

**S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  
LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA**  
DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

**PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE**

Ing. M. RASIMELLI  
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

Ing. D. BONADIES	Ing. M. PROCACCI
Ing. P. LOSPENNATO	Ing. R. CERQUIGLINI
Ing. S. PELLEGRINI	Ing. M. CARAFFINI
Ing. A. POLLI	Geom. M. BINAGLIA
Ing. M. MARELLI	
Ing. A. LUCIA	

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

Arch. E. RASIMELLI

**IL GEOLOGO**

Dott. S. PIAZZOLI

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

Ing. L. IOVINE

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

Ing. F. RUGGIERI

**PROTOCOLLO**

**DATA:**

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**



MANDATARIA



**PINI SWISS ENGINEERS SA**  
SWISS  
Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



**PINI SWISS ENGINEERS Srl**  
ITALIA  
Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

**OPERE D'ARTE MAGGIORI**  
Opere d'arte maggiori – Viadotto VI04  
Relazione di calcolo spalla

CODICE PROGETTO

PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.
D P C A 2 2	D	2 0 0 2

NOME FILE

T00\_VI04\_STR\_RE02\_A

REVISIONE

PAG.

CODICE ELAB.

T 0 0	V I 0 4	S T R	R E 0 2
-------	---------	-------	---------

A

1 di 61

D					
C					
B					
A	PRIMA EMISSIONE	AGOSTO 2020	MARELLI	POLLI	RASIMELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 2 di 61</p>
--	---

## INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	OGGETTO E SCOPO	4
1.2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	MATERIALI	7
3.1	VERIFICA S.L.E.	8
3.1.1	Verifiche alle tensioni	8
3.1.2	Verifiche a fessurazione	8
4	ANALISI E VERIFICHE SPALLA	9
4.1	GENERALITÀ	9
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE	10
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO	10
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA	14
4.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA	15
4.6	ANALISI DEI CARICHI	17
4.6.1	Peso proprio elementi strutturali	17
4.6.2	Carichi trasmessi dall'impalcato	17
4.6.3	Azione del Vento	18
4.6.4	Carichi da traffico verticali	19
4.6.5	Carichi da traffico orizzontali	20
4.6.6	Spinta statica del terrapieno	20
4.6.7	Sovraccarico sul terrapieno	21
4.6.8	Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche	21
4.6.9	Azione sismica	22
4.6.10	Inerzie strutturali	24
4.6.11	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali	24
4.6.12	Riepilogo risultati	25
4.7	SOLLECITAZIONI	28
4.7.1	Muro paraghiaia	28
4.7.2	Muro frontale	30
4.7.3	Plinto di fondazione	32
4.7.4	Pali di fondazione	34
4.8	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	35
4.8.1	Paraghiaia	35
4.8.2	Muro frontale	42

<p><i>ANAS S.p.A.</i></p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 3 di 61</p>
--	---

<a href="#">4.8.3</a>	<a href="#">uro andatore</a>	<a href="#">49</a>
<a href="#">4.8.4</a>	<a href="#">Zattera di fondazione</a>	<a href="#">54</a>
<a href="#">4.8.5</a>	<a href="#">Palo di fondazione</a>	<a href="#">56</a>

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 4 di 61</p>
--	--

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 OGGETTO E SCOPO

La presente relazione ha per oggetto la variante della SS389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per una lunghezza di circa 6 km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi viadotti, gallerie artificiali ed opere di sostegno, oltre a svincoli di allaccio alla statale esistente.

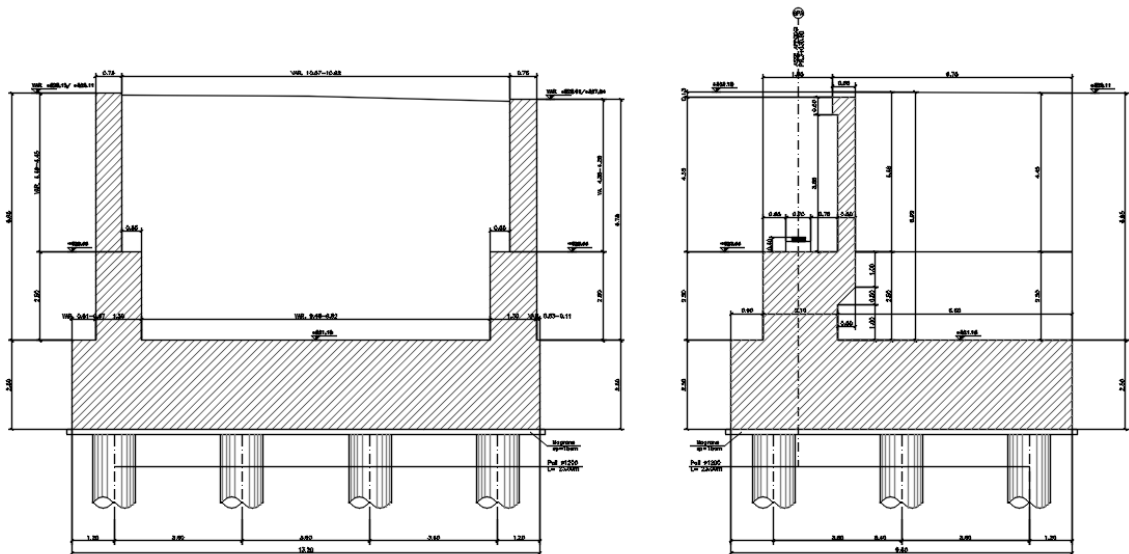
La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto VI04. In particolare si tratterà la spalla A che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

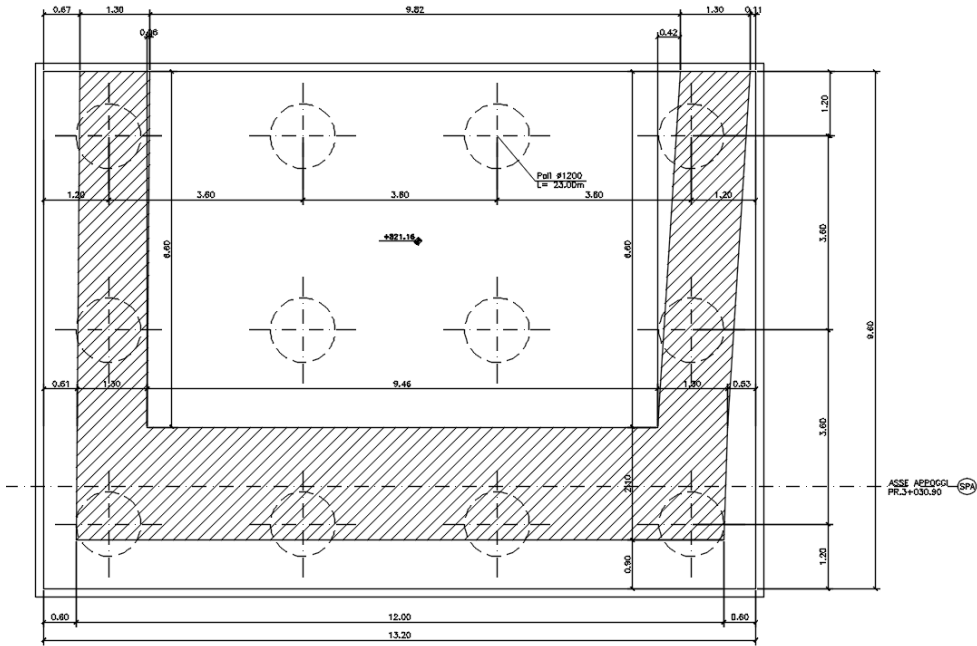
### 1.2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto è suddiviso in 3 campate da 60, 60 e 35 m di luce; l'impalcato continuo è costituito da un sistema misto acciaio-calcestruzzo composto da 3 travi in carpenteria metallica e soletta superiore in c.a. collaborante.

Pile e spalle saranno realizzate in c.a. gettato in opera e fondate su pali di grande diametro.



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 5 di 61</p>
--	---



*Figura 1.1. Sezione trasversale e pianta*

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 6 di 61</p>
---	---

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- EUROCODICE 7: progettazione geotecnica
- Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 7 di 61</p>
--	---

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

#### Calcestruzzo per fondazioni e pali

<p>CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE - C25/30 (CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE XC2 SECONDO UNI EN 206-1)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- DIMENSIONE MASSIMA DELL'AGGREGATO <math>D_{max} = 32</math> mm;</li> <li>- RAPPORTO ACQUA/CEMENTO MASSIMO 0.60, DA MISURARSI SECONDO UNI 206-1 CON PRELIEVI EFFETTUATI IMMEDIATAMENTE PRIMA DEL GETTO;</li> <li>- CEMENTO TIPO II, UNI 197-1 CLASSE 32.5</li> <li>- DOSAGGIO MINIMO 300 kg/mc</li> <li>- CONSISTENZA S4, SECONDO UNI EN 206-1;</li> <li>- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMB. XC2 SECONDO EN 206-1</li> <li>- COPRIFERRO MINIMO: 45 mm; PALI 75 mm;</li> <li>- CLASSE DI CONTENUTI IN CLORURI CI 0.20 SECONDO UNI EN 206-1</li> </ul>

#### Calcestruzzo elevazione

<p>CALCESTRUZZO PER PILE E SPALLE - C32/40 (CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE XC4 SECONDO UNI EN 206-1)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- DIMENSIONE MASSIMA DELL'AGGREGATO <math>D_{max} = 22</math> mm;</li> <li>- RAPPORTO ACQUA/CEMENTO MASSIMO 0.50, DA MISURARSI SECONDO UNI 206-1 CON PRELIEVI EFFETTUATI IMMEDIATAMENTE PRIMA DEL GETTO;</li> <li>- CEMENTO TIPO II, UNI 197-1 CLASSE 42.5 - DOSAGGIO MINIMO 340 kg/mc</li> <li>- CONSISTENZA S3, SECONDO UNI EN 206-1;</li> <li>- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMB. XC4 SECONDO EN 206-1</li> <li>- COPRIFERRO MINIMO 40 mm;</li> <li>- CLASSE DI CONTENUTI IN CLORURI CI 0.20 SECONDO UNI EN 206-1</li> </ul>

#### Acciaio per armature

<p>ACCIAIO PER ARMATURE - B450C TRAFILATO IN BARRE TONDE <math>5 \leq \varnothing \leq 40</math> AD ADERENZA MIGLIORATA (CONFORME D.M. 17.01.2018)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- TENSIONE CARATTERISTICA DI SNERVAMENTO <math>f_{yk} &gt; 450</math> N/mm<sup>2</sup></li> <li>- TENSIONE CARATTERISTICA DI ROTTURA <math>f_{tk} &gt; 540</math> N/mm<sup>2</sup></li> <li>- ALLUNGAMENTO <math>(A_{gt})_k &gt; 7.5\%</math></li> </ul>

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 8 di 61</p>
--	--

### 3.1 VERIFICA S.L.E.

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato

#### 3.1.1 Verifiche alle tensioni

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

##### 4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_{c,max}$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica} \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad [4.1.16]$$

##### 4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

La tensione massima,  $\sigma_{s,max}$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \quad [4.1.17]$$

#### 3.1.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 9 di 61</p>
--	---

Risultando:

w1= 0.2 mm

w2= 0.3 mm

w3= 0.4 mm

Si adotterà pertanto:

- Condizioni ambientali ordinarie per gli elementi di fondazione
- Condizioni ambientali aggressive per gli elementi in elevazione

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 7/19.

## 4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA

### 4.1 GENERALITÀ

La spalla presentano una configurazione a paramento di spessore 2.10 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 1.30 m. L'altezza della spalla  $\Delta$  (escluso paraghiaia) è pari a 2.50 m.

La spalla ha in testa un paraghiaia di spessore 0.5 m ed altezza di circa 4.45 m dalla testa muro frontale.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.20 m collegate in testa da una platea di spessore 2.50 m.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 10 di 61</p>
--	--

Il calcolo è stato effettuato per la spalla **A**, con altezza di paramento maggiore estendendo i risultati anche all'altra.

Per le verifiche dei singoli elementi della spalla (pali, platea di fondazione ed elevazioni) è stata effettuata un'analisi dei carichi agenti sul piano appoggi e allo spiccatto della fondazione; l'analisi viene riportata nelle pagine seguenti.

#### **4.2 MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE**

Le sollecitazioni di verifica della spalla sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio alle quali vanno combinate le azioni determinate dalle spinte del terreno di riempimento e del sovraccarico in condizioni sia statiche che sismiche e le azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Tutti i muri sono considerati sconnessi fra loro per la valutazione delle sollecitazioni alla base e quindi le azioni provenienti dall'impalcato sono applicate solamente al muro frontale. Tale schema pur risultando cautelativo, non fornisce sovrastime eccessive nel calcolo dei quantitativi di armatura previsti.

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali muro paraghiaia e muro frontale che vengono tutti modellati come delle mensole incastrate alla base.

Per il plinto di fondazione, si è utilizzato un modello tirante-puntone per l'analisi e la verifica dello zoccolo anteriore al muro frontale.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni sui pali di fondazione a partire dalle azioni risultanti nel baricentro del plinto alla quota di intradosso, sono stati calcolati, per ciascuna combinazione di carico, gli sforzi assiali e di taglio in testa ai pali di fondazione utilizzando il classico modello a piastra rigida.

#### **4.3 CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO**

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 11 di 61
--	--

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

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

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

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

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

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

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

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Per le verifiche geotecniche si è fatto riferimento alla combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2.

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qk}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		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.

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

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 12 di 61
--	--

**Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\Psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\Psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
	Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2
in esecuzione		0,8	0,0	0,0
a ponte carico SLU e SLE		0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

**Tab. 6.4.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali**

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sotto-strutture e, quindi, alle verifiche strutturali.



