

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. OPERE CIVILI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

VI05 - Viadotto su Torrente Rio Carenda da km 83+644 e 83+667

Relazione di calcolo spalle – VI05

SCALA:

-

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

IV01 00 D 09 CL VI0504 001 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. Vitozzi 

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti  
Dott. Ing. Angelo Vitozzi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova  
N° A20783

File: IV0100D09CLVI0504001A.doc

n. Elab.: X

## INDICE

1	GENERALITA' .....	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
2.1	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	8
3	MATERIALI .....	9
3.1	CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA SPALLE E PILE – FONDAZIONI E ELEVAZIONI.....	9
3.2	ACCIAIO PER C.A.....	9
4	MODELLO DI CALCOLO.....	10
5	ANALISI DEI CARICHI .....	12
5.1	PESO PROPRIO.....	12
5.2	PESO PROPRIO DEL TERRENO .....	12
5.3	SPINTA DEL TERRENO .....	12
5.4	CARICHI PERMANENTI SULLE SPALLE .....	13
5.5	CARICHI VARIABILI.....	13
5.5.1	<i>Carichi da traffico ferroviario.....</i>	<i>13</i>
5.6	SPINTA DOVUTA AI CARICHI VARIABILI .....	15
5.7	CARICHI DERIVANTI DALL'IMPALCATO .....	16
5.8	AZIONI SISMICHE .....	16
5.8.1	<i>Inquadramento sismico .....</i>	<i>18</i>
5.9	SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI SISMICHE.....	21
6	COMBINAZIONI DI CARICO .....	22
7	VERIFICHE SPALLA FISSA .....	26
7.1	FONDAZIONE .....	26
7.1.1	<i>Sollecitazioni massime.....</i>	<i>26</i>
7.1.2	<i>Verifiche agli Stati Limite.....</i>	<i>29</i>
7.2	MURO FRONTALE.....	41

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

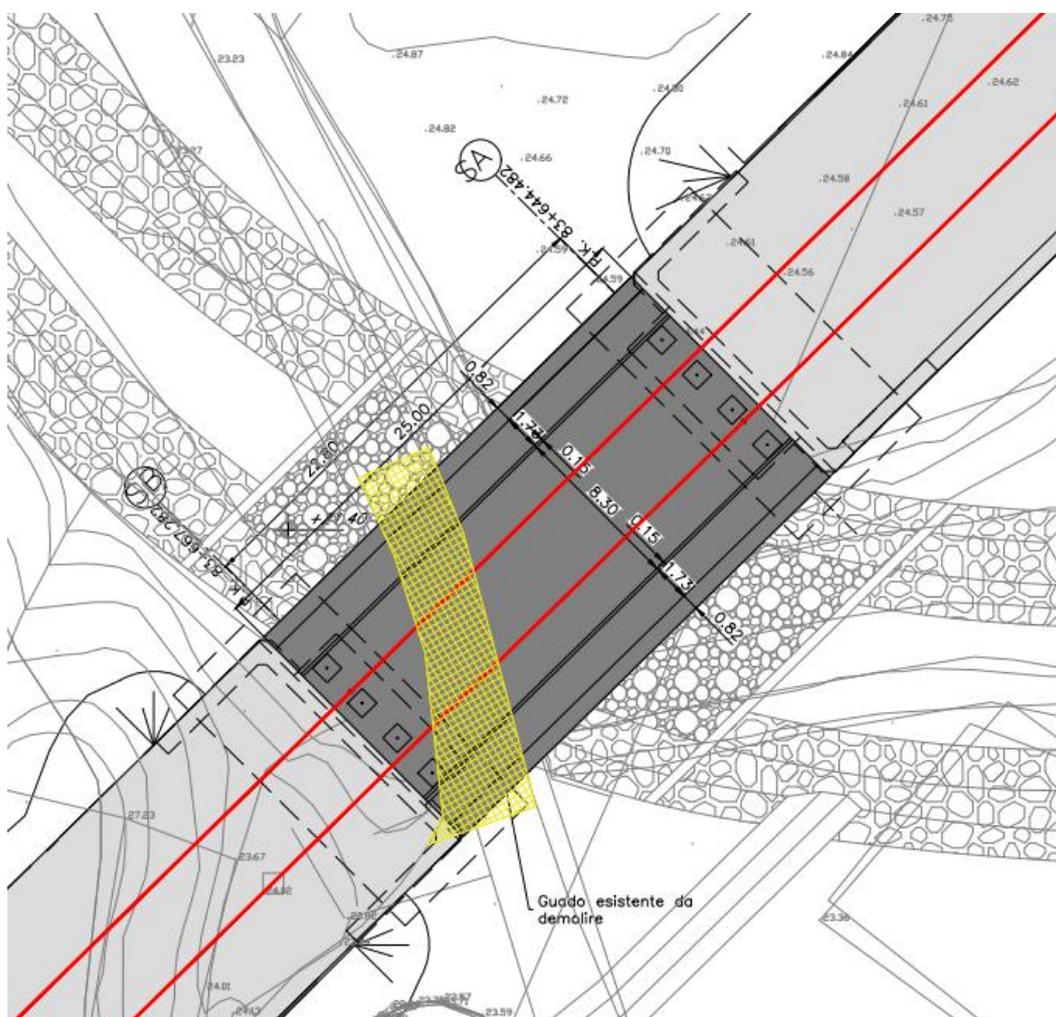
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	3 di 130

7.2.1	<i>Sollecitazioni massime</i> .....	41
7.2.2	<i>Verifiche agli Stati Limite</i> .....	45
7.3	PARAGHIAIA .....	53
7.3.1	<i>Sollecitazioni massime</i> .....	53
7.3.2	<i>Verifiche agli Stati Limite</i> .....	57
7.4	MURI LATERALI.....	65
7.4.1	<i>Sollecitazioni massime</i> .....	65
7.4.2	<i>Verifiche agli Stati Limite</i> .....	69
8	VERIFICHE SPALLA MOBILE .....	77
8.1	FONDAZIONE .....	77
8.1.1	<i>Sollecitazioni massime</i> .....	77
8.1.2	<i>Verifiche agli Stati Limite</i> .....	81
8.2	MURO FRONTALE.....	92
8.2.1	<i>Sollecitazioni massime</i> .....	92
8.2.2	<i>Verifiche agli Stati Limite</i> .....	96
8.3	PARAGHIAIA .....	104
8.3.1	<i>Sollecitazioni massime</i> .....	104
8.3.2	<i>Verifiche agli Stati Limite</i> .....	108
8.4	MURI LATERALI.....	116
8.4.1	<i>Sollecitazioni massime</i> .....	116
8.4.2	<i>Verifiche agli Stati Limite</i> .....	120
9	SCARICHI SULLA PALIFICATA .....	128
10	VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 17/01/2018) .....	131

## 1 GENERALITA'

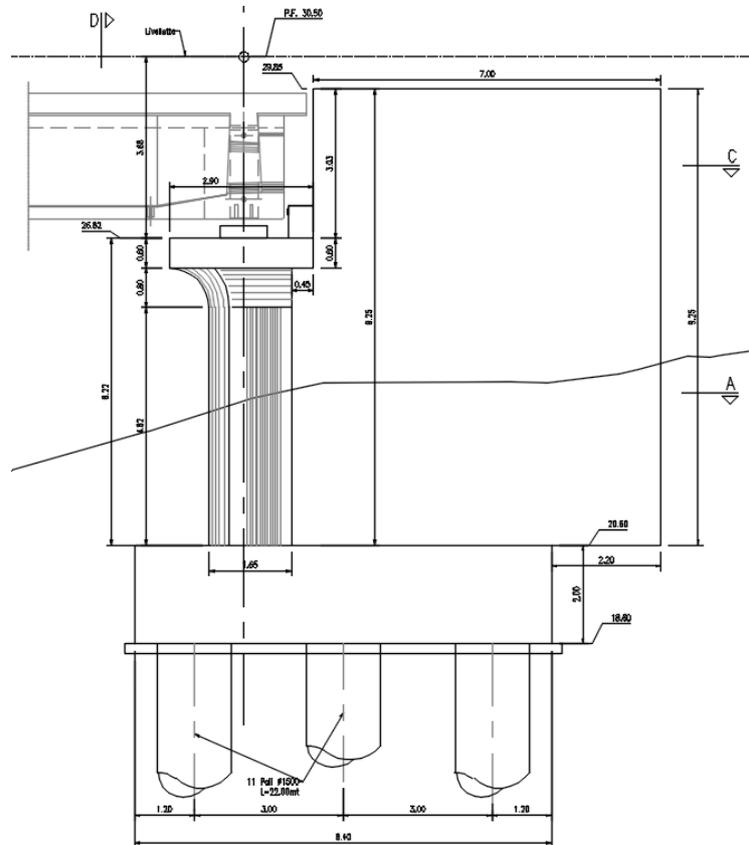
Oggetto della presente relazione e' il calcolo delle sollecitazioni e le conseguenti verifiche di resistenza delle spalle del viadotto sul Rio Carenda, da costruirsi per il raddoppio della linea Genova - Ventimiglia, nella tratta Finale Ligure - Andora.

Il viadotto in esame è composto da un solo impalcato a doppio binario che si sviluppa su 1 campata di luce pari a 25.00m.



**Figura 1: planimetria generale**





**Figura 5: Prospetto spalle**

Unità di misura

- lunghezza [m]
- forze [kN]
- angoli [rad]
- tensioni [N/mm<sup>2</sup>]

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b></p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI0504 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>7 di 130</p>

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”»
- Rif. [2] 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.
- Rif. [3] 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
- Rif. [4] Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- Rif. [5] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- Rif. [6] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- Rif. [7] 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
- Rif. [8] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- Rif. [9] 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
- Rif. [10] EC2-1-1-2005\_Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	8 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

## 2.1 Elaborati di riferimento

Viadotto su Torrente Rio Carenda da Km 83+649 al Km 83+667																						
Relazione descrittiva viadotto VI05		I	V	0	I	0	0	D	0	9	R	H	V	I	0	5	0	0	0	0	1	B
Relazione di calcolo spalla	-	I	V	0	I	0	0	D	0	9	C	L	V	I	0	5	0	4	0	0	1	A
Relazione di calcolo opere provvisionali	-	I	V	0	I	0	0	D	0	9	C	L	V	I	0	5	0	3	0	0	1	A
Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni		I	V	0	I	0	0	D	0	9	C	L	V	I	0	5	0	3	0	0	2	A
Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. L=25m	-	I	V	0	I	0	0	D	0	9	C	L	V	I	0	5	0	8	0	0	1	A
Planimetria generale dell'intervento	1:200	I	V	0	I	0	0	D	0	9	P	9	V	I	0	5	0	0	0	0	1	B
Prospetto e Sezione longitudinale	1:100	I	V	0	I	0	0	D	0	9	A	Z	V	I	0	5	0	0	0	0	1	B
Planimetria scavi ed opere provvisionali	1:100	I	V	0	I	0	0	D	0	9	P	A	V	I	0	5	0	3	0	0	2	B
Planimetria opere di fondazione		I	V	0	I	0	0	D	0	9	P	A	V	I	0	5	0	3	0	0	1	B
Carpenteria spalla A tav.1/2	1:50	I	V	0	I	0	0	D	0	9	B	B	V	I	0	5	0	4	0	0	1	A
Carpenteria spalla A tav.2/2		I	V	0	I	0	0	D	0	9	B	B	V	I	0	5	0	4	0	0	2	A
Carpenteria spalla B tav.1/2		I	V	0	I	0	0	D	0	9	B	B	V	I	0	5	0	4	0	0	3	A
Carpenteria spalla B tav.2/2		I	V	0	I	0	0	D	0	9	B	B	V	I	0	5	0	4	0	0	4	A
Carpenteria trave in c.a.p. tipo 2	1:50	I	V	0	I	0	0	D	0	9	B	Z	V	I	0	5	0	8	0	0	1	B
Carpenteria trave in c.a.p. S.B. L=25 m tipo 2	varie	I	V	0	I	0	0	D	0	9	B	Z	V	I	0	5	0	8	0	0	2	B
Carpenteria impalcato in c.a.p. L=25m	1:50	I	V	0	I	0	0	D	0	9	B	B	V	I	0	5	0	8	0	0	1	B
Fasi realizzative e opere provvisionali	varie	I	V	0	I	0	0	D	0	9	P	Z	V	I	0	5	0	0	0	0	1	A
Opere provvisionali		I	V	0	I	0	0	D	0	9	B	Z	V	I	0	5	0	3	0	0	1	A
Particolari, dettagli e finiture	varie	I	V	0	I	0	0	D	0	9	B	Z	V	I	0	5	0	0	0	0	1	B
Schema di vincolo appoggi e giunti		I	V	0	I	0	0	D	0	9	D	Z	V	I	0	5	0	7	0	0	1	A

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	9 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

### 3 MATERIALI

Si riportano di seguito i materiali previsti per la realizzazione delle strutture, suddivisi per elemento costruttivo.

#### 3.1 Calcestruzzo per getti in opera spalle e pile – fondazioni e elevazioni

Classe	C32/40		
Rck =	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
fck =	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
fcm =	40	MPa	valor medio resistenza cilindrica
αcc=	0.85		coef. rid. Per carichi di lunga durata
gM=	1.5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
fcd =	18.13	MPa	resistenza di progetto
fctm =	3.02	MPa	resistenza media a trazione semplice
fcfm =	3.63	MPa	resistenza media a trazione per flessione
fctk =	2.12	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
Ecm =	33346	MPa	Modulo elastico di progetto
ν =	0.2		Coefficiente di Poisson
Gc =	13894	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto

#### 3.2 Acciaio per c.a.

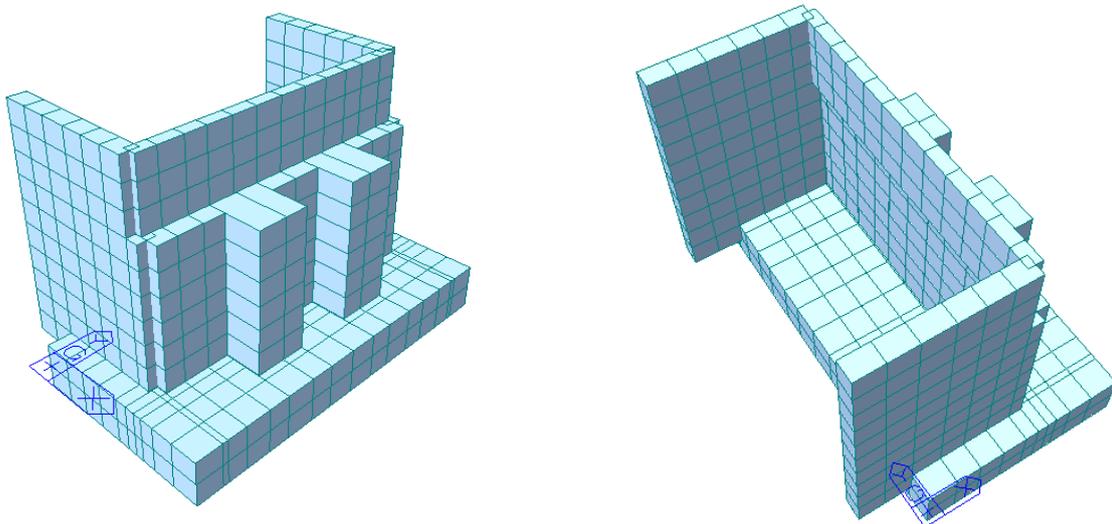
B450C			
f <sub>yk</sub> ≥	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
f <sub>tk</sub> ≥	540	MPa	tensione caratteristica di rottura
(f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub> ≥	1,15		
(f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub> <	1,35		
g <sub>s</sub> =	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
f <sub>yd</sub> =	391,3	MPa	tensione caratteristica di snervamento
E <sub>s</sub> =	200000	MPa	Modulo elastico di progetto
ε <sub>yd</sub> =	0,196%		deformazione di progetto a snervamento
ε <sub>uk</sub> = (A <sub>gt</sub> ) <sub>k</sub>	7,50%		deformazione caratteristica ultima

#### 4 MODELLO DI CALCOLO

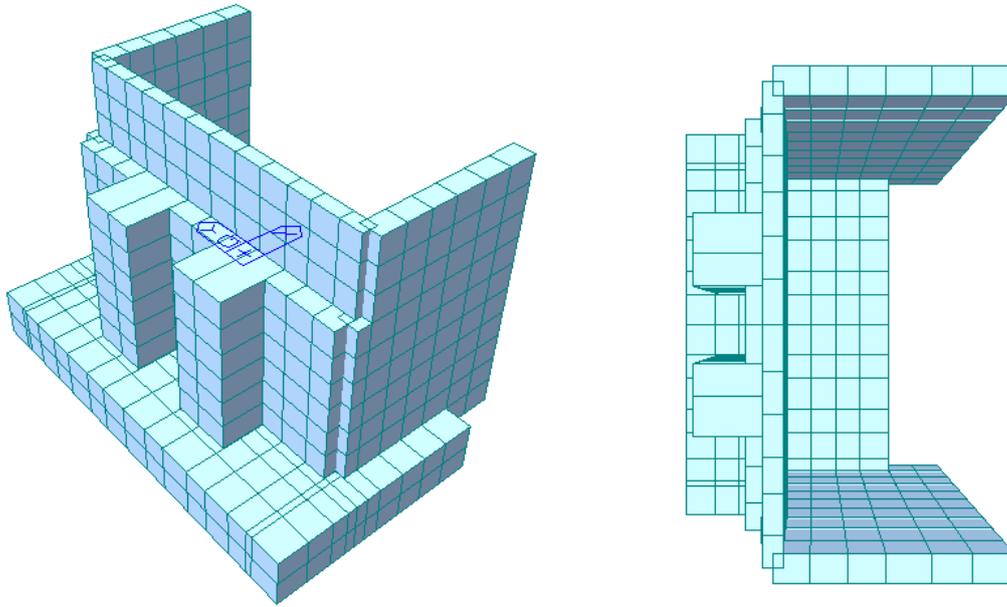
Lo studio del comportamento strutturale delle spalle viene effettuato tramite un modello tridimensionale realizzato con l'ausilio del programma di calcolo ad elementi finiti *Midas Gen*.

Gli elementi costituenti la spalla vengono schematizzati mediante elementi bidimensionali di tipo "Plate".

Si riporta di seguito una immagine illustrativa della modellazione tridimensionale realizzata.



**Figura 3 –Viste 3d del modello di calcolo spalla fissa**



**Figura 4 –Viste 3d del modello di calcolo spalla mobile**

I nodi superiori degli elementi plate dell'estremità superiore del muro frontale sono collegati ai nodi inferiori del paraghiaia attraverso braccetti rigidi che ne vincola rigidamente gli spostamenti.

Gli appoggi del ponte sono schematizzati tramite elementi rigidi alle cui estremità sono applicati i carichi derivanti dall'analisi dell'impalcato che vengono scaricati sulla spalla, oggetto di dimensionamento e verifica.

I pali di fondazione sono stati schematizzati come vincoli fissi (cerniere).

Per l'estrazione degli scarichi da applicare sulla palificata, è stato realizzato un secondo modello con l'applicazione di un vincolo rigido a tutti i nodi della fondazione (zattera infinitamente rigida) e un unico vincolo incastro al baricentro della palificata.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

## 5 ANALISI DEI CARICHI

Nel presente paragrafo si descrivono i carichi agenti sull'impalcato, utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni agenti negli elementi strutturali dell'impalcato.

### 5.1 Peso proprio

Il peso proprio delle strutture viene considerato automaticamente dal software di calcolo utilizzato. Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc.

### 5.2 Peso proprio del terreno

Il peso proprio del terreno da rilevato è valutato in ragione di 20.0 kN/m<sup>3</sup> e grava sulla fondazione della spalla.

I carichi applicati alla fondazione delle due spalle sono dunque pari a:

#### Spalla fissa

$$\text{Parte interna} \quad q_{\text{terr}} = 20 \text{ kN/mc} \cdot 10.25 \text{ m} = 205.0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Parte esterna} \quad q_{\text{terr}} = 20 \text{ kN/mc} \cdot 2.15 \text{ m} = 43 \text{ kN/m}^2$$

#### Spalla mobile

$$\text{Parte interna} \quad q_{\text{terr}} = 20 \text{ kN/mc} \cdot 10.25 \text{ m} = 205.0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Parte esterna} \quad q_{\text{terr}} = 20 \text{ kN/mc} \cdot 2.15 \text{ m} = 43 \text{ kN/m}^2$$

### 5.3 Spinta del terreno

La spinta dovuta al peso proprio del terreno sugli elementi verticali della spalla è calcolato secondo la seguente formula:

$$S_{\text{terr}} = k_0 \cdot \gamma_d \cdot H \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$k_0 = 1 - \text{sen}(\phi_d)$$

dove:

$$\gamma_d = 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso di progetto terreno per unità di volume}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA  IV01	LOTTO  00	CODIFICA  D 09 CL	DOCUMENTO  VI0504 001	REV.  A	FOGLIO  13 di 130

$\phi_d = 38^\circ$                       angolo di attrito interno di progetto del terreno

$K_0 = 0.384$                       coefficiente di spinta a riposo

$H = 0.00 - 11.25$  m            altezza di spinta

$S_{terr}$  massima ( $H = 11.25$  m) = 86.40 kN/m<sup>2</sup>

## 5.4 Carichi permanenti sulle spalle

Si considera la presenza del ballast al di sopra del rilevato, pari a  
 $0.80 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 = 14.4 \text{ kN/m}^2$ .

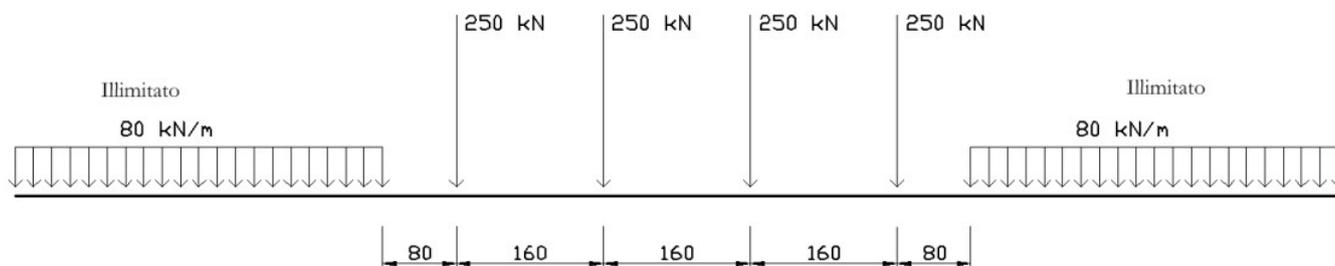
## 5.5 Carichi variabili

### 5.5.1 Carichi da traffico ferroviario

Per quanto riguarda le azioni prodotte dai sovraccarichi verticali da traffico, vista la geometria dell'opera e la presenza del singolo binario, sono state esaminate, separatamente, le condizioni di carico corrispondenti al passaggio di ciascuno dei treni di carico previsti dalla normativa; di seguito si riportano una descrizione dei treni ed i risultati ottenuti.

#### 5.5.1.1 Treno di carico LM71

Il Treno di carico LM71 è schematizzato nella figura seguente.

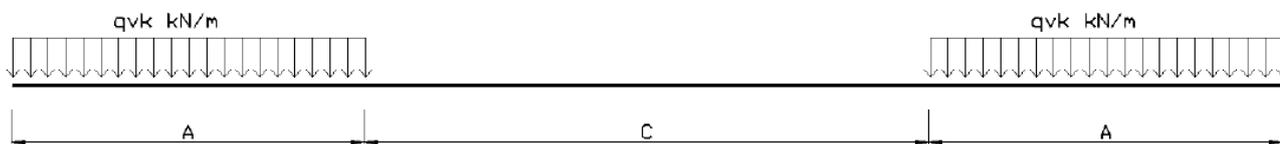


**Figura 5 – Treno di carico LM71**

Per questo modello di carico è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario pari a  $s/18$ , con  $s=1435$  mm. Quindi, l'eccentricità considerata nel modo più sfavorevole per le strutture è pari a:  $e = \sim 80$  mm

#### 5.5.1.2 Treno di carico SW

Il Treno di carico SW/2 è schematizzato nella figura seguente.



