$
Area cordoni d'anima	$A_a := a \cdot h \cdot 2 = 1451,8 \text{ mm}^2$
Lunghezza cordone flangia colonna	$l := B$
Area cordoni della flangia	$A_f := a \cdot l + 2 \cdot a \cdot \left(1 - (t_w + 2 \cdot r_w) \right) = 3484,0225 \text{ mm}^2$
Area totale	$A_{tot} := A_a + 2 \cdot A_f = 8419,845 \text{ mm}^2$

AZIONI SOLLECITANTI

Lo sforzo di taglio è assorbito dai cordoni d'anima attraverso delle τ parallele.
 Lo sforzo normale dall'area totale di tutti i cordoni (anima+ 2flangie).
 Il momento flettente è assorbito dai cordoni più distanti dell'asse neutro, quindi da quelli delle flange.

TENSIONI SUI CORDONI DELLE FLANGE

Tensioni normali ortogonali

$$\sigma_{nf} := \frac{N}{A_{tot}} + \frac{M_f}{\left(H_c \cdot A_f \right)} = 25,09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

TENSIONI SUI CORDONI D'ANIMA

Tensioni normali ortogonali

$$\sigma_{na} := \frac{N}{A_{tot}} = 0,696 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tensioni tangenziali parallele

$$\tau_{nt} := \frac{V}{A_a} = 10,5386 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Verifica saldatura a cordone d'angolo su sezione ribaltata CORDONI DELLE FLANGE

$$\sqrt{\sigma_{nf}^2} = 25,09 \frac{N}{mm^2} < \beta_1 \cdot f_y = 233,75 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{nf} = 25,09 \frac{N}{mm^2} < \beta_2 \cdot f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

Verifica saldatura a cordone d'angolo su sezione ribaltata CORDONI D'ANIMA

$$\sqrt{\sigma_{na}^2 + \tau_{nt}^2} = 10,56 \frac{N}{mm^2} < \beta_1 \cdot f_y = 233,75 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{na} + \tau_{nt} = 11,23 \frac{N}{mm^2} < \beta_2 \cdot f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

Verifica a Rottura del cono di calcestruzzo - per Trazione

concrete cube strength

$$R_{ck} = 30 \frac{N}{mm^2}$$

bolt diameter

$$D = 30 \text{ mm}$$

Tensile load

$$F := F_{tEd} = 13,6516 \text{ kN}$$

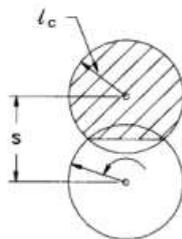
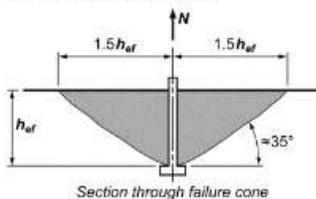
effective anchorage length

$$h_{ef} := L = 400 \text{ mm}$$

distance between bolts

$$p := (p_1 \ p_2) \quad s := \max(p) = 350 \text{ mm}$$

The critical edge distance for headed studs, headed bolts, expansion anchors, and undercut anchors is $1.5h_{ef}$



$$\text{Shaded Area} = \pi l_c^2 - \frac{2 \cos^{-1} \left\{ \frac{s}{2l_c} \right\} \pi l_c^2}{360^\circ} + \frac{s}{2} \sqrt{l_c^2 - \frac{s^2}{4}}$$

critical edge distance

$$l_c := 1,5 \cdot h_{ef}$$

$$l_c = 600 \text{ mm}$$

Coefficiente parziale di sicurezza per cls

$$\gamma_c := 1,5$$

Coefficiente parziale di sicurezza che tiene conto della distribuzione della resistenza a trazione in cls di cantiere.

$$\gamma_1 := 1,2$$

Coefficiente di sicurezza parziale per la resistenza

$$Y_{Mc} := Y_c \cdot Y_1 \cdot Y_2 = 2,16$$

Initial strenght for single anchorage

$$N'_{Rk,c} := 7,2 \cdot \sqrt{R_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} \cdot \sqrt{\frac{N}{mm}}$$

$$N'_{Rk,c} = 315,49 \text{ kN}$$

Single bolt area without interference

$$A'_{c,N} := \pi \cdot l_c^2$$

$$A'_{c,N} = 1,13 \text{ m}^2$$

Effective area

$$A_{c,N} := \pi \cdot l_c^2 - 2 \cdot \frac{1}{\cos\left(\frac{s}{2 \cdot l_c}\right)} \cdot \pi \cdot l_c^2 + 2 \cdot \frac{s}{2} \cdot \sqrt{l_c^2 - \frac{s^2}{4}}$$

$$A_{c,N} = 0,58 \text{ m}^2$$

Effective strenght

$$N_{Rk,c} := N'_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A'_{c,N}}$$

$$N_{Rk,c} = 161,82 \text{ kN}$$

Strenght check

$$\frac{F}{\frac{N_{Rk,c}}{Y_{Mc}}} = 0,18 < 1$$

Verifica a Rottura del bordo di calcestruzzo - per Taglio

SINGOLO ANCORANTE

concrete cube strength

$$R_{ck} = 30 \frac{N}{mm^2}$$

effective anchorage lenght

$$l_f := h_{ef} = 400 \text{ mm}$$

distanza del tirafondo dal bordo di calcestruzzo in direzione del taglio

$$c_1 := 135 \text{ mm}$$

bolt diameter

$$d_{nom} := D = 30 \text{ mm}$$

$$s_2 := p_2 = 175 \text{ mm}$$

distanza del tirafondo dal bordo di calcestruzzo in direzione perpendicolare al taglio

$$c_2 := 500 \text{ mm}$$

spessore elemento in calcestruzzo

$$h := 2000 \text{ mm}$$

Taglio su singolo ancorante

$$F_{VEd} = 2,55 \text{ kN}$$

Coefficiente parziale di sicurezza per cls

$$Y_c := 1,5$$

Coefficiente parziale di sicurezza che tiene conto della distribuzione della resistenza a trazione in cls di cantiere.

$$Y_1 := 1,2$$

Coefficiente parziale di sicurezza che tiene conto dell'installazione in sicurezza di un sistema di ancoranti per carichi di taglio (sistema con normali valori).

$$Y_2 := 1$$

Coefficiente di sicurezza parziale per la resistenza
 (ancorante singolo)

$$Y_{Msc} := Y_c \cdot Y_1 \cdot Y_2 = 1,8$$

$$V_{Rkc0} := 0,45 \cdot \sqrt{d_{nom}} \cdot \left(\frac{1_f}{d_{nom}} \right)^{0,2} \cdot \sqrt{R_{ck}} \cdot C_1^{1,5} \cdot \frac{1000}{\frac{1}{2} \frac{m}{s} \frac{1}{kg^2}}$$

$$V_{Rkc0} = 35,5486 \text{ kN}$$

$$A_{cv0} := 4,5 \cdot C_1^2 = 0,082 \text{ m}^2$$

$$A_{cv} := (1,5 \cdot C_1 + c_2) \cdot 1,5 \cdot C_1 = 0,1423 \text{ m}^2$$

$$\psi_s := 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot C_1} = 1,4407$$

$$\psi_h := 1$$

$$\psi_\alpha := 1$$

$$\psi_{ec} := 1$$

$$\psi_{ucr} := 1$$

$$V_{Rkc} := V_{Rkc0} \cdot \frac{A_{cv}}{A_{cv0}} \cdot \psi_s \cdot \psi_h \cdot \psi_\alpha \cdot \psi_{ec} \cdot \psi_{ucr} = 88,8381 \text{ kN}$$

Strenght check

$$\frac{F_{VEd}}{V_{Rkc}} = 0,05$$

$$< 1$$

GRUPPO DI ANCORANTI

concrete cube strength	$R_{ck} = 30 \frac{N}{mm^2}$
effective anchorage length	$l_f := h_{ef} = 400 \text{ mm}$
distanza del tirafondo dal bordo di calcestruzzo in direzione del taglio	$C_1 := 135 \text{ mm}$
bolt diameter	$d_{nom} := D = 30 \text{ mm}$
	$s_2 := p_2 = 175 \text{ mm}$
distanza del tirafondo dal bordo di calcestruzzo in direzione perpendicolare al taglio	$C_2 := 500 \text{ mm}$
spessore elemento in calcestruzzo	$h := 2000 \text{ mm}$
Taglio sul gruppo di ancoranti	$V = 15,3 \text{ kN}$
Coefficiente parziale di sicurezza per cls	$\gamma_c := 1,5$
Coefficiente parziale di sicurezza che tiene conto della distribuzione della resistenza a trazione in cls di cantiere.	$\gamma_1 := 1,2$
Coefficiente parziale di sicurezza che tiene conto dell'installazione in sicurezza di un sistema di ancoranti per carichi di taglio (sistema con normali valori).	$\gamma_2 := 1$
Coefficiente di sicurezza parziale per la resistenza	$\gamma_{Mc} := \gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 = 1,8$

Coefficiente di sicurezza parziale per la resistenza

$$Y_{Mc} := Y_c \cdot Y_1 \cdot Y_2 = 1,8$$

$$V_{Rkc0} := 0,45 \cdot \sqrt{d_{nom}} \cdot \left(\frac{l_f}{d_{nom}} \right)^{0,2} \cdot \sqrt{R_{ck}} \cdot C_1^{1,5} \cdot \frac{1000}{\frac{m}{s^2} \cdot \frac{kg}{m^3}} \quad V_{Rkc0} = 35,5486 \text{ kN}$$

$$A_{cv0} := 4,5 \cdot C_1^2 = 0,082 \text{ m}^2$$

$$A_{cv} := (2 \cdot 1,5 \cdot C_1 + s_2) \cdot h = 1,16 \text{ m}^2$$

$$\psi_s := 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot C_1} = 1,4407$$

$$\psi_h := 1$$

$$\psi_\alpha := 1$$

$$\psi_{ec} := 1$$

$$\psi_{ucr} := 1$$

$$V_{Rkc} := V_{Rkc0} \cdot \frac{A_{cv}}{A_{cv0}} \cdot \psi_s \cdot \psi_h \cdot \psi_\alpha \cdot \psi_{ec} \cdot \psi_{ucr} = 724,4125 \text{ kN}$$

Strenght check

$$\frac{V}{\frac{V_{Rkc}}{Y_{Mc}}} = 0,04$$

< 1

8.1.4 VERIFICHE A FATICA

Di seguito si riportano le verifiche a fatica per le quali, a seconda del particolare strutturale considerato, in letteratura consolidata e normativa è individuata la tensione ammissibile con la quale va confrontata la $\Delta\sigma$ ottenuta a causa delle pressioni aerodinamiche indotte dal traffico ferroviario sulla barriera.

4.2.4.1.4 Stato limite di fatica

Per le strutture soggette a carichi ciclici deve essere verificata la resistenza a fatica imponendo che:

$$\Delta_d \leq \Delta_R / \gamma_M \quad (4.2.54)$$

essendo

Δ_d l'escursione di tensione (effettiva o equivalente allo spettro di tensione) prodotta dalle azioni cicliche di progetto che inducono fenomeni di fatica con coefficienti parziali $\gamma_f = 1$;

Δ_R la resistenza a fatica per la relativa categoria dei dettagli costruttivi, come desumibile dalle curve S-N di resistenza a fatica, per il numero totale di cicli di sollecitazione N applicati durante la vita di progetto richiesta,

γ_M il coefficiente parziale definito nella Tab. 4.2.IX.

Si possono utilizzare due criteri di valutazione della resistenza a fatica, che si applicano rispettivamente alle strutture poco sensibili alla rottura per fatica ed alle strutture sensibili alla rottura per fatica.

- Il *Criterio del danneggiamento accettabile*, relativo alle strutture poco sensibili alla rottura per fatica, richiede si adottino:
 - dettagli costruttivi, materiali e livelli di tensione tali che le eventuali lesioni presentino bassa velocità di propagazione e significativa lunghezza critica;
 - disposizioni costruttive che permettano la redistribuzione degli sforzi;
 - dettagli idonei ad arrestare la propagazione delle lesioni;
 - dettagli facilmente ispezionabili;
 - prestabilite procedure di ispezione e di manutenzione atte a rilevare e correggere le eventuali lesioni.
- Il *Criterio della vita utile a fatica*, relativo alle strutture sensibili alla rottura per fatica, richiede si adottino:

- dettagli costruttivi e livelli di sforzo tali da garantire, per la vita a fatica prevista della costruzione, gli stessi livelli di sicurezza adottati per le altre verifiche agli stati limite ultimi, indipendentemente da procedure di ispezione e manutenzione durante la vita di esercizio.

Per indicazioni riguardanti le modalità di realizzazione dei dettagli costruttivi e la loro classificazione, con le rispettive curve S-N si può fare riferimento al documento UNI EN1993-1-9.

Tabella 4.2.IX Coefficienti di sicurezza da assumere per le verifiche a fatica.

Criteri di valutazione	Conseguenze della rottura	
	Conseguenze moderate	Conseguenze significative
Danneggiamento accettabile	$\gamma_M = 1,00$	$\gamma_M = 1,15$
Vita utile a fatica	$\gamma_M = 1,15$	$\gamma_M = 1,35$

Nel caso di combinazioni di tensioni normali e tangenziali, la valutazione della resistenza a fatica dovrà considerare i loro effetti congiunti adottando idonei criteri di combinazione del danno.

Nella valutazione della resistenza a fatica dovrà tenersi conto dello spessore del metallo base nel quale può innescarsi una potenziale lesione.

Le curve S-N reperibili nella letteratura consolidata sono riferite ai valori nominali delle tensioni.

4.2.8.3 Unioni soggette a carichi da fatica

La resistenza a fatica relativa ai vari dettagli dei collegamenti bullonati e saldati, con le relative curve S-N, può essere reperita in UNI EN 1993-1-9.

In ogni caso si adottano i coefficienti parziali indicati in Tab. 4.2.IX. In alternativa si possono utilizzare modelli contenuti in normative di comprovata validità, adottando fattori parziali γ_M che garantiscano i livelli di sicurezza stabiliti nelle presenti norme.

Vengono di seguito riportati il gruppo di appartenenza e la categoria di riferimento considerati per la verifica. I valori sono espressi in N/mm². Il valore di $\Delta\sigma_C$ riportato corrisponde ad un numero di cicli pari a $2 \cdot 10^6$. In questo caso si sceglie di utilizzare i valori $\Delta\sigma_D$ relativi a $5 \cdot 10^6$ cicli ed associati ad un coefficiente riduttivo massimo pari a $\gamma_M = 1.35$.

Per individuare il $\Delta\sigma$ richiesto si ricorre al calcolo analitico mediante la risoluzione all'equazione delle linee SN, $\Delta\sigma^m \cdot N = \text{cost}$, dove m vale 3 per $10^4 > N > 5 \cdot 10^6$.

CURVA S-N per tensioni normali

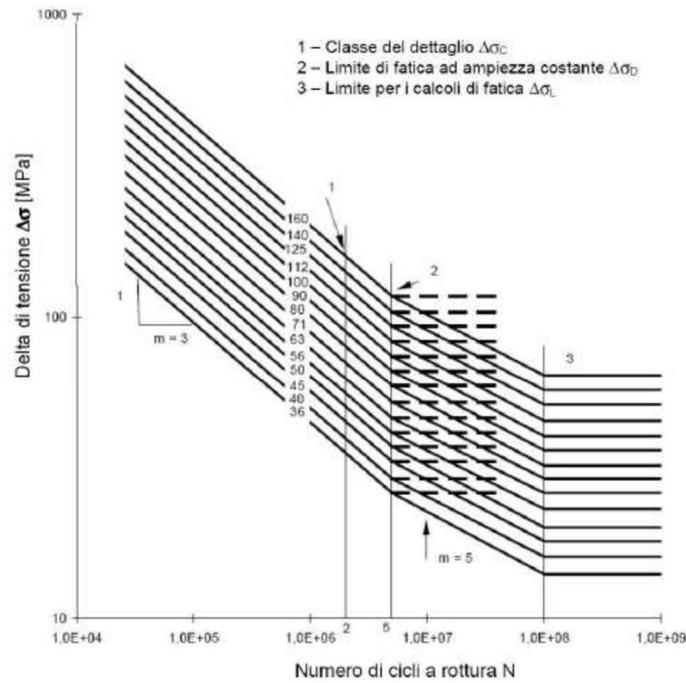


Figura C4.2.21 - Curve S-N per dettagli/elementi soggetti a tensioni normali

C4.2.4.1.4.4 Curve S-N

La resistenza a fatica di un dettaglio è individuata nel piano bilogarithmico $\log(\Delta\sigma)\text{-}\log(N)$ o $\log(\Delta\tau)\text{-}\log(N)$, essendo N il numero di cicli a rottura, mediante una curva caratteristica, detta curva S-N. Detta curva, è individuata mediante la classe di resistenza a fatica $\Delta\sigma_C$ o $\Delta\tau_C$, che rappresenta la resistenza a fatica del dettaglio, espressa in MPa, per $N=2 \cdot 10^6$ cicli.

Le curve S-N per tensioni normali sono caratterizzate, oltre che dalla classe $\Delta\sigma_C$, dal limite di fatica ad ampiezza costante $\Delta\sigma_D$, corrispondente a $N=5 \cdot 10^6$ cicli e dal limite per i calcoli di fatica, $\Delta\sigma_L$, che corrisponde all'intersezione del secondo ramo della curva con la verticale per $N=10^8$ cicli.

L'equazione della curva S-N è

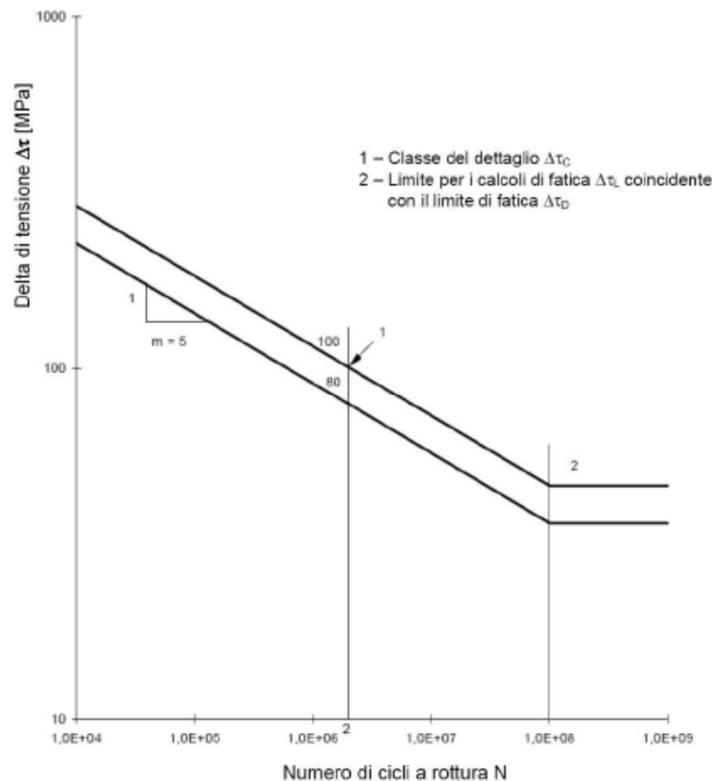
$$\begin{aligned} \Delta\sigma &= \Delta\sigma_C \left(\frac{2 \cdot 10^6}{N} \right)^{\frac{1}{m}} && \text{per } N \leq 5 \cdot 10^6 \\ \Delta\sigma &= \Delta\sigma_D \left(\frac{2 \cdot 10^6}{N} \right)^{\frac{1}{m+2}} && \text{per } 5 \cdot 10^6 < N \leq 10^8, \\ \Delta\sigma &= \Delta\sigma_L && \text{per } N > 10^8 \end{aligned} \quad (C4.2.95)$$

dove $m=3$, cosicché risulta

$$\Delta\sigma_D = 0,737\Delta\sigma_C; \quad \Delta\sigma_L = 0,549\Delta\sigma_C. \quad (C4.2.96)$$

Le curve S-N per tensioni normali sono rappresentate in Figura C4.2.21.

CURVA S-N per tensioni tangenziali



Le curve S-N per tensioni tangenziali sono caratterizzate, oltre che dalla classe $\Delta\tau_C$, dal limite per i calcoli di fatica, $\Delta\tau_L$, corrispondente a $N=10^8$ cicli. L'equazione della curva S-N è

$$\Delta\tau = \Delta\tau_C \left(\frac{2 \cdot 10^6}{N} \right)^{\frac{1}{m}} \quad \text{per } N \leq 10^8, \quad (C4.2.97)$$

$$\Delta\tau = \Delta\tau_L \quad \text{per } N > 10^8$$

dove $m=5$, cosicché risulta

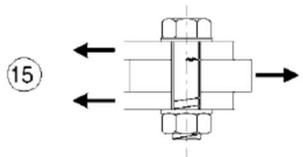
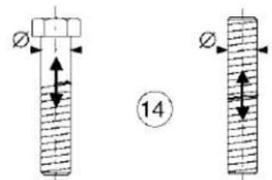
$$\Delta\tau_L = 0,457\Delta\tau_C. \quad (C4.2.98)$$

Quindi si ha che:

$$\Delta\sigma_D = \Delta\sigma_C \left(\frac{2000000}{5000000} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,737 \Delta\sigma_C \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\Delta\tau_D = \Delta\tau_C \left(\frac{2000000}{5000000} \right)^{\frac{1}{5}} = 0,833 \Delta\tau_C \quad [\text{N/mm}^2]$$

Bulloni $\Delta\sigma_C = 50 \text{ N/mm}^2$ - $\Delta\tau_C = 100 \text{ N/mm}^2$

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
100		15) Bulloni sollecitati a taglio su uno o due piani non interessanti la parte filettata. - Bulloni calibrati - Bulloni normali di grado 5.6, 8.8 e 10.9 e assenza di inversioni di carico	$\Delta\tau$ calcolati in riferimento all'area del gambo
50		14) Bulloni e barre filettate soggetti a trazione. Per bulloni di diametro $\phi > 30 \text{ mm}$, si deve adottare una classe ridotta del coefficiente $k_t = (30/\phi)^{0,25}$.	$\Delta\sigma$ riferiti alla sezione della parte filettata, considerando gli effetti dovuti all'effetto leva e alla flessione ulteriore. Per bulloni precaricati i $\Delta\sigma$ possono essere ridotti.

Giunti a croce attacco montante-piastra $\Delta\sigma_C = 80 \text{ N/mm}^2$

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
80 (a) 71 (b) 63 (c) 56 (d) 50 (e) 45 (f) 40 (g)		<p>Giunti a croce o a T</p> <p>1) Lesioni al piede della saldatura in giunti a piena penetrazione o a parziale penetrazione</p> <p>2) Lesione al piede della saldatura a partire dal bordo del piatto caricato, in presenza di picchi locali di tensione nelle parti terminali della saldatura dovuti alla deformabilità del pannello</p> <p>(a) $l \leq 50$ mm e t qualsiasi</p> <p>(b) $50 < l \leq 80$ mm e t qualsiasi</p> <p>(c) $80 < l \leq 100$ mm e t qualsiasi</p> <p>(d) $100 < l \leq 120$ mm e t qualsiasi</p> <p>(d) $l > 120$ mm e $t \leq 20$ mm</p> <p>(e) $120 < l \leq 200$ mm e $t > 20$ mm</p> <p>(e) $l > 200$ mm e $20 < t \leq 30$ mm</p> <p>(f) $200 < l \leq 300$ mm e $t > 30$ mm</p> <p>(f) $l > 300$ mm e $30 < t \leq 50$ mm</p> <p>(g) $l > 300$ mm e $t > 50$ mm</p>	<p>1) Il giunto deve essere controllato: le discontinuità e i disallineamenti devono essere conformi alle tolleranze della EN1090.</p> <p>2) Nel calcolo di $\Delta\sigma$ si deve far riferimento al valore di picco delle tensioni, mediante un opportuno fattore di concentrazione degli sforzi k_t</p> <p>1) e 2) Il disallineamento dei piatti caricati non deve superare il 15% dello spessore della piastra intermedia</p>

Giunti a croce attacco montante-piastra $\Delta\tau_C = 80$ N/mm²

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
80		<p>8) Cordini d'angolo continui soggetti a sforzi di sconnessione, quali quelli di composizione tra anima e piattabanda in travi composte saldate</p> <p>9) Giunzioni a sovrapposizione a cordini d'angolo soggette a tensioni tangenziali</p>	<p>8) $\Delta\tau$ deve essere calcolato in riferimento alla sezione di gola del cordone</p> <p>9) $\Delta\tau$ deve essere calcolato in riferimento alla sezione di gola del cordone, considerando la lunghezza totale del cordone, che deve terminare a più di 10 mm dal bordo della piastra</p>

Pertanto per le verifiche del profilato si ottiene:

Bulloni: $\Delta\sigma_C = 50$ MPa » $\Delta\sigma_D = 36.85$ Mpa

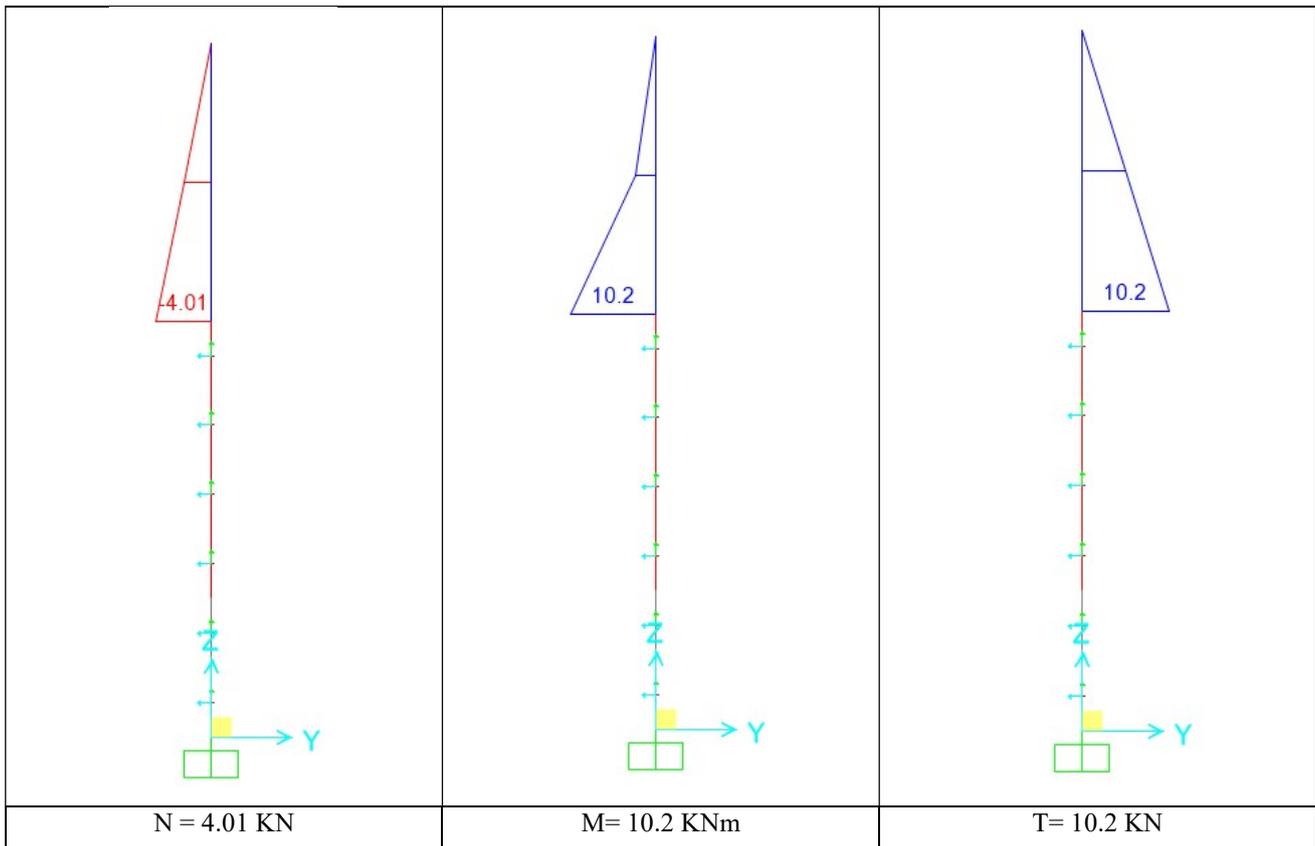
$\Delta\tau_C = 100$ MPa » $\Delta\tau_D = 83.30$ MPa

Giunti a croce attacco montante-piastra:

$\Delta\sigma_C = 80$ MPa » $\Delta\sigma_D = 58.96$ MPa

$\Delta\tau_C = 80$ MPa » $\Delta\tau_D = 70.64$ MPa

A questo punto si riportano le sollecitazioni da fatica dovute alle azioni caratteristiche rare ricordando che data la simmetria dello schema statico le azioni in pressione e depressione sono le medesime ma di segno opposto con conseguente pari valore delle tensioni risultanti sul dettaglio verificato.



8.1.4.1 Verifica dei tirafondi

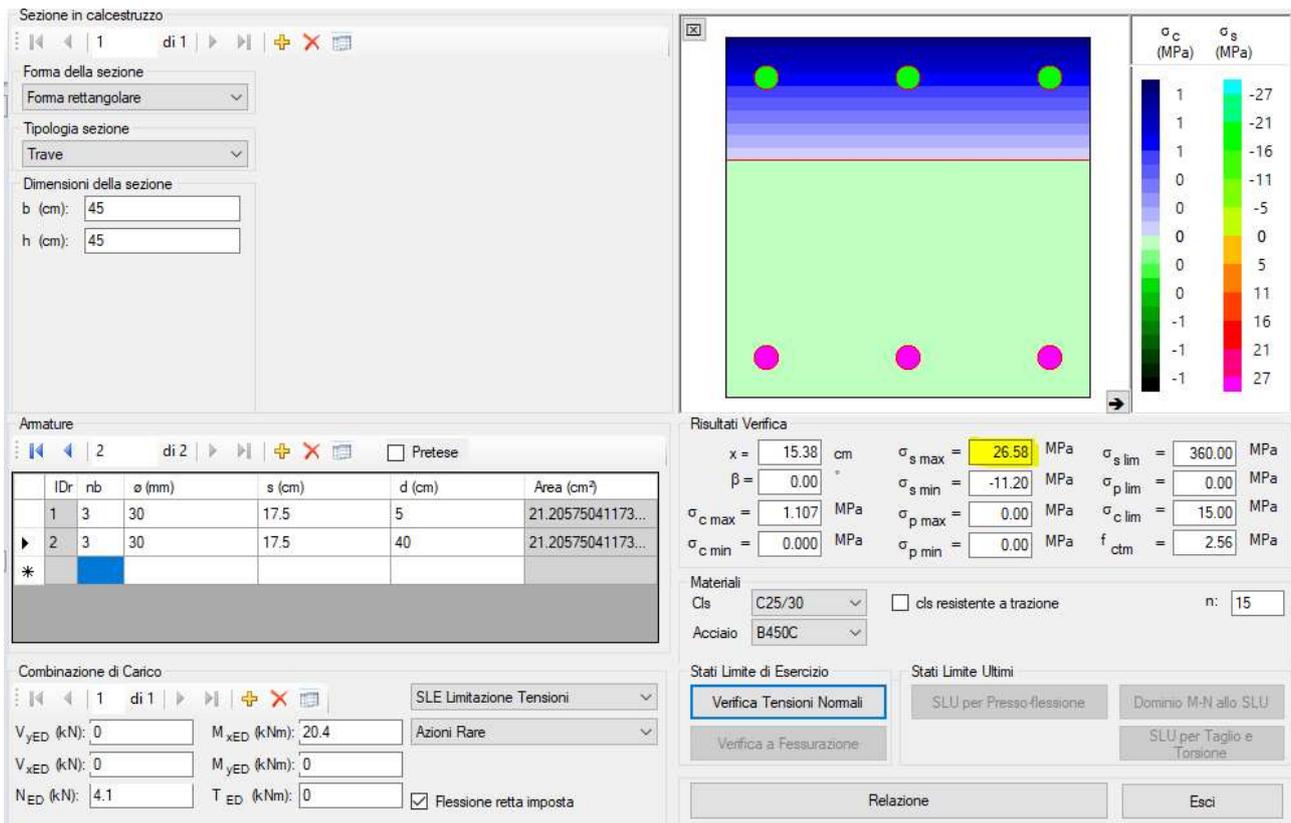
Si determina lo stato tensionale della piastra di base relativamente alle azioni di progetto che causano fatica e quindi il corrispettivo momento flettente agente nei due versi per via dell'alternanza del carico variabile. Ovviamente si considera agente anche il peso proprio in esercizio del sistema montante-pannellatura che grava sulla piastra di base. Questocomporta che la piastra si trovi in una situazione di compressione dovuta a queste pannellature che non può essere trascurata nel calcolo.

$$\Delta M = 10.2 - (- 10.2) = 20.4 \text{ KNm}$$

$$\Delta T = 10.2 - (- 10.2) = 20.4 \text{ KN}$$

$$N = 4.1 \text{ KN (in esercizio)}$$

A questo punto si ricavano le tensioni in prossimità delle barre dovuto alla azione da Pressoflessione e Taglio:



$$\sigma_{tot} = 26.58 \text{ Mpa} < 36.85 / 1.35 = 27.29 \text{ MPa}$$

La sollecitazione tagliante sul singolo tirafondo risulta :

$$\tau = \Delta T / n \cdot A_{res} = 20 \cdot 400 / 6 / 706 = 4.82 \text{ MPa} < 83.30 / 1.35 = 61.70 \text{ MPa}$$

8.1.4.2 Verifica giunzione piastra – montante

La forza di trazione massima indotta nei bulloni risulta:

$$N_b = \sigma b / 2 \times A_{res} = 9383 \text{ N}$$

Il momento che si genera al bordo del montnate è pari a:

$$M_{max} = 9383 \times 85 = 712'555 \text{ Nmm}$$

Il momento resistente relativo alla sezione risulta :

$$W = (85 \times 2) \times 30^2 / 6 = 25'500 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = 27.94 \text{ Mpa} < 58.96 \times 0.8 / 1.35 = 34.93 \text{ Mpa}$$

Essendo lo spessore della piastra $s > 25 \text{ mm}$ si adotta una riduzione del $\Delta\sigma_D$ pari a $K = (25/s)^{1/4} = 0.2$

8.1.4.3 *Verifica delle saldature*

Le sollecitazioni sono le seguenti:

$$\Delta M = 20.4 \text{ KNm}$$

$$\Delta T = 20.4 \text{ KN}$$

$$N = 4.1 \text{ KN (in esercizio)}$$

A favore di sicurezza si utilizza un cordone d'angolo pari a 5.95 mm sia per le flange che per l'anima salvo eseguire una saldatura a cordone d'angolo di dimensione pari a $0.7 \times t$, con t pari allo spessore :

$$t \text{ flangia} = 14 \text{ mm}$$

$$t \text{ anima} = 8.5 \text{ mm}$$

SALDATURA COLONNA - PIASTRA

2 CORDONI PARALLELI

☐

Altezza profilo colonna	$H_c := 180 \text{ mm}$
Base profilo colonna	$B_c := 180 \text{ mm}$
Spessore anima colonna	$t_w := 8,5 \text{ mm}$
Spessore flangia colonna	$t_f := 14 \text{ mm}$
Raggio di raccordo anima-flangia	$r_w := 15 \text{ mm}$
Cordone saldatura	$a := 0,7 \cdot t_w = 5,95 \text{ mm}$
Tensione di snervamento acciaio	$f_y = 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Parametro di calcolo	$\beta_1 := 0,85$
Parametro di calcolo	$\beta_2 := 1$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M2} := 1,25$
<hr/>	
Altezza cordone anima colonna	$h := \left(H_c - 2 \cdot (t_f + r_w) \right)$
Area cordoni d'anima	$A_a := a \cdot h \cdot 2 = 1451,8 \text{ mm}^2$
Lunghezza cordone flangia colonna	$l := B$
Area cordoni della flangia	$A_f := a \cdot l + 2 \cdot a \cdot \left(1 - (t_w + 2 \cdot r_w) \right) = 3484,0225 \text{ mm}^2$
Area totale	$A_{tot} := A_a + 2 \cdot A_f = 8419,845 \text{ mm}^2$

AZIONI SOLLECITANTI

Lo sforzo di taglio è assorbito dai cordoni d'anima attraverso delle τ parallele.
 Lo sforzo normale dall'area totale di tutti i cordoni (anima+ 2flangie).
 Il momento flettente è assorbito dai cordoni più distanti dell'asse neutro, quindi da quelli delle flange.

