

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

VI08_VIADOTTO SU TORRENTE MERULA DA KM 97+025 A KM 97+175

Relazione di calcolo – Spalla A

SCALA:

-

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

I V 0 I 0 0 D 0 9 C L V I 0 8 0 4 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G.Grimaldi	Feb. 2022	D. Guerci	Feb. 2022	G.Fadda	Feb. 2022	A.Vittozzi

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e gestione delle variabili
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

File: IV0I00D09CLVI0804001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	4
1.2	GEOMETRIA DELLA SPALLA A.....	6
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	8
3	MATERIALI	9
3.1	CALCESTRUZZO	9
3.2	ACCIAIO PER C.A	9
4	ANALISI DEI CARICHI	10
4.1	CARICHI PERMANENTI – G_1	10
4.1.1	<i>Peso proprio degli elementi strutturali - $G_{1,P.P.}$ e $G_{1,IMP.}$</i>	10
4.1.2	<i>Spinta del terreno – $G_{1,2,1}$.....</i>	10
4.1.3	<i>Peso del terreno – $G_{1,2,2}$.....</i>	11
4.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI O PORTATI – G_2	11
4.2.1	<i>Carichi permanenti trasmessi dall'impalcato – $G_{2,IMP.}$</i>	11
4.2.2	<i>Peso del ballast e dell'armamento del piano del ferro – $G_{2,1}$.....</i>	11
4.2.3	<i>Peso della struttura di pavimentazione stradale – $G_{2,2}$.....</i>	12
4.3	CARICHI VARIABILI - Q.....	13
4.3.1	<i>Carichi accidentali ferroviari.....</i>	13
4.3.1.1	<i>Modello di carico LM71 – $Q_{1,LM71}$.....</i>	13
4.3.1.2	<i>Modello di carico SW/2 – $Q_{1,SW2}$.....</i>	14
4.3.1.3	<i>Azione laterale di serpeggio – $Q_{1,sk}$</i>	15
4.3.1.4	<i>Azione di avviamento e frenatura – $Q_{1,LM71_1,a-b}$ e $Q_{1,SW2_1,a-b}$</i>	15
4.3.2	<i>Carichi accidentali stradali.....</i>	15
4.3.2.1	<i>Carico accidentale sulla viabilità – $Q_{2,1}$.....</i>	15

4.3.3	Azione del Vento.....	15
4.3.3.1	Azione del vento sulla sagoma del treno – $Q_{3,1}$	15
4.3.3.2	Azione del vento sulla sottostruttura – $Q_{v,MAN}$	16
4.4	CARICHI SISMICI – E	17
4.4.1	Azione sismica	17
4.4.2	Sovrappinta sismica	19
4.4.3	Forze inerziali	20
5	COMBINAZIONI DI CARICO	21
6	MODELLO DI CALCOLO.....	28
6.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	28
7	SOLLECITAZIONI.....	29
8	VERIFICHE STRUTTURALI	42
8.1	VERIFICA DEL PLINTO	42
8.2	VERIFICA DELLA SOLETTA DI COPERTURA	47
8.3	VERIFICA DEI MURI DI SPESSORE 120 CM.....	52
8.4	VERIFICA DEL MURO PARAGHIAIA	55
8.5	VERIFICA DEL MURO FRONTALE	58
9	VALUTAZIONE DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 17/01/2018)	63

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il calcolo delle sollecitazioni e le conseguenti verifiche di resistenze della spalla A (lato Genova) che fa parte della sottostruttura del viadotto ferroviario sul Torrente Merula, denominato VI08 e ubicato tra le progressive chilometriche 97+025 e 97+175, previsto dal progetto definitivo di raddoppio della linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure-Andora.

La spalla A si colloca nella progressiva 97+025.

1.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Il viadotto in esame si compone da due campate ciascuna di luce pari a 75.00 m coperte mediante due travate reticolari metalliche a doppio binario.

La spalla A (lato Genova), spalla fissa, è costituita da un manufatto scatolare in c.a. fondato su pali di diametro 1.50 m per garantire il transito della viabilità sulla sponda sinistra del Torrente Merula.

La spalla B (lato Ventimiglia), spalla mobile, di transizione tra la travata reticolare e il rilevato ferroviario è costituita da una struttura in c.a composta da un plinto fondato su pali, muro frontale e due muri andatori.

La pila in c.a. è costituita da un plinto a sezione circolare fondato su pali di diametro 1.50 m, un unico fusto a sezione circolare piena costante e pulvino a pianta rettangolare di altezza costante.

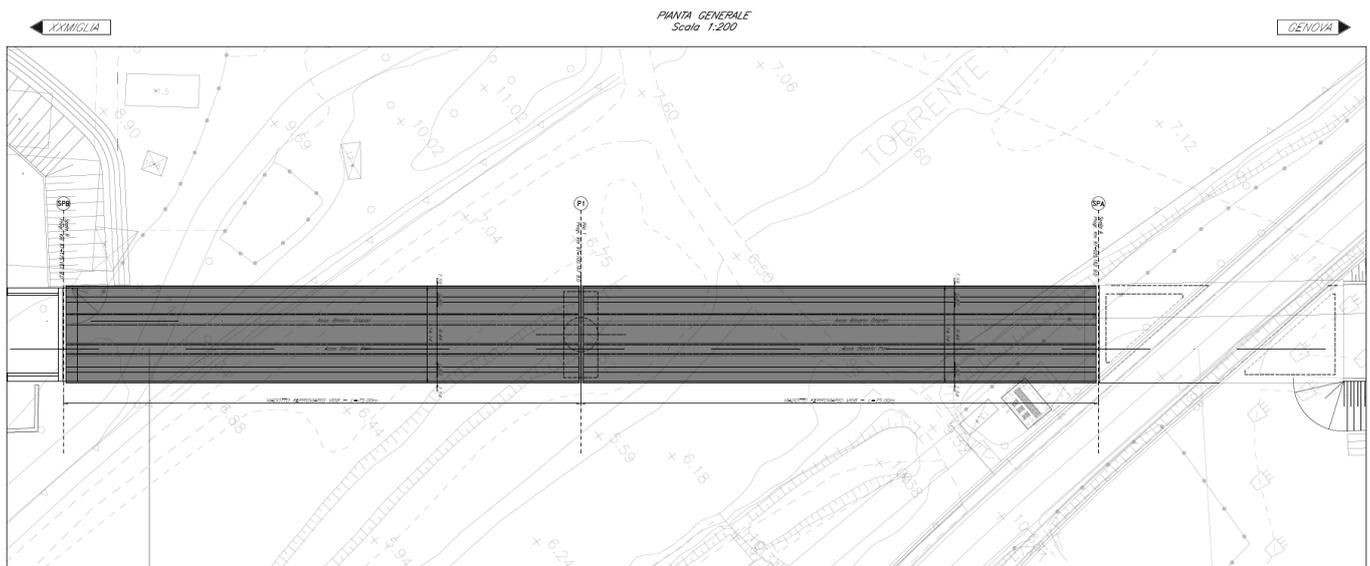


Figura 1 - Vista in pianta del viadotto VI08.

PROSPETTO LONGITUDINALE
 Scala 1:100

GENOVA

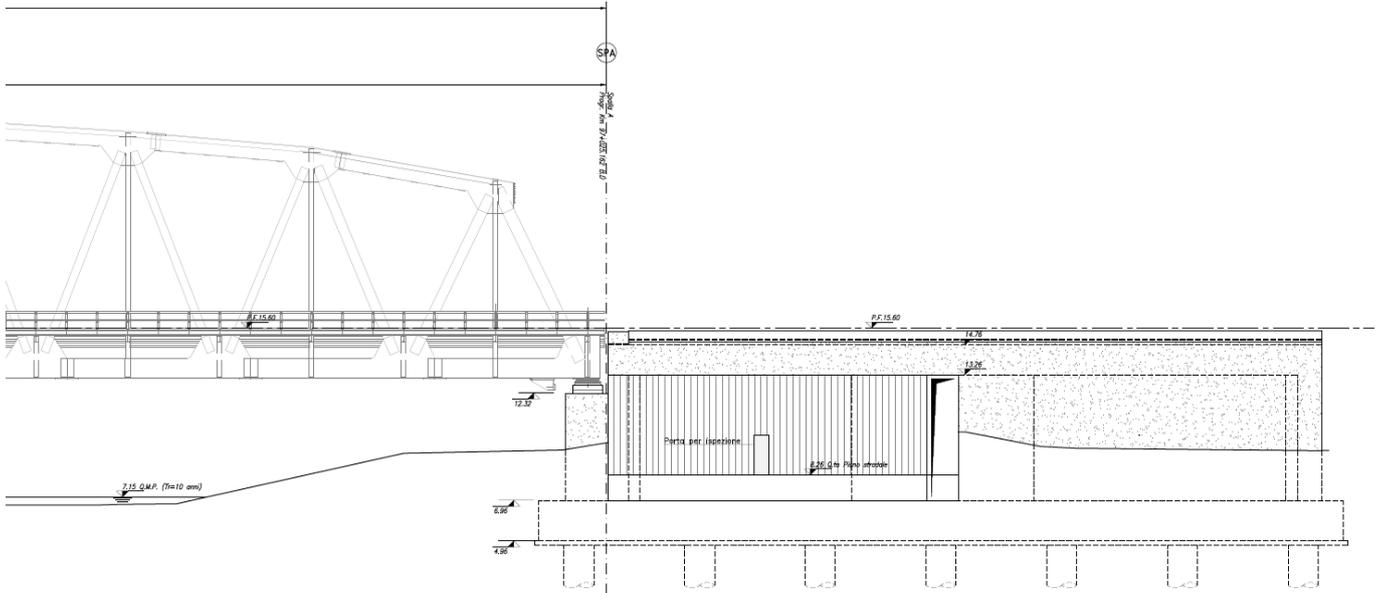


Figura 2 – Prospetto longitudinale della Spalla A del viadotto VI08.

VE LONGITUDINALE – BINARIO DISPARI
 Scala 1:100

GENOVA

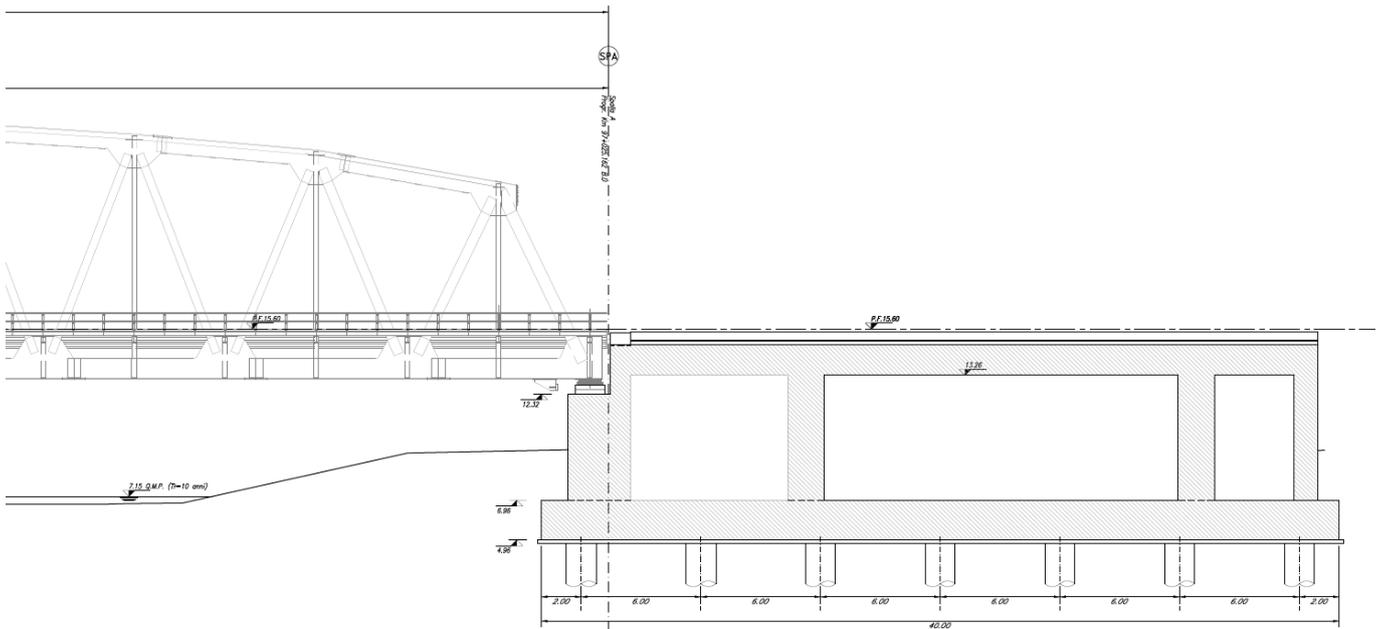


Figura 3 – Sezione longitudinale lungo il B.D. della Spalla A del viadotto VI08.

1.2 GEOMETRIA DELLA SPALLA A

La spalla A (lato Genova), su cui poggia una delle travate metalliche a doppio binario, consiste in un manufatto scatolare costituito da una soletta di fondazione a pianta rettangolare di dimensioni 40.00 x 16.65 m e spessore pari a 2.00 m la cui struttura di elevazione risulta caratterizzata da:

- Una soletta superiore a pianta rettangolare di dimensioni 34.44 x 14.15 m e spessore pari a 1.5 m;
- Un muro frontale di testata di dimensioni 14.15 x 5.36 m e spessore pari a 3.12 m;
- Un muro paraghiaia di dimensioni 14.15 x 3.07 m e spessore pari a 1.00 m;
- I restanti muri che costituiscono le elevazioni del manufatto hanno uno spessore costante di circa 1.20 m e un'altezza massima da estradosso soletta di fondazione a intradosso soletta superiore pari a 6.3 m;

Il manufatto è fondato su ventotto pali di diametro pari a $\varnothing 1.50$ m.

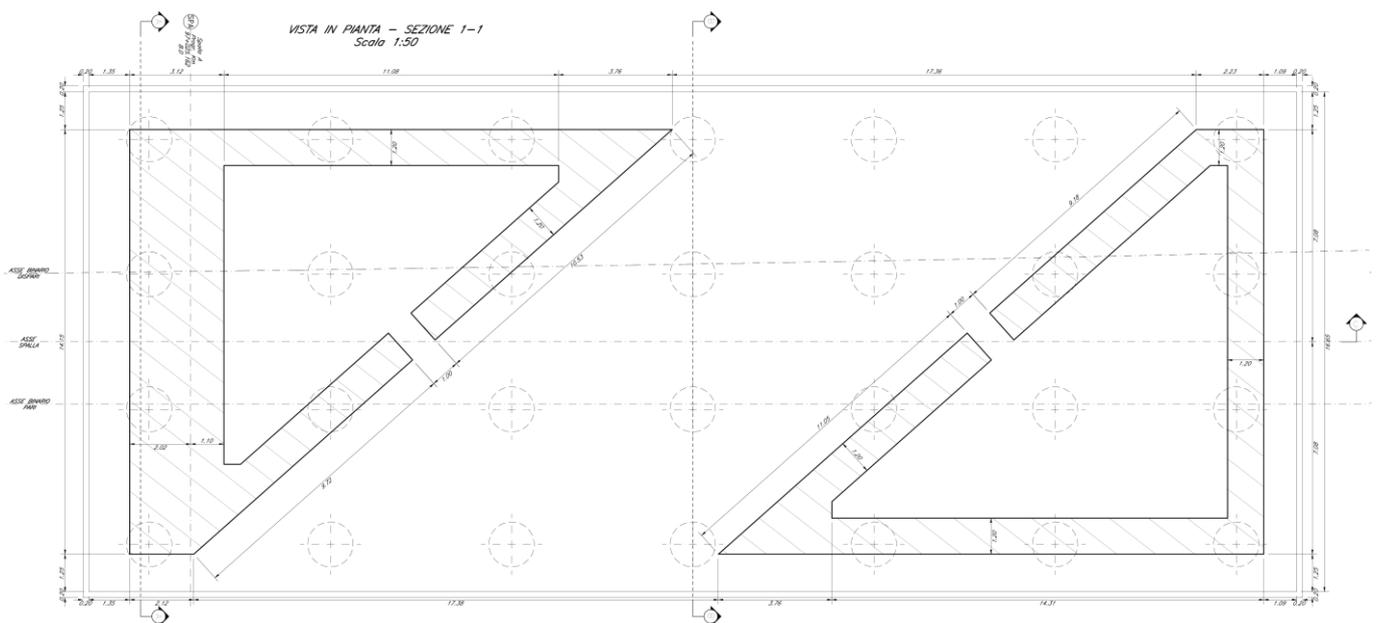


Figura 4: Vista in pianta della spalla A (manufatto scatolare) – Lato Genova.

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	7 di 63

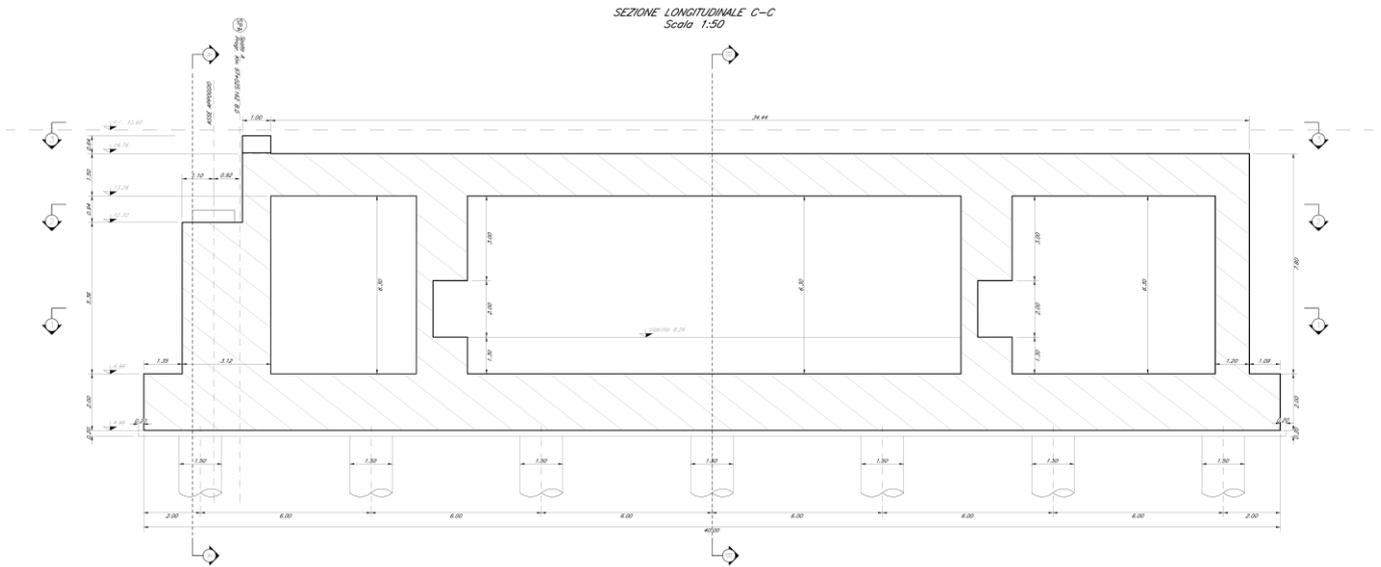


Figura 5: Sezione longitudinale C-C della spalla A (manufatto scatolare) – Lato Genova.