**Figura 6 – Treno di carico SW**

**Tabella 1 - caratterizzazione treni di carico SW**

Tipo di carico	Qvk [kN/m]	A [m]	C [m]
SW/0	133	15.0	5.3
SW/2	150	25.0	7.0

**Nel presente documento, si è considerato solo il modello di carico SW/2.**

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente " $\alpha$ " che deve assumersi come da tabella seguente:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

**Tabella 2 - coefficienti  $\alpha$  per modelli di carico**

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " $\alpha$ "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

### 5.5.1.3 Valori risultanti

Ai fini delle verifiche locali, la condizione di carico più sfavorevole è data dalla presenza del locomotore LM71.

La diffusione longitudinale e trasversale dei carichi è stata effettuata, a partire dall'intradosso della traversa, nell'ipotesi di ripartizione nel ballast e nella soletta rispettivamente nei rapporti 4:1 e 1:1.

Si considera quindi il carico risultante di 250 kN, applicato su un'impronta di 1.60 m x 2.80 m.

Ai fini delle verifiche globali, per tener conto del traffico ferroviario, si applica un sovraccarico uniformemente distribuito di 40 kN/m<sup>2</sup>, su tutta la larghezza della spalla.

## 5.6 Spinta dovuta ai carichi variabili

La spinta dovuta al carico accidentale è calcolata secondo la seguente formula:

$$S_{acc} = k_0 \cdot q_{acc} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$k_0 = 1 - \text{sen}(\phi_d)$$

dove:

$$q_0 = 40 \text{ kN/m}^2 \quad \text{carico accidentale dovuto al traffico ferroviario}$$

$$\phi_d = 38^\circ \quad \text{angolo di attrito interno di progetto del terreno}$$

$$K_0 = 0.384 \quad \text{coefficiente di spinta a riposo}$$

$$S_{acc} = 15.37 \text{ kN/m}^2$$

Ai fini delle verifiche locali del paraghiaia, si considera la spinta dovuta al carico variabile dallo schema di carico LM71 sull'impronta di 1.60 m x 2.80 m.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

Pressione verticale  $q_v = 250 / (1.60 \times 2.80) = 55.80 \text{ kN/m}^2$

$K_0 = 0.384$  coefficiente di spinta a riposo

$q_h = 0.384 \times 55.80 = 21.43 \text{ kN/m}^2$

### 5.7 Carichi derivanti dall'impalcato

Le azioni derivanti dall'impalcato per i vari casi di carico sono state assegnate alle spalle in corrispondenza dei dispositivi di appoggio. Per il dettaglio degli scarichi, si rimanda alla relazione di calcolo dell'impalcato.

### 5.8 Azioni sismiche

In accordo al § 7.9 delle NTC2018 e al MdP 2021, per determinare le sollecitazioni sismiche di progetto sulle sottostrutture del cavalcavia viene eseguita un'analisi sismica "lineare statica".

Si adotta un comportamento strutturale dissipativo con classe di duttilità "Bassa".

Per calcolare le sollecitazioni di progetto nelle tre direzioni (longitudinale, trasversale e verticale), si considerano i seguenti contributi:

#### Spalla fissa

Direzione X (longitudinale, coincidente con l'asse dell'impalcato)

- Forze d'inerzia ottenute moltiplicando le masse dei carichi permanenti (parte di impalcato di competenza della spalla, spalla, fondazione e terreno al di sopra della fondazione) per l'accelerazione  $S_e(T_B)$ , ordinata massima dello spettro allo SLV (plateau) con

$$q = 1.5 \text{ (elevazione)}$$

$$q = 1.5/1.1 = 1.36 \text{ (fondazioni: pali e plinto);}$$

- Spinta attiva in condizioni sismiche, calcolata con il metodo Mononobe-Okabe.

Direzione Y (trasversale, ortogonale all'asse dell'impalcato)

- Forze d'inerzia ottenute moltiplicando le masse dei carichi permanenti (parte di impalcato di competenza della spalla, spalla, fondazione e terreno al di sopra della fondazione) per

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b></p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI0504 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>17 di 130</p>

$$k_h = \beta_s \times a_{\max} \quad \text{con} \quad \beta_s = 1 \quad \text{quindi,}$$

$$k_h = a_{\max} = a_g \times S_s \times S_T$$

Direzione Z (verticale)

- Forze d'inerzia ottenute moltiplicando le masse dei carichi permanenti (parte di impalcato di competenza della spalla, spalla, fondazione e terreno al di sopra della fondazione) per

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

### Spalla mobile

Direzione X (longitudinale, coincidente con l'asse dell'impalcato)

- Forze d'inerzia ottenute moltiplicando le masse dei carichi permanenti (parte di impalcato di competenza della spalla, spalla, fondazione e terreno al di sopra della fondazione) per

$$k_h = \beta_s \times a_{\max} \quad \text{con} \quad \beta_s = 1 \quad \text{quindi,}$$

$$k_h = a_{\max} = a_g \times S_s \times S_T$$

- Spinta attiva in condizioni sismiche, calcolata con il metodo Mononobe-Okabe.

Direzione Y (trasversale, ortogonale all'asse dell'impalcato)

- Forze d'inerzia ottenute moltiplicando le masse dei carichi permanenti (parte di impalcato di competenza della spalla, spalla, fondazione e terreno al di sopra della fondazione) per

$$k_h = \beta_s \times a_{\max} \quad \text{con} \quad \beta_s = 1 \quad \text{quindi,}$$

$$k_h = a_{\max} = a_g \times S_s \times S_T$$

Direzione Z (verticale)

- Forze d'inerzia ottenute moltiplicando le masse dei carichi permanenti (parte di impalcato di competenza della spalla, spalla, fondazione e terreno al di sopra della fondazione) per

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

### 5.8.1 Inquadramento sismico

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione del viadotto e sono pari a:

Longitudine: 8.173959

Latitudine: 44.06403

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

Vita nominale  $V_N = 75$  anni

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$

Categoria di suolo: E

Condizione topografica: T1

Fattore di struttura componente orizzontale  $q = 1.5$  per la struttura della spalla

Fattore di struttura componente orizzontale  $q = 1.5 / 1.1 = 1.36$  per le fondazioni

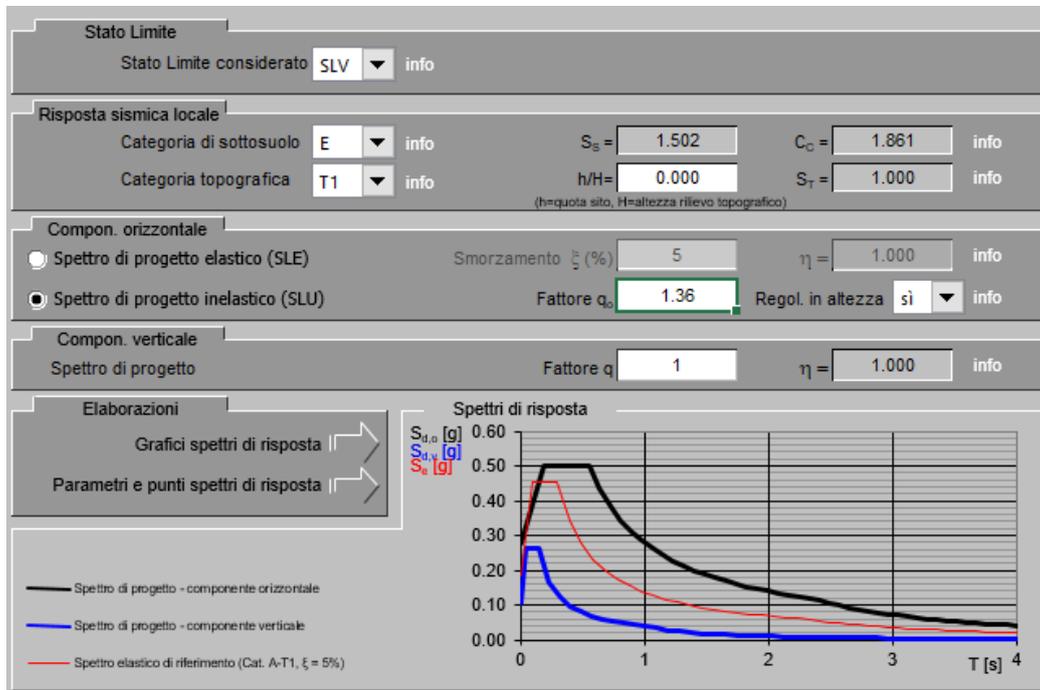
Fattore di struttura componente verticale  $q = 1$

Le masse considerate sono quelle dovute a tutti i carichi permanenti e al 20% dei carichi da traffico.

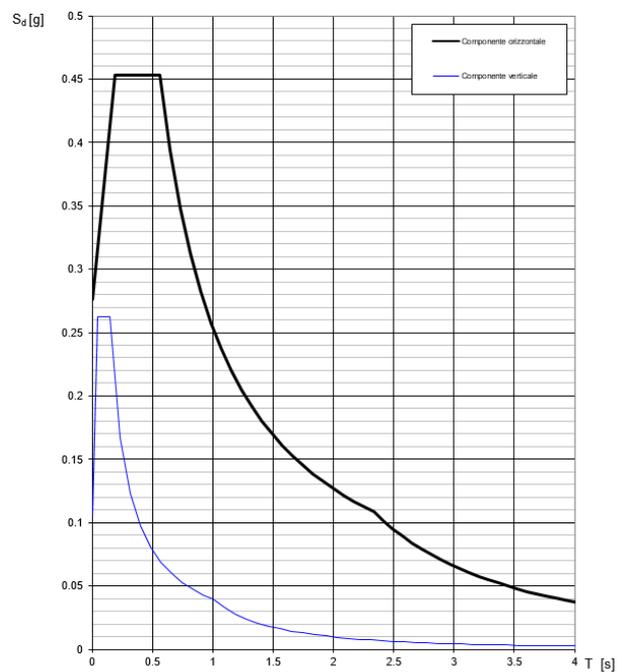
L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta sono:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.042	2.573	0.225
SLD	113	0.058	2.560	0.244
SLV	1068	0.184	2.461	0.300
SLC	2193	0.245	2.485	0.316

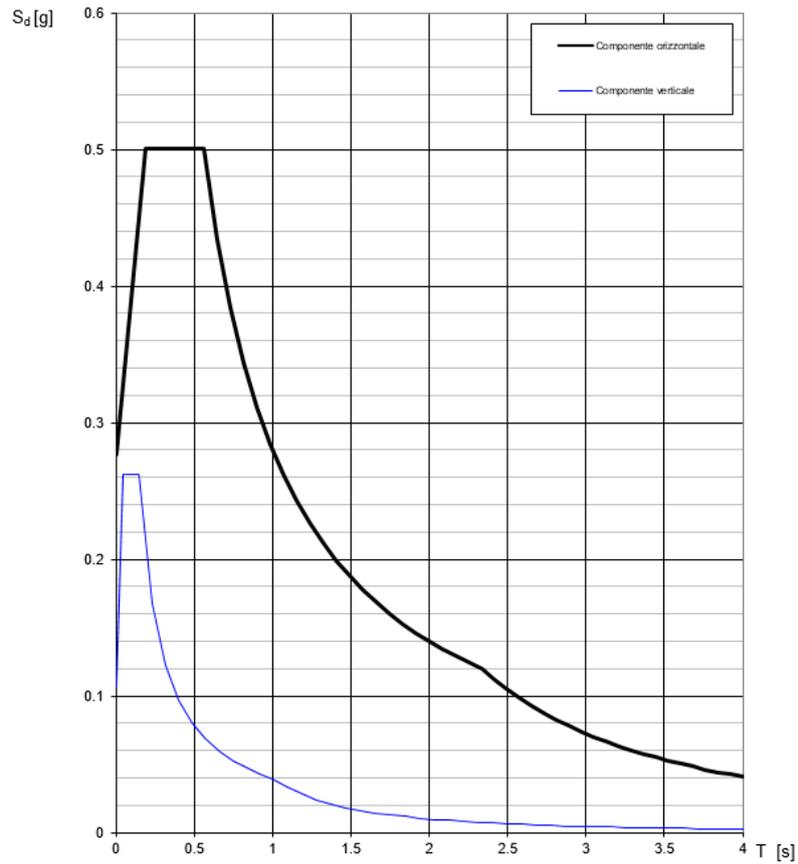


**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



**Figura 7: Spettro di risposta orizzontale e verticale allo SLV ( $q=1.5$ )**

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



**Figura 8: Spettro di risposta orizzontale e verticale allo SLV ( $q=1.36$ )**

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p><b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b></p>	<p>COMMESSA</p> <p>IV01</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>VI0504 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>21 di 130</p>

Per le verifiche della struttura si opererà sommando gli effetti delle tre componenti  $E_x$ ,  $E_y$  e  $E_z$  ponendo alternativamente una al 100% e le due restanti al 30%, secondo le seguenti espressioni:

Caso 1 (Sisma X al 100%):  $E = \pm 1.00 \cdot E_x \pm 0.30 \cdot E_y \pm 0.30 \cdot E_z$

Caso 2 (Sisma Y al 100%):  $E = \pm 0.30 \cdot E_x \pm 1.00 \cdot E_y \pm 0.30 \cdot E_z$

Caso 3 (Sisma Z al 100%):  $E = \pm 0.30 \cdot E_x \pm 0.30 \cdot E_y \pm 1.00 \cdot E_z$

## 5.9 Spinta attiva in condizioni sismiche

Per la spinta sismica in condizioni sismiche è stata utilizzata la formulazione di Mononobe-Okabe.

Per il caso in esame si ha:

$\gamma_t = 20 \text{ kN/mc}$        $\varphi' = 38^\circ$        $k_h = 0.276$

per cui si ottiene       $k_a = 0.432$

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

IV01      00      D 09 CL      VI0504 001      A      22 di 130

## 6 COMBINAZIONI DI CARICO

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella seguente tabella:

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.

Il gruppo 4 è da considerarsi esclusivamente per le verifiche a fessurazione. I valori indicati fra parentesi si assumeranno pari a: (0,6) per impalcati con 2 binari caricati e (0,4) per impalcati con tre o più binari caricati.

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	23 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
**Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU**

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ced}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

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

**Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni**

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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
Gruppi di carico	$gr_1$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_2$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	$gr_3$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 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.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

**Tabella 3 - Valutazione dei carichi da traffico (da “Istruzioni per la progettazione e l’esecuzione dei font ferroviari”)**

Le azioni di cui ai paragrafi precedenti sono combinate tra loro, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto relative agli elementi strutturali di volta in volta considerati in base a quanto prescritto dal D.M. 17 Gennaio 2018 ai paragrafi § 2.5.3 e §5.2.3.

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	24 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
  - Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
  - Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
  - Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
  - Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:  

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
  - Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:  

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]
- Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:  

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

Nella tabella seguente si riportano i valori di combinazioni adottati per analisi e verifiche. I valori riportati in tabella considerano già i coefficienti di combinazione previsti dalla normativa.

Tipo Combinazione	Azione dominante	G1	G2	gr_traffico	Sp_var	Fw_Vento	Tk_ΔT	Peso_terr	Sp_terr
SLU 01	gr1	1.35	1.5	1.45	1.45	0.9	0.9	1.35	1.35
SLU 02	gr2	1.35	1.5	1.45	1.45	0.9	0.9	1.35	1.35
SLU 03	gr3	1.35	1.5	1.45	1.45	0.9	0.9	1.35	1.35
SLU 04	Fw	1.35	1.5	1.16	1.16	1.5	0.9	1.35	1.35
SLU 05	Fw	1.35	1.5	1.16	1.16	1.5	0.9	1.35	1.35
SLU 06	Fw	1.35	1.5	1.16	1.16	1.5	0	1.35	1.35
SLU 07	Fw	1.35	1.5	1.16	1.16	1.5	0.9	1.35	1.35
SLU 08	Tk	1.35	1.5	1.16	1.16	0.9	1.5	1.35	1.35

RARA (Caratteristica) 01	gr1	1	1	1	1	0.6	0.6	1	1
RARA 02(Caratteristica)	gr2	1	1	1	1	0.6	0.6	1	1
RARA 03(Caratteristica)	gr3	1	1	1	1	0.6	0.6	1	1
RARA (Caratteristica) 04	gr4	1	1	1	1	0.6	0.6	1	1
RARA (Caratteristica) 05	Fw	1	1	0	0	1	0.6	1	1
RARA (Caratteristica) 06	Fw	1	1	1	1	1	0.6	1	1
RARA (Caratteristica) 07	Fw	1	1	0.8	0.8	1	0.6	1	1
RARA (Caratteristica) 08	Tk	1	1	0.8	0.8	1	0.6	1	1

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	25 di 130

RARA (Caratteristica)	09	gr1	1	1	0.8	0.8	0.6	1	1	1
--------------------------	----	-----	---	---	-----	-----	-----	---	---	---

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA <b>IV01</b>	LOTTO <b>00</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0504 001</b>	REV. <b>A</b>

## 7 VERIFICHE SPALLA FISSA

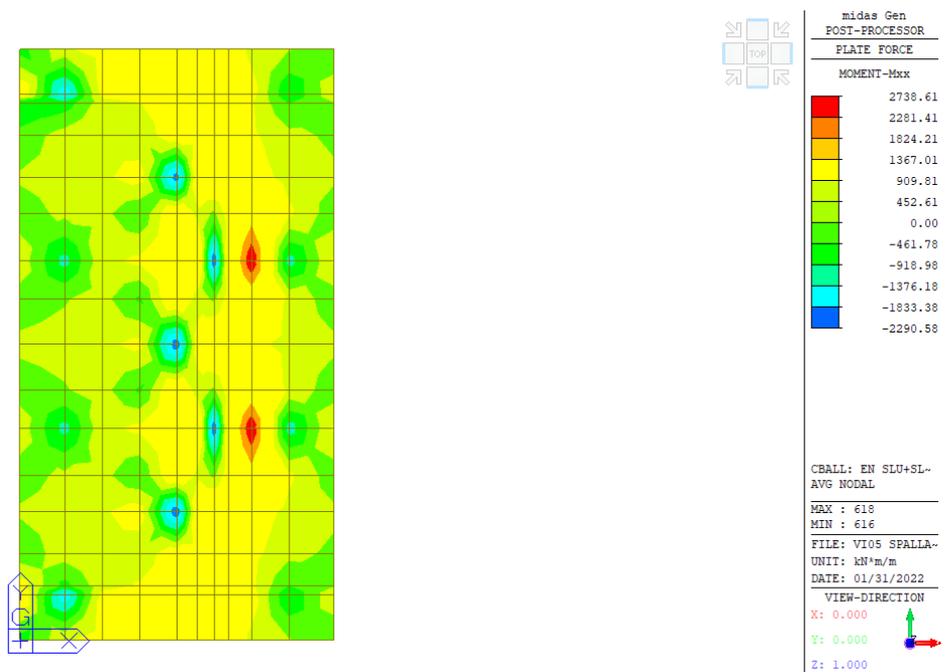
### 7.1 Fondazione

#### 7.1.1 Sollecitazioni massime

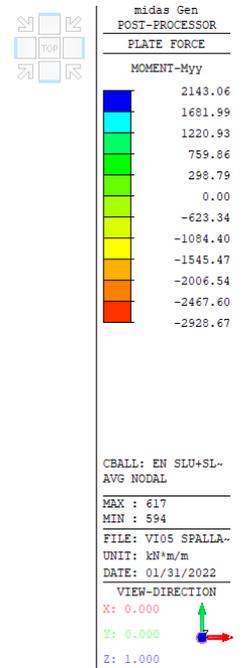
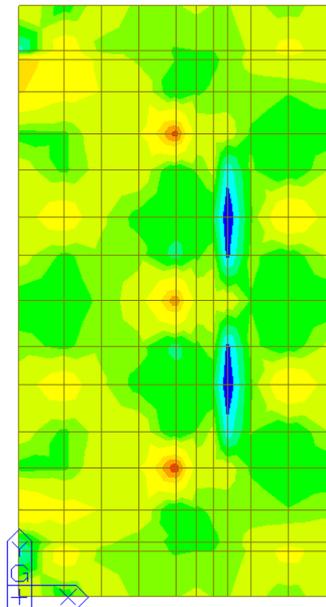
Si riportano le sollecitazioni massime e minime nella fondazione della spalla, nelle varie combinazioni di carico agli Stati Limite. Per brevità di notazione si riportano i diagrammi delle sole azioni massime e minime nella condizione di involucro delle combinazioni agli stati limite ultimi (SLU + SLV)

La direzione X coincide con la direzione longitudinale (asse impalcato) e la direzione Y con quella trasversale.

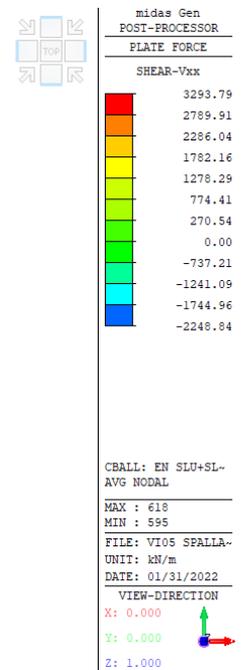
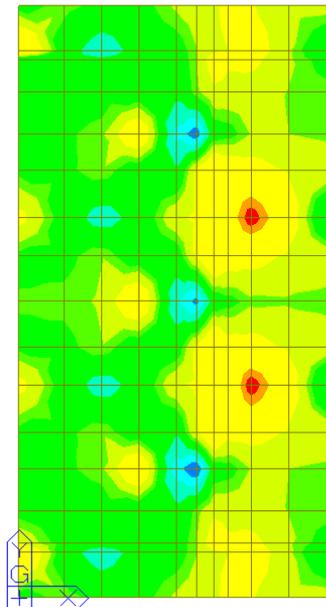
Il momento positivo tende le fibre inferiori della fondazione.



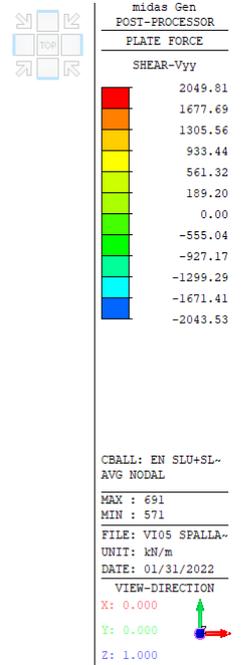
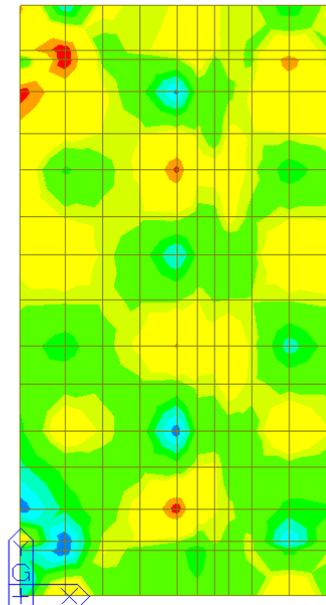
**Inviluppo momento flettente in direzione X – SLU + SLV**



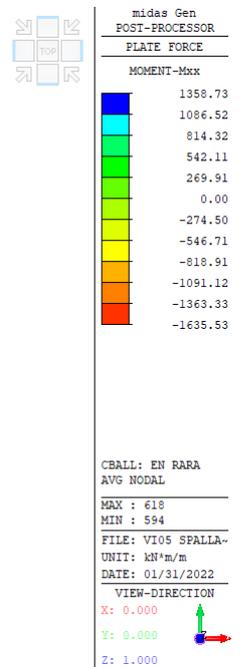
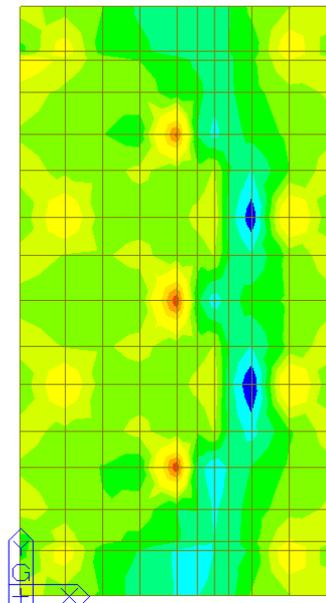
**Involuppo momento flettente in direzione Y - SLU + SLV**



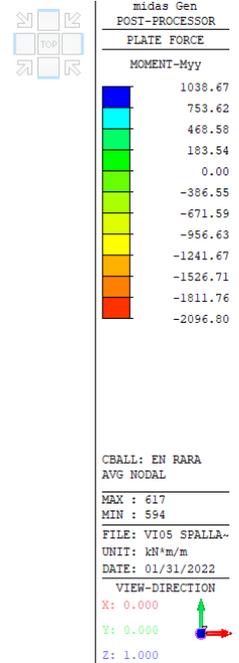
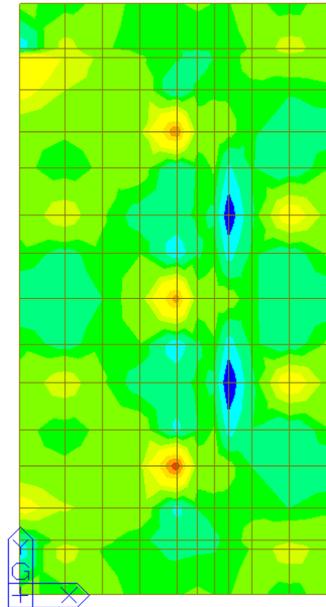
**Involuppo azione di taglio in direzione X - SLU + SLV**



**Involuppo azione di taglio in direzione Y - SLU + SLV**



**Involuppo momento flettente in direzione X – SLE RARA**



### Involuppo momento flettente in direzione Y – SLE RARA

#### 7.1.2 Verifiche agli Stati Limite

La fondazione è armata con maglie di  $\phi 18/10 \times 10$  disposte al lembo superiore ed inferiore. Il copriferro netto è pari a 40 mm. Lo strato di armatura esterno viene posato in direzione Y e quello interno in direzione X.