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA          DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:          T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 14 di 61</p>
--	---

Gli scarichi agli appoggi, riportati nei paragrafi seguenti, fanno riferimento alla seguente terna di assi:

- asse X coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

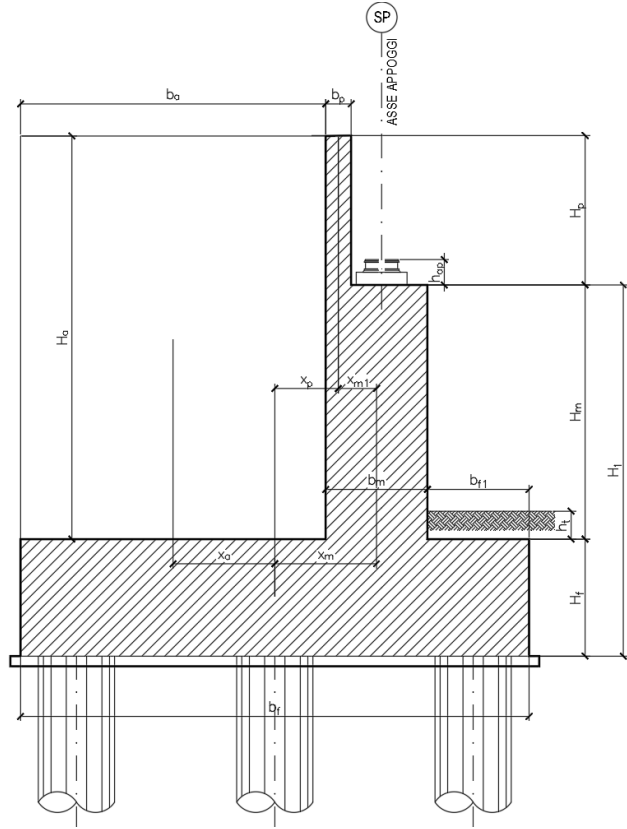
Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

#### 4.4 SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA

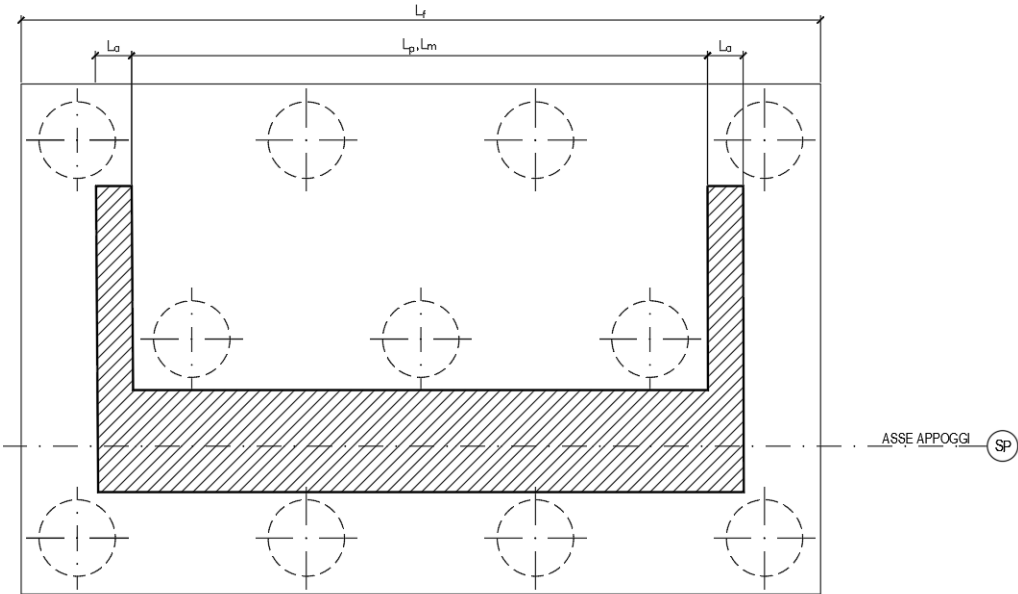
- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
  
- Lunghezze = m
- Forze = kN

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA          DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:          T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 15 di 61</p>
--	---

**4.5 GEOMETRIA DELLA SPALLA**



*Figura 4.1. Significato dei simboli: sezione tipologica*



*Figura 4.2. Significato dei simboli: pianta tipologica*

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 16 di 61</p>
--	---

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	20.0	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{ap}$	0.40	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	5.40	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	4.45	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	10.91	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		10.91	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	1.55	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	2.10	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	9.82	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	2.85	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	$x_{m1}$	-1.30	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.05	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	13.20	m
Mensola anteriore plinto	$b_{f1}$	0.90	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	2.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		2.90	m
Muro andatore			
Altezza	$H_a$	6.95	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	1.30	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	6.25	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_a$	-1.67	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		▼	Ko= 0.426
Sisma			
$S_s$		1.200	
$a_g$		0.060	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.072	
Mononobe e Okabe	$K_{AE}$	0.312	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.036	

Tabella 4.1 – Dati di input.



<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 17 di 61
--	--

#### 4.6 ANALISI DEI CARICHI

##### 4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

- Peso proprio strutture

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

Impalcato			
N° Corsie convenzionali		<b>3</b>	
Lunghezza	L	<b>60</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>170</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>60</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	<b>3</b>	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	<b>1700.0</b>	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	<b>600.0</b>	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n (ballast)	Ri	<b>0</b>	kN

##### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

I carichi del traffico vengono dedotti dal modello FEM dell'impalcato. Sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente. Si considera per gli appoggi un attrito pari al 3%.

Appoggio	A			B			C			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio G1	1700			1700			1700			0.00
Permanenti G2	600			600			600			0.00
Comb. Nmax Q1	775			1535			372			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura		260			260			260		4.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga										4.00
Comb. Nmax Q folla										0.00
Comb. MTmax Q1	1286			719			-115			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura		260			260			260		4.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga										4.00
Comb. MTmax Q folla										0.00
Comb. MLmax Q1										0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura										4.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga										4.00
Comb. MLmax Q folla										0.00
Vento Ponte Scarico						472				4.00
Vento Ponte Carico						647				4.00
Attrito permanente		69	69		69	69		69	69	0.00
Attrito carichi mobili		39	39		46	46		11	11	0.00
Sisma longitudinale		900			900			900		4.00
Sisma trasversale						550				4.00
Sisma verticale	83			83			83			0.00

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 18 di 61
--	--

#### 4.6.3 Azione del Vento

##### Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005

Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	860	860	m
Zona	Z	5	5	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	ao	750	750	m
Parametri	ks	0.4	0.4	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	$v_b = v_{b0} * (1 + k_s(a_s/a_o - 1))$	29.64266667	29.64266667	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	100	100	anni
	$\alpha_R$	1.04	1.04	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	30.81	30.81	m/s
Densità dell'aria	$\rho$	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	0.59	0.59	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		>750	>750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	

##### Vento su impalcato

Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	15	15	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.62	2.62	
Larghezza impalcato	b	12	12	m
Altezza impalcato	h1	4	4	m
Altezza veicoli o parapetto	h2	1.5	3	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicoli)	dtot	5.5	7	m
Rapporto di forma	b/dtot	2.18	1.71	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.85	1.99	

##### Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.59	0.59	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.62	2.62	
Coefficiente di forza	cfx	1.85	1.99	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	5.5	7	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	15.7	21.6	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.86	3.08	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	15.7	21.6	kN/m

##### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	15.7		kN/m
Luce impalcato	L	60		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	472		kN/m

##### Vento impalcato a ponte carico

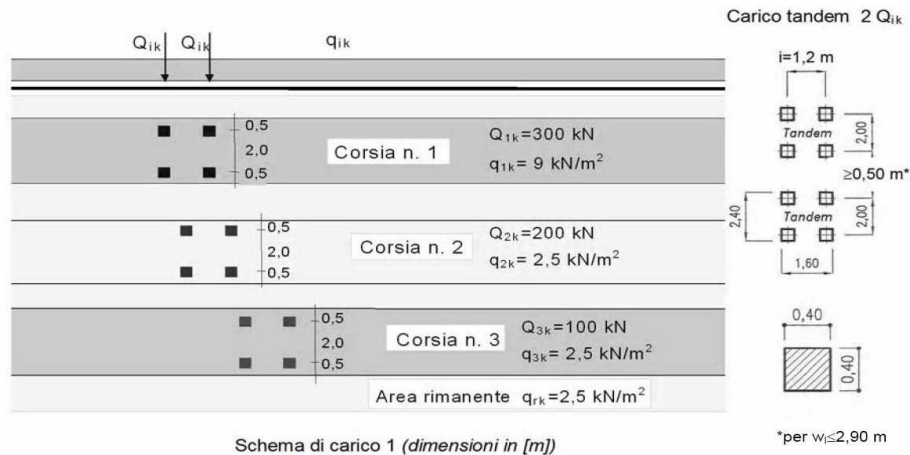
Forza statica equivalente	f	21.6		kN/m
Luce impalcato	L	60		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	647		kN/m

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 19 di 61
--	--

#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico veicolare.

Le azioni variabili del traffico definite nello Schema di Carico 1 sono costituite da carichi concentrati e da carichi uniformemente distribuiti. Tale schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.



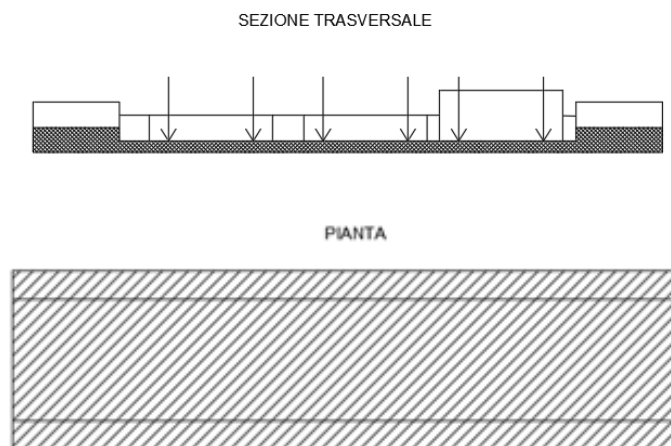
Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia Numero 1	300	9
Corsia Numero 2	200	2,5
Corsia Numero 3	100	2,5
Altre corsie	0,00	2,50

Sui marciapiedi si applica lo Schema di Carico 5 (folla) con valore  $q = 5 \text{ kN/mq}$ .

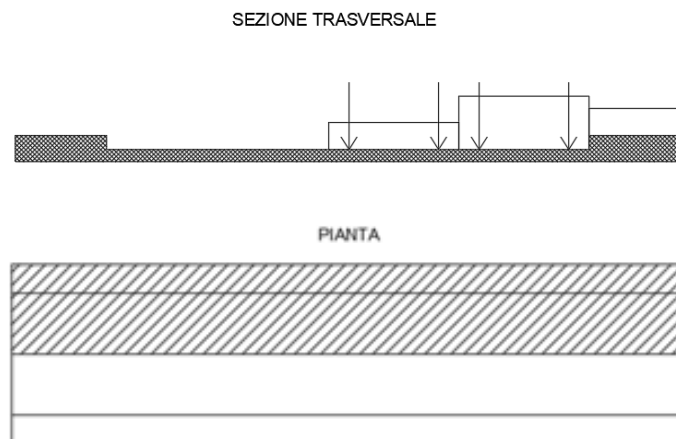
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

- N max, massimo sforzo normale per la spalla: il carico è presente sull'impalcato con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:



<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 20 di 61
--	--

- Mt max, massimo momento lungo l'asse x (direzione di marcia): il carico è presente solo da un lato della carreggiata. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:



#### 4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	155	m
q3	779	kN
q3 (filtrata)	779	kN

Centrifuga		
Raggio planimetrico	1000000	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	0	kN

#### 4.6.6 Spinta statica del terrapieno

A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno di peso specifico  $\gamma$ , su una parete di altezza H, risulta:

$$S_0 = 1/2 * \gamma * H^2 * K_0 \quad (\text{spinta per metro lineare di spalla})$$

l'utilizzo di  $K_0$  è determinato dall'impossibilità, da parte della spalla, di subire spostamenti; si assume  $K_0 = 1 - \sin \phi'$

Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ( $1/3 H$  rispetto alla base della parete).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 21 di 61</p>
--	--

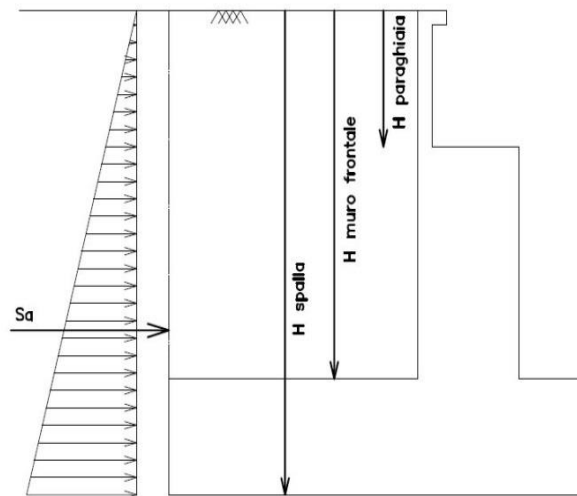


Figura 4.3. Spinta statica terreno di riempio

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati stradali e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 35^\circ$$

$$c' = 0$$

#### 4.6.7 Sovraccarico sul terrapieno

Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

$$q = 20 \text{ kN/m}^2$$

$$S_q = 20 * 0.426 = 8.53 \text{ kN/m}^2$$

#### 4.6.8 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a  $Q = 20 \text{ kN/m}^2$  gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa

La presenza del sovraccarico  $Q$  genera una spinta pari a:

$$S_q = q * H * K_o$$

Tale spinta è applicata ad una altezza pari a  $H/2$ .

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 22 di 61</p>
--	--

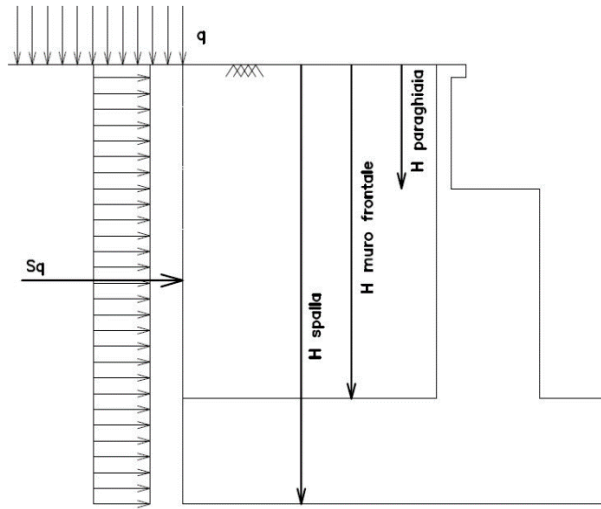


Figura 4.4. Spinta statica sovraccarico accidentale

#### 4.6.9 Azione sismica

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

- Azioni sismiche sulla Spalla

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle spalle si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k_h$  (coefficiente sismico orizzontale) o  $k_v$  (coefficiente sismico verticale) secondo quanto di seguito indicato:

Forza sismica orizzontale       $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale         $F_v = k_v W$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 23 di 61</p>
--	---

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente  $\beta_m$  assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario.