TENSIONI SUI CORDONI DELLE FLANGE

Tensioni normali ortogonali

$$\sigma_{nf} := \frac{N}{A_{tot}} + \frac{M_f}{\left(H_c \cdot A_f\right)} = 33,02 \frac{N}{mm^2}$$

TENSIONI SUI CORDONI D'ANIMA

Tensioni normali ortogonali

$$\sigma_{na} := \frac{N}{A_{tot}} = 0,4869 \frac{N}{mm^2}$$

Tensioni tangenziali parallele

$$\tau_{nt} := \frac{V}{A_a} = 10,5386 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{tot} = 33.02 \text{ Mpa} < 58.96 \times 0.8 / 1.35 = 34.93 \text{ Mpa}$$

$$\tau = 10.53 \text{ MPa} < 70.64 \times 0.8 / 1.35 = 41.86 \text{ MPa}$$

Essendo lo spessore della piastra $s > 25$ mm si adotta una riduzione del $\Delta\sigma_D$ pari a $K = (25/s)^{1/4} = 0.2$

8.1.5 VERIFICHE DEL MURO ANTISVIO IN CA

8.1.5.1 Verifiche di resistenza

Di seguito si riporta gli output dell'analisi strutturale svolta dove si può evincere che le massime sollecitazioni sul muro antisvio vengono prodotte dalla combinazione STR04 e STR 05 che corrispondono alla combinazione che prende in considerazione l'azione da urto rispettivamente lontano dall'attraversamento STR04 ed in prossimità dell'attraversamento STR05.

La combinazione ENV SLU(STR) ingloba le suddette combinazioni.

TABLE: Section Cut Forces - Analysis

SectionCut	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SEZ_0	ENV_SLU(STR)	Combination	Max	0.00000282	0.349	6.481	1504.1534	37.1611	92.0997
SEZ_0	ENV_SLU(STR)	Combination	Min	-21.911	-567.645	-0.00001444	-171.866	-0.000001086	-365.4727
SEZ_1_ATTR	ENV_SLU(STR)	Combination	Max	0.00002347	749.812	0.00001881	84.9058	0.00001675	35.2978
SEZ_1_ATTR	ENV_SLU(STR)	Combination	Min	-95.677	-4.86	-42.458	-939.2625	-162.9916	-1213.3681

Si determinano quindi le sollecitazioni e le sezioni di verifica come segue:

- **Sezione SEZ0 lontana dall'attraversamento : B = 100 cm (striscia unitaria) ; H = 80 cm**

Armatura longitudinale (verticale) : doppia fila di Ø24/15 esterna + doppia fila Ø14/15 lato lato binario

Armatura trasversale (sviluppo verticale muro) : 2 staffe Ø12/40 cm + 1 staffa Ø12/40 cm ogni metro di sviluppo longitudinale di muro.

M x Max = 1505 KNm

My Max = 38 KNm

M z (torcente) = 93 KNm

T max = 568 KN

N = trascurabile

CemArm: **PROGRAMMA PER LA VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A. DI FORMA QUALSIASI**

Titolo:

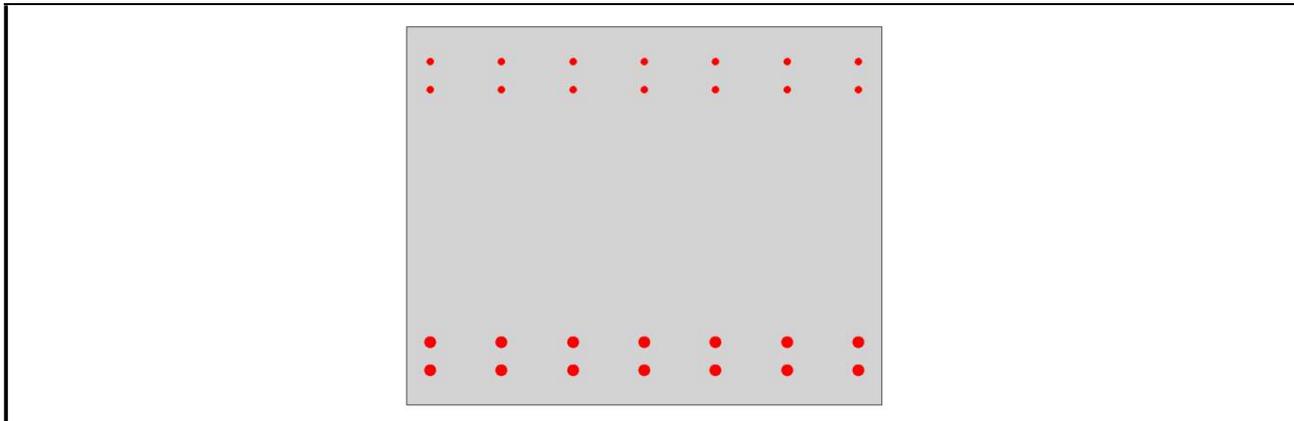
Normativa applicata: NTC 2018

Materiali: CIs: C28/35 Diagramma $\sigma-\epsilon$: Parabola - Rettangolo

Acciaio: B450C Diagramma $\sigma-\epsilon$: Elastico Perfettamente Plastico Illimitato

Acciaio preteso: Trefolo Diagramma $\sigma-\epsilon$: Elastico Perfettamente Plastico Illimitato

Sez. N. 1 Forma sezione:	Forma rettangolare
---------------------------------	---------------------------



Sezione in cls.

Nr. V.	b (cm)	h (cm)			
4	100.0	80.0			

$A_c = 8000.00 \text{ cm}^2$	$x_{0c} = 0.00 \text{ cm}$	$y_{0c} = 40.00 \text{ cm}$
$J_x = 4266666.67 \text{ cm}^4$	$J_y = 6666666.67 \text{ cm}^4$	

Armature

n_b	ϕ (mm)	ϵ_{p0} (‰)	s (cm)	d (cm)
7	24.00	0.00	15.00	7.40
7	24.00	0.00	15.00	13.40
7	14.00	0.00	15.00	72.60
7	14.00	0.00	15.00	66.60

$A_s = 84.89 \text{ cm}^2$	$x_{0s} = 0.00 \text{ cm}$	$y_{0s} = 25.43 \text{ cm}$
$A_y = 0.00 \text{ cm}^2$	$x_{0y} = 0.00 \text{ cm}$	$y_{0y} = 0.00 \text{ cm}$

Armatura a Taglio

	n_b	ϕ (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)	α (°)
Staffe	40	12.00	113.10	40.0	
Barre inclinate					

Armatura a Torsione

	n_b	ϕ (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)	
Staffe	2	12.00	5.65	40.0	
Barre longitud.	14	24.00	422.23	15.0	

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE: Legenda	
N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
h	Altezza sezione
β	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
x	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{c,max}$	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{s,max}$	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{p,max}$	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\epsilon_{c,max}$	Deformazione massima nel calcestruzzo con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}

$\epsilon_{s,max}$	Deformazione massima nell'acciaio con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\epsilon_{p,max}$	Deformazione massima nell'acciaio preteso con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
β_U	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
X_U	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{c,max,U}$	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{s,max,U}$	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{p,max,U}$	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{c,max,U}$	Deformazione massima nel calcestruzzo con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{s,max,U}$	Deformazione massima nell'acciaio con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{p,max,U}$	Deformazione massima nell'acciaio preteso con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
N_{Rd}	Valore di calcolo della forza normale resistente
M_{xRd}	Valore di calcolo del momento resistente secondo x
M_{yRd}	Valore di calcolo del momento resistente secondo y
Mappatura Colori	

N° comb.	1
Sez. N.	1
Grafico tensioni	
Dominio N-M	
N_{Ed} (kN)	0.000
M_{xEd} (kNm)	1505.000
M_{yEd} (kNm)	28.000
h (cm)	81.906
β (°)	-1.101
x (cm)	25.160
$\sigma_{c,max}$ (N/mm ²)	15.009
$\sigma_{s,max}$ (N/mm ²)	391.304
$\sigma_{p,max}$ (N/mm ²)	391.304
$\epsilon_{c,max}$ (‰)	1.535
$\epsilon_{s,max}$ (‰)	3.005
$\epsilon_{p,max}$ (‰)	0.000
β_U (°)	359.219
X_U (cm)	16.479
$\sigma_{c,max,U}$ (N/mm ²)	15.867
$\sigma_{s,max,U}$ (N/mm ²)	391.304
$\sigma_{p,max,U}$ (N/mm ²)	0.000
$\epsilon_{c,max,U}$ (‰)	3.500
$\epsilon_{s,max,U}$ (‰)	12.194
$\epsilon_{p,max,U}$ (‰)	0.000
N_{Rd} (kN)	0.000
M_{xRd} (kNm)	1552.842
M_{yRd} (kNm)	28.890
Fattore di sicurezza	1.032

ESITO VERIFICA	OK
----------------	----

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO E TORSIONE

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO E TORSIONE: Legenda	
N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
V_{yEd}	Valore di calcolo del Taglio in direzione y
V_{xEd}	Valore di calcolo del Taglio in direzione x
V_{res}	Valore di calcolo del Taglio risultante
T_{Ed}	Valore di calcolo del Momento Torcente
T'_{Ed}	Momento Torcente agente nella sotto-sezione analizzata
d	Altezza utile della sezione
z	Braccio forze interne
b_w	Larghezza minima della sezione
A_k	Area racchiusa dalla linea media delle pareti connesse, inclusa l'area delle cavità
u_k	Lunghezza totale della linea media delle pareti connesse
$t_{ef,i}$	Spessore efficace della parete. Esso può essere assunto come A/u , ma si raccomanda che sia assunto come non meno di due volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale. Per sezioni cave lo spessore reale costituisce il limite superiore
$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$	
$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$	
$k_1 = 0.15$	
$V_{min} = 0,035 k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$	
A_{sl}	Area armatura longitudinale in trazione
$\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d)$	
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$	Tensione media nel calcestruzzo
$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$ $V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$	Resistenza di calcolo a taglio in assenza di armature
$T_{Rd,c} = 2 \cdot A_k \cdot f_{ctd} \cdot t_{ef,i}$	Valore di progetto del momento torcente di fessurazione
$\frac{T'_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} \leq 1$	Condizione per la quale non è necessario il calcolo delle armature per taglio e torsione (è sufficiente l'armatura minima)
$\theta: 1 \leq \cot \theta \leq 2.5$	Inclinazione Bielle compresse
v_1	Fattore di riduzione della resistenza per il calcestruzzo fessurato a taglio
α_{cw}	Coefficiente che tiene conto dello stato di sollecitazione nella biella compressa
$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$	Valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato, limitato dalla rottura delle bielle compresse
$T_{Rd,max} = 2 v \alpha_{cw} f_{cd} A_k t_{ef,i} \sin \theta \cos \theta$	Momento torcente di progetto, limitato dalla rottura delle bielle compresse
$\frac{T'_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1$	Condizione perché non sia superata la capacità delle bielle compresse di calcestruzzo
$A_{sw,s} / s$	Incidenza armatura a taglio disposta ortogonalmente all'asse trave
$A_{sw,i} / s$	Incidenza armatura a taglio inclinata rispetto all'asse trave dell'angolo α
α	Inclinazione armatura a taglio
$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$	Valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento
$V_{Rd} = \min(V_{Rd,max}, V_{Rd,s})$	Resistenza di calcolo a taglio in presenza di armature
A_{ss} / s	Incidenza armatura trasversale a torsione
$\Sigma A_{sl} / u_k$	Incidenza armatura longitudinale a torsione
$T_{Rd,ss} = 2 \cdot A_k \cdot \frac{A_{ss}}{s} \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta$	Valore di progetto della resistenza a torsione dovuta all'armatura trasversale

$T_{Rd,sl} = 2 \cdot A_k \cdot \frac{\sum A_{sl}}{u_k} \cdot f_{yd} / \cot \theta$	Valore di progetto della resistenza a torsione dovuta all'armatura longitudinale
$T_{Rd} = \min(T_{Rd,max}, T_{Rd,ss}, T_{Rd,sl})$	Valore di progetto della resistenza a torsione

N° comb.	2	
Sez. N.	1	
Disposizione bielle di calcestruzzo compresse		
Parete della sezione equivalente a pareti sottili oggetto di verifica		
N_{Ed} (kN)	0.000	
M_{xEd} (kNm)	0.000	
M_{yEd} (kNm)	0.000	
V_{yEd} (kN)	568.000	
V_{xEd} (kN)	0.000	
V_{res} (kN)	568.000	
V_{res} (kNm)	93.000	
T'_{Ed} (kNm)	93.000	
d (cm)	69.806	
z (cm)	60.901	
d_w (cm)	100.000	
A_k (cm ²)	4493.827	
u_k (cm)	271.111	
$t_{ef,i}$ (cm)	22.222	
k	1.535	
$C_{Rd,c}$	0.120	
k_1	0.150	
v_{min} (N/mm ²)	0.352	
A_{sl} (cm ²)	63.335	
ρ_l (‰)	0.907	
σ_{cp} (N/mm ²)	0.000	
$V_{Rd,c}$ (kN)	378.058	
$T_{Rd,c}$ (kNm)	257.830	
$\frac{T'_{Ed} + V_{Ed}}{T_{Rd,c} + V_{Rd,c}}$	1.863	
θ (°)	29.590 Var.	
v_1	0.533	
α_{cw}	1.000	

$V_{Rd,max}$	(kN)	2210.682
$T_{Rd,max}$	(kNm)	724.996
$\frac{T'_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}}$		0.385
$A_{sw,s} / s$	(cm ² /m)	35.135
$A_{sw,i} / s$	(cm ² /m)	0.000
α	(°)	90.000
$V_{Rd,s}$	(kN)	1474.517
V_{Rd}	(kN)	1474.517
A_{ss} / s	(cm ² /m)	3.898
$\Sigma A_{sl} / u_k$	(cm ² /m)	422.230
$T_{Rd,ss}$	(kNm)	241.426
$T_{Rd,ss}$	(kNm)	8432.201
T_{Rd}	(kNm)	241.426
ESITO VERIFICA		OK

- Sezione SEZ1 in prossimità dell'attraversamento: B = 300 cm ; H = 80 cm

M x Max = 1214 KNm

My Max = 163 KNm

M z (torcente) = 939 KNm

T max = 750 KN

N = trascurabile

Armatura longitudinale (orizzontale) : doppia fila di Ø24/20 esterna + doppia fila Ø14/20 lato lato binario

Armatura trasversale (sviluppo longitudinale muro) : 2 staffe Ø12/20 cm + 1 staffa Ø12/40 cm ogni metro di sviluppo longitudinale di muro.

CemArm: **PROGRAMMA PER LA VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A. DI FORMA QUALSIASI**

Titolo:

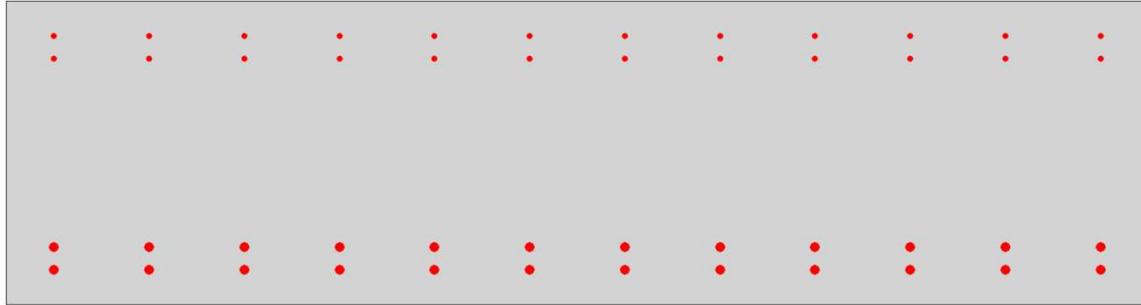
Normativa applicata: NTC 2018

Materiali: C18: C28/35 Diagramma σ - ϵ : Parabola - Rettangolo

Acciaio: B450C Diagramma σ - ϵ : Elastico Perfettamente Plastico Illimitato

Acciaio preteso: Trefolo Diagramma σ - ϵ : Elastico Perfettamente Plastico Illimitato

Sez. N. 1 Forma sezione:	Forma rettangolare
---------------------------------	---------------------------



Sezione in cls.

Nr. V.	b (cm)	h (cm)			
4	300.0	80.0			

$A_c = 24000.00 \text{ cm}^2$	$x_{0c} = 0.00 \text{ cm}$	$y_{0c} = 40.00 \text{ cm}$
$J_x = 12800000.00 \text{ cm}^4$	$J_y = 180000000.00 \text{ cm}^4$	

Armature

n_b	ϕ (mm)	ϵ_{p0} (‰)	s (cm)	d (cm)
12	24.00	0.00	25.00	9.20
12	24.00	0.00	25.00	15.20
12	14.00	0.00	25.00	70.80
12	14.00	0.00	25.00	64.80

$A_s = 145.52 \text{ cm}^2$	$x_{0s} = 0.00 \text{ cm}$	$y_{0s} = 26.32 \text{ cm}$
$A_y = 0.00 \text{ cm}^2$	$x_{0y} = 0.00 \text{ cm}$	$y_{0y} = 0.00 \text{ cm}$

Armatura a Taglio

	n_b	ϕ (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)	α (°)
Staffe	4	12.00	22.62	20.0	
Barre inclinate					

Armatura a Torsione

	n_b	ϕ (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)
Staffe	2	12.00	5.65	40.0
Barre longitud.	4	24.00	45.24	40.0

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE: Legenda	
N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
h	Altezza sezione
β	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
x	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{c,max}$	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{s,max}$	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{p,max}$	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\epsilon_{c,max}$	Deformazione massima nel calcestruzzo con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\epsilon_{s,max}$	Deformazione massima nell'acciaio con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}

$\epsilon_{p,max}$	Deformazione massima nell'acciaio preteso con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
β_U	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
X_U	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{c,max,U}$	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{s,max,U}$	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{p,max,U}$	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{c,max,U}$	Deformazione massima nel calcestruzzo con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{s,max,U}$	Deformazione massima nell'acciaio con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{p,max,U}$	Deformazione massima nell'acciaio preteso con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
N_{Rd}	Valore di calcolo della forza normale resistente
M_{xRd}	Valore di calcolo del momento resistente secondo x
M_{yRd}	Valore di calcolo del momento resistente secondo y
Mappatura Colori	

N° comb.	3	
Sez. N.	1	
Grafico tensioni		
Dominio N-M		
N_{Ed}	(kN)	0.000
M_{xEd}	(kNm)	1214.000
M_{yEd}	(kNm)	163.000
h	(cm)	83.472
β	(°)	-0.541
x	(cm)	22.224
$\sigma_{c,max}$	(N/mm ²)	6.161
$\sigma_{s,max}$	(N/mm ²)	5.341
$\sigma_{p,max}$	(N/mm ²)	201.149
$\epsilon_{c,max}$	(‰)	0.436
$\epsilon_{s,max}$	(‰)	1.006
$\epsilon_{p,max}$	(‰)	0.000
β_U	(°)	359.588
X_U	(cm)	12.704
$\sigma_{c,max,U}$	(N/mm ²)	15.867
$\sigma_{s,max,U}$	(N/mm ²)	391.304
$\sigma_{p,max,U}$	(N/mm ²)	0.000
$\epsilon_{c,max,U}$	(‰)	3.500
$\epsilon_{s,max,U}$	(‰)	16.575
$\epsilon_{p,max,U}$	(‰)	0.000
	(kN)	0.000
M_{xRd}	(kNm)	2705.012
M_{yRd}	(kNm)	363.194
Fattore di sicurezza		2.228

ESITO VERIFICA	OK
----------------	----

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO E TORSIONE

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO E TORSIONE: Legenda	
N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
V_{yEd}	Valore di calcolo del Taglio in direzione y
V_{xEd}	Valore di calcolo del Taglio in direzione x
V_{res}	Valore di calcolo del Taglio risultante
T_{Ed}	Valore di calcolo del Momento Torcente
T'_{Ed}	Momento Torcente agente nella sotto-sezione analizzata
d	Altezza utile della sezione
z	Braccio forze interne
b_w	Larghezza minima della sezione
A_k	Area racchiusa dalla linea media delle pareti connesse, inclusa l'area delle cavità
u_k	Lunghezza totale della linea media delle pareti connesse
$t_{ef,i}$	Spessore efficace della parete. Esso può essere assunto come A/u , ma si raccomanda che sia assunto come non meno di due volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale. Per sezioni cave lo spessore reale costituisce il limite superiore
$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$	
$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$	
$k_1 = 0.15$	
$V_{min} = 0,035 k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$	
A_{sl}	Area armatura longitudinale in trazione
$\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d)$	
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$	Tensione media nel calcestruzzo
$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$ $V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$	Resistenza di calcolo a taglio in assenza di armature
$T_{Rd,c} = 2 \cdot A_k \cdot f_{ctd} \cdot t_{ef,i}$	Valore di progetto del momento torcente di fessurazione
$\frac{T'_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} \leq 1$	Condizione per la quale non è necessario il calcolo delle armature per taglio e torsione (è sufficiente l'armatura minima)
$\theta: 1 \leq \cot \theta \leq 2.5$	Inclinazione Bielle compresse
v_1	Fattore di riduzione della resistenza per il calcestruzzo fessurato a taglio
α_{cw}	Coefficiente che tiene conto dello stato di sollecitazione nella biella compressa
$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$	Valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato, limitato dalla rottura delle bielle compresse
$T_{Rd,max} = 2 v \alpha_{cw} f_{cd} A_k t_{ef,i} \sin \theta \cos \theta$	Momento torcente di progetto, limitato dalla rottura delle bielle compresse
$\frac{T'_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1$	Condizione perché non sia superata la capacità delle bielle compresse di calcestruzzo
$A_{sw,s} / s$	Incidenza armatura a taglio disposta ortogonalmente all'asse trave
$A_{sw,i} / s$	Incidenza armatura a taglio inclinata rispetto all'asse trave dell'angolo α
α	Inclinazione armatura a taglio
$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$	Valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento
$V_{Rd} = \min(V_{Rd,max}, V_{Rd,s})$	Resistenza di calcolo a taglio in presenza di armature
A_{ss} / s	Incidenza armatura trasversale a torsione
$\Sigma A_{sl} / u_k$	Incidenza armatura longitudinale a torsione
$T_{Rd,ss} = 2 \cdot A_k \cdot \frac{A_{ss}}{s} \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta$	Valore di progetto della resistenza a torsione dovuta all'armatura trasversale

$T_{Rd,sl} = 2 \cdot A_k \cdot \frac{\sum A_{sl}}{u_k} \cdot f_{yd} / \cot \theta$	Valore di progetto della resistenza a torsione dovuta all'armatura longitudinale
$T_{Rd} = \min(T_{Rd,max}, T_{Rd,ss}, T_{Rd,sl})$	Valore di progetto della resistenza a torsione

N° comb.	4
Sez. N.	1
N° comb.	_Comb1_
SecN	_Sec1_
Disposizione bielle di calcestruzzo compresse	
N_{Ed}	(kN) 48.000
M_{xEd}	(kNm) 13.000
M_{yEd}	(kNm) 70.000
V_{yEd}	(kN) 750.000
V_{xEd}	(kN) 0.000
V_{res}	(kN) 750.000
T_{Ed}	(kNm) 939.000
T'_{Ed}	(kNm) 939.000
d	(cm) 68.301
z	(cm) 51.879
b_w	(cm) 300.000
A_k	(cm ²) 12997.230
u_k	(cm) 633.684
$t_{ef,i}$	(cm) 31.579
k	1.541
$C_{Rd,c}$	0.120
k_1	0.150
v_{min}	(N/mm ²) 0.354
A_{sl}	(cm ²) 108.573
ρ_l	(%) 0.530
σ_{cp}	(N/mm ²) 0.020
$V_{Rd,c}$	(kN) 937.284
$T_{Rd,c}$	(kNm) 1059.689
$\frac{T'_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}}$	1.686
θ	(°) 21.801 Var.
v_1	0.533
α_{cw}	1.000
$V_{Rd,max}$	(kN) 4536.976
$T_{Rd,max}$	(kNm) 2392.933
$\frac{T'_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}}$	0.558
$A_{sw,s} / s$	(cm ² /m) 22.619
$A_{sw,i} / s$	(cm ² /m) 0.000
α	(°) 90.000
$V_{Rd,s}$	(kN) 1147.969
V_{Rd}	(kN) 1147.969
A_{ss} / s	(cm ² /m) 5.655
$\Sigma A_{sl} / u_k$	(cm ² /m) 45.239
$T_{Rd,ss}$	(kNm) 1437.996
$T_{Rd,sl}$	(kNm) 1840.636
	(kNm) 1437.996
ESITO VERIFICA	OK

8.1.5.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione

Le sollecitazioni di progetto sono le seguenti:

TABLE: Section Cut Forces - Analysis								
SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SEZ_0	RARA	Combination	-16.233	-0.263	4.84	2.6461	27.4	17.3225
SEZ_1_ATTR	RARA	Combination	-70.717	5.891	-31.337	-8.3197	-120.5317	-18.1709

- **Sezione SEZ1 in prossimità dell'attraversamento: B = 300 cm ; H = 80 cm**

M x Max = 19KNm

My Max = 120 KNm

N (sforzo normale) = 70 KN

Armatura longitudinale (orizzontale) : doppia fila di Ø24/20 esterna + doppia fila Ø14/20 lato lato binario

Armatura trasversale (sviluppo longitudinale muro) : 2 staffe Ø12/20 cm + 1 staffa Ø12/40 cm ogni metro di sviluppo longitudinale di muro.

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE: Legenda	
N _{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M _{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M _{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
σ _s	Tensione nell'acciaio - (*) se viene considerata, cautelativamente la tensione nella barra maggiormente tesa, altrimenti è il valore medio all'interno dell'Area di calcestruzzo efficace)
σ _{ct}	Tensione di trazione nel calcestruzzo
f _{ctd}	Resistenza a trazione nel calcestruzzo
E _s	Modulo elastico acciaio
E _{cm}	Modulo elastico medio calcestruzzo
A _{c,eff}	Area calcestruzzo efficace
A _s	Area acciaio teso compreso in A _{c,eff}
k _t	Fattore durata del carico (0.6 - Breve durata; 0.4 - Lunga durata)
α _e = E _s /E _{cm}	
ρ _{p,eff} = A _s /A _{c,eff}	
f _{ct,eff}	Valore medio della resistenza a trazione efficace nel calcestruzzo
ε _{sm}	Deformazione media nell'acciaio
ε _{cm}	Deformazione media nel calcestruzzo
ε _{sm} - ε _{cm} = $\frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$	Deformazione media
c	Copriferro

s	Distanza fra le armature
k ₁	Fattore aderenza (0.8 - Barre ad aderenza migliorata; 1.6 - Barre lisce)
k ₂	Fattore forma diagramma tensioni
∅	Diametro medio barre
k ₃	
k ₄	
$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$ or $s_{r,max} = 1,3 (h - x)$ (if $s > 5 (c + \phi/2)$)	Distanza massima fra le fessure
w _k	Valore caratteristico ampiezza delle fessure
w _{lim}	Valore limite ampiezza delle fessure
Mappatura Colori	

N° comb.	2	
Sez. N.	1	
Grafico tensioni e Area calcestruzzo efficace		
Tipo combinazione	Azioni Frequenti	
Tipo Ambiente	Cond. Amb. Moderate	
Sensibilità Armature	Armature Poco Sensibili	
N _{Ed}	(kN)	70.000
M _{xEd}	(kNm)	19.000
M _{yEd}	(kNm)	120.000
σ _s	(N/mm ²)	5.341 (*)
σ _{ct}	(N/mm ²)	-0.119
f _{ctd}	(N/mm ²)	2.305
E _s	(N/mm ²)	200000.000
E _{cm}	(N/mm ²)	13333.333
A _{c,eff}	(cm ²)	2131.282
A _s	(cm ²)	22.619
A _s		0.600
α _e		15.000
ρ _{p,eff}	(%)	0.011
f _{ct,eff}	(N/mm ²)	2.766
ε _{sm} - ε _{cm}	(%)	0.016
c	(mm)	209.596
s	(mm)	99.345
k ₁		0.800
k ₂		0.500
∅	(mm)	24.000
k ₃		3.400
k ₄		0.425

S _{r,max}	(mm)	1097.058
W _k	(mm)	0.018
W _{lim}	(mm)	0.400
SLE Decompres.		NR
SLE Form. Fessure		OK
SLE Apert. Fessure		OK
ESITO VERIFICA		OK

- **Sezione SEZ0 in prossimità dell'attraversamento: B = 100 cm ; H = 80 cm**

M x Max = 17.32 KNm

M y Max = 2.64 KNm

N (sforzo normale) = 16.3 KN

Armatura longitudinale (orizzontale) : doppia fila di Ø24/15 esterna + doppia fila Ø14/15 lato lato binario

Armatura trasversale (sviluppo longitudinale muro) : 2 staffe Ø12/20 cm + 1 staffa Ø12/40 cm ogni metro di sviluppo longitudinale di muro.

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE: Legenda	
N _{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M _{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M _{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
σ _s	Tensione nell'acciaio - (*) se viene considerata, cautelativamente la tensione nella barra maggiormente tesa, altrimenti è il valore medio all'interno dell'Area di calcestruzzo efficace)
σ _{ct}	Tensione di trazione nel calcestruzzo
f _{ctd}	Resistenza a trazione nel calcestruzzo
E _s	Modulo elastico acciaio
E _{cm}	Modulo elastico medio calcestruzzo
A _{c,eff}	Area calcestruzzo efficace
A _s	Area acciaio teso compreso in A _{c,eff}
k _t	Fattore durata del carico (0.6 - Breve durata; 0.4 - Lunga durata)
α _e = E _s /E _{cm}	
ρ _{p,eff} = A _s /A _{c,eff}	
f _{ct,eff}	Valore medio della resistenza a trazione efficace nel calcestruzzo
ε _{sm}	Deformazione media nell'acciaio
ε _{cm}	Deformazione media nel calcestruzzo
ε _{sm} - ε _{cm} = $\frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$	Deformazione media
c	Copriferro
s	Distanza fra le armature
k _l	Fattore aderenza (0.8 - Barre ad aderenza migliorata; 1.6 - Barre lisce)

k_2	Fattore forma diagramma tensioni
ϕ	Diametro medio barre
k_3	
k_4	
$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$ or $S_{r,max} = 1,3 (h - x)$ (if $s > 5 (c + \phi/2)$)	Distanza massima fra le fessure
w_k	Valore caratteristico ampiezza delle fessure
w_{lim}	Valore limite ampiezza delle fessure
Mappatura Colori	

N° comb.	2
Sez. N.	1
Grafico tensioni e Area calcestruzzo efficace	
Tipo combinazione	Azioni Frequenti
Tipo Ambiente	Cond. Amb. Moderate
Sensibilità Armature	Armature Poco Sensibili
N_{Ed} (kN)	16.300
M_{xEd} (kNm)	17.320
M_{yEd} (kNm)	2.640
σ_s (N/mm ²)	4.120 (*)
σ_{ct} (N/mm ²)	-0.126
f_{ctd} (N/mm ²)	2.305
E_s (N/mm ²)	200000.000
E_{cm} (N/mm ²)	13333.333
$A_{c,eff}$ (cm ²)	1199.922
A_s (cm ²)	40.715
k_t	0.400
α_e	15.000
$\rho_{p,eff}$ (%)	0.034
$f_{ct,eff}$ (N/mm ²)	2.766
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ (%)	0.012
c (mm)	67.125
s (mm)	149.272
s	0.800
k_2	0.500
ϕ (mm)	24.000
k_3	3.400
k_4	0.425
$S_{r,max}$ (mm)	348.467
	0.004

W _{lim}	(mm)	0.400
SLE Decompres.		NR
SLE Form. Fessure		OK
SLE Apert. Fessure		OK
ESITO VERIFICA		OK

8.1.5.3 Verifiche allo stato limite di limitazione delle tensioni

Le sollecitazioni di progetto sono le seguenti:

La sezione maggiormente sollecitata è quella in prossimità all'attraversamento:

- **Sezione SEZ1 in prossimità dell'attraversamento: B = 300 cm ; H = 80 cm**

M_x Max = 13 KNm

M_y Max = 70 KNm

M_z (torcente) = 7 KNm

N (sforzo normale) = 48 KN

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI: Legenda	
N _{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M _{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M _{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
h	Altezza sezione
x	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso
β	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale
σ _c	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione)
σ _{c1}	Tensione minima nel calcestruzzo (+ = compressione)
σ _s	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione)
σ _{s1}	Tensione minima nell'acciaio (+ = trazione)
σ _p	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione)
σ _{p1}	Tensione minima nell'acciaio preteso (+ = trazione)
σ _{c,lim}	Tensione limite nel calcestruzzo
σ _{s,lim}	Tensione limite nell'acciaio
σ _{p,lim}	Tensione limite nell'acciaio preteso
Mappatura Colori	

N° comb.	1
----------	---

Sez. N.	1	
Grafico tensioni		
Tipo combinazione	Azioni Rare	
N_{Ed}	(kN)	70.000
M_{xEd}	(kNm)	19.000
M_{yEd}	(kNm)	120.000
h	(cm)	344.615
x	(cm)	92.556
β	(°)	-30.848
σ_c	(N/mm ²)	0.285
	(N/mm ²)	0.000
σ_s	(N/mm ²)	5.341
σ_{s1}	(N/mm ²)	-3.614
σ_p	(N/mm ²)	0.348
σ_{p1}	(N/mm ²)	0.000
$\sigma_{c,lim}$	(N/mm ²)	16.800
$\sigma_{s,lim}$	(N/mm ²)	360.000
$\sigma_{p,lim}$	(N/mm ²)	360.000
ESITO VERIFICA	OK	

- **Sezione SEZ0 in prossimità dell'attraversamento: B = 100 cm ; H = 80 cm**

$M_x \text{ Max} = 17.32 \text{ KNm}$

$M_y \text{ Max} = 2.64 \text{ KNm}$

$N \text{ (sforzo normale)} = 16.3 \text{ KN}$

Armatura longitudinale (orizzontale) : doppia fila di Ø24/15 esterna + doppia fila Ø14/15 lato lato binario

Armatura trasversale (sviluppo longitudinale muro) : 2 staffe Ø12/20 cm + 1 staffa Ø12/40 cm ogni metro di sviluppo longitudinale di muro.