A taglio si utilizzano spilli  $\phi 12/30 \times 30$ .

Si riportano nel seguito le verifiche strutturali agli stati limite ultimi e di esercizio.

Le verifiche si effettuano con le sollecitazioni mediate per una lunghezza confrontabile all'altezza utile della piastra.

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	30 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
**DEFINIZIONE DEI MATERIALI**
**Calcestruzzo - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005**

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	40	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	33.2	[MPa]
Coefficiente di sicurezza parziale per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1.5	[-]
Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	0.85	[-]
Valore medio della resistenza a compressione cilindrica	$f_{cm}$	41.2	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo	$f_{ctm}$	3.1	[MPa]
Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 5%)	$f_{ctk;0,05}$	2.2	[MPa]
Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 95%)	$f_{ctk;0,95}$	4.0	[MPa]
Modulo di elasticità secante del calcestruzzo	$E_{cm}$	33643	[MPa]
Deformazione di contrazione nel calcestruzzo alla tensione $f_c$	$\varepsilon_{c1}$	0.0020	[-]
Deformazione ultima di contrazione nel calcestruzzo	$\varepsilon_{cu}$	0.0035	[-]

Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo	$f_{cd}$	18.81	[MPa]
Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo	$f_{ctd}$	1.45	[MPa]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92	[MPa]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94	[MPa]

**Acciaio - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005**

Resistenza a snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	450	[MPa]
Coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio	$\gamma_s$	1.15	[-]
Modulo di elasticità secante dell'acciaio	$E_s$	200000	[MPa]
Deformazione a snervamento dell'acciaio	$\varepsilon_{yd}$	0.001957	[-]
Deformazione ultima dell'acciaio	$\varepsilon_{su}$	0.01	[-]
Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$	391.3	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	31 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
**Verifiche in direzione X**
Verifica a flessione

SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	2000	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	79	[mm]
Altezza utile della sezione	d	1921	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	1834.17	[kNm]
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	1472.5	[kNm]

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	32 di 130

Relazione di calcolo spalle - VI05

Verifica a taglio

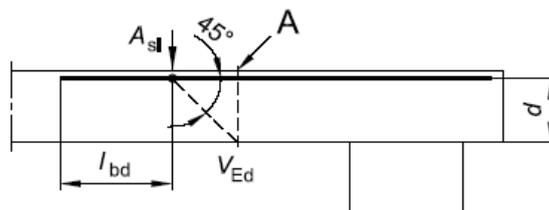
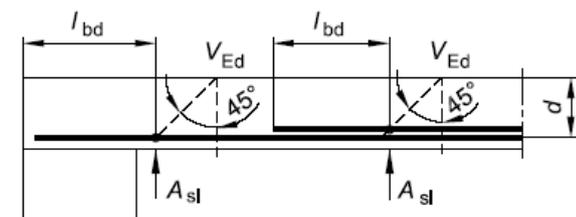
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	1935	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.32	[-]
		1.32	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0013247	[-]
		0.0013247	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	499.54	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	589.30	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **589.30** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	1728.9	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **2083.15** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **5648.68** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per  $\cot\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **2083.15** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **9035.10** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	33 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime (SLE)

<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	812.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	2000 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	79 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	1921 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	321.79 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1.10977E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>2.35 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>175.52 [MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>		
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	578.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	2000 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	79 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	1921 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	321.79 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1.10977E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.68 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>124.94 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

IV01    00    D 09 CL    VI0504 001    A    34 di 130

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b><math>M_{Ed,caratt.}</math></b>	<b>790 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x$	321.79 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	170.76 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	197.5 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	197500 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01288 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000336 [-] 0.000512 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	18.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	380.29 [mm] 380.29 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b><math>w_k</math></b>	<b>0.1948 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b><math>w_{max}</math></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	35 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
**Verifiche in direzione Y**
Verifica a flessione

SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	2000	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	61	[mm]
Altezza utile della sezione	d	1939	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	1870.02	[kNm]
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	1838.0	[kNm]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	36 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

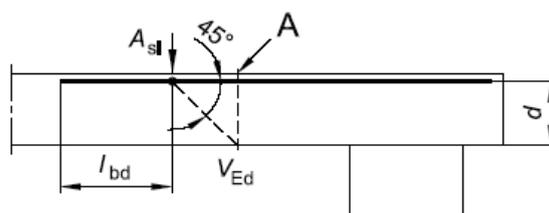
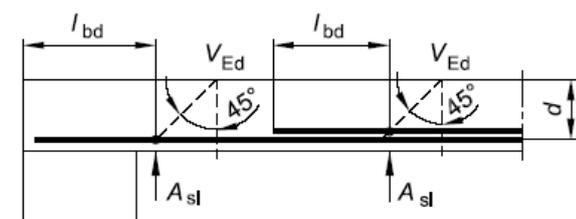
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	1825	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.32	[-]
		1.32	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0013124	[-]
		0.0013124	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	502.09	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	593.81	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **593.81** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	1745.1	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **2102.67** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **5701.61** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per  $\cot\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **2102.67** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **9119.76** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	37 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifiche delle tensioni
**Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	977.8 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	2000 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	61 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	1939 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	321.79 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1.13533E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>2.77 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>208.92 [MPa]</b>

**DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS**
**Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	696.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	2000 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	61 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	1939 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	321.79 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1.13533E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.97 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>148.71 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	38 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b><math>M_{Ed,caratt.}</math></b>	<b>884 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x$	321.79 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	188.88 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	152.5 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	152500 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01669 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000536 [-] 0.000567 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	18.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	326.18 [mm] 326.18 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b><math>w_k</math></b>	<b>0.1848 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b><math>w_{max}</math></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	39 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

## Verifica a punzonamento

### Caratteristiche del cls della piastra

Resistenza caratteristica a compressione cubica del cls	$R_{ck}$	=	40	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica del cls	$f_{ck}$	=	33.20	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione di calcolo del cls	$f_{cd}$	=	18.81	N/mm <sup>2</sup>
Spessore della piastra	$t_p$	=	2000	mm
Copriferro nominale	$c_s$	=	40	mm

### Caratteristiche dell'acciaio d'armatura

Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$	=	391.30	N/mm <sup>2</sup>
Diametro dei tondini tesi in direzione y	$\phi_{sly}$	=	18	mm
Passo dei tondini tesi in direzione y	$p_y$	=	100	mm
Diametro dei tondini tesi di raffittimento in direzione y	$\phi_{sly,add}$	=	0	mm
Passo dei tondini tesi di raffittimento in direzione y	$p_{y,add}$	=	0	mm
Diametro dei tondini tesi in direzione z	$\phi_{slz}$	=	18	mm
Passo dei tondini tesi in direzione z	$p_z$	=	100	mm
Diametro dei tondini tesi di raffittimento in direzione z	$\phi_{slz,add}$	=	0	mm
Passo dei tondini tesi di raffittimento in direzione z	$p_{z,add}$	=	0	mm
Altezza utile della sezione in direzione y	$d_y$	=	1933	mm
Altezza utile della sezione in direzione z	$d_z$	=	1951	mm
Altezza utile di calcolo della sezione	$d_{eff}$	=	1942	mm

### Calcolo del perimetro critico

Tipologia del pilastro

Dimensione del pilastro in direzione y	$c_y$	=	1200	mm
Dimensione del pilastro in direzione z	$c_z$	=		mm
Perimetro critico attorno al pilastro	$u_0$	=	3770	mm
Perimetro critico massimo	$u_1$	=	28174	mm

### Sollecitazioni di progetto

Pilastro superiore: azione assiale	$N_{Ed,sup}$	=	10994	kN
Pilastro superiore: momento flettente in direzione y	$M_{Ed,y,sup}$	=	0	kNm
Pilastro superiore: momento flettente in direzione z	$M_{Ed,z,sup}$	=	0	kNm
Pilastro inferiore: azione assiale	$N_{Ed,inf}$	=		kN
Pilastro inferiore: momento flettente in direzione y	$M_{Ed,y,inf}$	=		kNm
Pilastro inferiore: momento flettente in direzione z	$M_{Ed,z,inf}$	=		kNm

### Azioni di punzonamento

Azione di progetto di punzonamento	$V_{Ed}$	=	10994	kN
Momento flettente di progetto in direzione y	$M_{Ed,y}$	=	0	kNm
Momento flettente di progetto in direzione z	$M_{Ed,z}$	=	0	kNm

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	40 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Eccentricità dell'azione di punzonamento in direzione y	$e_y$	=	0	mm
Eccentricità dell'azione di punzonamento in direzione z	$e_z$	=	0	mm
Dimensione del perimetro di verifica in direzione y	$b_y$	=	14087	mm
Dimensione del perimetro di verifica in direzione z	$b_z$	=	14087	mm
Coefficiente amplificativo	$\beta$	=	1.00	
Tensione massima di punzonamento su perimetro critico minimo	$v_{Ed,0}$	=	1.50	N/mm <sup>2</sup>
Tensione massima di punzonamento su perimetro critico massimo	$v_{Ed,1}$	=	0.20	N/mm <sup>2</sup>
<b>Resistenze a punzonamento</b>				
Coefficiente di riduzione della resistenza del cls fessurato per taglio	$v$	=	0.52	
Resistenza a punzonamento massima	$v_{Rd,max}$	=	4.89	N/mm <sup>2</sup>
Verifica a punzonamento sullo spessore della piastra	$\rho_{max}$	=	<b>0.31</b>	
Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione	$k$	=	1.32	
Rapporto geometrico dell'armatura tesa	$\rho_{ly}$	=	0.001	
Rapporto geometrico dell'armatura tesa	$\rho_{lz}$	=	0.001	
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale tesa	$\rho_l$	=	0.001	
Tensione massima di punzonamento del cls	$v_{Rd,c}$	=	0.26	N/mm <sup>2</sup>
Verifica a punzonamento senza armatura a punzonamento	$\rho_c$	=	<b>0.78</b>	

**PROGETTO DEFINITIVO**

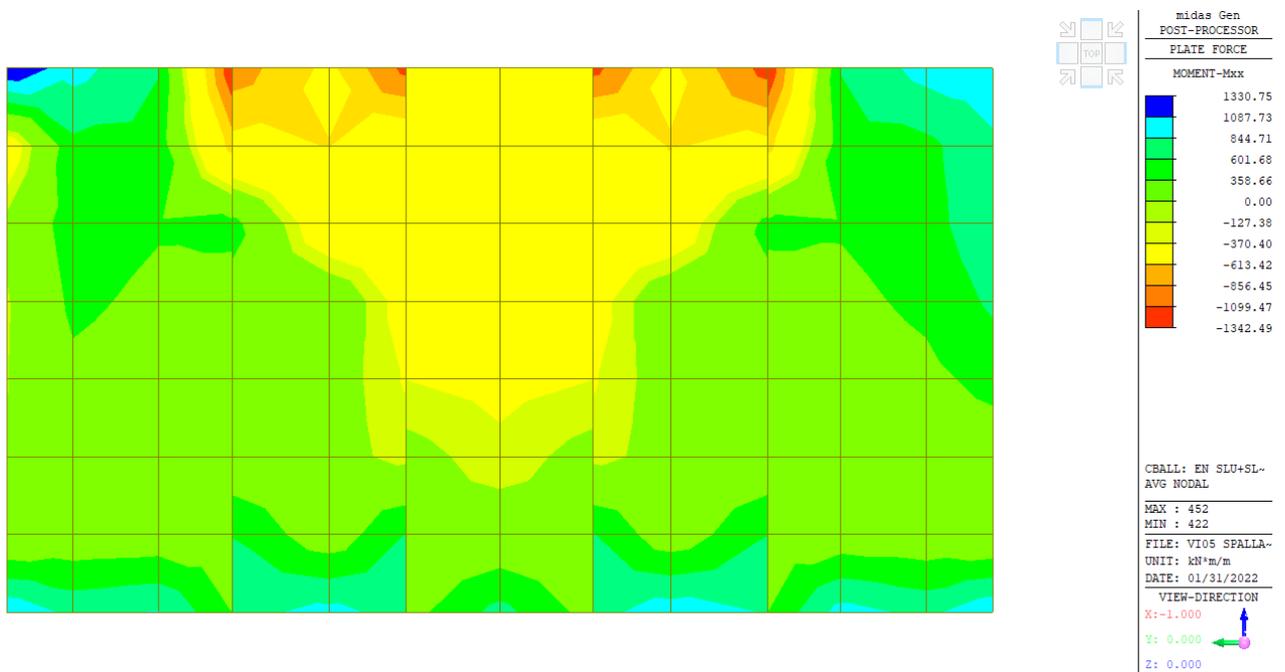
**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	41 di 130

## 7.2 MURO FRONTALE

### 7.2.1 Sollecitazioni massime

Il sistema di riferimento adottato è quello locale. L'asse X coincide con la direzione orizzontale e l'asse Y con quella verticale.

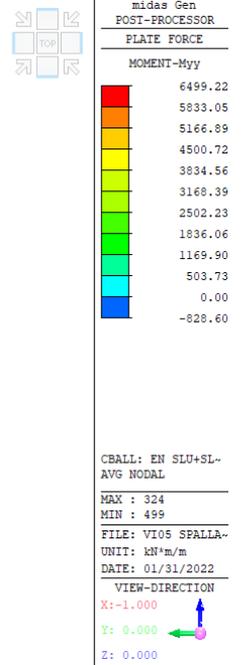
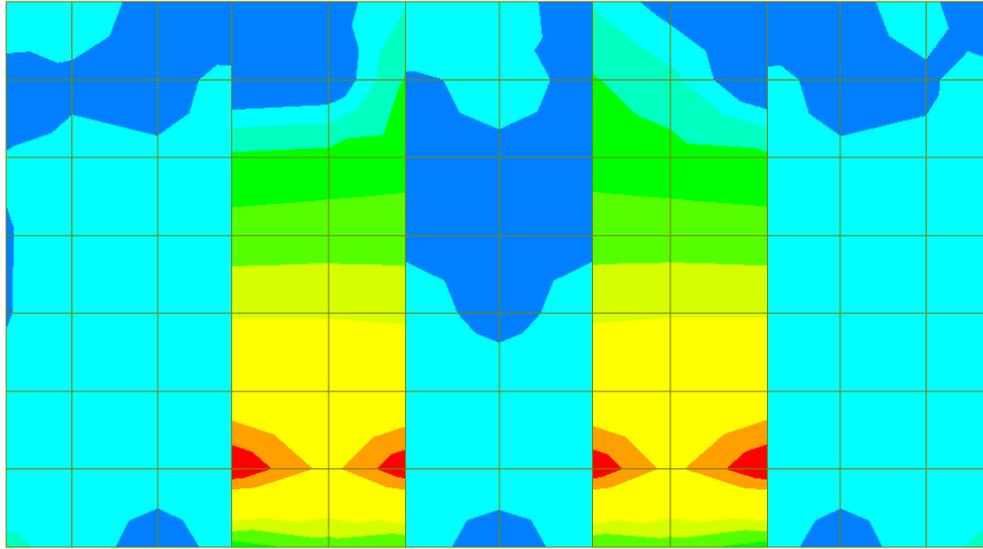


**Involuppo momento flettente in direzione X – SLU + SLV**

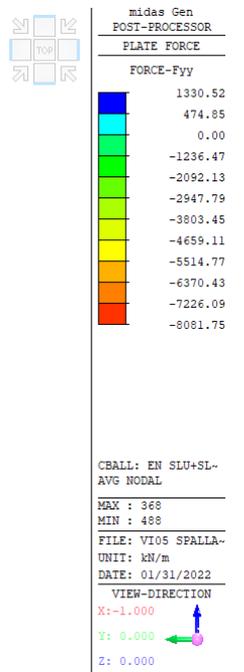
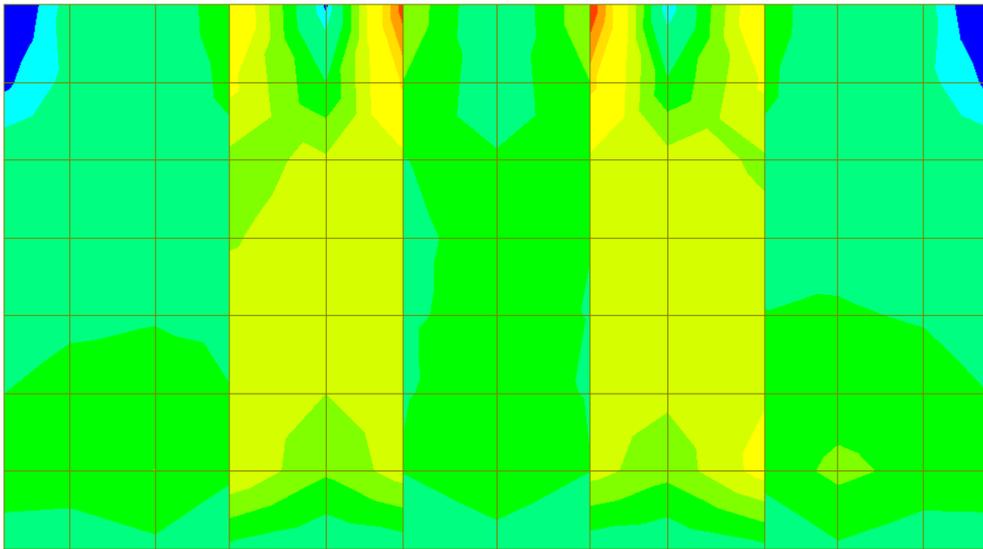
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo spalle - VI05

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	42 di 130



**Involuppo momento flettente in direzione Y – SLU + SLV**

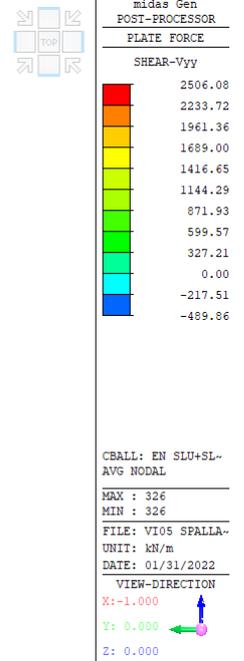
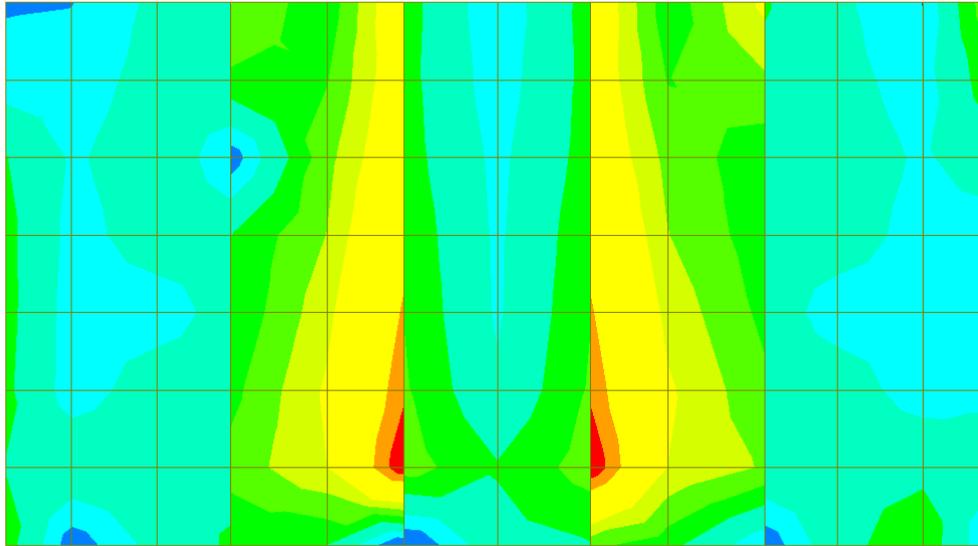


**Involuppo azione assiale verticale - SLU + SLV**

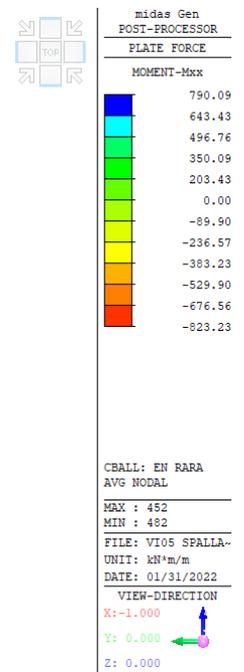
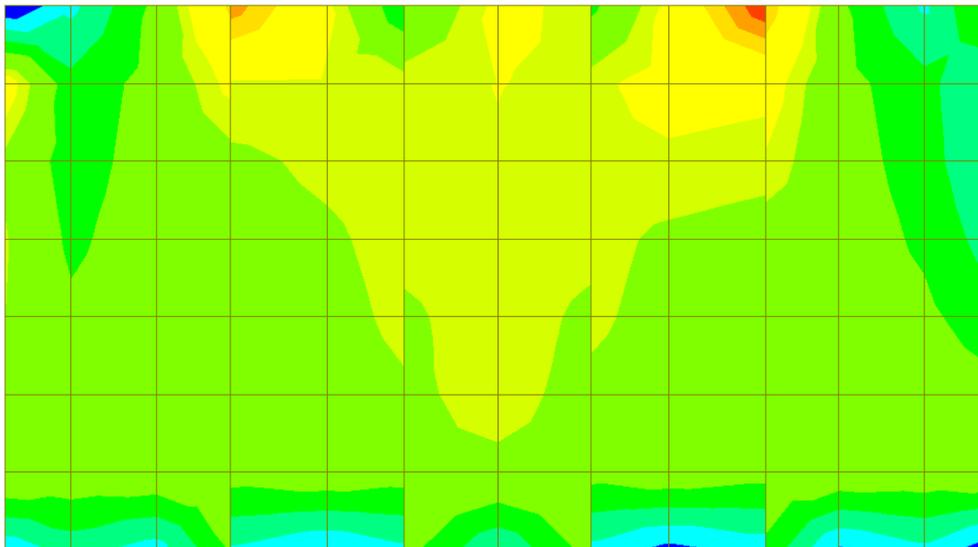
**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	43 di 130



**Involuppo azione di taglio in direzione Y - SLU + SLV**

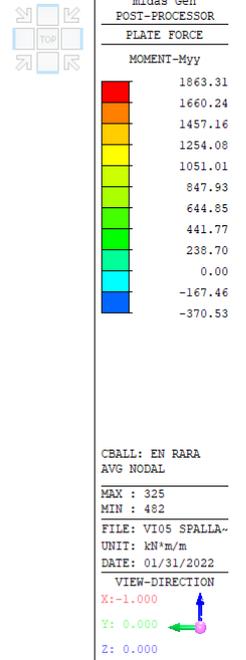
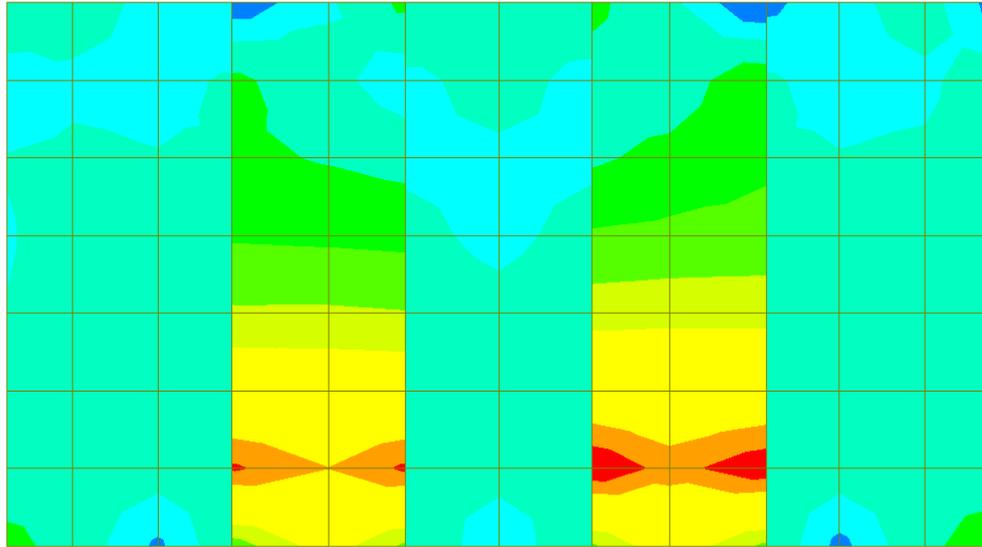


**Involuppo momento flettente in direzione X - SLE RARA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	44 di 130



**Involuppo momento flettente in direzione Y – SLE RARA**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

### 7.2.2 Verifiche agli Stati Limite

Il muro frontale è armato con armatura corrente  $\phi$  26/10 verticali e con  $\phi$  18/10 orizzontali, disposti entrambi sia sul lato esterno, che sul lato interno del muro. Il copriferro netto è pari a 50 mm.