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso delle spalle del viadotto in questione che in virtù della elevata rigidità sia del sistema di fondazione che della parte in elevazione, è interessata da spostamenti trascurabili durante l'evento sismico) un valore del coefficiente  $\beta_m$  pari ad 1.0.

Assumendo tale valore si considera che, cautelativamente, il terreno di riempimento è rigidamente connesso alla spalla e non subisce deformazioni o movimenti relativi rispetto ad essa.

- Sovrappinta sismica del terreno

Si procederà al calcolo delle spinte considerando la somma della spinta statica a riposo e dell'incremento di spinta sismica valutata con la teoria di Wood, secondo le indicazioni contenute nell'EC8 – Parte 5 – Annesso E (E.9 “Force due to earth pressure for rigid structures”):

$$\Delta S_s = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

Tale risultante è applicata ad un'altezza pari ad  $H/2$ .

Nella determinazione dei coefficienti sismici  $k_h$  e  $k_v$ , per le spalle di ponti e viadotti fondate su pali si porrà  $\beta_m = 1$  in accordo con l'EC8-5.

Le forze di inerzia agenti sulla massa della struttura e del terreno presente sulla sua fondazione saranno valutate applicando l'accelerazione massima al suolo  $a_g$ .

La spinta totale di progetto  $E_d$  esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è dunque data dalla somma della spinta a riposo e della spinta sismica:

$$E_d = S_{stat} + \Delta S_s$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 24 di 61</p>
--	---

Infine, nel caso specifico non essendo presente la falda a tergo dell'opera, la spinta idrostatica è nulla.

- Valori di progetto

Sulla base delle indicazioni delle NTC2018 si assumono i seguenti valori per determinare l'azione sismica di riferimento nei comuni di Arzana e Villagrande Strisali interessati dall'opera:

- vita nominale:  $V_N = 50$  anni (costruzioni con livelli di prestazione ordinari)
- coefficiente d'uso:  $C_U = 2$
- periodo di riferimento:  $V_R = V_N \times C_U = 100$  anni:
- stato limite ultimo di salvaguardia della vita, SLV
- probabilità di superamento associata allo stato limite SLV:  $PVR = 10\%$  periodo di ritorno:  $TR = -VR / \ln(1 - PVR) = 949$  anni
- categoria di sottosuolo: B
- categoria topografica: T1

I parametri sismici principali sono riassunti nella seguente Tabella 4-2 (le accelerazioni di riferimento sono riportate all'allegato 2 del DM2008 cui il DM2018 rimanda).

Tabella 4-2 – Valori dei parametri per la definizione del sisma di progetto

	$P_{VR}$ [%]	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	81%	60	0,0254	2,685	0,300
SLD	63%	101	0,0313	2,730	0,307
SLV	10%	949	0,0599	2,976	0,371
SLC	5%	1950	0,0707	3,061	0,393

#### 4.6.10 Inerzie strutturali

Si valutano le inerzie legate alla massa degli elementi strutturali con la seguente formula:

$$F_i = kh \cdot W_{str}$$

#### 4.6.11 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

Le sollecitazioni agenti in testa palo vengono calcolate nell'ipotesi di platea di fondazione infinitamente rigida, attraverso la relazione

$$R(x, y) = \frac{N}{n} + \frac{M_l}{J_l} \cdot y + \frac{M_t}{J_t} \cdot x$$

dove

$N$ ,  $M_l$ ,  $M_t$  sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata,  $n$  è il numero di pali e  $J_l$ ,  $J_t$  sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

$$J_l = \sum y_i^2 \qquad J_t = \sum x_i^2$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali in testa palo, si assume che le azioni di taglio di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 25 di 61</p>
--	---

$$T(x,y) = \frac{\sqrt{H_l^2 + H_t^2}}{n}$$

dove Hl, Ht sono le forze orizzontali longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata.

#### 4.6.12 Riepilogo risultati

Il foglio automatico, sulla base di calcoli sviluppati nei fogli successivi, restituisce, per ciascuna combinazione i risultati del controllo di verifica.

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

- Le sollecitazioni al livello del piano di fondazione in termini di sforzo normale N, forza orizzontale T e momento ribaltante M.
- Per i carichi sui pali in termini di Nmax, Nmin, T ed M.

### PARAGHIAIA

#### AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	607			0.00	0.00	2.23	0	0
Rinterro	g3		921		0.00	0.00	1.48	0	1367
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	4.45	0	801
Sovr. acc. sul rilevato			414		0.00	0.00	2.23	0	921

cond sismica x

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	44	0	0.00	0.00	2.23	0	97
Rinterro	Inerzia		437				2.23	0	972
	Sovraspinta		354				2.23	0	788
<b>Rinterro [totale]</b>			791					0	1760
Sovr. acc. sul rilevato			414		0.00	0.00	2.23	0	921
<b>Totale generale</b>			<b>1249</b>					<b>0</b>	<b>2779</b>

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	0	44	0.00	0.00	2.23	97	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	22	0	0	0.00	0.00	2.23	0	0

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA          DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:          T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 26 di 61</p>
--	---

### SPICCATO MURO FRONTALE

#### AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	607	0	0	-1.30		4.73	0	-789
Muro frontale	g1	1630	0	0			1.25	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>2237</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-789</b>
Rinterro	g3		2558	0			2.32	0	5926
Sovr. acc. sul rilevato			647	0			3.48	0	2247

cond sismica x

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6		44		-1.30	0.00	4.73	0	206
Muro frontale	q6		117		0.00	0.00	1.25	0	147
Rinterro	Inerzia		614				3.48	0	2134
	Sovrappinta		864				3.48	0	3002
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>1478</b>					<b>0</b>	<b>5136</b>
Sovr. acc. sul rilevato			647				3.48	0	2247
<b>Totale generale</b>			<b>2286</b>					<b>0</b>	<b>7737</b>

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6			44	-1.30	0.00	4.73	206	0
Muro frontale	q6			117	0.00	0.00	1.25	147	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>161</b>				<b>353</b>	<b>0</b>

cond sismica vert

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	22			-1.30	0.00	4.73	0	-28
Muro frontale	q6	59			0.00	0.00	1.25	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>81</b>						<b>0</b>	<b>-28</b>

**FONDAZIONE****AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	607			1.55	0.00	7.23	0	941
Muro frontale	g1	1630			2.85	0.00	3.75	0	4646
Plinto	g1	7920			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	2823			-1.67	0.00	5.98	0	-4715
<b>Totale Permanenti</b>		<b>12980</b>						<b>0</b>	<b>871</b>
Rinterro	g3	8531			-1.67	0.00	5.98	0	-14247
Ricop. Plinto	g3	921			1.67	0.00	3.50	0	1537
Sovr. acc. sul rilevato		1364			-1.67	0.00	9.45	0	-2277
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		4730		-1.67	0.00	3.15	0	14898
Sovr. acc. sul rilevato			879		0.00	0.00	4.73	0	4155

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond sismica x

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6		44		1.55	0.00	7.23	0	316
Muro frontale	q6		117		2.85	0.00	3.75	0	440
Plinto	q6		570		0.00	0.00	1.25	0	713
Muri andatori	q6		203		-1.67	0.00	5.98	0	1215
Rinterro	Inerzia		614		-1.67	0.00	5.98	0	3670
	Sovraspinta		1597		-1.67	0.00	4.73	0	7547
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>2211</b>				<b>5.98</b>	<b>0</b>	<b>11217</b>
Sovr. acc. sul rilevato			879		-1.67		5.98	0	4155
<b>Totale generale</b>			<b>4025</b>						<b>18055</b>

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6			44	1.55	0.00	7.23	316	0
Muro frontale	q6			117	2.85	0.00	3.75	440	0
Plinto	q6			570	0.00	0.00	1.25	713	0
Muri andatori	q6			203	-1.67	0.00	5.98	1215	0
Rinterro	Inerzia			614	0.00		5.98	3670	0
	Sovraspinta			362			4.73	1711	0
<b>Rinterro [totale]</b>				<b>976</b>			<b>5.98</b>	<b>5381</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato				879	-1.67		9.45	8309	0
<b>Totale generale</b>				<b>2790</b>				<b>16374</b>	<b>0</b>

cond sismica vert

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	22			1.55	0.00	7.23	0.00	34
Muro frontale	q6	59			2.85	0.00	3.75	0.00	167
Plinto	q6	285			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Muri andatori	q6	102			-1.67	0.00	5.98	0.00	-170
Rinterro	q6	307			-1.67	0.00	0.00	0.00	-513
Ricop. Plinto	q6	33			1.67	0.00	3.50	0.00	55
<b>Totale generale</b>		<b>808</b>						<b>0.00</b>	<b>-426</b>

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 28 di 61
--	--

## 4.7 SOLLECITAZIONI

### 4.7.1 Muro paraghiaia

In condizioni statiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta del rilevato, dalla spinta dei sovraccarichi accidentali, dai sovraccarichi mobili agenti sulla mensola del muro e dall'azione di frenatura. In condizioni sismiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta sismica del rilevato, dalle masse del muro. Il modello di calcolo utilizzato è quello di mensola incastrata al muro frontale.

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL PARAGHIAIA**

	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	952	1881	0	0	3757
A2 - SLU - MT max gr.1	952	1881	0	0	3757
A2 - SLU - ML max gr.1	952	1881	0	0	3757
A2 - SLU - N max gr.2	952	1881	0	0	3757
A2 - SLU - MT max gr.2	952	1881	0	0	3757
A2 - SLU - ML max gr.2	952	1881	0	0	3757
A2 - SLU - N max gr.3	952	1881	0	0	3757
A2 - SLU - MT max gr.3	952	1881	0	0	3757
A2 - SLU - ML max gr.3	952	1881	0	0	3757
A2 - SLU - Vento ponte scarico	607	1198	0	0	1777
A2 - SLU - N max gr.1	952	1604	0	0	3347
A2 - SLU - MT max gr.1	952	1604	0	0	3347
A2 - SLU - ML max gr.1	952	1604	0	0	3347
A2 - SLU - N max gr.2	952	1604	0	0	3347
A2 - SLU - MT max gr.2	952	1604	0	0	3347
A2 - SLU - ML max gr.2	952	1604	0	0	3347
A2 - SLU - N max gr.3	952	1604	0	0	3347
A2 - SLU - MT max gr.3	952	1604	0	0	3347
A2 - SLU - ML max gr.3	952	1604	0	0	3347
A2 - SLU - Vento ponte scarico	607	921	0	0	1367
A1 - SLU - N max gr.1	1224	2184	0	0	4375
A1 - SLU - MT max gr.1	1224	2184	0	0	4375
A1 - SLU - ML max gr.1	1224	2184	0	0	4375
A1 - SLU - N max gr.2	1224	2184	0	0	4375
A1 - SLU - MT max gr.2	1224	2184	0	0	4375
A1 - SLU - ML max gr.2	1224	2184	0	0	4375
A1 - SLU - N max gr.3	1224	2184	0	0	4375
A1 - SLU - MT max gr.3	1224	2184	0	0	4375
A1 - SLU - ML max gr.3	1224	2184	0	0	4375
A1 - SLU - Vento ponte scarico	1224	2184	0	0	4375
A1 - SLU - N max gr.1	1012	1723	0	0	3692
A1 - SLU - MT max gr.1	1012	1723	0	0	3692
A1 - SLU - ML max gr.1	1012	1723	0	0	3692
A1 - SLU - N max gr.2	1012	1723	0	0	3692
A1 - SLU - MT max gr.2	1012	1723	0	0	3692
A1 - SLU - ML max gr.2	1012	1723	0	0	3692
A1 - SLU - N max gr.3	1012	1723	0	0	3692
A1 - SLU - MT max gr.3	1012	1723	0	0	3692
A1 - SLU - ML max gr.3	1012	1723	0	0	3692
A1 - SLU - Vento ponte scarico	607	921	0	0	1367

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 29 di 61</p>
--	---

SLE Rara - N max gr.1	907	1515	0	0	3089
SLE Rara - MT max gr.1	907	1515	0	0	3089
SLE Rara - ML max gr.1	907	1515	0	0	3089
SLE Rara - N max gr.2	907	1515	0	0	3089
SLE Rara - MT max gr.2	907	1515	0	0	3089
SLE Rara - ML max gr.2	907	1515	0	0	3089
SLE Rara - N max gr.3	907	1515	0	0	3089
SLE Rara - MT max gr.3	907	1515	0	0	3089
SLE Rara - ML max gr.3	907	1515	0	0	3089
SLE Rara - Vento ponte scarico	607	921	0	0	1367
SLE Freq. - N max gr.1	832	1367	0	0	2658
SLE Freq. - MT max gr.1	832	1367	0	0	2658
SLE Freq. - ML max gr.1	832	1367	0	0	2658
SLE Freq. - N max gr.2	832	1367	0	0	2658
SLE Freq. - MT max gr.2	832	1367	0	0	2658
SLE Freq. - ML max gr.2	832	1367	0	0	2658
SLE Freq. - N max gr.3	832	1367	0	0	2658
SLE Freq. - MT max gr.3	832	1367	0	0	2658
SLE Freq. - ML max gr.3	832	1367	0	0	2658
SLE Freq. - Vento ponte scarico	607	921	0	0	1367
SLE Q.P. - ML max gr.3	607	921	0	0	1367
SLV -dir.X_1	673	1875	13	29	3568
SLV -dir.X_2	660	1875	13	29	3568
SLV -dir.Y_1	673	1291	44	97	2268
SLV -dir.Y_2	660	1291	44	97	2268
SLV -dir.Z+	689	1291	13	29	2268
SLV -dir.Z-	645	1291	13	29	2268

Tabella 4.3 – Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia.

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 30 di 61
--	--

#### 4.7.2 Muro frontale

Le sollecitazioni riportate nella seguente tabella sono state ottenute dal modello di calcolo descritto nei paragrafi precedenti.

