

## 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**  
Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



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

MANDANTE

## OPERE D'ARTE MAGGIORI Opere d'arte maggiori – Viadotto VI03 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\_VI03\_STR\_RE02\_A

CODICE ELAB.    T 0 0    V I 0 3    S T R    R E 0 2

REVISIONE

PAG.

A

1 di 65

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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 2 di 65</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	10
4.1	GENERALITÀ	10
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	29
4.7.1	Muro paraghiaia	29
4.7.2	Muro frontale	31
4.7.3	Plinto di fondazione	33
4.7.4	Pali di fondazione	35
4.8	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	36
4.8.1	Paraghiaia	37
4.8.2	Muro frontale	44

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 3 di 65</p>
--	---

4.8.3	<a href="#">Muro andatore</a>	52
4.8.4	<a href="#">Zattera di fondazione</a>	57
4.8.5	<a href="#">Palo di fondazione</a>	59

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:          T00_VI03_STR_RE02_A          Data: Agosto 2020          Pag. 4 di 65</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.

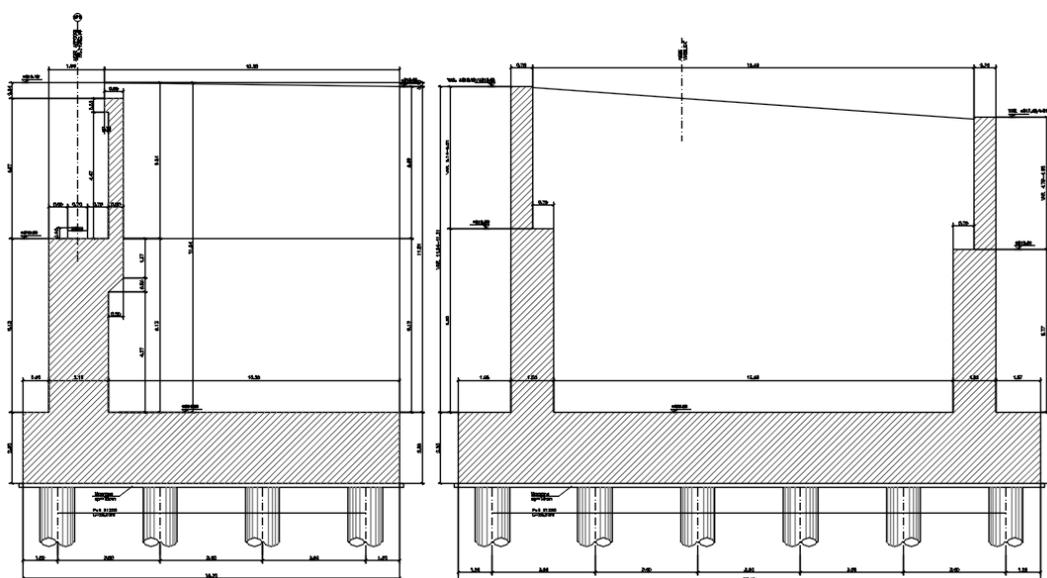
La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto VI03. In particolare si tratterà la spalla B che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

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

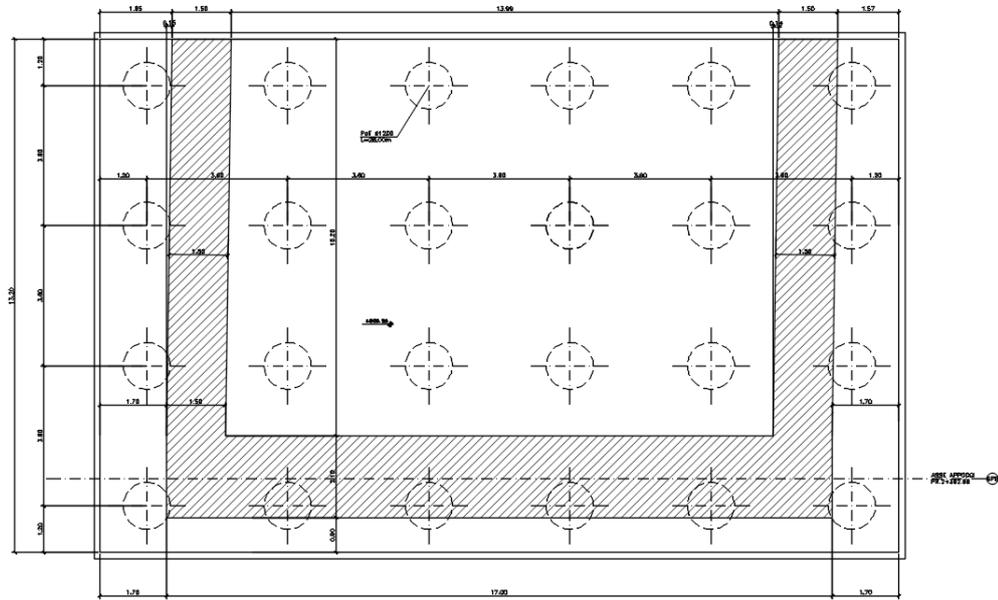
### 1.2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto è suddiviso in 5 campate da 60, 60, 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.

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



<p><b>ANAS S.p.A.</b></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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 5 di 65</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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:          T00_VI03_STR_RE02_A          Data: Agosto 2020          Pag. 6 di 65</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 – 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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:          T00_VI03_STR_RE02_A          Data: Agosto 2020          Pag. 7 di 65</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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 8 di 65</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 DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Viadotto VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 9 di 65</p>
---	---

Risultando:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

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.

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 10 di 65</p>
--	---

## 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 1.50 m. L'altezza della spalla B (escluso paraghiaia) è pari a 6.13 m.

La spalla ha in testa un paraghiaia di spessore 0.5 m ed altezza di circa 4.90 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.

Il calcolo è stato effettuato per la spalla B, 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 spicco 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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 11 di 65
--	--

### 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	$\gamma_{r1}$	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	$\gamma_{r2}, \gamma_{r3}, \gamma_{r4}$	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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 12 di 65
--	--

**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</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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 14 di 65</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.

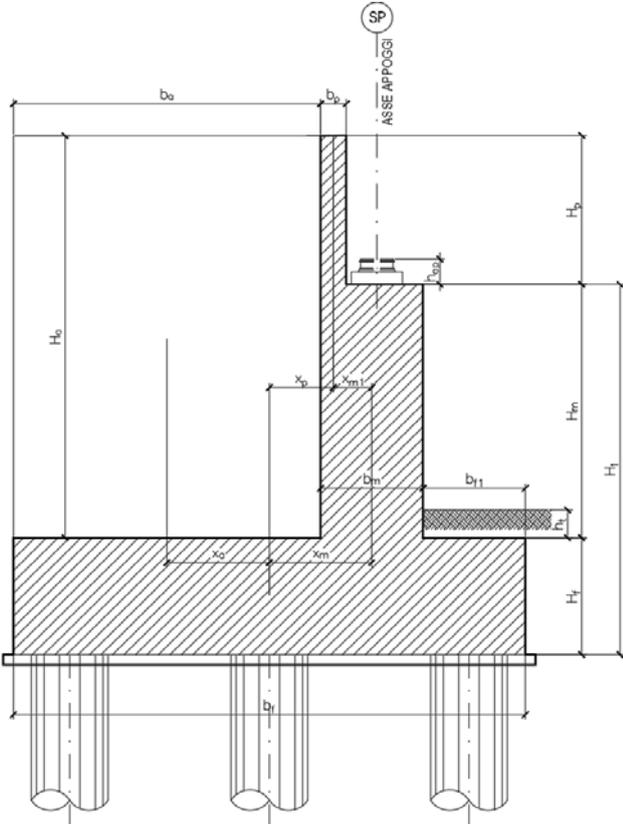
Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

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

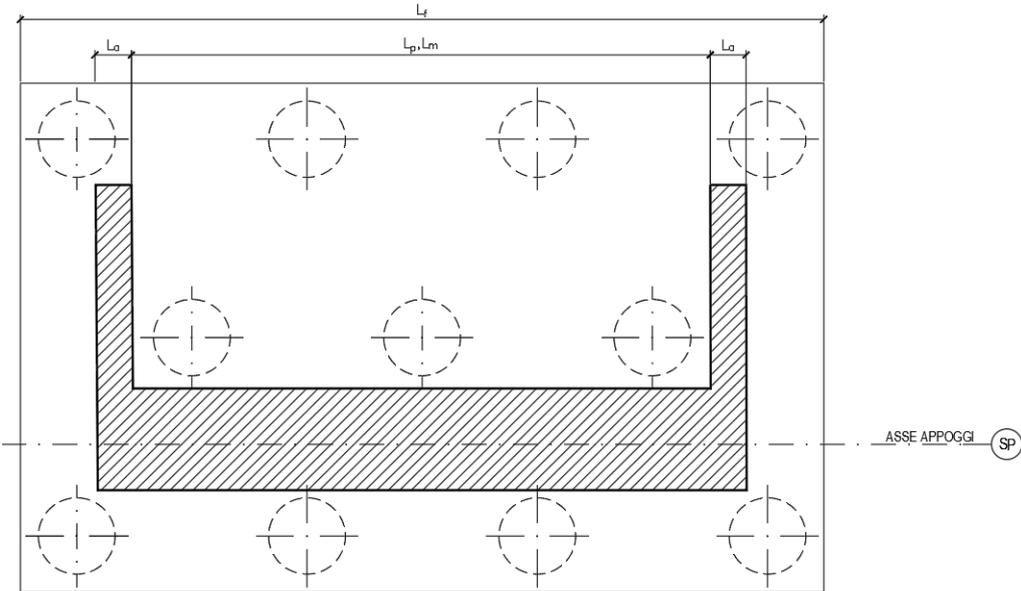
- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
  
- Lunghezze = m
- Forze = kN

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:          T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 15 di 65</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 – 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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 16 di 65</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	$H_1$	9.03	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	4.90	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	15.50	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		15.50	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	3.35	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	6.13	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	2.10	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	14.00	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	4.65	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	$b_f$	13.20	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	20.40	m
Mensola anteriore plinto	$b_{f1}$	0.90	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	3.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		4.70	m
Muro andatore			
Altezza	$H_a$	11.03	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	1.50	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	9.85	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			
$S_e$		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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 17 di 65
--	--

#### 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>210</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>70</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	<b>3</b>	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	<b>2100.0</b>	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	<b>700.0</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	<b>2100</b>			<b>2100</b>			<b>2100</b>			<b>0.00</b>
Permanenti G2	<b>700</b>			<b>700</b>			<b>700</b>			<b>0.00</b>
										<b>0.00</b>
Comb. Nmax Q1	<b>771</b>			<b>1364</b>			<b>486</b>			<b>0.00</b>
Comb. Nmax Q3 frenatura		<b>260</b>			<b>260</b>			<b>260</b>		<b>4.50</b>
Comb. Nmax Q4 centrifuga						<b>114</b>				<b>4.50</b>
Comb. Nmax Q folla										<b>0.00</b>
Comb. MTmax Q1	<b>1603</b>			<b>514</b>			<b>-155</b>			<b>0.00</b>
Comb. MTmax Q3 frenatura		<b>300</b>			<b>300</b>			<b>300</b>		<b>4.50</b>
Comb. MTmax Q4 centrifuga						<b>114</b>				<b>4.50</b>
Comb. MTmax Q folla										<b>0.00</b>
Comb. MLmax Q1										<b>0.00</b>
Comb. MLmax Q3 frenatura										<b>4.50</b>
Comb. MLmax Q4 centrifuga										<b>4.50</b>
Comb. MLmax Q folla										<b>0.00</b>
Vento Ponte Scarico						<b>435</b>				<b>4.50</b>
Vento Ponte Carico						<b>600</b>				<b>4.50</b>
Attrito permanente		<b>84</b>	<b>84</b>		<b>84</b>	<b>84</b>		<b>84</b>	<b>84</b>	<b>0.00</b>
Attrito carichi mobili		<b>48</b>	<b>48</b>		<b>41</b>	<b>41</b>		<b>15</b>	<b>15</b>	<b>0.00</b>
Sisma longitudinale		<b>1050</b>			<b>1050</b>			<b>1050</b>		<b>4.50</b>
Sisma trasversale						<b>610</b>				<b>4.50</b>
Sisma verticale	<b>101</b>			<b>101</b>			<b>101</b>			<b>0.00</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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 18 di 65
--	--