A taglio si utilizzano spilli  $\phi$  12 / 30 x 30.

Si riportano nel seguito le verifiche strutturali agli stati limite ultimi e di esercizio.

#### Verifiche in direzione X

##### Verifica a flessione

SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	2650	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	71	[mm]
Altezza utile della sezione	d	2579	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	2545	[mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	<b>M<sub>Rd</sub></b>	<b>2497.34</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	<b>M<sub>Ed</sub></b>	<b>1197.0</b>	<b>[kNm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	46 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

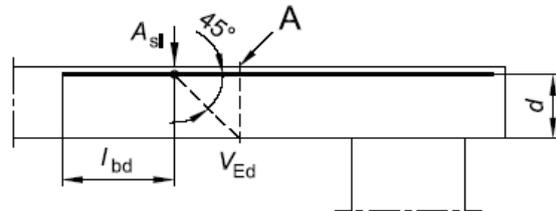
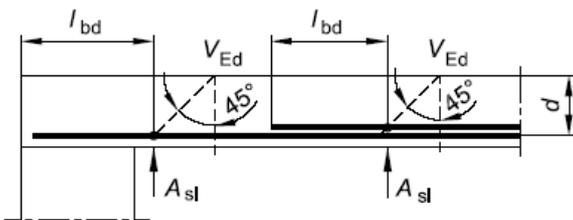
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	690	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.28	[-]
		1.28	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0009867	[-]
		0.0009867	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	587.62	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	751.84	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **751.84** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	2321.1	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **2796.69** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **7583.52** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per  $\cot\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **2796.69** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **12129.90** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	47 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime (SLE)

<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	823.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	2650 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	71 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	2579 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	379.87 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	2.06512E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.51 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>131.46 [MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>		
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	377.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	2650 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	71 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	2579 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	379.87 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	2.06512E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>0.69 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>60.22 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	48 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,caratt.</sub></b>	<b>684 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	379.87 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	109.26 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	177.5 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	177500 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01434 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000077 [-] 0.000328 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	18.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	356.24 [mm] 356.24 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.1168 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

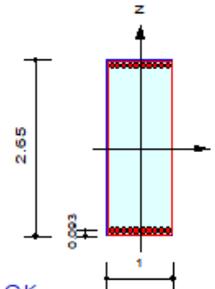
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	49 di 130

## Verifiche in direzione Y

### Verifica a flessione

#### 1. Design Condition

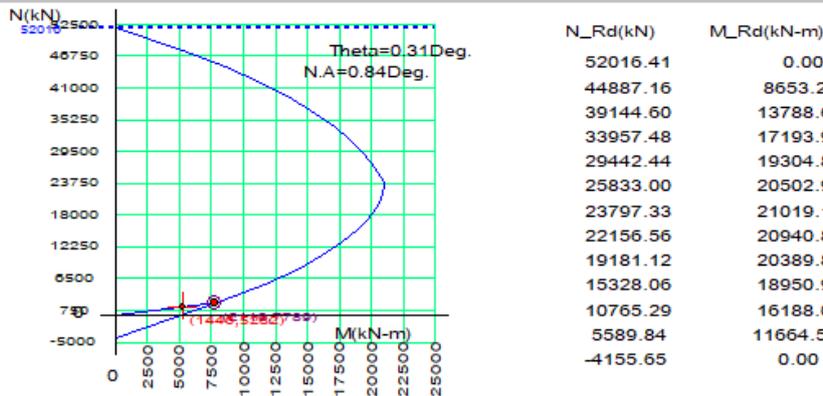
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018      UNIT SYSTEM : kN, m  
 Member Number : 1 (PM), 1 (Shear)  
 Material Data : fck = 32000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa  
 Column Height : 3 m  
 Section Property : h265 (No : 3)  
 Rebar Pattern : 20 - 2 - P26      Ast = 0.01062 m<sup>2</sup> (Rhost = 0.004)



#### 2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 2 (Pos : 1/2)  
 Concentric Max. Axial Load      N<sub>Rdmax</sub> = 52016.4 kN  
 Axial Load Ratio      N<sub>Ed</sub> / N<sub>Rd</sub> = 1446.00 / 2118.65 = 0.683 < 1.000 ..... O.K  
 Moment Ratio      M<sub>Ed</sub> / M<sub>Rd</sub> = 5282.08 / 7789.19 = 0.678 < 1.000 ..... O.K  
                                  M<sub>Edy</sub> / M<sub>Rdy</sub> = 5282.00 / 7789.07 = 0.678 < 1.000 ..... O.K  
                                  M<sub>Edz</sub> / M<sub>Rdz</sub> = 28.9200 / 42.2337 = 0.685 < 1.000 ..... O.K

**M-N Interaction Diagram**



PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	50 di 130

Relazione di calcolo spalle - VI05

Verifica a taglio

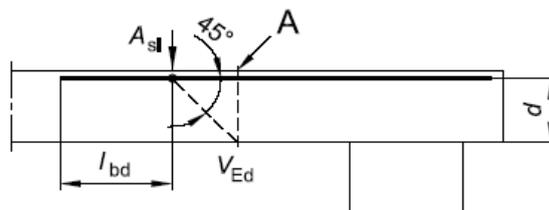
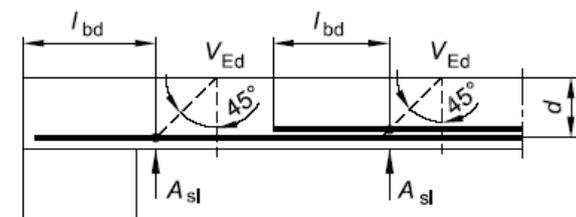
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	2007	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.28	[-]
		1.28	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0020764	[-]
		0.0020764	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	747.30	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	746.48	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **747.30** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	2301.3	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **2772.83** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **7518.83** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per  $\cot\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **2772.83** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **12026.42** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	51 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime
**Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	1705.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	2650 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	93 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	2557 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	5309 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	5309 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	509.64 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	3.91771E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>2.22 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>133.65 [MPa]</b>

**DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS**
**Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	813.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	2650 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	93 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	2557 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	5309 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	5309 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	509.64 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	3.91771E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.06 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>63.73 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

IV01    00    D 09 CL    VI0504 001    A    52 di 130

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

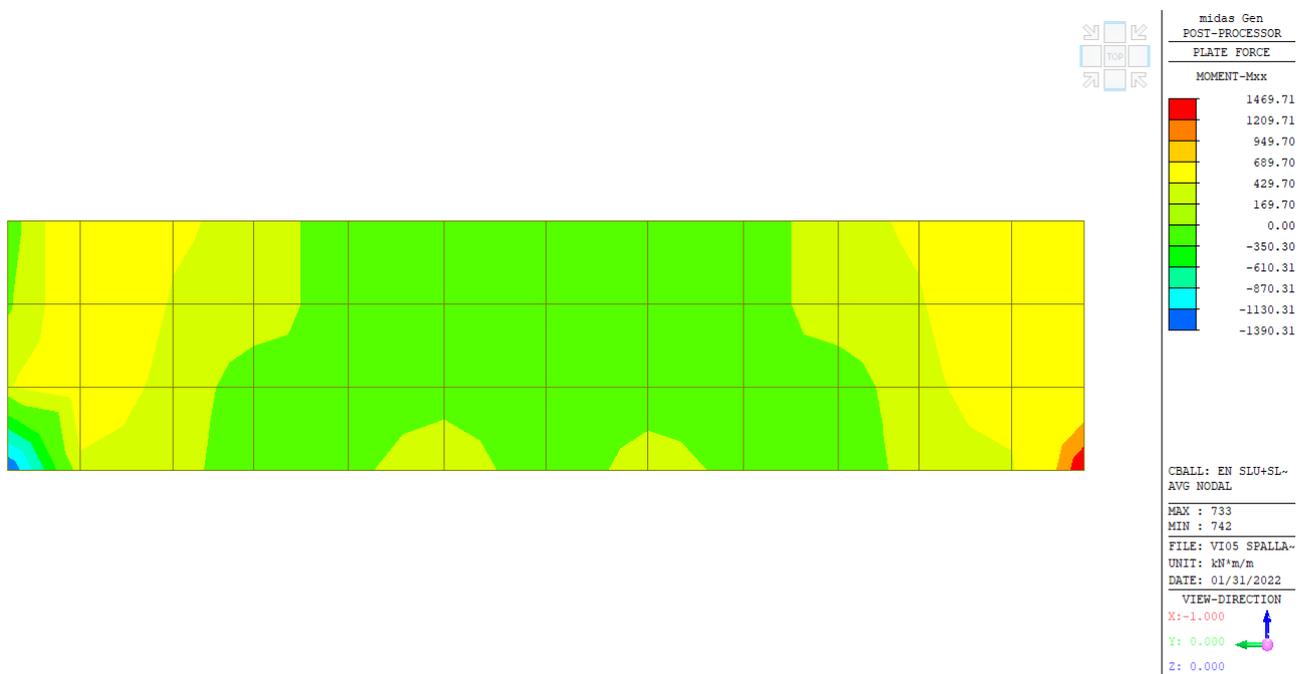
Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b><math>M_{Ed,caratt.}</math></b>	<b>1460 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x$	509.64 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	114.45 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	232.5 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	232500 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.02284 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000264 [-] 0.000343 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	26.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	336.36 [mm] 336.36 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b><math>w_k</math></b>	<b>0.1155 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b><math>w_{max}</math></b>	<b>0.2 [mm]</b>

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b></p>					
<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b></p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 09 CL</p>	<p>DOCUMENTO VI0504 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 53 di 130</p>

### 7.3 PARAGHIAIA

#### 7.3.1 Sollecitazioni massime

Il sistema di riferimento adottato è quello locale. L'asse X coincide con la direzione orizzontale e l'asse Y con quella verticale.

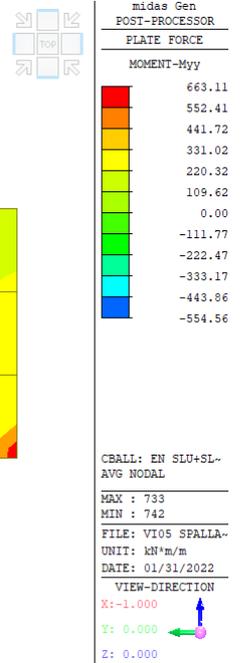
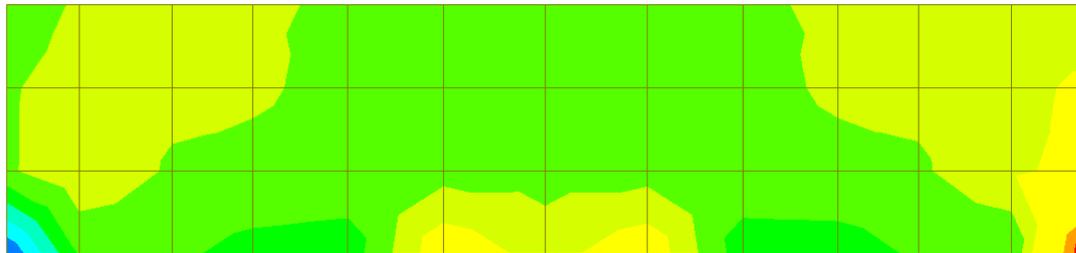


**Involuppo momento flettente in direzione X – SLU + SLV**

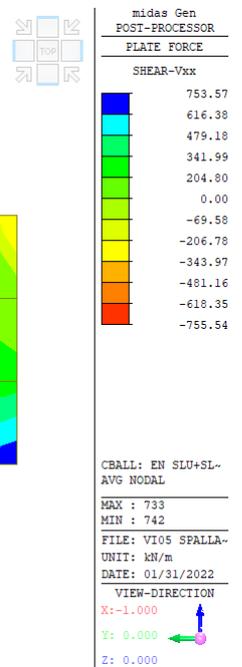
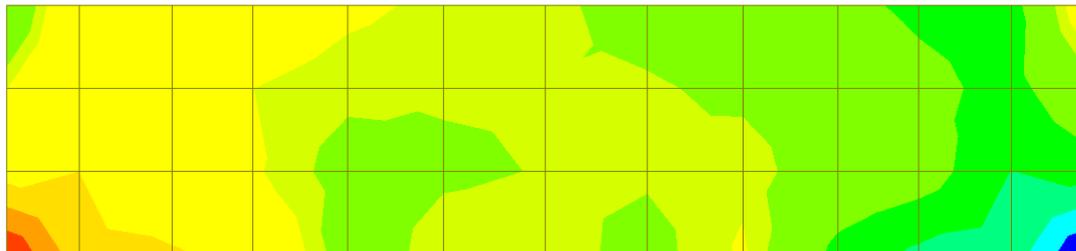
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo spalle - VI05

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	54 di 130



**Inviluppo momento flettente in direzione Y - SLU + SLV**

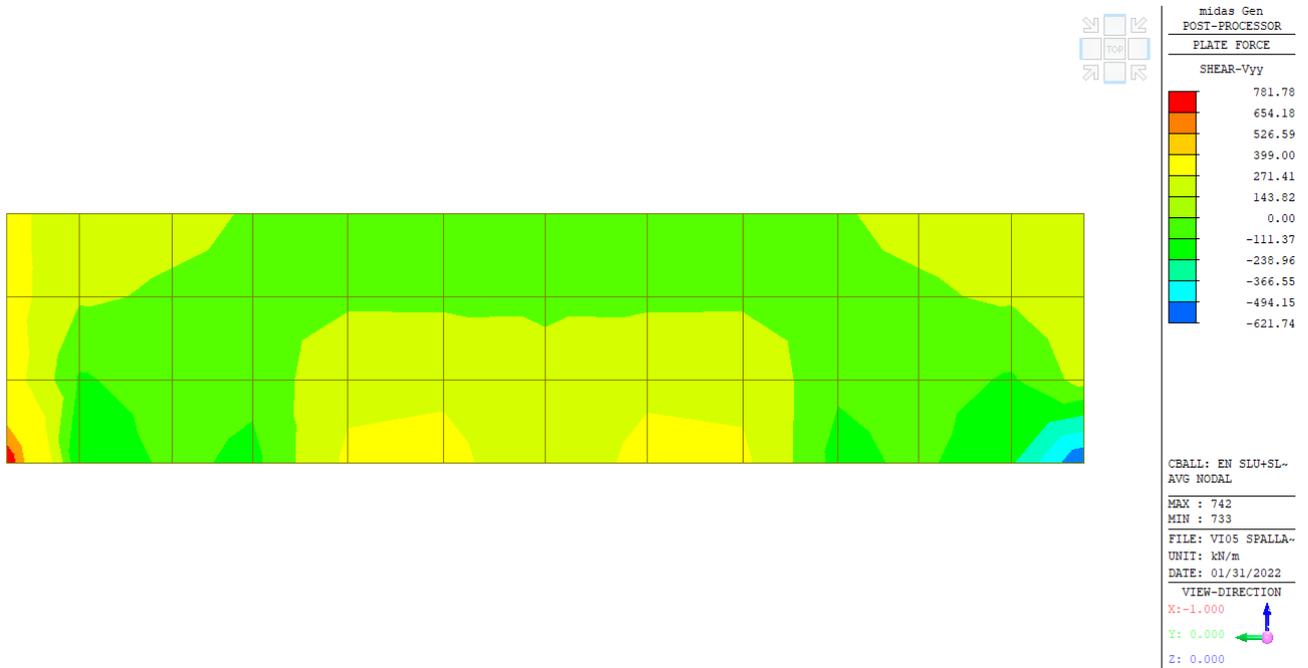


**Inviluppo azione di taglio in direzione X - SLU + SLV**

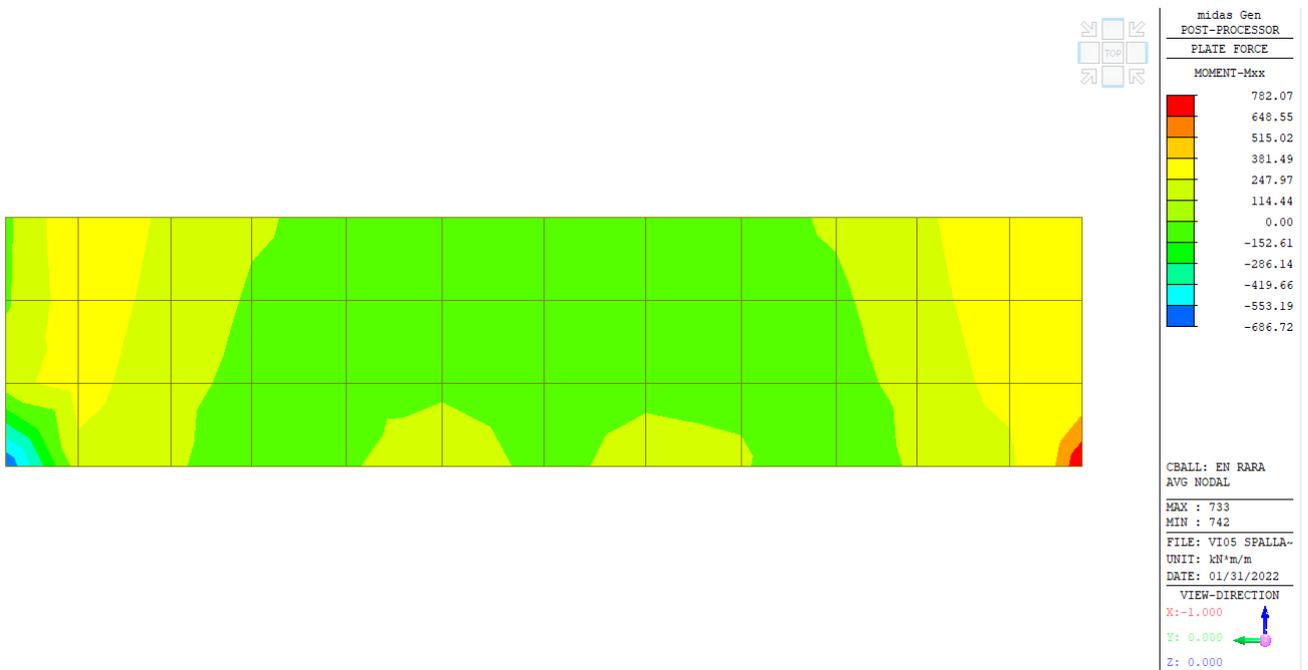
**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	55 di 130



**Inviluppo azione di taglio in direzione Y - SLU + SLV**

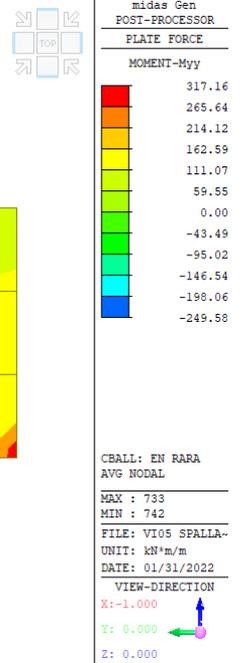
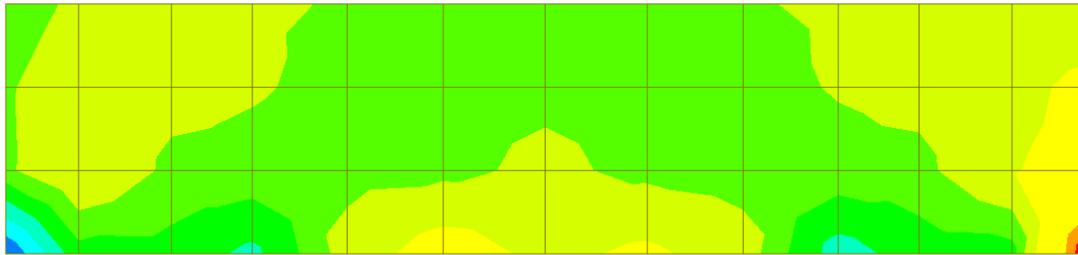


**Inviluppo momento flettente in direzione X - SLE RARA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	56 di 130



**Involuppo momento flettente in direzione Y – SLE RARA**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

### 7.3.2 Verifiche agli Stati Limite

Il parapagliaia è armato con barre  $\phi$  20/10 verticali e con  $\phi$  18/10 orizzontali, disposti entrambi sia sul lato esterno, che sul lato interno del muro. Il copriferro netto è pari 50 mm.

A taglio si utilizzano spilli  $\phi$  12/30x30.

I risultati delle verifiche sono i seguenti.