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI: Legenda

N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
h	Altezza sezione
x	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso
β	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale
σ_c	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione)
σ_{c1}	Tensione minima nel calcestruzzo (+ = compressione)
σ_s	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione)
σ_{s1}	Tensione minima nell'acciaio (+ = trazione)
σ_p	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione)
σ_{p1}	Tensione minima nell'acciaio preteso (+ = trazione)
$\sigma_{c,lim}$	Tensione limite nel calcestruzzo
$\sigma_{s,lim}$	Tensione limite nell'acciaio
$\sigma_{p,lim}$	Tensione limite nell'acciaio preteso
Mappatura Colori	

N° comb.	1	
Sez. N.	1	
Grafico tensioni		
Tipo combinazione	Azioni Rare	
N_{Ed} (kN)	16. 300	
M_{xEd} (kNm)	17. 320	
M_{yEd} (kNm)	2. 640	
h (cm)	90. 617	
x (cm)	38. 213	
β (°)	-6. 339	
σ_c (N/mm ²)	0. 236	
σ_{c1} (N/mm ²)	0. 000	
σ_s (N/mm ²)	4. 120	
σ_{s1} (N/mm ²)	-2. 810	
σ_p (N/mm ²)	157. 362	
σ_{p1} (N/mm ²)	0. 000	
$\sigma_{c,lim}$ (N/mm ²)	16. 800	
$\sigma_{s,lim}$ (N/mm ²)	360. 000	
$\sigma_{p,lim}$ (N/mm ²)	360. 000	
ESITO VERIFICA	OK	

8.1.6 VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE IN PROSSIMITA' DELL'ATTRAVERSAMENTO

E' stata condotta la verifica della fondazione del muro in prossimità dell'attraversamento constatando che le verifiche sono significative considerando n°3 pali trivellati Ø800 di lunghezza 16.0 m per parte e posti ad interasse 1.0 m. L'analisi strutturale dei pali di fondazione è stata condotta con l'ausilio del codice di calcolo IS PALIFICATE prodotto dalla CDM Dolmen Srl . Il codice di calcolo è in grado di modellare il terreno e la struttura di fondazione e restituisce le sollecitazioni di calcolo lungo il palo .

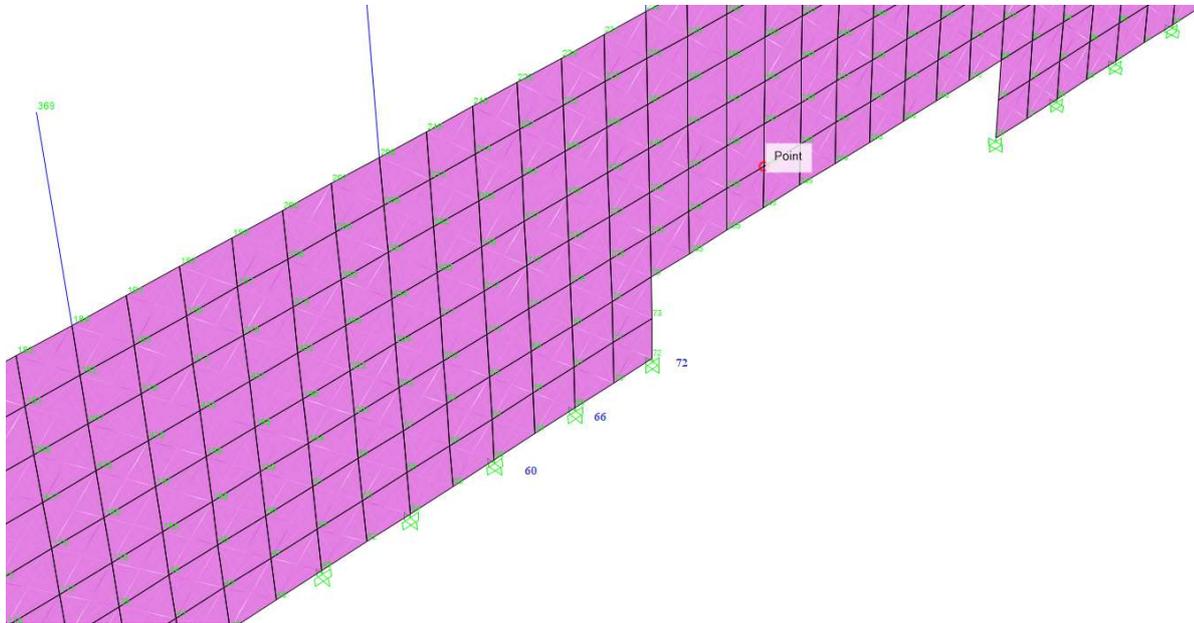
Una volta determinate le sollecitazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU-STR) e allo Stato Limite di Esercizio (SLE) sono state svolte le verifiche utilizzando Cem Arm, software sviluppato internamente dall'Ing. Emidio Sciulli.

E' stato modellato un palo singolo ed applicate in testa le reazioni vincolari delle combinazioni SLU ed SLE, di seguito si riporto l'output del software SAP.

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
60	STR01	Combination		26.768	0	160.608	0	-0.3634	0
60	STR02	Combination		19.788	-16.442	118.803	65.8767	-0.2687	1.0921
60	STR03	Combination		26.768	-16.442	160.608	65.8767	-0.3634	1.0921
60	STR04	Combination		19.788	-1.679	118.803	163.1921	-0.2687	-7.0013
60	STR05	Combination		19.788	-49.813	118.803	527.5637	-0.2687	27.6155
60	GEO04	Combination		19.788	-49.813	118.803	527.5637	-0.2687	27.6155
60	SISMA_SLV	Combination	Max	19.788	5.266	118.803	22.463	-0.2687	0.5676
60	SISMA_SLV	Combination	Min	19.788	-5.266	118.803	-22.463	-0.2687	-0.5676
66	STR01	Combination		51.502	0	215.01	0	-0.4018	0
66	STR02	Combination		38.077	-39.679	159.028	78.4735	-0.2971	-0.3536
66	STR03	Combination		51.502	-39.679	215.01	78.4735	-0.4018	-0.3536
66	STR04	Combination		38.077	-29.824	159.028	123.9864	-0.2971	-7.0519
66	STR05	Combination		38.077	-356.239	159.028	810.8517	-0.2971	14.2354
66	GEO04	Combination		38.077	-356.239	159.028	810.8517	-0.2971	14.2354
66	SISMA_SLV	Combination	Max	38.077	14.451	159.028	28.5259	-0.2971	0.0292
66	SISMA_SLV	Combination	Min	38.077	-14.451	159.028	-28.5259	-0.2971	-0.0292
72	STR01	Combination		-16.929	0	115.264	0	2.8295	0
72	STR02	Combination		-12.526	-9.91	85.253	40.0867	2.0928	0.0607
72	STR03	Combination		-16.929	-9.91	115.264	40.0867	2.8295	0.0607
72	STR04	Combination		-12.526	85.594	85.253	34.1124	2.0928	-3.2643
72	STR05	Combination		-12.526	-470.354	85.253	531.3757	2.0928	8.6516
72	GEO04	Combination		-12.526	-470.354	85.253	531.3757	2.0928	8.6516
72	SISMA_SLV	Combination	Max	-12.526	6.197	85.253	15.4153	2.0928	0.0921
72	SISMA_SLV	Combination	Min	-12.526	-6.197	85.253	-15.4153	2.0928	-0.0921

I nodi 60, 62 e 72 corrispondono ai tre nodi di vincolo esterno prossimi all'attraversamento e sono i più rappresentativi ai fini delle verifiche strutturali.



8.1.6.1 Azioni.

Le azioni sono applicate direttamente in testa ai pali, espresse rispetto al sistema di riferimento globale.

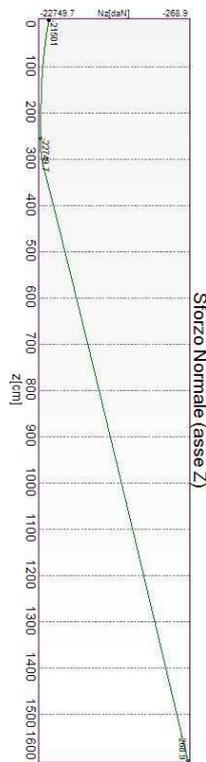
Punto	Caso	Ses.	N _z [daN]	V _x [daN]	V _y [daN]	M _x [daN*cm]	M _y [daN*cm]	T _z [daN*cm]
Punto maglia: Punto 1								
Caso: STR01 - Combinazione fondamentale 1								
PM1	C1	1	-21501	0	0	0	0	0
Caso: STR02 - Combinazione fondamentale 2								
PM1	C2	1	-15902.8	3967.9	0	0	784735	0
Caso: STR05/GEO4 - Combinazione Eccezionale Attrav								
PM1	C3	1	-15902.8	47035	0	0	8108500	0
Caso: SISMA - Combinazione Sismica								
PM1	C4	1	-15903	1445	0	0	285259	0
Caso: RARA - Combinazione SLE								
PM1	C5	1	0	0	0	0	0	0

Caso	Nome	Tipo	Sisma	n° sestetti	Descr.
C1	STR01	SLU	No	1	Combinazione fondamentale 1
C2	STR02	SLU	No	1	Combinazione fondamentale 2

C3	STR05/GEO4	SLU	No	1	Combinazione Eccezionale Attrav
C4	SISMA	SLV	Si	1	Combinazione Sismica
C5	RARA	Rara	No	1	Combinazione SLE

8.1.6.2 Sollecitazioni SLU

I massimi valori di *Sforzo Normale di compressione*, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C1** (Stato limite ultimo).

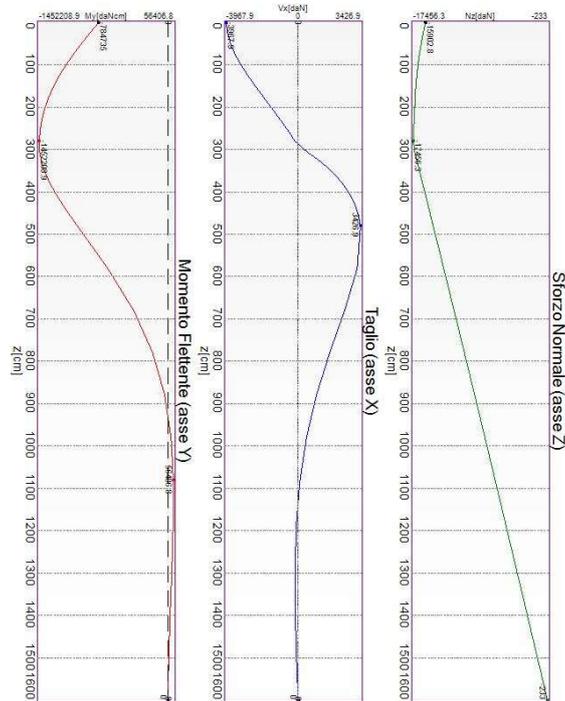


Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C1)					
N _z [daN]	V _x [daN]	V _y [daN]	M _x [daN*cm]	M _y [daN*cm]	T _z [daN*cm]
-21501	0	0	0	0	0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)					
Z _{loc} [cm]	N _z [daN]	V _{xy} [daN]	M _{xy} [daN*cm]		
0	-21501	0	0		
0	-21501	0	0		
25	-21794.2	0	0		

50	-22045.57	0	0
75	-22255.22	0	0
100	-22423.27	0	0
125	-22549.83	0	0
150	-22635	0	0
175	-22678.92	0	0
180	-22682.77	0	0
180	-22682.77	0	0
205	-22709.69	0	0
230	-22739.04	0	0
255	-22749.66	0	0
280	-22741.61	0	0
280	-22741.61	0	0
305	-22509.04	0	0
330	-22062.08	0	0
355	-21616.16	0	0
380	-21171.24	0	0
405	-20727.32	0	0
430	-20284.37	0	0
455	-19842.36	0	0
480	-19401.28	0	0
580	-17645.84	0	0
680	-15903.6	0	0
780	-14173.26	0	0
880	-12453.53	0	0
980	-10743.11	0	0
1080	-9040.73	0	0
1180	-7345.12	0	0
1280	-5655.01	0	0
1380	-3969.12	0	0
1480	-2286.21	0	0
1505	-1865.8	0	0
1530	-1445.47	0	0
1555	-1025.21	0	0
1580	-605	0	0
1600	-268.86	0	0

I massimi valori di *Sforzo Normale di trazione*, si ottengono nel punto maglia *PMI*, nel caso di carico *C2* (Stato limite ultimo).

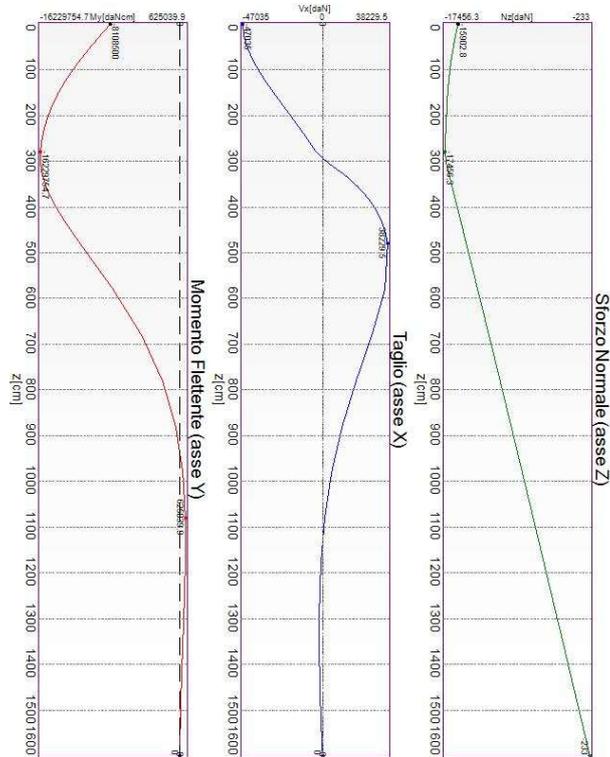


Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C2)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C2)					
N _z [daN]	V _x [daN]	V _y [daN]	M _x [daN*cm]	M _y [daN*cm]	T _z [daN*cm]
-15902.8	3967.9	0	0	784735	0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C2)					
Z _{loc} [cm]	N _z [daN]	V _{xy} [daN]	M _{xy} [daN*cm]		
0	-15902.8	3967.9	784735		
0	-15902.8	3967.9	784735		
25	-16198.9	3906.4	883153		
50	-16458.95	3737.45	978669		
75	-16683.03	3481	1068848		
100	-16871.22	3155.84	1151740		
125	-17023.61	2779.59	1225847		
150	-17140.3	2368.48	1290099		
175	-17221.36	1937.34	1343811		
180	-17233.31	1850.04	1353278		
180	-17233.31	1850.04	1353278		
205	-17299.66	1412.33	1393936		
230	-17368.06	981.87	1423734		
255	-17420.27	568.53	1442980		
280	-17456.32	180.61	1452209		
280	-17456.32	180.61	1452209		
305	-17298.5	475.43	1448273		

330	-16955.5	1279.09	1426003
355	-16613.3	1932.1	1385556
380	-16271.88	2448.69	1330522
405	-15931.22	2842.97	1264132
430	-15591.31	3128.7	1189271
455	-15252.12	3319.14	1108486
480	-14913.64	3426.88	1024001
580	-13566.57	3256.29	683204
680	-12229.64	2556.15	390243
780	-10901.86	1730.97	176078
880	-9582.24	1001.02	40855
980	-8269.79	454.52	30236
1080	-6963.53	99.24	56407
1180	-5662.48	96.44	55383
1280	-4365.67	175.3	40991
1380	-3072.12	174.93	22946
1480	-1780.88	120.49	7795
1505	-1458.31	100.08	5033
1530	-1135.81	77.17	2812
1555	-813.37	51.8	1195
1580	-490.96	24	243
1600	-233.05	0	0

I massimi valori di *Taglio (in valore assoluto)*, *Momento flettente (in valore assoluto)*, si ottengono nel punto maglia *PMI*, nel caso di carico *C3* (Stato limite ultimo).



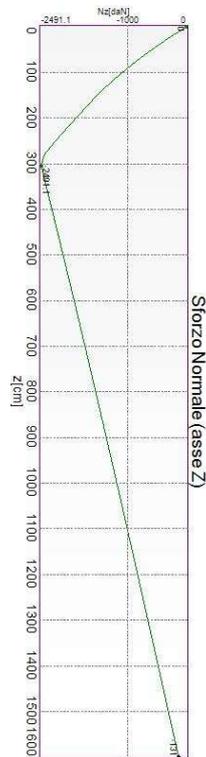
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C3)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-15902.8	47035	0	0	8108500	0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)					
z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-15902.8	47035	8108500		
0	-15902.8	47035	8108500		
25	-16198.9	46338.81	9275550		
50	-16458.95	44424.17	10409730		
75	-16683.03	41514.25	11483384		
100	-16871.22	37820.37	12474291		
125	-17023.61	33540.53	13365345		
150	-17140.3	28858.11	14144213		
175	-17221.36	23940.8	14802949		
180	-17233.31	22944.18	14920151		
180	-17233.31	22944.18	14920151		
205	-17299.66	17942.99	15429861		
230	-17368.06	13016.61	15815397		
255	-17420.27	8277.7	16080062		
280	-17456.32	3821.06	16229755		

280	-17456.32	3821.06	16229755
305	-17298.5	3733.89	16227994
330	-16955.5	13015.04	16014784
355	-16613.3	20583.09	15591318
380	-16271.88	26597.69	14998424
405	-15931.22	31217.47	14272946
430	-15591.31	34597.53	13447803
455	-15252.12	36887.41	12552101
480	-14913.64	38229.53	11611297
580	-13566.57	36674.93	7789413
680	-12229.64	28965.86	4479707
780	-10901.86	19722.69	2046633
880	-9582.24	11481.34	501539
980	-8269.79	5275.74	317459
1080	-6963.53	1218.33	625040
1180	-5662.48	1033.51	621074
1280	-4365.67	1956.31	462397
1380	-3072.12	1972.44	259826
1480	-1780.88	1365.97	88518
1505	-1458.31	1135.79	57186
1530	-1135.81	876.62	31972
1555	-813.37	588.97	13593
1580	-490.96	273.05	2760
1600	-233.05	0	0

8.1.6.3 Sollecitazioni a SLE

I massimi valori di *Sforzo Normale di compressione*, *Sforzo Normale di trazione*, *Taglio (in valore assoluto)*, *Momento flettente (in valore assoluto)*, si ottengono nel punto maglia *PM1*, nel caso di carico *C5* (Rara).



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C5)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C5)					
N _z [daN]	V _x [daN]	V _y [daN]	M _x [daN*cm]	M _y [daN*cm]	T _z [daN*cm]
0	0	0	0	0	0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C5)					
Z _{loc} [cm]	N _z [daN]	V _{xy} [daN]	M _{xy} [daN*cm]		
0	0	0	0		
0	0	0	0		
25	-304.29	0	0		
50	-588.83	0	0		
75	-853.64	0	0		
100	-1098.72	0	0		
125	-1324.08	0	0		
150	-1529.74	0	0		
175	-1715.71	0	0		
180	-1750.55	0	0		
180	-1750.55	0	0		
205	-1928.3	0	0		
230	-2107.07	0	0		
255	-2276.81	0	0		
280	-2437.52	0	0		

280	-2437.52	0	0
305	-2491.09	0	0
330	-2442.17	0	0
355	-2393.44	0	0
380	-2344.9	0	0
405	-2296.55	0	0
430	-2248.38	0	0
455	-2200.39	0	0
480	-2152.57	0	0
580	-1962.99	0	0
680	-1775.9	0	0
780	-1591.07	0	0
880	-1408.26	0	0
980	-1227.25	0	0
1080	-1047.79	0	0
1180	-869.67	0	0
1280	-692.66	0	0
1380	-516.52	0	0
1480	-341.05	0	0
1505	-297.25	0	0
1530	-253.48	0	0
1555	-209.73	0	0
1580	-166	0	0
1600	-131.03	0	0

8.1.6.4 Verifiche strutturali SLU ed SLE

Sollecitazioni SLU – Massimo Mmento flettente e Sforzo normale

Il valore massimo del Momento flettente si ha alla quota -255 cm:

$$M \text{ Max} = 1623 \text{ KNm}$$

$$N = 174.56 \text{ KN}$$

$$T \text{ Max} = 470.35 \text{ KN}$$

Sollecitazioni SLE

Il valore massimo del Momento flettente si ha alla quota -255 cm:

$$M \text{ Max} = 89.736 \text{ KNm}$$

$$N = 168 \text{ KN}$$

I pali sono armati con 22Ø26 a cui vengono aggiunti ulteriori 22Ø26 per i primi 4.5 m di sviluppo del palo (partendo dalla testa).

L'armatura a taglio è costituita da una spirale Ø12 a passo 20 per tutto lo sviluppo.

CemArm: PROGRAMMA PER LA VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A. DI FORMA QUALSIASI

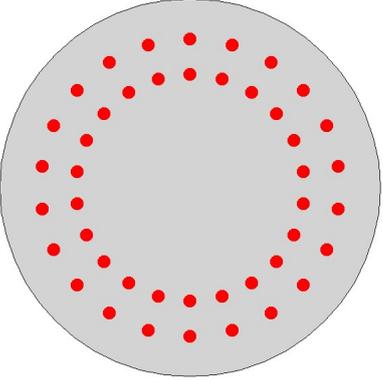
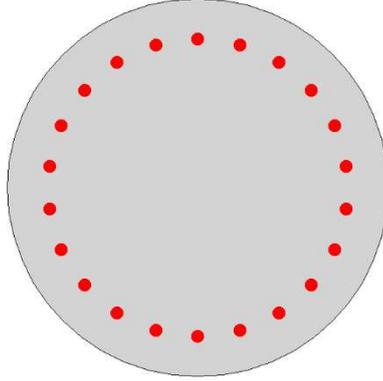
Titolo:

Normativa applicata: NTC 2018

Materiali: C/c: **C25/30** **Diagramma $\sigma-\epsilon$:** **Parabola - Rettangolo**

Acciaio: **B450C** **Diagramma $\sigma-\epsilon$:** **Elastico Perfettamente Plastico Illimitato**

Acciaio preteso: **Trefolo** **Diagramma $\sigma-\epsilon$:** **Elastico Perfettamente Plastico Illimitato**

Sez. N. 1 Forma sezione: Forma circolare/anulare					Sez. N. 2 Forma sezione: Forma circolare/anulare						
											
Sezione in cls.					Sezione in cls.						
Nr. V.	ϕ_i (cm)	ϕ_e (cm)			Nr. V.	ϕ_i (cm)	ϕ_e (cm)				
48	0.0	80.0			48	0.0	80.0				
$A_c = 5012.21 \text{ cm}^2$		$X_{0c} = 0.00 \text{ cm}$		$Y_{0c} = 0.00 \text{ cm}$	$A_c = 5012.21 \text{ cm}^2$		$X_{0c} = 0.00 \text{ cm}$		$Y_{0c} = 0.00 \text{ cm}$		
$J_x = 1999164.96 \text{ cm}^4$		$J_y = 1999164.96 \text{ cm}^4$			$J_x = 1999164.96 \text{ cm}^4$		$J_y = 1999164.96 \text{ cm}^4$				
Armature					Armature						
n_b	ϕ (mm)	ϵ_{p0} (‰)	s (cm)	d (cm)	n_b	ϕ (mm)	ϵ_{p0} (‰)	s (cm)	d (cm)		
22	26.00	0.00	-9.00	71.50	22	26.00	0.00	-9.00	71.50		
22	26.00	0.00	-6.85	64.00							
$A_s = 233.61 \text{ cm}^2$		$X_{0s} = 0.00 \text{ cm}$		$Y_{0s} = 0.00 \text{ cm}$	$A_s = 116.80 \text{ cm}^2$		$X_{0s} = 0.00 \text{ cm}$		$Y_{0s} = 0.00 \text{ cm}$		
$A_p = 0.00 \text{ cm}^2$		$X_{0p} = 0.00 \text{ cm}$		$Y_{0p} = 0.00 \text{ cm}$	$A_p = 0.00 \text{ cm}^2$		$X_{0p} = 0.00 \text{ cm}$		$Y_{0p} = 0.00 \text{ cm}$		
Armatura a Taglio					Armatura a Taglio						
	n_b	ϕ (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)	α (°)		n_b	ϕ (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)	α (°)
Staffe	2	12.00	11.31	20.0		Staffe					
Barre inclinate						Barre inclinate					
Armatura a Torsione					Armatura a Torsione						
	n_b	ϕ (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)			n_b	ϕ (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)	
Staffe						Staffe					
Barre longitud.						Barre longitud.					

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI: Legenda	
N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
h	Altezza sezione
x	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso
β	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale
σ_c	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione)
σ_{c1}	Tensione minima nel calcestruzzo (+ = compressione)
σ_s	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione)
σ_{s1}	Tensione minima nell'acciaio (+ = trazione)
σ_p	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione)
σ_{p1}	Tensione minima nell'acciaio preteso (+ = trazione)
$\sigma_{c,lim}$	Tensione limite nel calcestruzzo
$\sigma_{s,lim}$	Tensione limite nell'acciaio
$\sigma_{p,lim}$	Tensione limite nell'acciaio preteso
Mappatura Colori	

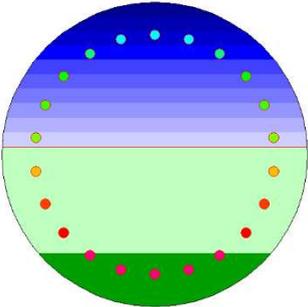
N° comb.	1	
Sez. N.	1	
Grafico tensioni		
Tipo combinazione	Azioni Rare	
N_{Ed}	(kN)	168.280
M_{xEd}	(kNm)	89.737
M_{yEd}	(kNm)	0.000
h	(cm)	80.000
x	(cm)	40.627
β	(°)	0.000
σ_c	(N/mm ²)	1.549
σ_{c1}	(N/mm ²)	0.000
σ_s	(N/mm ²)	17.661

σ_{s1}	(N/mm ²)	-18.379
σ_p	(N/mm ²)	391.304
σ_{p1}	(N/mm ²)	0.000
$\sigma_{c,lim}$	(N/mm ²)	14.940
$\sigma_{s,lim}$	(N/mm ²)	360.000
$\sigma_{p,lim}$	(N/mm ²)	360.000
ESITO VERIFICA		OK

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE: Legenda	
N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
σ_s	Tensione nell'acciaio - (*) se viene considerata, cautelativamente la tensione nella barra maggiormente tesa, altrimenti è il valore medio all'interno dell'Area di calcestruzzo efficace)
σ_{ct}	Tensione di trazione nel calcestruzzo
f_{ctd}	Resistenza a trazione nel calcestruzzo
E_s	Modulo elastico acciaio
E_{cm}	Modulo elastico medio calcestruzzo
$A_{c,eff}$	Area calcestruzzo efficace
A_s	Area acciaio teso compreso in $A_{c,eff}$
k_t	Fattore durata del carico (0.6 - Breve durata; 0.4 - Lunga durata)
$\alpha_e = E_s/E_{cm}$	
$\rho_{eff} = A_s/A_{c,eff}$	
f_{ctm}	Resistenza a trazione media nel calcestruzzo
$\epsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - k_1 \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_e \rho_{eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$	Deformazione media
c	Copriferro
s	Distanza fra le armature
k_1	Fattore aderenza (0.8 - Barre ad aderenza migliorata; 1.6 - Barre lisce)
k_2	Fattore forma diagramma tensioni
ϕ	Diametro medio barre
k_3	
k_4	
$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{eff}}$ o $\Delta_{smax} = 1,3 (h - x)$ (se $s > 5(c + \phi/2)$)	Distanza massima fra le fessure
w_d	Valore di calcolo ampiezza delle fessure
w_{lim}	Valore limite ampiezza delle fessure
Mappatura Colori	

N° comb.	2
Sez. N.	2

<p>Grafico tensioni e Area calcestruzzo efficace</p>	
<p>Tipo combinazione</p>	<p>Azioni Rare</p>
<p>Tipo Ambiente</p>	<p>Cond. Amb. Moderate</p>
<p>Sensibilità Armature</p>	<p>Armature Poco Sensibili</p>
<p>N_{Ed} (kN)</p>	<p>168.280</p>
<p>M_{xEd} (kNm)</p>	<p>89.737</p>
<p>M_{yEd} (kNm)</p>	<p>0.000</p>
<p>σ_s (N/mm²)</p>	<p>25.708 (*)</p>
<p>σ_{ct} (N/mm²)</p>	<p>-1.024</p>
<p>f_{ctd} (N/mm²)</p>	<p>2.132</p>
<p>E_s (N/mm²)</p>	<p>210000.000</p>
<p>E_s (N/mm²)</p>	<p>14000.000</p>
<p>$A_{c,eff}$ (cm²)</p>	<p>587.553</p>
<p>A_s (cm²)</p>	<p>26.546</p>
<p>k_t</p>	<p>0.400</p>
<p>k_t</p>	<p>15.000</p>
<p>ρ_{eff} (‰)</p>	<p>0.045</p>
<p>f_{ctm} (N/mm²)</p>	<p>2.558</p>
<p>ϵ_{sm} (‰)</p>	<p>0.073</p>
<p>c (mm)</p>	<p>72.000</p>
<p>s (mm)</p>	<p>177.492</p>
<p>k_1</p>	<p>0.800</p>
<p>k_2</p>	<p>0.500</p>
<p>ϕ (mm)</p>	<p>26.000</p>
<p>k_3</p>	<p>3.400</p>
<p>k_4</p>	<p>0.425</p>
<p>Δ_{smax} (mm)</p>	<p>342.628</p>
<p>w_d (mm)</p>	<p>0.025</p>
<p>w_{lim} (mm)</p>	<p>0.400</p>
<p>SLE Decompres.</p>	<p>NR</p>
<p>SLE Form. Fessure</p>	<p>NR</p>
<p>SLE Apert. Fessure</p>	<p>OK</p>
<p>ESITO VERIFICA</p>	<p>OK</p>

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE

<p>VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE: Legenda</p>	
<p>N_{Ed}</p>	<p>Valore di calcolo della Forza Normale</p>
<p>M_{xEd}</p>	<p>Valore di calcolo del Momento flettente secondo X</p>
<p>M_{yEd}</p>	<p>Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y</p>

h	Altezza sezione
β	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
x	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{c,max}$	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{s,max}$	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{p,max}$	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\epsilon_{c,max}$	Deformazione massima nel calcestruzzo con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\epsilon_{s,max}$	Deformazione massima nell'acciaio con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\epsilon_{p,max}$	Deformazione massima nell'acciaio preteso con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
β_U	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
x_U	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{c,max,U}$	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{s,max,U}$	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{p,max,U}$	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{c,max,U}$	Deformazione massima nel calcestruzzo con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{s,max,U}$	Deformazione massima nell'acciaio con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{p,max,U}$	Deformazione massima nell'acciaio preteso con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
N_{Rd}	Valore di calcolo della forza normale resistente
M_{xRd}	Valore di calcolo del momento resistente secondo x
M_{yRd}	Valore di calcolo del momento resistente secondo y
Mappatura Colori	

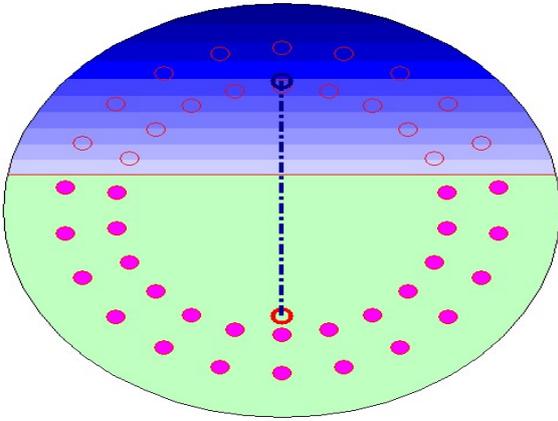
N° comb.		3	4
Sez. N.		1	2
Grafico tensioni			
Dominio N-M			
N_{Ed}	(kN)	174.560	159.030
M_{xEd}	(kNm)	1623.000	810.850
M_{yEd}	(kNm)	0.000	0.000
h	(cm)	80.000	80.000
β	(°)	0.000	0.000
x	(cm)	34.349	31.057
$\sigma_{c,max}$	(N/mm ²)	14.110	12.527
$\sigma_{s,max}$	(N/mm ²)	25.708	391.304
$\sigma_{p,max}$	(N/mm ²)	391.304	363.719
$\epsilon_{c,max}$	(‰)	2.275	1.330
$\epsilon_{s,max}$	(‰)	2.461	1.732
$\epsilon_{p,max}$	(‰)	0.000	0.000

β_U	(°)	0.000	0.000
X_U	(cm)	32.769	26.612
$\sigma_{c,max,U}$	(N/mm ²)	14.110	14.110
$\sigma_{s,max,U}$	(N/mm ²)	391.304	391.304
$\sigma_{p,max,U}$	(N/mm ²)	0.000	0.000
$\epsilon_{c,max,U}$	(‰)	3.500	3.500
$\epsilon_{s,max,U}$	(‰)	4.137	5.904
$\epsilon_{p,max,U}$	(‰)	0.000	0.000
N_{Rd}	(kN)	174.560	159.030
M_{xRd}	(kNm)	1879.087	1184.387
M_{yRd}	(kNm)	0.000	0.000
Fattore di sicurezza		1.158	1.461
ESITO VERIFICA		OK	OK

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO: Legenda	
N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
V_{yEd}	Valore di calcolo del Taglio in direzione y
V_{xEd}	Valore di calcolo del Taglio in direzione x
V_{res}	Valore di calcolo del Taglio risultante
d	Altezza utile della sezione
b_w	Larghezza minima della sezione
$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$	
$V_{min} = 0,035 k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$	
A_{sl}	Area armatura longitudinale in trazione
$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$	Tensione media nel calcestruzzo
$V_{Rd1} = \{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd1} \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	Resistenza di calcolo a taglio in assenza di armature
$\theta: 1 \leq \cot\theta \leq 2.5 (0.4 \leq \cot\theta \leq 2.5 \text{ se } V_{res} = 0)$	Inclinazione Bielle compresse
$f_{cd} = 0.5 f_{cd}$	Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima
α_c	Coefficiente che tiene conto dello stato di sollecitazione nella biella compressa
$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cot\alpha + \cot\theta) / (1 + \cot^2\theta)$	Valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato, limitato dalla rottura delle bielle compresse
$A_{sw,s} / s$	Incidenza armatura a taglio disposta ortogonalmente all'asse trave
$A_{sw,i} / s$	Incidenza armatura a taglio inclinata rispetto all'asse trave dell'angolo α
α	Inclinazione armatura a taglio
$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot\alpha + \cot\theta) \cdot \sin\alpha$	Valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento
$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$	Resistenza di calcolo a taglio in presenza di armature

N° comb.	5
Sez. N.	1

Disposizione bielle di calcestruzzo compresse			
N_{Ed}	(kN)		0.000
M_{xEd}	(kNm)		0.000
M_{yEd}	(kNm)		0.000
V_{yEd}	(kN)		470.360
V_{xEd}	(kN)		0.000
V_{res}	(kN)		470.360
d	(cm)		60.378
d_w	(cm)		62.229
k			1.576
v_{min}	(N/mm ²)		0.345
A_{sl}	(cm ²)		138.042
ρ_l	(‰)		2.000
σ_{cp}	(N/mm ²)		0.000
V_{Rd1}	(kN)		261.353
θ	(°)		21.801 Var.
f_{cd}	(N/mm ²)		7.055
α_c			1.000
V_{Rcd}	(kN)		822.651
A_{sw,s} / s	(cm ² /m)		11.310
A_{sw,i} / s	(cm ² /m)		0.000
α	(°)		90.000
V_{Rsd}	(kN)		601.213
V_{Rd}	(kN)		601.213
ESITO VERIFICA		OK	

8.1.7 VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE LONTANI DALL'ATTRAVERSAMENTO

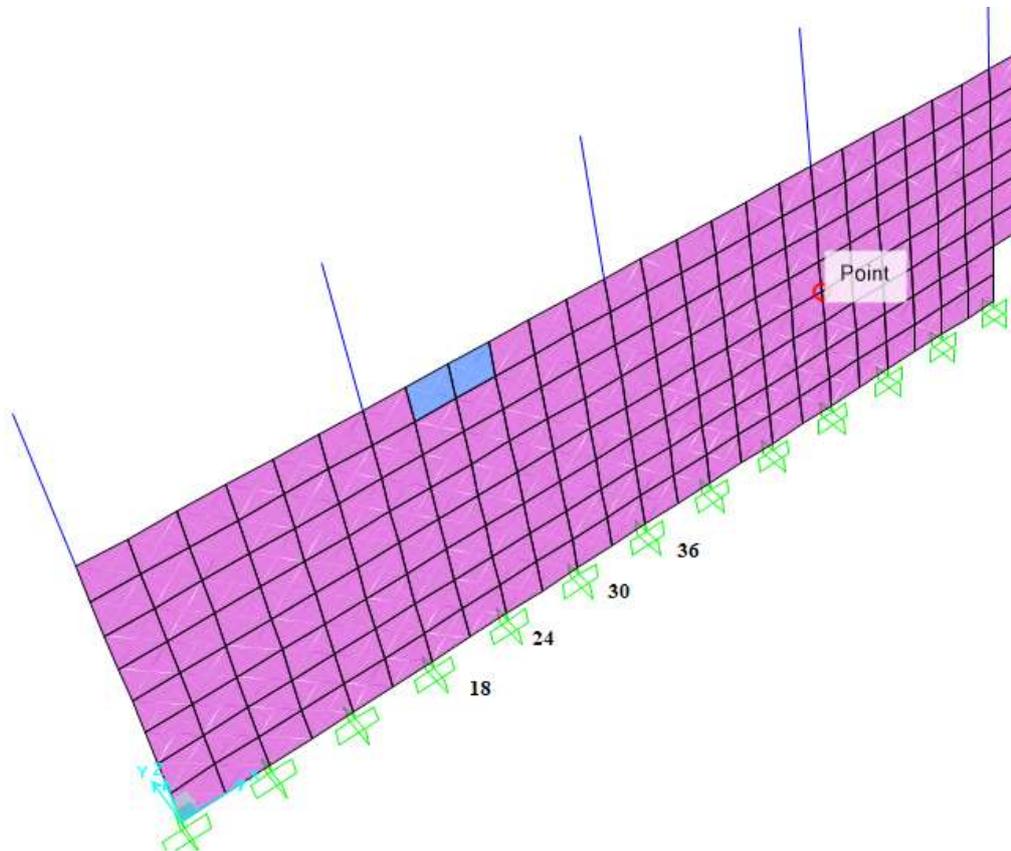
La fondazione del muro è costituita da pali trivellati Ø800 di lunghezza 8.0 m e posti ad interasse 1.0 m. L'analisi strutturale dei pali di fondazione è stata condotta con l'ausilio del codice di calcolo IS PALIFICATE prodotto dalla CDM Dolmen Srl. Il codice di calcolo è in grado di modellare il terreno e la struttura di fondazione e restituisce le sollecitazioni di calcolo lungo il palo.