#### 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)	$vb=vb0 * (1+ks(as/ao-1))$	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	$qb=0.5*\rho*vb^2$	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	12	12	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.47	2.47	
Larghezza impalcato	b	17	17	m
Altezza impalcato	h1	4.5	4.5	m
Altezza veicoli o parapetto	h2	1.5	3	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicoli)	dtot	6	7.5	m
Rapporto di forma	b/dtot	2.83	2.27	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.65	1.82	

##### Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.59	0.59	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.47	2.47	
Coefficiente di forza	cfx	1.65	1.82	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	6	7.5	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	14.5	20.0	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.42	2.67	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	14.5	20.0	kN/m

##### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	14.5		kN/m
Luce impalcato	L	60		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	435		kN/m

##### Vento impalcato a ponte carico

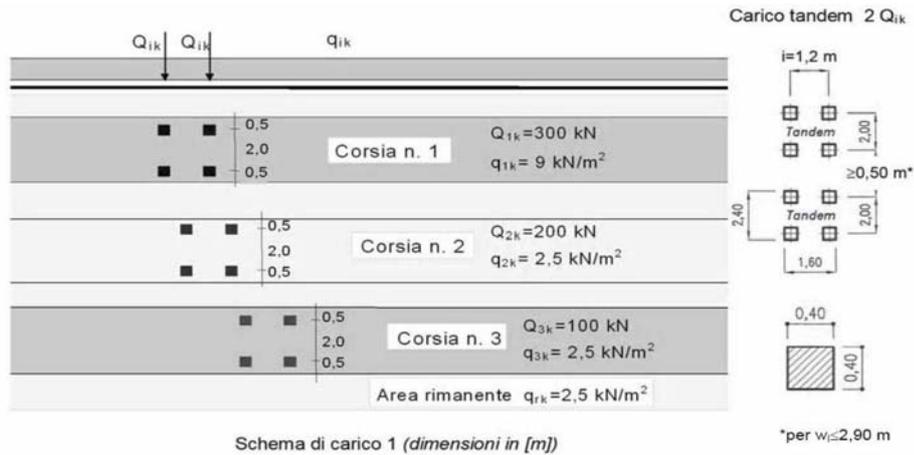
Forza statica equivalente	f	20.0		kN/m
Luce impalcato	L	60		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	600		kN/m

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 19 di 65</p>
--	--

#### 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.



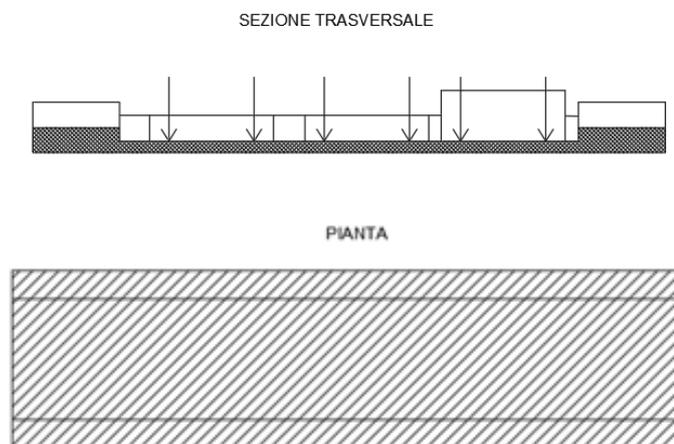
Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

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  $q = 5 \text{ kN/mq}$ .

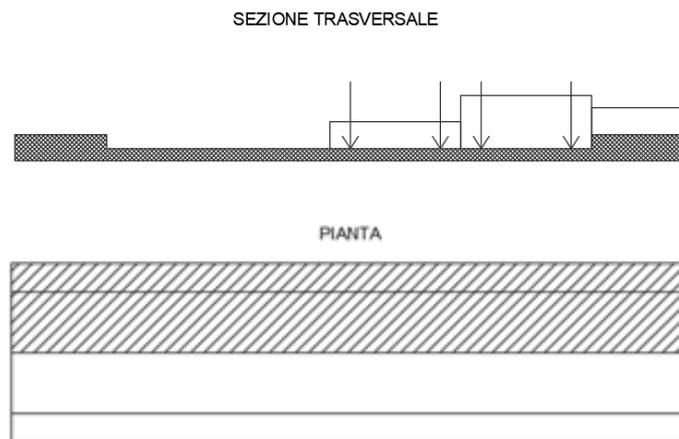
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

- 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:



<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 20 di 65</p>
--	---

- 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	420	m
m <sup>2</sup> corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	114	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 – 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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:          T00_VI03_STR_RE02_A          Data: Agosto 2020          Pag. 21 di 65</p>
--	---

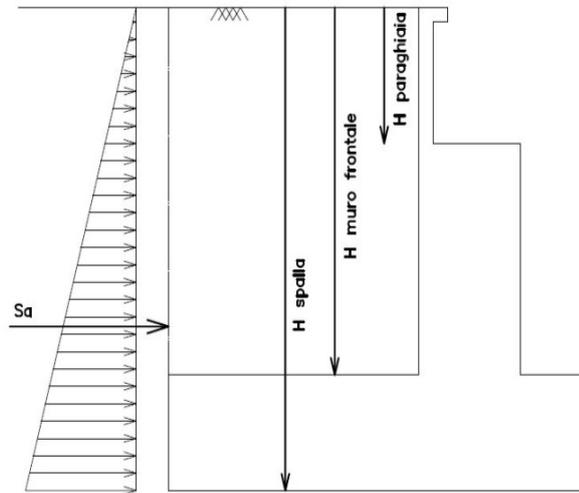


Figura 4.3. Spinta statica terreno di riempio

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:

$$S_q = q * H * K_0$$

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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 22 di 65</p>
--	--

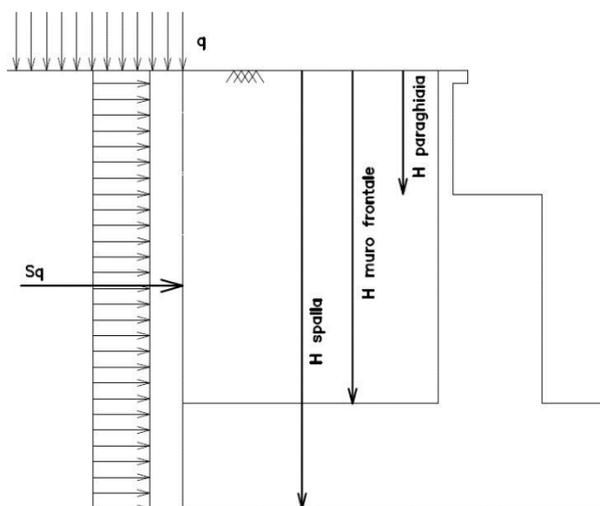


Figura 4.4. Spinta statica sovraccarico accidentale

#### 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 – 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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:          T00_VI03_STR_RE02_A          Data: Agosto 2020          Pag. 23 di 65</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:

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

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 24 di 65
--	--

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 – 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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 25 di 65</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		Fz	Fx	Fy	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	949			0.00	0.00	2.45	0	0
Rinterro	g3		1587		0.00	0.00	1.63	0	2592
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	4.90	0	882
Sovr. acc. sul rilevato			648		0.00	0.00	2.45	0	1587

cond sismica x

Descrizione carico		Fz	Fx	Fy	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	68	0	0.00	0.00	2.45	0	167
Rinterro	Inerzia		1077				2.45	0	2639
	Sovraspinta		588				2.45	0	1440
<b>Rinterro [totale]</b>			1665					0	4079
Sovr. acc. sul rilevato			648		0.00	0.00	2.45	0	1587
<b>Totale generale</b>			<b>2381</b>					<b>0</b>	<b>5834</b>

cond sismica y

Descrizione carico		Fz	Fx	Fy	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	68	0.00	0.00	2.45	167	0

cond sismica vert

Descrizione carico		Fz	Fx	Fy	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	34	0	0	0.00	0.00	2.45	0	0

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 26 di 65</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	949	0	0	-1.30		8.58	0	-1234
Muro frontale	g1	5471	0	0			3.07	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>6420</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-1234</b>
Rinterro	g3		8819	0			3.68	0	32426
Sovr. acc. sul rilevato			1458	0			5.52	0	8041

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		68		-1.30	0.00	8.58	0	586
Muro frontale	q6		394		0.00	0.00	3.07	0	1207
Rinterro	Inerzia		2190				5.52	0	12079
	Sovraspinta		2978				5.52	0	16425
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>5169</b>					<b>0</b>	<b>28505</b>
Sovr. acc. sul rilevato			1458				5.52	0	8041
<b>Totale generale</b>			<b>7089</b>					<b>0</b>	<b>38340</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			68	-1.30	0.00	8.58	586	0
Muro frontale	q6			394	0.00	0.00	3.07	1207	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>462</b>				<b>1794</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	34			-1.30	0.00	8.58	0	-44
Muro frontale	q6	197			0.00	0.00	3.07	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>231</b>						<b>0</b>	<b>-44</b>

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 27 di 65</p>
--	---

## 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	949			3.35	0.00	11.08	0	3180
Muro frontale	g1	5471			4.65	0.00	5.57	0	25440
Plinto	g1	16830			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	8148			-1.67	0.00	8.02	0	-13608
<b>Totale Permanenti</b>		<b>31399</b>						<b>0</b>	<b>15013</b>
Rinterro	g3	30421			-1.67	0.00	8.02	0	-50803
Ricop. Plinto	g3	3968			1.67	0.00	4.00	0	6626
Sovr. acc. sul rilevato		3054			-1.67	0.00	13.53	0	-5099
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		13270		-1.67	0.00	4.51	0	59850
Sovr. acc. sul rilevato			1789		0.00	0.00	6.77	0	12100

### 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	q <sub>6</sub>		68		3.35	0.00	11.08	0	757
Muro frontale	q <sub>6</sub>		394		4.65	0.00	5.57	0	2192
Plinto	q <sub>6</sub>		1212		0.00	0.00	1.25	0	1515
Muri andatori	q <sub>6</sub>		587		-1.67	0.00	8.02	0	4702
Rinterro	Inerzia		2190		-1.67	0.00	8.02	0	17555
	Sovraspinta		4481		-1.67	0.00	6.77	0	30316
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>6672</b>				<b>8.02</b>	<b>0</b>	<b>47871</b>
Sovr. acc. sul rilevato			1789		-1.67		8.02	0	12100
<b>Totale generale</b>			<b>10721</b>						<b>69137</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	q <sub>6</sub>			68	3.35	0.00	11.08	757	0
Muro frontale	q <sub>6</sub>			394	4.65	0.00	5.57	2192	0
Plinto	q <sub>6</sub>			1212	0.00	0.00	1.25	1515	0
Muri andatori	q <sub>6</sub>			587	-1.67	0.00	8.02	4702	0
Rinterro	Inerzia			2190	0.00		8.02	17555	0
	Sovraspinta			741			6.77	5010	0
<b>Rinterro [totale]</b>				<b>2931</b>				<b>22565</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato				1789	-1.67		13.53	24199	0
<b>Totale generale</b>				<b>6980</b>				<b>55930</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	q <sub>6</sub>	34			3.35	0.00	11.08	0.00	114
Muro frontale	q <sub>6</sub>	197			4.65	0.00	5.57	0.00	916
Plinto	q <sub>6</sub>	606			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Muri andatori	q <sub>6</sub>	293			-1.67	0.00	8.02	0.00	-490
Rinterro	q <sub>6</sub>	1095			-1.67	0.00	0.00	0.00	-1829
Ricop. Plinto	q <sub>6</sub>	143			1.67	0.00	4.00	0.00	239
<b>Totale generale</b>		<b>2368</b>						<b>0.00</b>	<b>-1050</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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 29 di 65
--	--