#### Verifiche in direzione X

##### Verifica a flessione

SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	550	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	71	[mm]
Altezza utile della sezione	d	479	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	2545	[mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	<b>M<sub>Rd</sub></b>	<b>406.27</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	<b>M<sub>Ed</sub></b>	<b>402.0</b>	<b>[kNm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	58 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

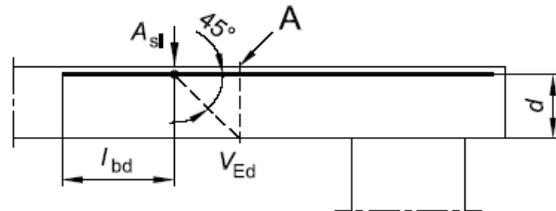
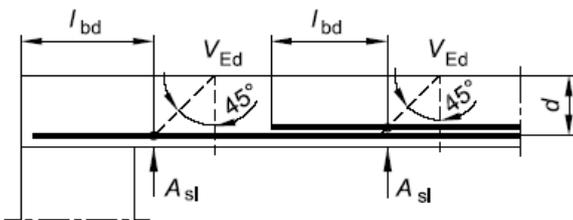
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	399.7	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.65	[-]
		1.65	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0053125	[-]
		0.0053125	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	246.30	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	204.03	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **246.30** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	431.1	[mm]
Cotangente di $\theta$	cot $\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	cot $\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	sin $\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **519.43** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **1408.49** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per cot $\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **519.43** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **2252.90** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	59 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime (SLE)
**Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	223.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	550	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	71	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	479	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	142.33	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	5481791853	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>5.79</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>205.44</b>	<b>[MPa]</b>

**DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS**
**Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	128.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	550	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	71	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	479	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	142.33	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	5481791853	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>3.32</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>117.92</b>	<b>[MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	60 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b><math>M_{Ed,caratt.}</math></b>	<b>210 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x$	142.33 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	193.46 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	135.891208 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	135891.208 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01873 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000599 [-] 0.000599 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	18.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	306.21 [mm] 306.21 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b><math>w_k</math></b>	<b>0.1836 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b><math>w_{max}</math></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	61 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
**Verifiche in direzione Y**
Verifica a flessione

<b>SEZIONE TRASVERSALE</b>			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	550	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	90	[mm]
Altezza utile della sezione	d	460	[mm]
<b>ARMATURA TESA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
<b>ARMATURA COMPRESSA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	<b>454.85</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	<b>333.0</b>	<b>[kNm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	62 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

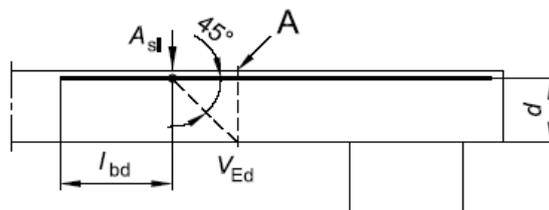
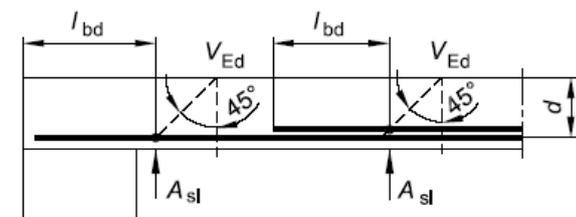
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	399	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.66	[-]
		1.66	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0068296	[-]
		0.0068296	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso  $V_{Rd,c}$  259.26 [kN]

Resistenza minima del calcestruzzo teso  $V_{Rd,min}$  198.30 [kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso  $V_{Rd}$  259.26 [kN]**

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	414	[mm]
Cotangente di $\theta$	cot $\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	cot $\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	sin $\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)  $V_{Rsd}$  498.83 [kN]**

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)  $V_{Rcd}$  1352.62 [kN]**

Massima area efficace di armatura a taglio per cot $\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente  $V_{Rd}$  498.83 [kN]**

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave  $V_{Rd}$  2163.53 [kN]**

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	63 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime (SLE)

<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	146.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	550	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	90	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	460	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	152.16	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	5822101442	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>3.82</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>115.79</b>	<b>[MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	96.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	550	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	90	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	460	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	152.16	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	5822101442	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>2.51</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>76.14</b>	<b>[MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	64 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,caratt.</sub></b>	<b>130 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	152.16 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	103.10 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	132.611892 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	132611.892 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.02369 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000217 [-] 0.000309 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	20.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	286.32 [mm] 286.32 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.0886 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

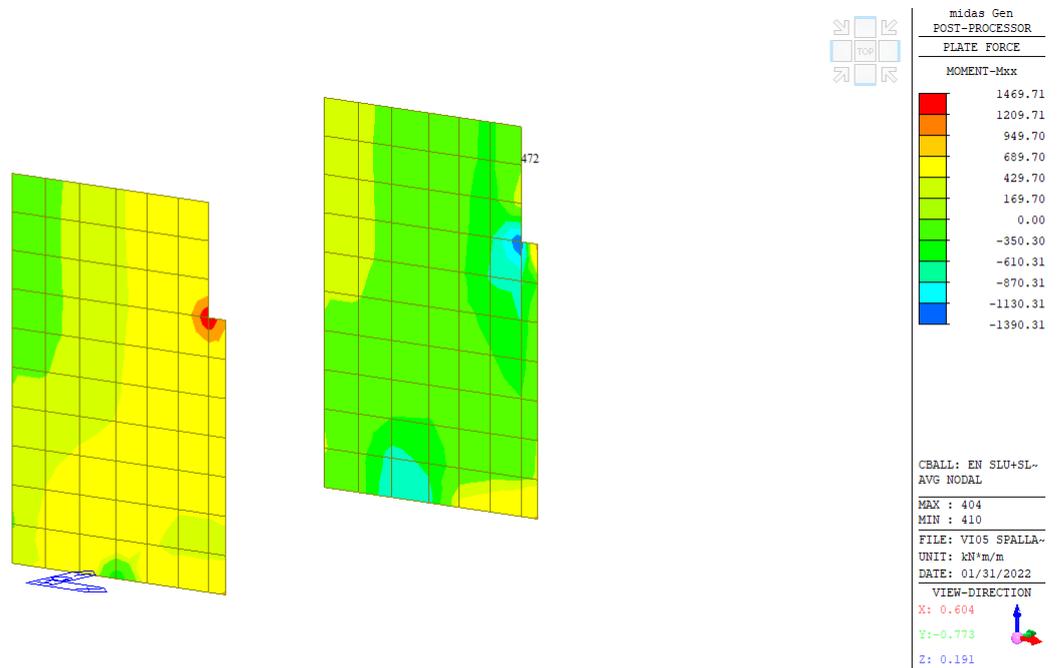
**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	65 di 130

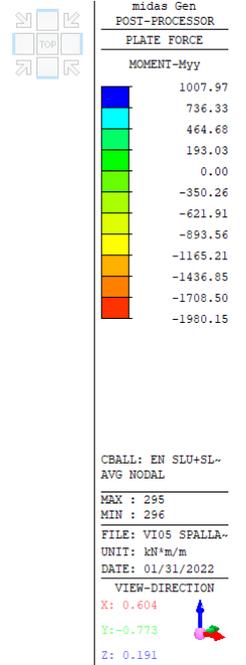
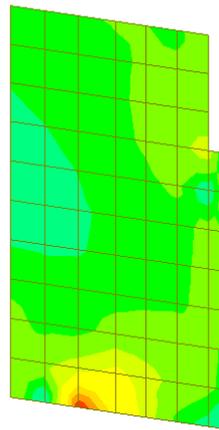
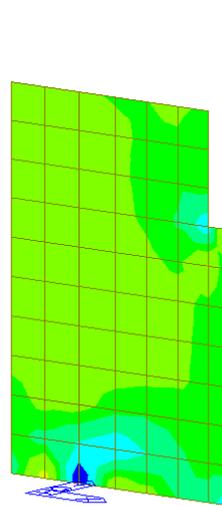
## 7.4 MURI LATERALI

### 7.4.1 Sollecitazioni massime

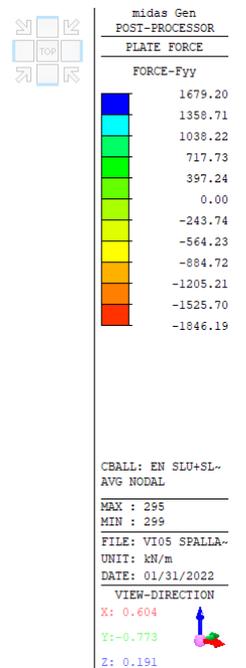
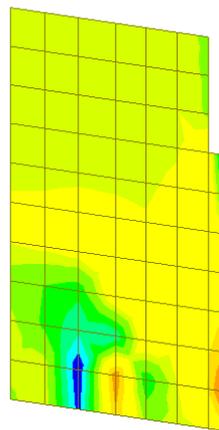
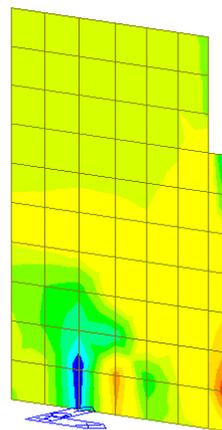
Il sistema di riferimento adottato è quello locale. L'asse X coincide con la direzione orizzontale e l'asse Y con quella verticale.



**Involuppo momento flettente in direzione X - SLU+ SLV**



**Inviluppo momento flettente in direzione Y – SLU+ SLV**

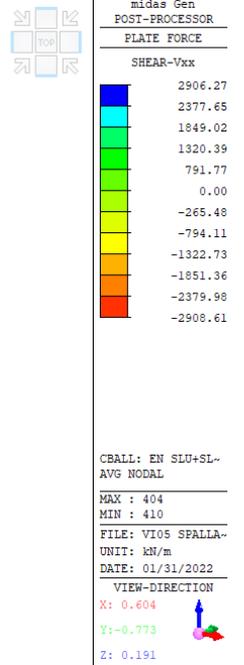
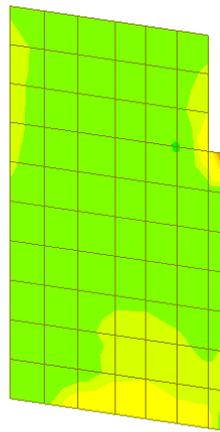
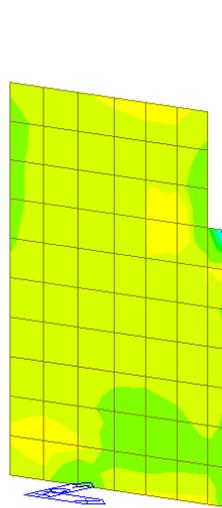


**Inviluppo azione assiale verticale - SLU+ SLV**

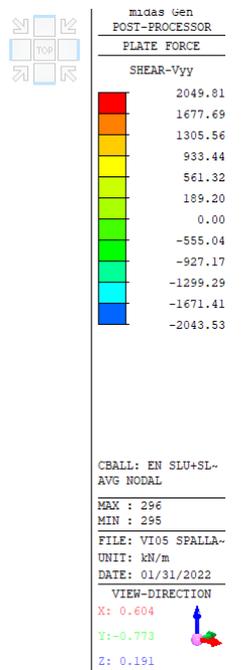
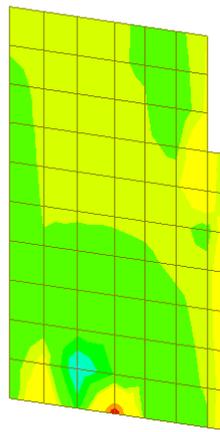
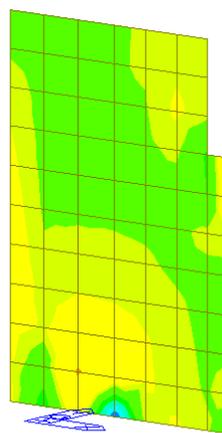
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo spalle - VI05

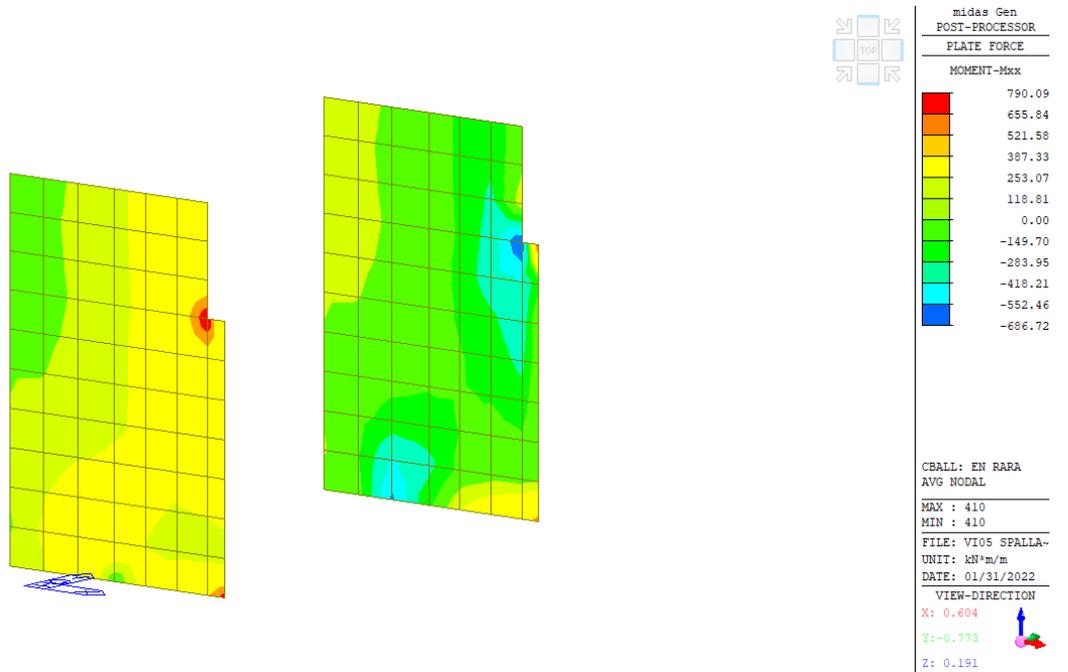
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	67 di 130



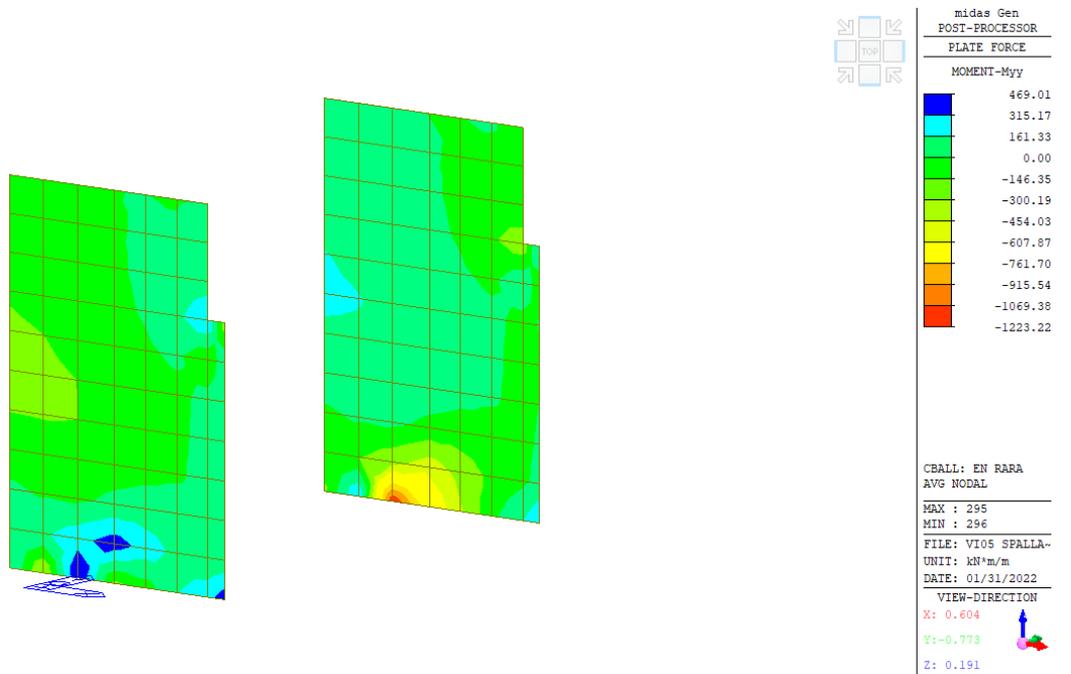
**Inviluppo azione di taglio in direzione X - SLU+ SLV**



**Inviluppo azione di taglio in direzione Y - SLU+ SLV**



**Inviluppo momento flettente in direzione X – SLE RARA**



**Inviluppo momento flettente in direzione Y – SLE RARA**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

#### 7.4.2 Verifiche agli Stati Limite

I muri laterali sono armati con barre  $\phi$  20/10 verticali e con  $\phi$  18/10 orizzontali, disposti entrambi sia sul lato esterno, che sul lato interno del muro. Il copriferro netto è pari 50 mm.

A taglio si utilizzano spilli  $\phi$  21/30 x 30

I risultati delle verifiche sono i seguenti.

#### Verifiche in direzione X

##### Verifica a flessione

SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	800	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	71	[mm]
Altezza utile della sezione	d	729	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	2545	[mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	<b>M<sub>Rd</sub></b>	<b>655.20</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	<b>M<sub>Ed</sub></b>	<b>644.0</b>	<b>[kNm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	70 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

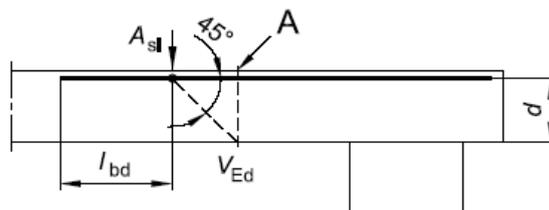
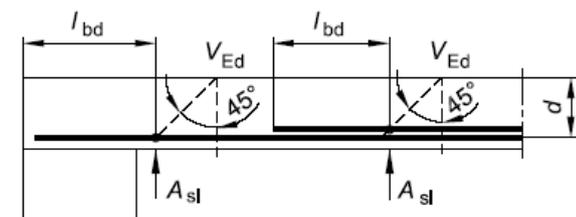
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	709.7	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.52	[-]
		1.52	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0034907	[-]
		0.0034907	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	301.66	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	276.53	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **301.66** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	656.1	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **790.53** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **2143.62** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per  $\cot\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **790.53** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **3428.73** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	71 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime (SLE)

<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	327.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	800 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	71 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	729 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	182.31 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	13900708410 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>4.29 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>192.90 [MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>		
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	231.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	800 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	71 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	729 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	182.31 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	13900708410 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>3.03 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>136.27 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	72 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b><math>M_{Ed,caratt.}</math></b>	<b>290 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x$	182.31 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	171.08 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	177.5 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	177500 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01434 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000386 [-] 0.000513 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	18.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	356.24 [mm] 356.24 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b><math>w_k</math></b>	<b>0.1828 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b><math>w_{max}</math></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	73 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

**Verifiche in direzione Y**

Verifica a flessione

<b>SEZIONE TRASVERSALE</b>			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	800	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	90	[mm]
Altezza utile della sezione	d	710	[mm]
<b>ARMATURA TESA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	n <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	3142	[mm <sup>2</sup> ]
<b>ARMATURA COMPRESSA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	3142	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	<b>M<sub>Rd</sub></b>	<b>762.18</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	<b>M<sub>Ed</sub></b>	<b>526.0</b>	<b>[kNm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	74 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

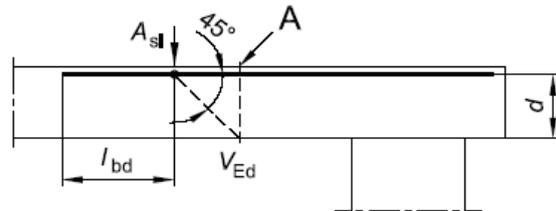
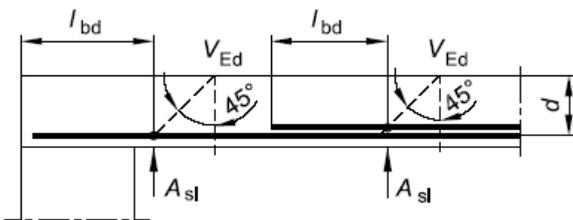
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	621	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.53	[-]
		1.53	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0044248	[-]
		0.0044248	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	319.41	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	271.18	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **319.41** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	639	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **769.93** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **2087.75** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per  $\cot\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **769.93** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **3339.37** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	75 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica delle tensioni massime (SLE)

**Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	320.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	800	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	90	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	710	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	196.06	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	15489272796	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>4.05</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>159.26</b>	<b>[MPa]</b>

**DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS**

**Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	282.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	800	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	90	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	710	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	196.06	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	15489272796	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>3.57</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>140.35</b>	<b>[MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	76 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,caratt.</sub></b>	<b>295 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	196.06 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	146.82 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	201.312033 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	201312.033 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01561 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000300 [-] 0.000440 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	20.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	360.67 [mm] 360.67 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.1589 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.2 [mm]</b>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

## 8 VERIFICHE SPALLA MOBILE

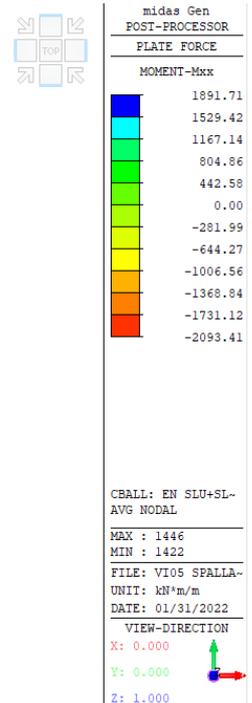
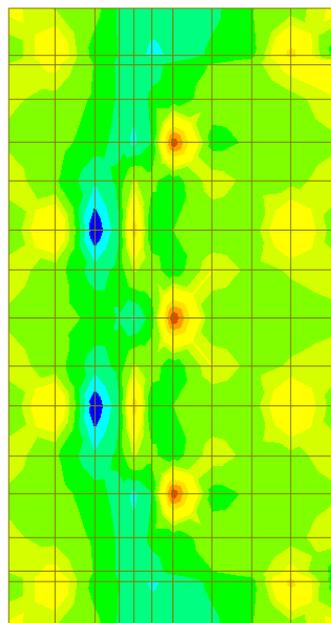
### 8.1 Fondazione

#### 8.1.1 Sollecitazioni massime

Si riportano le sollecitazioni massime e minime nella fondazione della spalla, nelle varie combinazioni di carico agli Stati Limite. Per brevità di notazione si riportano i diagrammi delle sole azioni massime e minime nella condizione di involuppo delle combinazioni agli stati limite ultimi (SLU + SLV)

La direzione X coincide con la direzione longitudinale (asse impalcato) e la direzione Y con quella trasversale.

Il momento positivo tende le fibre inferiori della fondazione.

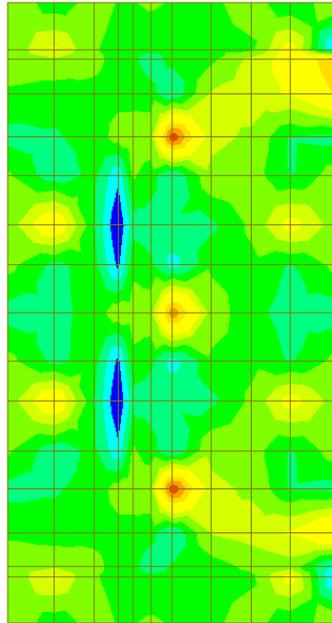
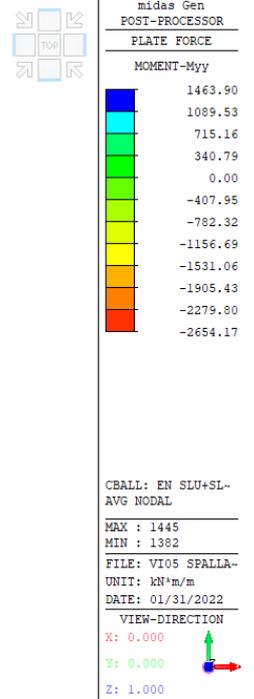


**Inviluppo momento flettente in direzione X – SLU + SLV**

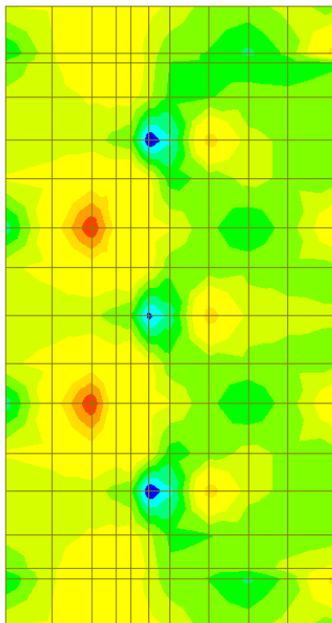
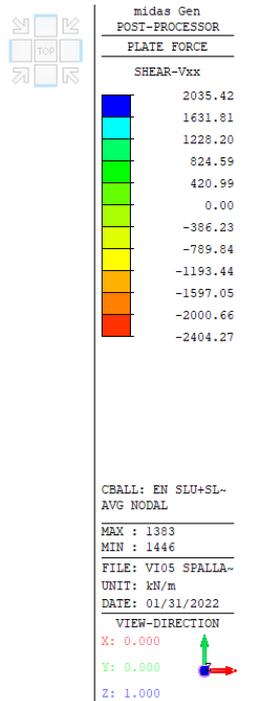
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo spalle - VI05

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	78 di 130



**Involuppo momento flettente in direzione Y - SLU + SLV**

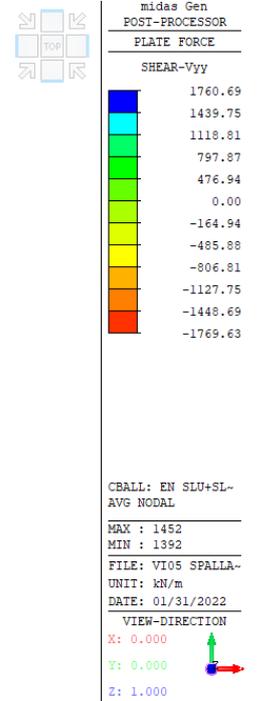
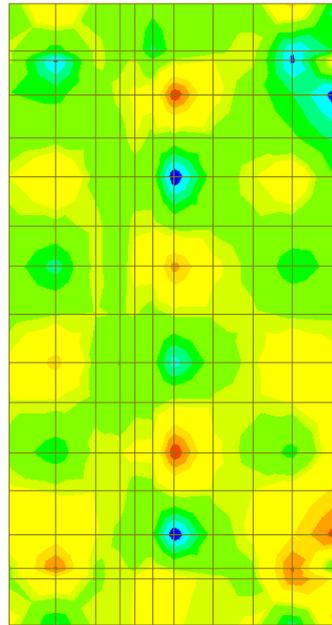


**Involuppo azione di taglio in direzione X - SLU + SLV**

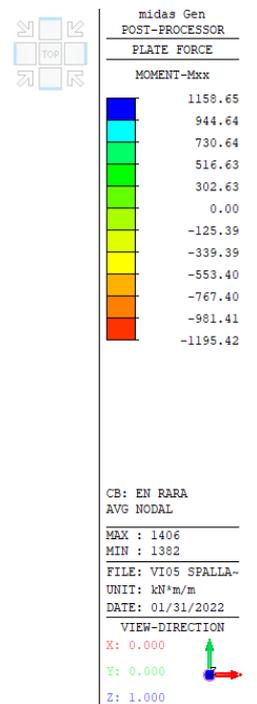
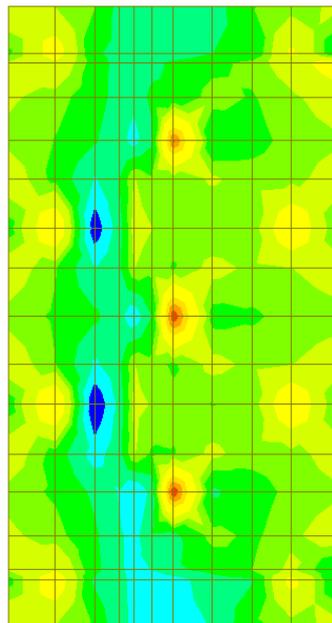
**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	79 di 130



**Involuppo azione di taglio in direzione Y - SLU + SLV**

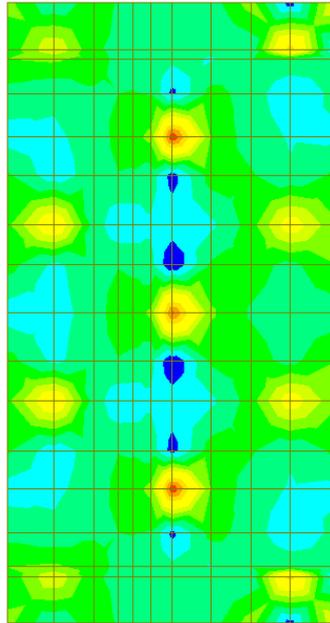
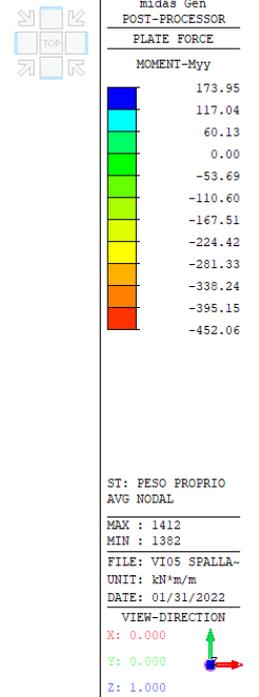


**Involuppo momento flettente in direzione X - SLE RARA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	80 di 130



**Involuppo momento flettente in direzione Y – SLE RARA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	81 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

### 8.1.2 Verifiche agli Stati Limite

La fondazione è armata con maglie di  $\phi 18/10 \times 10$  disposte al lembo superiore ed inferiore. Il copriferro netto è pari a 40 mm. Lo strato di armatura esterno viene posato in direzione Y e quello interno in direzione X.