Per la verifica del muro frontale, a quota spiccato, tali azioni possono essere considerate uniformemente distribuite in quanto l'altezza del muro frontale è tale che nell' ipotesi di ripartizione a 45°, tali scarichi si ripartiscono uniformemente alla base del muro

Ai carichi prima riportati, si aggiungono il peso proprio del muro frontale, del muro paraghiaia e la spinta del terreno e del sovraccarico sul rilevato a tergo.

Si ottengono quindi le seguenti sollecitazioni, con riferimento alle combinazioni maggiormente significative.

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE**

	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	12761	4449	884	6436	11126
A2 - SLU - MT max gr.1	11850	4449	884	11027	11080
A2 - SLU - ML max gr.1	9677	4449	884	4582	10972
A2 - SLU - N max gr.2	11990	5346	884	5972	17277
A2 - SLU - MT max gr.2	11307	5346	884	9415	17242
A2 - SLU - ML max gr.2	9677	4449	884	4582	10972
A2 - SLU - N max gr.3	11990	4449	884	5972	11087
A2 - SLU - MT max gr.3	11307	4449	884	9415	11053
A2 - SLU - ML max gr.3	9677	4449	884	4582	10972
A2 - SLU - Vento ponte scarico	9677	3595	883	5014	8068
A2 - SLU - N max gr.1	12221	3619	822	6256	9141
A2 - SLU - MT max gr.1	11310	3619	822	10847	9095
A2 - SLU - ML max gr.1	9137	3619	822	4402	8987
A2 - SLU - N max gr.2	11450	4516	822	5792	15292
A2 - SLU - MT max gr.2	10767	4516	822	9235	15257
A2 - SLU - ML max gr.2	9137	3619	822	4402	8987
A2 - SLU - N max gr.3	11450	3619	822	5792	9102
A2 - SLU - MT max gr.3	10767	3619	822	9235	9068
A2 - SLU - ML max gr.3	9137	3619	822	4402	8987
A2 - SLU - Vento ponte scarico	9137	2765	821	4834	6083
A1 - SLU - N max gr.1	16226	5150	1022	7470	12794
A1 - SLU - MT max gr.1	15156	5150	1022	12859	12741
A1 - SLU - ML max gr.1	12605	5150	1022	5293	12613
A1 - SLU - N max gr.2	15320	6203	1022	6925	20015
A1 - SLU - MT max gr.2	14519	6203	1022	10967	19974
A1 - SLU - ML max gr.2	12605	5150	1022	5293	12613
A1 - SLU - N max gr.3	15320	5150	1022	6925	12749
A1 - SLU - MT max gr.3	14519	5150	1022	10967	12709
A1 - SLU - ML max gr.3	12605	5150	1022	5293	12613
A1 - SLU - Vento ponte scarico	12605	5150	1148	6161	12613
A1 - SLU - N max gr.1	12758	3768	919	7169	9673
A1 - SLU - MT max gr.1	11688	3768	919	12559	9619
A1 - SLU - ML max gr.1	9137	3768	919	4993	9492
A1 - SLU - N max gr.2	11853	4821	919	6625	16893
A1 - SLU - MT max gr.2	11853	4821	919	6625	16893
A1 - SLU - ML max gr.2	11051	4821	919	10667	16853
A1 - SLU - N max gr.3	9137	3768	919	4993	9492
A1 - SLU - MT max gr.3	11853	3768	919	6625	9627
A1 - SLU - ML max gr.3	11051	3768	919	10667	9587
A1 - SLU - Vento ponte scarico	9137	2895	919	4993	6458

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 31 di 61
--	--

SLE Rara - N max gr.1	9137	3412	915	5486	8330
SLE Rara - MT max gr.1	11819	3508	691	5169	8742
SLE Rara - ML max gr.1	11027	3508	691	9161	8702
SLE Rara - N max gr.2	9137	3508	691	3557	8608
SLE Rara - MT max gr.2	11148	4288	691	4766	14090
SLE Rara - ML max gr.2	10554	4288	691	7760	14061
SLE Rara - N max gr.3	9137	3508	691	3557	8608
SLE Rara - MT max gr.3	11148	3508	691	4766	8708
SLE Rara - ML max gr.3	10554	3508	691	7760	8679
SLE Rara - Vento ponte scarico	9137	2861	691	3557	6361
SLE Freq. - N max gr.1	11148	3322	279	2018	8077
SLE Freq. - MT max gr.1	10554	3322	279	5012	8047
SLE Freq. - ML max gr.1	9137	3322	279	809	7977
SLE Freq. - N max gr.2	10646	3907	279	1715	12088
SLE Freq. - MT max gr.2	10200	3907	279	3961	12066
SLE Freq. - ML max gr.2	9137	3322	279	809	7977
SLE Freq. - N max gr.3	10646	3322	279	1715	8052
SLE Freq. - MT max gr.3	10200	3322	279	3961	8030
SLE Freq. - ML max gr.3	9137	3322	279	809	7977
SLE Freq. - Vento ponte scarico	9137	2765	301	1252	6083
SLE Q.P. - ML max gr.3	9137	3508	303	878	8608
SLV -dir.X_1	9236	7253	439	1900	30703
SLV -dir.X_2	9038	7253	439	1900	30712
SLV -dir.Y_1	9614	4371	937	5925	14914
SLV -dir.Y_2	9416	4371	937	5925	14924
SLV -dir.Z+	10002	4371	439	2223	14911
SLV -dir.Z-	9344	4371	439	2223	14943

*Tabella 4.4 – Sollecitazioni alla base del muro frontale.*

Le sollecitazioni in direzione trasversale risultano trascurabili rispetto a quelle in direzione longitudinale, tenuto anche conto della geometria della sezione del muro frontale.

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 32 di 61
--	--

#### 4.7.3 Plinto di fondazione

In questo paragrafo si riporta la determinazione delle sollecitazioni in quota testa pali che si ottengono sommando, alle azioni provenienti dall'impalcato, la risultante e il momento risultante dei pesi della struttura, del terreno interno alla spalla e delle spinte dovute al rilevato rispetto al baricentro del plinto. In condizioni sismiche si è tenuto conto dell'incremento di spinta delle inerzie.

Nella tabella che segue sono indicati la risultante e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE					
	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	37360	7539	884	8646	38444
A2 - SLU - MT max gr.1	36449	7539	884	13236	35802
A2 - SLU - ML max gr.1	34276	7539	884	6792	29499
A2 - SLU - N max gr.2	36589	8436	884	8182	44639
A2 - SLU - MT max gr.2	35906	8436	884	11625	42658
A2 - SLU - ML max gr.2	34276	7539	884	6792	29499
A2 - SLU - N max gr.3	36589	7539	884	8182	36208
A2 - SLU - MT max gr.3	35906	7539	884	11625	34227
A2 - SLU - ML max gr.3	34276	7539	884	6792	29499
A2 - SLU - Vento ponte scarico	32708	6418	883	7221	26746
A2 - SLU - N max gr.1	33985	6058	822	8310	35886
A2 - SLU - MT max gr.1	33074	6058	822	12901	33244
A2 - SLU - ML max gr.1	30900	6058	822	6456	26941
A2 - SLU - N max gr.2	33214	6955	822	7847	42081
A2 - SLU - MT max gr.2	32531	6955	822	11290	40100
A2 - SLU - ML max gr.2	30900	6058	822	6456	26941
A2 - SLU - N max gr.3	33214	6058	822	7847	33650
A2 - SLU - MT max gr.3	32531	6058	822	11290	31669
A2 - SLU - ML max gr.3	30900	6058	822	6456	26941
A2 - SLU - Vento ponte scarico	29332	4937	821	6886	24188
A1 - SLU - N max gr.1	46748	8721	1022	10025	47665
A1 - SLU - MT max gr.1	45679	8721	1022	15414	44564
A1 - SLU - ML max gr.1	43127	8721	1022	7849	37165
A1 - SLU - N max gr.2	45843	9774	1022	9481	54938
A1 - SLU - MT max gr.2	45041	9774	1022	13523	52613
A1 - SLU - ML max gr.2	43127	8721	1022	7849	37165
A1 - SLU - N max gr.3	45843	8721	1022	9481	45040
A1 - SLU - MT max gr.3	45041	8721	1022	13523	42714
A1 - SLU - ML max gr.3	43127	8721	1022	7849	37165
A1 - SLU - Vento ponte scarico	43127	8721	1148	9030	37165
A1 - SLU - N max gr.1	34794	6253	919	9466	37920
A1 - SLU - MT max gr.1	33725	6253	919	14855	34820
A1 - SLU - ML max gr.1	31173	6253	919	7290	27420
A1 - SLU - N max gr.2	33889	7306	919	8922	45193
A1 - SLU - MT max gr.2	33889	7306	919	8922	45193
A1 - SLU - ML max gr.2	33087	7306	919	12964	42868
A1 - SLU - N max gr.3	31173	6253	919	7290	27420
A1 - SLU - MT max gr.3	33889	6253	919	8922	35295
A1 - SLU - ML max gr.3	33087	6253	919	12964	32970
A1 - SLU - Vento ponte scarico	29332	5066	919	7290	24886



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 33 di 61</p>
--	--

SLE Rara - N max gr.1	30696	5816	915	7773	26065
SLE Rara - MT max gr.1	33378	5912	691	6896	34360
SLE Rara - ML max gr.1	32586	5912	691	10888	32063
SLE Rara - N max gr.2	30696	5912	691	5284	26582
SLE Rara - MT max gr.2	32707	6692	691	6493	39748
SLE Rara - ML max gr.2	32113	6692	691	9487	38025
SLE Rara - N max gr.3	30696	5912	691	5284	26582
SLE Rara - MT max gr.3	32707	5912	691	6493	32416
SLE Rara - ML max gr.3	32113	5912	691	9487	30693
SLE Rara - Vento ponte scarico	29332	5032	691	5284	24705
SLE Freq. - N max gr.1	32366	5668	279	2715	31817
SLE Freq. - MT max gr.1	31772	5668	279	5709	30094
SLE Freq. - ML max gr.1	30355	5668	279	1506	25984
SLE Freq. - N max gr.2	31864	6253	279	2412	35858
SLE Freq. - MT max gr.2	31418	6253	279	4658	34566
SLE Freq. - ML max gr.2	30355	5668	279	1506	25984
SLE Freq. - N max gr.3	31864	5668	279	2412	30359
SLE Freq. - MT max gr.3	31418	5668	279	4658	29067
SLE Freq. - ML max gr.3	30355	5668	279	1506	25984
SLE Freq. - Vento ponte scarico	29332	4937	301	2005	24188
SLE Q.P. - ML max gr.3	30696	5912	303	1635	26582
SLV -dir.X 1	29922	10978	1017	5690	64035
SLV -dir.X 2	29288	10978	1017	5690	63858
SLV -dir.Y 1	30300	7041	2863	17238	39101
SLV -dir.Y 2	29666	7041	2863	17238	38925
SLV -dir.Z+	31197	7041	1017	6013	39767
SLV -dir.Z-	29085	7041	1017	6013	39178

Tabella 4.5 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione.

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: <b>T00_VI04_STR_RE02_A</b> Data: Agosto 2020 Pag. 34 di 61
--	---

#### 4.7.4 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
<b>C.C.</b>	<b>N</b>	<b>T<sub>x</sub></b>	<b>T<sub>y</sub></b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	<b>N<sub>max/palo</sub></b>	<b>N<sub>min/palo</sub></b>	<b>T<sub>palo</sub></b>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
Al - SLU - N max gr.1	46748	8721	1022	10025	47665	5829	1962	732
Al - SLU - MT max gr.1	45679	8721	1022	15414	44564	5782	1831	732
Al - SLU - ML max gr.1	43127	8721	1022	7849	37165	5102	2085	732
Al - SLU - N max gr.2	45843	9774	1022	9481	54938	5991	1649	819
Al - SLU - MT max gr.2	45041	9774	1022	13523	52613	5956	1551	819
Al - SLU - ML max gr.2	43127	8721	1022	7849	37165	5102	2085	732
Al - SLU - N max gr.3	45843	8721	1022	9481	45040	5647	1993	732
Al - SLU - MT max gr.3	45041	8721	1022	13523	42714	5612	1895	732
Al - SLU - ML max gr.3	43127	8721	1022	7849	37165	5102	2085	732
Al - SLU - Vento ponte scarico	43127	8721	1148	9030	37165	5135	2053	733
Al - SLU - N max gr.1	34794	6253	919	9466	37920	4479	1320	527
Al - SLU - MT max gr.1	33725	6253	919	14855	34820	4432	1189	527
Al - SLU - ML max gr.1	31173	6253	919	7290	27420	3752	1443	527
Al - SLU - N max gr.2	33889	7306	919	8922	45193	4641	1007	614
Al - SLU - MT max gr.2	33889	7306	919	8922	45193	4641	1007	614
Al - SLU - ML max gr.2	33087	7306	919	12964	42868	4606	909	614
Al - SLU - N max gr.3	31173	6253	919	7290	27420	3752	1443	527
Al - SLU - MT max gr.3	33889	6253	919	8922	35295	4297	1351	527
Al - SLU - ML max gr.3	33087	6253	919	12964	32970	4262	1252	527
Al - SLU - Vento ponte scarico	29332	5066	919	7290	24886	3511	1378	429
						5991	909	819

Tabella 4.6 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU.

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
<b>C.C.</b>	<b>N</b>	<b>T<sub>x</sub></b>	<b>T<sub>y</sub></b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	<b>N<sub>max/palo</sub></b>	<b>N<sub>min/palo</sub></b>	<b>T<sub>palo</sub></b>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV -dir.X 1	29922	10978	1017	5690	64035	4875	112	919
SLV -dir.X 2	29288	10978	1017	5690	63858	4816	65	919
SLV -dir.Y 1	30300	7041	2863	17238	39101	4362	688	633
SLV -dir.Y 2	29666	7041	2863	17238	38925	4303	642	633
SLV -dir.Z+	31197	7041	1017	6013	39767	4148	1052	593
SLV -dir.Z-	29085	7041	1017	6013	39178	3951	896	593
						4875	65	919

Tabella 4.7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV.