## 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	1294	3015	0	0	6209
A2 - SLU - MT max gr.1	1294	3015	0	0	6209
A2 - SLU - ML max gr.1	1294	3015	0	0	6209
A2 - SLU - N max gr.2	1294	3015	0	0	6209
A2 - SLU - MT max gr.2	1294	3015	0	0	6209
A2 - SLU - ML max gr.2	1294	3015	0	0	6209
A2 - SLU - N max gr.3	1294	3015	0	0	6209
A2 - SLU - MT max gr.3	1294	3015	0	0	6209
A2 - SLU - ML max gr.3	1294	3015	0	0	6209
A2 - SLU - Vento ponte scarico	949	2063	0	0	3370
A2 - SLU - N max gr.1	1294	2539	0	0	5431
A2 - SLU - MT max gr.1	1294	2539	0	0	5431
A2 - SLU - ML max gr.1	1294	2539	0	0	5431
A2 - SLU - N max gr.2	1294	2539	0	0	5431
A2 - SLU - MT max gr.2	1294	2539	0	0	5431
A2 - SLU - ML max gr.2	1294	2539	0	0	5431
A2 - SLU - N max gr.3	1294	2539	0	0	5431
A2 - SLU - MT max gr.3	1294	2539	0	0	5431
A2 - SLU - ML max gr.3	1294	2539	0	0	5431
A2 - SLU - Vento ponte scarico	949	1587	0	0	2592
A1 - SLU - N max gr.1	1687	3498	0	0	7221
A1 - SLU - MT max gr.1	1687	3498	0	0	7221
A1 - SLU - ML max gr.1	1687	3498	0	0	7221
A1 - SLU - N max gr.2	1687	3498	0	0	7221
A1 - SLU - MT max gr.2	1687	3498	0	0	7221
A1 - SLU - ML max gr.2	1687	3498	0	0	7221
A1 - SLU - N max gr.3	1687	3498	0	0	7221
A1 - SLU - MT max gr.3	1687	3498	0	0	7221
A1 - SLU - ML max gr.3	1687	3498	0	0	7221
A1 - SLU - Vento ponte scarico	1687	3498	0	0	7221
A1 - SLU - N max gr.1	1354	2704	0	0	5925
A1 - SLU - MT max gr.1	1354	2704	0	0	5925
A1 - SLU - ML max gr.1	1354	2704	0	0	5925
A1 - SLU - N max gr.2	1354	2704	0	0	5925
A1 - SLU - MT max gr.2	1354	2704	0	0	5925
A1 - SLU - ML max gr.2	1354	2704	0	0	5925
A1 - SLU - N max gr.3	1354	2704	0	0	5925
A1 - SLU - MT max gr.3	1354	2704	0	0	5925
A1 - SLU - ML max gr.3	1354	2704	0	0	5925
A1 - SLU - Vento ponte scarico	949	1587	0	0	2592

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 30 di 65</p>
--	---

SLE Rara - N max gr.1	1249	2415	0	0	5061
SLE Rara - MT max gr.1	1249	2415	0	0	5061
SLE Rara - ML max gr.1	1249	2415	0	0	5061
SLE Rara - N max gr.2	1249	2415	0	0	5061
SLE Rara - MT max gr.2	1249	2415	0	0	5061
SLE Rara - ML max gr.2	1249	2415	0	0	5061
SLE Rara - N max gr.3	1249	2415	0	0	5061
SLE Rara - MT max gr.3	1249	2415	0	0	5061
SLE Rara - ML max gr.3	1249	2415	0	0	5061
SLE Rara - Vento ponte scarico	949	1587	0	0	2592
SLE Freq. - N max gr.1	1174	2208	0	0	4444
SLE Freq. - MT max gr.1	1174	2208	0	0	4444
SLE Freq. - ML max gr.1	1174	2208	0	0	4444
SLE Freq. - N max gr.2	1174	2208	0	0	4444
SLE Freq. - MT max gr.2	1174	2208	0	0	4444
SLE Freq. - ML max gr.2	1174	2208	0	0	4444
SLE Freq. - N max gr.3	1174	2208	0	0	4444
SLE Freq. - MT max gr.3	1174	2208	0	0	4444
SLE Freq. - ML max gr.3	1174	2208	0	0	4444
SLE Freq. - Vento ponte scarico	949	1587	0	0	2592
SLE Q.P. - ML max gr.3	949	1587	0	0	2592
SLV -dir.X 1	1020	3486	21	50	7333
SLV -dir.X 2	999	3486	21	50	7333
SLV -dir.Y 1	1020	2273	68	167	4360
SLV -dir.Y 2	999	2273	68	167	4360
SLV -dir.Z+	1044	2273	21	50	4360
SLV -dir.Z-	975	2273	21	50	4360

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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 31 di 65
--	--

#### 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	18465	13589	915	9800	53687
A2 - SLU - MT max gr.1	17707	13589	915	18693	53649
A2 - SLU - ML max gr.1	15450	13589	915	8079	53536
A2 - SLU - N max gr.2	17711	14486	915	9370	63543
A2 - SLU - MT max gr.2	17143	14624	915	16040	65037
A2 - SLU - ML max gr.2	15450	13589	915	8079	53536
A2 - SLU - N max gr.3	17711	13589	1046	10816	53649
A2 - SLU - MT max gr.3	17143	13589	1046	17486	53621
A2 - SLU - ML max gr.3	15450	13589	915	8079	53536
A2 - SLU - Vento ponte scarico	15450	11793	893	8377	43511
A2 - SLU - N max gr.1	17835	10867	839	9306	43434
A2 - SLU - MT max gr.1	17077	10867	839	18199	43396
A2 - SLU - ML max gr.1	14820	10867	839	7586	43283
A2 - SLU - N max gr.2	17081	11764	839	8876	53290
A2 - SLU - MT max gr.2	16513	11902	839	15546	54784
A2 - SLU - ML max gr.2	14820	10867	839	7586	43283
A2 - SLU - N max gr.3	17081	10867	970	10322	43396
A2 - SLU - MT max gr.3	16513	10867	970	16992	43367
A2 - SLU - ML max gr.3	14820	10867	839	7586	43283
A2 - SLU - Vento ponte scarico	14820	9071	818	7883	33258
A1 - SLU - N max gr.1	23861	15715	1058	11358	61970
A1 - SLU - MT max gr.1	22971	15715	1058	21798	61925
A1 - SLU - ML max gr.1	20323	15715	1058	9338	61793
A1 - SLU - N max gr.2	22976	16768	1058	10853	73540
A1 - SLU - MT max gr.2	22309	16930	1058	18683	75294
A1 - SLU - ML max gr.2	20323	15715	1058	9338	61793
A1 - SLU - N max gr.3	22976	15715	1212	12550	61926
A1 - SLU - MT max gr.3	22309	15715	1212	20380	61892
A1 - SLU - ML max gr.3	20323	15715	1058	9338	61793
A1 - SLU - Vento ponte scarico	20323	15715	1170	10579	61793
A1 - SLU - N max gr.1	18359	11180	932	10535	45203
A1 - SLU - MT max gr.1	17469	11180	932	20975	45159
A1 - SLU - ML max gr.1	14820	11180	932	8515	45026
A1 - SLU - N max gr.2	17474	12233	932	10030	56774
A1 - SLU - MT max gr.2	17474	12233	932	10030	56774
A1 - SLU - ML max gr.2	16807	12395	932	17860	58527
A1 - SLU - N max gr.3	14820	11180	932	8515	45026
A1 - SLU - MT max gr.3	17474	11180	1086	11727	45159
A1 - SLU - ML max gr.3	16807	11180	1086	19557	45126
A1 - SLU - Vento ponte scarico	14820	9211	932	8515	34171

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 32 di 65</p>
--	---

SLE Rara - N max gr.1	14820	10530	905	8843	41299
SLE Rara - MT max gr.1	17441	10633	716	7789	42106
SLE Rara - ML max gr.1	16782	10633	716	15522	42073
SLE Rara - N max gr.2	14820	10633	716	6293	41975
SLE Rara - MT max gr.2	16786	11413	716	7415	50677
SLE Rara - ML max gr.2	16292	11533	716	13215	51976
SLE Rara - N max gr.3	14820	10633	716	6293	41975
SLE Rara - MT max gr.3	16786	10633	830	8672	42074
SLE Rara - ML max gr.3	16292	10633	830	14472	42049
SLE Rara - Vento ponte scarico	14820	9175	716	6293	33934
SLE Freq. - N max gr.1	16786	10243	330	3275	39894
SLE Freq. - MT max gr.1	16292	10243	330	9075	39869
SLE Freq. - ML max gr.1	14820	10243	330	2153	39796
SLE Freq. - N max gr.2	16295	10828	330	2995	46322
SLE Freq. - MT max gr.2	15924	10918	330	7344	47296
SLE Freq. - ML max gr.2	14820	10243	330	2153	39796
SLE Freq. - N max gr.3	16295	10243	415	3938	39870
SLE Freq. - MT max gr.3	15924	10243	415	8288	39851
SLE Freq. - ML max gr.3	14820	10243	330	2153	39796
SLE Freq. - Vento ponte scarico	14820	9071	339	2605	33258
SLE Q.P. - ML max gr.3	14820	10633	356	2322	41975
SLV -dir.X_1	14980	18165	594	4337	100035
SLV -dir.X_2	14660	18165	594	4337	100053
SLV -dir.Y_1	15373	12198	1368	12400	56510
SLV -dir.Y_2	15053	12198	1368	12400	56528
SLV -dir.Z+	15878	12174	617	4888	56232
SLV -dir.Z-	14811	12174	617	4888	56290

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 – 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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 33 di 65
--	--