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L. ANDORA

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	8 di 63

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Nell'esecuzione dei calcoli si fa riferimento alla legislazione vigente con particolare riferimento alle seguenti normative:

- Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”»
- Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP., Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 005 - Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia
- Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- EC2-1-1-2005 Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo

3 MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO

Per le strutture in elevazione (spalle) e per il plinto di fondazione si utilizza un calcestruzzo C32/40 le cui caratteristiche sono riassunte nel seguito:

- Classe calcestruzzo C32/40
- Resistenza caratteristica cubica $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica cilindrica $f_{ck} \approx 32 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 18.13 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a trazione $f_{ctm} = 3.02 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione di progetto $f_{ctd} = 1.41 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico secante $E_{cm} = 33345 \text{ N/mm}^2$

Inoltre:

- Classe di esposizione ambientale XC4/XS1 (spalle)
- Classe di esposizione ambientale XC2 (plinto)
- Classe cemento CEM III-V
- Classe di consistenza S4
- Copriferro minimo plinto 40mm
- Copriferro minimo fusto e pulvino 50mm

3.2 ACCIAIO PER C.A

Per le strutture in c.a. si utilizza un acciaio tipo B450C le cui caratteristiche sono riassunte nel seguito:

- Tensione caratteristica a rottura $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di snervamento di progetto $f_{yd} \approx 391 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$

4 ANALISI DEI CARICHI

Il seguente capitolo include una descrizione delle azioni considerate nell'analisi strutturale della spalla.

4.1 CARICHI PERMANENTI – G_1

4.1.1 *Peso proprio degli elementi strutturali - $G_{1,P.P.}$ e $G_{1,IMP.}$*

Peso proprio del manufatto - $G_{1,P.P.}$

Il peso proprio della struttura viene calcolato automaticamente dal software FEM utilizzato.

$$\gamma_{c.a.} \text{ [kN/m}^3\text{]} = 25.0$$

$$\gamma_{Acciaio} \text{ [kN/m}^3\text{]} = 78.5$$

Peso proprio dell'impalcato - $G_{1,IMP.}$

Il carico permanente strutturale proveniente dagli impalcati (acciaio + cls) corrisponde a 190 kN/m.

$$\text{Carico distribuito [kN/m]} = 190.00$$

$$\text{Lunghezza afferente [m]} = 37.50$$

$$\text{N. di appoggi} = 2$$

$$G_{1,IMP.} \text{ [kN]} = 3562.50 \quad \text{Carico concentrato verticale da applicare su ogni baggiolo.}$$

4.1.2 *Spinta del terreno – $G_{1,2.1}$*

La componente statica della spinta del terreno è stata calcolata secondo la teoria delle spinte a riposo di Rankine.

Stratigrafia	Quote [m]		Parametri Geotecnici		Coeff. Spinta K_0
	Estradosso	Intradosso	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	
Strato n. 1	15.6	6.0	20.00	38.00	0.384

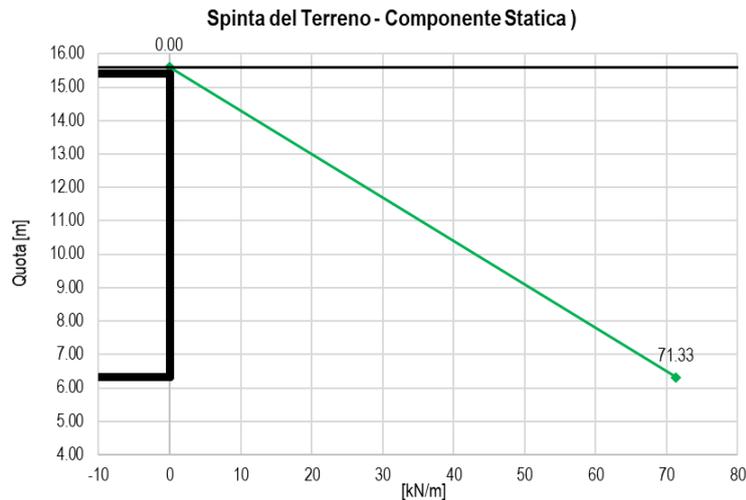


Figura 6 - Spinta del terreno.

4.1.3 *Peso del terreno – $G_{1,2,2}$*

Il peso del terreno è stato valutato considerando il peso specifico del terreno (secondo la stratigrafia) e lo spessore di ricoprimento del terreno stesso.

$$G_{1,2,2} \text{ [kN/mq]} = 203.20 \quad \text{Carico superficiale verticale - Peso del terreno a quota estradosso plinto.}$$

4.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI O PORTATI – G_2

4.2.1 *Carichi permanenti trasmessi dall'impalcato – $G_{2,IMP}$*

Il carico permanente portato proveniente dagli impalcati corrisponde a 181 kN/m.

Carico distribuito [kN/m] =	181.00	
Lunghezza afferente [m] =	37.50	
N. di appoggi =	2	
$G_{2,IMP}$ [kN] =	3393.75	Carico concentrato verticale da applicare su ogni baggiolo.

4.2.2 *Peso del ballast e dell'armamento del piano del ferro – $G_{2,1}$*

Carichi relativi al peso della massicciata, dell'armamento e della impermeabilizzazione. §5.2.2.1.1 NTC2018.

γ [kN/m ³] =	18.00	
h [m] =	0.80	
$G_{2,1}$ [kN/mq] =	14.40	Carico superficiale verticale - Peso del ballast e dell'armamento ferroviario



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	12 di 63

4.2.3 *Peso della struttura di pavimentazione stradale – $G_{2,2}$*

Carichi relativi al peso del manto, base, fondazione e sottofondo della pavimentazione stradale.

$$\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]} = 20.00$$

$$h \text{ [m]} = 1.30$$

$$G_{2,1} \text{ [kN/mq]} = 26.00$$

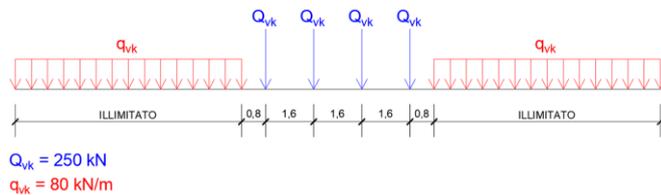
Carico superficiale verticale - Peso della pavimentazione.

4.3 CARICHI VARIABILI - Q

4.3.1 Carichi accidentali ferroviari

L'opera è progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario considerando i modelli di carico LM71 e SW/2.

4.3.1.1 Modello di carico LM71 – $Q_{1,LM71}$



Q_{vk} [kN] =	250.0	s [mm] =	1435	Scartamento
q_{vk} [kN/m] =	80.0	e (s/18) [mm] =	80	Eccentricità

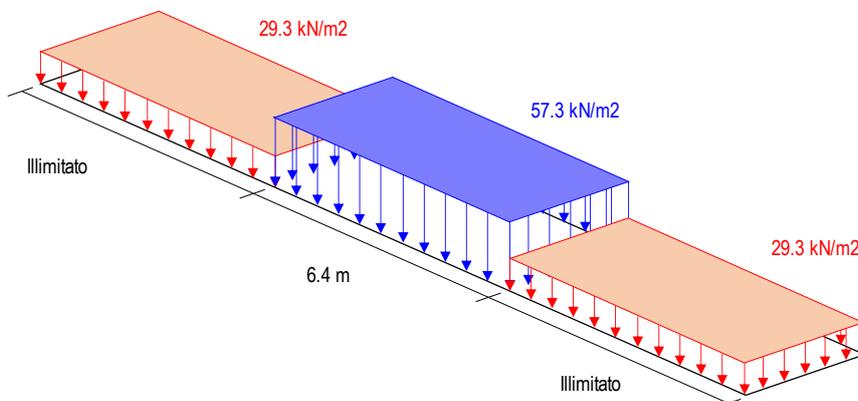
Figura 7 - Modello di carico ferroviario normale LM71.

Tipologia = Ferrovia ordinaria
 α [-] = 1.1 Coefficiente di adattamento.

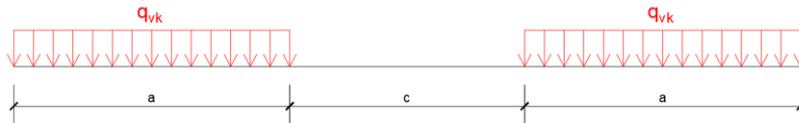
Q_v [kN] = 275.0 Carico amplificato per il coefficiente di adattamento.
 q_v [kN/m] = 88.0 Carico amplificato per il coefficiente di adattamento.

Distribuzione dei carichi verticali per i rilevati a tergo delle spalle. Larghezza [m] = 3.0

$Q_{1,LM71}$ [kN/mq] = 57.3 Carico superficiale verticale - LM71 sezione centrale.
 $Q_{1,LM71}$ [kN/mq] = 29.3 Carico superficiale verticale - LM71 estremi.



4.3.1.2 Modello di carico SW/2 – $Q_{1,SW2}$



Per SW/0:

$q_{vk} = 133.0 \text{ kN/m}$; $a = 15.0 \text{ m}$; $c = 5.3 \text{ m}$

Per SW/2:

$q_{vk} = 150.0 \text{ kN/m}$; $a = 25.0 \text{ m}$; $c = 7.0 \text{ m}$

Figura 8 - Modello di carico ferroviario pesante SW/2.

Il modello di carico SW/2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

$q_{vk} \text{ [kN/m]} = 150.0$

$a \text{ [m]} = 25.0$

$c \text{ [m]} = 7.0$

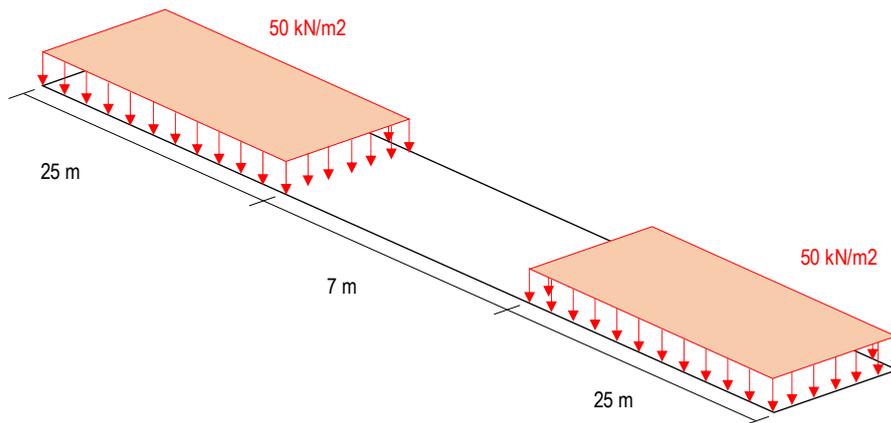
Tipologia = Ferrovia ordinaria

$\alpha \text{ [-]} = 1.0$ Coefficiente di adattamento

$q_v \text{ [kN/m]} = 150.0$ Carico amplificato per il coefficiente di adattamento.

Distribuzione dei carichi verticali per i rilevati a tergo delle spalle. Larghezza [m]= 3.0

$Q_{1,SW/2} \text{ [kN/mq]} = 50.0$ Carico superficiale verticale - LM71 sezione centrale.



4.3.1.3 Azione laterale di serpeggio – $Q_{1,sk}$

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente e applicata alla sommità della rotaia più alta perpendicolarmente all'asse del binario.

$$Q_{1,sk} \text{ [kN]} = \quad \mathbf{100.0} \quad \text{Carico concentrato orizzontale perpendicolare a ogni binario.}$$

4.3.1.4 Azione di avviamento e frenatura – $Q_{1,LM71_1,a-b}$ e $Q_{1,SW2_1,a-b}$

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario nella direzione longitudinale dello stesso. Sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso.

Avviamento	LM71	SW/0	SW/2	
$Q_{1,1a} \text{ [kN/m]} =$	36.3	-	33.0	$x L \text{ (Lunghezza)}$

Frenatura	LM71	SW/0	SW/2	
$Q_{1,1b} \text{ [kN/m]} =$	22.0	-	35.0	$x L \text{ (Lunghezza)}$

4.3.2 Carichi accidentali stradali

4.3.2.1 Carico accidentale sulla viabilità – $Q_{2,1}$

Si considera un carico uniformemente distribuito pari a 9.0 kN/mq (Corsia n. 1 - Schema di carico 1 - NTC18 §5.1.3.3.5)

$$Q_2 \text{ [kN/mq]} = \quad \mathbf{9.0} \quad \text{Carico superficiale verticale - Viabilità}$$

4.3.3 Azione del Vento

4.3.3.1 Azione del vento sulla sagoma del treno – $Q_{3,1}$

Per considerare la azione del vento sul treno, il proprio viene individuato come una superficie piana continua alta 4m dal P.F.

$$v_{b,0} \text{ [m/s]} = \quad 28.0 \quad \text{Velocità base di riferimento a livello mare}$$

$$c_a = \quad 1.0 \quad \text{Coefficiente di altitudine}$$

$$v_b \text{ [m/s]} = \quad 28.0 \quad \text{Velocità base di riferimento}$$

$$T_R \text{ [anni]} = \quad 50.0 \quad \text{Tempo di ritorno}$$

$$c_r = \quad 1.0 \quad \text{Coefficiente di ritorno}$$

$$v_r \text{ [m/s]} = \quad 28.0 \quad \text{Velocità di riferimento del vento}$$

$$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]} = \quad 1.25 \quad \text{Densità dell'aria}$$

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	16 di 63

$$q_r \text{ [kN/mq]} = 0.49 \quad \textit{Pressione cinetica di riferimento}$$

$$c_e = 2.5 \quad \textit{Coefficiente di esposizione}$$

$$c_p = 0.7 \quad \textit{Coefficiente di pressione}$$

$$c_d = 1.0 \quad \textit{Coefficiente dinamico}$$

$$p \text{ [kN/mq]} = 0.86 \quad \textit{Presione del vento}$$

$$l \text{ [m]} = 75.0/2 + 32 \quad \textit{Larghezza afferente (Semi-lunghezza impalcato + Lunghezza del manufatto)}$$

$$h \text{ [m]} = 4.0 \quad \textit{Altezza della sagoma del treno}$$

$$A \text{ [mq]} = 300.0 \quad \textit{Area di pressione}$$

$$Q_{3,1} \text{ [kN]} = 257.6 \quad \textit{Carico concentrato orizzontale perpendicolare all'asse longitudinale}$$

4.3.3.2 Azione del vento sulla sottostruttura – $Q_{v,MAN}$.

Si riporta la stima della pressione del vento agente sulle strutture.

$$v_{b,0} \text{ [m/s]} = 28.0 \quad \textit{Velocità base di riferimento a livello mare}$$

$$c_a = 1.0 \quad \textit{Coefficiente di altitudine}$$

$$v_b \text{ [m/s]} = 28.0 \quad \textit{Velocità base di riferimento}$$

$$T_R \text{ [anni]} = 50.0 \quad \textit{Tempo di ritorno}$$

$$c_r = 1.0 \quad \textit{Coefficiente di ritorno}$$

$$v_r \text{ [m/s]} = 28.0 \quad \textit{Velocità di riferimento del vento}$$

$$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]} = 1.25 \quad \textit{Densità dell'aria}$$

$$q_r \text{ [kN/mq]} = 0.49 \quad \textit{Pressione cinetica di riferimento}$$

$$c_e = 2.5 \quad \textit{Coefficiente di esposizione}$$

$$c_p = 0.7 \quad \textit{Coefficiente di pressione}$$

$$c_d = 1.0 \quad \textit{Coefficiente dinamico}$$

$$p \text{ [kN/mq]} = 0.86 \quad \textit{Presione del vento}$$

4.4 CARICHI SISMICI – E

4.4.1 Azione sismica

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento.

Pericolosità sismica

Tipo costruzione (Art. 2.4.1) Tipo 2 (Vn >=50 anni) Classe d'uso (Art. 2.4.2) Classe III Cu: 1.50

Vita Nominale di progetto Vn (anni): 75.00

Periodo di rif. calcolato: $V_R = \max(V_n \cdot C_u, V_{iMin}) = \max(112.50, 75.00) = 112.50$ anni Vr: 112.50

Livello di sicurezza %: 100.00

Ricalcola >

Posizione del sito: Comune: Andora - (SV)

Longitudine: 8.1416
Latitudine: 43.9616

Cerca con Google Map

Isola: Sardegna

Parametri di pericolosità sismica

	ag (g/10)	F0 (adim)	TC*(sec)
SLO	0.44380824	2.58250924	0.22822043
SLD	0.62725469	2.55265081	0.24283635
SLV	1.98739836	2.46367909	0.30189953
SLC	2.63715082	2.48619411	0.31732934

N.B. Dal valore tabellato, per ottenere ag in (g), dividerlo per 10; per ottenerlo in m/sec², moltiplicarlo per 0.9806

Figura 9 - Parametri di pericolosità sismica.

Parametri sismici

Categoria di sottosuolo (Art. 3.2.2) C Categoria topografica (Art. 3.2.2) T1

Rapporto h/H altezza pendio: 1.00 Coeff. amplif. topografica St: 1.00

Coeff. smorzamento (%) ξ_s : 5.00 $\Rightarrow \eta = 1.000$

Parametri spettri orizzontali e Fv

	S	TB	TC	TD	Fv	Cc	Ss
SLO	1.500	0.130	0.390	1.778	0.734	1.710	1.500
SLD	1.500	0.136	0.407	1.851	0.863	1.675	1.500
SLV	1.406	0.157	0.471	2.395	1.483	1.559	1.406
SLC	1.307	0.162	0.487	2.655	1.724	1.534	1.307

Ricalcola =>

Parametri spettri verticali

	Ss	TB	TC	TD
	1.000	0.050	0.150	1.000

Tipo comportamento: Non dissipativo Dissipativo

Classe di duttilità: Alta (CD'A') Media (CD'B')

Fattori di comportamento q (par. 7.3 NTC)

	SLO	SLD	SLV	SLC
Direz. X1	1	1	1	1
Direz. Y1	1	1	1	1
Direz. Z	1	1	1	1

Calcola q per SLV

Calcola q per SLV

Regolarità edificio: In pianta In altezza

< Indietro

Figura 10 - Parametri sismici.