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
<b>C.C.</b>	<b>N</b>	<b>T<sub>x</sub></b>	<b>T<sub>y</sub></b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	<b>N<sub>max/palo</sub></b>	<b>N<sub>min/palo</sub></b>	<b>T<sub>palo</sub></b>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE Rara - N max gr.1	30696	5816	915	7773	26065	3679	1437	491
SLE Rara - MT max gr.1	33378	5912	691	6896	34360	4166	1397	496
SLE Rara - ML max gr.1	32586	5912	691	10888	32063	4131	1300	496
SLE Rara - N max gr.2	30696	5912	691	5284	26582	3628	1488	496
SLE Rara - MT max gr.2	32707	6692	691	6493	39748	4286	1165	561
SLE Rara - ML max gr.2	32113	6692	691	9487	38025	4260	1092	561
SLE Rara - N max gr.3	30696	5912	691	5284	26582	3628	1488	496
SLE Rara - MT max gr.3	32707	5912	691	6493	32416	4032	1420	496
SLE Rara - ML max gr.3	32113	5912	691	9487	30693	4005	1347	496
SLE Rara - Vento ponte scarico	29332	5032	691	5284	24705	3449	1440	423
						4286	1092	561

Tabella 4.8 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 35 di 61</p>
--	--

#### 4.8 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per tutti gli elementi strutturali della spalla (muro frontale, muro paraghiaia, ...) vengono svolte le seguenti verifiche:

- verifiche a rottura (pressoflessione e taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).
- verifiche tensionali per le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti (SLE)
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

##### 4.8.1 Paraghiaia

Viene verificata la sezione di incastro con lo spiccato del muro frontale. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro paraghiaia viene considerato come una mensola incastrata allo spiccato del muro frontale, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto.

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 0.5x10.91 m

Armatura verticale

$A_s = \phi 20/10$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 16/20$  (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 14/20$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 12/20$  (lato esterno)

La verifica a taglio è soddisfatta come elemento non armato a taglio. Si prevede comunque un minimo di armatura a taglio costituita da spilli  $9\phi 10/m^2$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 36 di 61
--	--

Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	1091.0
3	50.0	1091.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam Ø [mm]
1	8.3	8.3	16
2	8.3	1082.7	16
3	41.7	1082.7	16
4	41.7	8.3	16

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N° Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N° Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N° Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	2	106	20
2	3	4	53	16

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1224.00	0.00	4375.00	0.00	2184.00
2	1224.00	0.00	4375.00	0.00	2184.00
3	1224.00	0.00	4375.00	0.00	2184.00
4	1224.00	0.00	4375.00	0.00	2184.00
5	1224.00	0.00	4375.00	0.00	2184.00
6	1224.00	0.00	4375.00	0.00	2184.00
7	1224.00	0.00	4375.00	0.00	2184.00
8	1224.00	0.00	4375.00	0.00	2184.00
9	1224.00	0.00	4375.00	0.00	2184.00
10	1224.00	0.00	4375.00	0.00	2184.00

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 37 di 61
--	--

11	1012.00	0.00	3692.00	0.00	1723.00
12	1012.00	0.00	3692.00	0.00	1723.00
13	1012.00	0.00	3692.00	0.00	1723.00
14	1012.00	0.00	3692.00	0.00	1723.00
15	1012.00	0.00	3692.00	0.00	1723.00
16	1012.00	0.00	3692.00	0.00	1723.00
17	1012.00	0.00	3692.00	0.00	1723.00
18	1012.00	0.00	3692.00	0.00	1723.00
19	1012.00	0.00	3692.00	0.00	1723.00
20	607.00	0.00	1367.00	0.00	921.00
21	673.00	29.00	3568.00	13.00	1875.00
22	660.00	29.00	3568.00	13.00	1875.00
23	673.00	97.00	2268.00	44.00	1291.00
24	660.00	97.00	2268.00	44.00	1291.00
25	689.00	29.00	2268.00	13.00	1291.00
26	645.00	29.00	2268.00	13.00	1291.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	907.00	0.00	3089.00
2	907.00	0.00	3089.00
3	907.00	0.00	3089.00
4	907.00	0.00	3089.00
5	907.00	0.00	3089.00
6	907.00	0.00	3089.00
7	907.00	0.00	3089.00
8	907.00	0.00	3089.00
9	907.00	0.00	3089.00
10	607.00	0.00	1367.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	832.00	0.00 (0.00)	2658.00 (1741.45)
2	832.00	0.00 (0.00)	2658.00 (1741.45)
3	832.00	0.00 (0.00)	2658.00 (1741.45)
4	832.00	0.00 (0.00)	2658.00 (1741.45)
5	832.00	0.00 (0.00)	2658.00 (1741.45)
6	832.00	0.00 (0.00)	2658.00 (1741.45)
7	832.00	0.00 (0.00)	2658.00 (1741.45)
8	832.00	0.00 (0.00)	2658.00 (1741.45)
9	832.00	0.00 (0.00)	2658.00 (1741.45)
10	607.00	0.00 (0.00)	1367.00 (1760.41)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: <b>T00_VI04_STR_RE02_A</b> Data: Agosto 2020 Pag. 38 di 61
--	---

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	607.00	0.00 (0.00)	1367.00 (1760.41)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1224.00	0.00	4375.00	1223.92	0.01	5281.98	1.21 337.0(97.7)	
2	S	1224.00	0.00	4375.00	1223.92	0.01	5281.98	1.21 337.0(97.7)	
3	S	1224.00	0.00	4375.00	1223.92	0.01	5281.98	1.21 337.0(97.7)	
4	S	1224.00	0.00	4375.00	1223.92	0.01	5281.98	1.21 337.0(97.7)	
5	S	1224.00	0.00	4375.00	1223.92	0.01	5281.98	1.21 337.0(97.7)	
6	S	1224.00	0.00	4375.00	1223.92	0.01	5281.98	1.21 337.0(97.7)	
7	S	1224.00	0.00	4375.00	1223.92	0.01	5281.98	1.21 337.0(97.7)	
8	S	1224.00	0.00	4375.00	1223.92	0.01	5281.98	1.21 337.0(97.7)	
9	S	1224.00	0.00	4375.00	1223.92	0.01	5281.98	1.21 337.0(97.7)	
10	S	1224.00	0.00	4375.00	1223.92	0.01	5281.98	1.21 337.0(97.7)	
11	S	1012.00	0.00	3692.00	1011.93	0.01	5245.18	1.42 337.0(97.7)	
12	S	1012.00	0.00	3692.00	1011.93	0.01	5245.18	1.42 337.0(97.7)	
13	S	1012.00	0.00	3692.00	1011.93	0.01	5245.18	1.42 337.0(97.7)	
14	S	1012.00	0.00	3692.00	1011.93	0.01	5245.18	1.42 337.0(97.7)	
15	S	1012.00	0.00	3692.00	1011.93	0.01	5245.18	1.42 337.0(97.7)	
16	S	1012.00	0.00	3692.00	1011.93	0.01	5245.18	1.42 337.0(97.7)	
17	S	1012.00	0.00	3692.00	1011.93	0.01	5245.18	1.42 337.0(97.7)	
18	S	1012.00	0.00	3692.00	1011.93	0.01	5245.18	1.42 337.0(97.7)	
19	S	1012.00	0.00	3692.00	1011.93	0.01	5245.18	1.42 337.0(97.7)	
20	S	607.00	0.00	1367.00	607.23	0.03	5173.68	3.77 337.0(97.7)	
21	S	673.00	29.00	3568.00	672.80	51.23	5189.70	1.45 337.0(97.7)	
22	S	660.00	29.00	3568.00	659.72	51.60	5187.42	1.45 337.0(97.7)	
23	S	673.00	97.00	2268.00	673.22	229.74	5205.37	2.29 337.0(97.7)	
24	S	660.00	97.00	2268.00	660.18	232.64	5203.30	2.29 337.0(97.7)	
25	S	689.00	29.00	2268.00	689.07	76.55	5194.78	2.29 337.0(97.7)	
26	S	645.00	29.00	2268.00	644.76	79.53	5187.19	2.28 337.0(97.7)	

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

<b>ANAS S.p.A.</b> <b>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</b> <b>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</b> <b>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</b> <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: <b>T00_VI04_STR_RE02_A</b> Data: Agosto 2020 Pag. 39 di 61
---	---

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.205	50.0	1091.0	0.00011	41.7	1082.7	-0.01354	8.3	8.3
2	0.00350	0.205	50.0	1091.0	0.00011	41.7	1082.7	-0.01354	8.3	8.3
3	0.00350	0.205	50.0	1091.0	0.00011	41.7	1082.7	-0.01354	8.3	8.3
4	0.00350	0.205	50.0	1091.0	0.00011	41.7	1082.7	-0.01354	8.3	8.3
5	0.00350	0.205	50.0	1091.0	0.00011	41.7	1082.7	-0.01354	8.3	8.3
6	0.00350	0.205	50.0	1091.0	0.00011	41.7	1082.7	-0.01354	8.3	8.3
7	0.00350	0.205	50.0	1091.0	0.00011	41.7	1082.7	-0.01354	8.3	8.3
8	0.00350	0.205	50.0	1091.0	0.00011	41.7	1082.7	-0.01354	8.3	8.3
9	0.00350	0.205	50.0	1091.0	0.00011	41.7	1082.7	-0.01354	8.3	8.3
10	0.00350	0.205	50.0	1091.0	0.00011	41.7	1082.7	-0.01354	8.3	8.3
11	0.00350	0.204	50.0	1091.0	0.00008	41.7	1082.7	-0.01369	8.3	8.3
12	0.00350	0.204	50.0	1091.0	0.00008	41.7	1082.7	-0.01369	8.3	8.3
13	0.00350	0.204	50.0	1091.0	0.00008	41.7	1082.7	-0.01369	8.3	8.3
14	0.00350	0.204	50.0	1091.0	0.00008	41.7	1082.7	-0.01369	8.3	8.3
15	0.00350	0.204	50.0	1091.0	0.00008	41.7	1082.7	-0.01369	8.3	8.3
16	0.00350	0.204	50.0	1091.0	0.00008	41.7	1082.7	-0.01369	8.3	8.3
17	0.00350	0.204	50.0	1091.0	0.00008	41.7	1082.7	-0.01369	8.3	8.3
18	0.00350	0.204	50.0	1091.0	0.00008	41.7	1082.7	-0.01369	8.3	8.3
19	0.00350	0.204	50.0	1091.0	0.00008	41.7	1082.7	-0.01369	8.3	8.3
20	0.00350	0.199	50.0	1091.0	0.00000	41.7	1082.7	-0.01407	8.3	8.3
21	0.00350	0.200	50.0	1091.0	0.00002	41.7	1082.7	-0.01401	8.3	8.3
22	0.00350	0.200	50.0	1091.0	0.00002	41.7	1082.7	-0.01402	8.3	8.3
23	0.00350	0.200	50.0	1091.0	0.00003	41.7	1082.7	-0.01402	8.3	8.3
24	0.00350	0.200	50.0	1091.0	0.00003	41.7	1082.7	-0.01403	8.3	8.3
25	0.00350	0.200	50.0	1091.0	0.00002	41.7	1082.7	-0.01400	8.3	8.3
26	0.00350	0.200	50.0	1091.0	0.00002	41.7	1082.7	-0.01404	8.3	8.3

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000408705	0.000000000	-0.016935229	0.205	0.700
2	0.000408705	0.000000000	-0.016935229	0.205	0.700
3	0.000408705	0.000000000	-0.016935229	0.205	0.700
4	0.000408705	0.000000000	-0.016935229	0.205	0.700
5	0.000408705	0.000000000	-0.016935229	0.205	0.700
6	0.000408705	0.000000000	-0.016935229	0.205	0.700
7	0.000408705	0.000000000	-0.016935229	0.205	0.700
8	0.000408705	0.000000000	-0.016935229	0.205	0.700
9	0.000408705	0.000000000	-0.016935229	0.205	0.700
10	0.000408705	0.000000000	-0.016935229	0.205	0.700
11	0.000412304	0.000000000	-0.017115219	0.204	0.700
12	0.000412304	0.000000000	-0.017115219	0.204	0.700
13	0.000412304	0.000000000	-0.017115219	0.204	0.700
14	0.000412304	0.000000000	-0.017115219	0.204	0.700

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 40 di 61
--	--

15	0.000412304	0.000000000	-0.017115219	0.204	0.700
16	0.000412304	0.000000000	-0.017115219	0.204	0.700
17	0.000412304	0.000000000	-0.017115219	0.204	0.700
18	0.000412304	0.000000000	-0.017115219	0.204	0.700
19	0.000412304	0.000000000	-0.017115219	0.204	0.700
20	0.000421272	0.000000000	-0.017563635	0.199	0.700
21	0.000419287	0.000000023	-0.017489703	0.200	0.700
22	0.000419570	0.000000023	-0.017503996	0.200	0.700
23	0.000417368	0.000000104	-0.017481986	0.200	0.700
24	0.000417621	0.000000105	-0.017496072	0.200	0.700
25	0.000418659	0.000000035	-0.017470822	0.200	0.700
26	0.000419597	0.000000036	-0.017519154	0.200	0.700

#### METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	2184.00	2840.30	41.7	1091.0	0.0074	0.22
2	S	2184.00	2840.30	41.7	1091.0	0.0074	0.22
3	S	2184.00	2840.30	41.7	1091.0	0.0074	0.22
4	S	2184.00	2840.30	41.7	1091.0	0.0074	0.22
5	S	2184.00	2840.30	41.7	1091.0	0.0074	0.22
6	S	2184.00	2840.30	41.7	1091.0	0.0074	0.22
7	S	2184.00	2840.30	41.7	1091.0	0.0074	0.22
8	S	2184.00	2840.30	41.7	1091.0	0.0074	0.22
9	S	2184.00	2840.30	41.7	1091.0	0.0074	0.22
10	S	2184.00	2840.30	41.7	1091.0	0.0074	0.22
11	S	1723.00	2813.78	41.7	1091.0	0.0074	0.19
12	S	1723.00	2813.78	41.7	1091.0	0.0074	0.19
13	S	1723.00	2813.78	41.7	1091.0	0.0074	0.19
14	S	1723.00	2813.78	41.7	1091.0	0.0074	0.19
15	S	1723.00	2813.78	41.7	1091.0	0.0074	0.19
16	S	1723.00	2813.78	41.7	1091.0	0.0074	0.19
17	S	1723.00	2813.78	41.7	1091.0	0.0074	0.19
18	S	1723.00	2813.78	41.7	1091.0	0.0074	0.19
19	S	1723.00	2813.78	41.7	1091.0	0.0074	0.19
20	S	921.00	2763.12	41.7	1091.0	0.0074	0.11
21	S	1875.00	2834.03	41.7	1091.0	0.0079	0.12
22	S	1875.00	2857.69	41.7	1091.0	0.0082	0.12
23	S	1291.01	2960.79	41.7	1091.0	0.0091	0.12
24	S	1291.01	2963.82	41.7	1091.0	0.0091	0.12
25	S	1291.00	2871.30	41.7	1091.0	0.0082	0.13
26	S	1291.00	2924.26	41.7	1091.0	0.0088	0.12