#### 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	91660	19755	915	12087	104080
A2 - SLU - MT max gr.1	90902	19755	915	20980	100518
A2 - SLU - ML max gr.1	88645	19755	915	10366	89913
A2 - SLU - N max gr.2	90906	20652	915	11657	112675
A2 - SLU - MT max gr.2	90338	20790	915	18326	111870
A2 - SLU - ML max gr.2	88645	19755	915	10366	89913
A2 - SLU - N max gr.3	90906	19755	1046	13430	100538
A2 - SLU - MT max gr.3	90338	19755	1046	20100	97867
A2 - SLU - ML max gr.3	88645	19755	915	10366	89913
A2 - SLU - Vento ponte scanico	85134	17579	893	10609	80787
A2 - SLU - N max gr.1	80713	15698	839	11404	95734
A2 - SLU - MT max gr.1	79955	15698	839	20297	92172
A2 - SLU - ML max gr.1	77699	15698	839	9683	81568
A2 - SLU - N max gr.2	79959	16595	839	10974	104329
A2 - SLU - MT max gr.2	79391	16733	839	17644	103525
A2 - SLU - ML max gr.2	77699	15698	839	9683	81568
A2 - SLU - N max gr.3	79959	15698	970	12748	92193
A2 - SLU - MT max gr.3	79391	15698	970	19418	89521
A2 - SLU - ML max gr.3	77699	15698	839	9683	81568
A2 - SLU - Vento ponte scanico	74187	13522	818	9927	72442
A1 - SLU - N max gr.1	113287	22838	1058	14002	129312
A1 - SLU - MT max gr.1	112397	22838	1058	24442	125131
A1 - SLU - ML max gr.1	109748	22838	1058	11982	112682
A1 - SLU - N max gr.2	112402	23891	1058	13497	139402
A1 - SLU - MT max gr.2	111735	24053	1058	21327	138458
A1 - SLU - ML max gr.2	109748	22838	1058	11982	112682
A1 - SLU - N max gr.3	112402	22838	1212	15580	125155
A1 - SLU - MT max gr.3	111735	22838	1212	23409	122019
A1 - SLU - ML max gr.3	109748	22838	1058	11982	112682
A1 - SLU - Vento ponte scanico	109748	22838	1170	13504	112682
A1 - SLU - N max gr.1	81848	16077	932	12865	99785
A1 - SLU - MT max gr.1	80958	16077	932	23304	95604
A1 - SLU - ML max gr.1	78310	16077	932	10845	83155
A1 - SLU - N max gr.2	80963	17130	932	12360	109875
A1 - SLU - MT max gr.2	80963	17130	932	12360	109875
A1 - SLU - ML max gr.2	80296	17292	932	20189	108930
A1 - SLU - N max gr.3	78310	16077	932	10845	83155
A1 - SLU - MT max gr.3	80963	16077	1086	14442	95627
A1 - SLU - ML max gr.3	80296	16077	1086	22272	92491
A1 - SLU - Vento ponte scanico	74187	13662	932	10845	73705

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 34 di 65</p>
--	---

SLE Rara - N max gr.1	77241	15311	905	11104	79442
SLE Rara - MT max gr.1	79862	15415	716	9578	92696
SLE Rara - ML max gr.1	79203	15415	716	17311	89599
SLE Rara - N max gr.2	77241	15415	716	8082	80377
SLE Rara - MT max gr.2	79207	16195	716	9204	100170
SLE Rara - ML max gr.2	78712	16315	716	15004	99470
SLE Rara - N max gr.3	77241	15415	716	8082	80377
SLE Rara - MT max gr.3	79207	15415	830	10746	89616
SLE Rara - ML max gr.3	78712	15415	830	16546	87293
SLE Rara - Vento ponte scarico	74187	13626	716	8082	73377
SLE Freq. - N max gr.1	78443	14942	330	4099	87632
SLE Freq. - MT max gr.1	77949	14942	330	9899	85309
SLE Freq. - ML max gr.1	76477	14942	330	2977	78393
SLE Freq. - N max gr.2	77952	15527	330	3819	93238
SLE Freq. - MT max gr.2	77581	15617	330	8169	92713
SLE Freq. - ML max gr.2	76477	14942	330	2977	78393
SLE Freq. - N max gr.3	77952	14942	415	4976	85323
SLE Freq. - MT max gr.3	77581	14942	415	9326	83580
SLE Freq. - ML max gr.3	76477	14942	330	2977	78393
SLE Freq. - Vento ponte scarico	74187	13522	339	3453	72442
SLE Q.P. - ML max gr.3	77241	15415	356	3211	80377
SLV -dir.X_1	75599	25983	2120	15910	173798
SLV -dir.X_2	73997	25983	2120	15910	173575
SLV -dir.Y_1	75992	17706	6455	49441	108317
SLV -dir.Y_2	74389	17706	6455	49441	108094
SLV -dir.Z+	77993	17682	2143	16518	108872
SLV -dir.Z-	72652	17682	2143	16518	108129

Tabella 4.5 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione.

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 35 di 65
--	--

#### 4.7.4 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
Al - SLU - N max gr.1	113287	22838	1058	14002	129312	7031	2409	953
Al - SLU - MT max gr.1	112397	22838	1058	24442	125131	7040	2326	953
Al - SLU - ML max gr.1	109748	22838	1058	11982	112682	6584	2562	953
Al - SLU - N max gr.2	112402	23891	1058	13497	139402	7157	2210	996
Al - SLU - MT max gr.2	111735	24053	1058	21327	138458	7200	2111	1003
Al - SLU - ML max gr.2	109748	22838	1058	11982	112682	6584	2562	953
Al - SLU - N max gr.3	112402	22838	1212	15580	125155	6942	2424	953
Al - SLU - MT max gr.3	111735	22838	1212	23409	122019	6949	2362	953
Al - SLU - ML max gr.3	109748	22838	1058	11982	112682	6584	2562	953
Al - SLU - Vento ponte scarico	109748	22838	1170	13504	112682	6601	2545	953
Al - SLU - N max gr.1	81848	16077	932	12865	99785	5216	1604	671
Al - SLU - MT max gr.1	80958	16077	932	23304	95604	5226	1521	671
Al - SLU - ML max gr.1	78310	16077	932	10845	83155	4769	1756	671
Al - SLU - N max gr.2	80963	17130	932	12360	109875	5342	1405	715
Al - SLU - MT max gr.2	80963	17130	932	12360	109875	5342	1405	715
Al - SLU - ML max gr.2	80296	17292	932	20189	108930	5386	1306	722
Al - SLU - N max gr.3	78310	16077	932	10845	83155	4769	1756	671
Al - SLU - MT max gr.3	80963	16077	1086	14442	95627	5128	1619	671
Al - SLU - ML max gr.3	80296	16077	1086	22272	92491	5135	1557	671
Al - SLU - Vento ponte scarico	74187	13662	932	10845	73705	4440	1742	571
						7200	1306	1003

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

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV -dir.X 1	75599	25983	2120	15910	173798	6223	77	1086
SLV -dir.X 2	73997	25983	2120	15910	173575	6153	14	1086
SLV -dir.Y 1	75992	17706	6455	49441	108317	5521	812	785
SLV -dir.Y 2	74389	17706	6455	49441	108094	5450	749	785
SLV -dir.Z+	77993	17682	2143	16518	108872	5248	1252	742
SLV -dir.Z-	72652	17682	2143	16518	108129	5013	1041	742
						6223	14	1086

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

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE Rara - N max gr.1	77241	15311	905	11104	79442	4666	1771	639
SLE Rara - MT max gr.1	79862	15415	716	9578	92696	4979	1676	643
SLE Rara - ML max gr.1	79203	15415	716	17311	89599	4986	1614	643
SLE Rara - N max gr.2	77241	15415	716	8082	80377	4648	1789	643
SLE Rara - MT max gr.2	79207	16195	716	9204	100170	5072	1529	675
SLE Rara - ML max gr.2	78712	16315	716	15004	99470	5104	1455	680
SLE Rara - N max gr.3	77241	15415	716	8082	80377	4648	1789	643
SLE Rara - MT max gr.3	79207	15415	830	10746	89616	4913	1687	643
SLE Rara - ML max gr.3	78712	15415	830	16546	87293	4918	1641	643
SLE Rara - Vento ponte scarico	74187	13626	716	8082	73377	4404	1778	569
						5104	1455	680

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

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. 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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 36 di 65</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)

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 37 di 65
--	--

#### 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 0.5x15.50 m

Armatura verticale

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

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

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 14/20$

$A's = \phi 12/20$

La verifica a taglio è soddisfatta come elemento non armato a taglio. Si prevede comunque un minimo di armatura a taglio costituita da spilli  $9\phi 8/m^2$

#### 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	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1^* \beta 2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1^* \beta 2$ :	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	1550.0

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 38 di 65
---	--

3	50.0	1550.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	8.3	8.3	16
2	8.3	1541.7	16
3	41.7	1541.7	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	152	22
2	3	4	76	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	1687.00	0.00	7221.00	0.00	3498.00
2	1687.00	0.00	7221.00	0.00	3498.00
3	1687.00	0.00	7221.00	0.00	3498.00
4	1687.00	0.00	7221.00	0.00	3498.00
5	1687.00	0.00	7221.00	0.00	3498.00
6	1687.00	0.00	7221.00	0.00	3498.00
7	1687.00	0.00	7221.00	0.00	3498.00
8	1687.00	0.00	7221.00	0.00	3498.00
9	1687.00	0.00	7221.00	0.00	3498.00
10	1687.00	0.00	7221.00	0.00	3498.00
11	1354.00	0.00	5925.00	0.00	2704.00
12	1354.00	0.00	5925.00	0.00	2704.00
13	1354.00	0.00	5925.00	0.00	2704.00
14	1354.00	0.00	5925.00	0.00	2704.00
15	1354.00	0.00	5925.00	0.00	2704.00
16	1354.00	0.00	5925.00	0.00	2704.00
17	1354.00	0.00	5925.00	0.00	2704.00
18	1354.00	0.00	5925.00	0.00	2704.00
19	1354.00	0.00	5925.00	0.00	2704.00
20	949.00	0.00	2592.00	0.00	1587.00
21	1020.00	50.00	7333.00	21.00	3486.00
22	999.00	50.00	7333.00	21.00	3486.00
23	1020.00	167.00	4360.00	68.00	2273.00

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 39 di 65
--	--

24	999.00	167.00	4360.00	68.00	2273.00
25	1044.00	50.00	4360.00	21.00	2273.00
26	975.00	50.00	4360.00	21.00	2273.00

#### 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	1249.00	0.00	5061.00
2	1249.00	0.00	5061.00
3	1249.00	0.00	5061.00
4	1249.00	0.00	5061.00
5	1249.00	0.00	5061.00
6	1249.00	0.00	5061.00
7	1249.00	0.00	5061.00
8	1249.00	0.00	5061.00
9	1249.00	0.00	5061.00
10	949.00	0.00	2592.00

#### 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	1174.00	0.00 (0.00)	4444.00 (2541.84)
2	1174.00	0.00 (0.00)	4444.00 (2541.84)
3	1174.00	0.00 (0.00)	4444.00 (2541.84)
4	1174.00	0.00 (0.00)	4444.00 (2541.84)
5	1174.00	0.00 (0.00)	4444.00 (2541.84)
6	1174.00	0.00 (0.00)	4444.00 (2541.84)
7	1174.00	0.00 (0.00)	4444.00 (2541.84)
8	1174.00	0.00 (0.00)	4444.00 (2541.84)
9	1174.00	0.00 (0.00)	4444.00 (2541.84)
10	949.00	0.00 (0.00)	2592.00 (2562.82)

#### 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 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	949.00	0.00 (0.00)	2592.00 (2562.82)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 40 di 65
---	--

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 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	1687.00	0.00	7221.00	1687.20	0.01	8860.47	1.23581.8(138.8)		
2 S	1687.00	0.00	7221.00	1687.20	0.01	8860.47	1.23581.8(138.8)		
3 S	1687.00	0.00	7221.00	1687.20	0.01	8860.47	1.23581.8(138.8)		
4 S	1687.00	0.00	7221.00	1687.20	0.01	8860.47	1.23581.8(138.8)		
5 S	1687.00	0.00	7221.00	1687.20	0.01	8860.47	1.23581.8(138.8)		
6 S	1687.00	0.00	7221.00	1687.20	0.01	8860.47	1.23581.8(138.8)		
7 S	1687.00	0.00	7221.00	1687.20	0.01	8860.47	1.23581.8(138.8)		
8 S	1687.00	0.00	7221.00	1687.20	0.01	8860.47	1.23581.8(138.8)		
9 S	1687.00	0.00	7221.00	1687.20	0.01	8860.47	1.23581.8(138.8)		
10S	1687.00	0.00	7221.00	1687.20	0.01	8860.47	1.23581.8(138.8)		
11S	1354.00	0.00	5925.00	1354.23	0.02	8804.75	1.48581.8(138.8)		
12S	1354.00	0.00	5925.00	1354.23	0.02	8804.75	1.48581.8(138.8)		
13S	1354.00	0.00	5925.00	1354.23	0.02	8804.75	1.48581.8(138.8)		
14S	1354.00	0.00	5925.00	1354.23	0.02	8804.75	1.48581.8(138.8)		
15S	1354.00	0.00	5925.00	1354.23	0.02	8804.75	1.48581.8(138.8)		
16S	1354.00	0.00	5925.00	1354.23	0.02	8804.75	1.48581.8(138.8)		
17S	1354.00	0.00	5925.00	1354.23	0.02	8804.75	1.48581.8(138.8)		
18S	1354.00	0.00	5925.00	1354.23	0.02	8804.75	1.48581.8(138.8)		
19S	1354.00	0.00	5925.00	1354.23	0.02	8804.75	1.48581.8(138.8)		
20S	949.00	0.00	2592.00	949.26	0.04	8736.95	3.36581.8(138.8)		
21S	1020.00	50.00	7333.00	1019.88	35.85	8751.50	1.19581.8(138.8)		