Una volta determinate le sollecitazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU-STR) e allo Stato Limite di Esercizio (SLE) sono state svolte le verifiche utilizzando Cem Arm, software sviluppato internamente dall'Ing. Emidio Sciulli.

E'astato modellato un palo singolo ed applicate in testa le reazioni vincolari delle combinazioni SLU ed SLE, di seguito si riporto l'output del software SAP.

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
18	STR01	Combination		0.18	0	114.026	0	0.0092	0
18	STR02	Combination		0.139	-13.101	84.341	50.5375	0.0063	-0.1626
18	STR03	Combination		0.18	-13.101	114.026	50.5375	0.0092	-0.1626
18	STR04	Combination		0.139	-319	84.341	755.4787	0.0063	3.7459
18	STR05	Combination		0.139	7.014	84.341	26.1585	0.0063	1.5069
18	GEO04	Combination		0.139	7.014	84.341	26.1585	0.0063	1.5069
18	RARA	Combination		0.139	-8.734	84.341	33.6917	0.0063	-0.1084
18	SISMA_SLV	Combination	Max	0.139	2.228	84.341	10.7248	0.0063	0.0186
18	SISMA_SLV	Combination	Min	0.139	-2.228	84.341	-10.7248	0.0063	-0.0186
24	STR01	Combination		-0.988	0	113.319	0	-0.006	0
24	STR02	Combination		-0.734	-12.277	83.835	49.3159	-0.0047	-0.096
24	STR03	Combination		-0.988	-12.277	113.319	49.3159	-0.006	-0.096
24	STR04	Combination		-0.734	-346.071	83.835	766.642	-0.0047	-3.3451
24	STR05	Combination		-0.734	11.293	83.835	38.5125	-0.0047	2.3058
24	GEO04	Combination		-0.734	11.293	83.835	38.5125	-0.0047	2.3058
24	RARA	Combination		-0.734	-8.185	83.835	32.8773	-0.0047	-0.064
24	SISMA_SLV	Combination	Max	-0.734	2.012	83.835	10.7719	-0.0047	0.0384
24	SISMA_SLV	Combination	Min	-0.734	-2.012	83.835	-10.7719	-0.0047	-0.0384
30	STR01	Combination		-1.668	0	112.964	0	-0.0235	0
30	STR02	Combination		-1.242	-11.818	83.578	48.8065	-0.0176	-0.0007933
30	STR03	Combination		-1.668	-11.818	112.964	48.8065	-0.0235	-0.0007933
30	STR04	Combination		-1.242	-293.677	83.578	699.5698	-0.0176	-10.0183
30	STR05	Combination		-1.242	16.133	83.578	58.2661	-0.0176	3.6062
30	GEO04	Combination		-1.242	16.133	83.578	58.2661	-0.0176	3.6062
30	RARA	Combination		-1.242	-7.879	83.578	32.5377	-0.0176	-0.0005289
30	SISMA_SLV	Combination	Max	-1.242	1.927	83.578	11.1471	-0.0176	0.0819
30	SISMA_SLV	Combination	Min	-1.242	-1.927	83.578	-11.1471	-0.0176	-0.0819
36	STR01	Combination		-1.581	0	113.404	0	-0.0492	0
36	STR02	Combination		-1.179	-11.529	83.904	49.1217	-0.0364	0.1171
36	STR03	Combination		-1.581	-11.529	113.404	49.1217	-0.0492	0.1171
36	STR04	Combination		-1.179	-192.3	83.904	576.039	-0.0364	-14.1075
36	STR05	Combination		-1.179	21.059	83.904	89.9041	-0.0364	5.6153
36	GEO04	Combination		-1.179	21.059	83.904	89.9041	-0.0364	5.6153
36	RARA	Combination		-1.179	-7.686	83.904	32.7478	-0.0364	0.0781
36	SISMA_SLV	Combination	Max	-1.179	1.96	83.904	11.9459	-0.0364	0.1402
36	SISMA_SLV	Combination	Min	-1.179	-1.96	83.904	-11.9459	-0.0364	-0.1402

I nodi 18, 24,30 e 36 corrispondono ai quattro nodi di vincolo esterno più rappresentativi ai fini delle verifiche strutturali.



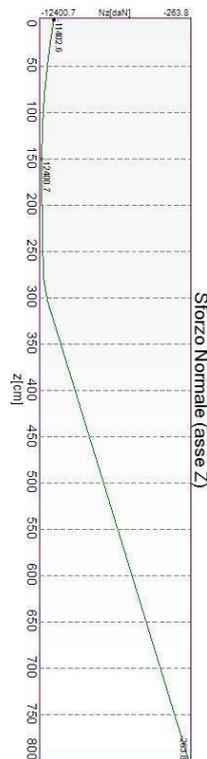
8.1.7.1 Azioni.

Le azioni sono applicate direttamente in testa ai pali, espresse rispetto al sistema di riferimento globale.

Punto	Caso	Ses.	N _z [daN]	V _x [daN]	V _y [daN]	M _x [daN*cm]	M _y [daN*cm]	T _z [daN*cm]
Punto maglia: Punto 1								
Caso: STR01 - Combinazione fondamentale 1								
PM1	C1	1	-11402.6	0	0	0	0	0
Caso: STR03 - Combinazione fondamentale 3								
PM1	C2	1	-11402.6	1310.1	0	0	505300	0
Caso: STR04/GEO4 - Combinazione Eccezionale Attrav								
PM1	C3	1	-8434.1	34607.1	0	0	7554787	0
Caso: SISMA - Combinazione Sismica								
PM1	C4	1	-8434.1	223	0	0	107200	0
Caso: RARA - Combinazione SLE								
PM1	C5	1	-8431	874	0	0	336900	0

8.1.7.2 Sollecitazioni SLU

I massimi valori di *Sforzo Normale di compressione*, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C1** (Stato limite ultimo).

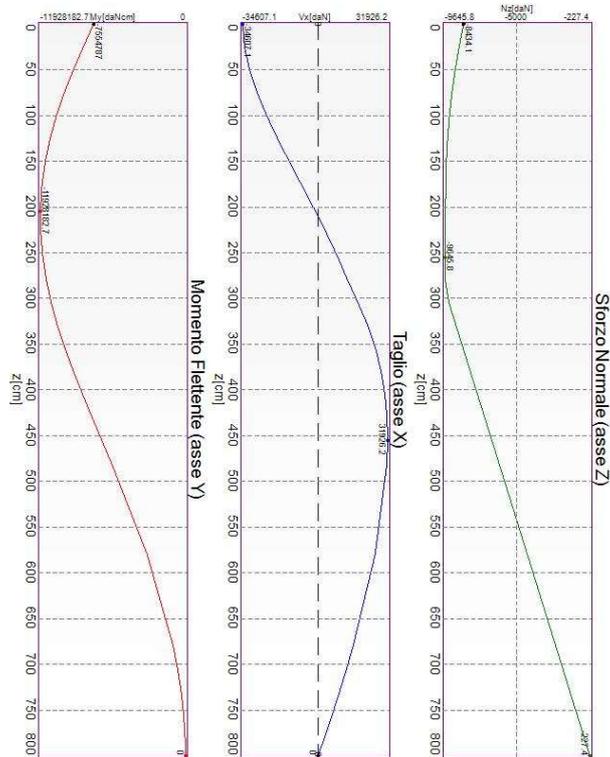


Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)

<i>Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C1)</i>					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-11402.6	0	0	0	0	0
<i>Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)</i>					
Z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-11402.6	0	0		
0	-11402.6	0	0		
25	-11692.07	0	0		
50	-11932.21	0	0		
75	-12123.09	0	0		
100	-12264.75	0	0		
125	-12357.27	0	0		

150	-12400.71	0	0
175	-12395.14	0	0
180	-12388.15	0	0
180	-12388.15	0	0
205	-12362.16	0	0
230	-12338.79	0	0
255	-12292.95	0	0
280	-12224.69	0	0
280	-12224.69	0	0
305	-11889.44	0	0
330	-11298.85	0	0
355	-10708.79	0	0
380	-10119.24	0	0
405	-9530.15	0	0
430	-8941.52	0	0
455	-8353.3	0	0
480	-7765.47	0	0
580	-5417.5	0	0
680	-3073.6	0	0
705	-2488.05	0	0
730	-1902.61	0	0
755	-1317.27	0	0
780	-731.99	0	0
800	-263.79	0	0

I massimi valori di *Sforzo Normale di trazione*, *Taglio (in valore assoluto)*, *Momento flettente (in valore assoluto)*, si ottengono nel punto maglia *PMI*, nel caso di carico *C3* (Stato limite ultimo).



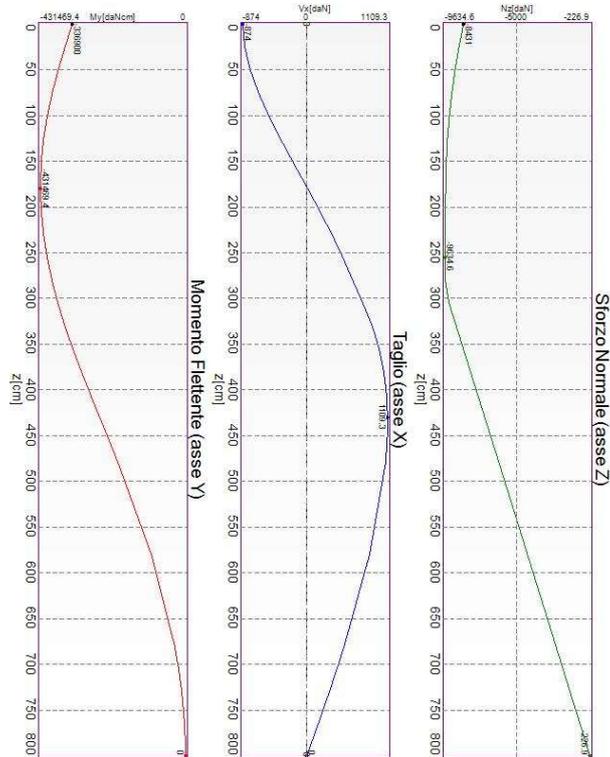
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C3)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-8434.1	34607.1	0	0	7554787	0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)					
z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-8434.1	34607.1	7554787		
0	-8434.1	34607.1	7554787		
25	-8727.01	33755.71	8409153		
50	-8977.45	31440.9	9223621		
75	-9185.47	27966.18	9965429		
100	-9351.12	23614.3	10609142		
125	-9474.45	18645.38	11136119		
150	-9555.5	13295.29	11533916		
175	-9594.32	7774.63	11795675		
180	-9597.02	6668.57	11831769		
180	-9597.02	6668.57	11831769		
205	-9618.24	1184.68	11928183		
230	-9641.7	4097.86	11889942		
255	-9645.79	9051.11	11723714		
280	-9630.54	13571.74	11439055		

280	-9630.54	13571.74	11439055
305	-9385.3	18371.89	11037545
330	-8920.06	22938.56	10518772
355	-8455.25	26440.29	9899394
380	-7990.82	28987.56	9204643
405	-7526.78	30685.95	8457045
430	-7063.08	31634.81	7676564
455	-6599.71	31926.23	6880769
480	-6136.65	31644.37	6085027
580	-4287.08	26178.25	3144608
680	-2440.71	16079.47	1003314
705	-1979.45	13051.28	638827
730	-1518.29	9849.64	352229
755	-1057.2	6480.29	147777
780	-596.16	2945.9	29625
800	-227.35	0	0

8.1.7.3 Sollecitazioni SLE

I massimi valori di *Sforzo Normale di compressione*, *Sforzo Normale di trazione*, *Taglio (in valore assoluto)*, *Momento flettente (in valore assoluto)*, si ottengono nel punto maglia *PM1*, nel caso di carico *C5* (Rara).



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C5)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C5)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-8431	874	0	0	336900	0
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C5)					
z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-8431	874	336900		
0	-8431	874	336900		
25	-8723.77	846.09	358395		
50	-8973.83	770.72	378588		
75	-9181.26	658.36	396425		
100	-9346.13	518.66	411102		
125	-9468.52	360.36	422047		
150	-9548.53	191.34	428894		
175	-9586.23	18.51	431463		
180	-9588.7	15.9	431469		
180	-9588.7	15.9	431469		
205	-9608.86	185.47	428894		
230	-9631.39	346.87	422180		
255	-9634.62	496.1	411581		
280	-9618.58	630	397444		

280	-9618.58	630	397444
305	-9372.22	769.13	379884
330	-8905.73	897.74	358972
355	-8439.95	992.38	335277
380	-7974.84	1056.83	309602
405	-7510.37	1094.69	282656
430	-7046.49	1109.31	255061
455	-6583.17	1103.79	227358
480	-6120.38	1080.92	200016
580	-4273.7	862.14	101452
680	-2432.46	515.29	31846
705	-1972.73	415.72	20200
730	-1513.15	311.93	11097
755	-1053.69	204.08	4639
780	-594.32	92.27	927
800	-226.86	0	0

8.1.7.4 Verifiche strutturali SLU ed SLE

Sollecitazioni SLU – Massimo Mmento flettente e Sforzo normale

Il valore massimo del Momento flettente si ha alla quota -255 cm:

M Max = 1193 KNm

N = 96.45 KN

T Max = 346.07 KN

I pali sono armati con 15Ø26 a cui vengono aggiunti ulteriori 15Ø26 per i primi 4.5 m di sviluppo del palo (partendo dalla testa).

L'armatura a taglio è costituita da una spirale Ø12 a passo 20 per tutto lo sviluppo.

CemArm: PROGRAMMA PER LA VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A. DI FORMA QUALSIASI

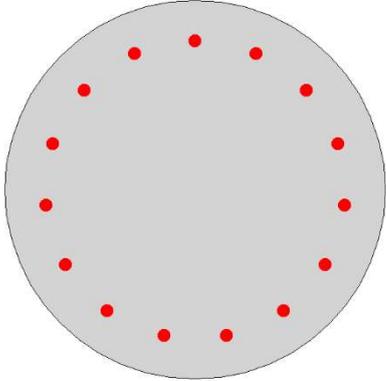
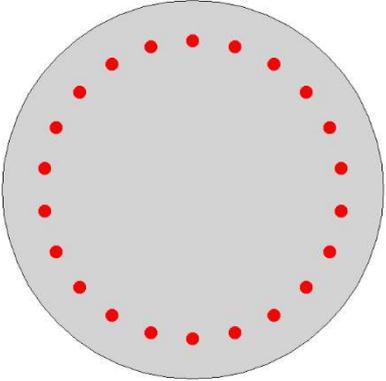
Titolo:

Normativa applicata: NTC 2018

Materiali: C15: C25/30 Diagramma $\sigma-\epsilon$: Parabola - Rettangolo

Acciaio: B450C Diagramma $\sigma-\epsilon$: Elastico Perfettamente Plastico Illimitato

Acciaio preteso: Trefolo Diagramma $\sigma-\epsilon$: Elastico Perfettamente Plastico Illimitato

Sez. N. 1 Forma sezione: Forma circolare/anulare					Sez. N. 2 Forma sezione: Forma circolare/anulare						
											
Sezione in cls.					Sezione in cls.						
Nr. V.	Ø _i (cm)	Ø _e (cm)			Nr. V.	Ø _i (cm)	Ø _e (cm)				
48	0.0	80.0			48	0.0	80.0				
A _g = 5012.21 cm ²		X _{0g} = 0.00 cm		Y _{0g} = 0.00 cm	A _g = 5012.21 cm ²		X _{0g} = 0.00 cm		Y _{0g} = 0.00 cm		
J _y = 1999164.96 cm ⁴		J _x = 1999164.96 cm ⁴			J _y = 1999164.96 cm ⁴		J _x = 1999164.96 cm ⁴				
Armature					Armature						
n _b	Ø (mm)	ε _{p0} (‰)	s (cm)	d (cm)	n _b	Ø (mm)	ε _{p0} (‰)	s (cm)	d (cm)		
15	26.00	0.00	-13.19	71.50	22	26.00	0.00	-9.00	71.50		
0	26.00	0.00	-10.64	65.40							
A _s = 79.64 cm ²		X _{0s} = 0.00 cm		Y _{0s} = 0.00 cm	A _s = 116.80 cm ²		X _{0s} = 0.00 cm		Y _{0s} = 0.00 cm		
A _p = 0.00 cm ²		X _{0p} = 0.00 cm		Y _{0p} = 0.00 cm	A _p = 0.00 cm ²		X _{0p} = 0.00 cm		Y _{0p} = 0.00 cm		
Armatura a Taglio					Armatura a Taglio						
	n _b	Ø (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)	α (°)		n _b	Ø (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)	α (°)
Staffe	2	12.00	11.31	20.0		Staffe					
Barre inclinate						Barre inclinate					
Armatura a Torsione					Armatura a Torsione						
	n _b	Ø (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)			n _b	Ø (mm)	Area (cm ² /m)	s (cm)	
Staffe						Staffe					
Barre longitud.						Barre longitud.					

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI: Legenda	
N _{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M _{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M _{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
h	Altezza sezione
x	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso
β	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale
σ _c	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione)
σ _{c1}	Tensione minima nel calcestruzzo (+ = compressione)
σ _s	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione)
σ _{s1}	Tensione minima nell'acciaio (+ = trazione)
σ _p	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione)
σ _{p1}	Tensione minima nell'acciaio preteso (+ = trazione)
σ _{c,lim}	Tensione limite nel calcestruzzo

$\sigma_{s,lim}$	Tensione limite nell'acciaio
$\sigma_{p,lim}$	Tensione limite nell'acciaio preteso
Mappatura Colori	

N° comb.	1	
Sez. N.	1	
Grafico tensioni		
Tipo combinazione	Azioni Rare	
N_{Ed}	(kN)	95.880
M_{xEd}	(kNm)	43.150
M_{yEd}	(kNm)	0.000
h	(cm)	80.000
x	(cm)	37.443
β	(°)	0.000
σ_c	(N/mm ²)	1.102
σ_{c1}	(N/mm ²)	0.000
σ_s	(N/mm ²)	14.732
σ_{s1}	(N/mm ²)	-12.778
σ_p	(N/mm ²)	220.862
σ_{p1}	(N/mm ²)	0.000
$\sigma_{c,lim}$	(N/mm ²)	14.940
$\sigma_{s,lim}$	(N/mm ²)	360.000
$\sigma_{p,lim}$	(N/mm ²)	360.000
ESITO VERIFICA	OK	

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE: Legenda	
N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
σ_s	Tensione nell'acciaio - (*) se viene considerata, cautelativamente la tensione nella barra maggiormente tesa, altrimenti è il valore medio all'interno dell'Area di calcestruzzo efficace)
σ_{ct}	Tensione di trazione nel calcestruzzo

f_{ctd}	Resistenza a trazione nel calcestruzzo
E_s	Modulo elastico acciaio
E_{cm}	Modulo elastico medio calcestruzzo
$A_{c,eff}$	Area calcestruzzo efficace
A_s	Area acciaio teso compreso in $A_{c,eff}$
k_t	Fattore durata del carico (0.6 - Breve durata; 0.4 - Lunga durata)
$\alpha_e = E_s/E_{cm}$	
$\rho_{eff} = A_s/A_{c,eff}$	
f_{ctm}	Resistenza a trazione media nel calcestruzzo
$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - k_1 \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_e \rho_{eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$	Deformazione media
c	Copriferro
s	Distanza fra le armature
k_1	Fattore aderenza (0.8 - Barre ad aderenza migliorata; 1.6 - Barre lisce)
k_2	Fattore forma diagramma tensioni
ϕ	Diametro medio barre
k_3	
k_4	
$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{eff}}$ o $\Delta_{smax} = 1,3 (h - x) \text{ (se } s > 5(c + \phi/2))$	Distanza massima fra le fessure
w_d	Valore di calcolo ampiezza delle fessure
w_{lim}	Valore limite ampiezza delle fessure
Mappatura Colori	

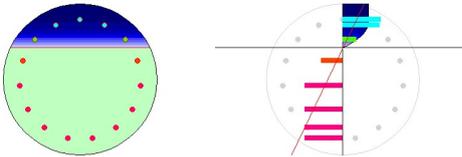
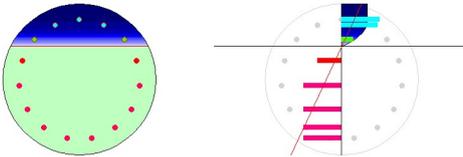
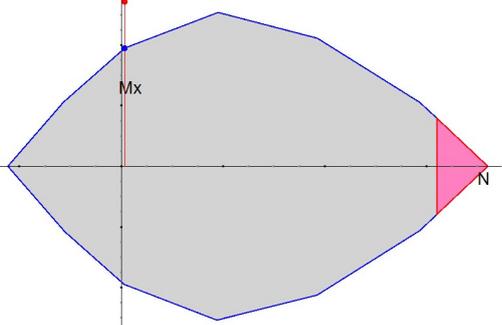
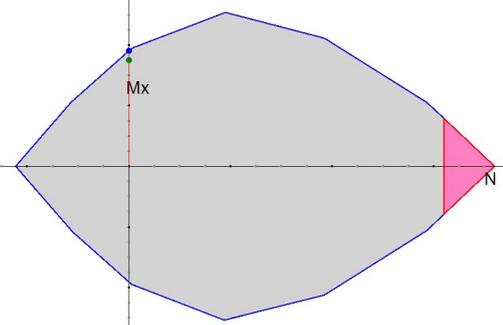
N° comb.	2
Sez. N.	1
Grafico tensioni e Area calcestruzzo efficace	
Tipo combinazione	Azioni Rare
Tipo Ambiente	Cond. Amb. Moderate
Sensibilità Armature	Armature Poco Sensibili
N_{Ed} (kN)	95.880
M_{xEd} (kNm)	43.150
M_{yEd} (kNm)	0.000
σ_s (N/mm ²)	14.732 (*)
σ_{ct} (N/mm ²)	-0.520
f_{ctd} (N/mm ²)	2.132
E_s (N/mm ²)	210000.000
E_{cm} (N/mm ²)	14000.000
$A_{c,eff}$ (cm ²)	598.128

A_s	(cm ²)	10.619
A_s		0.400
α_e		15.000
ρ_{eff}	(%)	0.018
f_{ctm}	(N/mm ²)	2.558
ϵ_{sm}	(%)	0.042
c	(mm)	78.884
s	(mm)	130.984
k_1		0.800
k_2		0.500
ϕ	(mm)	26.000
k_3		3.400
k_4		0.425
Δ_{smax}	(mm)	517.176
w_d	(mm)	0.022
w_{lim}	(mm)	0.400
SLE Decompres.		NR
SLE Form. Fessure		NR
SLE Apert. Fessure		OK
ESITO VERIFICA		OK

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE

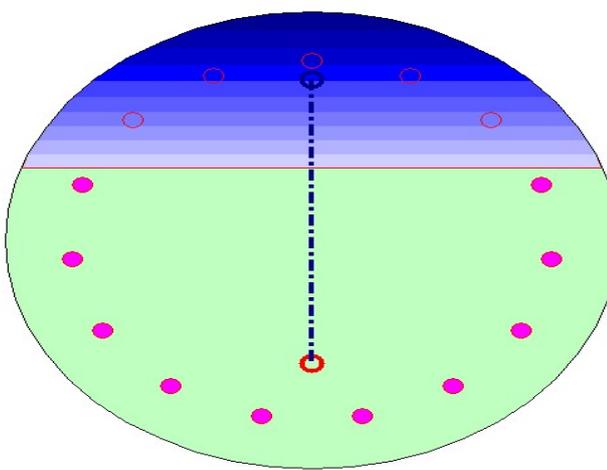
VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSO-FLESSIONE: Legenda	
N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
h	Altezza sezione
β	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
x	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{c,max}$	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{s,max}$	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\sigma_{p,max}$	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione) con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\epsilon_{c,max}$	Deformazione massima nel calcestruzzo con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\epsilon_{s,max}$	Deformazione massima nell'acciaio con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
$\epsilon_{p,max}$	Deformazione massima nell'acciaio preteso con: N_{SD}, M_{xSD}, M_{ySD}
β_U	Inclinazione asse di parzializzazione rispetto all'orizzontale con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
x_U	Tensione massima nel calcestruzzo (+ = compressione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{c,max,U}$	Tensione massima nell'acciaio (+ = trazione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{s,max,U}$	Distanza asse di parzializzazione dal lembo compresso con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\sigma_{p,max,U}$	Tensione massima nell'acciaio preteso (+ = trazione) con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{c,max,U}$	Deformazione massima nel calcestruzzo con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{s,max,U}$	Deformazione massima nell'acciaio con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
$\epsilon_{p,max,U}$	Deformazione massima nell'acciaio preteso con: N_{RD}, M_{xRD}, M_{yRD}
N_{Rd}	Valore di calcolo della forza normale resistente
M_{xRd}	Valore di calcolo del momento resistente secondo x
M_{yRd}	Valore di calcolo del momento resistente secondo y
Mappatura Colori	

N° comb.	3	4
Sez. N.	1	1
Grafico tensioni		
Dominio N-M		
N_{Ed} (kN)	96.450	0.000
M_{xEd} (kNm)	1193.000	767.600
M_{yEd} (kNm)	0.000	0.000
h (cm)	80.000	80.000
β (°)	0.000	0.000
x (cm)	23.037	25.469
σ_{c,max} (N/mm ²)	14.110	14.110
σ_{s,max} (N/mm ²)	14.732	391.304
σ_{p,max} (N/mm ²)	391.304	391.304
ε_{c,max} (‰)	3.500	2.059
ε_{s,max} (‰)	7.258	3.665
ε_{p,max} (‰)	0.000	0.000
β_U (°)	0.000	0.000
x_U (cm)	23.205	22.623
σ_{c,max,U} (N/mm ²)	14.110	14.110
σ_{s,max,U} (N/mm ²)	391.304	391.304
σ_{p,max,U} (N/mm ²)	0.000	0.000
ε_{c,max,U} (‰)	3.500	3.500
ε_{s,max,U} (‰)	7.180	7.455
ε_{p,max,U} (‰)	0.000	0.000
N_{Rd} (kN)	96.450	0.000
M_{xRd} (kNm)	855.380	837.417
M_{yRd} (kNm)	0.000	0.000
Fattore di sicurezza	0.717	1.091
ESITO VERIFICA	NO	OK

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO: Legenda	
N_{Ed}	Valore di calcolo della Forza Normale
M_{xEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo X
M_{yEd}	Valore di calcolo del Momento flettente secondo Y
V_{yEd}	Valore di calcolo del Taglio in direzione y
V_{xEd}	Valore di calcolo del Taglio in direzione x

V_{res}	Valore di calcolo del Taglio risultante
d	Altezza utile della sezione
b_w	Larghezza minima della sezione
$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$	
$V_{min} = 0,035 k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$	
A_{sl}	Area armatura longitudinale in trazione
$\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d)$	
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$	Tensione media nel calcestruzzo
$V_{Rd1} = \{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	Resistenza di calcolo a taglio in assenza di armature
$V_{Rd1} \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	
$\theta: 1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$ ($0,4 \leq \text{cot}\theta \leq 2,5$ se $V_{res} = 0$)	Inclinazione Bielle compresse
$f_{cd} = 0,5 f_{cd}$	Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima
α_c	Coefficiente che tiene conto dello stato di sollecitazione nella biella compressa
$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$	Valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato, limitato dalla rottura delle bielle compresse
$A_{sw,s} / s$	Incidenza armatura a taglio disposta ortogonalmente all'asse trave
$A_{sw,i} / s$	Incidenza armatura a taglio inclinata rispetto all'asse trave dell'angolo α
α	Inclinazione armatura a taglio
$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$	Valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento
$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$	Resistenza di calcolo a taglio in presenza di armature

N° comb.	5
Sez. N.	1
Disposizione bielle di calcestruzzo compresse	
N_{Ed} (kN)	0.000
M_{xEd} (kNm)	0.000
M_{yEd} (kNm)	0.000
V_{yEd} (kN)	346.000
V_{xEd} (kN)	0.000
V_{res} (kN)	346.000
d (cm)	61.572
b_w (cm)	56.864
k	1.570
v_{min} (N/mm ²)	0.344
A_{sl} (cm ²)	53.093
ρ_l (%)	1.516

σ_{cp}	(N/mm ²)	0.000
V_{Rd1}	(kN)	221.288
θ	(°)	21.801 Var.
f_{cd}	(N/mm ²)	7.055
α_c		1.000
V_{Rcd}	(kN)	766.598
$A_{sw,s}/s$	(cm ² /m)	11.310
$A_{sw,i}/s$	(cm ² /m)	0.000
α	(°)	90.000
	(kN)	613.107
V_{Rd}	(kN)	613.107
ESITO VERIFICA		OK

8.1.7.5 Verifiche geotecniche

8.1.7.5.1 Calcolo della portata limite verticale

La portata limite del singolo palo è stata calcolata con le formule statiche. Essa è composta dalla somma di due contributi, cioè della portata alla punta Q_p e della portata per attrito laterale Q_l .

Si ha dunque

$$Q_{lim} = Q_p + \sum Q_{l,i}$$

Effettuando le verifiche in condizioni drenate, la portata alla punta assume la seguente formulazione:

$$Q_p = A_p \cdot N_q \cdot \sigma'_v$$

Dove:

- A_p , è la sezione del fusto del palo
- N_q è il coefficiente di portanza
- σ'_v è la tensione verticale litostatica efficace alla punta (o alla profondità critica se inferiore)

Il valore di N_q è ricavabile secondo teorie di vari autori in funzione dell'angolo di attrito ϕ' dello strato di base, opportunamente corretto per tenere conto della densità relativa e del livello di tensione.

Rispettivamente per pali battuti e per pali trivellati, secondo Kishida (1967), si può assumere:

$$\phi' = (\phi'_1 + 40^\circ)/2, \text{ angolo di attrito dello strato di base corretto per pali battuti}$$

$$\phi' = \phi'_1 - 3^\circ, \text{ angolo di attrito dello strato di base corretto per pali trivellati}$$

Dove:

ϕ'_1 è l'angolo di attrito misurato dello strato di base

È possibile stimare il coefficiente N_q secondo la teoria di Berezantev (1961), che prende in considerazione anche il rapporto L/D (lunghezza/diametro) del palo, secondo il grafico mostrato nella figura seguente.