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------



<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 41 di 61
--	--

1	S	9.59	50.0	1091.0	-238.6	8.3	18.3	12001	337.0
2	S	9.59	50.0	1091.0	-238.6	8.3	18.3	12001	337.0
3	S	9.59	50.0	1091.0	-238.6	8.3	18.3	12001	337.0
4	S	9.59	50.0	1091.0	-238.6	8.3	18.3	12001	337.0
5	S	9.59	50.0	1091.0	-238.6	8.3	18.3	12001	337.0
6	S	9.59	50.0	1091.0	-238.6	8.3	18.3	12001	337.0
7	S	9.59	50.0	1091.0	-238.6	8.3	18.3	12001	337.0
8	S	9.59	50.0	1091.0	-238.6	8.3	18.3	12001	337.0
9	S	9.59	50.0	1091.0	-238.6	8.3	18.3	12001	337.0
10	S	4.26	50.0	1091.0	-102.6	8.3	8.3	12001	337.0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.25	50.0	1091.0	-204.5	8.3	8.3	12001	337.0
2	S	8.25	50.0	1091.0	-204.5	8.3	8.3	12001	337.0
3	S	8.25	50.0	1091.0	-204.5	8.3	8.3	12001	337.0
4	S	8.25	50.0	1091.0	-204.5	8.3	8.3	12001	337.0
5	S	8.25	50.0	1091.0	-204.5	8.3	8.3	12001	337.0
6	S	8.25	50.0	1091.0	-204.5	8.3	8.3	12001	337.0
7	S	8.25	50.0	1091.0	-204.5	8.3	8.3	12001	337.0
8	S	8.25	50.0	1091.0	-204.5	8.3	8.3	12001	337.0
9	S	8.25	50.0	1091.0	-204.5	8.3	8.3	12001	337.0
10	S	4.26	50.0	1091.0	-102.6	8.3	8.3	12001	337.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00135	0	0.500	19.9	75	0.00064 (0.00061)	376	0.239 (0.30)	0.00	1741.45
2	S	-0.00135	0	0.500	19.9	75	0.00064 (0.00061)	376	0.239 (0.30)	0.00	1741.45
3	S	-0.00135	0	0.500	19.9	75	0.00064 (0.00061)	376	0.239 (0.30)	0.00	1741.45
4	S	-0.00135	0	0.500	19.9	75	0.00064 (0.00061)	376	0.239 (0.30)	0.00	1741.45
5	S	-0.00135	0	0.500	19.9	75	0.00064 (0.00061)	376	0.239 (0.30)	0.00	1741.45
6	S	-0.00135	0	0.500	19.9	75	0.00064 (0.00061)	376	0.239 (0.30)	0.00	1741.45
7	S	-0.00135	0	0.500	19.9	75	0.00064 (0.00061)	376	0.239 (0.30)	0.00	1741.45
8	S	-0.00135	0	0.500	19.9	75	0.00064 (0.00061)	376	0.239 (0.30)	0.00	1741.45
9	S	-0.00135	0	0.500	19.9	75	0.00064 (0.00061)	376	0.239 (0.30)	0.00	1741.45
10	S	-0.00068	0	0.500	19.9	75	0.00031 (0.00031)	376	0.116 (0.30)	0.00	1760.41

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 42 di 61
--	--

1 S 4.26 50.0 1091.0 -102.6 8.3 8.3 12001 337.0

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00068	0	0.500	19.9	75	0.00031 (0.00031)	376	0.116 (0.20)	0.00	1760.41

#### 4.8.2 Muro frontale

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro frontale viene considerato come una mensola incastrata nella platea di fondazione, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto.

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 2.10 x9.82m

Armatura verticale

As =  $\phi$  26/10 (lato controterra)

A's =  $\phi$  26/20 (lato esterno)

Armatura orizzontale

As =  $\phi$  20/20 (lato controterra)

A's =  $\phi$  20/20 (lato esterno)

Per la verifica a taglio della sezione si considera l'area di ferro necessaria, come indicata dal codice di calcolo, e si assegna una armatura equivalente; in particolare si utilizzeranno:

Spille 9 $\phi$ 12/mq.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 43 di 61
--	--

Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	982.0
3	210.0	982.0
4	210.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	9.0	9.0	26
2	9.0	973.0	26
3	201.0	973.0	26
4	201.0	9.0	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N° Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N° Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N° Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	2	96	26
2	3	4	96	26

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	16225.64	7469.54	12794.08	1022.12	5150.10
2	15156.44	12858.74	12740.62	1022.12	5150.10
3	12604.94	5293.34	12613.04	1022.12	5150.10
4	15320.47	6925.49	20014.52	1022.12	6203.10
5	14518.57	10967.39	19974.42	1022.12	6203.10
6	12604.94	5293.34	12613.04	1022.12	5150.10
7	15320.47	6925.49	12748.82	1022.12	5150.10
8	14518.57	10967.39	12708.72	1022.12	5150.10
9	12604.94	5293.34	12613.04	1022.12	5150.10
10	12604.94	6160.67	12613.04	1147.82	5150.10
11	12757.69	7169.39	9672.57	918.62	3767.50

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 44 di 61
--	--

12	11688.49	12558.59	9619.11	918.62	3767.50
13	9136.99	4993.19	9491.53	918.62	3767.50
14	11852.52	6625.34	16893.01	918.62	4820.50
15	11852.52	6625.34	16893.01	918.62	4820.50
16	11050.62	10667.24	16852.91	918.62	4820.50
17	9136.99	4993.19	9491.53	918.62	3767.50
18	11852.52	6625.34	9627.31	918.62	3767.50
19	11050.62	10667.24	9587.21	918.62	3767.50
20	9136.99	4993.19	6457.86	918.62	2894.50
21	9235.67	1900.31	30702.68	439.48	7252.86
22	9038.31	1900.31	30712.27	439.48	7252.86
23	9613.67	5924.83	14914.23	937.22	4371.43
24	9416.31	5924.83	14923.82	937.22	4371.43
25	10002.33	2222.71	14910.96	439.48	4371.43
26	9344.46	2222.71	14942.92	439.48	4371.43

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	9136.99	5485.50	8330.01
2	11818.99	5168.67	8741.90
3	11026.99	9160.67	8702.30
4	9136.99	3556.67	8607.80
5	11148.49	4765.67	14090.37
6	10554.49	7759.67	14060.67
7	9136.99	3556.67	8607.80
8	11148.49	4765.67	8708.37
9	10554.49	7759.67	8678.67
10	9136.99	3556.67	6360.63

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	11148.49	2017.64 (12671.38)	8077.13 (50726.74)
2	10554.49	5011.64 (25915.61)	8047.43 (41613.92)
3	9136.99	808.64 (4648.79)	7976.56 (45856.28)
4	10645.62	1715.39 (5453.82)	12088.49 (38433.44)
5	10200.12	3960.89 (11644.66)	12066.21 (35473.56)
6	9136.99	808.64 (4648.79)	7976.56 (45856.28)
7	10645.62	1715.39 (10529.83)	8051.99 (49426.61)
8	10200.12	3960.89 (21010.01)	8029.71 (42592.50)
9	9136.99	808.64 (4648.79)	7976.56 (45856.28)
10	9136.99	1251.66 (11724.70)	6082.84 (56979.89)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

<b>ANAS S.p.A.</b> <b>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</b> <b>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</b> <b>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</b> <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: <b>T00_VI04_STR_RE02_A</b> Data: Agosto 2020 Pag. 45 di 61
---	---

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	9136.99	878.09 (4428.63)	8607.80 (43413.25)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	16225.64	7469.54	12794.08	16225.79	31894.49	55089.65	4.301040.6(618.7)	
2	S	15156.44	12858.74	12740.62	15156.42	54450.83	53697.32	4.221040.6(618.7)	
3	S	12604.94	5293.34	12613.04	12604.93	21716.99	51789.13	4.111040.6(618.7)	
4	S	15320.47	6925.49	20014.52	15320.48	18880.49	54362.12	2.721040.6(618.7)	
5	S	14518.57	10967.39	19974.42	14518.50	29297.68	53527.23	2.681040.6(618.7)	
6	S	12604.94	5293.34	12613.04	12604.93	21716.99	51789.13	4.111040.6(618.7)	
7	S	15320.47	6925.49	12748.82	15320.50	29261.20	54277.35	4.251040.6(618.7)	
8	S	14518.57	10967.39	12708.72	14518.37	46045.78	53285.83	4.201040.6(618.7)	
9	S	12604.94	5293.34	12613.04	12604.93	21716.99	51789.13	4.111040.6(618.7)	
10	S	12604.94	6160.67	12613.04	12604.89	25427.17	51764.70	4.111040.6(618.7)	
11	S	12757.69	7169.39	9672.57	12757.75	38160.57	51775.77	5.341040.6(618.7)	
12	S	11688.49	12558.59	9619.11	11688.42	65214.40	50247.33	5.201040.6(618.7)	
13	S	9136.99	4993.19	9491.53	9137.20	25218.40	48484.89	5.101040.6(618.7)	
14	S	11852.52	6625.34	16893.01	11852.49	20226.41	51088.24	3.031040.6(618.7)	
15	S	11852.52	6625.34	16893.01	11852.49	20226.41	51088.24	3.031040.6(618.7)	
16	S	11050.62	10667.24	16852.91	11050.63	31821.74	50245.13	2.981040.6(618.7)	
17	S	9136.99	4993.19	9491.53	9137.20	25218.40	48484.89	5.101040.6(618.7)	
18	S	11852.52	6625.34	9627.31	11852.35	34960.44	50967.28	5.291040.6(618.7)	
19	S	11050.62	10667.24	9587.21	11050.44	55310.92	49892.71	5.191040.6(618.7)	
20	S	9136.99	4993.19	6457.86	9137.05	37690.12	48379.53	7.511040.6(618.7)	
21	S	9235.67	1900.31	30702.68	9235.78	3235.97	48673.68	1.591040.6(618.7)	
22	S	9038.31	1900.31	30712.27	9038.30	3102.50	48487.59	1.581040.6(618.7)	
23	S	9613.67	5924.83	14914.23	9613.48	19339.86	48970.80	3.281040.6(618.7)	
24	S	9416.31	5924.83	14923.82	9416.10	19629.57	48781.85	3.271040.6(618.7)	
25	S	10002.33	2222.71	14910.96	10002.09	7210.45	49381.96	3.311040.6(618.7)	
26	S	9344.46	2222.71	14942.92	9344.46	7248.78	48755.80	3.261040.6(618.7)	

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

<b>ANAS S.p.A.</b> <b>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</b> <b>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</b> <b>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</b> <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: <b>T00_VI04_STR_RE02_A</b> Data: Agosto 2020 Pag. 46 di 61
---	---

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	210.0	982.0	0.00211	201.0	973.0	-0.02885	9.0	9.0
2	0.00350	210.0	982.0	0.00244	201.0	973.0	-0.02228	9.0	9.0
3	0.00350	210.0	982.0	0.00178	201.0	973.0	-0.03589	9.0	9.0
4	0.00350	210.0	982.0	0.00182	201.0	973.0	-0.03492	9.0	9.0
5	0.00350	210.0	982.0	0.00201	201.0	973.0	-0.03114	9.0	9.0
6	0.00350	210.0	982.0	0.00178	201.0	973.0	-0.03589	9.0	9.0
7	0.00350	210.0	982.0	0.00203	201.0	973.0	-0.03055	9.0	9.0
8	0.00350	210.0	982.0	0.00231	201.0	973.0	-0.02505	9.0	9.0
9	0.00350	210.0	982.0	0.00178	201.0	973.0	-0.03589	9.0	9.0
10	0.00350	210.0	982.0	0.00187	201.0	973.0	-0.03418	9.0	9.0
11	0.00350	210.0	982.0	0.00212	201.0	973.0	-0.02895	9.0	9.0
12	0.00350	210.0	982.0	0.00251	201.0	973.0	-0.02114	9.0	9.0
13	0.00350	210.0	982.0	0.00173	201.0	973.0	-0.03725	9.0	9.0
14	0.00350	210.0	982.0	0.00172	201.0	973.0	-0.03724	9.0	9.0
15	0.00350	210.0	982.0	0.00172	201.0	973.0	-0.03724	9.0	9.0
16	0.00350	210.0	982.0	0.00194	201.0	973.0	-0.03270	9.0	9.0
17	0.00350	210.0	982.0	0.00173	201.0	973.0	-0.03725	9.0	9.0
18	0.00350	210.0	982.0	0.00203	201.0	973.0	-0.03084	9.0	9.0
19	0.00350	210.0	982.0	0.00236	201.0	973.0	-0.02417	9.0	9.0
20	0.00350	210.0	982.0	0.00200	201.0	973.0	-0.03176	9.0	9.0
21	0.00350	210.0	982.0	0.00109	201.0	973.0	-0.05037	9.0	9.0
22	0.00350	210.0	982.0	0.00108	201.0	973.0	-0.05068	9.0	9.0
23	0.00350	210.0	982.0	0.00161	201.0	973.0	-0.03978	9.0	9.0
24	0.00350	210.0	982.0	0.00160	201.0	973.0	-0.03981	9.0	9.0
25	0.00350	210.0	982.0	0.00128	201.0	973.0	-0.04652	9.0	9.0
26	0.00350	210.0	982.0	0.00124	201.0	973.0	-0.04725	9.0	9.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000152263	0.000001797	-0.030239518	----	----
2	0.000115077	0.000002720	-0.023337616	----	----
3	0.000189432	0.000001346	-0.037602286	----	----
4	0.000185556	0.000001157	-0.036603224	----	----
5	0.000164108	0.000001696	-0.032628489	----	----
6	0.000189432	0.000001346	-0.037602286	----	----
7	0.000161252	0.000001683	-0.032015381	----	----
8	0.000130301	0.000002427	-0.026246324	----	----
9	0.000189432	0.000001346	-0.037602286	----	----
10	0.000179987	0.000001544	-0.035813734	----	----
11	0.000151093	0.000002136	-0.030326879	----	----
12	0.000107073	0.000003204	-0.022131878	----	----
13	0.000195062	0.000001587	-0.039021480	----	----
14	0.000196465	0.000001282	-0.039016277	----	----
15	0.000196465	0.000001282	-0.039016277	----	----
16	0.000171012	0.000001881	-0.034259291	----	----
17	0.000195062	0.000001587	-0.039021480	----	----