<b>ANAS S.p.A.</b> <b>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 41 di 65
---	--

22S	999.00	50.00	7333.00	999.17	36.58	8748.09	1.19581.8(138.8)
23S	1020.00	167.00	4360.00	1020.21	318.36	8773.20	2.01581.8(138.8)
24S	999.00	167.00	4360.00	998.88	325.24	8770.14	2.01581.8(138.8)
25S	1044.00	50.00	4360.00	1044.08	78.86	8758.84	2.01581.8(138.8)
26S	975.00	50.00	4360.00	974.88	85.65	8747.75	2.00581.8(138.8)

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

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	0.233	50.0	1550.0	0.00050	41.7	1541.7	-0.01155	8.3	8.3
2	0.00350	0.233	50.0	1550.0	0.00050	41.7	1541.7	-0.01155	8.3	8.3
3	0.00350	0.233	50.0	1550.0	0.00050	41.7	1541.7	-0.01155	8.3	8.3
4	0.00350	0.233	50.0	1550.0	0.00050	41.7	1541.7	-0.01155	8.3	8.3
5	0.00350	0.233	50.0	1550.0	0.00050	41.7	1541.7	-0.01155	8.3	8.3
6	0.00350	0.233	50.0	1550.0	0.00050	41.7	1541.7	-0.01155	8.3	8.3
7	0.00350	0.233	50.0	1550.0	0.00050	41.7	1541.7	-0.01155	8.3	8.3
8	0.00350	0.233	50.0	1550.0	0.00050	41.7	1541.7	-0.01155	8.3	8.3
9	0.00350	0.233	50.0	1550.0	0.00050	41.7	1541.7	-0.01155	8.3	8.3
10	0.00350	0.233	50.0	1550.0	0.00050	41.7	1541.7	-0.01155	8.3	8.3
11	0.00350	0.230	50.0	1550.0	0.00048	41.7	1541.7	-0.01169	8.3	8.3
12	0.00350	0.230	50.0	1550.0	0.00048	41.7	1541.7	-0.01169	8.3	8.3
13	0.00350	0.230	50.0	1550.0	0.00048	41.7	1541.7	-0.01169	8.3	8.3
14	0.00350	0.230	50.0	1550.0	0.00048	41.7	1541.7	-0.01169	8.3	8.3
15	0.00350	0.230	50.0	1550.0	0.00048	41.7	1541.7	-0.01169	8.3	8.3
16	0.00350	0.230	50.0	1550.0	0.00048	41.7	1541.7	-0.01169	8.3	8.3
17	0.00350	0.230	50.0	1550.0	0.00048	41.7	1541.7	-0.01169	8.3	8.3
18	0.00350	0.230	50.0	1550.0	0.00048	41.7	1541.7	-0.01169	8.3	8.3
19	0.00350	0.230	50.0	1550.0	0.00048	41.7	1541.7	-0.01169	8.3	8.3
20	0.00350	0.228	50.0	1550.0	0.00044	41.7	1541.7	-0.01186	8.3	8.3
21	0.00350	0.228	50.0	1550.0	0.00045	41.7	1541.7	-0.01183	8.3	8.3
22	0.00350	0.228	50.0	1550.0	0.00045	41.7	1541.7	-0.01184	8.3	8.3
23	0.00350	0.228	50.0	1550.0	0.00046	41.7	1541.7	-0.01185	8.3	8.3
24	0.00350	0.228	50.0	1550.0	0.00046	41.7	1541.7	-0.01186	8.3	8.3
25	0.00350	0.228	50.0	1550.0	0.00045	41.7	1541.7	-0.01183	8.3	8.3
26	0.00350	0.228	50.0	1550.0	0.00045	41.7	1541.7	-0.01185	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	0.000360942	0.000000000	-0.014547096	0.233	0.731

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 42 di 65
---	--

2	0.000360942	0.000000000	-0.014547096	0.233	0.731
3	0.000360942	0.000000000	-0.014547096	0.233	0.731
4	0.000360942	0.000000000	-0.014547096	0.233	0.731
5	0.000360942	0.000000000	-0.014547096	0.233	0.731
6	0.000360942	0.000000000	-0.014547096	0.233	0.731
7	0.000360942	0.000000000	-0.014547096	0.233	0.731
8	0.000360942	0.000000000	-0.014547096	0.233	0.731
9	0.000360942	0.000000000	-0.014547096	0.233	0.731
10	0.000360942	0.000000000	-0.014547096	0.233	0.731
11	0.000364311	0.000000000	-0.014715563	0.230	0.728
12	0.000364311	0.000000000	-0.014715563	0.230	0.728
13	0.000364311	0.000000000	-0.014715563	0.230	0.728
14	0.000364311	0.000000000	-0.014715563	0.230	0.728
15	0.000364311	0.000000000	-0.014715563	0.230	0.728
16	0.000364311	0.000000000	-0.014715563	0.230	0.728
17	0.000364311	0.000000000	-0.014715563	0.230	0.728
18	0.000364311	0.000000000	-0.014715563	0.230	0.728
19	0.000364311	0.000000000	-0.014715563	0.230	0.728
20	0.000368341	0.000000000	-0.014917039	0.228	0.725
21	0.000367482	0.000000006	-0.014882910	0.228	0.725
22	0.000367683	0.000000006	-0.014893157	0.228	0.725
23	0.000366210	0.000000050	-0.014888742	0.228	0.725
24	0.000366388	0.000000052	-0.014899364	0.228	0.725
25	0.000367049	0.000000013	-0.014871849	0.228	0.725
26	0.000367702	0.000000014	-0.014906142	0.228	0.725

#### 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	3498.00	4284.93	41.7	1550.0	0.0090	0.22
2	S	3498.00	4284.93	41.7	1550.0	0.0090	0.22
3	S	3498.00	4284.93	41.7	1550.0	0.0090	0.22
4	S	3498.00	4284.93	41.7	1550.0	0.0090	0.22
5	S	3498.00	4284.93	41.7	1550.0	0.0090	0.22
6	S	3498.00	4284.93	41.7	1550.0	0.0090	0.22
7	S	3498.00	4284.93	41.7	1550.0	0.0090	0.22
8	S	3498.00	4284.93	41.7	1550.0	0.0090	0.22
9	S	3498.00	4284.93	41.7	1550.0	0.0090	0.22
10	S	3498.00	4284.93	41.7	1550.0	0.0090	0.22
11	S	2704.00	4243.27	41.7	1550.0	0.0090	0.17
12	S	2704.00	4243.27	41.7	1550.0	0.0090	0.17
13	S	2704.00	4243.27	41.7	1550.0	0.0090	0.17
14	S	2704.00	4243.27	41.7	1550.0	0.0090	0.17
15	S	2704.00	4243.27	41.7	1550.0	0.0090	0.17
16	S	2704.00	4243.27	41.7	1550.0	0.0090	0.17
17	S	2704.00	4243.27	41.7	1550.0	0.0090	0.17
18	S	2704.00	4243.27	41.7	1550.0	0.0090	0.17
19	S	2704.00	4243.27	41.7	1550.0	0.0090	0.17
20	S	1587.00	4192.61	41.7	1550.0	0.0090	0.12
21	S	3486.00	4201.49	41.7	1550.0	0.0090	0.13
22	S	3486.00	4198.86	41.7	1550.0	0.0090	0.13
23	S	2273.01	4201.50	41.7	1550.0	0.0090	0.13
24	S	2273.01	4198.88	41.7	1550.0	0.0090	0.13

<b>ANAS S.p.A.</b> <b>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 43 di 65
---	--

25	S	2273.00	4204.50	41.7	1550.0	0.0090	0.13
26	S	2273.00	4195.86	41.7	1550.0	0.0090	0.13

#### 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	10.35	50.0	0.0	-230.9	8.3	1541.7	17050	581.8
2	S	10.35	50.0	0.0	-230.9	8.3	1541.7	17050	581.8
3	S	10.35	50.0	0.0	-230.9	8.3	1541.7	17050	581.8
4	S	10.35	50.0	0.0	-230.9	8.3	1541.7	17050	581.8
5	S	10.35	50.0	0.0	-230.9	8.3	1541.7	17050	581.8
6	S	10.35	50.0	0.0	-230.9	8.3	1541.7	17050	581.8
7	S	10.35	50.0	0.0	-230.9	8.3	1541.7	17050	581.8
8	S	10.35	50.0	0.0	-230.9	8.3	1541.7	17050	581.8
9	S	10.35	50.0	0.0	-230.9	8.3	1541.7	17050	581.8
10	S	5.33	50.0	0.0	-115.7	8.3	1541.7	17050	581.8

#### 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	9.10	50.0	0.0	-202.1	8.3	1541.7	17050	581.8
2	S	9.10	50.0	0.0	-202.1	8.3	1541.7	17050	581.8
3	S	9.10	50.0	0.0	-202.1	8.3	1541.7	17050	581.8
4	S	9.10	50.0	0.0	-202.1	8.3	1541.7	17050	581.8
5	S	9.10	50.0	0.0	-202.1	8.3	1541.7	17050	581.8
6	S	9.10	50.0	0.0	-202.1	8.3	1541.7	17050	581.8
7	S	9.10	50.0	0.0	-202.1	8.3	1541.7	17050	581.8
8	S	9.10	50.0	0.0	-202.1	8.3	1541.7	17050	581.8
9	S	9.10	50.0	0.0	-202.1	8.3	1541.7	17050	581.8
10	S	5.33	50.0	0.0	-115.7	8.3	1541.7	17050	581.8

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

Comb. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
------------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	----

<b>ANAS S.p.A.</b> <b>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 44 di 65
---	--

1	S	-0.00135	0	0.500	21.9	75	0.00068 (0.00061)	364	0.249
(0.30)	0.00	2541.84							
2	S	-0.00135	0	0.500	21.9	75	0.00068 (0.00061)	364	0.249
(0.30)	0.00	2541.84							
3	S	-0.00135	0	0.500	21.9	75	0.00068 (0.00061)	364	0.249
(0.30)	0.00	2541.84							
4	S	-0.00135	0	0.500	21.9	75	0.00068 (0.00061)	364	0.249
(0.30)	0.00	2541.84							
5	S	-0.00135	0	0.500	21.9	75	0.00068 (0.00061)	364	0.249
(0.30)	0.00	2541.84							
6	S	-0.00135	0	0.500	21.9	75	0.00068 (0.00061)	364	0.249
(0.30)	0.00	2541.84							
7	S	-0.00135	0	0.500	21.9	75	0.00068 (0.00061)	364	0.249
(0.30)	0.00	2541.84							
8	S	-0.00135	0	0.500	21.9	75	0.00068 (0.00061)	364	0.249
(0.30)	0.00	2541.84							
9	S	-0.00135	0	0.500	21.9	75	0.00068 (0.00061)	364	0.249
(0.30)	0.00	2541.84							
10	S	-0.00077	0	0.500	21.9	75	0.00035 (0.00035)	364	0.126
(0.30)	0.00	2562.82							