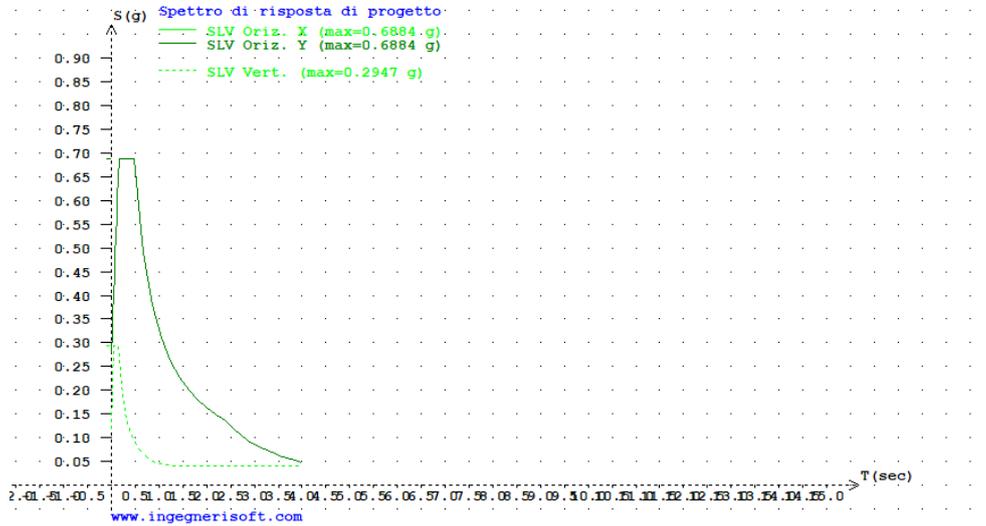


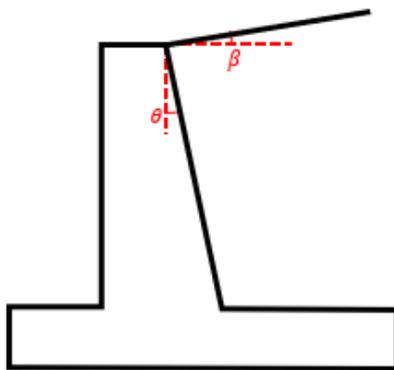
Figura 11 - Spettri di risposta.

Il calcolo delle azioni sismiche è effettuato attraverso un'analisi pseudostatica. Il valore dell'accelerazione utilizzato per la componente orizzontale è pari a 0.286g. Per la componente verticale è stata utilizzata una accelerazione pari a 0.122g.

Nell'analisi sismica è stato considerato un fattore di struttura (q) pari a 1.

4.4.2 Sovrappinta sismica

L'incremento di spinta del terreno viene valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe (Estensione della teoria di Coulomb) per $q=1$.



φ : Angolo di attrito del terreno

δ : Angolo di attrito terreno - muro

$$\delta = \frac{1}{2}\varphi + \frac{2}{3}\varphi$$

ψ : Angolo sismico

$$\psi = \tan^{-1}\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = 0.5 \cdot k_h$$

β [°] 0.0

θ [°] 0.0

ψ [rad]	(+kv)	(-kv)
	0.24	0.32

Stratigrafia

Quote [m]

Parametri Geotecnici

Coeff. Spinta

Strato n.

Estradosso

Intradosso

γ [kN/m³]

φ [°]

$K_{a,E MAX} - K_a$

1

15.6

5.96

20

38

0.263

L'incremento dinamico della spinta del terreno corrisponde alla linea rossa della seguente figura:

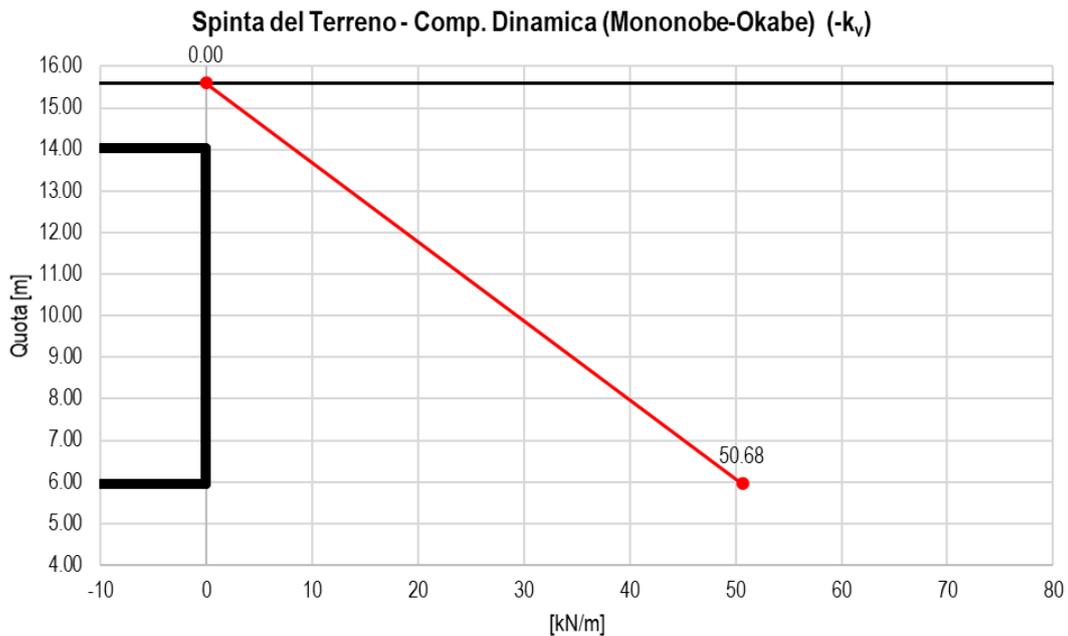


Figura 12 - Sovrappinta sismica del terreno



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	20 di 63

4.4.3 Forze inerziali

In fase sismica si devono considerare le azioni orizzontali e verticali agenti sulla spalla dovute all'inerzia delle parti in conglomerato armato. Inoltre, considerando che la spalla A corrisponde alla spalla fissa, è stato considerato le forze inerziali dell'impalcato per la direzione longitudinale. Le risultanti orizzontali e verticali sono rispettivamente pari ad $F_h = k_h \cdot W$ e $F_v = k_v \cdot W$, dove i coefficienti k_h e k_v sono calcolati come esposto al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC18 risultando pari a $k_h = \beta_m \cdot a_{max}/g$, $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$ con $a_{max} = SS \cdot ST \cdot ag$. Il coefficiente β_m è stato considerato unitario, non essendo la spalla libera di traslare rispetto al terreno.

Risulta dunque:

$$E = (G1 + G2 + \psi_{2j} Q_{kj}) \cdot k_h$$

Con:

$$\psi_{2,1} = 0.20 \quad \text{Per accidentali ferroviari.}$$

5 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche agli Stati Limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nella progettazione dei ponti si considera l'eventuale contemporaneità di più treni, secondo quanto previsto dalla tab 5.2.III di seguito riportata:

Tab. 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante ⁽²⁾
		caso a ⁽¹⁾	caso b ⁽¹⁾	
1	Primo	1,0 (LM 71''+"SW/0)	-	1,0 SW/2
2	Primo	1,0 (LM 71''+"SW/0)	-	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71''+"SW/0)	-	1,0 (LM 71''+"SW/0)
≥3	Primo	1,0 (LM 71''+"SW/0)	0,75 (LM 71''+"SW/0)	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71''+"SW/0)	0,75 (LM 71''+"SW/0)	1,0 (LM 71''+"SW/0)
	Altri	-	0,75 (LM 71''+"SW/0)	-

⁽¹⁾ LM71 ''+" SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli sono combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella 5.2.IV:

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	22 di 63

Tab. 5.2.IV -Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,0	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,0	0,0	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,0	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6;0,4)	-	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	Fessurazione

(1) Includendo tutti i valori (F; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i coefficienti parziali riportati nella tabella 5.2.V e i coefficienti ψ della tabella 5.2.VI:

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_{Ce}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	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.

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	23 di 63

⁽²⁾Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁶⁾1,20 per effetti locali

Nella Tab. 5.2.V il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_B coefficiente parziale del peso proprio del ballast;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili

γ_P coefficiente parziale delle azioni di precompressione

γ_{Ced} coefficiente parziale delle azioni di ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente.

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
	gr ₁	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
Gruppi di	gr ₂	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
carico	gr ₃	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₄	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	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.

Si riportano le combinazioni di carico adottate per la valutazione delle sollecitazioni:

Load Case

G1,P.P.

G1,IMP.

G1,2.1

G1,2.2

G1,3.1

G1,3.2

G2,IMP.

G2,1

G2,2

Qv,MAN (+X)

Q1_LM71_C1_BP

Q1_LM71_C1_BD

Description

Peso proprio del manufatto

Peso proprio degli impalcati

Spinta statica del terreno

Peso del terreno

Spinta idrostatica

Sottospinta idrostatica

Carichi portati dagli impalcati

Ballast

Pavimentazione stradale

Vento sul manufatto nella direzione +X

Vert. LM71_Caso 1_BP

Vert. LM71_Caso 1_BD

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	24 di 63

Q1_LM71_C2_BP	Vert. LM71_Caso 2_BP
Q1_LM71_C2_BD	Vert. LM71_Caso 2_BD
Q1_SW2_C1_BP	Vert. SW2_Caso 1_BP
Q1_SW2_C1_BD	Vert. SW2_Caso 1_BD
Q1_SW2_C2_BP	Vert. SW2_Caso 2_BP
Q1_SW2_C2_BD	Vert. SW2_Caso 2_BD
Q1,sk	Serpeggio
Q1_LM71_1,a-b_C1_BP	Avv. e Fren. LM71_Caso 1_BP
Q1_LM71_1,a-b_C1_BD	Avv. e Fren. LM71_Caso 1_BD
Q1_LM71_1,a-b_C2_BP	Avv. e Fren. LM71_Caso 2_BP
Q1_LM71_1,a-b_C2_BD	Avv. e Fren. LM71_Caso 2_BD
Q1_SW2_1,a-b_C1_BP	Avv. e Fren. SW2_Caso 1_BP
Q1_SW2_1,a-b_C1_BD	Avv. e Fren. SW2_Caso 1_BD
Q1_SW2_1,a-b_C2_BP	Avv. e Fren. SW2_Caso 2_BP
Q1_SW2_1,a-b_C2_BD	Avv. e Fren. SW2_Caso 2_BD
Q3,1_Vento	Azione del vento sulla sagoma del treno
Q2,1_Strada	Accidentale stradale
E_SLV X+	Sisma longitudinale X+
E_SLV X-	Sisma longitudinale X-
E_SLV Y+	Sisma laterale Y+
E_SLV Y-	Sisma laterale Y-
E_SLV Z+	Sisma verticale Z+
E_SLV Z-	Sisma verticale Z-

COMB.	G1.P.P.	G1.M.P.	G1.2.1	G1.2.2	G1.3.1	G1.3.2	G2.M.P.	G2.1	G2.2	Qv,MAN (+X)	Q1_LM71_C1_BP	Q1_LM71_C1_BD	Q1_LM71_C2_BP	Q1_LM71_C2_BD	Q1_SW2_C1_BP	Q1_SW2_C1_BD	Q1_SW2_C2_BP	Q1_SW2_C2_BD	Q1,sk	Q1_LM71_1a-b_C1_BP	Q1_LM71_1a-b_C1_BD	Q1_LM71_1a-b_C2_BP	Q1_LM71_1a-b_C2_BD	Q1_SW2_1a-b_C1_BP	Q1_SW2_1a-b_C1_BD	Q1_SW2_1a-b_C2_BP	Q1_SW2_1a-b_C2_BD	Q3,1_Vento	Q2,1_Strada
G1_A1_SLU1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5		1.45	1.45							1.45	0.73	0.73							0.9	1.35
G1_A1_SLU2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5				1.45	1.45					1.45			0.73	0.73					0.9	1.35
G1_A1_SLU3	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5			1.45			1.45				1.45		0.73			0.73				0.9	1.35
G1_A1_SLU4	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5		1.45				1.45				1.45	0.73				0.73				0.9	1.35
G1_A1_SLU5	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5				1.45		1.45				1.45				0.73			0.73		0.9	1.35
G1_A1_SLU6	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5			1.45						1.45	1.45				0.73				0.73	0.9	1.35
G1_A1_SLU7	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5		1.45	1.45							1.45	-0.73	-0.73						0.9	1.35	
G1_A1_SLU8	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5				1.45	1.45					1.45			-0.73	-0.73				0.9	1.35	
G1_A1_SLU9	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5			1.45			1.45				1.45		-0.73			-0.73			0.9	1.35	
G1_A1_SLU10	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5		1.45				1.45				1.45	-0.73				-0.73			0.9	1.35	
G1_A1_SLU11	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5				1.45		1.45				1.45				-0.73			-0.73	0.9	1.35	
G1_A1_SLU12	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5				1.45					1.45	1.45				-0.73			-0.73	0.9	1.35	
G1_A1_SLU13	1	1	1	1	1	1.35		1																			1.5		
G3_A1_SLU1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9	1.45	1.45							0.73	1.45	1.45							1.35	
G3_A1_SLU2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9			1.45	1.45					0.73			1.45	1.45					1.35	
G3_A1_SLU3	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9		1.45			1.45				0.73		1.45			1.45				1.35	
G3_A1_SLU4	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9	1.45				1.45				0.73	1.45					1.45			1.35	

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0804001 A 25 di 63

COMB.	G1.P.P.	G1.M.F.	G1.1.1	G1.1.2	G1.1.1	G1.1.2	G1.M.F.	G1.1	G1.2	Qv.MAN (cX)	Q1_LM71_C1_BP	Q1_LM71_C1_BD	Q1_LM71_C2_BP	Q1_LM71_C2_BD	Q1_SW2_C1_BP	Q1_SW2_C1_BD	Q1_SW2_C2_BP	Q1_SW2_C2_BD	Q1.ak	Q1_LM71_L1+L2_C1_BP	Q1_LM71_L1+L2_C1_BD	Q1_LM71_L1+L2_C2_BP	Q1_LM71_L1+L2_C2_BD	Q1_SW2_L1+L2_C1_BP	Q1_SW2_L1+L2_C1_BD	Q1_SW2_L1+L2_C2_BP	Q1_SW2_L1+L2_C2_BD	Q3_L_Vento	Q2_L_Strada		
G3 A1 SLU5	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9				1.45			1.45	0.73					1.45			1.45			1.35		
G3 A1 SLU6	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9			1.45					1.45	0.73				1.45				1.45		1.35		
G3 A1 SLU7	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9	1.45	1.45							0.73	-1.45	-1.45								1.35		
G3 A1 SLU8	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9			1.45	1.45					0.73			-1.45	-1.45						1.35		
G3 A1 SLU9	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9		1.45			1.45				0.73		-1.45			-1.45					1.35		
G3 A1 SLU10	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9	1.45					1.45			0.73	-1.45				-1.45					1.35		
G3 A1 SLU11	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9			1.45				1.45		0.73				-1.45			-1.45			1.35		
G3 A1 SLU12	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.5	1.5	1.5	0.9		1.45					1.45	0.73				-1.45					-1.45		1.35		
G3 A1 SLU13	1	1	1	1	1	1	1.35	1	1	1.5																					
G1 SLER1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1	0.5	0.5								0.6	1	
G1 SLER2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1					1			0.5	0.5						0.6	1	
G1 SLER3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1				1		0.5			0.5					0.6	1	
G1 SLER4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1			1	0.5					0.5				0.6	1	
G1 SLER5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1					1					0.5			0.5		0.6	1	
G1 SLER6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1					1			0.5					0.5		0.6	1	
G1 SLER7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1	-0.5	-0.5								0.6	1	
G1 SLER8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1					1			-0.5	-0.5						0.6	1	
G1 SLER9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1					1		-0.5	-0.5			-0.5				0.6	1	
G1 SLER10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1						1	-0.5					-0.5				0.6	1	
G1 SLER11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1					1				-0.5			-0.5			0.6	1	
G1 SLER12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1					1	1		-0.5					-0.5		0.6	1	
G1 SLER13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			1	1	
G3 SLER1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1	1						0.5	1	1								1	1	
G3 SLER2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6		1	1					0.5		1	1							1	1	
G3 SLER3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6		1		1				0.5		1		1						1	1	
G3 SLER4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1	1			1			0.5	1				1					1	1	
G3 SLER5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6		1			1			0.5				1			1			1	1	
G3 SLER6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6		1			1			0.5			1					1		1	1	
G3 SLER7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1	1						0.5	-1	-1			1					1	1	
G3 SLER8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6		1	1					0.5			-1	-1						1	1	
G3 SLER9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6		1		1				0.5		-1	-1			-1				1	1	
G3 SLER10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1			1				0.5	-1					-1				1	1	
G3 SLER11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6		1			1			0.5			-1	-1			-1			1	1	
G3 SLER12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6		1						0.5			-1	-1			-1			1	1	
G3 SLER13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									1	0.5			-1				-1		1	1	
SLEOP1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																					
G4 SLEFR1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.36	0.36							0.8	0.36	0.36								0.75	1	
G4 SLEFR2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.36	0.36					0.8			0.36	0.36						0.75	1	
G4 SLEFR3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.36			0.48				0.8		0.36			0.48					0.75	1	
G4 SLEFR4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.36				0.48				0.8	0.36					0.48				0.75	1	
G4 SLEFR5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.36			0.48			0.8				0.36		0.48				0.75	1	
G4 SLEFR6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.36				0.48		0.8			0.36				0.48			0.75	1	
G4 SLEFR7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.36	0.36							0.8	-0.36	-0.36								0.75	1	
G4 SLEFR8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.36	0.36					0.8			-0.36	-0.36						0.75	1	
G4 SLEFR9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.36			0.48			0.8		-0.36			-0.48					0.75	1	
G4 SLEFR10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.36					0.48			0.8	-0.36					-0.48				0.75	1	
G4 SLEFR11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.36				0.48		0.8			-0.36	-0.36			-0.48			0.75	1	
G4 SLEFR12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.36					0.48	0.8			-0.36					-0.48		0.75	1	
G4 SLEFR13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			0.5	1	
G1 A2 SLU1	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3		1.25	1.25							1.25	0.63	0.63								0.78	1.15	
G1 A2 SLU2	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3				1.25	1.25					1.25			0.63	0.63						0.78	1.15	
G1 A2 SLU3	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3			1.25			1.25				1.25				0.63						0.78	1.15	
G1 A2 SLU4	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3		1.25					1.25			1.25	0.63					0.63				0.78	1.15	
G1 A2 SLU5	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3				1.25				1.25		1.25				0.63		0.63		0.63		0.78	1.15	
G1 A2 SLU6	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3				1.25				1.25		1.25			0.63					0.63		0.78	1.15	
G1 A2 SLU7	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3		1.25	1.25							1.25	-0.63	-0.63							0.78	1.15		
G1 A2 SLU8	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3			1.25	1.25						1.25			-0.63	-0.63					0.78	1.15		
G1 A2 SLU9	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3				1.25			1.25			1.25			-0.63	-0.63			-0.63		0.78	1.15		
G1 A2 SLU10	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3		1.25					1.25			1.25	-0.63					-0.63			0.78	1.15		
G1 A2 SLU11	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3				1.25				1.25		1.25				-0.63			-0.63		0.78	1.15		
G1 A2 SLU12	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3				1.25				1.25		1.25			-0.63				-0.63		0.78	1.15		
G1 A2 SLU13	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			1.3	1	1	
G3 A2 SLU1	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3	0.78	1.25	1.25							0.63	1.25	1.25								1.15	1	
G3 A2 SLU2	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3																							