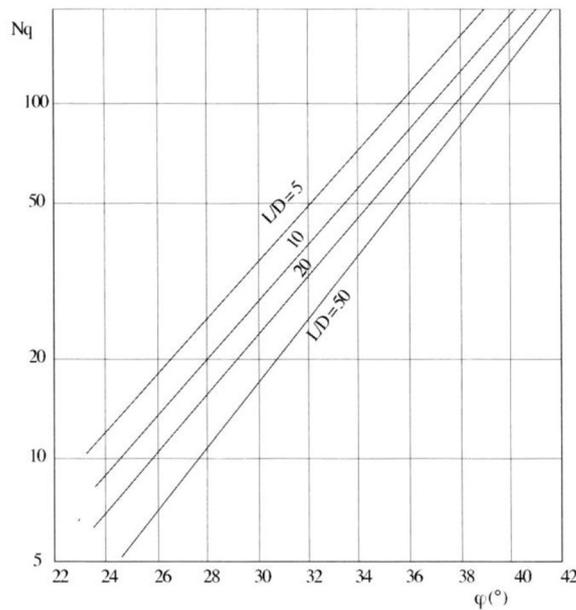


Figura 1 – Valori di N_q secondo Berezantzev (1961) – Fondazioni – Carlo Viggiani

In condizioni non drenate si assume che c pari a c_u e ϕ pari a 0. Per cui si ottiene:

$$p = \sigma_{vL} + N_c \cdot c_u$$

Dove:

- p è la pressione alla punta che moltiplicata per l'area fornisce la portata alla punta
- N_c è un coefficiente compreso tra 8 e 12, posto generalmente pari a 9, tenendo conto dell'importanza relativamente modesta della resistenza alla punta in condizioni non drenate
- c_u è la coesione non drenata

In condizioni drenate, la portata laterale assume invece la seguente formulazione:

$$Q_l = A_l \cdot \sum L'_i \cdot k_i \cdot \tan \delta_i \cdot \sigma'_{v,i}$$

Dove:

- A_l è la circonferenza del palo
- L'_i è la lunghezza del palo interessata dall' i -esimo strato
- k_i è un coefficiente empirico, tabellato in funzione del tipo di palo e del tipo di terreno
- $\tan \delta_i = \mu$ è il coefficiente di attrito palo terreno, tabellato in funzione del tipo di palo
- $\sigma'_{v,i}$ è la tensione verticale litostatica efficace calcolata nella mezzeria dello strato considerato (o alla profondità critica, se inferiore)

Il coefficiente k varia in funzione della tecnica esecutiva del palo e delle proprietà del terreno; dalla Tabella 2 si evince che, per palo trivellato, k può assumere un valore compreso tra 0,4 e 0,5, mentre il coefficiente μ può essere assunto pari a $\tan\phi$.

Tabella 2 – Valori di k e μ - Fondazioni – Carlo Viggiani

Tipo di palo	Valori di k per stato di addensamento		Valori di μ	
	sciolto	denso		
Battuto: Profilato d'acciaio	0,7	1,0	$\text{tg}20^\circ = 0,36$	
Tubo d'acciaio chiuso	1,0	2,0		
Calcestruzzo prefabbricato	1,0	2,0		$\text{tg}(3\phi/4)$
Calcestruzzo gettato in opera	1,0	3,0		$\text{tg}\phi$
Trivellato	0,5	0,4	$\text{tg}\phi$	
Trivellato-pressato con elica continua	0,7	0,9	$\text{tg}\phi$	

In condizioni non drenate si assume che l'adesione sia pari ad un'aliquota α della coesione non drenata e che μ sia nullo. Si ha allora:

$$s = \alpha \cdot c_u$$

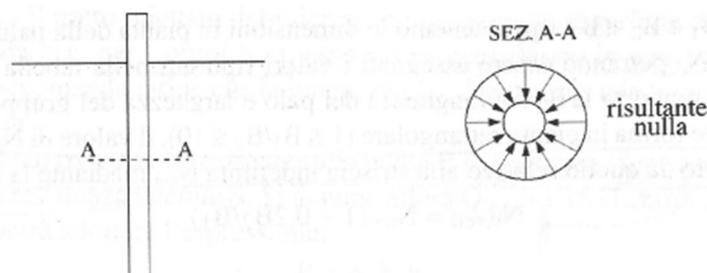
Tabella 3 – Valori di α - Fondazioni – Carlo Viggiani

Tipo di palo	Valori di c_u (kPa)	Valori di α
Battuto	$c_u \leq 25$	1,0
	$25 < c_u < 70$	$1 - 0,011(c_u - 25)$
	$c_u \geq 70$	0,5
Trivellato	$c_u \leq 25$	0,7
	$25 < c_u < 70$	$0,7 - 0,008(c_u - 25)$
	$c_u \geq 70$	0,35

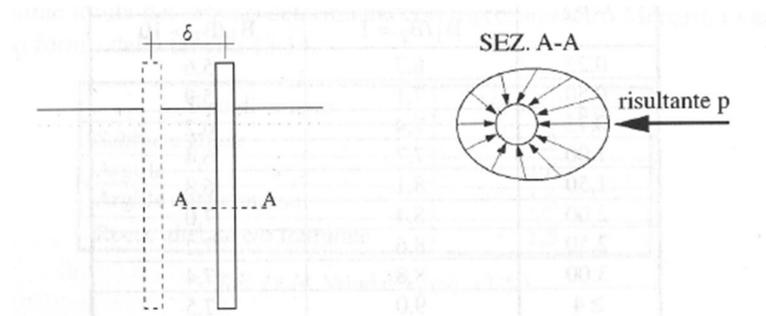
8.1.7.5.2 Calcolo della resistenza limite alle azioni orizzontali

La resistenza limite alle azioni orizzontali di un palo verticale è stata determinata con la teoria sviluppata da Broms (1964).

Considerando un palo immerso in un terreno omogeneo, si può constatare che inizialmente le tensioni orizzontali sulla superficie laterale del palo hanno una distribuzione assialsimmetrica e quindi risultante nulla.

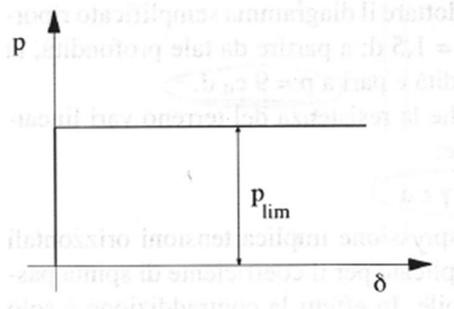


Volendo ora imprimere al palo una traslazione orizzontale all'interno del terreno, evidentemente il diagramma delle reazioni si modifica come illustrato in figura e si generano tensioni tangenziali, oltre a quelle normali.



Lo studio dettagliato di tale diagramma non interessa; infatti basterà definire la risultante p (F/L) che sarà diretta nella direzione dello spostamento del palo ed avrà verso opposto ad esso.

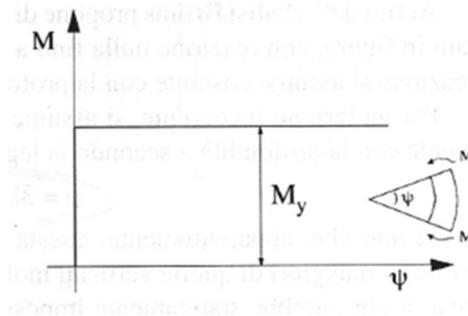
Broms assume che il comportamento dell'interfaccia palo-terreno sia di tipo rigido perfettamente plastico, cioè che la resistenza del terreno si mobiliti interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento e rimanga poi costante al crescere dello spostamento stesso.



Assume inoltre che la forma della sezione trasversale del palo sia ininfluente e che il valore di p sia determinato solo dalla dimensione d della sezione del palo misurata normalmente alla direzione dello spostamento.

A differenza di quanto avviene nello studio del carico limite sotto azioni verticali, in presenza di forze orizzontali, la resistenza della sezione strutturale del palo può essere chiamata in causa, in quanto il regime di sollecitazione di flessione e taglio, che consegue all'applicazione di forze orizzontali, è molto più gravoso di quello di sforzo normale che consegue all'applicazione di forze verticali.

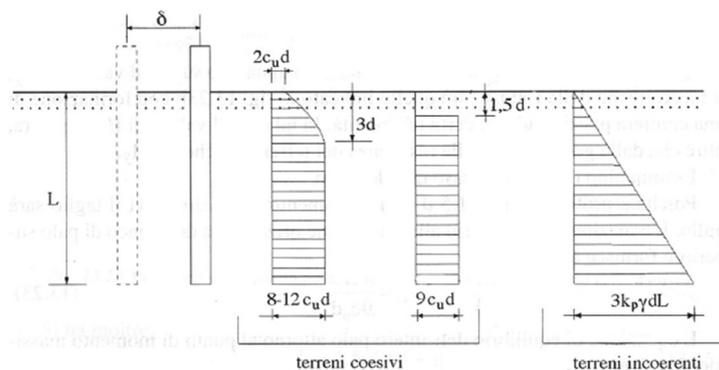
Broms caratterizza anche il comportamento a flessione del palo con un comportamento di tipo rigido-perfettamente plastico e cioè assume che le rotazioni elastiche del palo siano trascurabili finché il momento flettente non attinga il valore M_y del momento di plasticizzazione.



A questo punto si forma nella sezione una “cerniera plastica”, perciò la rotazione continua indefinitamente sotto momento costante.

Per quanto riguarda la resistenza del terreno, si considera separatamente il caso di rottura non drenata, analizzandolo in termini di tensioni totali (terreno coesivo, $c = c_u \varphi = 0$), e quello di rottura drenata (terreno incoerente, $c = 0$ e $\varphi \neq 0$). In ambedue i casi si considererà terreno omogeneo, cioè proprietà costanti con la profondità.

Sulla base di analisi teoriche e di osservazioni sperimentali si assume che la resistenza p del terreno coesivo abbia l'andamento rappresentato nella figura seguente:



In superficie, il terreno è libero di rifluire verso l'alto e la resistenza dei pali è pari a $P = 2c_u * d$.

A partire da una profondità pari a tre volte il diametro del palo ($z = 3d$), il terreno è costretto a rifluire lateralmente attorno al fusto del palo stesso e la reazione vale $(8 \div 12) c_u * d$.

Ai fini dell'analisi, Broms propone di adottare il diagramma semplificato riportato in figura sopra, con reazione nulla fino a $z = 1.5 d$; a partire da tale valore, la reazione si assume costante con la profondità e pari a $p = 9 * c_u * d$.

Per un terreno incoerente, si assume che la resistenza del terreno vari linearmente con la profondità z secondo la legge: $p = 3 * k_p * \gamma * z * d$. Si noti che, apparentemente, questa espressione implica tensioni orizzontali tre volte maggiori di quelle verticali moltiplicate per il coefficiente di spinta passiva, il che

sarebbe staticamente impossibile. In effetti la contraddizione è solo apparente, perché il valore di p risulta da un fenomeno di rottura tridimensionale e non piano, e quindi a determinarlo concorrono anche le tensioni tangenziali sulle superfici laterali del palo.

Di seguito riportiamo i tre tipi di meccanismi di rottura che possiamo incontrare:

	<p>Meccanismo di rottura di palo corto “Terreni coerenti”</p>
	<p>Meccanismo di rottura di palo intermedio “Terreni coerenti”</p>
	<p>Meccanismo di rottura di palo lungo “Terreni coerenti”</p>

	<p>Meccanismo di rottura di palo corto “Terreni incoerenti”</p>
	<p>Meccanismo di rottura di palo intermedio “Terreni incoerenti”</p>
	<p>Meccanismo di rottura di palo lungo “Terreni incoerenti”</p>

8.1.7.5.3 Metodo di verifica

Le NTC 2018 prevedono l’esecuzione del calcolo dei pali in compressione secondo un unico Approccio alle verifiche di portata dei pali:

Design Approach 2 Combinazione 1 (A1+M1+R3)

Il valore di progetto della resistenza R_d è stato calcolato quindi in accordo con le NTC 2018 seguendo l’approccio 2, e pertanto è stato fornito un valore di carico limite riferito alla combinazione 1 (A1-M1-R3). Tale valore è ottenuto applicando alla resistenza caratteristica R_k il coefficiente parziale γ_{r3} relativo a tale combinazione. Secondo la tab. 6.4.II delle NTC, riportata di seguito, per pali trivellati, tale coefficiente

assume valore rispettivamente pari a 1,35 e 1,15, per la resistenza alla base e per quella laterale in compressione.

$$R_d = R_k / \gamma_r \quad \text{resistenza di progetto}$$

Tabella 4 – Coefficienti parziali γ_r da applicare alle resistenze caratteristiche (Tab. 6.4.II NTC 2018)

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	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.

La resistenza di calcolo R_{cal} è stata ricavata, come esposto al paragrafo precedente, utilizzando metodi di calcolo analitici e valori caratteristici dei parametri geotecnici; pertanto, come previsto dalla normativa, la resistenza caratteristica R_k si ottiene applicando un coefficiente riduttivo che è funzione del numero di verticali indagate. Considerando la campagna di indagine appositamente svolta per i lavori in oggetto, il numero di verticali indagate può essere assunto pari a 4; pertanto il coefficiente medio adottato ξ_3 è pari rispettivamente a 1,55, come risulta dalla tabella 6.4.IV delle NTC riportata di seguito.

$$R_k = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad \text{resistenza caratteristica}$$

Tabella 5 – Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate (Tab. 6.4.IV NTC 2018)

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

8.1.7.5.4 Risultati delle verifiche geotecniche Pali L = 16.0 mt

Si riportano di seguito le azioni ripelilogative in testa ai pali, espresse rispetto al sistema di riferimento globale.

Punto	Caso	Ses.	N _z [daN]	V _x [daN]	V _y [daN]	M _x [daN*cm]	M _y [daN*cm]	T _z [daN*cm]
<i>Punto maglia: Punto 1</i>								
<i>Caso: STR01 - Combinazione fondamentale 1</i>								
PM1	C1	1	-21501	0	0	0	0	0
<i>Caso: STR02 - Combinazione fondamentale 2</i>								
PM1	C2	1	-15902.8	3967.9	0	0	784735	0
<i>Caso: STR05/GEO4 - Combinazione Eccezionale Attrav</i>								
PM1	C3	1	-15902.8	47035	0	0	8108500	0
<i>Caso: SISMA - Combinazione Sismica</i>								
PM1	C4	1	-15903	1445	0	0	285259	0
<i>Caso: RARA - Combinazione SLE</i>								
PM1	C5	1	0	0	0	0	0	0

Il programma di calcolo aggiunge al carico N_x (compressione) il peso proprio del Palo.

8.1.7.5.4.1.1 Verifica in condizioni non drenate

Per quanto riguarda le verifiche di capacità portante, si riportano nel seguito i grafici e i risultati della verifica che risulta essere soddisfatta con un fattore di sicurezza pari a **1.61**.

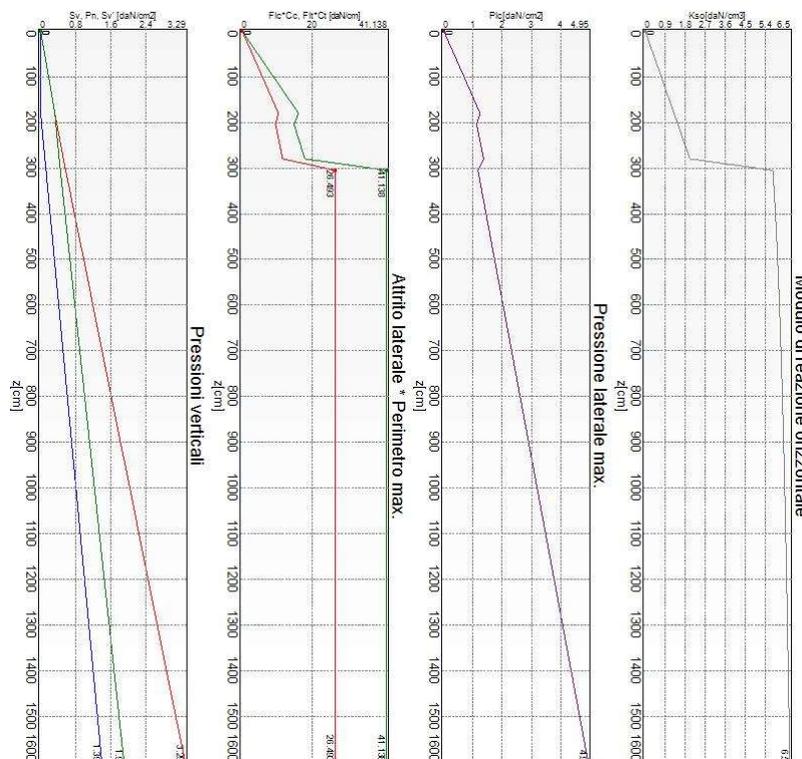


Figura 2 – Capacità portante

Segue il riassunto della verifica:

Verifica: Capacità portante					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Qt[daN]	S _d : Qt[daN]	fs[-]
PM1	C1	1	76574	47639	1.61

Per quanto riguarda la verifica a resistenza trasversale, si riportano nel seguito i grafici e i risultati della verifica che risulta essere soddisfatta con un fattore di sicurezza pari a 7.18

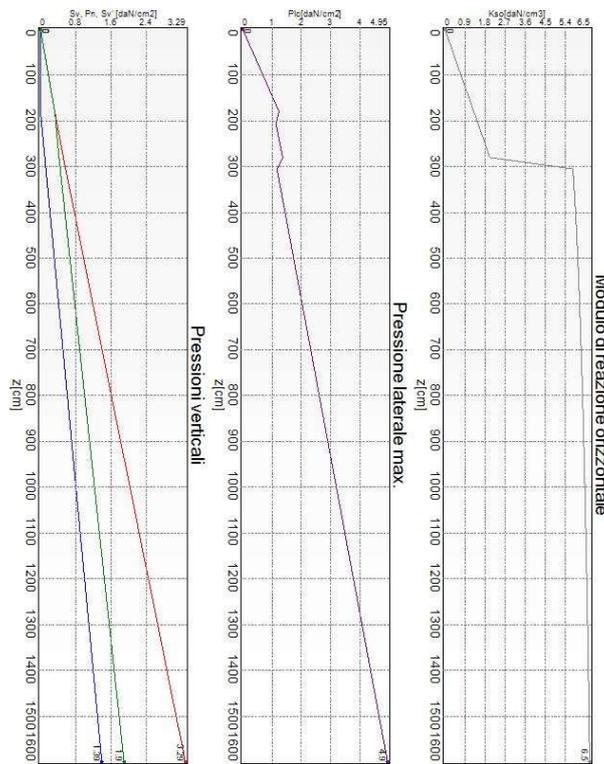


Figura 3 – Resistenza trasversale

Segue il riassunto della verifica:

Verifica: Resistenza trasversale					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Rtr[daN]	S _d : Rtr[daN]	fs[-]
PM1	C3	1	337857	47035	7.18

8.1.7.5.4.1.2 Verifica in condizioni drenate

Per quanto riguarda le verifiche di capacità portante, si riportano nel seguito i grafici e i risultati della verifica che risulta essere soddisfatta con un fattore di sicurezza pari a 2.48.

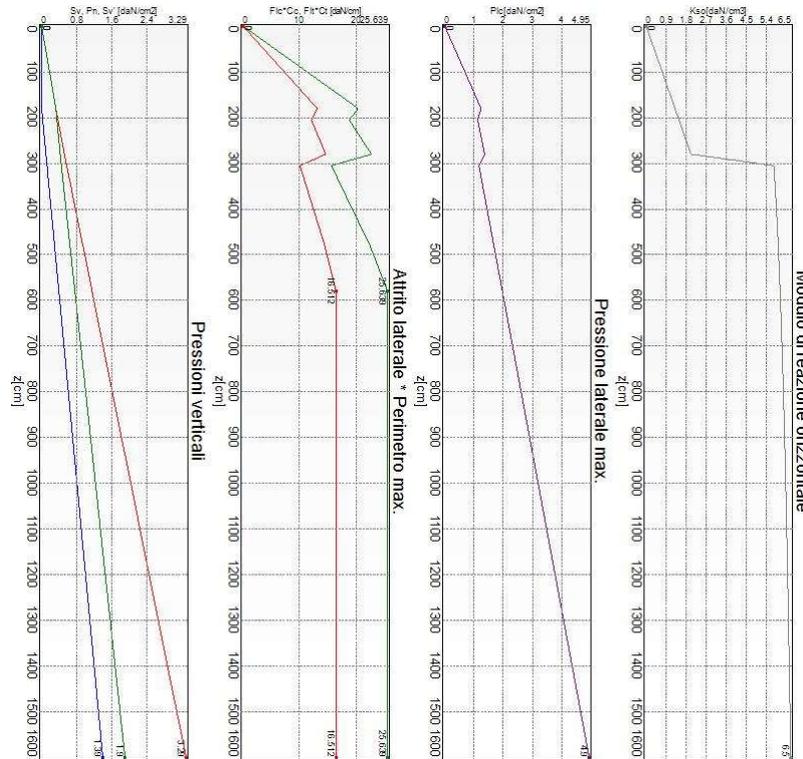


Figura 4 – Capacità portante

Segue il riassunto della verifica:

Verifica: Capacità portante					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Qt[daN]	S _d : Qt[daN]	fs[-]
PM1	C1	I	118362	47639	2.48

Per quanto riguarda la verifica a resistenza trasversale, si riportano nel seguito i grafici e i risultati della verifica che risulta essere soddisfatta con un fattore di sicurezza pari a **7.18**

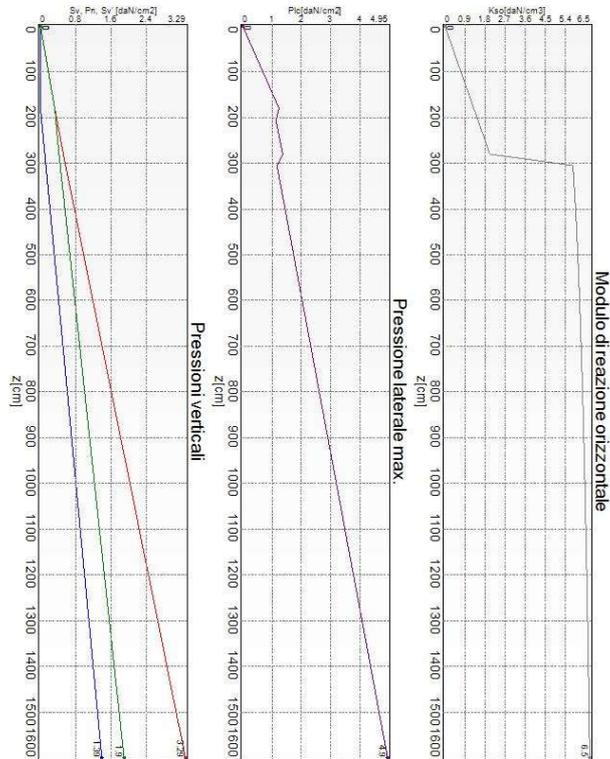


Figura 5 – Resistenza trasversale

Segue il riassunto della verifica:

Verifica: Resistenza trasversale					
Punto	Caso	Ses.	R _d : R _{tr} [daN]	S _d : R _{tr} [daN]	f _s [-]
PM1	C3	1	337857	47035	7.18

Il minor coefficiente di sicurezza ottenuto in merito alla portanza verticale del Palo è di:

f_{sV} min = 1.61

La resistenza minima complessiva del palo è pari = **76'574 daN** di cui :

- **19'245 daN** il contributo della resistenza di base;
- **57'328 daN** il contributo della resistenza laterale.

Il minor coefficiente di sicurezza ottenuto in merito alla portanza trasversale del Palo è di:

f_{sT} min = 7.18

8.1.7.5.5 Risultati delle verifiche geotecniche Pali L = 8.0 mt

I riportano di seguito le azioni ripelilogative in testa ai pali, espresse rispetto al sistema di riferimento globale.

Punto	Caso	Ses.	N _z [daN]	V _x [daN]	V _y [daN]	M _x [daN*cm]	M _y [daN*cm]	T _z [daN*cm]
Punto maglia: Punto 1								
Caso: STR01 - Combinazione fondamentale 1								
PM1	C1	1	-11402.6	0	0	0	0	0
Caso: STR03 - Combinazione fondamentale 3								
PM1	C2	1	-11402.6	1310.1	0	0	505300	0
Caso: STR04/GEO4 - Combinazione Eccezionale Attrav								
PM1	C3	1	-8434.1	34607.1	0	0	7554787	0
Caso: SISMA - Combinazione Sismica								
PM1	C4	1	-8434.1	223	0	0	107200	0
Caso: RARA - Combinazione SLE								
PM1	C5	1	-8431	874	0	0	336900	0

Il programma di calcolo aggiunge al carico N_x (compressione) il peso proprio del Palo.

8.1.7.5.5.1.1 Verifica in condizioni non drenate

Per quanto riguarda le verifiche di capacità portante, si riportano nel seguito i grafici e i risultati della verifica che risulta essere soddisfatta con un fattore di sicurezza pari a **1.63**.

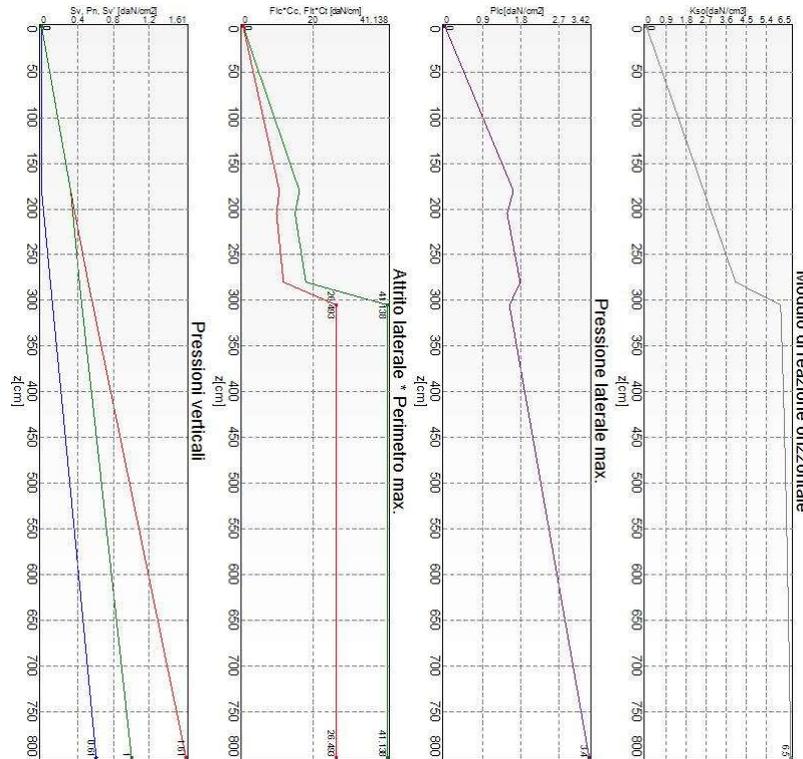


Figura 6 – Capacità portante

Segue il riassunto della verifica:

Verifica: Capacità portante					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Qt[daN]	S _d : Qt[daN]	fs[-]
PM1	C1	I	39835	24472	1.63

Per quanto riguarda la verifica a resistenza trasversale, si riportano nel seguito i grafici e i risultati della verifica che risulta essere soddisfatta con un fattore di sicurezza pari a 3.62

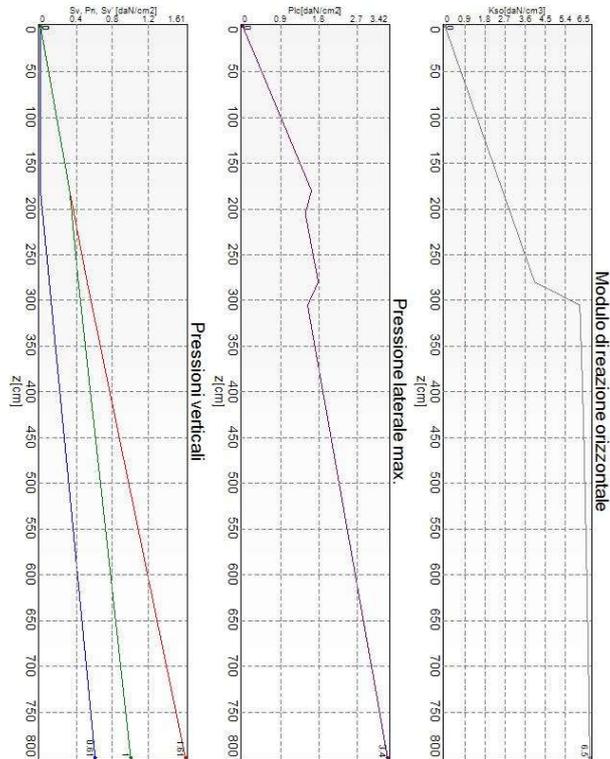


Figura 7 – Resistenza trasversale

Segue il riassunto della verifica:

Verifica: Resistenza trasversale					
Punto	Caso	Ses.	R_d : Rtr[daN]	S_d : Rtr[daN]	fs[-]
PM1	C3	I	125296	34607	3.62

8.1.7.5.5.1.2 Verifica in condizioni drenate

Per quanto riguarda le verifiche di capacità portante, si riportano nel seguito i grafici e i risultati della verifica che risulta essere soddisfatta con un fattore di sicurezza pari a **1.53**.

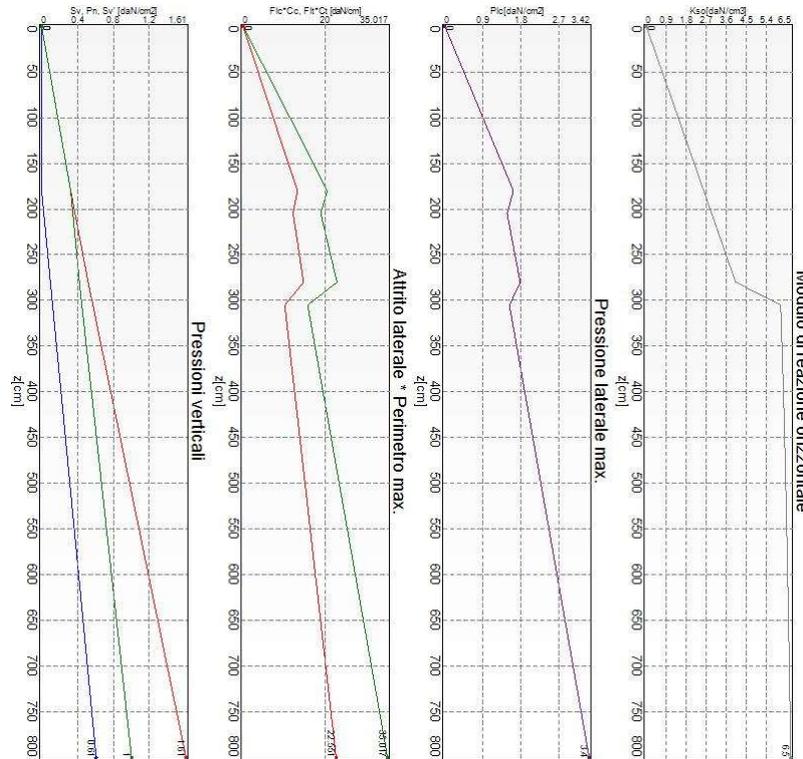


Figura 138 – Capacità portante

Segue il riassunto della verifica:

Verifica: Capacità portante					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Qt[daN]	S _d : Qt[daN]	fs[-]
PM1	C1	I	37478	24472	1.53

Per quanto riguarda la verifica a resistenza trasversale, si riportano nel seguito i grafici e i risultati della verifica che risulta essere soddisfatta con un fattore di sicurezza pari a **3.62**

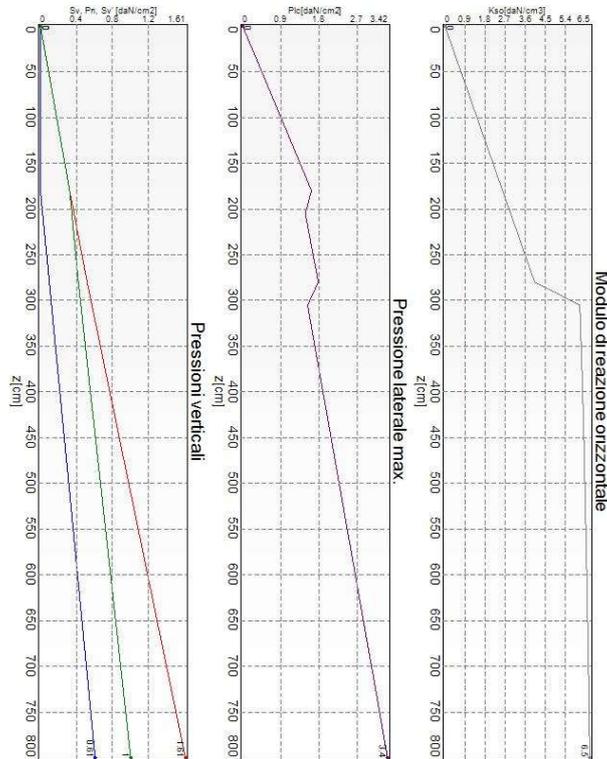


Figura 14 – Resistenza trasversale

Segue il riassunto della verifica:

Verifica: Resistenza trasversale					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Rtr[daN]	S _d : Rtr[daN]	f _s [-]
PM1	C3	I	125296	34607	3.62

Il minor coefficiente di sicurezza ottenuto in merito alla portanza verticale del Palo è di:

f_{sV} min = 1.53

La resistenza minima complessiva del palo è pari = **37'477 daN** di cui :

- **20'700 daN** il contributo della resistenza di base;
- **16'777 daN** il contributo della resistenza laterale.

Il minor coefficiente di sicurezza ottenuto in merito alla portanza trasversale del Palo è di:

f_{sT} min = 3.62

8.1.7.5.6 Efficienza dei pali in gruppo per azioni verticali

I pali di fondazioni hanno un interasse pari ad $i=1$ mt ed un diametro $D=0.80$ mt.

Il rapporto i/D vale 1.25 inferiore al rapporto limite di letteratura pari a 3 per le quali è possibile attraverso formulazioni sperimentali ottenere l'efficienza della palificata ai carichi verticali.

Nel caso in esame è opportuno effettuare la verifica della capacità portante della palificata alla stregua di una fondazione diretta in cui viene assunta:

- come profondità la lunghezza dei pali;
- come area di base quella delimitata dal perimetro misurato lungo i centri dei pali esterni.

Il calcolo quindi si ricondurrebbe alla verifica di una piastra "equivalente" posta alla profondità del palo.

Il progetto in esame prevede che la fila di pali abbia un'estensione di 3 ordini superiori rispetto alla dimensione trasversale per questi motivi è ragionevole ipotizzare una resistenza alla base al metro lineare della palificata pari a:

- 100 % della portanza alla base del singolo palo;
- 50% della portanza laterale del singolo palo.

In base a quanto detto sopra si ritiene che le portanze di progetto siano ridotte come segue:

8.1.7.5.6.1.1 Pali $L = 16.00$ mt

La resistenza minima complessiva del palo è pari = **76'574 daN** di cui :

- **19'245 daN** il contributo della resistenza di base;
- **57'328 daN** il contributo della resistenza laterale.

La resistenza minima complessiva del palo dovuto all'effetto di gruppo è pari = **47'909 daN**:

- 19'245 daN contributo della resistenza di base;
- 28'664 daN contributo della resistenza laterale

L'azione esterna massima è pari a 47'639 daN che risulta inferiore a 47'909 daN

8.1.7.5.6.1.2 Pali $L = 8.00\text{ mt}$

La resistenza minima complessiva del palo è pari = **37'477 daN** di cui :

- **20'700 daN** il contributo della resistenza di base;
- **16'777 daN** il contributo della resistenza laterale.