#### 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	5.33	50.0	0.0	-115.7	8.3	1541.7	17050	581.8

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

Comb. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
1	S	-0.00077	0	0.500	21.9	75	0.00036 (0.00035)	364	0.131		
(0.20)	0.00	2562.82									

#### 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 x14.00m

Armatura verticale

$A_s = \phi 26/10 + \phi 26/10$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 26/10$  (lato esterno)

Armatura orizzontale

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

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

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 45 di 65
--	--

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 9φ12/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
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	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	1400.0
3	210.0	1400.0
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	1391.0	26
3	201.0	1391.0	26
4	201.0	9.0	26
5	14.0	9.0	26
6	14.0	1391.0	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 46 di 65
---	--

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	138	26
2	3	4	138	26
3	5	6	138	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	23860.89	11357.68	61969.97	1057.85	15715.41
2	22971.24	21797.56	61925.49	1057.85	15715.41
3	20322.54	9337.74	61793.06	1057.85	15715.41
4	22976.30	10852.69	73540.34	1057.85	16768.41
5	22309.07	18682.61	75293.83	1057.85	16930.41
6	20322.54	9337.74	61793.06	1057.85	15715.41
7	22976.30	12550.21	61925.75	1211.75	15715.41
8	22309.07	20380.12	61892.38	1211.75	15715.41
9	20322.54	9337.74	61793.06	1057.85	15715.41
10	20322.54	10578.61	61793.06	1170.35	15715.41
11	18358.75	10534.90	45203.33	931.85	11179.68
12	17469.10	20974.78	45158.85	931.85	11179.68
13	14820.40	8514.96	45026.42	931.85	11179.68
14	17474.16	10029.91	56773.70	931.85	12232.68
15	17474.16	10029.91	56773.70	931.85	12232.68
16	16806.93	17859.83	58527.19	931.85	12394.68
17	14820.40	8514.96	45026.42	931.85	11179.68
18	17474.16	11727.43	45159.11	1085.75	11179.68
19	16806.93	19557.34	45125.74	1085.75	11179.68
20	14820.40	8514.96	34170.72	931.85	9211.29
21	14980.46	4337.49	100035.17	594.40	18164.60
22	14660.34	4337.49	100052.75	594.40	18164.60
23	15372.86	12400.36	56510.16	1367.79	12198.02
24	15052.74	12400.36	56527.75	1367.79	12198.02
25	15878.13	4888.22	56231.51	617.20	12174.02
26	14811.07	4888.22	56290.13	617.20	12174.02

#### 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
---------	---	----	----

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 47 di 65
---	--

1	14820.40	8842.64	41298.78
2	17441.40	7789.05	42106.27
3	16782.40	15522.30	42073.32
4	14820.40	6292.80	41975.22
5	16786.15	7414.99	50676.91
6	16291.90	13214.93	51975.80
7	14820.40	6292.80	41975.22
8	16786.15	8672.41	42073.51
9	16291.90	14472.35	42048.80
10	14820.40	6292.80	33933.97

#### 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	16786.15	3275.08 (4020.77)	39894.09 (48977.47)
2	16291.90	9075.02 (10765.55)	39869.37 (47296.43)
3	14820.40	2152.89 (2608.44)	39795.80 (48216.53)
4	16294.71	2994.53 (3082.43)	46322.06 (47681.68)
5	15924.03	7344.49 (7225.01)	47296.23 (46526.84)
6	14820.40	2152.89 (2608.44)	39795.80 (48216.53)
7	16294.71	3937.60 (4794.76)	39869.51 (48548.54)
8	15924.03	8287.55 (9836.26)	39850.98 (47297.99)
9	14820.40	2152.89 (2608.44)	39795.80 (48216.53)
10	14820.40	2605.17 (3882.65)	33257.52 (49565.84)

#### 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 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	14820.40	2322.00 (2644.14)	41975.22 (47798.64)

#### 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 $\geq 1.000$
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

<b>ANAS S.p.A.</b> <b>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 48 di 65
---	--

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	23860.89	11357.68	61969.97	23860.92	23983.89	132239.61	2.122229.9(882.0)	
2	S	22971.24	21797.56	61925.49	22971.29	45834.81	131156.47	2.102229.9(882.0)	
3	S	20322.54	9337.74	61793.06	20322.76	19792.71	129268.62	2.082229.9(882.0)	
4	S	22976.30	10852.69	73540.34	22976.22	19436.35	131544.82	1.782229.9(882.0)	
5	S	22309.07	18682.61	75293.83	22309.21	32180.34	130804.41	1.732229.9(882.0)	
6	S	20322.54	9337.74	61793.06	20322.76	19792.71	129268.62	2.082229.9(882.0)	
7	S	22976.30	12550.21	61925.75	22976.55	26269.44	131456.95	2.112229.9(882.0)	
8	S	22309.07	20380.12	61892.38	22309.14	43193.09	130638.17	2.102229.9(882.0)	
9	S	20322.54	9337.74	61793.06	20322.76	19792.71	129268.62	2.082229.9(882.0)	
10	S	20322.54	10578.61	61793.06	20322.74	21579.56	129245.91	2.082229.9(882.0)	
11	S	18358.75	10534.90	45203.33	18358.81	29747.42	127440.06	2.792229.9(882.0)	
12	S	17469.10	20974.78	45158.85	17469.00	58763.90	126234.19	2.772229.9(882.0)	
13	S	14820.40	8514.96	45026.42	14820.21	23096.03	124424.58	2.742229.9(882.0)	
14	S	17474.16	10029.91	56773.70	17473.99	22746.43	126758.33	2.222229.9(882.0)	
15	S	17474.16	10029.91	56773.70	17473.99	22746.43	126758.33	2.222229.9(882.0)	
16	S	16806.93	17859.83	58527.19	16807.10	37708.69	125982.98	2.142229.9(882.0)	
17	S	14820.40	8514.96	45026.42	14820.21	23096.03	124424.58	2.742229.9(882.0)	
18	S	17474.16	11727.43	45159.11	17474.25	32572.32	126635.45	2.782229.9(882.0)	
19	S	16806.93	19557.34	45125.74	16807.10	54446.14	125732.47	2.762229.9(882.0)	
20	S	14820.40	8514.96	34170.72	14820.13	30210.43	124340.62	3.592229.9(882.0)	
21	S	14980.46	4337.49	100035.17	14980.40	5568.40	124772.68	1.252229.9(882.0)	
22	S	14660.34	4337.49	100052.75	14660.38	5783.11	124485.90	1.242229.9(882.0)	
23	S	15372.86	12400.36	56510.16	15373.14	27110.78	124864.54	2.202229.9(882.0)	
24	S	15052.74	12400.36	56527.75	15052.92	27221.39	124580.39	2.192229.9(882.0)	
25	S	15878.13	4888.22	56231.51	15877.92	10686.06	125499.29	2.222229.9(882.0)	
26	S	14811.07	4888.22	56290.13	14810.95	11319.40	124548.81	2.202229.9(882.0)	

#### 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
1	0.00350	210.0	1400.0	0.00241	201.0	1391.0	-0.02139	9.0	9.0
2	0.00350	210.0	1400.0	0.00252	201.0	1391.0	-0.01931	9.0	9.0
3	0.00350	210.0	1400.0	0.00231	201.0	1391.0	-0.02354	9.0	9.0
4	0.00350	210.0	1400.0	0.00237	201.0	1391.0	-0.02234	9.0	9.0
5	0.00350	210.0	1400.0	0.00244	201.0	1391.0	-0.02105	9.0	9.0
6	0.00350	210.0	1400.0	0.00231	201.0	1391.0	-0.02354	9.0	9.0
7	0.00350	210.0	1400.0	0.00241	201.0	1391.0	-0.02148	9.0	9.0
8	0.00350	210.0	1400.0	0.00250	201.0	1391.0	-0.01981	9.0	9.0
9	0.00350	210.0	1400.0	0.00231	201.0	1391.0	-0.02354	9.0	9.0
10	0.00350	210.0	1400.0	0.00233	201.0	1391.0	-0.02329	9.0	9.0
11	0.00350	210.0	1400.0	0.00234	201.0	1391.0	-0.02304	9.0	9.0
12	0.00350	210.0	1400.0	0.00251	201.0	1391.0	-0.01983	9.0	9.0
13	0.00350	210.0	1400.0	0.00221	201.0	1391.0	-0.02588	9.0	9.0
14	0.00350	210.0	1400.0	0.00227	201.0	1391.0	-0.02454	9.0	9.0
15	0.00350	210.0	1400.0	0.00227	201.0	1391.0	-0.02454	9.0	9.0
16	0.00350	210.0	1400.0	0.00237	201.0	1391.0	-0.02261	9.0	9.0
17	0.00350	210.0	1400.0	0.00221	201.0	1391.0	-0.02588	9.0	9.0
18	0.00350	210.0	1400.0	0.00235	201.0	1391.0	-0.02303	9.0	9.0

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 49 di 65
---	--

19	0.00350	210.0	1400.0	0.00248	201.0	1391.0	-0.02053	9.0	9.0
20	0.00350	210.0	1400.0	0.00227	201.0	1391.0	-0.02465	9.0	9.0
21	0.00350	210.0	1400.0	0.00202	201.0	1391.0	-0.02970	9.0	9.0
22	0.00350	210.0	1400.0	0.00201	201.0	1391.0	-0.02990	9.0	9.0
23	0.00350	210.0	1400.0	0.00226	201.0	1391.0	-0.02489	9.0	9.0
24	0.00350	210.0	1400.0	0.00225	201.0	1391.0	-0.02504	9.0	9.0
25	0.00350	210.0	1400.0	0.00212	201.0	1391.0	-0.02764	9.0	9.0
26	0.00350	210.0	1400.0	0.00209	201.0	1391.0	-0.02818	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	0.000120045	0.000000544	-0.022470856	----	----
2	0.000107510	0.000000865	-0.020288568	----	----
3	0.000131354	0.000000459	-0.024726956	----	----
4	0.000125368	0.000000464	-0.023476902	----	----
5	0.000117493	0.000000668	-0.022108884	----	----
6	0.000131354	0.000000459	-0.024726956	----	----
7	0.000120295	0.000000578	-0.022571238	----	----
8	0.000110208	0.000000832	-0.020808490	----	----
9	0.000131354	0.000000459	-0.024726956	----	----
10	0.000129856	0.000000493	-0.024459754	----	----
11	0.000127746	0.000000624	-0.024199690	----	----
12	0.000108746	0.000001055	-0.020813977	----	----
13	0.000142770	0.000000491	-0.027169209	----	----
14	0.000136037	0.000000498	-0.025765108	----	----
15	0.000136037	0.000000498	-0.025765108	----	----
16	0.000124694	0.000000754	-0.023740996	----	----
17	0.000142770	0.000000491	-0.027169209	----	----
18	0.000127328	0.000000671	-0.024177713	----	----
19	0.000112628	0.000000999	-0.021551124	----	----
20	0.000135709	0.000000626	-0.025874748	----	----
21	0.000164542	0.000000095	-0.031186163	----	----
22	0.000165489	0.000000095	-0.031385397	----	----
23	0.000137319	0.000000569	-0.026132860	----	----
24	0.000138073	0.000000569	-0.026292678	----	----
25	0.000153148	0.000000253	-0.029015660	----	----
26	0.000155868	0.000000254	-0.029588519	----	----

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver            S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved            Taglio di progetto [kN] = proiezz. 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.[cm²/m]  
A.Eff          Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/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.