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	27 di 63

COMB.	G1.P.	G1.MP.	G1.1.1	G1.1.2	G1.1.1	G1.1.2	G1.MP.	G1.1	G1.2	Q1.LM71.C1.BP	Q1.LM71.C1.BD	Q1.LM71.C2.BP	Q1.LM71.C2.BD	Q1.SW2.C1.BP	Q1.SW2.C1.BD	Q1.SW2.C2.BP	Q1.SW2.C2.BD	Q1.sk	Q1.LM71.L1+b.C1.BP	Q1.LM71.L1+b.C1.BD	Q1.LM71.L1+b.C2.BP	Q1.LM71.L1+b.C2.BD	Q1.SW2.L1+b.C1.BP	Q1.SW2.L1+b.C1.BD	Q1.SW2.L1+b.C2.BP	Q1.SW2.L1+b.C2.BD	E.SLVX+	E.SLVX-	E.SLVY+	E.SLVY-	E.SLVZ+	E.SLVZ-	
SLV 73	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2							0.2	0.2	0.2							0.3					0.3	
SLV 74	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.2	0.2					0.2			0.2	0.2					0.3					0.3	
SLV 75	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2				0.2			0.2		0.2			0.2				0.3					0.3	
SLV 76	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2							0.2					0.2				0.3					0.3	
SLV 77	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.2	0.2			0.2		0.2				0.2			0.2		0.3					0.3	
SLV 78	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2			0.2		0.2			0.2	0.2				0.2	0.3					0.3	
SLV 79	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2					0.2		0.2		-0.2	-0.2						0.3					0.3	
SLV 80	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2	0.2						0.2			-0.2	-0.2					0.3					0.3	
SLV 81	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2					0.2			-0.2	-0.2			-0.2			0.3					0.3
SLV 82	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2				0.2			0.2			-0.2			-0.2				0.3					0.3
SLV 83	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2			0.2		0.2				-0.2		-0.2			0.3						0.3
SLV 84	1	1	1	1	1	1	1	1	1					0.2			0.2		0.2			-0.2				-0.2		0.3					0.3
SLV 85	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2					0.2		0.2		0.2	0.2						0.3					0.3	
SLV 86	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2	0.2						0.2			0.2	0.2					0.3					0.3	
SLV 87	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2					0.2			0.2		0.2				0.3					0.3	
SLV 88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2					0.2			0.2					0.2				0.3					0.3	
SLV 89	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.2	0.2			0.2		0.2				0.2			0.2		0.3					0.3	
SLV 90	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2			0.2		0.2			0.2	0.2				0.2	0.3					0.3	
SLV 91	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2					0.2		0.2		-0.2	-0.2						0.3					0.3	
SLV 92	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2	0.2						0.2			-0.2	-0.2					0.3					0.3	
SLV 93	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2					0.2			-0.2			-0.2			0.3					0.3	
SLV 94	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2					0.2			0.2			-0.2			-0.2			0.3					0.3	
SLV 95	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2			0.2		0.2				-0.2		-0.2			0.3					0.3	
SLV 96	1	1	1	1	1	1	1	1	1					0.2			0.2		0.2				-0.2		-0.2		0.3					0.3	
SLV 97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2					0.2		0.2		0.2	0.2						0.3		0.3			0.3	
SLV 98	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2	0.2						0.2			0.2	0.2					0.3		0.3			0.3	
SLV 99	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2					0.2			0.2		0.2				0.3		0.3			0.3	
SLV 100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2					0.2			0.2					0.2				0.3		0.3			0.3	
SLV 101	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.2	0.2			0.2		0.2				0.2			0.2		0.3		0.3			0.3	
SLV 102	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2			0.2		0.2				0.2				0.2	0.3		0.3			0.3	
SLV 103	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2							0.2		-0.2	-0.2						0.3		0.3			0.3	
SLV 104	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2	0.2						0.2			-0.2	-0.2					0.3		0.3			0.3	
SLV 105	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2					0.2			-0.2			-0.2			0.3		0.3			0.3	
SLV 106	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2					0.2			0.2			-0.2			-0.2			0.3		0.3			0.3	
SLV 107	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.2	0.2			0.2		0.2				-0.2		-0.2			0.3		0.3			0.3	
SLV 108	1	1	1	1	1	1	1	1	1					0.2			0.2		0.2			-0.2				-0.2		0.3		0.3			0.3
SLV 109	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2					0.2		0.2		0.2	0.2						0.3			0.3			0.3
SLV 110	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2	0.2						0.2			0.2	0.2					0.3			0.3			0.3
SLV 111	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2					0.2			0.2		0.2				0.3			0.3			0.3
SLV 112	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2					0.2			0.2					0.2				0.3			0.3			0.3
SLV 113	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.2	0.2			0.2		0.2				0.2			0.2		0.3			0.3			0.3
SLV 114	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2			0.2		0.2				0.2				0.2	0.3			0.3			0.3
SLV 115	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2							0.2		-0.2	-0.2						0.3		0.3			0.3	
SLV 116	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2	0.2						0.2			-0.2	-0.2					0.3		0.3			0.3	
SLV 117	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2					0.2			-0.2			-0.2			0.3		0.3			0.3	
SLV 118	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2					0.2			0.2			-0.2			-0.2			0.3		0.3			0.3	
SLV 119	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.2	0.2			0.2		0.2				-0.2		-0.2			0.3		0.3			0.3	
SLV 120	1	1	1	1	1	1	1	1	1					0.2				0.2								-0.2		0.3		0.3			0.3
SLV 121	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2					0.2		0.2		0.2	0.2						0.3		0.3			0.3	
SLV 122	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2					0.2			0.2	0.2					0.3		0.3			0.3	
SLV 123	1	1	1	1	1	1	1	1	1			0.2	0.2			0.2		0.2				0.2			0.2		0.3		0.3			0.3	
SLV 124	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2					0.2			0.2					0.2				0.3		0.3			0.3	
SLV 125	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2			0.2		0.2				0.2			0.2		0.3		0.3			0.3	
SLV 126	1	1	1	1	1	1	1	1	1					0.2			0.2		0.2			0.2				0.2	0.3		0.3			0.3	
SLV 127	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2	0.2							0.2		-0.2	-0.2						0.3		0.3			0.3	
SLV 128	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0.2	0.2						0.2			-0.2	-0.2					0.3		0.3			0.3	
SLV 129	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2					0.2			-0.2			-0.2			0.3		0.3			0.3	
SLV 130	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.2					0.2			0.2			-0.2			-0.2			0.3		0.3			0.3	
SLV 131	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.2					0.2				-0.2		-0.2			0.3		0.3			0.3	
SLV 132	1	1	1	1	1	1	1	1	1					0.2				0.2				-0.2				-0.2							

6 MODELLO DI CALCOLO

6.1 Descrizione del modello di calcolo

Il modello FEM rappresenta tridimensionalmente la struttura in oggetto ed è stato realizzato mediante il software agli elementi finiti MidasGen 2021.

La spalla è stata modellata attraverso due tipologie di elementi:

- Elementi monodimensionali “beam”: Pali.
- Elementi bidimensionali “plate/shell”: Plinto, muri e soletta di copertura.

La geometria della struttura è stata definita in conformità alle tavole progettuali. Gli elementi sono stati modellati facendo riferimento all’asse medio dell’elemento stesso.

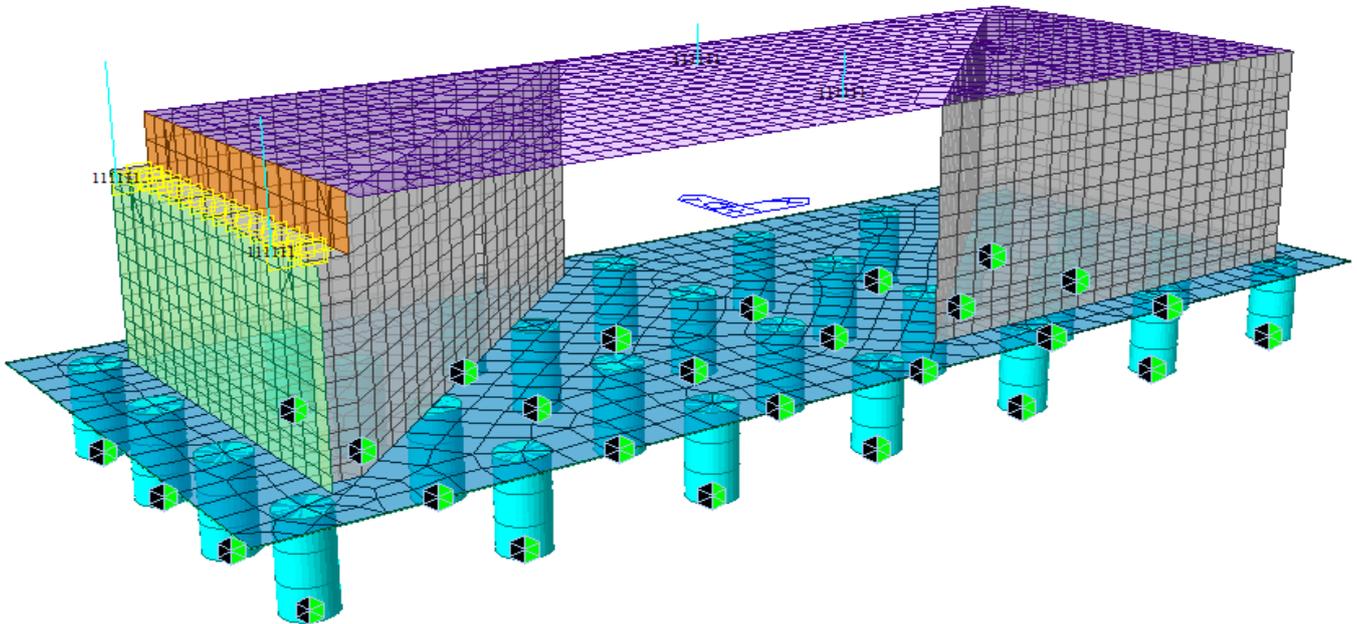


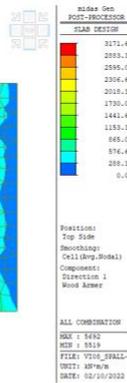
Figura 13. Vista 3D del modello FEM - Spalla A

7 SOLLECITAZIONI

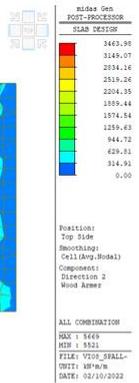
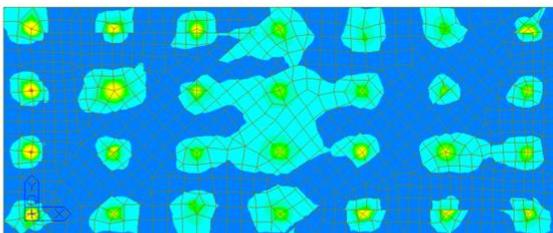
Di seguito vengono riportati i principali risultati dell'analisi del modello FEM per gli involuipi delle combinazioni SLU/SLV, SLE Caratteristica e SLE Quasi-permanente:

SLU/SLV

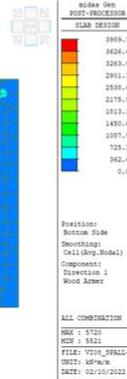
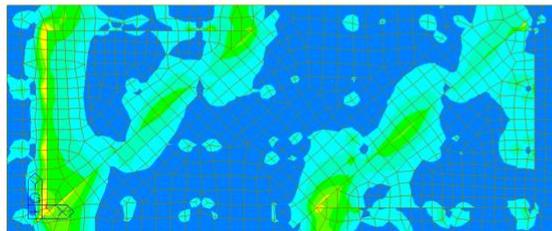
TOP_X



TOP_Y



BOTTOM_X



BOTTOM_Y

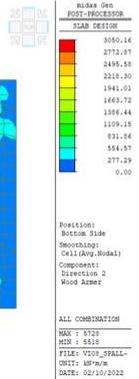
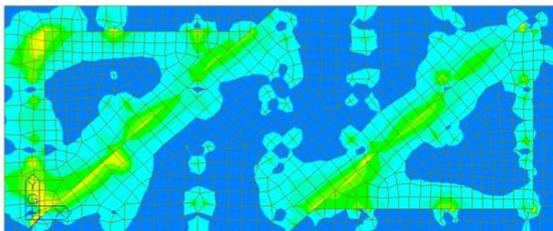
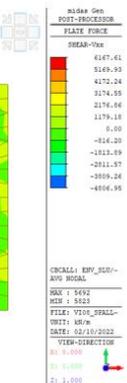
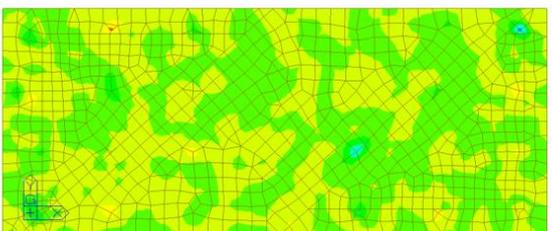


Figura 14. Plinto - Momento flettente Mxx e Myy - SLU/SLV

SLU/SLV

TAGLIO_X



TAGLIO_Y

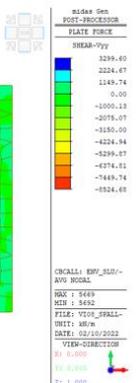
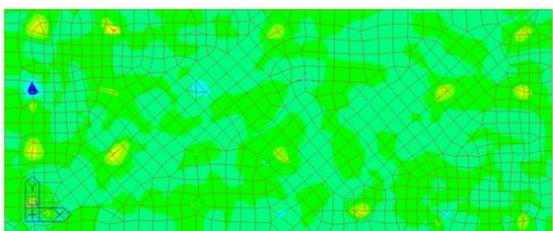
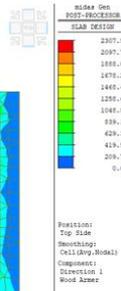


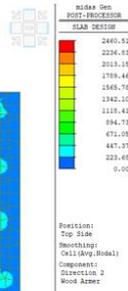
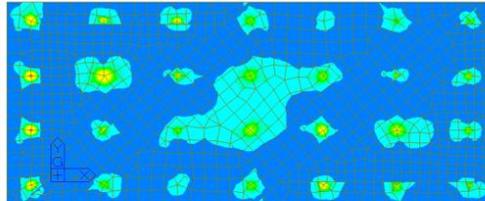
Figura 15. Plinto - Taglio Vxx e Vyy - SLU/SLV

SLE Rara

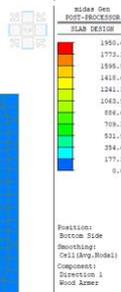
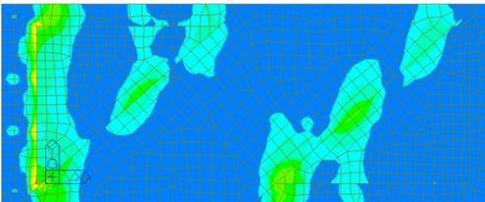
TOP_X



TOP_Y



BOTTOM_X



BOTTOM_Y

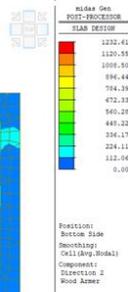
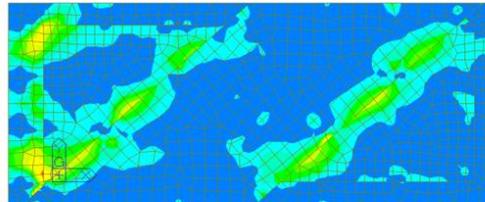
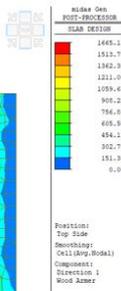


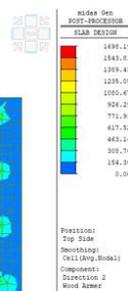
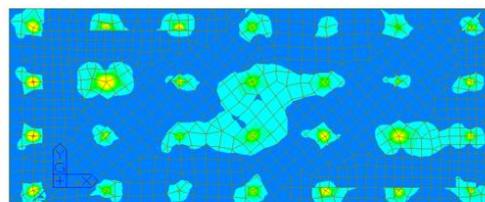
Figura 16. Plinto - Momento flettente Mxx e Myy – SLE Caratteristica

SLE QP

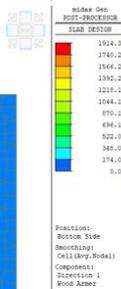
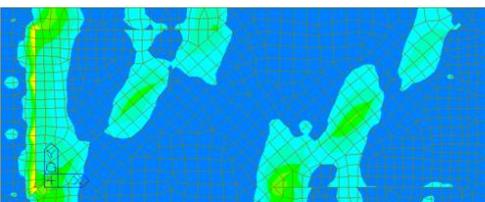
TOP_X



TOP_Y



BOTTOM_X



BOTTOM_Y

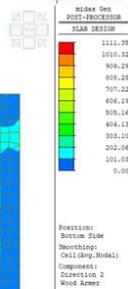
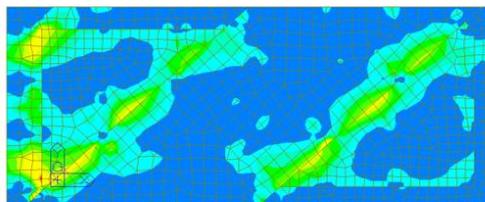