La resistenza del minima complessiva del palo dovuto all'effetto di gruppo è pari == **29'088 daN**:

- 20'700 daN contributo della resistenza di base;
- 8'388 daN contributo della resistenza laterale

L'azione esterna massima è pari a 24'472 daN che risulta inferiore a 37'477 daN

8.1.7.5.7 Efficienza dei pali in gruppo per azioni orizzontali

L'efficienza della palificata sottoposta alle azioni orizzontali viene calcolate secondo la teoria di REESE e VAN IMPE (2001), la quale di sbasa s dati sperimentali desunti da numerose prove su gruppi di pali, in scala reale ed in scala ridotta.

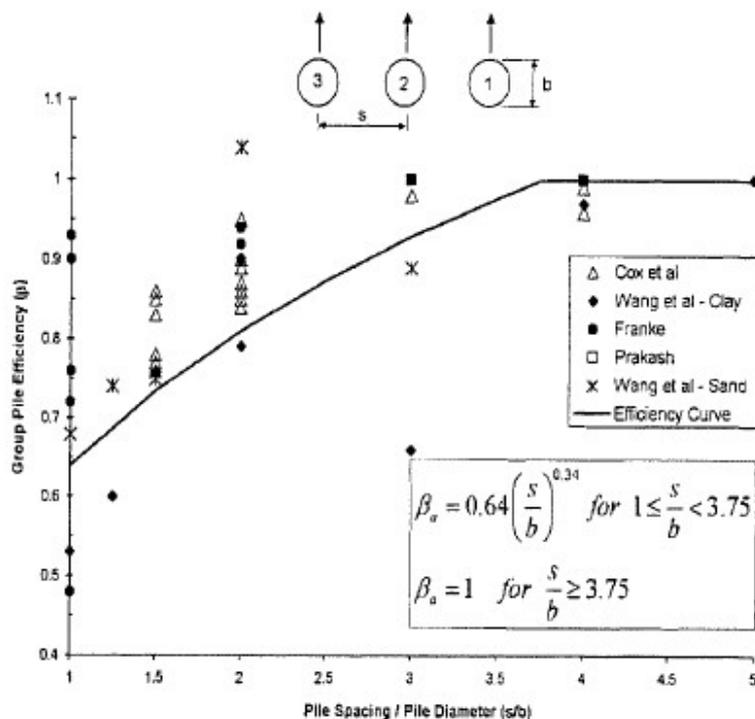


Figura 15 – Fattori di riduzione per pali disposti su file perpendicolare alla reazione del carico

Nel caso di pali affiancati ortogonalmente alla direzione di applicazione della forza, gli effetti di interazione sono simmetrici e valgono:

$$\beta = 0.64 \times (s/D)^{0.34}$$

dove:

s = 1.00 mt interasse
 D = 0.8 mt diametro dei pali

Si ottiene, $e = 0.69$ efficienza della palificata.

A questo punto il fattore e può essere visto come fattore riduttivo della resistenza laterale del palo di conseguenza è possibile confrontare la resistenza laterale del palo per effetto di gruppo moltiplicando il minor fattore di sicurezza alle azioni trasversali ottenuto dall'analisi con il valore di β .

$$f_{ST \text{ min}} = 3.62$$

$$f_{ST \text{ min (gruppo)}} = 3.62 \times 0.69 = 2.49 > 1$$

9 ALLEGATO 1 – TABULATI DI CALCOLO

9.1 INPUT DI CALCOLO

TABLE: Program Control

ProgramName	Version	ProgLevel	LicenseNum	LicenseOS	LicenseSC	LicenseHT	CurrUnits	SteelCode
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text
SAP2000	21.0.0	Basic	2010*15SK4BPL4K93LKQ	No	No	No	KN, m, C	Italian NTC 2018

TABLE: Material Properties 03b - Concrete Data

Material	Fc	eFc	LtWtConc	SSCurveOpt	SSHysType	SFc	SCap	FinalSlope	FAngle	DAngle
Text	KN/m2	KN/m2	Yes/No	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Degrees	Degrees
C25/30	25000	25000	No	Mander	Takeda	0.001613	0.005	-0.1	0	0

TABLE: Material Properties 03a - Steel Data

Material	Fy	Fu	EffFy	EffFu	SSCurveOpt	SSHysType	SHard	SMax	SRup	FinalSlope
Text	KN/m2	KN/m2	KN/m2	KN/m2	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
S355	355000	510000	390500	561000	Simple	Kinematic	0.015	0.11	0.17	-0.1

TABLE: Area Section Properties

Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	DrillDOF	Thickness	BendThick
Text	Text	Degrees	Text	Text	Yes/No	m	m
CORDOLO	C25/30	0	Shell	Shell-Thin	Yes	1	1
MURO	C25/30	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.8	0.8

TABLE: Frame Section Assignments

Frame	SectionType	AutoSelect	AnalSect	DesignSect	MatProp
Text	Text	Text	Text	Text	Text
1	I/Wide Flange	N.A.	HE180B	HE180B	Default
15	I/Wide Flange	N.A.	HE180B	HE180B	Default
16	I/Wide Flange	N.A.	HE180B	HE180B	Default
17	I/Wide Flange	N.A.	HE180B	HE180B	Default
18	I/Wide Flange	N.A.	HE180B	HE180B	Default
19	I/Wide Flange	N.A.	HE180B	HE180B	Default
20	I/Wide Flange	N.A.	HE180B	HE180B	Default
21	I/Wide Flange	N.A.	HE180B	HE180B	Default
22	I/Wide Flange	N.A.	HE180B	HE180B	Default

TABLE: Frame Section Properties 01 - General

SectionName	Material	Shape	t3	t2	tf	tw	t2b	tfb	Area	TorsConst
Text	Text	Text	m	m	m	m	m	m	m2	m4
HE180B	S355	I/Wide Flange	0.18	0.18	0.014	0.0085	0.18	0.014	0.00653	0.000000422

TABLE: Case - Static 1 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
DEAD	Load pattern	DEAD	1
PP	Load pattern	PP	1
WL	Load pattern	WL	1
URTO_01	Load pattern	URTO_01	1
V200	Load pattern	V200	1
URTO_ATTR	Load pattern	URTO_ATTR	1

TABLE: Load Pattern Definitions

LoadPat	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad	GUID	Notes
Text	Text	Unitless	Text	Text	Text
DEAD	Dead	1		8e92d0b3-0314-452b-a663-d4e1d658d8c4	
PP	Live	0		e16d5df3-a7bc-438c-a8fc-761cea81b197	Added 28/04/2020 16:54:40
WL	Live	0		e5e671af-8d9c-4280-b55d-f96059d221e4	Added 28/04/2020 17:05:57
URTO_01	Live	0		6c1d268c-c49e-47c6-a3c5-0d00b12070e7	Added 28/04/2020 17:06:42
V200	Live	0		0ffa4150-52a5-43a9-828c-f9670fa798c6	Added 28/04/2020 17:27:20
URTO_ATTR	Live	0		e4c0e998-6e36-4b40-ae0b-1ed58aca9cd1	Added 29/04/2020 14:54:27

TABLE: Load Case Definitions

Case	Type	InitialCond	ModalCase	BaseCase	MassSource	DesTypeOpt	DesignType	DesActOpt	DesignAct	AutoType	RunCase
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Yes/No
DEAD	LinStatic	Zero				Prog Det	Dead	Prog Det	Non-Composite	None	Yes
MODAL	LinModal	Zero				Prog Det	Other	Prog Det	Other	None	Yes
PP	LinStatic	Zero				Prog Det	Live	Prog Det	Short-Term Composite	None	Yes
WL	LinStatic	Zero				Prog Det	Live	Prog Det	Short-Term Composite	None	Yes
URTO_01	LinStatic	Zero				Prog Det	Live	Prog Det	Short-Term Composite	None	Yes
V200	LinStatic	Zero				Prog Det	Live	Prog Det	Short-Term Composite	None	Yes
SLV	LinRespSpec		MODAL			Prog Det	Quake	Prog Det	Short-Term Composite	None	Yes
SLD	LinRespSpec		MODAL			Prog Det	Quake	Prog Det	Short-Term Composite	None	Yes
URTO_ATTR	LinStatic	Zero				Prog Det	Live	Prog Det	Short-Term Composite	None	Yes

TABLE: Case - Response Spectrum 1 - General

Case	ModalCombo	GMCf1	GMCf2	PerRigid	DirCombo	MotionType	DampingType	ConstDamp	EccenRatio	NumOverride
Text	Text	Cyc/sec	Cyc/sec	Text	Text	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
SLV	CQC	1	0	SRSS	SRSS	Acceleration	Constant	0.05	0	0
SLD	CQC	1	0	SRSS	SRSS	Acceleration	Constant	0.05	0	0

TABLE: Case - Response Spectrum 2 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	CoordSys	Function	Angle	TransAccSF
Text	Text	Text	Text	Text	Degrees	m/sec2
SLV	Acceleration	U2	GLOBAL	SLV	0	9.81
SLD	Acceleration	U2	GLOBAL	SLD	0	9.81

TABLE: Mass Source

MassSource	Elements	Masses	Loads	IsDefault	LoadPat	Multiplier
Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Text	Unitless
MSSSRC1	No	No	Yes	Yes	DEAD	1
MSSSRC1					PP	1

TABLE: Section Cuts 3 - Quadrilateral Definitions

SectionCut	QuadNum	PointNum	X	Y	Z
Text	Unitless	Unitless	m	m	m
SEZ_0	1	1	4	1	4
SEZ_0	1	2	4	-1	4
SEZ_0	1	3	4	-1	0
SEZ_0	1	4	4	1	0
SEZ_1_ATTR	1	1	13.5	-1	0
SEZ_1_ATTR	1	2	13.5	1	0
SEZ_1_ATTR	1	3	13.5	1	4
SEZ_1_ATTR	1	4	13.5	-1	4

TABLE: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
STR01	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
STR01			Linear Static	PP	1.5
STR02	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
STR02			Linear Static	PP	1
STR02			Linear Static	V200	1.5
STR02			Linear Static	WL	1.5
STR03	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
STR03			Linear Static	PP	1.5
STR03			Linear Static	V200	1.5
STR03			Linear Static	WL	1.5
STR04	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
STR04			Linear Static	PP	1
STR04			Linear Static	URTO_01	1
STR05	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
STR05			Linear Static	PP	1
STR05			Linear Static	URTO_ATTR	1
GEO01	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
GEO01			Linear Static	PP	1.5
GEO02	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
GEO02			Linear Static	V200	1.5
GEO02			Linear Static	WL	1.5
GEO02			Linear Static	PP	1
GEO03	Linear Add	No	Linear Static	PP	1
GEO03			Linear Static	DEAD	1
GEO03			Linear Static	URTO_01	1
GEO04	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
GEO04			Linear Static	PP	1
GEO04			Linear Static	URTO_ATTR	1
RARA	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1

RARA			Linear Static	PP	1
RARA			Linear Static	V200	1
RARA			Linear Static	WL	1
SISMA_SLV	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SISMA_SLV			Linear Static	PP	1
SISMA_SLV			Response Spectrum	SLV	1
SISMA_SLD	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SISMA_SLD			Linear Static	PP	1
SISMA_SLD			Response Spectrum	SLD	1
ENV_SLU(STR)	Envelope	No	Response Combo	STR01	1
ENV_SLU(STR)			Response Combo	STR02	1
ENV_SLU(STR)			Response Combo	STR03	1
ENV_SLU(STR)			Response Combo	STR04	1
ENV_SLU(STR)			Response Combo	STR05	1
ENV_SLU(STR)			Response Spectrum	SLV	1
ENV(GEO)	Envelope	No	Response Combo	GEO01	1
ENV(GEO)			Response Combo	GEO02	1
ENV(GEO)			Response Combo	GEO03	1
ENV(GEO)			Response Combo	GEO04	1

9.2 OUTPUT DI CALCOLO

TABLE: Base Reactions									
OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	Unitless	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
DEAD	LinStatic			-3.18E-13	0	2093.432	0	27018.1201	0
MODAL	LinModal	Mode	1	-2845.201	0.0004141	-3.778	-0.0004919	-17069.044	0.0064
MODAL	LinModal	Mode	2	5507.71	0.0006797	0.324	0.0000165	33051.461	-0.0086
MODAL	LinModal	Mode	3	174.601	0.0001848	17.509	0.0001845	781.4454	0.0021
MODAL	LinModal	Mode	4	-2611.388	0.0001292	3.405	0.00009242	15724.9439	0.0012
MODAL	LinModal	Mode	5	256.187	0.0000681	20.274	0.0002771	1252.9803	0.0001722
MODAL	LinModal	Mode	6	129.405	0.0005063	-4.683	0.00005221	859.227	-0.0061
MODAL	LinModal	Mode	7	-165.322	0.0001131	11.446	0.0001587	-1144.8984	-0.0016
MODAL	LinModal	Mode	8	-179.129	0.0005752	-4.49	-0.0005457	-983.9997	0.0084
MODAL	LinModal	Mode	9	-1.108	0.0003334	4.322	-0.0001645	-47.675	0.0044
MODAL	LinModal	Mode	10	0.115	56207.556	0.034	210174.682	-0.1273	768542.380
MODAL	LinModal	Mode	11	-0.011	8295.835	-0.019	40071.0051	0.2103	8
MODAL	LinModal	Mode	12	0.001926	6406.914	0.004254	30371.5884	-0.0408	167184.074
PP	LinStatic			-4.999E-14	0	27	0	-324	229334.970
WL	LinStatic			0	-171.6	0	604.5	0	4
URTO_01	LinStatic			0	-1500	0	5625	0	0
V200	LinStatic			0	-48.12	0	174.3	0	0
SLV	LinRespSpec	Max		0.0001755	89.063	0.00004899	335.7422	0.0001595	1180.6341
SLD	LinRespSpec	Max		0.0001847	93.765	0.00005157	353.4685	0.0001679	1242.9551
URTO_ATTR	LinStatic			0	-1500	0	5625	0	-21750
STR01	Combinatio			-5.042E-13	0	2866.633	0	36960.4622	0
STR02	Combinatio			-3.68E-13	-329.58	2120.432	1168.2	27342.1201	-4146.84
STR03	Combinatio			-5.042E-13	-329.58	2866.633	1168.2	36960.4622	-4146.84
STR04	Combinatio			-3.68E-13	-1500	2120.432	5625	27342.1201	-6000
STR05	Combinatio			-3.68E-13	-1500	2120.432	5625	27342.1201	-21750
GEO01	Combinatio			-5.042E-13	0	2866.633	0	36960.4622	0
GEO02	Combinatio			-3.68E-13	-329.58	2120.432	1168.2	27342.1201	-4146.84
GEO03	Combinatio			-3.68E-13	-1500	2120.432	5625	27342.1201	-6000
GEO04	Combinatio			-3.68E-13	-1500	2120.432	5625	-	-21750

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce
 RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

	n								27342.1201	
RARA	Combinatio								-	
	n								27342.1201	-2764.56
SISMA_SLV	Combinatio	Max							-27342.12	1180.6341
	n								-	
SISMA_SLV	Combinatio	Min							27342.1203	-1180.6341
	n								-	
SISMA_SLD	Combinatio	Max							-27342.12	1242.9551
	n								-	
SISMA_SLD	Combinatio	Min							27342.1203	-1242.9551
ENV_SLU(STR)	Combinatio	Max							0.0001595	1180.6341
	n								-	
ENV_SLU(STR)	Combinatio	Min							36960.4622	-21750
	n								-	
ENV(GEO)	Combinatio	Max							27342.1201	0
	n								-	
ENV(GEO)	Combinatio	Min							0	36960.4622
	n								-	-21750

TABLE: Joint Reactions										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Units	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	DEAD	LinStatic			13.868	0	45.138	0	-1.1022	0
										0.0000097
1	MODAL	LinModal	Mode	1	-451.166	0.0002573	-454.883	-0.0001243	-393.4914	25
										0.0000408
1	MODAL	LinModal	Mode	2	26.067	0.00109	43.495	-0.0005166	11.6655	5
										-
										0.0000350
1	MODAL	LinModal	Mode	3	-63.956	-0.0009364	-105.157	0.000441	-35.8054	2
										-
										0.0000146
1	MODAL	LinModal	Mode	4	-106.789	-0.0003914	-180.354	0.000186	-61.6338	7
										-
										0.0000267
1	MODAL	LinModal	Mode	5	90.182	-0.0007128	158.98	0.0003381	59.7085	2
										0.0000346
1	MODAL	LinModal	Mode	6	74.879	0.0009238	140.721	-0.0004376	51.1653	1
										-
										0.0000094
1	MODAL	LinModal	Mode	7	-58.993	-0.0002517	-118.412	0.0001183	-37.9942	15
										0.0000106
1	MODAL	LinModal	Mode	8	-34.918	0.0002829	-73.341	-0.0001346	-24.3301	3
										-
										0.0000030
1	MODAL	LinModal	Mode	9	12.194	0.0000832	26.681	0.0000362	12.6401	33
										-
										0.0000860
1	MODAL	LinModal	Mode	10	0.001938	-1152.007	0.004572	-2101.1447	1	-51.3159
										-
1	MODAL	LinModal	Mode	11	0.0000505	271.587	0.0001387	-6725.9134	0.0000051	-12.707

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

					8					62
					-					
					0.0000232					0.0000036
1	MODAL	LinModal	Mode	12	9	1277.677	-0.0001138	-1468.1085	59	42.5596
1	PP	LinStatic			0.283	0	1.072	0	-0.0243	0
1	WL	LinStatic			0	2.195	0	12.4745	0	0.118
1	URTO_01	LinStatic			0	262.248	0	191.8199	0	10.3185
1	V200	LinStatic			0	0.644	0	3.6424	0	0.0352
		LinRespSp			0.0000029		0.0000070			
1	SLV	ec	Max		7	1.546	49	4.813	1.329E-07	0.0757
		LinRespSp			0.0000031		0.0000074			
1	SLD	ec	Max		26	1.628	21	5.0677	1.399E-07	0.0797
1	URTO_ATTR	LinStatic			0	16.018	0	1.1263	0	0.6506
		Combinati								
1	STR01	on			19.146	0	62.544	0	-1.5244	0
		Combinati								
1	STR02	on			14.151	4.258	46.21	24.1753	-1.1265	0.2299
		Combinati								
1	STR03	on			19.146	4.258	62.544	24.1753	-1.5244	0.2299
		Combinati								
1	STR04	on			14.151	262.248	46.21	191.8199	-1.1265	10.3185
		Combinati								
1	STR05	on			14.151	16.018	46.21	1.1263	-1.1265	0.6506
		Combinati								
1	GEO01	on			19.146	0	62.544	0	-1.5244	0
		Combinati								
1	GEO02	on			14.151	4.258	46.21	24.1753	-1.1265	0.2299
		Combinati								
1	GEO03	on			14.151	262.248	46.21	191.8199	-1.1265	10.3185
		Combinati								
1	GEO04	on			14.151	16.018	46.21	1.1263	-1.1265	0.6506
		Combinati								
1	RARA	on			14.151	2.839	46.21	16.1168	-1.1265	0.1533
		Combinati								
1	SISMA_SLV	on	Max		14.151	1.546	46.21	4.813	-1.1265	0.0757
		Combinati								
1	SISMA_SLV	on	Min		14.151	-1.546	46.21	-4.813	-1.1265	-0.0757
		Combinati								
1	SISMA_SLD	on	Max		14.151	1.628	46.21	5.0677	-1.1265	0.0797
		Combinati								
1	SISMA_SLD	on	Min		14.151	-1.628	46.21	-5.0677	-1.1265	-0.0797
		Combinati								
1	ENV_SLU(STR	on	Max		19.146	262.248	62.544	191.8199	1.329E-07	10.3185
	)	Combinati								
					-		-			
	ENV_SLU(STR	on	Min		0.0000029		0.0000070			
1	)	Combinati			7	-1.546	49	-4.813	-1.5244	-0.0757
		Combinati								
1	ENV(GEO)	on	Max		19.146	262.248	62.544	191.8199	-1.1265	10.3185
		Combinati								
1	ENV(GEO)	on	Min		14.151	0	46.21	0	-1.5244	0
5	DEAD	LinStatic			1.561	0	84.384	0	0.065	0
						0.0000942				0.0000105
5	MODAL	LinModal	Mode	1	-46.705	5	-1413.597	-0.0001079	-792.1408	1
										0.0000450
5	MODAL	LinModal	Mode	2	38.323	0.0003533	90.385	-0.0004267	33.3795	1

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

5	SISMA_SLV	on Combinati on	Max		1.416	5.228	86.196	11.2365	0.0716	0.2228
5	SISMA_SLV	on Combinati on	Min		1.416	-5.228	86.196	-11.2365	0.0716	-0.2228
5	SISMA_SLD	on Combinati on	Max		1.416	5.505	86.196	11.8309	0.0716	0.2346
5	SISMA_SLD	on Combinati on	Min		1.416	-5.505	86.196	-11.8309	0.0716	-0.2346
5	ENV_SLU(STR)	on Combinati on	Max		1.89	5.228	116.636	587.8742	0.0976	22.1426
5	ENV_SLU(STR)	on Combinati on	Min		0.0000026 68	-277.98	0.0000069 01	-11.2365	-7.473E-08	-0.2228
5	ENV(GEO)	on Combinati on	Max		1.89	0.526	116.636	587.8742	0.0976	22.1426
5	ENV(GEO)	on Combinati on	Min		1.416	-277.98	86.196	0	0.0716	0
12	DEAD	LinStatic			1.386	0	83.569	0	0.017	0
12	MODAL	LinModal	Mode	1	-77.045	0.0000781 2	-448.037	0.0000358 9	-661.1048	0.0000118 1
12	MODAL	LinModal	Mode	2	67.097	-0.0003878	100.463	0.0001851	51.3852	0.0000493
12	MODAL	LinModal	Mode	3	-122.473	0.0003458	-216.032	-0.0001655	-127.5662	0.0000419 3
12	MODAL	LinModal	Mode	4	-170.36	0.0001375	-325.095	0.0000659 6	-204.4029	0.0000178 6
12	MODAL	LinModal	Mode	5	90.189	0.0002513	232.302	-0.0001202	176.431	0.0000323 2
12	MODAL	LinModal	Mode	6	38.427	-0.0003283	148.937	0.0001573	137.4183	0.0000418 4
12	MODAL	LinModal	Mode	7	-12.186	0.0000933 8	-80.711	-0.0000445	-93.121	0.0000111 8
12	MODAL	LinModal	Mode	8	7.548	0.0000967 5	-28.449	0.0000455 8	-54.588	0.0000127 7
12	MODAL	LinModal	Mode	9	-17.118	0.0000453 5	0.401	0.0000224 8	26.3068	0.0000033 11
12	MODAL	LinModal	Mode	10	0.002637	1246.404	0.002383	-5311.7931	0.0000267 3	-29.1488
12	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.0004968	3424.513	-0.0004423	12498.742 2	0.0000074 96	180.1909
12	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0000142 3	380.141	0.0000197	-1316.9425 2	0.0000020	116.0786
12	PP	LinStatic			-0.126	0	1.408	0	0.0054	0
12	WL	LinStatic			0	-7.738	0	27.0409	0	-0.0879
12	URTO_01	LinStatic			0	-251.552	0	683.7426	0	9.3798
12	V200	LinStatic			0	-2.191	0	7.8598	0	-0.0277

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

12	SLV	LinRespSpec	Max	0.0000039	6	2.669	0.0000035	82	10.9018	4.235E-08	0.019
12	SLD	LinRespSpec	Max	0.0000041	69	2.81	0.0000037	71	11.4783	4.459E-08	0.02
12	URTO_ATTR	LinStatic		0	3.433		0	18.0106		0	1.0849
12	STR01	Combinati		1.683	0	114.93		0	0.031		0
12	STR02	Combinati		1.261	-14.894	84.977		52.3512	0.0224		-0.1733
12	STR03	Combinati		1.683	-14.894	114.93		52.3512	0.031		-0.1733
12	STR04	Combinati		1.261	-251.552	84.977		683.7426	0.0224		9.3798
12	STR05	Combinati		1.261	3.433	84.977		18.0106	0.0224		1.0849
12	GEO01	Combinati		1.683	0	114.93		0	0.031		0
12	GEO02	Combinati		1.261	-14.894	84.977		52.3512	0.0224		-0.1733
12	GEO03	Combinati		1.261	-251.552	84.977		683.7426	0.0224		9.3798
12	GEO04	Combinati		1.261	3.433	84.977		18.0106	0.0224		1.0849
12	RARA	Combinati		1.261	-9.929	84.977		34.9008	0.0224		-0.1155
12	SISMA_SLV	Combinati	Max	1.261	2.669	84.977		10.9018	0.0224		0.019
12	SISMA_SLV	Combinati	Min	1.261	-2.669	84.977		-10.9018	0.0224		-0.019
12	SISMA_SLD	Combinati	Max	1.261	2.81	84.977		11.4783	0.0224		0.02
12	SISMA_SLD	Combinati	Min	1.261	-2.81	84.977		-11.4783	0.0224		-0.02
12	ENV_SLU(STR)	Combinati	Max	1.683	3.433	114.93		683.7426	0.031		9.3798
12	ENV_SLU(STR)	Combinati	Min	0.0000039	6	-251.552	0.0000035	82	-10.9018	-4.235E-08	-0.1733
12	ENV(GEO)	Combinati	Max	1.683	3.433	114.93		683.7426	0.031		9.3798
12	ENV(GEO)	Combinati	Min	1.261	-251.552	84.977		0	0.0224		-0.1733
18	DEAD	LinStatic		0.19	0	83.231		0	0.0024		0
18	MODAL	LinModal	Mode	1	-215.832	-0.0001873	156.066	0.0001379	-507.2995		0.0000061
18	MODAL	LinModal	Mode	2	88.096	-0.0008409	119.551	0.0006055	77.3375		0.0000246
18	MODAL	LinModal	Mode	3	-150.729	0.0007311	-206.199	-0.0005214	-171.213		0.0000204
18	MODAL	LinModal	Mode	4	-198.354	0.0003021	-256.431	-0.0002188	-258.4198		0.0000090
18	MODAL	LinModal	Mode	5	86.035	0.0005491	84.809	-0.0003963	198.1475		-0.0000162
18	MODAL	LinModal	Mode	6	21.849	-0.0007132	-36.775	0.0005144	134.8558		0.0000209

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

											-
18	MODAL	LinModal	Mode	7	1.227	0.0001963	98.572	-0.0001392	-76.7804		0.0000053
											82
18	MODAL	LinModal	Mode	8	15.342	-0.0002152	105.591	0.0001548	-36.9883		0.0000063
								0.0000487			67
18	MODAL	LinModal	Mode	9	-22.211	-0.0000759	-73.317	5	15.1294		0.0000010
									0.0000185		91
18	MODAL	LinModal	Mode	10	0.003104	1080.892	0.001272	-5496.227	9		-37.534
18	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.001488	2715.713	0.0001965	10903.003	7		0.0000378
									2		193.6818
18	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0002421	89.434	-0.0001065	-368.4955	91		0.0000068
18	PP	LinStatic			-0.051	0	1.109	0	0.0039		0
18	WL	LinStatic			0	-6.818	0	26.1177	0		-0.0825
18	URTO_01	LinStatic			0	-319	0	755.4787	0		3.7459
18	V200	LinStatic			0	-1.916	0	7.574	0		-0.0259
18	SLV	LinRespSpec	Max	11	0.0000045	2.228	83	10.7248	2.199E-08		0.0186
18	SLD	LinRespSpec	Max	49	0.0000047	2.346	87	11.2918	2.315E-08		0.0195
18	URTO_ATTR	LinStatic			0	7.014	0	26.1585	0		1.5069
18	STR01	Combinati			0.18	0	114.026	0	0.0092		0
18	STR02	Combinati			0.139	-13.101	84.341	50.5375	0.0063		-0.1626
18	STR03	Combinati			0.18	-13.101	114.026	50.5375	0.0092		-0.1626
18	STR04	Combinati			0.139	-319	84.341	755.4787	0.0063		3.7459
18	STR05	Combinati			0.139	7.014	84.341	26.1585	0.0063		1.5069
18	GEO01	Combinati			0.18	0	114.026	0	0.0092		0
18	GEO02	Combinati			0.139	-13.101	84.341	50.5375	0.0063		-0.1626
18	GEO03	Combinati			0.139	-319	84.341	755.4787	0.0063		3.7459
18	GEO04	Combinati			0.139	7.014	84.341	26.1585	0.0063		1.5069
18	RARA	Combinati			0.139	-8.734	84.341	33.6917	0.0063		-0.1084
18	SISMA_SLV	Combinati	Max		0.139	2.228	84.341	10.7248	0.0063		0.0186
18	SISMA_SLV	Combinati	Min		0.139	-2.228	84.341	-10.7248	0.0063		-0.0186
18	SISMA_SLD	Combinati	Max		0.139	2.346	84.341	11.2918	0.0063		0.0195
18	SISMA_SLD	Combinati	Min		0.139	-2.346	84.341	-11.2918	0.0063		-0.0195
18	ENV_SLU(STR	Combinati	Max		0.18	7.014	114.026	755.4787	0.0092		3.7459
18	ENV_SLU(STR	Combinati	Min		0.0000045	-319	0.0000019	-10.7248	-2.199E-08		-0.1626

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

				11		83				
18	ENV(GEO)	Combinati on	Max	0.18	7.014	114.026	755.4787	0.0092	3.7459	
18	ENV(GEO)	Combinati on	Min	0.139	-319	84.341	0	0.0063	-0.1626	
24	DEAD	LinStatic		-0.752	0	82.887	0	-0.0071	0	
24	MODAL	LinModal	Mode	1	-328.863	-0.0002196	391.21	0.0001677	-370.0049	-9.469E-07
										-
24	MODAL	LinModal	Mode	2	111.68	-0.0009383	136.739	0.0007064	108.5962	0.00000568
24	MODAL	LinModal	Mode	3	-175.576	0.0008019	-185.183	-0.0005986	-214.9633	0.000005591
24	MODAL	LinModal	Mode	4	-217.386	0.0003411	-166.257	-0.0002577	-301.4809	0.000001905
24	MODAL	LinModal	Mode	5	77.351	0.0006161	-78.951	-0.0004639	193.677	0.000003692
										-
24	MODAL	LinModal	Mode	6	14.672	-0.0007977	-216.143	0.0006011	100.8131	0.000004777
24	MODAL	LinModal	Mode	7	-9.795	0.0002135	244.544	-0.0001585	-32.7669	0.00000162
										-
24	MODAL	LinModal	Mode	8	-5.509	-0.0002423	197.765	0.0001813	-0.7571	0.000001564
										-
24	MODAL	LinModal	Mode	9	-7.717	0.00006849	-118.473	0.0000455	-5.5685	0.000001269
24	MODAL	LinModal	Mode	10	0.003468	1029.39	0.0007024	-5823.0632	0.00001374	-57.8209
24	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.002055	2232.698	-0.002999	-9324.9484	0.00004024	194.6966
										-
24	MODAL	LinModal	Mode	12	0.000396	-183.567	0.0006891	581.4784	0.00001042	117.3262
24	PP	LinStatic		0.018	0	0.948	0	0.0024	0	
24	WL	LinStatic		0	-6.395	0	25.4971	0	-0.0484	
24	URTO_01	LinStatic		0	-346.071	0	766.642	0	-3.3451	
24	V200	LinStatic		0	-1.79	0	7.3801	0	-0.0156	
24	SLV	LinRespSpec	Max	0.0000049	78	2.012	5.842E-07	10.7719	2.786E-08	0.0384
24	SLD	LinRespSpec	Max	0.0000052	41	2.118	6.149E-07	11.3412	2.933E-08	0.0404
24	URTO_ATTR	LinStatic		0	11.293	0	38.5125	0	2.3058	
24	STR01	Combinati on		-0.988	0	113.319	0	-0.006	0	
24	STR02	Combinati on		-0.734	-12.277	83.835	49.3159	-0.0047	-0.096	
24	STR03	Combinati on		-0.988	-12.277	113.319	49.3159	-0.006	-0.096	
24	STR04	Combinati on		-0.734	-346.071	83.835	766.642	-0.0047	-3.3451	
24	STR05	Combinati on		-0.734	11.293	83.835	38.5125	-0.0047	2.3058	
24	GEO01	Combinati on		-0.988	0	113.319	0	-0.006	0	

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

24	GEO02	Combinati on			-0.734	-12.277	83.835	49.3159	-0.0047	-0.096
24	GEO03	Combinati on			-0.734	-346.071	83.835	766.642	-0.0047	-3.3451
24	GEO04	Combinati on			-0.734	11.293	83.835	38.5125	-0.0047	2.3058
24	RARA	Combinati on			-0.734	-8.185	83.835	32.8773	-0.0047	-0.064
24	SISMA_SLV	Combinati on	Max		-0.734	2.012	83.835	10.7719	-0.0047	0.0384
24	SISMA_SLV	Combinati on	Min		-0.734	-2.012	83.835	-10.7719	-0.0047	-0.0384
24	SISMA_SLD	Combinati on	Max		-0.734	2.118	83.835	11.3412	-0.0047	0.0404
24	SISMA_SLD	Combinati on	Min		-0.734	-2.118	83.835	-11.3412	-0.0047	-0.0404
24	ENV_SLU(STR)	Combinati on	Max	0.0000049	78	11.293	113.319	766.642	2.786E-08	2.3058
24	ENV_SLU(STR)	Combinati on	Min		-0.988	-346.071	-5.842E-07	-10.7719	-0.006	-3.3451
24	ENV(GEO)	Combinati on	Max		-0.734	11.293	113.319	766.642	-0.0047	2.3058
24	ENV(GEO)	Combinati on	Min		-0.988	-346.071	83.835	0	-0.006	-3.3451
30	DEAD	LinStatic			-1.299	0	82.689	0	-0.0187	0
30	MODAL	LinModal	Mode	1	-356.645	-0.0001556	411.436	0.0001158	-263.1913	0.0000072 81
30	MODAL	LinModal	Mode	2	140.051	-0.0006183	151.477	0.0004628	144.4641	0.0000310 5
30	MODAL	LinModal	Mode	3	-195.997	0.0005111	-153.638	-0.0003802	-253.6917	0.0000269 6
30	MODAL	LinModal	Mode	4	-224.303	0.0002298	-66.136	-0.0001718	-324.5626	0.0000112 0.0000204
30	MODAL	LinModal	Mode	5	60.7	0.0004094	-213.028	-0.000305	158.9707	7 -
30	MODAL	LinModal	Mode	6	12.812	-0.0005284	-307.156	0.0003951	40.7831	0.0000263 9
30	MODAL	LinModal	Mode	7	-39.389	0.0001332	253.831	0.0000983 9	24.4072	0.0000073 03
30	MODAL	LinModal	Mode	8	-48.205	-0.0001599	153.624	0.0001172	37.5254	0.0000082 8 -
30	MODAL	LinModal	Mode	9	21.116	0.0000250 2	-75.776	0.0000160 6	-24.5433	0.0000027 18
30	MODAL	LinModal	Mode	10	0.003796	1052.668	0.0004555	-6355.4543	0.0000105 9	-87.0082
30	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.00103	1823.059	-0.00406	-7783.1886	0.0000041 95	190.7257
30	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0001144	-453.056	0.0009318	1515.1276	2.388E-07	113.7327
30	PP	LinStatic			0.057	0	0.889	0	0.0012	0
30	WL	LinStatic			0	-6.159	0	25.2417	0	0.0004674