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 50 di 65
---	--

N°Comb bw	Ver Ctg	Ved Acw	Vcd Ast	Vwd A.Eff	d   z						
1	S	15720.04	90193.23	19523.06201.0	190.6	1399.7	2.500	1.043	84.3	104.7(0.0)	
2	S	15723.41	89895.07	19484.09200.9	190.2	1400.0	2.500	1.042	84.5	104.7(0.0)	
3	S	15719.01	89972.56	19596.33201.0	191.3	1399.6	2.500	1.037	84.0	104.7(0.0)	
4	S	16772.21	90176.24	19550.02201.0	190.8	1399.6	2.500	1.042	89.8	104.7(0.0)	
5	S	16936.15	89991.64	19530.75201.0	190.7	1399.7	2.500	1.040	90.8	104.7(0.0)	
6	S	15719.01	89972.56	19596.33201.0	191.3	1399.6	2.500	1.037	84.0	104.7(0.0)	
7	S	15721.05	90104.22	19533.50201.0	190.7	1399.7	2.500	1.042	84.3	104.7(0.0)	
8	S	15724.10	89877.54	19503.33201.0	190.4	1399.9	2.500	1.040	84.4	104.7(0.0)	
9	S	15719.01	89972.56	19596.33201.0	191.3	1399.6	2.500	1.037	84.0	104.7(0.0)	
10	S	15719.73	89954.65	19592.22201.0	191.3	1399.6	2.500	1.037	84.0	104.7(0.0)	
11	S	11184.10	89710.17	19605.22201.0	191.4	1399.7	2.500	1.033	59.7	104.7(0.0)	
12	S	11188.20	89271.83	19547.43201.0	190.8	1399.1	2.500	1.032	59.9	104.7(0.0)	
13	S	11182.82	89498.66	19682.12201.1	192.1	1399.6	2.500	1.027	59.5	104.7(0.0)	
14	S	12236.01	89719.07	19638.61201.0	191.7	1399.6	2.500	1.032	65.2	104.7(0.0)	
15	S	12236.01	89719.07	19638.61201.0	191.7	1399.6	2.500	1.032	65.2	104.7(0.0)	
16	S	12400.09	89502.29	19611.68201.0	191.4	1399.8	2.500	1.030	66.2	104.7(0.0)	
17	S	11182.82	89498.66	19682.12201.1	192.1	1399.6	2.500	1.027	59.5	104.7(0.0)	
18	S	11185.25	89607.54	19612.75201.0	191.5	1399.7	2.500	1.032	59.7	104.7(0.0)	
19	S	11188.88	89262.38	19569.09201.0	191.0	1399.1	2.500	1.030	59.9	104.7(0.0)	
20	S	9215.49	89417.02	19663.23201.0	191.9	1399.7	2.500	1.027	49.1	104.7(0.0)	
21	S	18164.93	89801.58	19735.73201.7	192.7	1400.1	2.500	1.027	96.4	104.7(0.0)	
22	S	18164.93	89773.36	19740.67201.7	192.7	1400.1	2.500	1.027	96.4	104.7(0.0)	
23	S	12203.58	89496.87	19662.06201.0	191.9	1399.6	2.500	1.028	65.0	104.7(0.0)	
24	S	12203.56	89470.30	19667.32201.0	192.0	1399.6	2.500	1.027	65.0	104.7(0.0)	
25	S	12175.03	89803.63	19701.89201.3	192.3	1400.3	2.500	1.029	64.7	104.7(0.0)	
26	S	12175.01	89706.34	19717.61201.5	192.5	1400.3	2.500	1.027	64.7	104.7(0.0)	

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

Ver  
Sc max

S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 51 di 65
---	--

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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                    Area barre [cm²] 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	5.14	210.0	1400.0	-118.6	9.0	9.0	44693	1486.6
2	S	5.24	210.0	1400.0	-114.1	9.0	9.0	44621	1486.6
3	S	5.45	210.0	1400.0	-119.2	9.0	9.0	44742	1486.6
4	S	5.14	210.0	1400.0	-120.0	9.0	9.0	44441	1486.6
5	S	6.17	210.0	1400.0	-147.8	9.0	9.0	44415	1486.6
6	S	6.48	210.0	1400.0	-156.7	9.0	9.0	44765	1486.6
7	S	5.14	210.0	1400.0	-120.0	9.0	9.0	44441	1486.6
8	S	5.25	210.0	1400.0	-116.1	9.0	9.0	44675	1486.6
9	S	5.41	210.0	1400.0	-120.0	9.0	9.0	44790	1486.6
10	S	4.24	210.0	1400.0	-89.9	9.0	9.0	44622	1486.6

**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	4.85	210.0	1400.0	-105.6	9.0	9.0	43567	1486.6
2	S	5.01	210.0	1400.0	-109.4	9.0	9.0	44719	1486.6
3	S	4.77	210.0	1400.0	-109.9	9.0	9.0	42476	1486.6
4	S	5.55	210.0	1400.0	-130.8	9.0	9.0	42993	1486.6
5	S	5.78	210.0	1400.0	-137.4	9.0	9.0	44477	1486.6
6	S	4.77	210.0	1400.0	-109.9	9.0	9.0	42476	1486.6
7	S	4.86	210.0	1400.0	-107.1	9.0	9.0	43893	1486.6
8	S	4.98	210.0	1400.0	-109.9	9.0	9.0	44679	1486.6
9	S	4.77	210.0	1400.0	-109.9	9.0	9.0	42476	1486.6
10	S	4.06	210.0	1400.0	-85.8	9.0	9.0	43474	1486.6

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

Comb. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
1	S	-0.00057	0	0.500	26.0	77	0.00032 (0.00032)	391	0.124		
(0.30)	4020.77	48977.47									
2	S	-0.00059	0	0.500	26.0	77	0.00033 (0.00033)	395	0.130		
(0.30)	10765.55	47296.43									
3	S	-0.00059	0	0.500	26.0	77	0.00033 (0.00033)	388	0.128		
(0.30)	2608.44	48216.53									
4	S	-0.00070	0	0.500	26.0	77	0.00039 (0.00039)	390	0.153		

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 52 di 65
---	--

(0.30)	3082.43	47681.68									
5	S	-0.00074	0	0.500	26.0	77	0.00041 (0.00041)	394	0.162		
(0.30)	7225.01	46526.84									
6	S	-0.00059	0	0.500	26.0	77	0.00033 (0.00033)	388	0.128		
(0.30)	2608.44	48216.53									
7	S	-0.00058	0	0.500	26.0	77	0.00032 (0.00032)	392	0.126		
(0.30)	4794.76	48548.54									
8	S	-0.00059	0	0.500	26.0	77	0.00033 (0.00033)	395	0.130		
(0.30)	9836.26	47297.99									
9	S	-0.00059	0	0.500	26.0	77	0.00033 (0.00033)	388	0.128		
(0.30)	2608.44	48216.53									
10	S	-0.00046	0	0.500	26.0	77	0.00026 (0.00026)	391	0.101		
(0.30)	3882.65	49565.84									

#### 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	5.02	210.0	1400.0	-118.2	9.0	9.0	42512	1486.6

#### 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
1	S	-0.00063	0	0.500	26.0	77	0.00038 (0.00035)	388	0.146		
(0.20)	2644.14	47798.64									

#### 4.8.3 Muro 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.

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 53 di 65</p>
--	---

Generali			
Altezza muro frontale	Hm	6.13	m
spessore muro andatore	ba	1.50	m
Altezza paraghiaia	Hp	4.9	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>11.03</b>	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	ba	<b>9.85</b>	m
Lunghezza lungo asse Y	Lm	14	m
Sovraccarico accidentale sul rilevato diffuso su Lm	q	20.0	kN/m <sup>2</sup>
Combinazione rara			
Spinta Terrapieno	S1	94.1	kPa
Spinta Sovraccarico q	S2	8.5	kPa
Combinazione sismica SLV			
Spinta sismica Terrapieno	S1	15.9	kPa
Spinta Sismica Sovraccarico q	S2	0.0	kPa
Inerzia terrapieno	S3	20.2	kPa
Inerzia muro	S4	2.7	kPa

Risultati:

Combinazioni S.L.U.			Combinazioni S.L.E.		
$M_x^+$	115	kNm/m	$M_x^+$	85	kNm/m
$M_x^-$	-1259	kNm/m	$M_x^-$	-932	kNm/m
$M_y^+$	293	kNm/m	$M_y^+$	217	kNm/m
$M_y^-$	-1976	kNm/m	$M_y^-$	-1464	kNm/m
$T_x^+$	436	kN/m			
$T_x^-$	-40	kN/m			
$T_y^+$	925	kN/m			
$T_y^-$	-40	kN/m			

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 54 di 65
--	--

<b>Combinazioni S.L.SISMA</b>		
<b>M+x</b>	176	kNm/m
<b>M-x</b>	-1867	kNm/m
<b>M+y</b>	317	kNm/m
<b>M-y</b>	-2410	kNm/m
<b>T+x</b>	615	kN/m
<b>T-x</b>	-57	kN/m
<b>T+y</b>	1072	kN/m
<b>T-y</b>	-56	kN/m

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 1.50x1.0m

Armatura verticale e orizzontale

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

$A'_s = \phi 26/20$  (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 11 $\phi$ 10/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
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

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 55 di 65
---	--

Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	150.0
3	50.0	150.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.0	9.0	26
2	-41.0	141.0	26
3	41.0	141.0	26
4	41.0	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	3	2	8	26
2	1	4	3	26

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm  
Passo staffe: 19.6 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	413.63	292.70	925.00
2	413.63	-1976.00	-40.00
3	413.63	317.00	1072.00
4	413.63	-2410.00	-57.00

#### 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	413.63	217.00	0.00

<b>ANAS S.p.A.</b> <b>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 56 di 65
---	--

2                      413.63                      -1464.00                      0.00

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:                      7.7    cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali:                      6.5    cm  
Copriferro netto minimo staffe:    6.7    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	413.63	292.70	413.58	1716.37		
6.02	79.6(45.0)						
2	S	413.63	-1976.00	413.59	-3086.88		
1.56	79.6(45.0)						
3	S	413.63	317.00	413.58	1716.37		
5.54	79.6(45.0)						
4	S	413.63	-2410.00	413.59	-3086.88		
1.28	79.6(45.0)						

## 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
1	0.00350	-50.0	150.0	0.00006	-41.0	141.0	-0.05047	-41.0	9.0
2	0.00350	-50.0	0.0	0.00103	-41.0	9.0	-0.03517	-41.0	141.0
3	0.00350	-50.0	150.0	0.00006	-41.0	141.0	-0.05047	-41.0	9.0
4	0.00350	-50.0	0.0	0.00103	-41.0	9.0	-0.03517	-41.0	141.0

## 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	0.000382760	-0.053914024	----	----
2	0.000000000	-0.000274226	0.003500000	----	----
3	0.000000000	0.000382760	-0.053914024	----	----



<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b></p>	<p>File:</p> <p>T00_VI03_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 58 di 65</p>
--	---

$N_{max} = 6223 \text{ kN}$  (CC. SLV)

$T_{max} = 1086 \text{ kN}$  (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  $45^\circ$  a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a  $0.2 d_p$  (con  $d_p$  altezza utile della sezione del plinto).