Figura 17. Plinto - Momento flettente Mxx e Myy – SLE Quasi-permanente

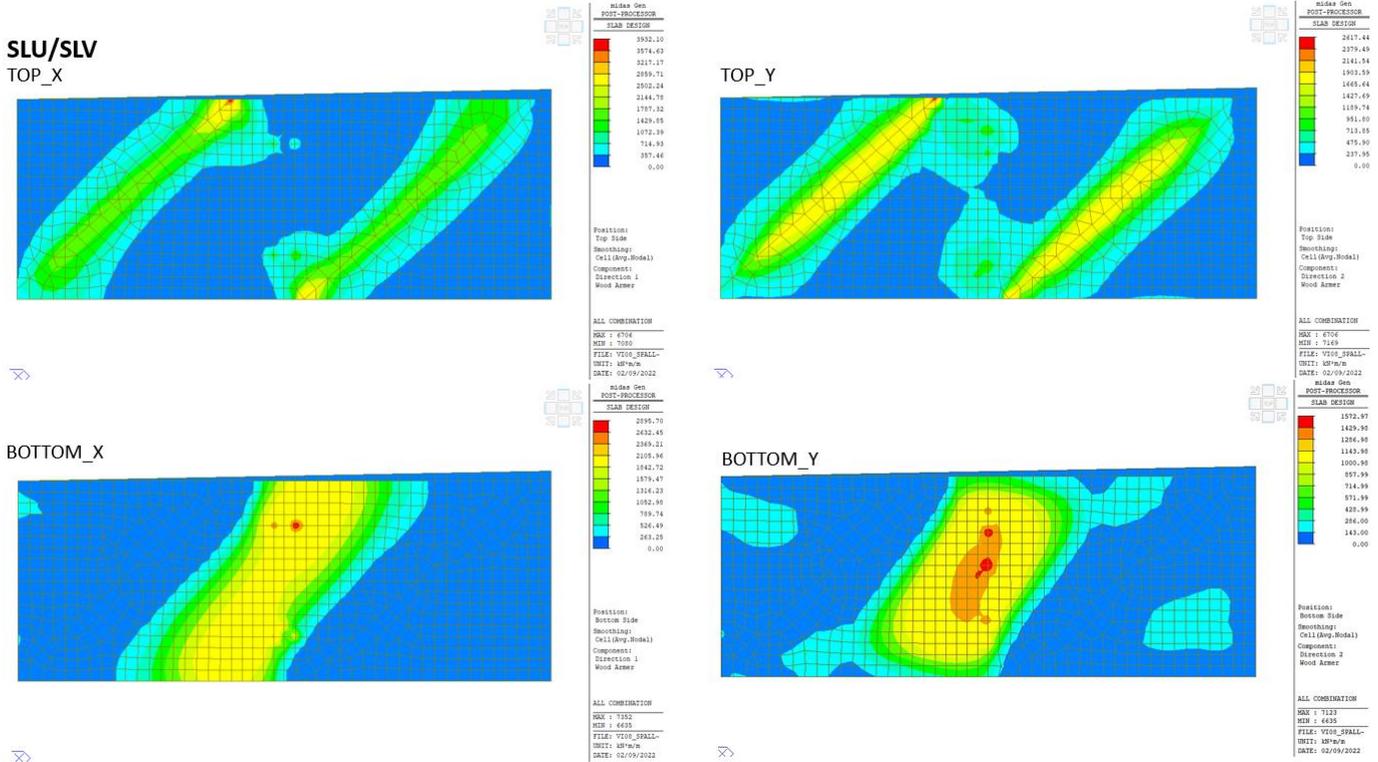


Figura 18. Soletta di Copertura - Momento flettente Mxx e Myy - SLU/SLV

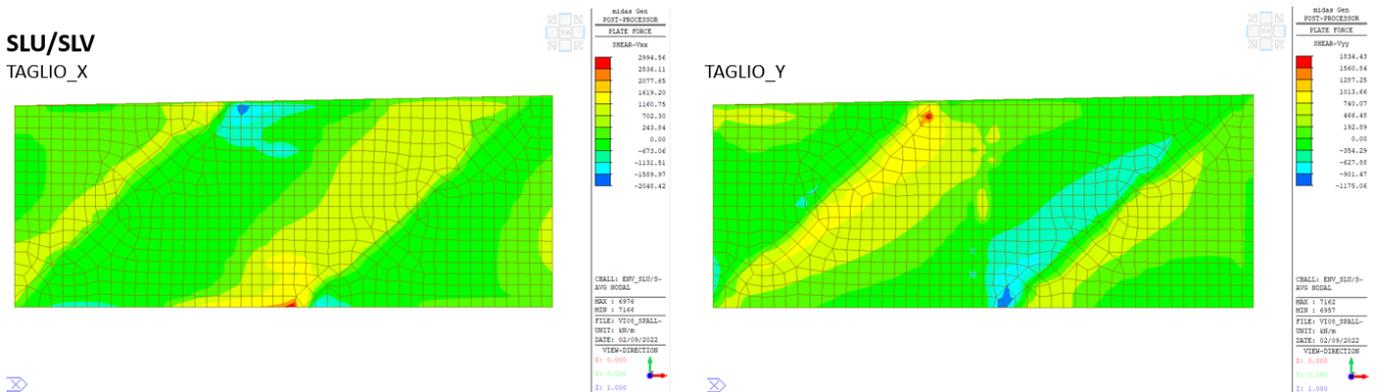


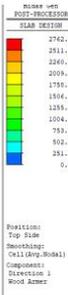
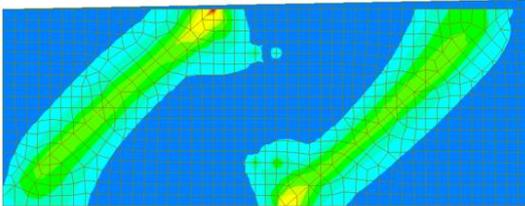
Figura 19. Soletta di Copertura - Taglio Vxx e Vyy - SLU/SLV

Relazione di calcolo – Spalla A

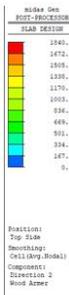
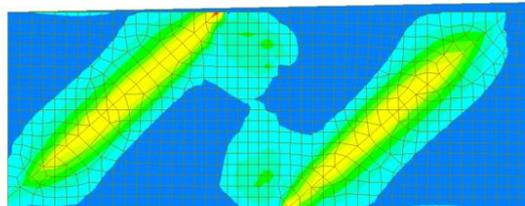
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	32 di 63

SLE Rara

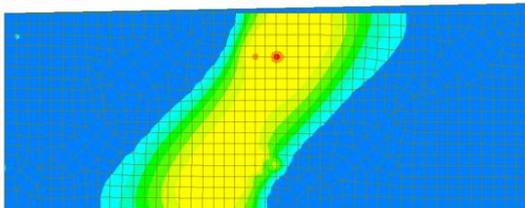
TOP_X



TOP_Y



BOTTOM_X



BOTTOM_Y

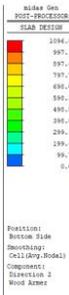
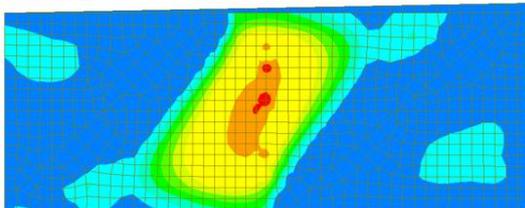
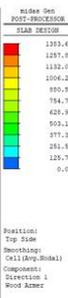
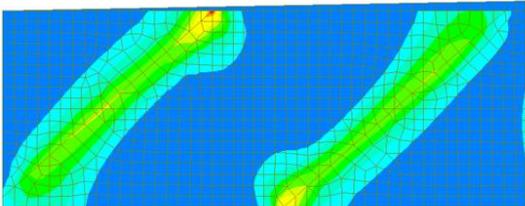


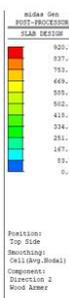
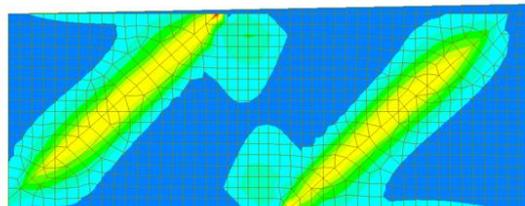
Figura 20. Soletta di Copertura - Momento flettente Mxx e Myy – SLE Caratteristica

SLE QP

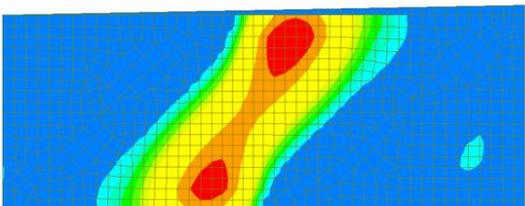
TOP_X



TOP_Y



BOTTOM_X



BOTTOM_Y

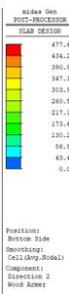
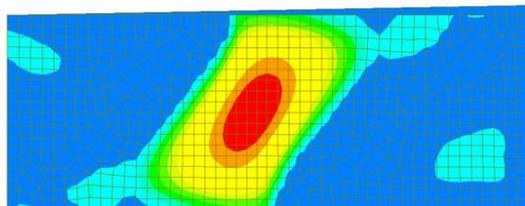


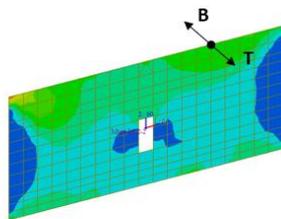
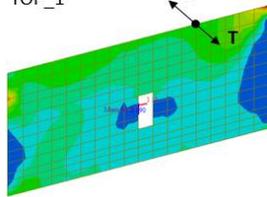
Figura 21. Soletta di Copertura - Momento flettente Mxx e Myy – SLE Quasi-permanente

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	33 di 63

SLU/SLV

TOP_1



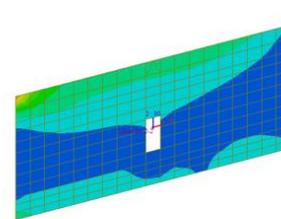
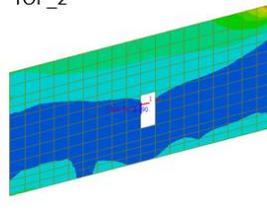
SLU/SLV Gen
POST-PROCESSOR
SLAB DESIGN

MAX	486.65
MIN	0.00

Position: Top Side
Shooting: Cell (Avg. Model)
Component: Direction 1
Wood Azimut

ALL COMBINATION
MAX : 2102
MIN : 72
FILE: VI01_SFALL-
UNIT: MPa/m
DATE: 02/09/2022

TOP_2



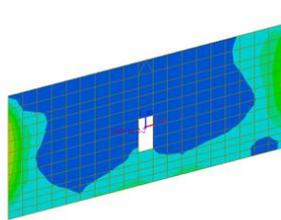
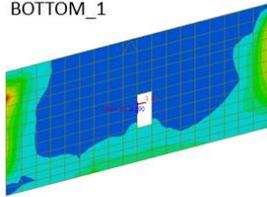
SLU/SLV Gen
POST-PROCESSOR
SLAB DESIGN

MAX	2494.30
MIN	0.00

Position: Top Side
Shooting: Cell (Avg. Model)
Component: Direction 2
Wood Azimut

ALL COMBINATION
MAX : 2102
MIN : 2104
FILE: VI01_SFALL-
UNIT: MPa/m
DATE: 02/09/2022

BOTTOM_1



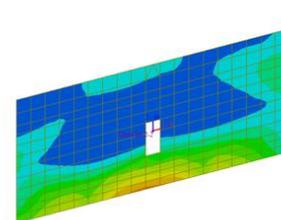
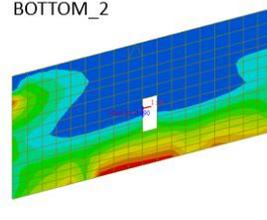
SLU/SLV Gen
POST-PROCESSOR
SLAB DESIGN

MAX	444.40
MIN	0.00

Position: Bottom Side
Shooting: Cell (Avg. Model)
Component: Direction 1
Wood Azimut

ALL COMBINATION
MAX : 3470
MIN : 281
FILE: VI01_SFALL-
UNIT: MPa/m
DATE: 02/09/2022

BOTTOM_2



SLU/SLV Gen
POST-PROCESSOR
SLAB DESIGN

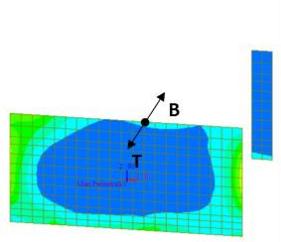
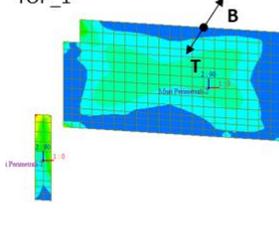
MAX	392.95
MIN	0.00

Position: Bottom Side
Shooting: Cell (Avg. Model)
Component: Direction 2
Wood Azimut

ALL COMBINATION
MAX : 2897
MIN : 214
FILE: VI01_SFALL-
UNIT: MPa/m
DATE: 02/09/2022

SLU/SLV

TOP_1



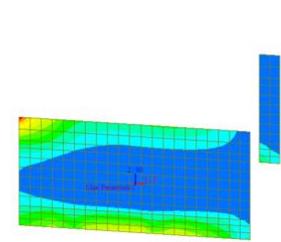
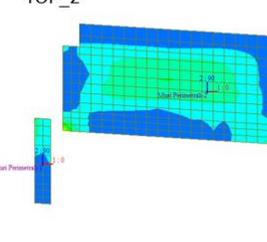
SLU/SLV Gen
POST-PROCESSOR
SLAB DESIGN

MAX	617.42
MIN	0.00

Position: Top Side
Shooting: Cell (Avg. Model)
Component: Direction 1
Wood Azimut

ALL COMBINATION
MAX : 3495
MIN : 65
FILE: VI01_SFALL-
UNIT: MPa/m
DATE: 02/09/2022

TOP_2



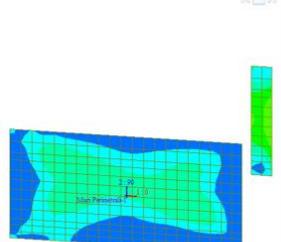
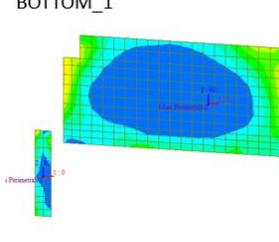
SLU/SLV Gen
POST-PROCESSOR
SLAB DESIGN

MAX	668.35
MIN	0.00

Position: Top Side
Shooting: Cell (Avg. Model)
Component: Direction 2
Wood Azimut

ALL COMBINATION
MAX : 2008
MIN : 65
FILE: VI01_SFALL-
UNIT: MPa/m
DATE: 02/09/2022

BOTTOM_1



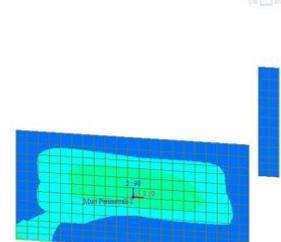
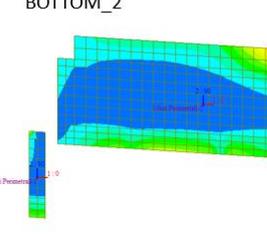
SLU/SLV Gen
POST-PROCESSOR
SLAB DESIGN

MAX	475.44
MIN	0.00

Position: Bottom Side
Shooting: Cell (Avg. Model)
Component: Direction 1
Wood Azimut

ALL COMBINATION
MAX : 3495
MIN : 65
FILE: VI01_SFALL-
UNIT: MPa/m
DATE: 02/09/2022

BOTTOM_2



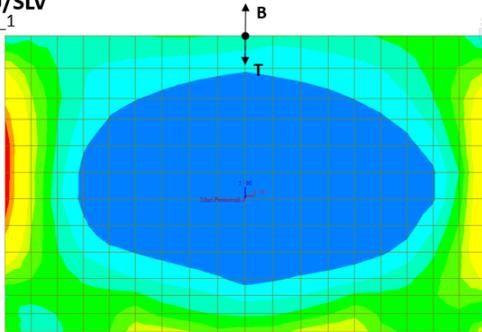
SLU/SLV Gen
POST-PROCESSOR
SLAB DESIGN

MAX	1039.03
MIN	0.00

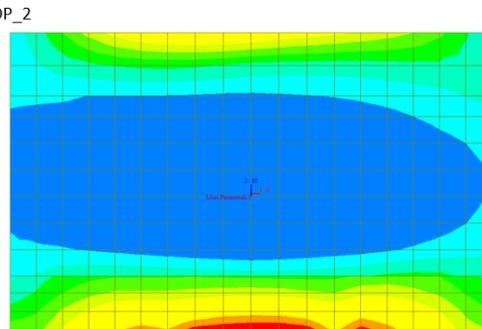
Position: Bottom Side
Shooting: Cell (Avg. Model)
Component: Direction 2
Wood Azimut

ALL COMBINATION
MAX : 2008
MIN : 65
FILE: VI01_SFALL-
UNIT: MPa/m
DATE: 02/09/2022

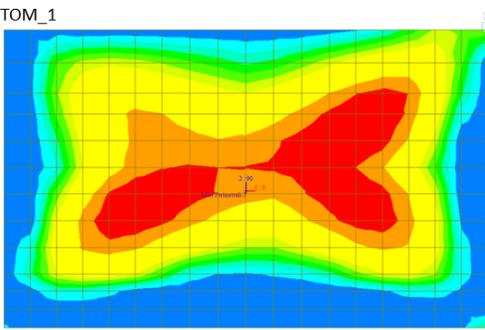
SLU/SLV
TOP_1



TOP_2



BOTTOM_1



BOTTOM_2

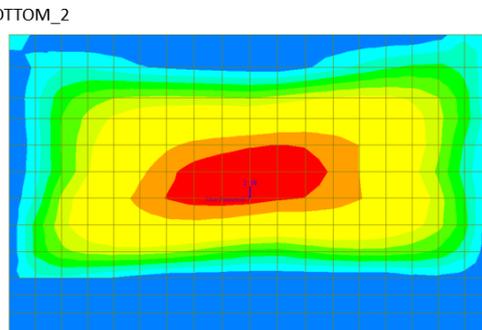
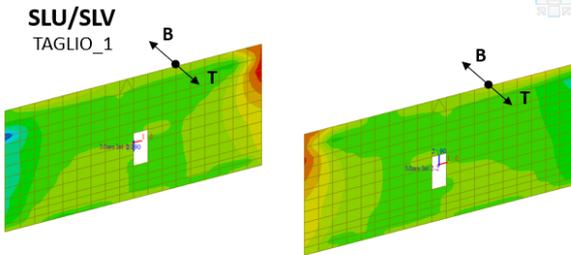
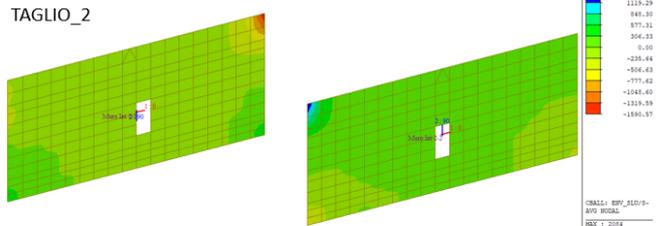