A taglio si utilizzano spilli  $\phi 12/30 \times 30$ .

Si riportano nel seguito le verifiche strutturali agli stati limite ultimi e di esercizio.

Le verifiche si effettuano con le sollecitazioni mediate per una lunghezza confrontabile all'altezza utile della piastra.

#### DEFINIZIONE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	40	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	33.2	[MPa]
Coefficiente di sicurezza parziale per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1.5	[-]
Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	0.85	[-]
Valore medio della resistenza a compressione cilindrica	$f_{cm}$	41.2	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo	$f_{ctm}$	3.1	[MPa]
Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 5%)	$f_{ctk;0,05}$	2.2	[MPa]
Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 95%)	$f_{ctk;0,95}$	4.0	[MPa]
Modulo di elasticità secante del calcestruzzo	$E_{cm}$	33643	[MPa]
Deformazione di contrazione nel calcestruzzo alla tensione $f_c$	$\epsilon_{c1}$	0.0020	[-]
Deformazione ultima di contrazione nel calcestruzzo	$\epsilon_{cu}$	0.0035	[-]
Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo	$f_{cd}$	18.81	[MPa]
Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo	$f_{ctd}$	1.45	[MPa]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92	[MPa]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94	[MPa]

##### Acciaio - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005

Resistenza a snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	450	[MPa]
Coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio	$\gamma_s$	1.15	[-]
Modulo di elasticità secante dell'acciaio	$E_s$	200000	[MPa]
Deformazione a snervamento dell'acciaio	$\epsilon_{yd}$	0.001957	[-]
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{su}$	0.01	[-]
Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$	391.3	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	82 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

**Verifiche in direzione X**

Verifica a flessione

<b>SEZIONE TRASVERSALE</b>			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	2000	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	79	[mm]
Altezza utile della sezione	d	1921	[mm]
<b>ARMATURA TESA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>ARMATURA COMPRESSA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	1834.17	[kNm]
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	1321.0	[kNm]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	83 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

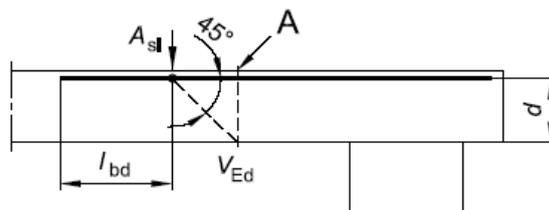
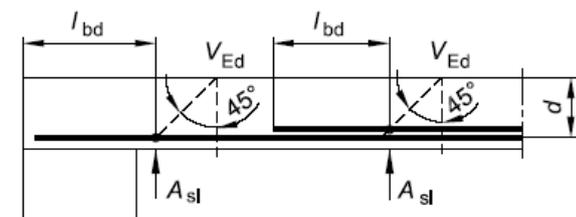
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	1524	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.32	[-]
		1.32	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0013247	[-]
		0.0013247	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	499.54	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	589.30	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **589.30** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	1728.9	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **2083.15** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **5648.68** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per  $\cot\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **2083.15** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **9035.10** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	84 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime (SLE)

<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	607.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	2000 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	79 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	1921 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	321.79 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1.10977E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.76 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>131.21 [MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>		
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	376.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	2000 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	79 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	1921 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	321.79 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1.10977E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.09 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>81.27 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	85 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b><math>M_{Ed,caratt.}</math></b>	<b>578 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x$	321.79 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	124.94 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	197.5 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	197500 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01288 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000107 [-] 0.000375 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	18.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	380.29 [mm] 380.29 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b><math>w_k</math></b>	<b>0.1425 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b><math>w_{max}</math></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	86 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
**Verifiche in direzione Y**
Verifica a flessione

<b>SEZIONE TRASVERSALE</b>			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	2000	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	61	[mm]
Altezza utile della sezione	d	1939	[mm]
<b>ARMATURA TESA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>ARMATURA COMPRESSA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	1870.02	[kNm]
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	1458.0	[kNm]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	87 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

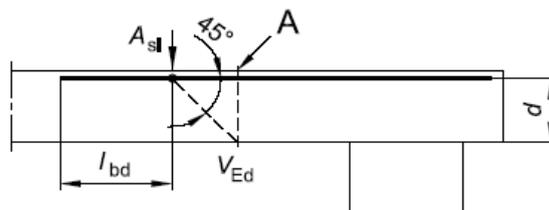
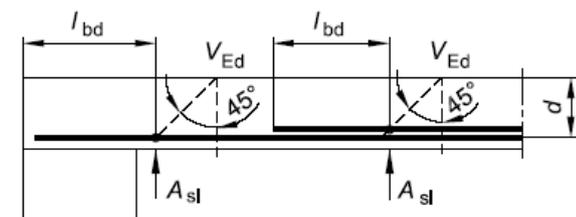
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	1760	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.32	[-]
		1.32	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0013124	[-]
		0.0013124	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	502.09	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	593.81	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **593.81** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	1745.1	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

<b>Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)</b>	$V_{Rsd}$	<b>2102.67</b>	<b>[kN]</b>
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	$f'_{cd}$	9.41	[MPa]
<b>Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)</b>	$V_{Rcd}$	<b>5701.61</b>	<b>[kN]</b>
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	4327.07	[mm <sup>2</sup> ]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **2102.67** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **9119.76** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	88 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifiche delle tensioni

**Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	882.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	2000 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	61 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	1939 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	321.79 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1.13533E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>2.50 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>188.45 [MPa]</b>

**DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS**

**Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	557.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	2000 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	61 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	1939 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	321.79 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1.13533E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>1.58 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>119.01 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	89 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,caratt.</sub></b>	<b>818 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	321.79 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	174.78 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	152.5 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	152500 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01669 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000466 [-] 0.000524 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	18.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	326.18 [mm] 326.18 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.1710 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	90 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

## Verifica a punzonamento

### Caratteristiche del cls della piastra

Resistenza caratteristica a compressione cubica del cls	$R_{ck}$	=	40	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica del cls	$f_{ck}$	=	33.20	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione di calcolo del cls	$f_{cd}$	=	18.81	N/mm <sup>2</sup>
Spessore della piastra	$t_p$	=	2000	mm
Copriferro nominale	$c_s$	=	40	mm

### Caratteristiche dell'acciaio d'armatura

Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$	=	391.30	N/mm <sup>2</sup>
Diametro dei tondini tesi in direzione y	$\phi_{sly}$	=	18	mm
Passo dei tondini tesi in direzione y	$p_y$	=	100	mm
Diametro dei tondini tesi di raffittimento in direzione y	$\phi_{sly,add}$	=	0	mm
Passo dei tondini tesi di raffittimento in direzione y	$p_{y,add}$	=	0	mm
Diametro dei tondini tesi in direzione z	$\phi_{slz}$	=	18	mm
Passo dei tondini tesi in direzione z	$p_z$	=	100	mm
Diametro dei tondini tesi di raffittimento in direzione z	$\phi_{slz,add}$	=	0	mm
Passo dei tondini tesi di raffittimento in direzione z	$p_{z,add}$	=	0	mm
Altezza utile della sezione in direzione y	$d_y$	=	1933	mm
Altezza utile della sezione in direzione z	$d_z$	=	1951	mm
Altezza utile di calcolo della sezione	$d_{eff}$	=	1942	mm

### Calcolo del perimetro critico

Tipologia del pilastro

Dimensione del pilastro in direzione y	$c_y$	=	1200	mm
Dimensione del pilastro in direzione z	$c_z$	=		mm
Perimetro critico attorno al pilastro	$u_0$	=	3770	mm
Perimetro critico massimo	$u_1$	=	28174	mm

### Sollecitazioni di progetto

Pilastro superiore: azione assiale	$N_{Ed,sup}$	=	9941	kN
Pilastro superiore: momento flettente in direzione y	$M_{Ed,y,sup}$	=	0	kNm
Pilastro superiore: momento flettente in direzione z	$M_{Ed,z,sup}$	=	0	kNm
Pilastro inferiore: azione assiale	$N_{Ed,inf}$	=		kN
Pilastro inferiore: momento flettente in direzione y	$M_{Ed,y,inf}$	=		kNm
Pilastro inferiore: momento flettente in direzione z	$M_{Ed,z,inf}$	=		kNm

### Azioni di punzonamento

Azione di progetto di punzonamento	$V_{Ed}$	=	9941	kN
Momento flettente di progetto in direzione y	$M_{Ed,y}$	=	0	kNm
Momento flettente di progetto in direzione z	$M_{Ed,z}$	=	0	kNm

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	91 di 130

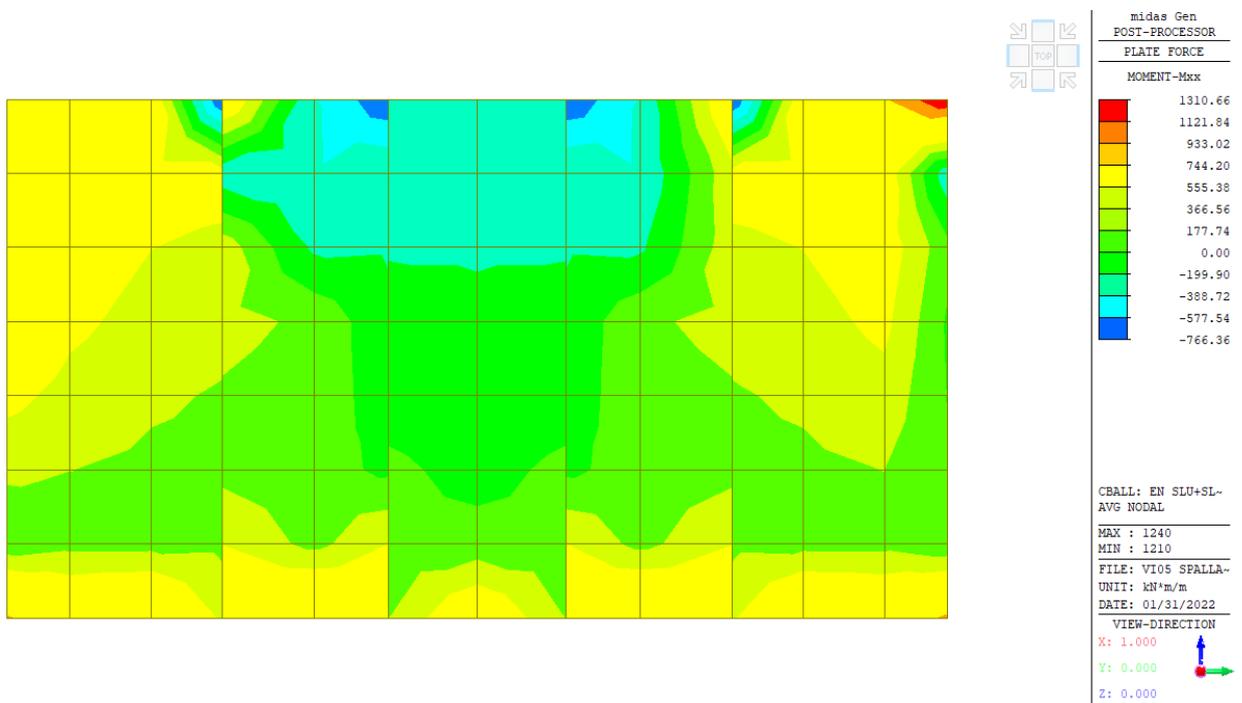
Eccentricità dell'azione di punzonamento in direzione y	$e_y$	=	0	mm
Eccentricità dell'azione di punzonamento in direzione z	$e_z$	=	0	mm
Dimensione del perimetro di verifica in direzione y	$b_y$	=	14087	mm
Dimensione del perimetro di verifica in direzione z	$b_z$	=	14087	mm
Coefficiente amplificativo	$\beta$	=	1.00	
Tensione massima di punzonamento su perimetro critico minimo	$v_{Ed,0}$	=	1.36	N/mm <sup>2</sup>
Tensione massima di punzonamento su perimetro critico massimo	$v_{Ed,1}$	=	0.18	N/mm <sup>2</sup>
<b>Resistenze a punzonamento</b>				
Coefficiente di riduzione della resistenza del cls fessurato per taglio	$v$	=	0.52	
Resistenza a punzonamento massima	$v_{Rd,max}$	=	4.89	N/mm <sup>2</sup>
Verifica a punzonamento sullo spessore della piastra	$\rho_{max}$	=	<b>0.28</b>	
Fattore dipendente dall'altezza utile della sezione	$k$	=	1.32	
Rapporto geometrico dell'armatura tesa	$\rho_{ly}$	=	0.001	
Rapporto geometrico dell'armatura tesa	$\rho_{lz}$	=	0.001	
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale tesa	$\rho_l$	=	0.001	
Tensione massima di punzonamento del cls	$v_{Rd,c}$	=	0.26	N/mm <sup>2</sup>
Verifica a punzonamento senza armatura a punzonamento	$\rho_c$	=	<b>0.70</b>	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

## 8.2 MURO FRONTALE

### 8.2.1 Sollecitazioni massime

Il sistema di riferimento adottato è quello locale. L'asse X coincide con la direzione orizzontale e l'asse Y con quella verticale.

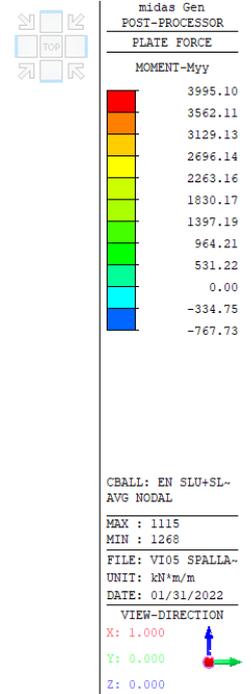
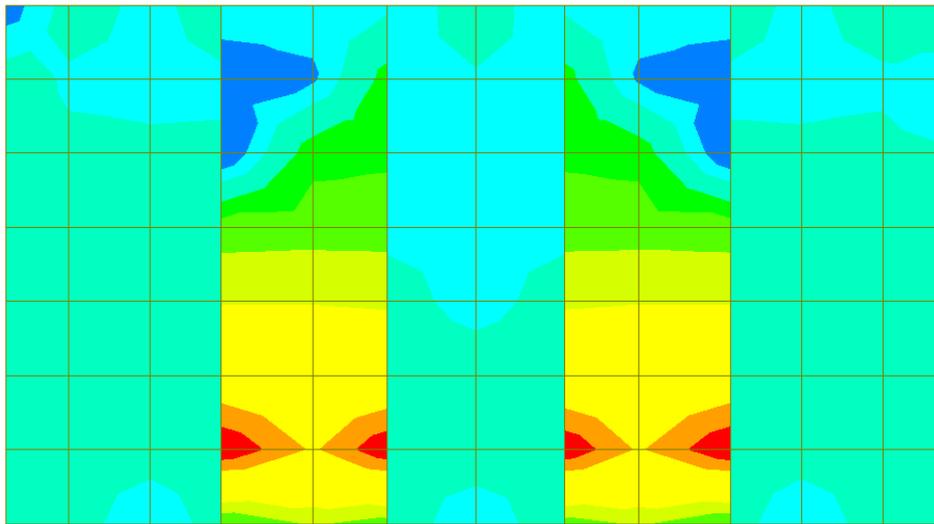


**Involuppo momento flettente in direzione X – SLU + SLV**

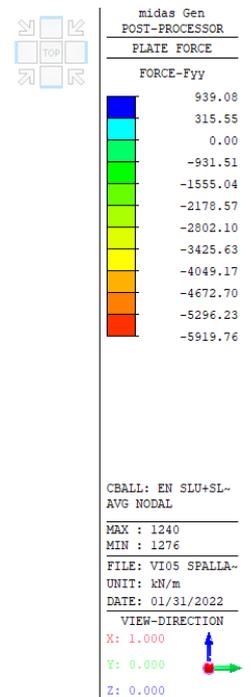
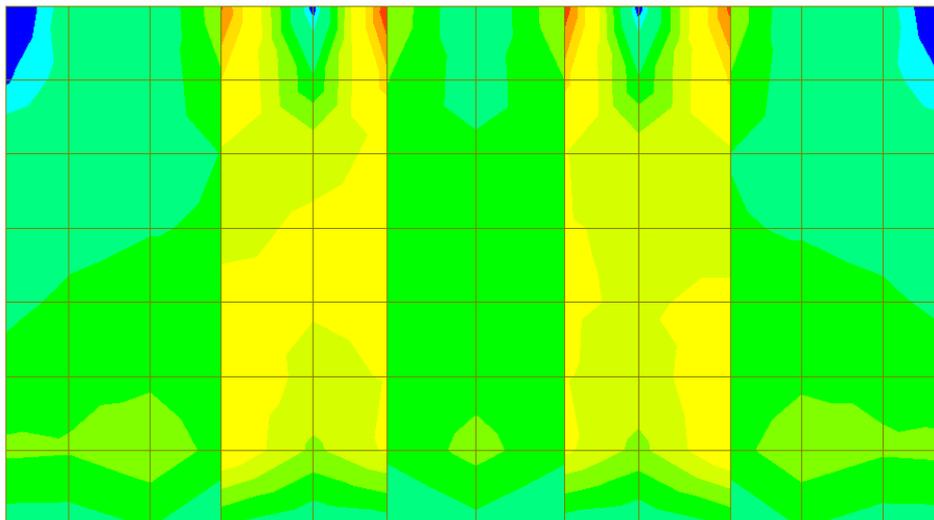
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo spalle - VI05

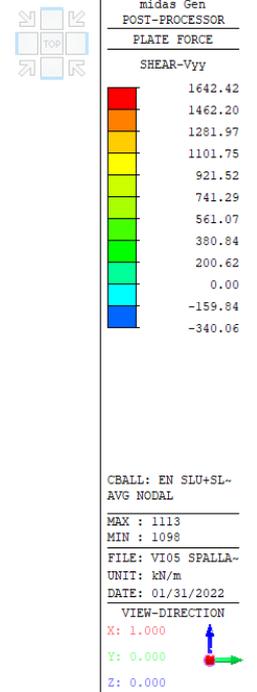
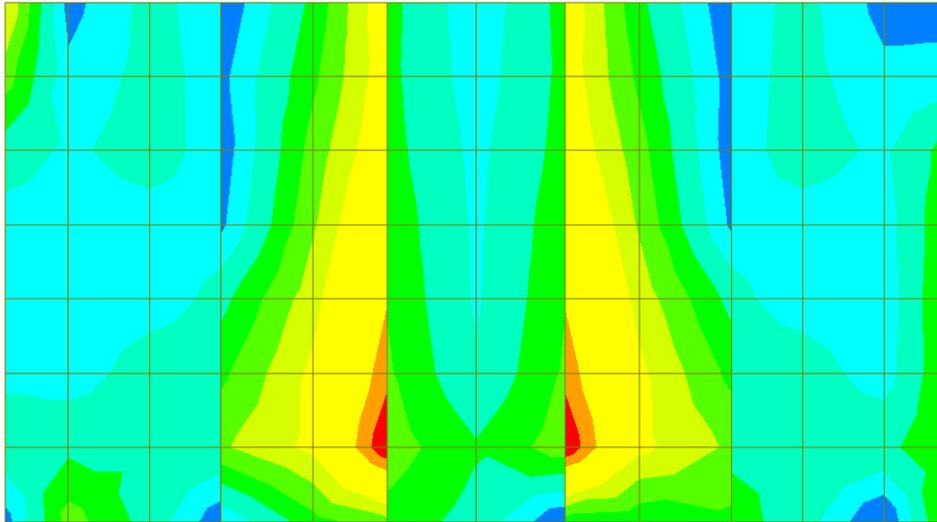
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	93 di 130



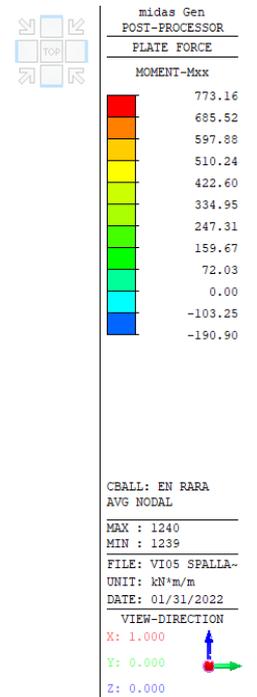
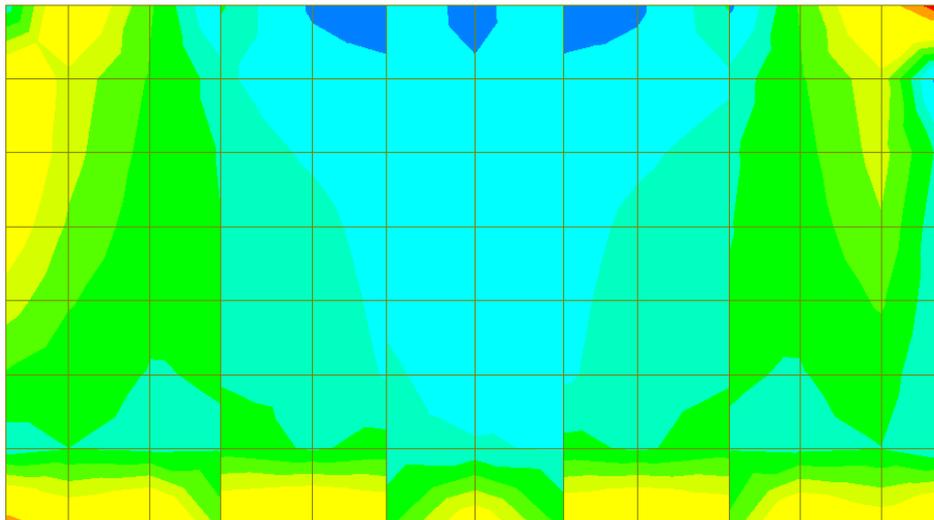
**Involuppo momento flettente in direzione Y – SLU + SLV**



**Involuppo azione assiale verticale - SLU + SLV**



**Inviluppo azione di taglio in direzione Y - SLU + SLV**

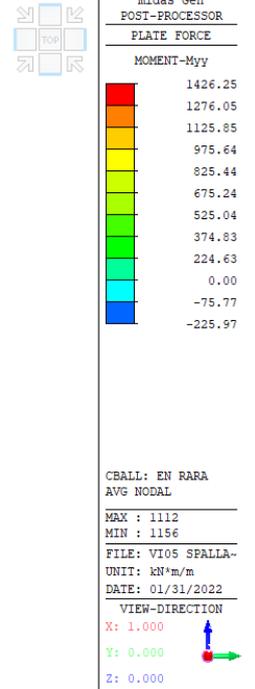
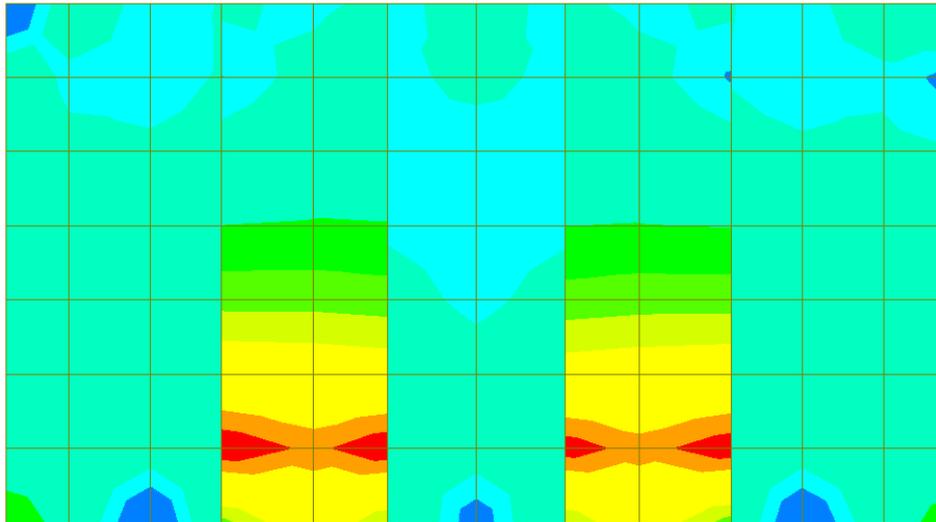


**Inviluppo momento flettente in direzione X - SLE RARA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	95 di 130



**Inviluppo momento flettente in direzione Y – SLE RARA**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

### 8.2.2 Verifiche agli Stati Limite

Il muro frontale è armato con armatura corrente  $\phi$  26/10 verticali e con  $\phi$  18/10 orizzontali, disposti entrambi sia sul lato esterno, che sul lato interno del muro. Il copriferro netto è pari a 50 mm.