<b>ANAS S.p.A.</b> <b>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</b> <b>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</b> <b>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</b> <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: <b>T00_VI04_STR_RE02_A</b> Data: Agosto 2020 Pag. 47 di 61
---	---

18	0.000161113	0.000002010	-0.032307405	----	----
19	0.000123739	0.000002872	-0.025305518	----	----
20	0.000164797	0.000002191	-0.033259220	----	----
21	0.000267127	0.000000183	-0.052776614	----	----
22	0.000268685	0.000000179	-0.053099756	----	----
23	0.000209230	0.000001255	-0.041670809	----	----
24	0.000209322	0.000001274	-0.041708469	----	----
25	0.000246553	0.000000479	-0.048746086	----	----
26	0.000250126	0.000000484	-0.049501891	----	----

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezi. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d   z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	5161.80	64322.76	7273.44203.1	194.1	981.5	2.500	1.042	27.2	38.3(0.0)
2	S	5172.82	63876.05	7247.79202.4	193.4	980.7	2.500	1.039	27.3	38.3(0.0)
3	S	5157.23	64074.05	7307.26204.0	195.0	981.9	2.500	1.033	27.0	38.3(0.0)
4	S	6209.35	64392.61	7294.90203.6	194.6	981.8	2.500	1.040	32.6	38.3(0.0)
5	S	6213.33	64163.40	7287.40203.4	194.4	981.3	2.500	1.037	32.7	38.3(0.0)
6	S	5157.23	64074.05	7307.26204.0	195.0	981.9	2.500	1.033	27.0	38.3(0.0)
7	S	5160.48	64248.51	7282.48203.3	194.3	981.3	2.500	1.040	27.1	38.3(0.0)
8	S	5168.24	63951.96	7264.21202.8	193.8	981.2	2.500	1.037	27.3	38.3(0.0)
9	S	5157.23	64074.05	7307.26204.0	195.0	981.9	2.500	1.033	27.0	38.3(0.0)
10	S	5159.76	63981.44	7302.85203.9	194.9	981.1	2.500	1.033	27.1	38.3(0.0)
11	S	3780.11	63845.02	7287.40203.4	194.4	980.7	2.500	1.033	19.9	38.3(0.0)
12	S	3793.30	63406.59	7259.97202.7	193.7	980.3	2.500	1.030	20.0	38.3(0.0)
13	S	3774.85	63592.78	7322.26204.4	195.4	981.1	2.500	1.024	19.8	38.3(0.0)
14	S	4826.40	63997.24	7312.77204.1	195.1	981.9	2.500	1.031	25.3	38.3(0.0)
15	S	4826.40	63997.24	7312.77204.1	195.1	981.9	2.500	1.031	25.3	38.3(0.0)
16	S	4830.31	63770.48	7305.20203.9	194.9	981.4	2.500	1.029	25.3	38.3(0.0)
17	S	3774.85	63592.78	7322.26204.4	195.4	981.1	2.500	1.024	19.8	38.3(0.0)
18	S	3778.67	63836.69	7296.86203.7	194.7	981.5	2.500	1.031	19.8	38.3(0.0)
19	S	3787.81	63474.55	7276.57203.2	194.2	980.7	2.500	1.029	19.9	38.3(0.0)
20	S	2906.46	63460.50	7310.22204.0	195.0	980.6	2.500	1.024	15.2	38.3(0.0)
21	S	7253.16	63848.41	7341.87204.9	195.9	982.1	2.500	1.024	37.8	38.3(0.0)
22	S	7253.16	63825.07	7342.87204.9	195.9	982.1	2.500	1.023	37.8	38.3(0.0)
23	S	4376.98	63741.92	7325.08204.4	195.4	981.8	2.500	1.025	22.9	38.3(0.0)
24	S	4377.06	63717.52	7325.84204.5	195.5	981.8	2.500	1.024	22.9	38.3(0.0)
25	S	4372.28	63926.52	7334.73204.7	195.7	982.4	2.500	1.026	22.8	38.3(0.0)
26	S	4372.28	63846.82	7337.73204.8	195.8	982.4	2.500	1.024	22.8	38.3(0.0)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]

<b>ANAS S.p.A.</b> <b>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</b> <b>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</b> <b>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</b> <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: <b>T00_VI04_STR_RE02_A</b> Data: Agosto 2020 Pag. 48 di 61
---	---

Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.94	210.0	982.0	-25.0	9.0	9.0	18284	446.0
2	S	1.96	210.0	982.0	-17.0	9.0	9.0	13442	355.7
3	S	2.15	210.0	982.0	-22.7	9.0	9.0	10944	265.5
4	S	1.91	210.0	982.0	-25.5	9.0	9.0	23730	520.3
5	S	3.17	210.0	982.0	-62.3	9.0	9.0	26504	520.3
6	S	3.37	210.0	982.0	-69.0	9.0	9.0	25375	520.3
7	S	1.91	210.0	982.0	-25.5	9.0	9.0	23730	520.3
8	S	1.94	210.0	982.0	-18.7	9.0	9.0	15978	414.1
9	S	2.09	210.0	982.0	-23.3	9.0	9.0	12808	313.2
10	S	1.41	210.0	982.0	-10.6	9.0	9.0	11855	329.2

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.69	210.0	982.0	-13.1	9.0	9.0	20081	520.3
2	S	1.82	210.0	982.0	-16.9	9.0	9.0	13929	361.0
3	S	1.63	210.0	982.0	-18.7	9.0	9.0	25656	520.3
4	S	2.55	210.0	982.0	-44.6	9.0	9.0	26056	520.3
5	S	2.69	210.0	982.0	-49.1	9.0	9.0	26470	520.3
6	S	1.63	210.0	982.0	-18.7	9.0	9.0	25656	520.3
7	S	1.67	210.0	982.0	-14.3	9.0	9.0	22271	520.3
8	S	1.77	210.0	982.0	-17.2	9.0	9.0	17504	456.6
9	S	1.63	210.0	982.0	-18.7	9.0	9.0	25656	520.3
10	S	1.26	210.0	982.0	-7.7	9.0	9.0	17500	520.3

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                    La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                      Esito della verifica  
e2                      Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1                      Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
kt                      = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
k2                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k3                      = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k4                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                        = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Cf                        Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
e sm - e cm          Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
sr max                Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
wk                      Massima distanza tra le fessure [mm]  
Mx fess.              Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
My fess.              Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
                            Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00007	0	0.500	26.0	77	0.00004 (0.00004)	432	0.017 (0.30)	12671.38	50726.74
2	S	-0.00009	0	0.500	26.0	77	0.00005 (0.00005)	432	0.022 (0.30)	25915.61	41613.92
3	S	-0.00010	0	0.500	26.0	77	0.00006 (0.00006)	480	0.027 (0.30)	4648.79	45856.28
4	S	-0.00024	0	0.500	26.0	77	0.00013 (0.00013)	483	0.065 (0.30)	5453.82	38433.44
5	S	-0.00026	0	0.500	26.0	77	0.00015 (0.00015)	487	0.072 (0.30)	11644.66	35473.56
6	S	-0.00010	0	0.500	26.0	77	0.00006 (0.00006)	480	0.027 (0.30)	4648.79	45856.28
7	S	-0.00008	0	0.500	26.0	77	0.00004 (0.00004)	451	0.019 (0.30)	10529.83	49426.61
8	S	-0.00010	0	0.500	26.0	77	0.00005 (0.00005)	431	0.022 (0.30)	21010.01	42592.50



<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 49 di 61
--	--

9	S	-0.00010	0	0.500	26.0	77	0.00006 (0.00006)	480	0.027 (0.30)	4648.79	45856.28
10	S	-0.00004	0	0.500	26.0	77	0.00002 (0.00002)	410	0.010 (0.30)	11724.70	56979.89

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.77	210.0	982.0	-23.3	9.0	9.0	25646	520.3

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00013	0	0.500	26.0	77	0.00007 (0.00007)	480	0.034 (0.20)	4428.63	43413.25

### 4.8.3 uro andatore

In questo paragrafo si riporta il calcolo dei muri laterali della spalla. Tali muri sono sollecitati essenzialmente dalle spinte del terreno di riempimento all'interno della spalla e dei sovraccarichi presenti su di esso in condizioni statiche e sismiche.

Il muro di risvolto viene considerato come una piastra incastrata su due lati (il muro frontale e la platea di fondazione). Il carico agente sul muro di risvolto viene riguardato come somma di un carico uniforme  $q_u$  e di un carico triangolare  $q_t$  (massimo allo spiccatto del muro), agenti sull'intera superficie del muro.

Generali			
Altezza muro frontale	Hm	2.5	m
spessore muro andatore	ba	1.30	m
Altezza paraghiaia	Hp	4.45	m
Peso terreno	$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.072	
Sovraccarico accidentale sul rilevato	qacc	20	kN/m <sup>2</sup>
k0		0.426	
Altezza muro andatore		<b>6.95</b>	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	ba	<b>6.25</b>	m
Lunghezza lungo asse Y	Lm	9.82	m
Sovraccarico accidentale sul rilevato diffuso su Lm	q	20.0	kN/m <sup>2</sup>
Combinazione rara			
Spinta Terrapieno	S1	59.3	kPa
Spinta Sovraccarico q	S2	8.5	kPa
Combinazione sismica SLV			
Spinta sismica Terrapieno	S1	10.0	kPa
Spinta Sismica Sovraccarico q	S2	0.0	kPa
Inerzia terrapieno	S3	14.1	kPa
Inerzia muro	S4	2.3	kPa

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA          DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:          T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 50 di 61</p>
--	---

Risultati:

Combinazioni S.L.U.			Combinazioni S.L.E.		
$M_x^+$	36	kNm/m	$M_x^+$	26	kNm/m
$M_x^-$	-337	kNm/m	$M_x^-$	-250	kNm/m
$M_y^+$	67	kNm/m	$M_y^+$	49	kNm/m
$M_y^-$	-489	kNm/m	$M_y^-$	-362	kNm/m
$T_x^+$	186	kN/m			
$T_x^-$	-17	kN/m			
$T_y^+$	359	kN/m			
$T_y^-$	-17	kN/m			

Combinazioni S.L.SISMA		
M+x	31	kNm/m
M-x	-299	kNm/m
M+y	33	kNm/m
M-y	-300	kNm/m
T+x	184	kN/m
T-x	-14	kN/m
T+y	192	kN/m
T-y	-14	kN/m

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 1.30x1.0m

Armatura verticale e orizzontale

$A_s = \phi 20/10$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 20/20$  (lato esterno)

Per la verifica a taglio della sezione si considera l'area di ferro necessaria, come indicata dal codice di calcolo, e si assegna una armatura equivalente; in particolare si utilizzeranno:

Spille  $9\phi 10/mq.$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto $f_{cd}$ :	18.800	MPa
	Resis. compr. ridotta $f_{cd}'$ :	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza $ec2$ :	0.0020	
	Def.unit. ultima $ecu$ :	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale $E_c$ :	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 51 di 61
--	--

	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	130.0
3	50.0	130.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.0	9.0	20
2	-41.0	121.0	20
3	41.0	121.0	20
4	41.0	9.0	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	3	2	8	20
2	1	4	3	20

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	10 mm
Passo staffe:	23.9 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 52 di 61
--	--

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	211.25	66.60	359.00
2	211.25	-489.00	-17.00
3	211.25	33.00	192.00
4	211.25	-300.00	-14.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	211.25	49.00	0.00
2	211.25	-362.00	0.00

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.1 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	211.25	66.60	211.45	874.88		
13.66	47.1(39.0)						
2	S	211.25	-489.00	211.14	-1567.54		
3.19	47.1(39.0)						
3	S	211.25	33.00	211.45	874.88		
28.85	47.1(39.0)						
4	S	211.25	-300.00	211.14	-1567.54		
5.19	47.1(39.0)						

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 53 di 61
--	--

1	0.00350	-50.0	130.0	-0.00056	-41.0	121.0	-0.05114	-41.0	9.0
2	0.00350	-50.0	0.0	0.00010	-41.0	9.0	-0.04224	-41.0	121.0
3	0.00350	-50.0	130.0	-0.00056	-41.0	121.0	-0.05114	-41.0	9.0
4	0.00350	-50.0	0.0	0.00010	-41.0	9.0	-0.04224	-41.0	121.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000451597	-0.055207652	----	----
2	0.000000000	-0.000377993	0.003500000	----	----
3	0.000000000	0.000451597	-0.055207652	----	----
4	0.000000000	-0.000377993	0.003500000	----	----

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:                    10 mm  
Passo staffe:                    23.9 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver                    S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved                    Taglio di progetto [kN] =  $V_y$  ortogonale all'asse neutro  
Vcd                    Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd                    Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z                    Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw                    Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                    Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                    Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff                    Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	359.00	3854.62	758.03126.9	117.9	100.0	2.500	1.009	3.1	6.6(0.0)
2	S	17.00	3834.88	754.15126.3	117.3	100.0	2.500	1.009	0.1	6.6(0.0)
3	S	192.00	3854.62	758.03126.9	117.9	100.0	2.500	1.009	1.7	6.6(0.0)
4	S	14.00	3834.88	754.15126.3	117.3	100.0	2.500	1.009	0.1	6.6(0.0)

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

Ver                    S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 54 di 61</p>
--	---

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.30	-50.0	130.0	0.4	-41.0	9.0	----	----
2	S	2.16	-50.0	0.0	-73.1	-31.9	121.0	2266	31.4

#### 4.8.4 Zattera di fondazione

Per la valutazione delle sollecitazioni nel plinto di fondazione, è necessario valutare preventivamente le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione. Tali sollecitazioni sono state valutate mediante una ripartizione rigida delle sollecitazioni agenti a base plinto.