Figura 22. Muri Sp. 120cm - Momento flettente M11(Or.) e M22(Ver.) - SLU/SLV

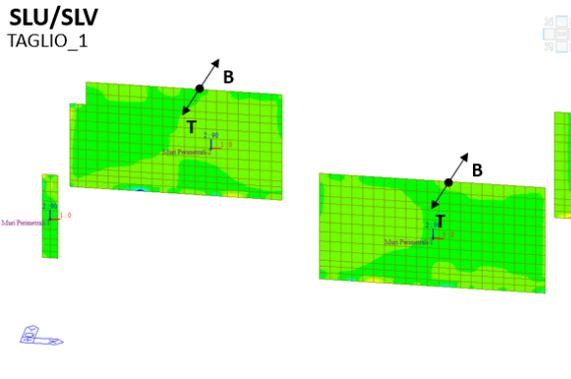
SLU/SLV
TAGLIO_1



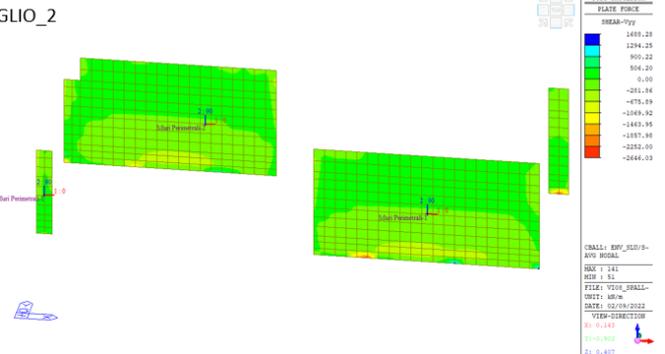
TAGLIO_2



SLU/SLV
TAGLIO_1



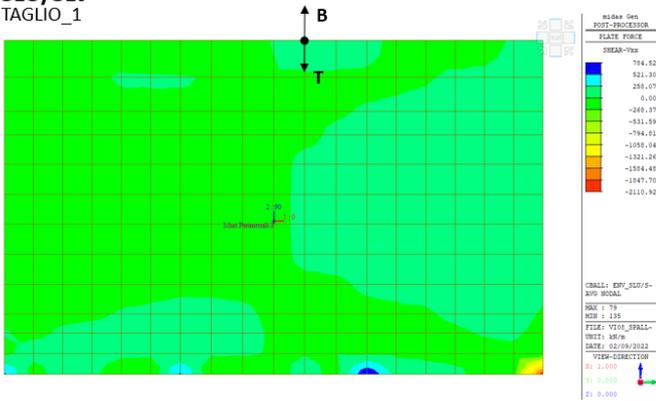
TAGLIO_2



Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	35 di 63

SLU/SLV
TAGLIO_1



TAGLIO_2

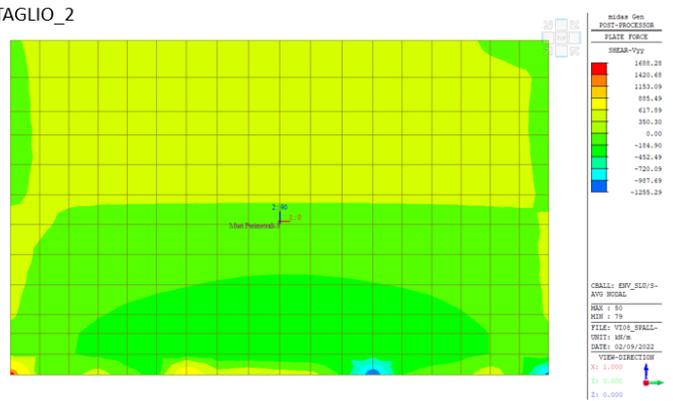
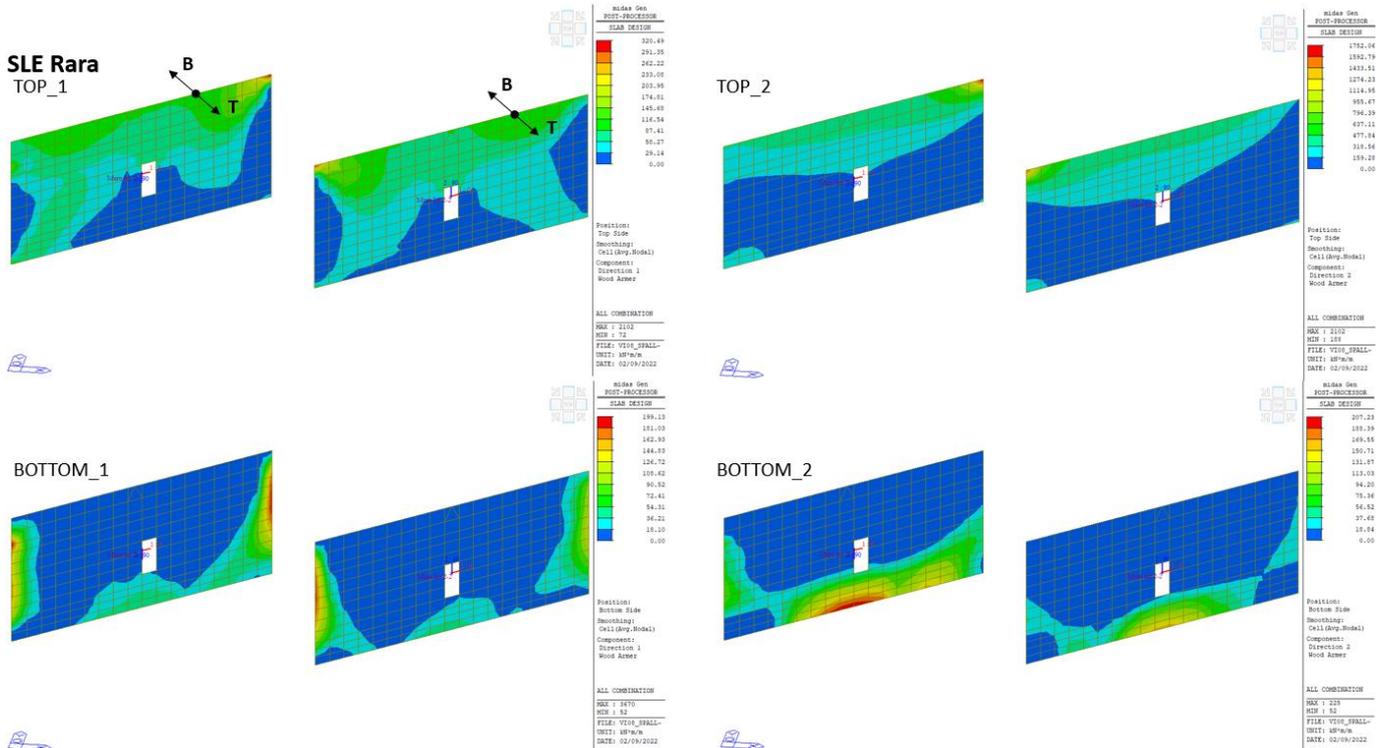
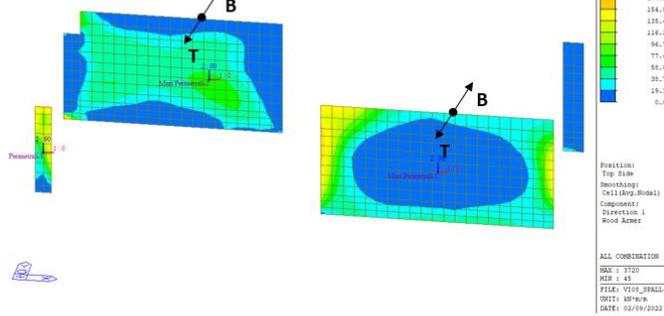


Figura 23. Muri Sp. 120cm - Taglio Vxx (Or.) e Vyy (Ver.) - SLU/SLV

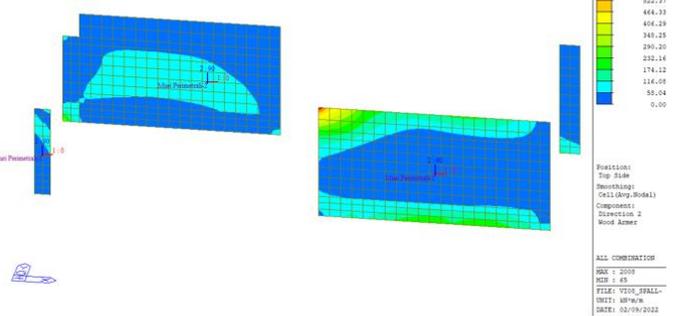


SLE Rara

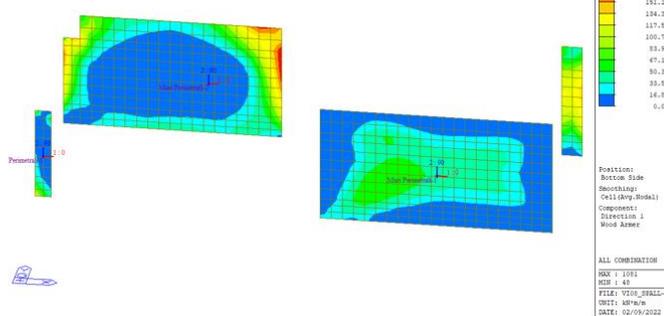
TOP_1



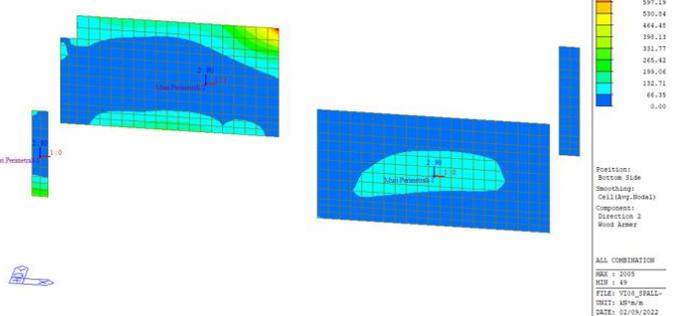
TOP_2



BOTTOM_1

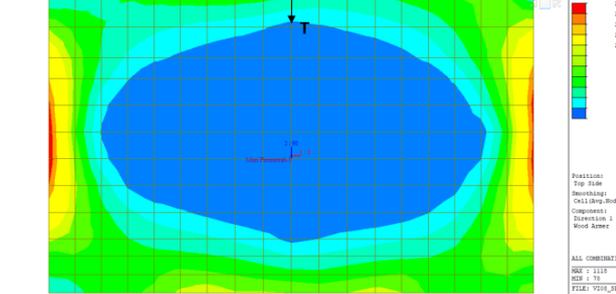


BOTTOM_2

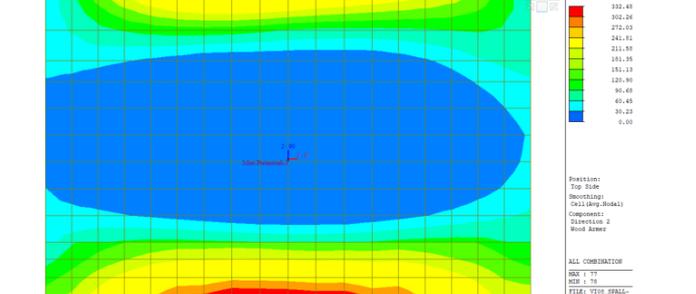


SLE Rara

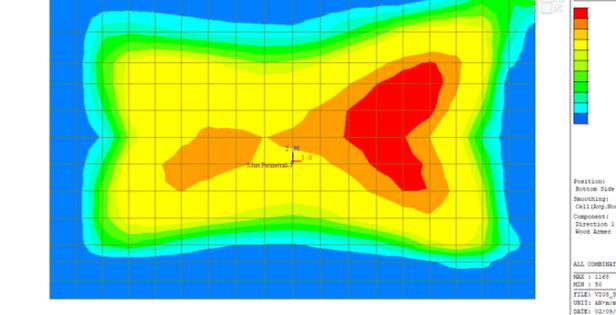
TOP_1



TOP_2



BOTTOM_1



BOTTOM_2

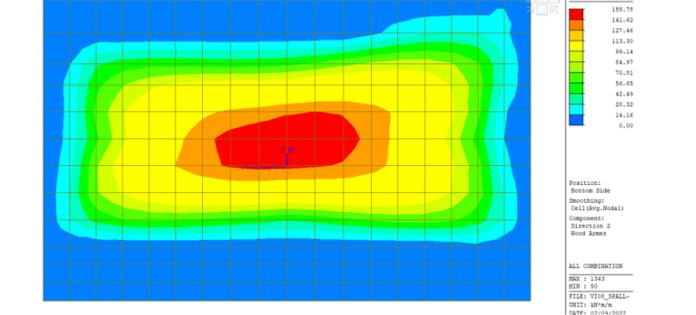
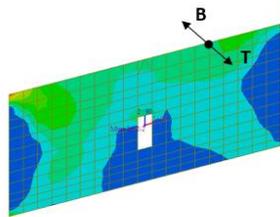
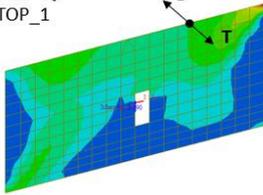


Figura 24. Muri Sp. 120cm - Momento flettente M11(Or.) e M22(Ver.) - SLE Caratteristica

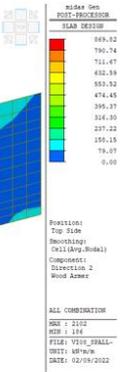
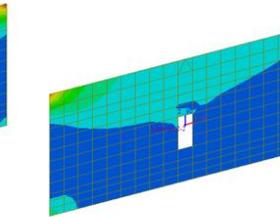
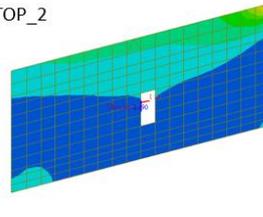
Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	37 di 63

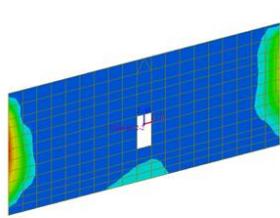
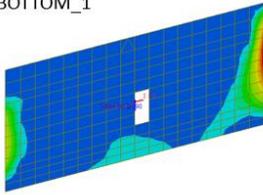
SLE QP
TOP_1



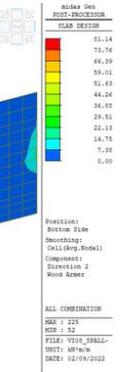
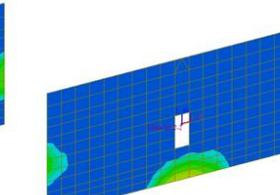
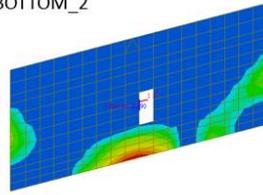
TOP_2



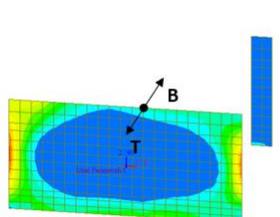
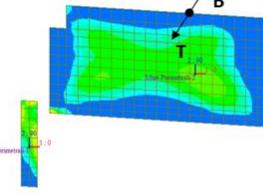
BOTTOM_1



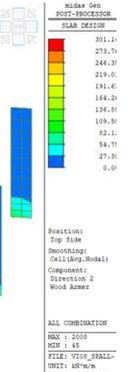
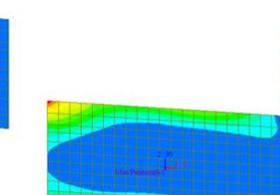
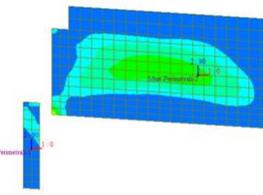
BOTTOM_2



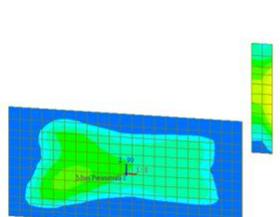
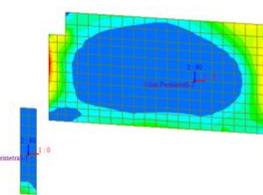
SLE QP
TOP_1



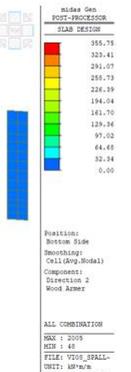
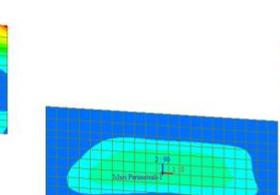
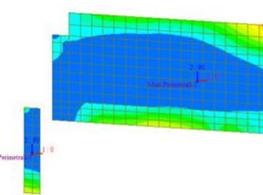
TOP_2



BOTTOM_1



BOTTOM_2



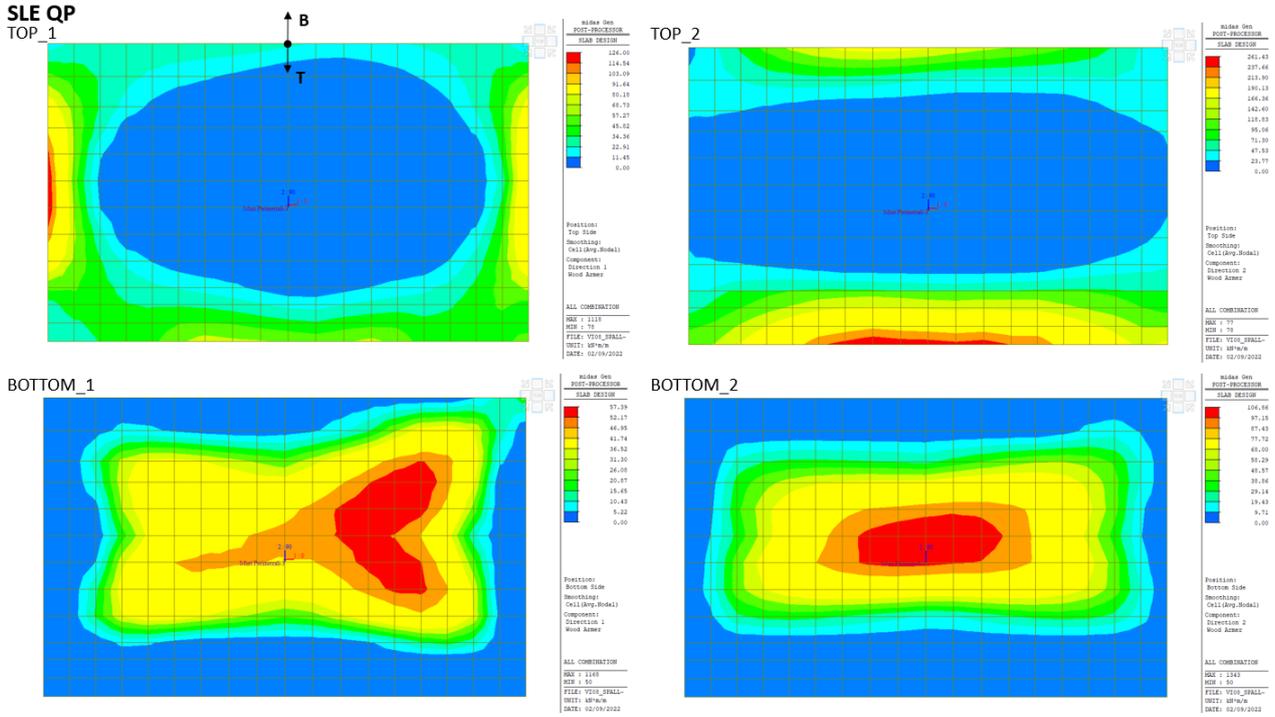


Figura 25. Muri Sp. 120cm - Momento flettente M11(Or.) e M22(Ver.) - SLE Quasi-permanente