A taglio si utilizzano spilli  $\phi$  12 / 30 x 30.

Si riportano nel seguito le verifiche strutturali agli stati limite ultimi e di esercizio.

#### Verifiche in direzione X

##### Verifica a flessione

SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	2650	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	71	[mm]
Altezza utile della sezione	d	2579	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	<b>2497.34</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	<b>856.0</b>	<b>[kNm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	97 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

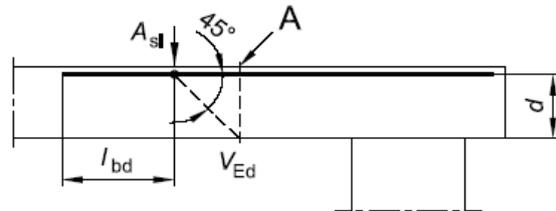
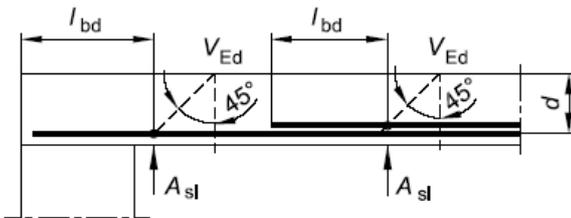
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	720	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.28	[-]
		1.28	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0009867	[-]
		0.0009867	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	587.62	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	751.84	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **751.84** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	2321.1	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **2796.69** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **7583.52** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per  $\cot\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **2796.69** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **12129.90** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	98 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime (SLE)

<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	607.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	2650 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	71 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	2579 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	379.87 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	2.06512E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.12 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>96.96 [MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>		
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	376.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	2650 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	71 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	2579 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	379.87 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	2.06512E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>0.69 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>60.06 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	99 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b><math>M_{Ed,caratt.}</math></b>	<b>578 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x$	379.87 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	92.33 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	177.5 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	177500 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01434 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	-0.000008 [-] 0.000277 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	18.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	356.24 [mm] 356.24 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b><math>w_k</math></b>	<b>0.0987 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b><math>w_{max}</math></b>	<b>0.2 [mm]</b>

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	100 di 130

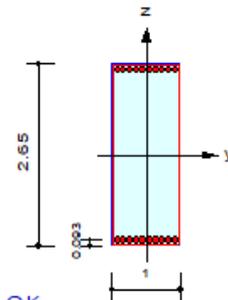
Relazione di calcolo spalle - VI05

## Verifiche in direzione Y

### Verifica a flessione

#### 1. Design Condition

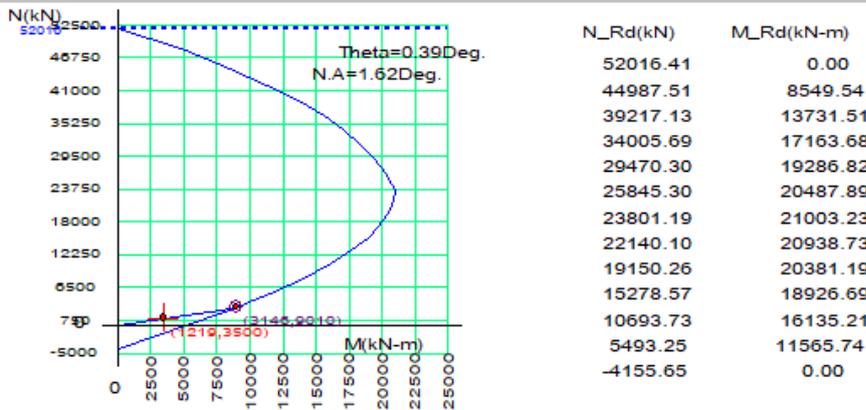
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018      UNIT SYSTEM : kN, m  
 Member Number : 1 (PM), 1 (Shear)  
 Material Data : fck = 32000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa  
 Column Height : 3 m  
 Section Property : h265 (No : 3)  
 Rebar Pattern : 20 - 2 - P26      Ast = 0.01062 m<sup>2</sup> (Rhost = 0.004)



#### 2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 2 (Pos : I)  
 Concentric Max. Axial Load      N\_Rdmax = 52016.4 kN  
 Axial Load Ratio      N\_Ed / N\_Rd = 1219.00 / 3145.95 = 0.387 < 1.000 ..... O.K  
 Moment Ratio      M\_Ed / M\_Rd = 3500.08 / 9009.55 = 0.388 < 1.000 ..... O.K  
                          M\_Edy / M\_Rdy = 3500.00 / 9009.35 = 0.388 < 1.000 ..... O.K  
                          M\_Edz / M\_Rdz = 24.3800 / 60.8018 = 0.401 < 1.000 ..... O.K

M-N Interaction Diagram



**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	101 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

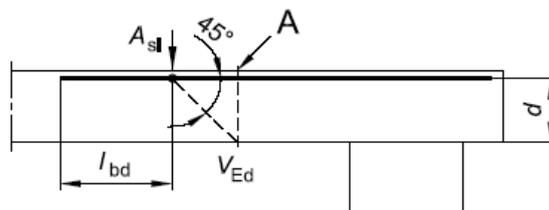
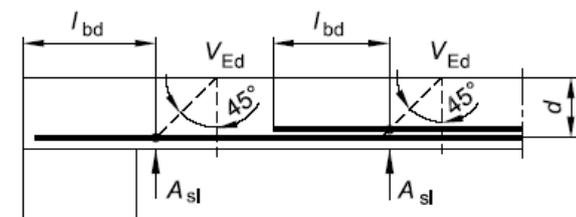
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	1465	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.28	[-]
		1.28	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0020764	[-]
		0.0020764	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	747.30	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	746.48	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **747.30** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	2301.3	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **2772.83** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **7518.83** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per  $\cot\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **2772.83** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **12026.42** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	102 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime
**Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	1426.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	2650 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	93 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	2557 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	5309 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	5309 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	509.64 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	3.91771E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.86 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>111.78 [MPa]</b>

**Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	827.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	2650 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	93 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	2557 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	5309 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	5309 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	509.64 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	3.91771E+11 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.08 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>64.83 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	103 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,caratt.</sub></b>	<b>1409 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	509.64 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	110.45 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	232.5 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	232500 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.02284 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000244 [-] 0.000331 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	26.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	336.36 [mm] 336.36 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.1115 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

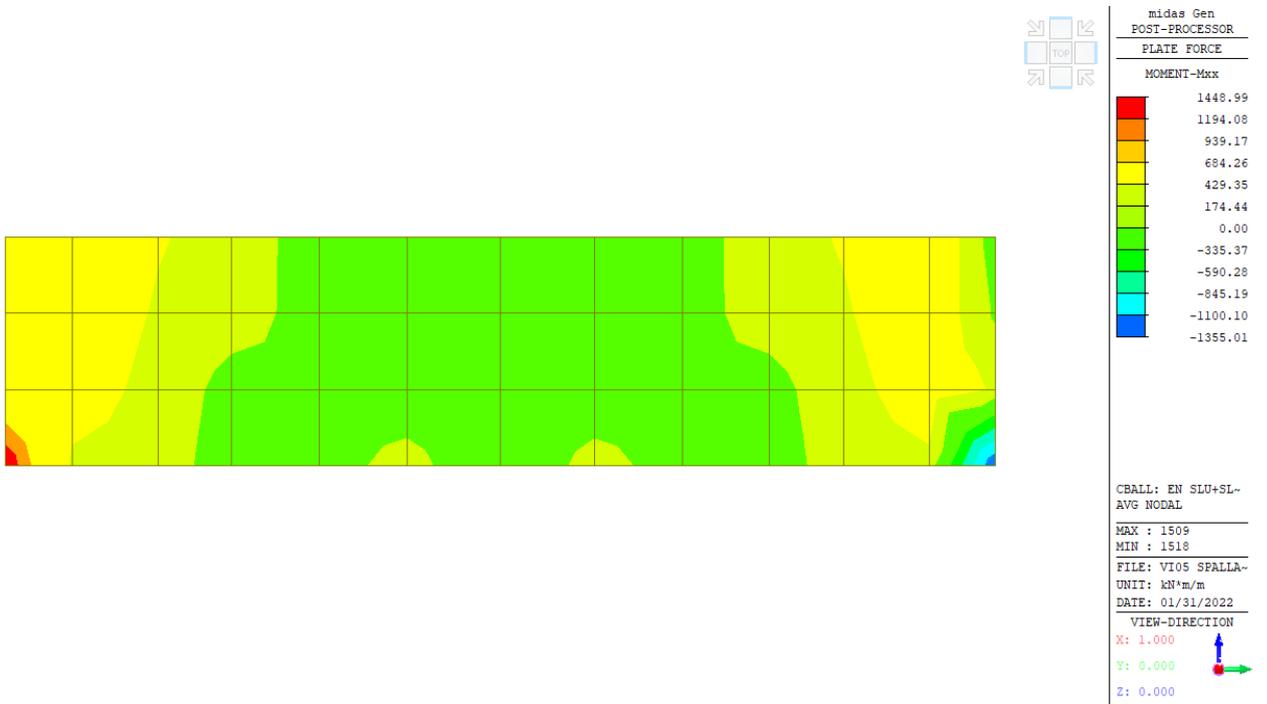
**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	104 di 130

### 8.3 PARAGHIAIA

#### 8.3.1 Sollecitazioni massime

Il sistema di riferimento adottato è quello locale. L'asse X coincide con la direzione orizzontale e l'asse Y con quella verticale.

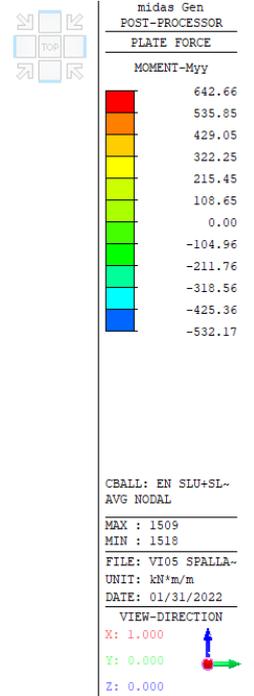
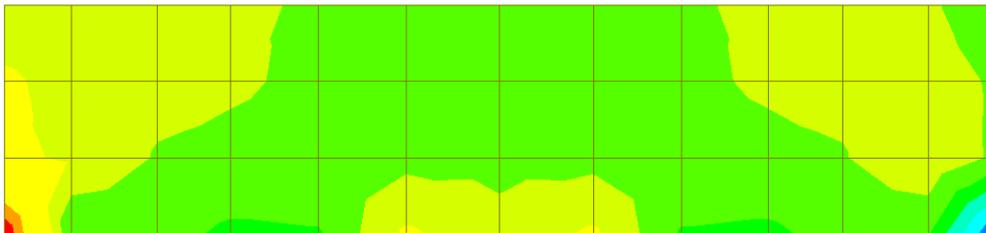


**Involuppo momento flettente in direzione X – SLU + SLV**

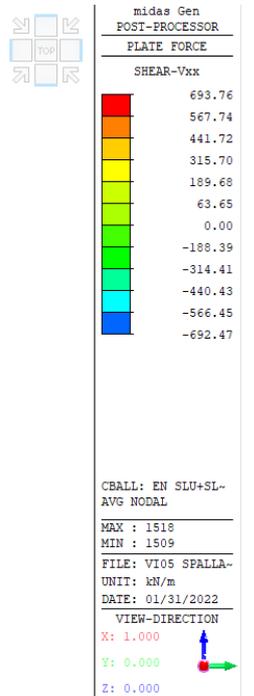
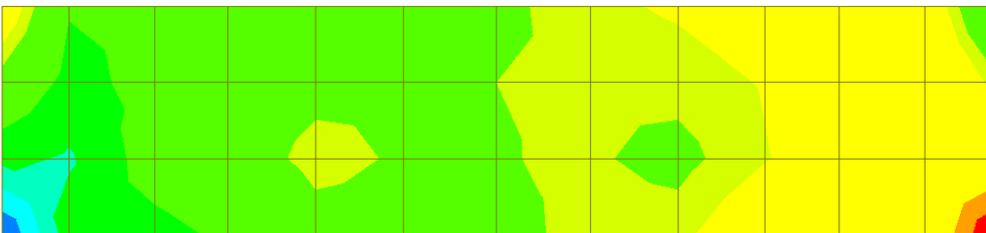
**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	105 di 130



**Inviluppo momento flettente in direzione Y - SLU + SLV**

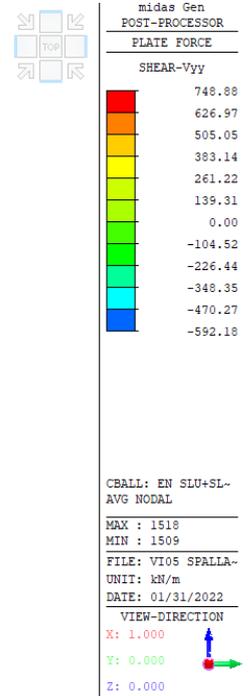
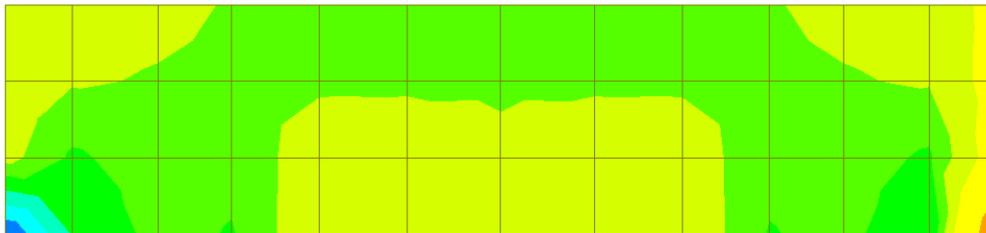


**Inviluppo azione di taglio in direzione X - SLU + SLV**

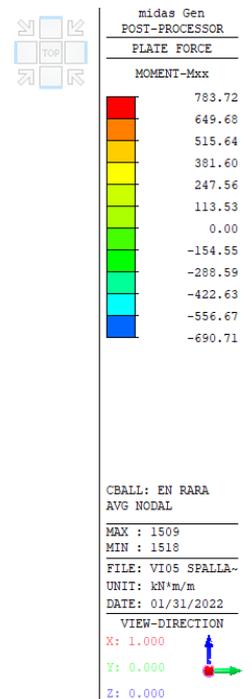
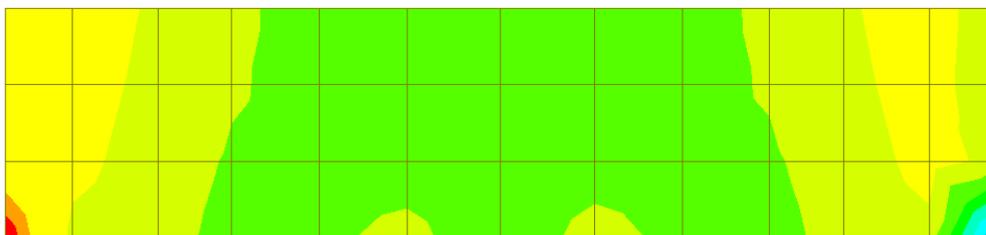
**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	106 di 130



**Involuppo azione di taglio in direzione Y - SLU + SLV**

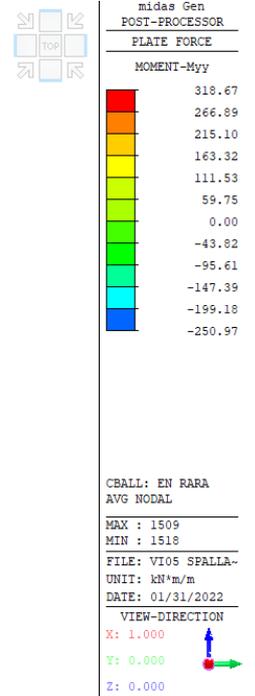
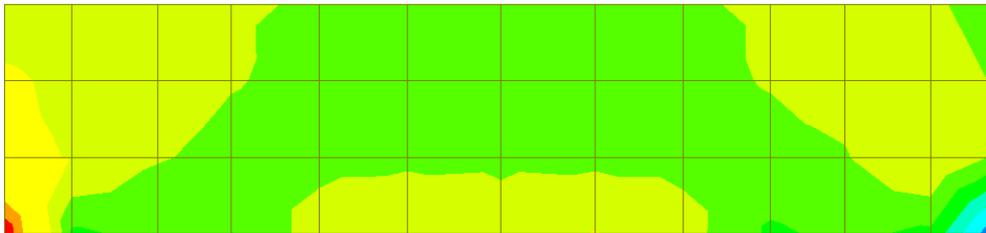


**Involuppo momento flettente in direzione X - SLE RARA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	107 di 130



**Inviluppo momento flettente in direzione Y – SLE RARA**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

### 8.3.2 Verifiche agli Stati Limite

Il parapagliaia è armato con barre  $\phi$  20/10 verticali e con  $\phi$  18/10 orizzontali, disposti entrambi sia sul lato esterno, che sul lato interno del muro. Il copriferro netto è pari 50 mm.

A taglio si utilizzano spilli  $\phi$  12/30x30.

I risultati delle verifiche sono i seguenti.

#### Verifiche in direzione X

##### Verifica a flessione

SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	550	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	71	[mm]
Altezza utile della sezione	d	479	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	2545	[mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	<b>M<sub>Rd</sub></b>	<b>406.27</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	<b>M<sub>Ed</sub></b>	<b>393.0</b>	<b>[kNm]</b>

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	109 di 130

Relazione di calcolo spalle - VI05

### Verifica a taglio

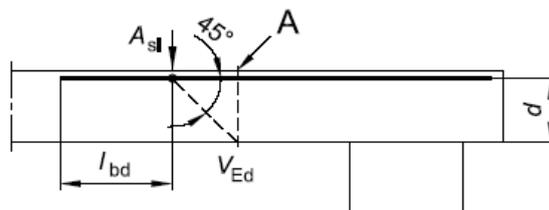
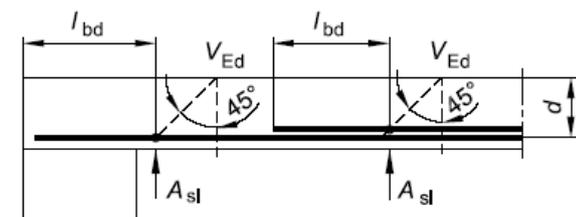
#### § 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	330	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.65	[-]
		1.65	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0053125	[-]
		0.0053125	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	246.30	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	204.03	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **246.30** [kN]

#### § 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	431.1	[mm]
Cotangente di $\theta$	cot $\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	cot $\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	sin $\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **519.43** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **1408.49** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per cot $\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **519.43** [kN]

#### § 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **2252.90** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	110 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime (SLE)
**Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	224.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	550	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	71	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	479	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	142.33	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	5481791853	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>5.82</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>206.36</b>	<b>[MPa]</b>

**DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS**
**Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	128.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	550	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	71	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	479	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	142.33	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	5481791853	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>3.32</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>117.92</b>	<b>[MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	111 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,caratt.</sub></b>	<b>216 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	142.33 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	198.99 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	135.891208 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	135891.208 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01873 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000627 [-] 0.000627 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	18.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	306.21 [mm] 306.21 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.1920 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	112 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
**Verifiche in direzione Y**
Verifica a flessione

<b>SEZIONE TRASVERSALE</b>			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	550	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	90	[mm]
Altezza utile della sezione	d	460	[mm]
<b>ARMATURA TESA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
<b>ARMATURA COMPRESSA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	<b>454.85</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	<b>318.0</b>	<b>[kNm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	113 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

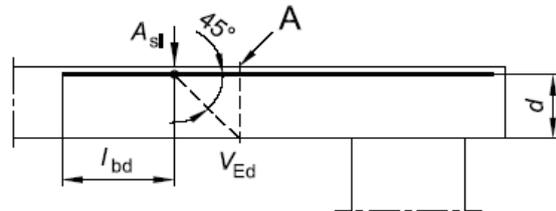
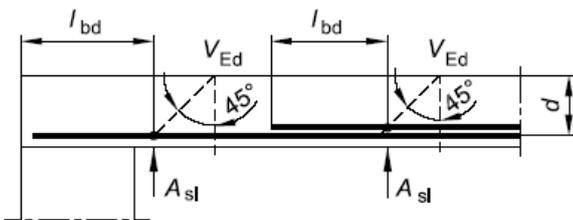
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	348	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.66	[-]
		1.66	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0068296	[-]
		0.0068296	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	259.26	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	198.30	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **259.26** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	414	[mm]
Cotangente di $\theta$	cot $\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	cot $\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	sin $\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **498.83** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **1352.62** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per cot $\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **498.83** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **2163.53** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	114 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime (SLE)

<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	147.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	550 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	90 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	460 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	3142 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	152.16 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	5822101442 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>3.84 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>116.59 [MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>		
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>		
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	96.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	550 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	90 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	460 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	3142 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	152.16 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	5822101442 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>2.51 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>76.14 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	115 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,caratt.</sub></b>	<b>136 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	152.16 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	107.86 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	132.611892 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	132611.892 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.02369 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000241 [-] 0.000324 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	20.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	286.32 [mm] 286.32 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.0926 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

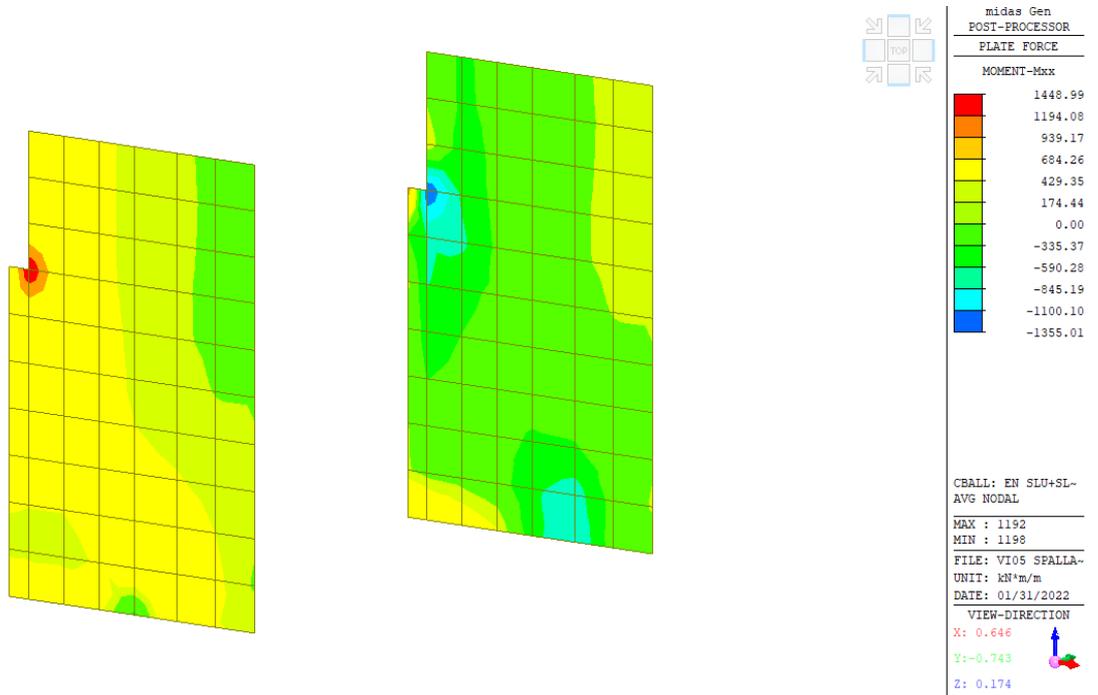
**Relazione di calcolo spalle - VI05**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	116 di 130

## 8.4 MURI LATERALI

### 8.4.1 Sollecitazioni massime

Il sistema di riferimento adottato è quello locale. L'asse X coincide con la direzione orizzontale e l'asse Y con quella verticale.