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

30	URTO_01	LinStatic		0	-293.677	0	699.5698	0	-10.0183	
30	V200	LinStatic		0	-1.72	0	7.296	0	-0.0009963	
30	SLV	LinRespSpec	Max	0.0000056	51	1.927	1.659E-07	11.1471	1.717E-08	0.0819
30	SLD	LinRespSpec	Max	0.0000059	5	2.028	1.746E-07	11.7359	1.807E-08	0.0862
30	URTO_ATTR	LinStatic		0	16.133	0	58.2661	0	3.6062	
30	STR01	Combinati		-1.668	0	112.964	0	-0.0235	0	
30	STR02	Combinati		-1.242	-11.818	83.578	48.8065	-0.0176	-0.0007933	
30	STR03	Combinati		-1.668	-11.818	112.964	48.8065	-0.0235	-0.0007933	
30	STR04	Combinati		-1.242	-293.677	83.578	699.5698	-0.0176	-10.0183	
30	STR05	Combinati		-1.242	16.133	83.578	58.2661	-0.0176	3.6062	
30	GEO01	Combinati		-1.668	0	112.964	0	-0.0235	0	
30	GEO02	Combinati		-1.242	-11.818	83.578	48.8065	-0.0176	-0.0007933	
30	GEO03	Combinati		-1.242	-293.677	83.578	699.5698	-0.0176	-10.0183	
30	GEO04	Combinati		-1.242	16.133	83.578	58.2661	-0.0176	3.6062	
30	RARA	Combinati		-1.242	-7.879	83.578	32.5377	-0.0176	-0.0005289	
30	SISMA_SLV	Combinati	Max	-1.242	1.927	83.578	11.1471	-0.0176	0.0819	
30	SISMA_SLV	Combinati	Min	-1.242	-1.927	83.578	-11.1471	-0.0176	-0.0819	
30	SISMA_SLD	Combinati	Max	-1.242	2.028	83.578	11.7359	-0.0176	0.0862	
30	SISMA_SLD	Combinati	Min	-1.242	-2.028	83.578	-11.7359	-0.0176	-0.0862	
30	ENV_SLU(STR	Combinati		0.0000056	51	16.133	112.964	699.5698	1.717E-08	3.6062
30	ENV_SLU(STR	Combinati	Max		51	16.133	112.964	699.5698	1.717E-08	3.6062
30	ENV_SLU(STR	Combinati	Min		-1.668	-293.677	-1.659E-07	-11.1471	-0.0235	-10.0183
30	ENV(GEO)	Combinati	Max		-1.242	16.133	112.964	699.5698	-0.0176	3.6062
30	ENV(GEO)	Combinati	Min		-1.668	-293.677	83.578	0	-0.0235	-10.0183
36	DEAD	LinStatic		-1.247	0	83.016	0	-0.0367	0	
36	MODAL	LinModal	Mode	1	-324.483	5	348.616	15	-185.4227	0.00001028
36	MODAL	LinModal	Mode	2	174.359	1	162.776	18	185.2241	0.00004098
36	MODAL	LinModal	Mode	3	-210.356	9	-104.858	3	-283.9726	0.0000347
36	MODAL	LinModal	Mode	4	-217.351	3	52.136	0.0000023	-322.6877	0.00001502

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

								45				
36	MODAL	LinModal	Mode	5	32.183	0.0000146	5	-314.55	0.0000035	98.4303	0.0000271	
										57	9	
										-	-	
										0.0000026	0.0000349	
36	MODAL	LinModal	Mode	6	-0.917	-0.0000186		-302.666		78	-27.4684	5
										-	-	
										0.0000106	0.0000092	
36	MODAL	LinModal	Mode	7	-52.133	0.0000090	73	125.543		7	67.466	81
										-	-	
										0.0000012	0.0000072	0.0000110
36	MODAL	LinModal	Mode	8	-70.93		63	-19.926		64	51.8104	1
										-	-	
										0.0000315	0.0000224	0.0000025
36	MODAL	LinModal	Mode	9	34.306		7	47.375		6	-25.5432	37
										0.0000084		
36	MODAL	LinModal	Mode	10	0.00416	1148.618		0.0004072	-7152.7358		38	-124.2867
										0.0000245		
36	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.0009919	1442.359		-0.00515	-6282.8867		3	186.0856
										-	-	
										0.0000507	0.0000066	
36	MODAL	LinModal	Mode	12	1	-719.555		0.001021	2409.6302		98	106.9308
36	PP	LinStatic			0.068	0		0.888		0	0.000232	0
36	WL	LinStatic			0	-6.009		0	25.4101		0	0.0612
36	URTO_01	LinStatic			0	-192.3		0	576.039		0	-14.1075
36	V200	LinStatic			0	-1.677		0	7.3378		0	0.0169
		LinRespSp			0.0000062			0.0000003				
36	SLV	ec	Max		11	1.96		49	11.9459	1.702E-08		0.1402
		LinRespSp			0.0000065							
36	SLD	ec	Max		38	2.064	3.677E-07	12.5766	1.792E-08			0.1476
36	URTO_ATTR	LinStatic			0	21.059		0	89.9041	0		5.6153
36	STR01	Combinati			-1.581	0	113.404	0	-0.0492			0
36	STR02	Combinati			-1.179	-11.529	83.904	49.1217	-0.0364			0.1171
36	STR03	Combinati			-1.581	-11.529	113.404	49.1217	-0.0492			0.1171
36	STR04	Combinati			-1.179	-192.3	83.904	576.039	-0.0364			-14.1075
36	STR05	Combinati			-1.179	21.059	83.904	89.9041	-0.0364			5.6153
36	GEO01	Combinati			-1.581	0	113.404	0	-0.0492			0
36	GEO02	Combinati			-1.179	-11.529	83.904	49.1217	-0.0364			0.1171
36	GEO03	Combinati			-1.179	-192.3	83.904	576.039	-0.0364			-14.1075
36	GEO04	Combinati			-1.179	21.059	83.904	89.9041	-0.0364			5.6153
36	RARA	Combinati			-1.179	-7.686	83.904	32.7478	-0.0364			0.0781
36	SISMA_SLV	on	Max		-1.179	1.96	83.904	11.9459	-0.0364			0.1402
36	SISMA_SLV	on	Min		-1.179	-1.96	83.904	-11.9459	-0.0364			-0.1402

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

36	SISMA_SLD	Combinati on	Max		-1.179	2.064	83.904	12.5766	-0.0364	0.1476
36	SISMA_SLD	Combinati on	Min		-1.179	-2.064	83.904	-12.5766	-0.0364	-0.1476
36	ENV_SLU(STR)	Combinati on	Max		0.0000062 11	21.059	113.404	576.039	1.702E-08	5.6153
36	ENV_SLU(STR)	Combinati on	Min		-1.581	-192.3	49	-11.9459	-0.0492	-14.1075
36	ENV(GEO)	Combinati on	Max		-1.179	21.059	113.404	576.039	-0.0364	5.6153
36	ENV(GEO)	Combinati on	Min		-1.581	-192.3	83.904	0	-0.0492	-14.1075
42	DEAD	LinStatic			-0.15	0	84.612	0	-0.0654	0
42	MODAL	LinModal	Mode	1	-269.264	0.0001332	270.733	-0.0001155	-130.434	0.0000085 9
42	MODAL	LinModal	Mode	2	214.552	0.0005935	173.831	-0.0004763	232.1756	0.0000309 2
42	MODAL	LinModal	Mode	3	-216.431	-0.0005302	-48.127	0.0004194	-303.7931	0.0000253 5
42	MODAL	LinModal	Mode	4	-202.507	-0.0002109	166.667	0.0001715	-293.7059	0.0000115 8
42	MODAL	LinModal	Mode	5	10.305	-0.0003909	-367.76	0.000317	19.7387	0.0000207 7
42	MODAL	LinModal	Mode	6	-17.12	0.000502	-234.878	-0.0004049	-86.7039	0.0000265 3
42	MODAL	LinModal	Mode	7	-35.388	-0.0001468	-36.902	0.000116	77.8932	0.0000066 89
42	MODAL	LinModal	Mode	8	-48.049	0.000163	-187.309	-0.0001345	30.3626	0.0000085 29
42	MODAL	LinModal	Mode	9	10.602	0.0000694	151.344	0.0000478 4	-3.7416	0.0000008 84
42	MODAL	LinModal	Mode	10	0.004662	1341.994	0.0005113	-8287.7328	6	-171.7626
42	MODAL	LinModal	Mode	11	0.0000267 2	1099.842	-0.004729	-4826.7627	7	182.3363
42	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0000745 5	-975.532	0.0009206	3241.2724	4	97.756
42	PP	LinStatic			0.08	0	0.921	0	-0.0006217	0
42	WL	LinStatic			0	-5.962	0	26.114	0	0.1403
42	URTO_01	LinStatic			0	-98.549	0	438.4076	0	-14.7141
42	V200	LinStatic			0	-1.664	0	7.5369	0	0.04
42	SLV	LinRespSp ec	Max		0.0000071 6	2.153	0.0000002 07	13.2839	2.53E-09	0.2148
42	SLD	LinRespSp ec	Max		0.0000075 38	2.267	2.181E-07	13.9851	2.663E-09	0.2262
42	URTO_ATTR	LinStatic			0	24.443	0	140.1351	0	8.6422
42	STR01	Combinati			-0.083	0	115.607	0	-0.0892	0

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

42	STR02	on Combinati on			-0.071	-11.44	85.533	50.4763	-0.066	0.2705
42	STR03	on Combinati on			-0.083	-11.44	115.607	50.4763	-0.0892	0.2705
42	STR04	on Combinati on			-0.071	-98.549	85.533	438.4076	-0.066	-14.7141
42	STR05	on Combinati on			-0.071	24.443	85.533	140.1351	-0.066	8.6422
42	GEO01	on Combinati on			-0.083	0	115.607	0	-0.0892	0
42	GEO02	on Combinati on			-0.071	-11.44	85.533	50.4763	-0.066	0.2705
42	GEO03	on Combinati on			-0.071	-98.549	85.533	438.4076	-0.066	-14.7141
42	GEO04	on Combinati on			-0.071	24.443	85.533	140.1351	-0.066	8.6422
42	RARA	on Combinati on			-0.071	-7.626	85.533	33.6509	-0.066	0.1803
42	SISMA_SLV	on Combinati on	Max		-0.071	2.153	85.533	13.2839	-0.066	0.2148
42	SISMA_SLV	on Combinati on	Min		-0.071	-2.153	85.533	-13.2839	-0.066	-0.2148
42	SISMA_SLD	on Combinati on	Max		-0.071	2.267	85.533	13.9851	-0.066	0.2262
42	SISMA_SLD	on Combinati on	Min		-0.071	-2.267	85.533	-13.9851	-0.066	-0.2262
42	ENV_SLU(STR)	on Combinati on	Max		0.0000071 6	24.443	115.607	438.4076	2.53E-09	8.6422
42	ENV_SLU(STR)	on Combinati on	Min				0.0000002 07	-13.2839	-0.0892	-14.7141
42	ENV(GEO)	on Combinati on	Max		-0.071	24.443	115.607	438.4076	-0.066	8.6422
42	ENV(GEO)	on Combinati on	Min		-0.083	-98.549	85.533	0	-0.0892	-14.7141
48	DEAD	LinStatic			2.738	0	88.885	0	-0.1104	0
48	MODAL	LinModal	Mode	1	-212.76	0.0002338	202.271	-0.0001913	-92.1435	0.0000027 6
48	MODAL	LinModal	Mode	2	260.05	0.0009285	178.338	-0.0007221	287.8197	0.0000048 31
48	MODAL	LinModal	Mode	3	-201.867	-0.0007929	18.901	0.000613	-313.3406	0.0000029 67
48	MODAL	LinModal	Mode	4	-170.636	-0.00034	253.905	0.0002661	-240.5606	0.0000021 92
48	MODAL	LinModal	Mode	5	6.863	-0.0006187	-325.747	0.0004848	-63.9863	0.0000037 47
48	MODAL	LinModal	Mode	6	-19.636	0.0007915	-105.229	-0.0006174	-122.6769	0.0000043 98
48	MODAL	LinModal	Mode	7	-7.531	-0.0002143	-141.954	0.0001661	55.7157	7.158E-07 -
48	MODAL	LinModal	Mode	8	-3.788	0.0002564	-210.512	-0.0002045	-11.0646	0.0000019 29

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

54	DEAD	LinStatic			8.579	0	98.307	0	-0.1777	0	0.0000049
54	MODAL	LinModal	Mode	1	-163.645	0.000236	151.609	-0.0001844	-66.0257	2	0.0000268
54	MODAL	LinModal	Mode	2	319.578	0.000824	164.445	-0.0006089	356.3852	1	-
54	MODAL	LinModal	Mode	3	-160.526	-0.0006714	123.225	0.0005009	-313.1321	8	0.0000227
54	MODAL	LinModal	Mode	4	-116.059	-0.0003098	329.847	0.0002304	-167.6331	97	0.0000093
54	MODAL	LinModal	Mode	5	20.092	-0.0005567	-173.133	0.0004171	-136.414	1	0.0000169
54	MODAL	LinModal	Mode	6	-18.626	0.0007084	80.315	-0.0005249	-122.8997	9	0.0000225
54	MODAL	LinModal	Mode	7	23.417	-0.0001778	-165.031	0.0001349	11.9984	22	0.0000059
54	MODAL	LinModal	Mode	8	14.628	0.0002324	-85.964	-0.0001824	-42.2616	47	0.0000057
54	MODAL	LinModal	Mode	9	-41.318	0.00001816	-1.463	0.00001718	33.5193	99	0.0000019
54	MODAL	LinModal	Mode	10	0.006744	2274.695	0.001491	-12017.853	88	-311.4626	0.0000070
54	MODAL	LinModal	Mode	11	0.0003389	426.815	-0.0002809	-1964.8703	5	181.6738	0.0000377
54	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0000083	-1424.452	0.0001136	4666.7348	65	78.9215	0.0000094
54	PP	LinStatic			0.201	0	1.174	0	-0.0028	0	
54	WL	LinStatic			0	-6.637	0	30.0249	0	0.3959	
54	URTO_01	LinStatic			0	-8.756	0	226.1957	0	-9.7482	
54	V200	LinStatic			0	-1.866	0	8.6614	0	0.1136	
54	SLV	LinRespSpec	Max	5	0.0000104	3.392	0.0000022	54	18.2538	4.851E-09	0.4322
54	SLD	LinRespSpec	Max		0.000011	3.571	0.0000023	73	19.217	5.105E-09	0.455
54	URTO_ATTR	LinStatic			0	4.499	0	341.3727	0	19.3484	
54	STR01	Combinati			11.883	0	134.476	0	-0.2441	0	
54	STR02	Combinati			8.78	-12.754	99.481	58.0294	-0.1805	0.7643	
54	STR03	Combinati			11.883	-12.754	134.476	58.0294	-0.2441	0.7643	
54	STR04	Combinati			8.78	-8.756	99.481	226.1957	-0.1805	-9.7482	
54	STR05	Combinati			8.78	4.499	99.481	341.3727	-0.1805	19.3484	
54	GEO01	Combinati			11.883	0	134.476	0	-0.2441	0	
54	GEO02	Combinati			8.78	-12.754	99.481	58.0294	-0.1805	0.7643	

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

54	GEO03	on Combinati on			8.78	-8.756	99.481	226.1957	-0.1805	-9.7482
54	GEO04	on Combinati on			8.78	4.499	99.481	341.3727	-0.1805	19.3484
54	RARA	on Combinati on			8.78	-8.503	99.481	38.6863	-0.1805	0.5095
54	SISMA_SLV	on Combinati on	Max		8.78	3.392	99.481	18.2538	-0.1805	0.4322
54	SISMA_SLV	on Combinati on	Min		8.78	-3.392	99.481	-18.2538	-0.1805	-0.4322
54	SISMA_SLD	on Combinati on	Max		8.78	3.571	99.481	19.217	-0.1805	0.455
54	SISMA_SLD	on Combinati on	Min		8.78	-3.571	99.481	-19.217	-0.1805	-0.455
54	ENV_SLU(STR)	on Combinati on	Max		11.883	4.499	134.476	341.3727	4.851E-09	19.3484
54	ENV_SLU(STR)	on Combinati on	Min		0.0000104 5	-12.754	0.0000022 54	-18.2538	-0.2441	-9.7482
54	ENV(GEO)	on Combinati on	Max		11.883	4.499	134.476	341.3727	-0.1805	19.3484
54	ENV(GEO)	on Combinati on	Min		8.78	-12.754	99.481	0	-0.2441	-9.7482
60	DEAD	LinStatic			19.42	0	117.31	0	-0.2645	0
60	MODAL	LinModal	Mode	1	-124.199	0.0001384	122.282	0.0000909 5	-49.1514	0.0000119 1
60	MODAL	LinModal	Mode	2	400.451	0.0003414	123.244	-0.0001527	449.4745	0.0000558 4
60	MODAL	LinModal	Mode	3	-86.749	-0.0002279	283.359	0.0001139	-305.9405	0.0000434 3
60	MODAL	LinModal	Mode	4	-45.566	-0.0001374	401.157	0.0000676	-77.5561	0.0000200 3
60	MODAL	LinModal	Mode	5	67.224	-0.0002383	72.7	0.0001241	-187.2992	0.0000350 7
60	MODAL	LinModal	Mode	6	-28.277	0.0003016	251.532	-0.000139	-83.3331	0.0000474 3
60	MODAL	LinModal	Mode	7	79.911	0.0000541 3	-83.589	0.0000335	-39.5707	0.0000105 6
60	MODAL	LinModal	Mode	8	-8.341	0.0000979 9	68.928	0.0000761 9	-43.9825	0.0000107 9
60	MODAL	LinModal	Mode	9	10.654	-0.0000552	-99.405	0.000015	11.4202	-6.117E-07
60	MODAL	LinModal	Mode	10	0.008723	3570.748	0.002795	15001.275 1	0.0000196 9	-399.5881 -
60	MODAL	LinModal	Mode	11	0.0002387 0.0000588	36.435	0.001988	-499.3485	0.0000498 5	185.7724
60	MODAL	LinModal	Mode	12	3	-1736.627	-0.0002311	5312.6798	0.0000083 19	74.2282

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

60	PP	LinStatic		0.367	0	1.493	0	-0.0042	0
60	WL	LinStatic		0	-8.534	0	34.0882	0	0.5668
60	URTO_01	LinStatic		0	-1.679	0	163.1921	0	-7.0013
60	V200	LinStatic		0	-2.427	0	9.8296	0	0.1613
60	SLV	LinRespSpec	Max	0.0000134		0.0000046			
				8	5.266	72	22.463	2.149E-08	0.5676
60	SLD	LinRespSpec	Max	0.0000141		0.0000049			
				9	5.544	19	23.6481	2.262E-08	0.5975
60	URTO_ATTR	LinStatic		0	-49.813	0	527.5637	0	27.6155
60	STR01	Combinati		26.768	0	160.608	0	-0.3634	0
60	STR02	Combinati		19.788	-16.442	118.803	65.8767	-0.2687	1.0921
60	STR03	Combinati		26.768	-16.442	160.608	65.8767	-0.3634	1.0921
60	STR04	Combinati		19.788	-1.679	118.803	163.1921	-0.2687	-7.0013
60	STR05	Combinati		19.788	-49.813	118.803	527.5637	-0.2687	27.6155
60	GEO01	Combinati		26.768	0	160.608	0	-0.3634	0
60	GEO02	Combinati		19.788	-16.442	118.803	65.8767	-0.2687	1.0921
60	GEO03	Combinati		19.788	-1.679	118.803	163.1921	-0.2687	-7.0013
60	GEO04	Combinati		19.788	-49.813	118.803	527.5637	-0.2687	27.6155
60	RARA	Combinati		19.788	-10.961	118.803	43.9178	-0.2687	0.7281
60	SISMA_SLV	Combinati	Max	19.788	5.266	118.803	22.463	-0.2687	0.5676
60	SISMA_SLV	Combinati	Min	19.788	-5.266	118.803	-22.463	-0.2687	-0.5676
60	SISMA_SLD	Combinati	Max	19.788	5.544	118.803	23.6481	-0.2687	0.5975
60	SISMA_SLD	Combinati	Min	19.788	-5.544	118.803	-23.6481	-0.2687	-0.5975
60	ENV_SLU(STR)	Combinati	Max	26.768	5.266	160.608	527.5637	2.149E-08	27.6155
60	ENV_SLU(STR)	Combinati	Min	0.0000134		0.0000046			
				8	-49.813	72	-22.463	-0.3634	-7.0013
60	ENV(GEO)	Combinati	Max	26.768	0	160.608	527.5637	-0.2687	27.6155
60	ENV(GEO)	Combinati	Min	19.788	-49.813	118.803	0	-0.3634	-7.0013
66	DEAD	LinStatic		37.425	0	156.881	0	-0.2926	0
66	MODAL	LinModal	Mode	1	-83.23	5	123.19	8	-40.8999
									0.0000124
66	MODAL	LinModal	Mode	2	400.565	-0.000509	7.425	0.0005491	598.4803
									0.0000520
66	MODAL	LinModal	Mode	3	58.66	0.0004682	555.649	-0.0004323	-304.6242
									0.0000378
									9

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

66	SISMA_SLV	on Combinati on	Min	38.077	-14.451	159.028	-28.5259	-0.2971	-0.0292	
66	SISMA_SLD	on Combinati on	Max	38.077	15.213	159.028	30.0308	-0.2971	0.0307	
66	SISMA_SLD	on Combinati on	Min	38.077	-15.213	159.028	-30.0308	-0.2971	-0.0307	
66	ENV_SLU(STR)	on Combinati on	Max	51.502	14.451	215.01	810.8517	1.431E-07	14.2354	
66	ENV_SLU(STR)	on Combinati on	Min	-0.0000159	-356.239	0.000008199	-28.5259	-0.4018	-7.0519	
66	ENV(GEO)	on Combinati on	Max	51.502	0	215.01	810.8517	-0.2971	14.2354	
66	ENV(GEO)	on Combinati on	Min	38.077	-356.239	159.028	0	-0.4018	-7.0519	
72	DEAD	LinStatic		-12.399	0	84.102	0	2.0646	0	
72	MODAL	LinModal	Mode	1	-59.924	-0.0003399	82.655	0.0001271	-16.9382	0.0000107
72	MODAL	LinModal	Mode	2	445.094	-0.001841	143.242	0.0007338	349.9321	0.0000586
72	MODAL	LinModal	Mode	3	-126.626	0.001237	148.292	-0.0005215	-145.9657	0.0000431
72	MODAL	LinModal	Mode	4	36.461	0.000649	289.879	-0.0002571	52.0794	0.0000207
72	MODAL	LinModal	Mode	5	-63.848	0.001078	142.128	-0.0004333	-108.7853	0.0000353
72	MODAL	LinModal	Mode	6	-10.032	-0.00156	242.95	0.0006198	21.0209	0.0000495
72	MODAL	LinModal	Mode	7	-6.213	0.0002474	54.126	-0.0001114	-48.5968	0.0000096
72	MODAL	LinModal	Mode	8	-22.705	-0.0001822	135.464	0.0000846	3.3188	0.0000082
72	MODAL	LinModal	Mode	9	5.472	0.0002348	-9.792	0.0000598	-22.4876	0.0000030
72	MODAL	LinModal	Mode	10	0.004166	4392.711	-0.003292	10444.604	0.0000067	0.00000506
72	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.001153	-2290.557	0.003339	1246.0924	3	62.5728
72	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0003091	-768.133	-0.000578	2999.4703	5	13.1427
72	PP	LinStatic		-0.127	0	1.151	0	0.0282	0	
72	WL	LinStatic		0	-5.298	0	20.7882	0	0.0359	
72	URTO_01	LinStatic		0	85.594	0	34.1124	0	-3.2643	
72	V200	LinStatic		0	-1.309	0	5.9363	0	0.0046	
72	SLV	LinRespSp ec	Max	0.0000062	22	6.197	0.0000044	15.4153	2.74E-09	0.0921
72	SLD	LinRespSp ec	Max	0.0000065	51	6.523	0.0000047	16.2285	2.882E-09	0.0969

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

72	URTO_ATTR	LinStatic			0	-470.354	0	531.3757	0	8.6516
72	STR01	Combinati			-16.929	0	115.264	0	2.8295	0
72	STR02	Combinati			-12.526	-9.91	85.253	40.0867	2.0928	0.0607
72	STR03	Combinati			-16.929	-9.91	115.264	40.0867	2.8295	0.0607
72	STR04	Combinati			-12.526	85.594	85.253	34.1124	2.0928	-3.2643
72	STR05	Combinati			-12.526	-470.354	85.253	531.3757	2.0928	8.6516
72	GEO01	Combinati			-16.929	0	115.264	0	2.8295	0
72	GEO02	Combinati			-12.526	-9.91	85.253	40.0867	2.0928	0.0607
72	GEO03	Combinati			-12.526	85.594	85.253	34.1124	2.0928	-3.2643
72	GEO04	Combinati			-12.526	-470.354	85.253	531.3757	2.0928	8.6516
72	RARA	Combinati			-12.526	-6.607	85.253	26.7245	2.0928	0.0405
72	SISMA_SLV	Combinati	Max		-12.526	6.197	85.253	15.4153	2.0928	0.0921
72	SISMA_SLV	Combinati	Min		-12.526	-6.197	85.253	-15.4153	2.0928	-0.0921
72	SISMA_SLD	Combinati	Max		-12.526	6.523	85.253	16.2285	2.0928	0.0969
72	SISMA_SLD	Combinati	Min		-12.526	-6.523	85.253	-16.2285	2.0928	-0.0969
72	ENV_SLU(STR	Combinati	Max		0.0000062	22	85.594	115.264	531.3757	2.8295
72	ENV_SLU(STR	Combinati	Min		-16.929	-470.354	76	-15.4153	-2.74E-09	-3.2643
72	ENV(GEO)	Combinati	Max		-12.526	85.594	115.264	531.3757	2.8295	8.6516
72	ENV(GEO)	Combinati	Min		-16.929	-470.354	85.253	0	2.0928	-3.2643
76	DEAD	LinStatic			12.401	0	84.109	0	-2.0648	0
76	MODAL	LinModal	Mode	1	-17.685	0.0002401	-8.143	-0.0001747	-4.932	0.0000122
76	MODAL	LinModal	Mode	2	465.878	0.0006222	-100.057	-0.0004578	357.809	0.0000356
76	MODAL	LinModal	Mode	3	113.962	-0.0007467	313.076	0.0004189	96.5526	0.0000321
76	MODAL	LinModal	Mode	4	53.024	-0.0002578	-262.101	0.0001833	92.7492	0.0000140
76	MODAL	LinModal	Mode	5	43.296	-0.0005239	80.028	0.0003452	112.7274	0.0000260
76	MODAL	LinModal	Mode	6	-6.884	0.0005429	-253.817	-0.0004012	-23.4464	0.0000310
76	MODAL	LinModal	Mode	7	-1.36	-0.0002573	-94.329	0.0001264	31.5221	0.0000094

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

76	ENV(GEO)	Combinati on	Max		16.98	18.91	115.348	532.019	-2.0937	0.4575
76	ENV(GEO)	Combinati on	Min		12.56	-469.032	85.309	0	-2.8309	-8.5965
80	DEAD	LinStatic			-37.428	0	156.92	0	0.2927	0
										0.0000054
80	MODAL	LinModal	Mode	1	-30.733	0.0003535	13.33	-0.0002805	-8.1977	41
										0.0000221
80	MODAL	LinModal	Mode	2	416.541	0.0008968	68.81	-0.0006906	619.0855	5
										-
80	MODAL	LinModal	Mode	3	-38.015	-0.0006046	731.251	0.0005182	241.3356	5
										0.0000217
80	MODAL	LinModal	Mode	4	-8.788	-0.0003527	-329.379	0.000275	112.9738	18
										-
80	MODAL	LinModal	Mode	5	-222.032	-0.0006173	365.648	0.0004947	216.8329	8
										0.0000156
80	MODAL	LinModal	Mode	6	125.597	0.0007912	-444.244	-0.0006097	-92.899	9
										0.0000188
80	MODAL	LinModal	Mode	7	-97.744	-0.000145	-71.998	0.0001381	26.6429	34
										0.0000064
80	MODAL	LinModal	Mode	8	128.06	0.0002431	-143.812	-0.0002306	-56.5766	41
								0.0000465		0.0000081
80	MODAL	LinModal	Mode	9	50.503	-0.0001377	-98.041	4	-33.4344	74
										0.0000048
										-
80	MODAL	LinModal	Mode	10	0.00379	9851.249	0.014	8	0.0001589	26.5049
									0.0000136	
80	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.001601	-2937.162	0.002424	5659.5931	7	36.9668
										-
80	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0001858	1289.547	7	-2561.6055	17	-222.1812
80	PP	LinStatic			-0.598	0	2.188	0	0.0049	0
80	WL	LinStatic			0	-20.576	0	40.4949	0	0.1699
80	URTO_01	LinStatic			0	-9.005	0	16.6594	0	0.0848
80	V200	LinStatic			0	-5.9	0	11.652	0	0.052
80	SLV	LinRespSp ec	Max		0.0000055		0.0000217		0.0000002	
					36	14.747	1	28.9995	47	0.0218
80	SLD	LinRespSp ec	Max		0.0000058		0.0000228		0.0000002	
					29	15.525	6	30.5298	6	0.0229
80	URTO_ATTR	LinStatic			0	-356.77	0	813.1065	0	-14.0957
80	STR01	Combinati on			-51.425	0	215.123	0	0.4025	0
80	STR02	Combinati on			-38.026	-39.714	159.107	78.2203	0.2976	0.3329
80	STR03	Combinati on			-51.425	-39.714	215.123	78.2203	0.4025	0.3329
80	STR04	Combinati on			-38.026	-9.005	159.107	16.6594	0.2976	0.0848
80	STR05	Combinati on			-38.026	-356.77	159.107	813.1065	0.2976	-14.0957
80	GEO01	Combinati			-51.425	0	215.123	0	0.4025	0

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

87	PP	LinStatic			-0.311	0	1.53	0	0.0043	0
87	WL	LinStatic			0	-8.632	0	33.9025	0	-0.5801
87	URTO_01	LinStatic			0	-2.878	0	13.0705	0	-0.3703
87	V200	LinStatic			0	-2.457	0	9.7707	0	-0.1654
87	SLV	LinRespSpec	Max		0.0000087		0.0000107			
					31	5.488	8	22.9384	1.316E-07	0.5694
87	SLD	LinRespSpec	Max		0.0000091		0.0000113			
					92	5.777	5	24.149	1.385E-07	0.5994
87	URTO_ATTR	LinStatic			0	-49.945	0	530.6638	0	-27.4752
87	STR01	Combinati			-26.701	0	160.753	0	0.3638	0
87	STR02	Combinati			-19.744	-16.634	118.906	65.5098	0.269	-1.1183
87	STR03	Combinati			-26.701	-16.634	160.753	65.5098	0.3638	-1.1183
87	STR04	Combinati			-19.744	-2.878	118.906	13.0705	0.269	-0.3703
87	STR05	Combinati			-19.744	-49.945	118.906	530.6638	0.269	-27.4752
87	GEO01	Combinati			-26.701	0	160.753	0	0.3638	0
87	GEO02	Combinati			-19.744	-16.634	118.906	65.5098	0.269	-1.1183
87	GEO03	Combinati			-19.744	-2.878	118.906	13.0705	0.269	-0.3703
87	GEO04	Combinati			-19.744	-49.945	118.906	530.6638	0.269	-27.4752
87	RARA	Combinati			-19.744	-11.089	118.906	43.6732	0.269	-0.7455
87	SISMA_SLV	Combinati	Max		-19.744	5.488	118.906	22.9384	0.269	0.5694
87	SISMA_SLV	Combinati	Min		-19.744	-5.488	118.906	-22.9384	0.269	-0.5694
87	SISMA_SLD	Combinati	Max		-19.744	5.777	118.906	24.149	0.269	0.5994
87	SISMA_SLD	Combinati	Min		-19.744	-5.777	118.906	-24.149	0.269	-0.5994
87	ENV_SLU(STR	Combinati			0.0000087					
	)		Max		31	5.488	160.753	530.6638	0.3638	0.5694
87	ENV_SLU(STR	Combinati	Min				0.0000107			
	)				-26.701	-49.945	8	-22.9384	-1.316E-07	-27.4752
87	ENV(GEO)	Combinati	Max		-19.744	0	160.753	530.6638	0.3638	0
87	ENV(GEO)	Combinati	Min		-26.701	-49.945	118.906	0	0.269	-27.4752
93	DEAD	LinStatic			-8.623	0	98.404	0	0.1782	0
93	MODAL	LinModal	Mode	1	-17.358	0.0000546	3	7.127	0.0000397	0.0000143
								6	-3.3838	7
93	MODAL	LinModal	Mode	2	366.042	-0.0004545	-117.212	0.0003248	387.0473	0.0000384
93	MODAL	LinModal	Mode	3	246.74	0.0003767	300.289	-0.0002545	336.2207	0.0000263

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

93	SISMA_SLV	Combinati on	Min		-8.76	-3.646	99.62	-18.7103	0.181	-0.4393
93	SISMA_SLD	Combinati on	Max		-8.76	3.839	99.62	19.698	0.181	0.4625
93	SISMA_SLD	Combinati on	Min		-8.76	-3.839	99.62	-19.698	0.181	-0.4625
93	ENV_SLU(STR)	Combinati on	Max		0.0000098	4.069	134.669	345.7503	0.2448	0.4393
							-			
93	ENV_SLU(STR)	Combinati on	Min		-11.846	-13.091	0.0000050 61	-18.7103	-9.358E-08	-19.1658
93	ENV(GEO)	Combinati on	Max		-8.76	4.069	134.669	345.7503	0.2448	0
93	ENV(GEO)	Combinati on	Min		-11.846	-13.091	99.62	0	0.181	-19.1658
99	DEAD	LinStatic			-2.88	0	88.999	0	0.1115	0
										0.0000088
99	MODAL	LinModal	Mode	1	-12.375	-0.0002343	5.244	0.000185	-2.3354	2
										0.0000172
99	MODAL	LinModal	Mode	2	310.198	-0.00081	-136.215	0.0006478	325.808	7
										-
										0.0000099
99	MODAL	LinModal	Mode	3	297.434	0.0005685	169.371	-0.0004508	375.1576	67
										-
										0.0000070
99	MODAL	LinModal	Mode	4	-147.941	0.0003005	-296.005	-0.0002395	-162.0899	32
										-
										0.0000123
99	MODAL	LinModal	Mode	5	-34.934	0.0005228	-319.603	-0.0004155	31.8807	1
99	MODAL	LinModal	Mode	6	4.23	-0.0007006	220.048	0.0005599	-90.0943	0.0000156
										-
										0.0000022
99	MODAL	LinModal	Mode	7	28.166	0.0001305	62.426	-0.0001023	-78.7696	53
										0.0000050
99	MODAL	LinModal	Mode	8	-66.363	-0.0001642	42.755	0.0001263	49.1766	13
										-
										0.0000049
99	MODAL	LinModal	Mode	9	-51.672	0.0000898	53.79	0.0000759 2	21.1271	03
										-
										0.0000486
99	MODAL	LinModal	Mode	10	0.006655	1775.425	0.001164	2	6	228.9748
										0.0000139
99	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.0006274	-889.088	-0.001631	3924.3031	9	-41.0695
										-
										0.0000011
99	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0001691	2026.542	0.0003513	-6589.1297	03	-132.1522
99	PP	LinStatic			-0.055	0	1.057	0	0.0016	0
99	WL	LinStatic			0	-6.332	0	27.0787	0	-0.2839
99	URTO_01	LinStatic			0	0.45	0	6.202	0	-0.3164
99	V200	LinStatic			0	-1.777	0	7.8006	0	-0.0823
		LinRespSp			0.0000101		0.0000015			
99	SLV	ec	Max		4	2.833	12	15.6915	7.755E-08	0.3262
		LinRespSp			0.0000106		0.0000015			
99	SLD	ec	Max		7	2.982	92	16.52	8.164E-08	0.3434
99	URTO_ATTR	LinStatic			0	20.991	0	225.1017	0	-12.8821