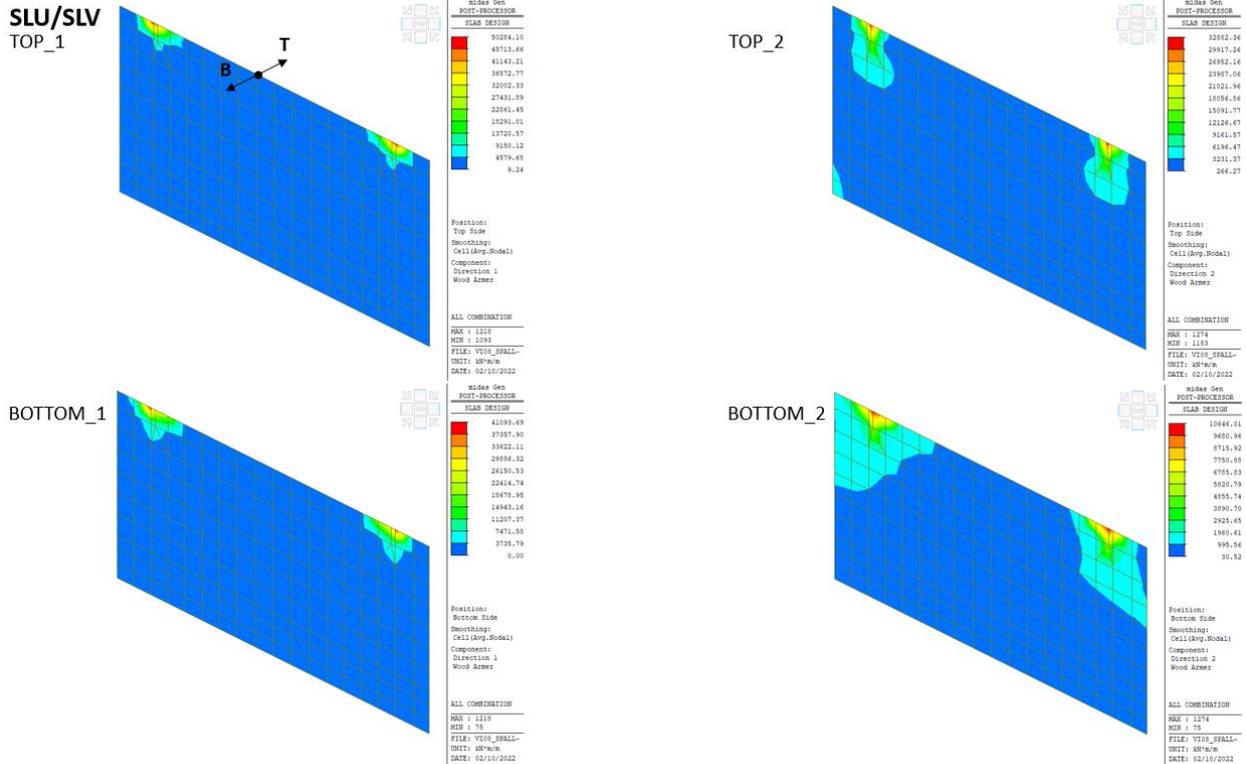


Figura 26. Muro frontale - Momento flettente M11(Or.) e M22(Ver.) - SLU/SLV

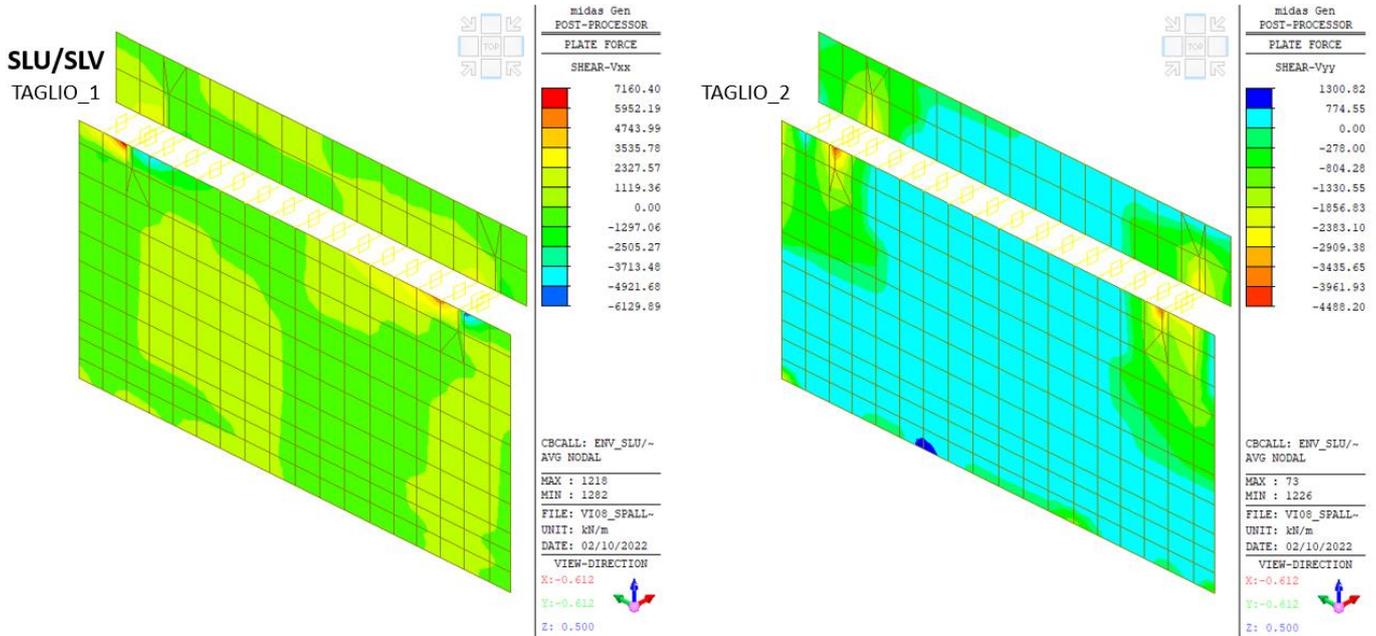


Figura 27. Muro frontale e paraghiaia - Taglio Vxx (Or.) e Vyy (Ver.) - SLU/SLV

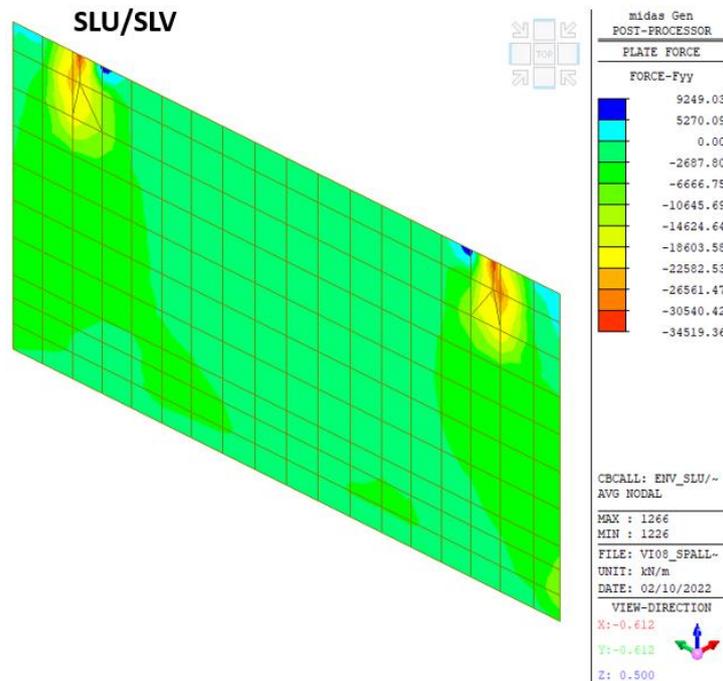


Figura 28. Muro frontale – Azione Assiale Fyy (Ver.) - SLU/SLV

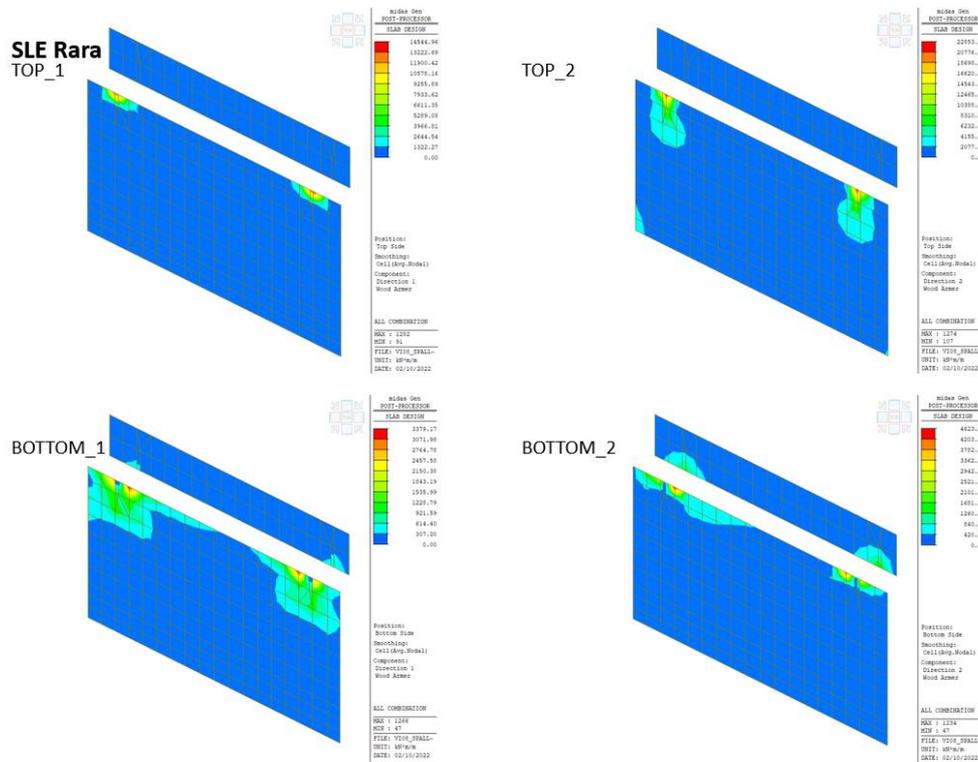


Figura 29. Muro frontale e paragliaia - Momento flettente M11(Or.) e M22(Ver.) - SLE Caratteristica

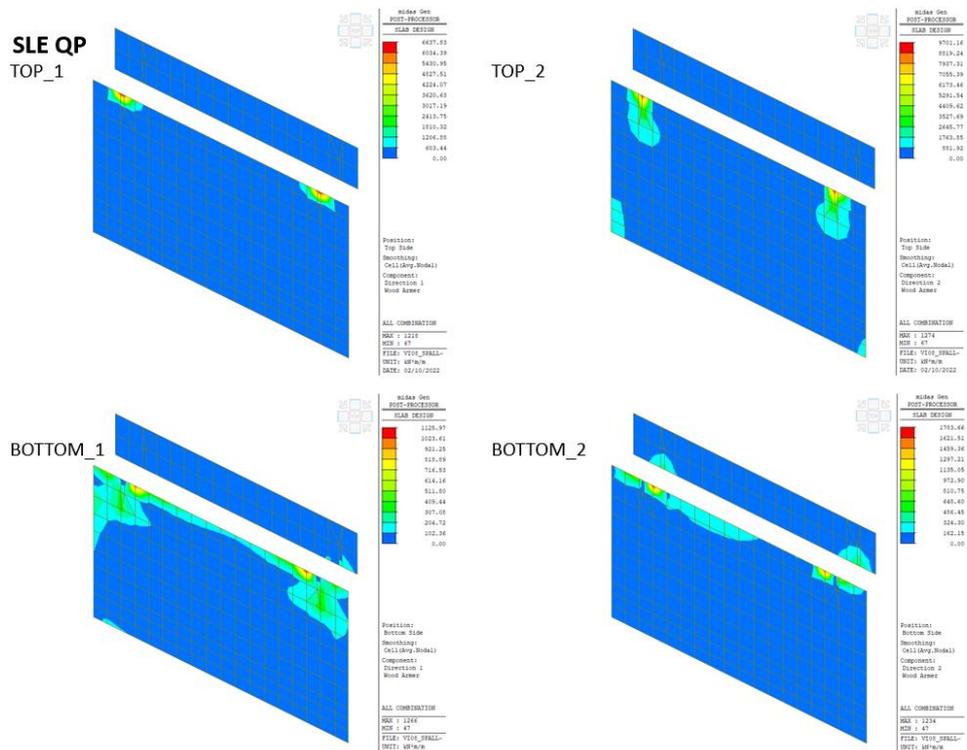


Figura 30. Muro frontale e paragliaia - Momento flettente M11(Or.) e M22(Ver.) - SLE Quasi-permanente

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	41 di 63

Di seguito si presenta una tabella riassuntiva con le sollecitazioni massime ricavate dal modello agli elementi finiti della struttura nel cui sono state considerate tutte le combinazioni di carico precedentemente presentate.

		Superiore X		Inferiore X		Superiore Y		Inferiore Y	
		M [kN-m]	V [kN]						
Plinto	SLU	2987	2198	2536	2198	3429	2125	1941	2125
	SLE_Rara	1678	-	1419	-	1789	-	896	-
	SLE_QP	1211	-	1392	-	1235	-	808	-
		M [kN-m]	V [kN]						
Copertura	SLU	2860	2078	2896	2078	1904	1287	1573	1287
	SLE_Rara	1758	-	2023	-	1338	-	1097	-
	SLE_QP	1006	-	695	-	670	-	478	-

		Orizzontale		Verticale	
		M [kN-m]	V [kN]	M [kN-m]	V [kN]
Muri 1.2 m	SLU	457	633	907	1070
	SLE_Rara	320	-	796	-
	SLE_QP	158	-	395	-
		M [kN-m]	V [kN]	M [kN-m]	V [kN]
Muro Paraghiaia	SLU	857	2113	2339	2236
	SLE_Rara	592	-	1625	-
	SLE_QP	184	-	530	-

		Orizzontale		Verticale		
		M [kN-m]	V [kN]	M [kN-m]	V [kN]	N [kN]
Muro Frontale	SLU	9150	2505	21022	2909	-4677
	SLE_Rara	2150	-	14543	-	-
	SLE_QP	819	-	6173	-	-

8 VERIFICHE STRUTTURALI

Per tutti gli elementi strutturali della spalla vengono svolte le seguenti verifiche:

- verifiche di resistenza (flessione, pressoflessione e/o taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).
- verifiche tensionali per le combinazioni rare e quasi permanenti (SLE).
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE).

Di seguito vengono presentati i valori limite di riferimento per le verifiche agli SLE (tensioni e apertura delle fessure) i cui sono stati calcolate secondo le sezioni §2.5.1.8.3.2.1 e §2.5.1.8.3.2.4 del “Manuale di progettazione delle opere civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture”. Questi valori limite risultano più cautelative nel confronto dei valori limiti definiti secondo le prescrizioni del D.M. 17/01/2018 e la Circolare 21/01/2019.

Limiti Tensionali

Tensione Calcestruzzo		Plinto	Muri	Solette
$\sigma_{c,max}$ [Mpa]	Caratteristica	17.60	17.60	19.25
	Quasi-permanente	12.80	12.80	14.00

Tensione Acciaio		Plinto	Muri	Solette
$\sigma_{s,max}$ [Mpa]	Caratteristica	337.5	337.5	337.5

Limiti Fessurativi

Apertura Fessure		Plinto	Muri	Solette
w [mm]	Caratteristica	0.3	0.2	0.2

8.1 Verifica del plinto

Il plinto di fondazione della struttura con spessore pari a 200 cm è stato progettato con la seguente armatura:

Armatura in X (Direzione longitudinale al treno):

- $\Phi 26/10$ (1mo strato) + $\Phi 20/20$ (2do strato).

Armatura in Y (Direzione trasversale al treno):

- $\Phi 26/10$ (1mo strato) + $\Phi 20/20$ (2do strato).

Armatura a taglio

- Spilli $\Phi 16/20 \times 20$

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	43 di 63

Verifica lato superiore – Direzione X:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	200 cm			
Copriferro:	Lato comp	8 cm	Lato teso	8 cm
Armatura:	Lato compr.	68.80 cm ²	Lato teso	68.80 cm ²
	1° strato:	10 ø 26	1° strato:	10 ø 26
	2° strato:	5 ø 20	2° strato:	5 ø 20
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	2536 kN-m	
Momento resistente	4811 kN-m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	1.90 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	2198 kN	
Taglio resistente	3326 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.51 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	2198 kN
Trazione resistente	2692 kN
Fattore di sicurezza Fs	1.23 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.18 mm	<	0.20	mm
--------------	---------	---	------	----

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	2.63 MPa	<	17.60	MPa
Condizione quasi perm	2.58 MPa	<	12.80	MPa

Acciaio teso

Condizione rara	119.92 MPa	<	337.50	MPa
-----------------	------------	---	--------	-----

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	44 di 63

Verifica lato inferiore – Direzione X:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	200 cm			
Copriferro:	Lato compr.	8 cm	Lato teso	8 cm
Armatura:	Lato compr.	68.80 cm ²	Lato teso	68.80 cm ²
	1° strato:	10 ø 26	1° strato:	10 ø 26
	2° strato:	5 ø 20	2° strato:	5 ø 20
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	2500 kN·m	
Momento resistente	4811 kN·m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	1.92 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	2198 kN	
Taglio resistente	3326 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.51 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	2198 kN
Trazione resistente	2692 kN
Fattore di sicurezza Fs	1.23 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.18 mm	<	0.20	mm
--------------	---------	---	------	----

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	2.61 MPa	<	17.60	MPa
Condizione quasi perm.	1.88 MPa	<	12.80	MPa

Acciaio teso

Condizione rara	118.72 MPa	<	337.50	MPa
-----------------	------------	---	--------	-----

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	45 di 63

Verifica lato superiore – Direzione Y:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	200 cm			
Copriferro:	Lato compr.	5 cm	Lato teso	5 cm
Armatura:	Lato compr.	68.80 cm ²	Lato teso	68.80 cm ²
	1° strato:	10 ø 26	1° strato:	10 ø 26
	2° strato:	5 ø 20	2° strato:	5 ø 20
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	3429 kN·m	
Momento resistente	4848 kN·m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	1.41 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	2125 kN	
Taglio resistente	3379 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.59 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	2125 kN
Trazione resistente	2692 kN
Fattore di sicurezza Fs	1.27 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.18 mm	<	0.20	mm
--------------	---------	---	------	----

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	3.18 MPa	<	17.60	MPa
Condizione quasi perm.	2.20 MPa	<	12.80	MPa

Acciaio teso

Condizione rara	147.95 MPa	<	337.50	MPa
-----------------	------------	---	--------	-----

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	46 di 63

Verifica lato inferiore – Direzione Y:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	200 cm			
Copriferro:	Lato compr.	5 cm	Lato teso	5 cm
Armatura:	Lato compr.	68.80 cm ²	Lato teso	68.80 cm ²
	1° strato:	10 ø 26	1° strato:	10 ø 26
	2° strato:	5 ø 20	2° strato:	5 ø 20
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	2218 kN·m	
Momento resistente	4848 kN·m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	2.19 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	2125 kN	
Taglio resistente	3379 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.59 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	2125 kN
Trazione resistente	2692 kN
Fattore di sicurezza Fs	1.27 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.09 mm	<	0.20	mm
--------------	---------	---	------	----

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	1.82 MPa	<	17.60	MPa
Condizione quasi perm.	1.64 MPa	<	12.80	MPa

Acciaio teso

Condizione rara	84.70 MPa	<	337.50	MPa
-----------------	-----------	---	--------	-----



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	47 di 63

8.2 Verifica della soletta di copertura

La soletta di copertura del manufatto scatolare che ha uno spessore pari a 150 cm è stata progettata con la seguente armatura:

Armatura in X (Direzione longitudinale al treno):

- $\Phi 30/10$ (1mo strato) + $\Phi 24/10$ (2do strato).