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{max} = 5991 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{max} = 819 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$N_{max} = 4875 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{max} = 919 \text{ kN (CC. SLV)}$$

- Unghia anteriore platea fondazione

Il tacco anteriore del plinto di fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di tirante puntone. Si riporta di seguito la verifica. La larghezza di diffusione è stata valutata in corrispondenza del filo anteriore del muro frontale, mediante una diffusione a 45° a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a 0.2 dp (con dp altezza utile della sezione del plinto).

La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.

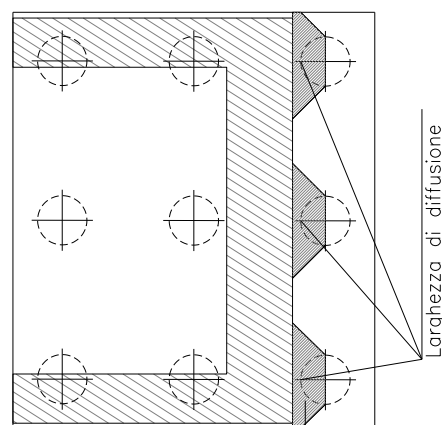
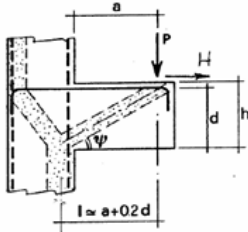


Figura 4.5. Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni proposte a riguardo al C4.1.2.1.5 dalla Circolare Ministeriale n° 7/19.

**VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.**



**P, H : Carichi Esterni di Progetto (P<sub>Ed</sub>, H<sub>Ed</sub>)**

**P<sub>R</sub> : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica**

$$P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \geq 1 (0,9d)$$

**P<sub>RC</sub> : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

$$P_{RC} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rs}$$

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

- 1  $P_R \geq P_{Ed}$
- 2  $P_{RC} \geq P_{Rs}$

**Dati di progetto**

b(m)=	2.50	m	dimensione trasversale verifica
P <sub>Ed</sub> (KN) =	5991.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub> (KN) =	819.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	1.00	m	distanza P da incastro
h(m) =	2.50	m	spessore mensola
δ(m) =	0.12	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
d(m) =	2.38	m	altezza utile
l(m) =	1.48	m	a+0,2d
λ =	0.69		λ=ctgψ≥1(0,9d).

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura) ▼

c(m) = 1.00

**Caratteristiche Materiali**

f <sub>cd</sub> =	14.1	MPa	Calcestruzzo
f <sub>yd</sub> =	391.0	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo R1</b>							
n° R1 =	1	φ1(mm) =	20.0	p1(cm) =	10.0	θ1° =	0.0
A <sub>φ</sub> i (mm <sup>2</sup> ) =	314.16	nb tot 1 =	25.0	A <sub>φ</sub> TOT (mm <sup>2</sup> ) =	7853.98	A <sub>φ</sub> CAL(mm <sup>2</sup> ) =	7853.98
<b>Registro tipo R2</b>							
n° R2 =	1	φ2(mm) =	20.0	p2(cm) =	10.0	θ2° =	0.0
A <sub>φ</sub> i (mm <sup>2</sup> ) =	314.16	nb tot 2 =	25.0	A <sub>φ</sub> TOT (mm <sup>2</sup> ) =	7853.98	A <sub>φ</sub> CAL(mm <sup>2</sup> ) =	7853.98
<b>Registro tipo R3</b>							
n° R3 =	0	φ3(mm) =	24.0	p3(cm) =	10.0	θ3° =	0.0
A <sub>φ</sub> i (mm <sup>2</sup> ) =	452.39	nb tot 3 =	0.0	A <sub>φ</sub> TOT (mm <sup>2</sup> ) =	0.00	A <sub>φ</sub> CAL(mm <sup>2</sup> ) =	0.00

**Verifiche di resistenza**

Ψ =	0.967	rad	=	55.43	°
P <sub>RS</sub> =	7724.6	KN		PRs > PEd - Verifica Soddisfatta	
P <sub>RC</sub> =	22753.9	KN		PRc > PRs - Verifica Soddisfatta	

#### 4.8.5 Palo di fondazione

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione.

Il momento flettente agente in testa palo viene derivato dal taglio in testa palo nell'ipotesi di elasticità lineare sia per il palo che per il terreno. Risulta

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 2.48$  (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Ty,A [kN]
5991	2031	819
909	2031	819
4875	2278	919
65	2278	919

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\phi 120$  cm

As = 32  $\phi 26$  staffe  $\phi 12/15$

La lunghezza del palo è pari a L = 23.00m.

Per le considerazioni di dettaglio riguardanti portanza e carico limite sui pali di fondazione si rimanda alla relazione geotecnica allegata al progetto.

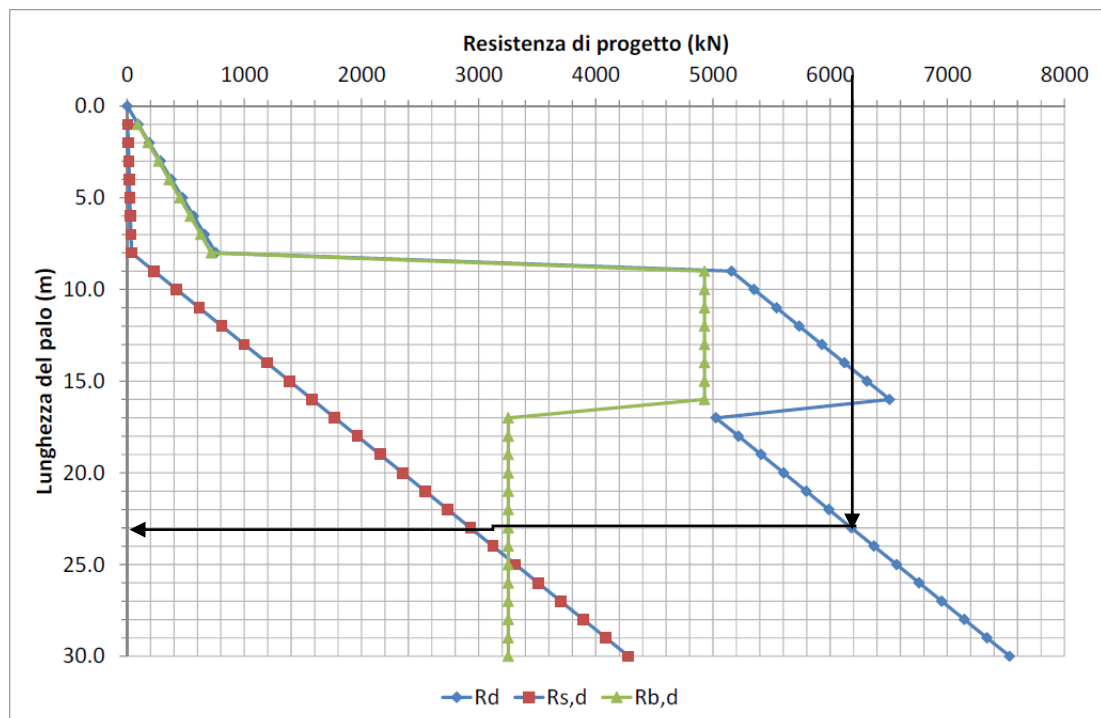


Tabella 4.9 – Portanza verticale pali.

$$F.S. \approx 6'200/5'991 = 1.03 \quad (\text{verifica geotecnica})$$



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI04_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 57 di 61</p>
--	--

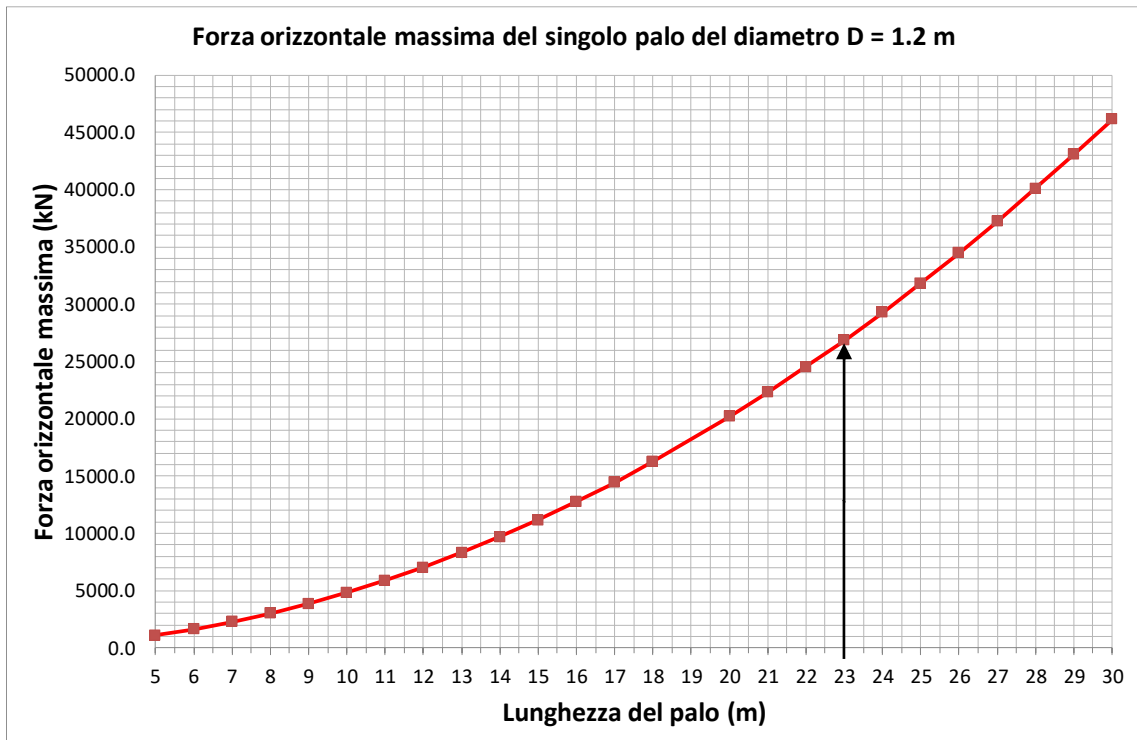


Tabella 4.10 – Portanza orizzontale pali.

F.S.  $\approx 26'000/919 = 28.29$  (verifica geotecnica)

La verifica a carico orizzontale risulta soddisfatta.

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa	

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 58 di 61
--	--

Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
Modulo Elastico Ef 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 1.00  
Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 0.50  
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 cm  
X centro circ.: 0.0 cm  
Y centro circ.: 0.0 cm

#### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
 $\emptyset$  Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	$\emptyset$
1	0.0	0.0	50.0	32	26

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 15.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	5991.00	2031.00	819.00
2	909.00	2031.00	819.00
3	4875.00	2278.00	919.00
4	65.00	2278.00	919.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	4286.00	1390.00	0.00
2	1092.00	1390.00	0.00

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI04_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 59 di 61
--	--

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	3967.00	1294.00 (1124.10)	0.00 (0.00)
2	1289.00	1294.00 (678.91)	0.00 (0.00)

### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	3967.00	1294.00 (1124.10)	0.00 (0.00)
2	1289.00	1294.00 (678.91)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 7.5 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	5991.00	2031.00	5990.81	3818.43	1.88	169.9(33.9)
2	S	909.00	2031.00	908.98	3063.29	1.51	169.9(33.9)
3	S	4875.00	2278.00	4875.02	3751.23	1.65	169.9(33.9)
4	S	65.00	2278.00	65.09	2833.98	1.24	169.9(33.9)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 Xc max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: <b>T00_VI04_STR_RE02_A</b> Data: Agosto 2020 Pag. 60 di 61
--	---

1	0.00350	0.0	60.0	0.00291	0.0	50.0	-0.00297	0.0	-50.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00254	0.0	50.0	-0.00706	0.0	-50.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00286	0.0	50.0	-0.00356	0.0	-50.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00243	0.0	50.0	-0.00830	0.0	-50.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000058810	-0.000028589	----	----
2	0.000000000	0.000096042	-0.002262510	----	----
3	0.000000000	0.000064191	-0.000351469	----	----
4	0.000000000	0.000107293	-0.002937610	----	----

### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:                    12 mm  
 Passo staffe:                    15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver                    S = comb. verificata / N = comb. non verificata  
 Ved                    Taglio di progetto [kN] =  $V_y$  ortogonale all'asse neutro  
 Vcd                    Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd                    Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 d | z                    Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
                           Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
                           I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
 bw                    Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
                           E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw                    Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast                    Area staffe+legature    strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff                    Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
                           Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
                           L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
                           ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	819.00	2402.70	1070.53	91.8  72.6	108.5	2.500	1.250	11.5	15.1(0.0)
2	S	819.00	2251.43	1216.64	93.8  82.5	105.8	2.500	1.057	10.2	15.1(0.0)
3	S	919.00	2475.78	1096.94	91.8  74.4	109.1	2.500	1.250	12.6	15.1(0.0)
4	S	919.00	2138.45	1250.21	94.8  84.8	102.9	2.500	1.004	11.1	15.1(0.0)

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

Ver                    S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
 Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.13	0.0	982.0	-54.3	0.0	-50.0	600	15.9
2	S	10.14	0.0	982.0	-199.6	0.0	-50.0	1603	37.2

<b>ANAS S.p.A.</b> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI04 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: <b>T00_VI04_STR_RE02_A</b> Data: Agosto 2020 Pag. 61 di 61
--	---

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.42	0.0	982.0	-51.2	0.0	-50.0	600	15.9
2	S	9.44	0.0	982.0	-169.5	0.0	-50.0	1558	37.2

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00034	0	0.500	26.0	87	0.00015 (0.00015)	462	0.071 (0.40)	1124.10	0.00
2	S	-0.00099	0	0.500	26.0	87	0.00051 (0.00051)	481	0.245 (0.40)	678.91	0.00

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.42	0.0	982.0	-51.2	0.0	-50.0	600	15.9
2	S	9.44	0.0	0.0	-169.5	0.0	-50.0	1558	37.2

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00034	0	0.500	26.0	87	0.00015 (0.00015)	462	0.071 (0.30)	1124.10	0.00
2	S	-0.00099	0	0.500	26.0	87	0.00060 (0.00051)	481	0.289 (0.30)	678.91	0.00