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

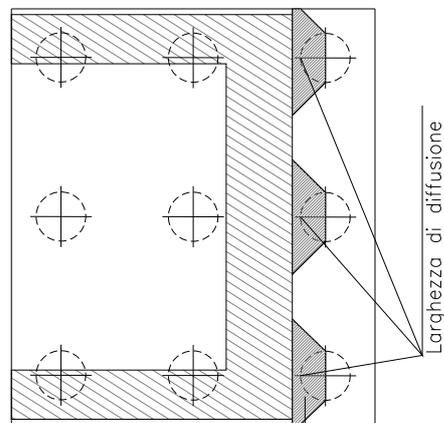
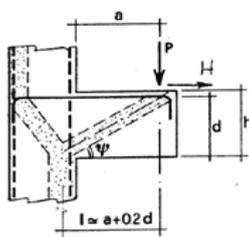


Figura 4.5. Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

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 ( $P_{Fn}, H_{Fn}$ )

$P_r$  : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica

$$P_r = P_{rs} = (A_s f_{sd} - H_{sd}) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \geq 1 (0.9d)$$

$P_r$  : 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  $\geq P_{Rs}$

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 59 di 65
--	--

**Dati di progetto**

b(m)=	2.50	m	dimensione trasversale verifica
P <sub>Ed</sub> (KN)=	7200.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub> (KN)=	1003.00	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 complessive in trazione
d(m)=	2.38	m	altezza utile
l(m)=	1.48	m	a+0,2d
λ =	0.69		λ=ctgψ≧l/(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</b>	<b>R1</b>						
n° R1=	1	φ1(mm) =	22.0	p1(cm) =	10.0	θ1° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	380.13	nb tot 1=	25.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	9503.31	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	9503.31
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
n° R2=	1	φ2(mm) =	22.0	p2(cm) =	10.0	θ2° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	380.13	nb tot 2=	25.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	9503.31	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	9503.31
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
n° R3=	0	φ3(mm) =	24.0	p3(cm) =	10.0	θ3° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	452.39	nb tot 3=	0.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00

**Verifiche di resistenza**

Ψ=	0.967	rad	=	55.43	°
P <sub>RS</sub> =	9329.3	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 \* α

α = 2.48 (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Ty,A [kN]
7200	2488	1003
1306	2488	1003
6223	2694	1086
14	2694	1086

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare φ120 cm

$A_s = 26+26 \phi 26$                       staffe  $\phi 12/20$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 28.00m$ .

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

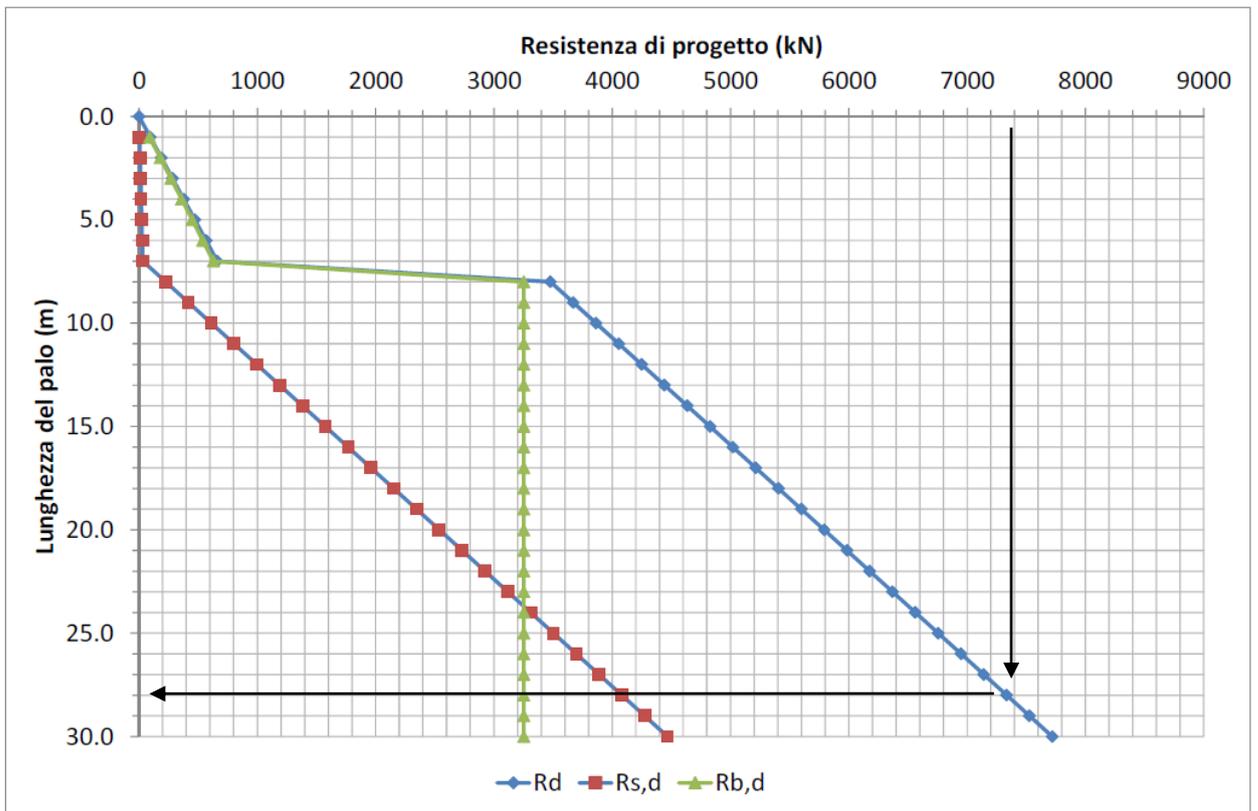
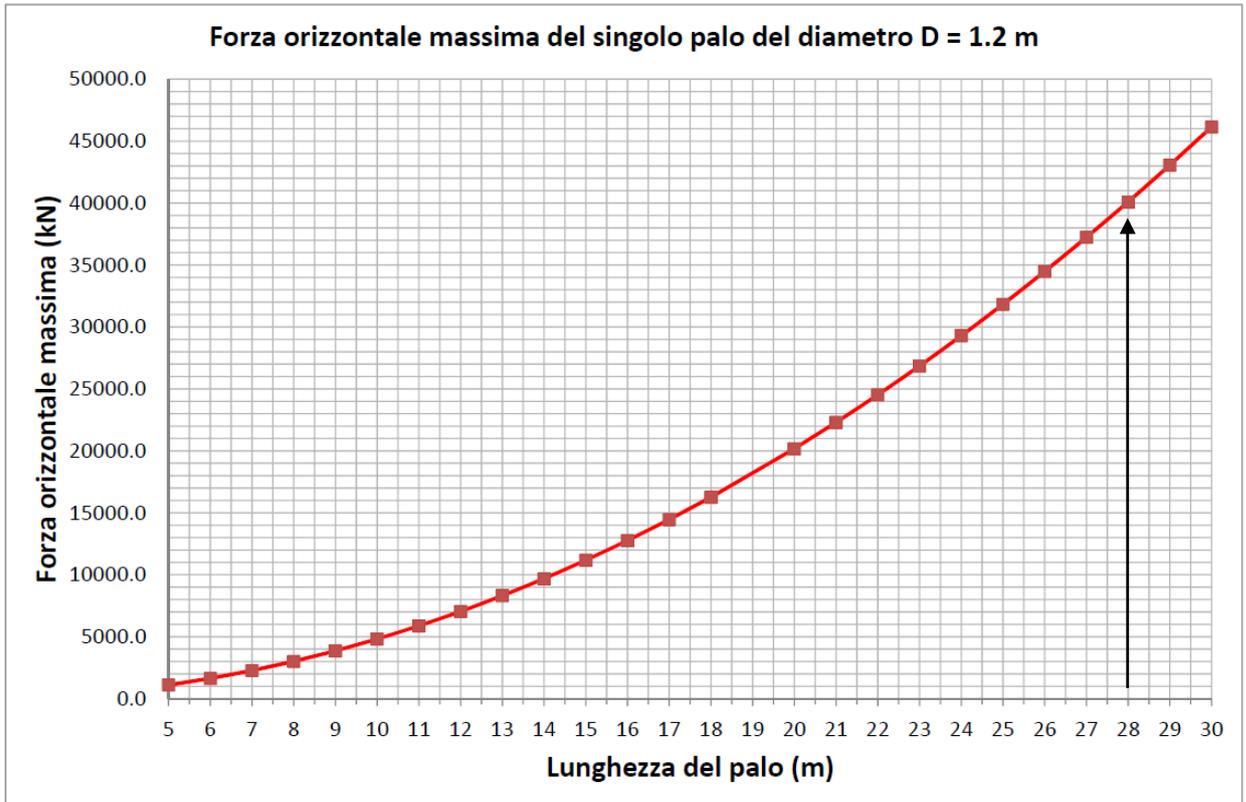


Tabella 4.9 – Portanza verticale pali.

$F.S. \approx 7'400/7'200 = 1.03$  (verifica geotecnica)



*Tabella 4.10 – Portanza orizzontale pali.*

F.S.  $\approx 40'000/1'086 = 36.83$  (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 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 62 di 65
---	--

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 circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonfer. 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				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	50.0	22	26
2	0.0	0.0	45.0	22	26

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	20.0	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	7200.00	2488.00	1003.00
2	1306.00	2488.00	1003.00
3	6223.00	2694.00	1086.00
4	14.00	2694.00	1086.00

#### 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	5104.00	1687.00	0.00
2	1455.00	1687.00	0.00

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 63 di 65
---	--

#### 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	4869.00	1614.00 (1160.46)	0.00 (0.00)
2	1597.00	1614.00 (716.18)	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	4869.00	1614.00 (1160.46)	0.00 (0.00)
2	1597.00	1614.00 (716.18)	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:	2.4 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	7200.00	2488.00	7200.01	4380.81		
1.76	233.6(33.9)						
2	S	1306.00	2488.00	1305.82	3872.40		
1.56	233.6(33.9)						
3	S	6223.00	2694.00	6223.18	4392.58		
1.63	233.6(33.9)						
4	S	14.00	2694.00	13.87	3571.65		
1.33	233.6(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
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 64 di 65
---	--

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	0.0	60.0	0.00295	0.0	50.0	-0.00252	0.0	-50.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00266	0.0	50.0	-0.00569	0.0	-50.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00292	0.0	50.0	-0.00287	0.0	-50.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00255	0.0	50.0	-0.00693	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	0.000054709	0.000217485	----	----
2	0.000000000	0.000083502	-0.001510112	----	----
3	0.000000000	0.000057907	0.000025577	----	----
4	0.000000000	0.000094786	-0.002187186	----	----

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:                    12 mm  
Passo staffe:                    20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 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	1003.00	2337.35	1492.09	91.8  71.0	107.9	2.500	1.250	14.4	21.5(0.0)
2	S	1003.00	2274.07	1674.56	92.9  79.7	108.1	2.500	1.082	12.9	21.5(0.0)
3	S	1086.00	2389.11	1518.54	91.8  72.2	108.4	2.500	1.250	15.4	21.5(0.0)
4	S	1086.00	2127.18	1729.82	93.8  82.3	105.8	2.500	1.001	13.5	21.5(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)

<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 VI03 - Relazione di calcolo spalla</b>	File: T00_VI03_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 65 di 65
---	--

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	11.48	0.0	0.0	-62.6	0.0	-50.0	644	15.9
2	S	11.07	0.0	0.0	-191.5	0.0	-50.0	1508	53.1

#### 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	10.98	0.0	0.0	-60.2	0.0	-50.0	644	15.9
2	S	10.62	0.0	0.0	-174.1	0.0	-50.0	1463	53.1

#### 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. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
1	S	-0.00040	0	0.500	26.0	87	0.00018 (0.00018)	474	0.086		
(0.40)	1160.46	0.00									
2	S	-0.00102	0	0.500	26.0	87	0.00061 (0.00052)	418	0.255		
(0.40)	716.18	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	10.98	0.0	0.0	-60.2	0.0	-50.0	644	15.9
2	S	10.62	0.0	0.0	-174.1	0.0	-50.0	1463	53.1

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

Comb. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
1	S	-0.00040	0	0.500	26.0	87	0.00018 (0.00018)	474	0.086		
(0.30)	1160.46	0.00									
2	S	-0.00102	0	0.500	26.0	87	0.00070 (0.00052)	418	0.291		
(0.30)	716.18	0.00									