Armatura in Y (Direzione trasversale al treno):

- $\Phi 30/10$ (1mo strato) + $\Phi 20/20$ (2do strato).

Armatura a taglio

- Spilli $\Phi 16/20 \times 20$

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	48 di 63

Verifica lato superiore – Direzione X:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	150 cm			
Copriferro:	Lato comp	5 cm	Lato teso	5 cm
Armatura:	Lato compr	115.92 cm ²	Lato teso	115.92 cm ²
	1° strato:	10 ø 30	1° strato:	10 ø 30
	2° strato:	10 ø 24	2° strato:	10 ø 24
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	2860 kN·m	
Momento resistente	5915 kN·m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	2.07 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	2078 kN	
Taglio resistente	2471 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.19 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	2078 kN
Trazione resistente	4536 kN
Fattore di sicurezza Fs	2.18 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.14 mm	<	0.20 mm
--------------	---------	---	---------

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	3.85 MPa	<	17.60 MPa
Condizione quasi perm.	2.20 MPa	<	12.80 MPa

Acciaio teso

Condizione rara	122.72 MPa	<	337.50 MPa
-----------------	------------	---	------------

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	49 di 63

Verifica lato inferiore – Direzione X:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	150 cm			
Copriferro:	Lato comp	5 cm	Lato teso	5 cm
Armatura:	Lato compr	115.92 cm ²	Lato teso	115.92 cm ²
	1° strato:	10 ø 30	1° strato:	10 ø 30
	2° strato:	10 ø 24	2° strato:	10 ø 24
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	2896 kN·m	
Momento resistente	5915 kN·m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	2.04 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	2078 kN	
Taglio resistente	2471 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.19 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	2078 kN
Trazione resistente	4536 kN
Fattore di sicurezza Fs	2.18 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.18 mm <	0.20 mm
--------------	-----------	---------

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	4.43 MPa <	17.60 MPa
Condizione quasi perm.	1.52 MPa <	12.80 MPa

Acciaio teso

Condizione rara	141.18 MPa <	337.50 MPa
-----------------	--------------	------------

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	50 di 63

Verifica lato superiore – Direzione Y:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	150 cm			
Copriferro:	Lato comp	8 cm	Lato teso	8 cm
Armatura:	Lato compr	86.39 cm ²	Lato teso	86.39 cm ²
	1° strato:	10 ø 30	1° strato:	10 ø 30
	2° strato:	5 ø 20	2° strato:	5 ø 20
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	1904 kN·m	
Momento resistente	4402 kN·m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	2.31 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	1287 kN	
Taglio resistente	2440 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.90 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	1287 kN
Trazione resistente	3381 kN
Fattore di sicurezza Fs	2.63 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.19 mm <	0.20 mm
--------------	-----------	---------

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	3.58 MPa <	17.60 MPa
Condizione quasi perm.	1.79 MPa <	12.80 MPa

Acciaio teso

Condizione rara	125.54 MPa <	337.50 MPa
-----------------	--------------	------------

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	51 di 63

Verifica lato inferiore – Direzione Y:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	150 cm			
Copriferro:	Lato comp	8 cm	Lato teso	8 cm
Armatura:	Lato compr	86.39 cm ²	Lato teso	86.39 cm ²
	1° strato:	10 ø 30	1° strato:	10 ø 30
	2° strato:	5 ø 20	2° strato:	5 ø 20
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	1573 kN·m	
Momento resistente	4402 kN·m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	2.80 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	1287 kN	
Taglio resistente	2440 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.90 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	1287 kN
Trazione resistente	3381 kN
Fattore di sicurezza Fs	2.63 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.15 mm <	0.20 mm
--------------	-----------	---------

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	2.93 MPa <	17.60 MPa
Condizione quasi perm.	1.28 MPa <	12.80 MPa

Acciaio teso

Condizione rara	102.90 MPa <	337.50 MPa
-----------------	--------------	------------



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	52 di 63

8.3 Verifica dei muri di spessore 120 cm

Per tutti i muri con uno spessore pari a 120 cm è stata progettata la seguente armatura:

Armatura verticale (Principale):

- $\Phi 26/10$ (lato esterno e interno).

Armatura orizzontale:

- $\Phi 20/10$ (lato esterno e interno).

Armatura a taglio

- Spilli $\Phi 16/20 \times 20$ dove è necessario.
- Minima: n. 9 spilli $\Phi 10/mq$.

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	53 di 63

Verifica – Direzione Verticale:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	120 cm			
Copriferro:	Lato comp	5 cm	Lato teso	5 cm
Armatura:	Lato compr	53.09 cm ²	Lato teso	53.09 cm ²
	1° strato:	10 ø 26	1° strato:	10 ø 26
	2° strato:		2° strato:	
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	907 kN·m	
Momento resistente	2206 kN·m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	2.43 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	1070 kN	
Taglio resistente	1983 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.85 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	1070 kN
Trazione resistente	2078 kN
Fattore di sicurezza Fs	1.94 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.18 mm	<	0.20 mm
--------------	---------	---	---------

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	3.66 MPa	<	17.60 MPa
Condizione quasi perm.	1.82 MPa	<	12.80 MPa

Acciaio teso

Condizione rara	146.28 MPa	<	337.50 MPa
-----------------	------------	---	------------

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	54 di 63

Verifica – Direzione Orizzontale:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	120 cm			
Copriferro:	Lato comp	8 cm	Lato teso	8 cm
Armatura:	Lato compr	31.42 cm ²	Lato teso	31.42 cm ²
	1° strato:	10 ø 20	1° strato:	10 ø 20
	2° strato:		2° strato:	
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	457 kN·m	
Momento resistente	1283 kN·m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	2.81 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	633 kN	
Taglio resistente	1936 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	3.06 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	633 kN
Trazione resistente	1229 kN
Fattore di sicurezza Fs	1.94 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.18 mm	<	0.20	mm
--------------	---------	---	------	----

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	2.06 MPa	<	17.60	MPa
Condizione quasi perm.	1.01 MPa	<	12.80	MPa

Acciaio teso

Condizione rara	101.48 MPa	<	337.50	MPa
-----------------	------------	---	--------	-----



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	55 di 63

8.4 Verifica del muro paraghiaia

Il muro paraghiaia ha uno spessore pari a 100 cm ed è stato progettato con la seguente armatura.

Armatura verticale (Principale):

- $\Phi 30/10$ (1mo strato) + $\Phi 20/20$ (2do strato) (lato esterno e interno).

Armatura orizzontale:

- $\Phi 24/10$ (lato esterno e interno).

Armatura a taglio:

- Spilli $\Phi 16/20 \times 20$ dove è necessario.
- Minima: n. 9 spilli $\Phi 10/mq$.

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	56 di 63

Verifica – Direzione Verticale:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	120 cm			
Copriferro:	Lato compr.	5 cm	Lato teso	5 cm
Armatura:	Lato compr.	86.39 cm ²	Lato teso	86.39 cm ²
	1° strato:	10 ø 30	1° strato:	10 ø 30
	2° strato:	5 ø 20	2° strato:	5 ø 20
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	2339 kN-m	
Momento resistente	3477 kN-m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	1.49 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	1857 kN	
Taglio resistente	1962 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.06 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	1857 kN
Trazione resistente	3381 kN
Fattore di sicurezza Fs	1.82 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.19 mm	<	0.20	mm
--------------	---------	---	------	----

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	4.59 MPa	<	17.60	MPa
Condizione quasi perm.	1.93 MPa	<	12.80	MPa

Acciaio teso

Condizione rara	147.59 MPa	<	337.50	MPa
-----------------	------------	---	--------	-----

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	57 di 63

Verifica – Direzione Orizzontale:

SEZIONE

Tipo	Rettangolare			
Base	100 cm			
Altezza	100 cm			
Copriferro:	Lato compr.	5 cm	Lato teso	5 cm
Armatura:	Lato compr.	45.24 cm ²	Lato teso	45.24 cm ²
	1° strato:	10 ø 24	1° strato:	10 ø 24
	2° strato:		2° strato:	
Staffe:	passo	20 cm	n. braccia	5
	diametro	16 mm		

MATERIALI

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	C32/40

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Flessione

Momento sollecitante	857 kN-m	
Momento resistente	1529 kN-m	Rottura lato cls - acciaio snervato
Fattore di sicurezza Fs	1.78 >1	

Taglio

Taglio sollecitante	1563 kN	
Taglio resistente	1631 kN	<i>resistenza con armatura a taglio</i>
Fattore di sicurezza Fs	1.04 >1	

Trazione all'appoggio

Trazione sollecitante	1563 kN
Trazione resistente	1770 kN
Fattore di sicurezza Fs	1.13 >1

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo	0.19 mm	<	0.20	mm
--------------	---------	---	------	----

Tensioni in esercizio

Calcestruzzo compresso

Condizione rara	4.02 MPa	<	17.60	MPa
Condizione quasi perm.	1.25 MPa	<	12.80	MPa

Acciaio teso

Condizione rara	156.08 MPa	<	337.50	MPa
-----------------	------------	---	--------	-----



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	58 di 63

8.5 Verifica del muro frontale

Il muro frontale di spessore pari a 312 cm è stato progettato con la seguente armatura.

Armatura verticale (Principale):

- $\Phi 30/10$ (1mo strato) + $\Phi 30/10$ (2do strato) + $\Phi 26/10$ (3zo strato) (lato esterno e interno).

Armatura orizzontale:

- $\Phi 26/10$ (1mo strato) + $\Phi 20/10$ (2do strato) (lato esterno e interno).

Armatura a taglio:

- Spilli $\Phi 16/20 \times 20$ dove è necessario.
- Minima: n. 9 spilli $\Phi 10/mq$.

Verifica – Direzione Verticale:

Titolo: Muro Frontale SpA_Vert

N° strati barre: 6 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	312

N°	As [cm²]	d [cm]
2	70.69	12.5
3	70.69	299.5
4	70.69	304.5
5	53.09	17.5
6	53.09	294.5

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 4677 3,118 kN
 M_{xEd} 21022 14,015 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

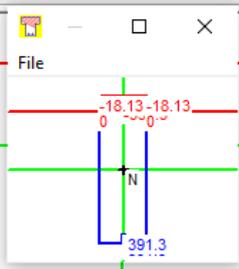
Materiali
 B450C C32/40
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

M_{xRd} 28,555 kN m
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 28.06 ‰
 d 304.5 cm
 x 33.77 x/d 0.1109
 δ 0.7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

File 

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

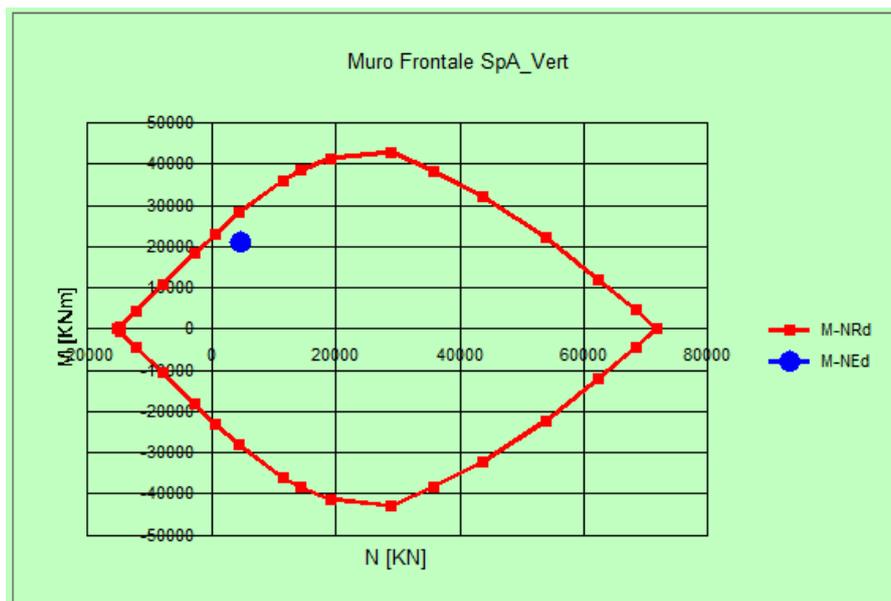


Figura 31: Verifica a presso-flessione SLU

Titolo: Muro Frontale SpA_Vert

N° figure elementari: 1 **Zoom** N° strati barre: 6 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	312	1	70.69	7.5
			2	70.69	12.5
			3	70.69	299.5
			4	70.69	304.5
			5	53.09	17.5
			6	53.09	294.5

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	4677	3118	kN
M _{xEd}	21022	14015	kNm
M _{yEd}	0	0	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C32/40

ϵ_{cu}	67.5	%	ϵ_{c2}	2	%
f_{yd}	391.3	N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5	
E_s	200.000	N/mm ²	f_{cd}	18.13	
ϵ_s / ϵ_c	15		f_{cc} / f_{cd}	0.8	?
ϵ_{syd}	1.957	%	$\sigma_{c,adm}$	12.25	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm ²	τ_{co}	0.7333	
			τ_{c1}	2.114	

σ_c -8.14 N/mm²
 σ_s 197.4 N/mm²

ϵ_s 0.9871 %
 d 304.5 cm
 x 116.4 x/d 0.3821
 δ 0.9177

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo 0.17 mm < 0.20 mm

Figura 32: Verifica a presso-flessione SLE

RESISTENZA A TAGLIO - ELEMENTO PROVISTO DI ARMATURA A TAGLIO

Staffe

Diametro staffe	16	mm
s	200	mm
N° braccia	5	
α	90	°
A_{sw}	1005.31	mm ²
v_1	0.5	
α_{cw}	1.0	

Impostato

θ (°)	45.0	
θ (Rad)	0.79	
ctg θ	1.00	
V_{Rsd} [kN]	5358.45	
V_{Rcd} [kN]	12350.16	
V_{Rd} [kN]	5358.45	Resistenza a taglio con armatura a taglio
V_{Ed} [kN]	2909.00	Sollecitazione

$V_{Ed} < V_{Rd}$ OK La verifica a taglio è soddisfatta

Verifica – Direzione Orizzontale:

Titolo: Muro Frontale SpA_Orizz

N° strati barre: Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	312	1	53.09	7.5
			2	31.42	12.5
			3	31.42	299.5
			4	53.09	304.5

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 B450C C32/40
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

M M_{xRd} 9,795 kNm
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.023 ‰
 ϵ_s 67.5 ‰
 d 304.5 cm
 x 13.05 x/d 0.04286
 δ 0.7

Calcola MRd **Dominio M-N**
 L_0 cm **Col. modello**
 Precompresso

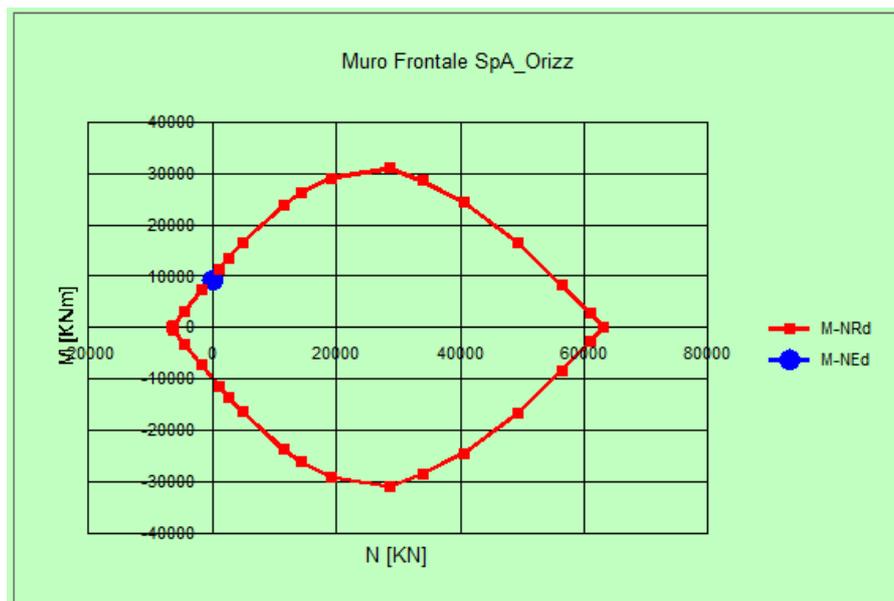


Figura 33: Verifica a flessione SLU

Titolo: Muro Frontale SpA_Orizz

N° strati barre: 4

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	312	1	53.09	7.5
			2	31.42	12.5
			3	31.42	299.5
			4	53.09	304.5

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	9150	6,100	kNm
M _{yEd}	0	0	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C32/40
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

σ_c -4.838 N/mm²
 σ_s 256.6 N/mm²
 ϵ_s 1.283 ‰
 d 304.5 cm
 x 67.13 x/d 0.2205
 δ 0.7156

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Fessurazione - Apertura delle fessure

Condizione rara

w di calcolo 0.17 mm < 0.20 mm

Figura 34: Verifica a flessione SLE



U.O OPERE CIVILI
PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA – TRATTA FINALE L.
ANDORA

Relazione di calcolo – Spalla A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0804001	A	63 di 63

9 VALUTAZIONE DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 17/01/2018)

Le analisi della struttura sono state condotte con un programma agli elementi finiti (Midas Gen) e da fogli Excel di comprovata validità.

L'affidabilità del codice di calcolo è confermata dai test di validazione allegati alla release del programma e dalla sua ampia diffusione che lo pone tra i software specialistici standard previsti dalla specifica tecnica Italferr PPA.0002851.

I risultati ottenuti sono stati considerati attendibili dallo scrivente a fronte di verifiche condotte con metodi semplificati o con altri codici di calcolo nonché dal confronto critico con i risultati presentati dai documenti di progettazione definitiva.