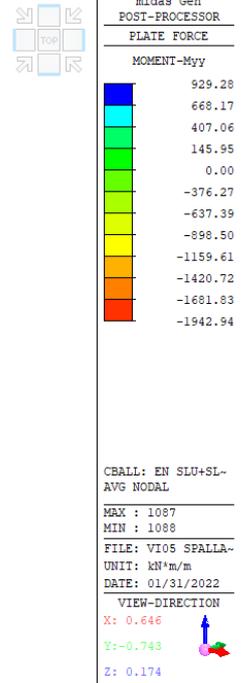
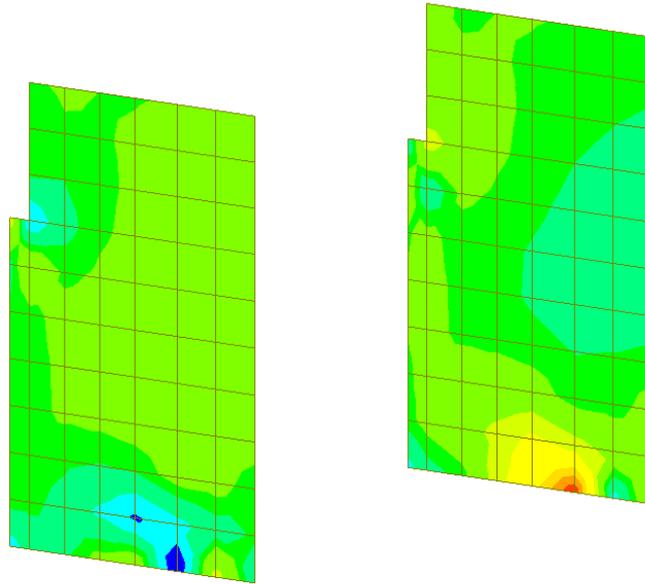


**Inviluppo momento flettente in direzione X - SLU+ SLV**

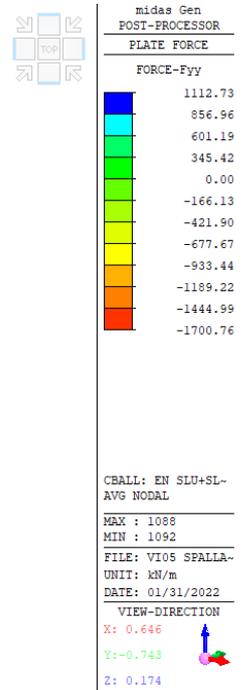
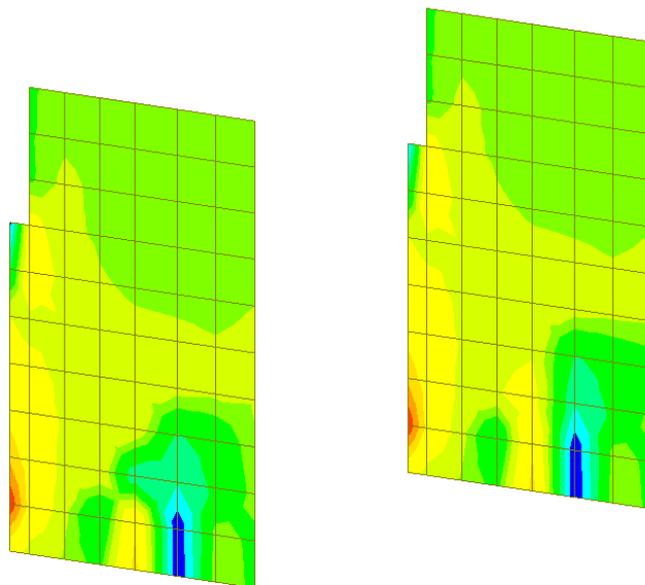
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo spalle - VI05

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	117 di 130



**Inviluppo momento flettente in direzione Y – SLU+ SLV**

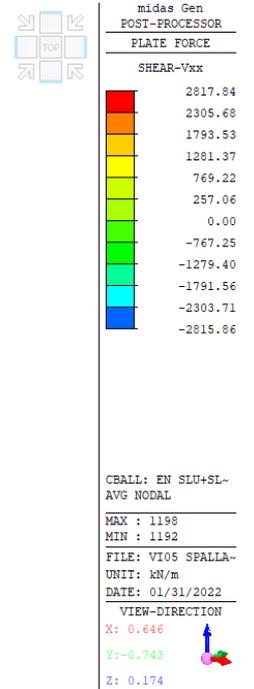
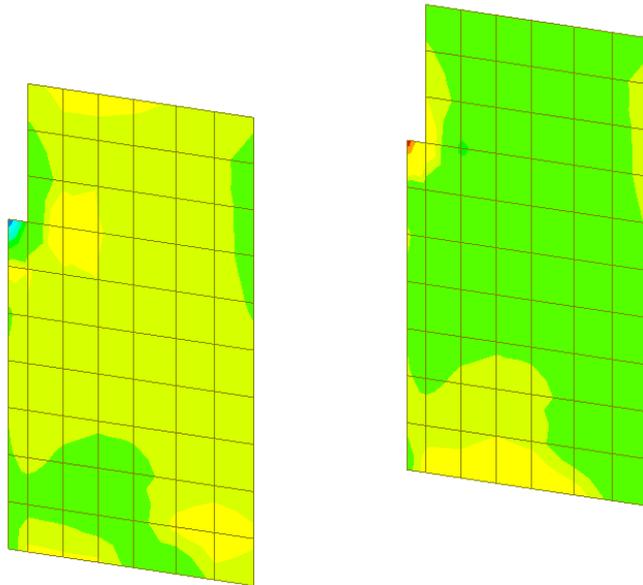


**Inviluppo azione assiale verticale - SLU+ SLV**

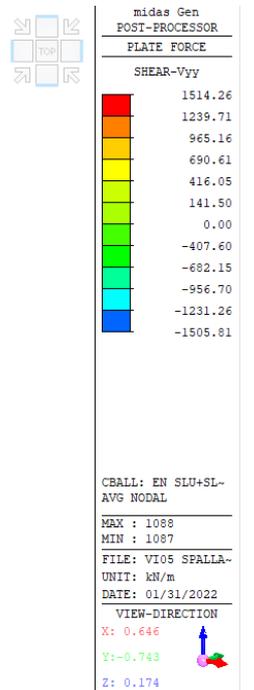
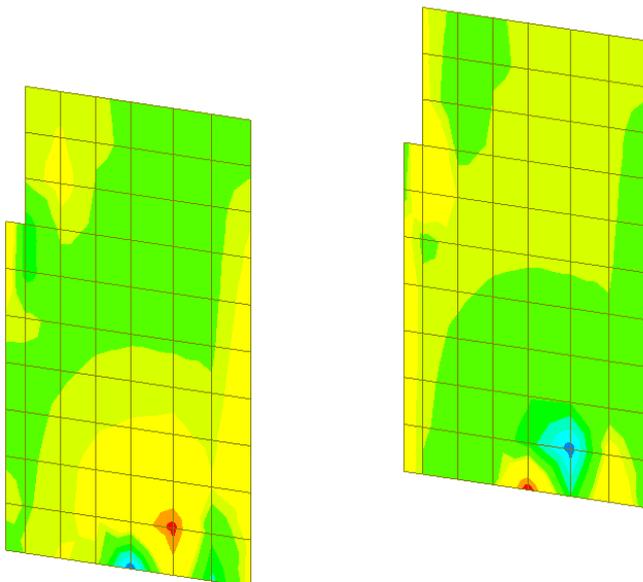
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo spalle - VI05

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	118 di 130



Involuppo azione di taglio in direzione X - SLU+ SLV

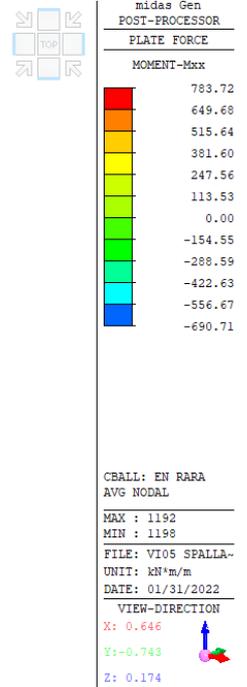
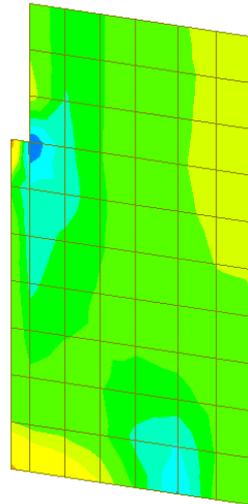
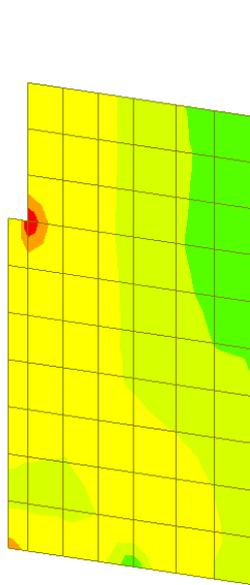


Involuppo azione di taglio in direzione Y - SLU+ SLV

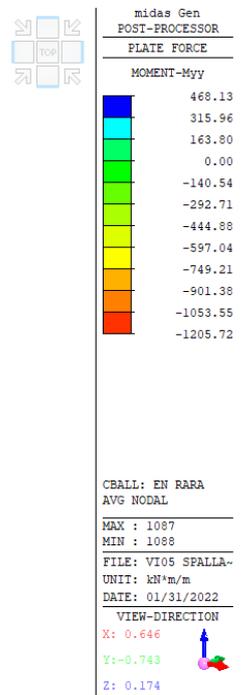
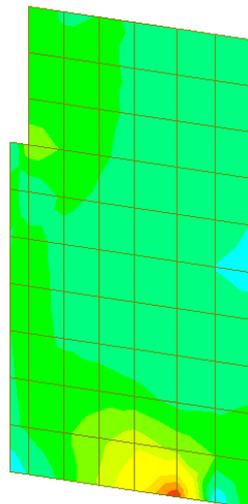
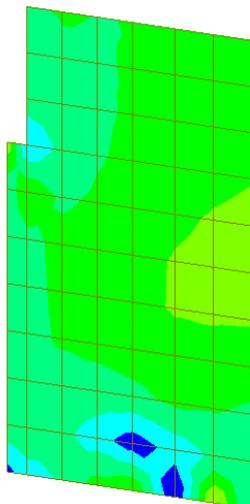
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo spalle - VI05

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	119 di 130



**Inviluppo momento flettente in direzione X – SLE RARA**



**Inviluppo momento flettente in direzione Y – SLE RARA**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. A

#### 8.4.2 Verifiche agli Stati Limite

I muri laterali sono armati con barre  $\phi$  20/10 verticali e con  $\phi$  18/10 orizzontali, disposti entrambi sia sul lato esterno, che sul lato interno del muro. Il copriferro netto è pari 50 mm.

A taglio si utilizzano spilli  $\phi$  12/30 x 30

I risultati delle verifiche sono i seguenti.

#### Verifiche in direzione X

##### Verifica a flessione

SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	800	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	71	[mm]
Altezza utile della sezione	d	729	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	2545	[mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	18	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' <sub>1</sub>	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	2545	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	<b>M<sub>Rd</sub></b>	<b>655.20</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	<b>M<sub>Ed</sub></b>	<b>554.8</b>	<b>[kNm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	121 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica a taglio

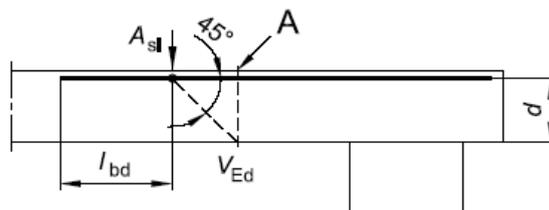
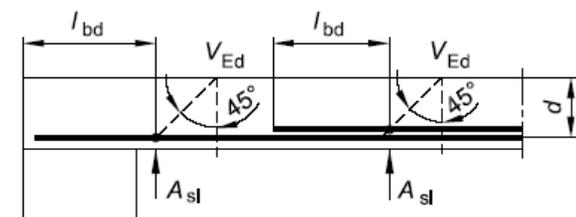
**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	651	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.52	[-]
		1.52	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0034907	[-]
		0.0034907	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	301.66	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	276.53	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **301.66** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	656.1	[mm]
Cotangente di $\theta$	$\cot\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	$\sin\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **790.53** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **2143.62** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per  $\cot\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **790.53** [kN]

**§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE**

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **3428.73** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	122 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica delle tensioni massime (SLE)

**Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	332.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	800 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [mm]
Copriferro	$d'$	71 [mm]
Altezza utile della sezione	$d$	729 [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	182.31 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	13900708410 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>4.35 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>195.85 [MPa]</b>

**DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS**

**Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente**

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	209.0 [kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0 [-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	800 [-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000 [-]
Copriferro	$d'$	71 [-]
Altezza utile della sezione	$d'$	729 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	2545 [mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	182.31 [mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	13900708410 [mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>2.74 [MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>123.29 [MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	123 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b><math>M_{Ed,caratt.}</math></b>	<b>316 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x$	182.31 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	186.42 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	177.5 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	177500 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01434 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000463 [-] 0.000559 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	18.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	356.24 [mm] 356.24 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b><math>w_k</math></b>	<b>0.1992 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b><math>w_{max}</math></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	124 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

**Verifiche in direzione Y**

Verifica a flessione

<b>SEZIONE TRASVERSALE</b>			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	800	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	90	[mm]
Altezza utile della sezione	d	710	[mm]
<b>ARMATURA TESA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
<b>ARMATURA COMPRESSA</b>			
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	10	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	<b>762.18</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	<b>642.0</b>	<b>[kNm]</b>

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	125 di 130

Relazione di calcolo spalle - VI05

### Verifica a taglio

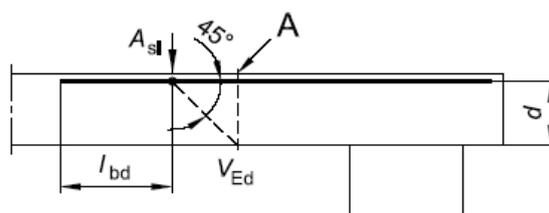
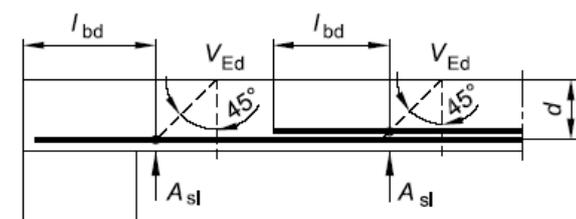
#### § 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	748	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.53	[-]
		1.53	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0044248	[-]
		0.0044248	[-]

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

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	319.41	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	271.18	[kN]

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**  $V_{Rd}$  **319.41** [kN]

#### § 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Diametro delle staffe	$\phi_{sw}$	12	[mm]
Numero di braccia	$n_b$	3.3	[-]
Passo delle staffe	s	300	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	$\theta$	22	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	$A_{sw}$	373	[mm <sup>2</sup> ]
Braccio della coppia interna	z	639	[mm]
Cotangente di $\theta$	cot $\theta$	2.48	[-]
		2.48	[-]
Cotangente di $\alpha$	cot $\alpha$	0.00	[-]
Seno di $\alpha$	sin $\alpha$	1.00	[-]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)**  $V_{Rsd}$  **769.93** [kN]

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  $f'_{cd}$  9.41 [MPa]

**Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)**  $V_{Rcd}$  **2087.75** [kN]

Massima area efficace di armatura a taglio per cot $\theta = 1$   $A_{sw,max}$  4327.07 [mm<sup>2</sup>]

**Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente**  $V_{Rd}$  **769.93** [kN]

#### § 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE

**Resistenza massima a taglio della trave**  $V_{Rd}$  **3339.37** [kN]

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	126 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**
Verifica delle tensioni massime (SLE)

<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	318.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	800	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	90	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	710	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	196.06	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	15489272796	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.92	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>4.03</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>158.27</b>	<b>[MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	203.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	800	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	90	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	710	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	3142	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	196.06	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	15489272796	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	<b>2.57</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	<b>101.03</b>	<b>[MPa]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	127 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Verifica della fessurazione (Comb. Rara con Gr. 4)

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica		
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	<b>M<sub>Ed,caratt.</sub></b>	<b>295 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	196.06 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	146.82 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.1 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	201.312033 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	201312.033 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01561 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	5.94 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000300 [-] 0.000440 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	20.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	360.67 [mm] 360.67 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.1589 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.2 [mm]</b>

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	128 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

## 9 SCARICHI SULLA PALIFICATA

Nella seguente tabella si riportano gli scarichi della struttura sulla palificata di fondazione, derivanti dallo studio della sovrastruttura con zattera di fondazione infinitamente rigida.

### SPALLA FISSA SLE

Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Comb	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
RARA01	-9312	1047	45722	-8457	-29489	448
RARA02	-8548	1036	38810	-8355	-16065	980
RARA03	-9376	1150	43177	-9501	-27509	145
RARA04	-9210	1105	40994	-8654	-24042	292
RARA05	-6300	1072	36174	-8530	-7492	1014
RARA06	-7064	974	43315	-7732	-21145	376
RARA07	-8710	994	43863	-7893	-25141	502
RARA08	-8098	984	38334	-7811	-14401	928
RARA09	-8698	1904	44162	-15501	-25339	1378

### SPALLA FISSA SLU-SLV

Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Comb	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
SLU01	-12870	1576	63094	-12724	-42395	705
SLU02	-11762	1559	53073	-12575	-22929	1476
SLU03	-12962	1725	59405	-14236	-39525	265
SLU04	-11996	1494	60402	-11869	-36094	779
SLU05	-11110	1481	52385	-11750	-20521	1396
SLU06	-12097	-270	56635	2410	-33208	-1376
SLU07	-11996	1494	60402	-11869	-36094	779
SLU08	-11978	2860	60850	-23281	-36390	2093
SLV01	-23298	-3422	36134	16948	-92431	3403
SLV02	-23298	-3422	38651	16948	-91099	3403
SLV03	-23298	3383	36134	-16657	-92431	-3679
SLV04	-23298	3383	38651	-16658	-91099	-3679
SLV05	9457	-3422	36134	16948	68397	3416
SLV06	9457	-3422	38651	16948	69729	3416
SLV07	9457	3383	36134	-16657	68397	-3667
SLV08	9457	3383	38651	-16658	69729	-3667
SLV09	-11834	-11361	36134	56155	-36141	11671
SLV10	-11834	-11361	38651	56154	-34809	11671

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	129 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Comb	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
SLV11	-2007	-11361	36134	56155	12107	11674
SLV12	-2007	-11361	38651	56154	13439	11674
SLV13	-11834	11322	36134	-55864	-36141	-11938
SLV14	-11834	11322	38651	-55864	-34809	-11938
SLV15	-2007	11322	36134	-55864	12107	-11934
SLV16	-2007	11322	38651	-55864	13439	-11934
SLV17	-11834	-3422	33198	16950	-37696	3408
SLV18	-11834	3383	33198	-16656	-37696	-3675
SLV19	-2007	-3422	33198	16950	10553	3411
SLV20	-2007	3383	33198	-16656	10553	-3671
SLV21	-11834	-3422	41588	16946	-33255	3408
SLV22	-11834	3383	41588	-16659	-33255	-3675
SLV23	-2007	-3422	41588	16946	14993	3411
SLV24	-2007	3383	41588	-16659	14993	-3671

**SPALLA MOBILE SLE**

Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Comb	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
RARA01	8566	456	43929	-3641	21350	-431
RARA02	8566	1036	38810	-8354	16214	-987
RARA03	8566	1032	43194	-8132	20579	-983
RARA04	8566	1011	42683	-8345	20070	-962
RARA05	6318	1073	36174	-8536	7642	-1024
RARA06	6318	383	41523	-2918	13006	-362
RARA07	8116	521	42429	-4043	18660	-494
RARA08	8116	985	38334	-7813	14551	-938
RARA09	8116	1431	42728	-11649	18957	-1365

**SPALLA MOBILE SLU-SLV**

Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Comb	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
SLU01	11789	718	60494	-5741	30601	-680
SLU02	11789	1559	53072	-12575	23154	-1486
SLU03	11789	1553	59429	-12253	29483	-1481
SLU04	11137	809	58323	-6287	26703	-768

**PROGETTO DEFINITIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	VI0504 001	A	130 di 130

**Relazione di calcolo spalle - VI05**

Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Comb	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
SLU05	11137	1482	52385	-11754	20746	-1412
SLU06	11137	-406	56655	3993	24996	395
SLU07	11137	809	58323	-6287	26703	-768
SLU08	11137	2174	58771	-17696	27149	-2075
SLV01	-2421	-3510	35790	17665	-34611	-3437
SLV02	-2421	-3510	38278	17665	-35973	-3437
SLV03	-2421	3235	35790	-15446	-34611	3703
SLV04	-2421	3235	38278	-15447	-35973	3703
SLV05	15956	-3510	35790	17665	55360	-3430
SLV06	15956	-3510	38278	17665	53998	-3430
SLV07	15956	3235	35790	-15446	55360	3710
SLV08	15956	3235	38278	-15447	53998	3710
SLV09	4011	-11379	35790	56296	-3121	-11765
SLV10	4011	-11379	38278	56295	-4483	-11765
SLV11	9524	-11379	35790	56296	23870	-11763
SLV12	9524	-11379	38278	56295	22508	-11763
SLV13	4011	11104	35790	-54077	-3121	12036
SLV14	4011	11104	38278	-54078	-4483	12036
SLV15	9524	11104	35790	-54077	23870	12038
SLV16	9524	11104	38278	-54078	22508	12038
SLV17	4011	-3510	32887	17667	-1532	-3435
SLV18	4011	3235	32887	-15445	-1532	3706
SLV19	9524	-3510	32887	17667	25460	-3433
SLV20	9524	3235	32887	-15445	25460	3708
SLV21	4011	-3510	41181	17663	-6073	-3435
SLV22	4011	3235	41181	-15448	-6073	3706
SLV23	9524	-3510	41181	17663	20918	-3432
SLV24	9524	3235	41181	-15448	20918	3708

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA          TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>Relazione di calcolo spalle - VI05</b>	COMMESSA  IV01	LOTTO  00	CODIFICA  D 09 CL	DOCUMENTO  VI0504 001	REV.  A	FOGLIO  131 di 130

## 10 VALUTAZIONE DELLA 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).

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.