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

99	STR01	Combinati on		-3.971	0	121.735	0	0.1528	0	
99	STR02	Combinati on		-2.935	-12.163	90.056	52.319	0.113	-0.5494	
99	STR03	Combinati on		-3.971	-12.163	121.735	52.319	0.1528	-0.5494	
99	STR04	Combinati on		-2.935	0.45	90.056	6.202	0.113	-0.3164	
99	STR05	Combinati on		-2.935	20.991	90.056	225.1017	0.113	-12.8821	
99	GEO01	Combinati on		-3.971	0	121.735	0	0.1528	0	
99	GEO02	Combinati on		-2.935	-12.163	90.056	52.319	0.113	-0.5494	
99	GEO03	Combinati on		-2.935	0.45	90.056	6.202	0.113	-0.3164	
99	GEO04	Combinati on		-2.935	20.991	90.056	225.1017	0.113	-12.8821	
99	RARA	Combinati on		-2.935	-8.109	90.056	34.8793	0.113	-0.3663	
99	SISMA_SLV	Combinati on	Max	-2.935	2.833	90.056	15.6915	0.113	0.3262	
99	SISMA_SLV	Combinati on	Min	-2.935	-2.833	90.056	-15.6915	0.113	-0.3262	
99	SISMA_SLD	Combinati on	Max	-2.935	2.982	90.056	16.52	0.113	0.3434	
99	SISMA_SLD	Combinati on	Min	-2.935	-2.982	90.056	-16.52	0.113	-0.3434	
99	ENV_SLU(STR)	Combinati on	Max	0.0000101 4	20.991	121.735	225.1017	0.1528	0.3262	
99	ENV_SLU(STR)	Combinati on	Min	-3.971	-12.163	0.0000015 12	-15.6915	-7.755E-08	-12.8821	
99	ENV(GEO)	Combinati on	Max	-2.935	20.991	121.735	225.1017	0.1528	0	
99	ENV(GEO)	Combinati on	Min	-3.971	-12.163	90.056	0	0.113	-12.8821	
105	DEAD	LinStatic		-0.224	0	84.665	0	0.0672	0	
105	MODAL	LinModal	Mode	1	-9.221	-0.000312	4.225	0.0002413	-1.6567	-6.677E-07
105	MODAL	LinModal	Mode	2	261.357	-0.0008165	-156.204	0.0006769	278.8704	0.0000097 82
105	MODAL	LinModal	Mode	3	309.221	0.0005145	31.02	-0.0004378	401.0013	0.0000082 7
105	MODAL	LinModal	Mode	4	-164.563	0.0003137	-190.425	-0.0002574	-228.3415	0.0000033 03
105	MODAL	LinModal	Mode	5	-28.674	0.0005449	-316.696	-0.0004468	-49.6431	0.0000056 93
105	MODAL	LinModal	Mode	6	-11.062	-0.0007195	312.364	0.0005934	-27.4206	- 0.0000080 75
105	MODAL	LinModal	Mode	7	14.05	0.0001135	207.858	-0.0000973	-50.003	0.0000019 67
105	MODAL	LinModal	Mode	8	-48.02	-0.0001831	-108.953	0.000146	43.2009	- 0.0000012 75

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

105	MODAL	LinModal	Mode	9	-36.62	0.0001686	-42.396	-0.0001243	23.0044	-8.455E-07
105	MODAL	LinModal	Mode	10	0.006627	1512.815	-0.0005309	-8592.3438	0.0000453	171.0171
									-	
									0.0000023	
105	MODAL	LinModal	Mode	11	0.0001232	-838.486	-0.003035	3642.5526	08	-32.7089
									-	
									0.0000256	
105	MODAL	LinModal	Mode	12	6	2328.906	0.0006184	-7541.0225	4.783E-07	-100.8667
105	PP	LinStatic			-0.033	0	0.966	0	0.0007172	0
105	WL	LinStatic			0	-6.36	0	25.3598	0	-0.1993
105	URTO_01	LinStatic			0	0.518	0	4.2338	0	-0.2206
105	V200	LinStatic			0	-1.784	0	7.3001	0	-0.0582
		LinRespSp			0.0000102		0.0000013			
105	SLV	ec	Max		2	2.481	5	13.5277	6.93E-08	0.2429
		LinRespSp			0.0000107		0.0000014			
105	SLD	ec	Max		6	2.612	21	14.2421	7.296E-08	0.2557
105	URTO_ATTR	LinStatic			0	21.814	0	148.1712	0	-8.4576
		Combinati								
105	STR01	on			-0.353	0	115.747	0	0.0918	0
		Combinati								
105	STR02	on			-0.257	-12.217	85.631	48.9898	0.0679	-0.3863
		Combinati								
105	STR03	on			-0.353	-12.217	115.747	48.9898	0.0918	-0.3863
		Combinati								
105	STR04	on			-0.257	0.518	85.631	4.2338	0.0679	-0.2206
		Combinati								
105	STR05	on			-0.257	21.814	85.631	148.1712	0.0679	-8.4576
		Combinati								
105	GEO01	on			-0.353	0	115.747	0	0.0918	0
		Combinati								
105	GEO02	on			-0.257	-12.217	85.631	48.9898	0.0679	-0.3863
		Combinati								
105	GEO03	on			-0.257	0.518	85.631	4.2338	0.0679	-0.2206
		Combinati								
105	GEO04	on			-0.257	21.814	85.631	148.1712	0.0679	-8.4576
		Combinati								
105	RARA	on			-0.257	-8.144	85.631	32.6599	0.0679	-0.2575
		Combinati								
105	SISMA_SLV	on	Max		-0.257	2.481	85.631	13.5277	0.0679	0.2429
		Combinati								
105	SISMA_SLV	on	Min		-0.257	-2.481	85.631	-13.5277	0.0679	-0.2429
		Combinati								
105	SISMA_SLD	on	Max		-0.257	2.612	85.631	14.2421	0.0679	0.2557
		Combinati								
105	SISMA_SLD	on	Min		-0.257	-2.612	85.631	-14.2421	0.0679	-0.2557
		Combinati								
105	ENV_SLU(STR	on	Max		0.0000102	2	21.814	115.747	148.1712	0.0918
		on								
									-	
									0.0000013	
105	ENV_SLU(STR	on	Min		-0.353	-12.217	5	-13.5277	-6.93E-08	-8.4576
		Combinati								
105	ENV(GEO)	on	Max		-0.257	21.814	115.747	148.1712	0.0918	0
		Combinati								
105	ENV(GEO)	on	Min		-0.353	-12.217	85.631	0	0.0679	-8.4576
111	DEAD	LinStatic			0.409	0	82.803	0	0.0388	0

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

											-	
111	MODAL	LinModal	Mode	1	-7.081	-0.000254	3.875	0.0001801	-1.2139	0.0000108	2	
											-	
111	MODAL	LinModal	Mode	2	209.664	-0.0005261	-191.798	0.0004216	242.2491	0.0000333	8	
111	MODAL	LinModal	Mode	3	273.754	0.0002899	-151.091	-0.0002495	414.093	0.0000225	1	
111	MODAL	LinModal	Mode	4	-146.265	0.0002091	-16.008	-0.0001642	-277.4273	0.0000125	7	
111	MODAL	LinModal	Mode	5	-8.352	0.0003633	-194.157	-0.0002854	-124.408	0.0000217	7	
											-	
111	MODAL	LinModal	Mode	6	-42.338	-0.000473	255.154	0.0003749	46.1578	0.0000290	5	
											-	
111	MODAL	LinModal	Mode	7	-26.409	0.0000603	214.488	0.0000534	2.823	0.0000050	97	
											-	
111	MODAL	LinModal	Mode	8	-3.074	-0.0001293	-148.66	0.0000975	10.895	0.0000070	34	
111	MODAL	LinModal	Mode	9	-6.858	0.0001642	-75.716	-0.0001086	8.5934	0.0000048	74	
111	MODAL	LinModal	Mode	10	0.006273	1434.612	-0.002303	-7471.7576	0.0000492	1	132.5942	
											-	
111	MODAL	LinModal	Mode	11	0.000016	-830.358	-0.001646	3418.4607	0.0000069	27	-28.8249	
											-	
111	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0000696	2559.705	0.0001934	-8226.8058	0.0000027	36	-65.9205	
111	PP	LinStatic			-0.051	0	0.896	0	6	0.0000285	0	
111	WL	LinStatic			0	-6.631	0	24.159	0	0.0000285	-0.1612	
111	URTO_01	LinStatic			0	0.384	0	2.9325	0	0.0000285	-0.152	
111	V200	LinStatic			0	-1.862	0	6.9471	0	0.0000285	-0.0476	
111	SLV	LinRespSpec	Max		0.0000096	49	2.395	0.0000038	51	11.9442	7.47E-08	0.1893
111	SLD	LinRespSpec	Max		0.0000101	6	2.521	0.0000040	55	12.5751	7.864E-08	0.1993
111	URTO_ATTR	LinStatic			0	16.04	0	99.6057	0	0.0000285	-5.5912	
111	STR01	Combinati			0.476	0	113.128	0	0.0525	0.0000285	0	
111	STR02	Combinati			0.358	-12.74	83.699	46.6592	0.0389	0.0000285	-0.3131	
111	STR03	Combinati			0.476	-12.74	113.128	46.6592	0.0525	0.0000285	-0.3131	
111	STR04	Combinati			0.358	0.384	83.699	2.9325	0.0389	0.0000285	-0.152	
111	STR05	Combinati			0.358	16.04	83.699	99.6057	0.0389	0.0000285	-5.5912	
111	GEO01	Combinati			0.476	0	113.128	0	0.0525	0.0000285	0	
111	GEO02	Combinati			0.358	-12.74	83.699	46.6592	0.0389	0.0000285	-0.3131	

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

111	GEO03	Combinati on			0.358	0.384	83.699	2.9325	0.0389	-0.152
111	GEO04	Combinati on			0.358	16.04	83.699	99.6057	0.0389	-5.5912
111	RARA	Combinati on			0.358	-8.493	83.699	31.1061	0.0389	-0.2088
111	SISMA_SLV	Combinati on	Max		0.358	2.395	83.699	11.9442	0.0389	0.1893
111	SISMA_SLV	Combinati on	Min		0.358	-2.395	83.699	-11.9442	0.0389	-0.1893
111	SISMA_SLD	Combinati on	Max		0.358	2.521	83.699	12.5751	0.0389	0.1993
111	SISMA_SLD	Combinati on	Min		0.358	-2.521	83.699	-12.5751	0.0389	-0.1993
111	ENV_SLU(STR)	Combinati on	Max		0.476	16.04	113.128	99.6057	0.0525	0.1893
	ENV_SLU(STR)	Combinati on	Min		0.0000096 49	-12.74	51	-11.9442	-7.47E-08	-5.5912
111	ENV(GEO)	Combinati on	Max		0.476	16.04	113.128	99.6057	0.0525	0
111	ENV(GEO)	Combinati on	Min		0.358	-12.74	83.699	0	0.0389	-5.5912
117	DEAD	LinStatic			-0.254	0	81.827	0	0.0166	0
117	MODAL	LinModal	Mode	1	-5.392	0.0000874 7	4.38	0.0000177 4	-0.9402	0.0000185 6
117	MODAL	LinModal	Mode	2	149.573	0.0000896 2	-272.579	0.0000206 1	214.962	0.0000481 7
117	MODAL	LinModal	Mode	3	196.915	0.0000141 2	-442.239	0.0000348 4	416.0564	0.0000303 3
117	MODAL	LinModal	Mode	4	-98.302	0.0000409 5	269.415	0.0000051 17	-307.1763	0.0000185 7
117	MODAL	LinModal	Mode	5	17.854	0.0000722 3	60.908	0.0000078 36	-179.396	0.0000321 5
117	MODAL	LinModal	Mode	6	-66.235	0.0000885 6	40.558	-0.0000133 0.0000098	107.7337	0.0000424 4
117	MODAL	LinModal	Mode	7	-55.024	-5.503E-07 -	66.041	33	54.0172	0.0000067 1
117	MODAL	LinModal	Mode	8	28.644	0.0000306 3	-55.883	-7.569E-07 -	-25.6052	0.0000109 2
117	MODAL	LinModal	Mode	9	13.543	0.0000753 9	-33.55	0.0000251 9	-9.7747	0.0000099 38
117	MODAL	LinModal	Mode	10	0.005515	1504.022	-0.004863	-6600.4697	0.0000627 4	115.5491
117	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.001252	-867.229	-0.001137	3215.6366	0.0000404 9	-30.7474
117	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0002596	2780.265	-0.0000237	-8629.7276	0.0000104 8	-25.322
117	PP	LinStatic			-0.099	0	0.811	0	-0.0007654	0
117	WL	LinStatic			0	-7.121	0	23.1255	0	-0.1706

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

117	URTO_01	LinStatic		0	0.177	0	2.0498	0	-0.1123
117	V200	LinStatic		0	-2.004	0	6.6393	0	-0.0508
117	SLV	LinRespSpec	Max	0.0000082	0.0000077				
				71	2.525	17	10.7013	8.983E-08	0.1682
117	SLD	LinRespSpec	Max	0.0000087	0.0000081				
				08	2.658	25	11.2666	9.457E-08	0.1771
117	URTO_ATTR	LinStatic		0	8.049	0	67.8858	0	-3.9918
117	STR01	Combinati		-0.491	0	111.683	0	0.0213	0
117	STR02	Combinati		-0.353	-13.688	82.638	44.6472	0.0159	-0.3321
117	STR03	Combinati		-0.491	-13.688	111.683	44.6472	0.0213	-0.3321
117	STR04	Combinati		-0.353	0.177	82.638	2.0498	0.0159	-0.1123
117	STR05	Combinati		-0.353	8.049	82.638	67.8858	0.0159	-3.9918
117	GEO01	Combinati		-0.491	0	111.683	0	0.0213	0
117	GEO02	Combinati		-0.353	-13.688	82.638	44.6472	0.0159	-0.3321
117	GEO03	Combinati		-0.353	0.177	82.638	2.0498	0.0159	-0.1123
117	GEO04	Combinati		-0.353	8.049	82.638	67.8858	0.0159	-3.9918
117	RARA	Combinati		-0.353	-9.125	82.638	29.7648	0.0159	-0.2214
117	SISMA_SLV	Combinati	Max	-0.353	2.525	82.638	10.7013	0.0159	0.1682
117	SISMA_SLV	Combinati	Min	-0.353	-2.525	82.638	-10.7013	0.0159	-0.1682
117	SISMA_SLD	Combinati	Max	-0.353	2.658	82.638	11.2666	0.0159	0.1771
117	SISMA_SLD	Combinati	Min	-0.353	-2.658	82.638	-11.2666	0.0159	-0.1771
117	ENV_SLU(STR	Combinati		0.0000082					
	)		Max	71	8.049	111.683	67.8858	0.0213	0.1682
	ENV_SLU(STR	Combinati							
	)		Min	-0.491	-13.688	17	-10.7013	-8.983E-08	-3.9918
117	ENV(GEO)	Combinati	Max	-0.353	8.049	111.683	67.8858	0.0213	0
117	ENV(GEO)	Combinati	Min	-0.491	-13.688	82.638	0	0.0159	-3.9918
123	DEAD	LinStatic		-0.616	0	81.17	0	-0.0273	0
									0.0000153
123	MODAL	LinModal	Mode	1	-3.557	0.0001759	6.568	-0.0002018	-0.8072
									5
									0.0000359
123	MODAL	LinModal	Mode	2	79.946	0.0004884	-434.197	-0.0005394	197.6009
									5
									0.0000214
123	MODAL	LinModal	Mode	3	96.321	-0.0003185	-887.299	0.0003462	411.4434
									5
									0.0000140
123	MODAL	LinModal	Mode	4	-38.803	-0.0001876	674.126	0.0002078	-319.531
									6

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

123	MODAL	LinModal	Mode	5	32.283	-0.0003229	401.672	0.0003586	-208.8093	0.0000243	4
										-	
123	MODAL	LinModal	Mode	6	-62.516	0.0004278	-251.037	-0.0004738	143.6075	0.0000319	3
						0.0000714		0.0000774		0.0000046	
123	MODAL	LinModal	Mode	7	-51.711		-153.901	5	86.0229		44
										-	
123	MODAL	LinModal	Mode	8	30.973	0.0001097	99.108	-0.0001228	-49.7837	0.0000084	68
						0.0000856				0.0000089	
123	MODAL	LinModal	Mode	9	15.869	2	43.648	0.0001021	-22.3915		91
									0.0000971		
123	MODAL	LinModal	Mode	10	0.003929	2455.167	-0.009466	-5842.5097	1	212.6396	
									0.0000335		
123	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.0004396	-1382.427	-0.001819	3011.2403	9	-89.7414	
									-		
					0.0000619		0.0000912		0.0000030		
123	MODAL	LinModal	Mode	12	2	4463.422	8	-8810.6713	49	181.3812	
123	PP	LinStatic			-0.114	0	0.718	0	-0.0024	0	
123	WL	LinStatic			0	-11.041	0	22.0729	0	-0.6046	
123	URTO_01	LinStatic			0	-0.081	0	1.3537	0	-0.1093	
123	V200	LinStatic			0	-3.121	0	6.3202	0	-0.1755	
		LinRespSp			0.0000059		0.0000149				
123	SLV	ec	Max		67	4.118	5	9.6025	1.558E-07	0.3341	
		LinRespSp			0.0000062		0.0000157		0.0000001		
123	SLD	ec	Max		82	4.336	4	10.1099	64	0.3518	
123	URTO_ATTR	LinStatic			0	-0.906	0	43.5886	0	-3.7322	
123	STR01	Combinati			-1.004	0	110.657	0	-0.0405	0	
123	STR02	Combinati			-0.731	-21.243	81.889	42.5897	-0.0297	-1.1701	
123	STR03	Combinati			-1.004	-21.243	110.657	42.5897	-0.0405	-1.1701	
123	STR04	Combinati			-0.731	-0.081	81.889	1.3537	-0.0297	-0.1093	
123	STR05	Combinati			-0.731	-0.906	81.889	43.5886	-0.0297	-3.7322	
123	GEO01	Combinati			-1.004	0	110.657	0	-0.0405	0	
123	GEO02	Combinati			-0.731	-21.243	81.889	42.5897	-0.0297	-1.1701	
123	GEO03	Combinati			-0.731	-0.081	81.889	1.3537	-0.0297	-0.1093	
123	GEO04	Combinati			-0.731	-0.906	81.889	43.5886	-0.0297	-3.7322	
123	RARA	Combinati			-0.731	-14.162	81.889	28.3931	-0.0297	-0.7801	
123	SISMA_SLV	Combinati	Max		-0.731	4.118	81.889	9.6025	-0.0297	0.3341	
123	SISMA_SLV	Combinati	Min		-0.731	-4.118	81.889	-9.6025	-0.0297	-0.3341	
123	SISMA_SLD	Combinati	Max		-0.731	4.336	81.889	10.1099	-0.0297	0.3518	

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

123	SISMA_SLD	on	Combinati	Min	-0.731	-4.336	81.889	-10.1099	-0.0297	-0.3518	
123	ENV_SLU(STR)	on	Combinati	Max	0.0000059	67	4.118	110.657	43.5886	1.558E-07	0.3341
123	ENV_SLU(STR)	on	Combinati	Min	-1.004	-21.243	5	-9.6025	-0.0405	-3.7322	
123	ENV(GEO)	on	Combinati	Max	-0.731	0	110.657	43.5886	-0.0297	0	
123	ENV(GEO)	on	Combinati	Min	-1.004	-21.243	81.889	0	-0.0405	-3.7322	
129	DEAD	LinStatic			-12.671	0	42.147	0	1.0489	0	
129	MODAL	LinModal	Mode	1	-2.988	0.0003895	5.913	-0.000204	-0.2276	0.0000148	
129	MODAL	LinModal	Mode	2	129.176	0.0008763	-185.579	-0.0004959	86.8427	0.0000338	
129	MODAL	LinModal	Mode	3	255.417	-0.000512	-376.589	0.0003032	185.6284	0.0000199	
129	MODAL	LinModal	Mode	4	-190.771	-0.0003455	285.465	0.0001933	-146.6879	0.0000133	
129	MODAL	LinModal	Mode	5	-106.808	-0.0005966	160.417	0.0003339	-99.7106	0.0000229	
129	MODAL	LinModal	Mode	6	62.165	0.0007809	-95.043	-0.000439	71.3893	0.0000301	
129	MODAL	LinModal	Mode	7	39.951	-0.00011	-68.481	0.0000664	44.2065	0.0000042	
129	MODAL	LinModal	Mode	8	-29.418	0.0002109	55.585	-0.0001163	-26.1655	0.0000081	
129	MODAL	LinModal	Mode	9	-13.607	-0.0002333	26.284	0.0001142	-12.04	0.0000088	
129	MODAL	LinModal	Mode	10	0.004097	-2433.478	-0.009631	-2005.8545	-0.0001786	99.0656	
129	MODAL	LinModal	Mode	11	0.0001151	945.038	-0.0009403	1121.2247	0.0000218	-38.8117	
129	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0000984	5	-1526.664	-0.0001417	-3640.9523	0.0000030	
129	PP	LinStatic			-0.157	0	0.401	0	0.0082	0	
129	WL	LinStatic			0	5.505	0	8.51	0	-0.2218	
129	URTO_01	LinStatic			0	1.628	0	0.1903	0	-0.066	
129	V200	LinStatic			0	1.65	0	2.4216	0	-0.0666	
129	SLV	LinRespSpec	Max		0.0000063	43	0.0000150	3	3.3652	2.798E-07	0.1536
129	SLD	LinRespSpec	Max		0.0000066	78	0.0000158	3	3.5431	2.945E-07	0.1617
129	URTO_ATTR	LinStatic			0	55.502	0	5.3138	0	-2.2537	
129	STR01	on	Combinati		-17.342	0	57.501	0	1.4283	0	
129	STR02	on	Combinati		-12.828	10.732	42.549	16.3973	1.0571	-0.4326	
129	STR03	on	Combinati		-17.342	10.732	57.501	16.3973	1.4283	-0.4326	

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce
 RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

129	STR04	on Combinati		-12.828	1.628	42.549	0.1903	1.0571	-0.066	
129	STR05	on Combinati		-12.828	55.502	42.549	5.3138	1.0571	-2.2537	
129	GEO01	on Combinati		-17.342	0	57.501	0	1.4283	0	
129	GEO02	on Combinati		-12.828	10.732	42.549	16.3973	1.0571	-0.4326	
129	GEO03	on Combinati		-12.828	1.628	42.549	0.1903	1.0571	-0.066	
129	GEO04	on Combinati		-12.828	55.502	42.549	5.3138	1.0571	-2.2537	
129	RARA	on Combinati		-12.828	7.154	42.549	10.9315	1.0571	-0.2884	
129	SISMA_SLV	on Max		-12.828	3.765	42.549	3.3652	1.0571	0.1536	
129	SISMA_SLV	on Min		-12.828	-3.765	42.549	-3.3652	1.0571	-0.1536	
129	SISMA_SLD	on Max		-12.828	3.963	42.549	3.5431	1.0571	0.1617	
129	SISMA_SLD	on Min		-12.828	-3.963	42.549	-3.5431	1.0571	-0.1617	
129	ENV_SLU(STR)	on Max		0.0000063	43	55.501	57.501	16.3973	1.4283	0.1536
129	ENV_SLU(STR)	on Min		-17.342	-3.765	0.0000150	3	-3.3652	-2.798E-07	-2.2537
129	ENV(GEO)	on Max		-12.828	55.502	57.501	16.3973	1.4283	0	
129	ENV(GEO)	on Min		-17.342	0	42.549	0	1.0571	-2.2537	

TABLE: Section Cut Forces - Analysis										
SectionCut	OutputCase	CaseType	StepType	StepNumber	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Units	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SEZ_0	DEAD	LinStatic			-16.253	0	5.189	0	26.2589	0
						0.000013				
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	1	-1471.799	43	1759.193	0.000312	-2215.1919	-0.000367
						0.000162				
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	2	-281.193	3	-489.302	0.0015	-429.6381	-0.0015
						0.000173				
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	3	290.505	8	944.069	-0.0014	534.9507	0.0013
						0.000047		0.000531		0.000549
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	4	165.778	26	1318.819	4	353.2375	6
						0.000096		0.000987		0.000991
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	5	428.6	91	-749.187	8	711.9988	8
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	6	725.328	-	-335.206	0.0013	1517.7957	-0.0013

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

						0.000131						
						6						
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	7	-734.711	62	85.55	5	-1879.5904	0.000380	0.000338	4
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	8	-597.833	29	-60.914	4	-1668.2758	0.000393	0.000395	6
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	9	386.576	4	104.51	5	1035.1125	0.000198	0.000093	88
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	10	-0.00166	380.404	-0.009802	1	0.000694	4779.887	4240.531	1
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.001462	-1054.951	0.003698	2	0.0002129	13768.08	4202.801	6
SEZ_0	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0002153	-232.168		2	1	0.000747	9084.555	271.3577
SEZ_0	PP	LinStatic			0.021	0	-0.35	0	1.1411	-0.0001845	0	0
SEZ_0	WL	LinStatic			0	-0.213	0	1.9851	0	0	13.3581	0
SEZ_0	URTO_01	LinStatic			0	-567.645	0	4	0	1504.153	-365.4727	0
SEZ_0	V200	LinStatic			0	-0.051	0	0.6609	0	0	3.9644	0
SEZ_0	SLV	LinRespSpec	Max		0.0000028	0.349	0.000014	44	3.6006	0.0000010	86	7.3393
SEZ_0	SLD	LinRespSpec	Max		0.0000029	0.367	0.000015	21	3.7891	0.0000011	43	7.727
SEZ_0	URTO_ATT	LinStatic			0	-38.285	0	-171.866	0	0	92.0997	0
SEZ_0	STR01	Combinati			-21.911	0	6.481	0	37.1611	0	0	0
SEZ_0	STR02	Combinati			-16.233	-0.395	4.84	3.9691	27.4	25.9837	0	0
SEZ_0	STR03	Combinati			-21.911	-0.395	6.481	3.9691	37.1611	25.9837	0	0
SEZ_0	STR04	Combinati			-16.233	-567.645	4.84	4	27.4	-365.4727	0	0
SEZ_0	STR05	Combinati			-16.233	-38.285	4.84	-171.866	27.4	92.0997	0	0
SEZ_0	GEO01	Combinati			-21.911	0	6.481	0	37.1611	0	0	0
SEZ_0	GEO02	Combinati			-16.233	-0.395	4.84	3.9691	27.4	25.9837	0	0
SEZ_0	GEO03	Combinati			-16.233	-567.645	4.84	4	27.4	-365.4727	0	0
SEZ_0	GEO04	Combinati			-16.233	-38.285	4.84	-171.866	27.4	92.0997	0	0
SEZ_0	RARA	Combinati			-16.233	-0.263	4.84	2.6461	27.4	17.3225	0	0
SEZ_0	SISMA_SLV	Combinati	Max		-16.233	0.349	4.84	3.6006	27.4	7.3393	0	0
SEZ_0	SISMA_SLV	Combinati	Min		-16.233	-0.349	4.84	-3.6006	27.4	-7.3393	0	0

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

SEZ_0	SISMA_SLD	Combinati on	Max		-16.233	0.367	4.84	3.7891	27.4	7.727
SEZ_0	SISMA_SLD	Combinati on	Min		-16.233	-0.367	4.84	-3.7891	27.4	-7.727
SEZ_0	ENV_SLU(S TR)	Combinati on	Max		0.0000028			1504.153		
					2	0.349	6.481	4	37.1611	92.0997
							-		-	
SEZ_0	ENV_SLU(S TR)	Combinati on	Min		-21.911	-567.645	44	-171.866	86	-365.4727
								1504.153		
SEZ_0	ENV(GEO)	Combinati on	Max		-16.233	0	6.481	4	37.1611	92.0997
SEZ_0	ENV(GEO)	Combinati on	Min		-21.911	-567.645	4.84	-171.866	27.4	-365.4727
SEZ_1_AT TR	DEAD	LinStatic			-69.319	0	-30.32	0	-118.706	0
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	1	-110.711	0.000214	4	52.086	4	-45.9095
										0.000464
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	2	-509.916	-0.001149	-1591.1	0.0016	-793.4531	-0.0016
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	3	-940.273	0.001099	129.319	-0.0011	-819.7374	0.000981
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	4	-387.344	0.000416	3	-576.587	9	-901.5209
										0.000586
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	5	-1052.286	0.000769	2	-23.452	8	-1578.0194
										0.000984
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	6	-112.967	0.000967	7	-313.578	0.0013	-653.5068
										-0.0014
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	7	-832.486	0.000312	3	-86.813	9	-1910.4042
										0.000197
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	8	25.628	0.000344	3	-76.568	5	-303.1413
										0.000253
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	9	-561.216	0.000230	1	-32.599	0.000111	-1909.5959
										0.000303
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	10	-0.015	-3290.718	-0.012		1	-0.0101
										9770.380
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	11	-0.002532	988.514	-0.002639		5	-0.0064
										2643.402
SEZ_1_AT TR	MODAL	LinModal	Mode	12	0.0003568	41.4	0.000178	6	7230.212	9
										2981.916
SEZ_1_AT TR	PP	LinStatic			-1.397	0	-1.017	0	-1.8257	0
SEZ_1_AT TR	WL	LinStatic			0	4.573	0	-6.3629	0	-14.2048
SEZ_1_AT TR	URTO_01	LinStatic			0	9.943	0	84.9058	0	35.2978
SEZ_1_AT TR	V200	LinStatic			0	1.317	0	-1.9569	0	-3.9661

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

SEZ_1_AT		LinRespSp		0.0000234		0.000018		0.0000167	
TR	SLV	ec	Max	7	4.86	81	6.8914	5	14.1003
SEZ_1_AT		LinRespSp		0.0000247		0.000019		0.0000176	
TR	SLD	ec	Max	1	5.117	8	7.2553	3	14.844
									-
SEZ_1_AT	URTO_ATT								1213.368
TR	R	LinStatic		0	749.812	0	939.2625	0	1
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	STR01	on		-95.677	0	-42.458	0	-162.9916	0
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	STR02	on		-70.717	8.836	-31.337	-12.4796	-120.5317	-27.2564
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	STR03	on		-95.677	8.836	-42.458	-12.4796	-162.9916	-27.2564
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	STR04	on		-70.717	9.943	-31.337	84.9058	-120.5317	35.2978
									-
SEZ_1_AT		Combinati							1213.368
TR	STR05	on		-70.717	749.812	-31.337	939.2625	-120.5317	1
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	GEO01	on		-95.677	0	-42.458	0	-162.9916	0
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	GEO02	on		-70.717	8.836	-31.337	-12.4796	-120.5317	-27.2564
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	GEO03	on		-70.717	9.943	-31.337	84.9058	-120.5317	35.2978
									-
SEZ_1_AT		Combinati							1213.368
TR	GEO04	on		-70.717	749.812	-31.337	939.2625	-120.5317	1
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	RARA	on		-70.717	5.891	-31.337	-8.3197	-120.5317	-18.1709
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	SISMA_SLV	on	Max	-70.717	4.86	-31.337	6.8914	-120.5317	14.1003
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	SISMA_SLV	on	Min	-70.717	-4.86	-31.337	-6.8914	-120.5317	-14.1003
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	SISMA_SLD	on	Max	-70.717	5.117	-31.337	7.2553	-120.5317	14.844
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	SISMA_SLD	on	Min	-70.717	-5.117	-31.337	-7.2553	-120.5317	-14.844
SEZ_1_AT	ENV_SLU(S	Combinati		0.0000234		0.000018		0.0000167	
TR	TR)	on	Max	7	749.812	81	84.9058	5	35.2978
									-
SEZ_1_AT	ENV_SLU(S	Combinati							1213.368
TR	TR)	on	Min	-95.677	-4.86	-42.458	939.2625	-162.9916	1
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	ENV(GEO)	on	Max	-70.717	749.812	-31.337	84.9058	-120.5317	35.2978
SEZ_1_AT		Combinati							
TR	ENV(GEO)	on	Min	-95.677	0	-42.458	939.2625	-162.9916	-1213.368

C									
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
1	HE180B	Column	No Messages	0.099157	PMM	ENV_SLU(STR)	0	No Messages	No Messages
15	HE180B	Column	No Messages	0.099157	PMM	ENV_SLU(STR)	0	No Messages	No Messages
16	HE180B	Column	No Messages	0.099157	PMM	ENV_SLU(STR)	0	No Messages	No Messages

Progettazione definitiva ed esecutiva di mitigazione acustica e dimensionamento strutturale di barriere antirumore trasparenti dal km 199+983 al km 203+569 della linea Bologna-Lecce

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

Maggio 2020

17	HE180B	Column	No Messages	0.099157	PMM	ENV_SLU(STR)	0	No Messages	No Messages
18	HE180B	Column	No Messages	0.099157	PMM	ENV_SLU(STR)	0	No Messages	No Messages
19	HE180B	Column	No Messages	0.099281	PMM	ENV_SLU(STR)	0	No Messages	No Messages
20	HE180B	Column	No Messages	0.099157	PMM	ENV_SLU(STR)	0	No Messages	No Messages
21	HE180B	Column	No Messages	0.099157	PMM	ENV_SLU(STR)	0	No Messages	No Messages
22	HE180B	Column	No Messages	0.099157	PMM	ENV_SLU(STR)	0	No Messages	No Messages

TABLE: Steel Design 3 - Shear Details - Italian NTC 2018

Frame	DesignSection	DesignType	Status	VMajorComponent	VMajorLocation	VMajorRatio	VsdMajorDesign	VrdMajor	TuMajor	VMinorComponent
Text	Text	Text	Text	Text	m	Unitless	KN	KN	KN-m	Text
1	HE180B	Column	No Messages	STR02	0	0.038631	15.3	396.059	0	STR01
15	HE180B	Column	No Messages	STR02	0	0.038631	15.3	396.059	0	STR01
16	HE180B	Column	No Messages	STR02	0	0.038631	15.3	396.059	0	STR01
17	HE180B	Column	No Messages	STR02	0	0.038631	15.3	396.059	0	STR01
18	HE180B	Column	No Messages	STR02	0	0.038631	15.3	396.059	0	STR01
19	HE180B	Column	No Messages	STR02	0	0.038631	15.3	396.059	0	STR01
20	HE180B	Column	No Messages	STR02	0	0.038631	15.3	396.059	0	STR01
21	HE180B	Column	No Messages	STR02	0	0.038631	15.3	396.059	0	STR01
22	HE180B	Column	No Messages	STR02	0	0.038631	15.3	396.059	0	STR01