

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

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

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

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

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

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. E. RASIMELLI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. F. RUGGIERI

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



MANDATARIA



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

MANDANTE



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

MANDANTE

OPERE D'ARTE MAGGIORI
Opere d'arte maggiori – Viadotto VI02
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_VI02_STR_RE02_A

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

REVISIONE

PAG.

A

1 di 64

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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 2 di 64</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	30
4.7.3	Plinto di fondazione	32
4.7.4	Pali di fondazione	34
4.8	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	36
4.8.1	Paraghiaia	36
4.8.2	Muro frontale	43

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.</p> <p>doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 3 di 64</p>
--	--

4.8.3	Muro andatore	50
4.8.4	Zattera di fondazione	55
4.8.5	Palo di fondazione	57

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 4 di 64</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.

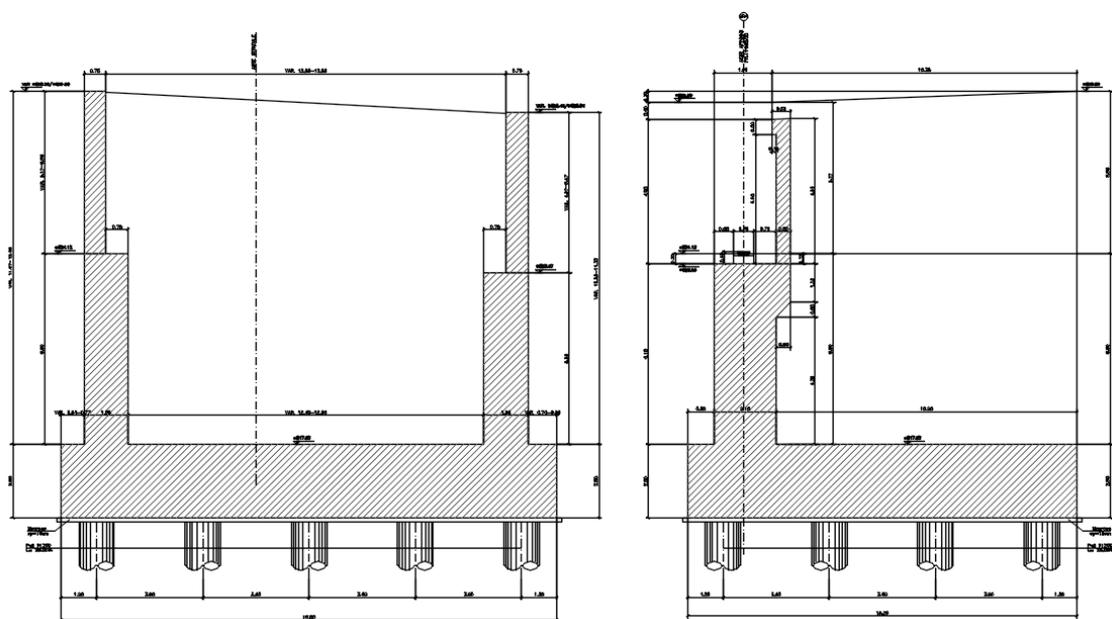
La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto VI02. In particolare si tratterà la spalla A che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

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

1.2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto è suddiviso in 5 campate da 60, 60, 45, 45, 45 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.



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
Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla

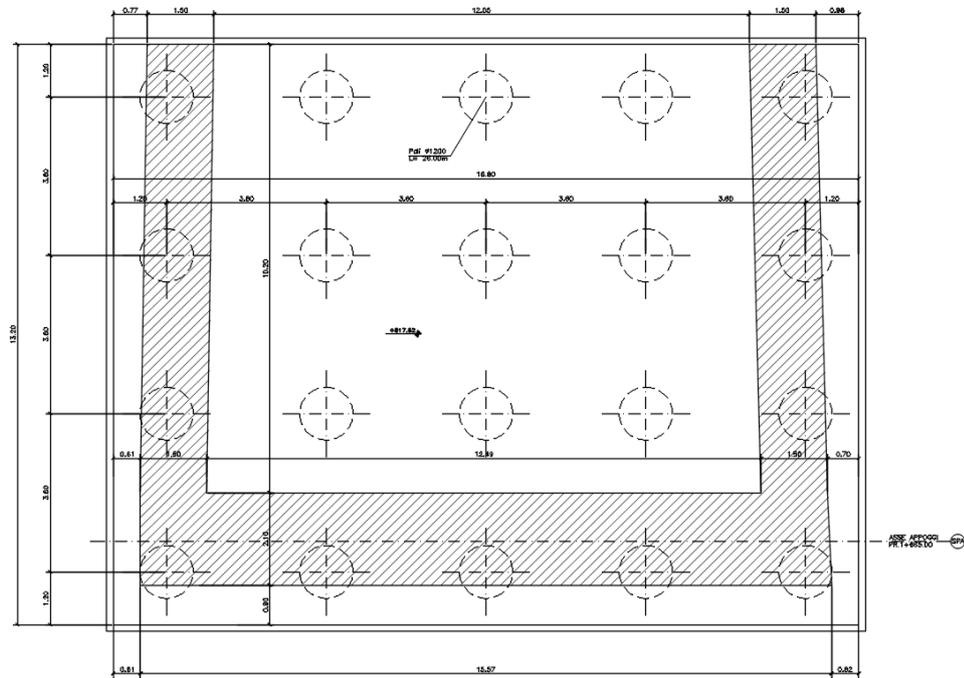
File:

T00_VI02_STR_RE02_A.

doc

Data: Agosto 2020

Pag. 5 di 64



<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 6 di 64</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</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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 7 di 64</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"> - DIMENSIONE MASSIMA DELL'AGGREGATO $D_{max} = 32$ mm; - RAPPORTO ACQUA/CEMENTO MASSIMO 0.60, DA MISURARSI SECONDO UNI 206-1 CON PRELIEVI EFFETTUATI IMMEDIATAMENTE PRIMA DEL GETTO; - CEMENTO TIPO II, UNI 197-1 CLASSE 32.5 - DOSAGGIO MINIMO 300 kg/mc - CONSISTENZA S4, SECONDO UNI EN 206-1; - CLASSE DI ESPOSIZIONE AMB. XC2 SECONDO EN 206-1 - COPRIFERRO MINIMO: 45 mm; PALI 75 mm; - CLASSE DI CONTENUTI IN CLORURI CI 0.20 SECONDO UNI EN 206-1

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"> - DIMENSIONE MASSIMA DELL'AGGREGATO $D_{max} = 22$ mm; - RAPPORTO ACQUA/CEMENTO MASSIMO 0.50, DA MISURARSI SECONDO UNI 206-1 CON PRELIEVI EFFETTUATI IMMEDIATAMENTE PRIMA DEL GETTO; - CEMENTO TIPO II, UNI 197-1 CLASSE 42.5 - DOSAGGIO MINIMO 340 kg/mc - CONSISTENZA S3, SECONDO UNI EN 206-1; - CLASSE DI ESPOSIZIONE AMB. XC4 SECONDO EN 206-1 - COPRIFERRO MINIMO 40 mm; - CLASSE DI CONTENUTI IN CLORURI CI 0.20 SECONDO UNI EN 206-1

Acciaio per armature

<p>ACCIAIO PER ARMATURE - B450C TRAFILATO IN BARRE TONDE $5 \leq \varnothing \leq 40$ AD ADERENZA MIGLIORATA (CONFORME D.M. 17.01.2018)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - TENSIONE CARATTERISTICA DI SNERVAMENTO $f_{yk} > 450$ N/mm² - TENSIONE CARATTERISTICA DI ROTTURA $f_{tk} > 540$ N/mm² - ALLUNGAMENTO $(A_{gt})_k > 7.5\%$

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 8 di 64</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 attese, 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</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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.</p> <p>doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 9 di 64</p>
--	--

Risultando:

w1= 0.2 mm

w2= 0.3 mm

w3= 0.4 mm

Si adotterà pertanto:

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

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

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 10 di 64</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 **A** (escluso paraghiaia) è pari a 6.18 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 **A**, con altezza di paramento maggiore estendendo i risultati anche all'altra.

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

4.2 MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE

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

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

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

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

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

4.3 CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO

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

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 11 di 64
--	--

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 ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qk}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{r1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	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

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

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

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 12 di 64</p>
--	---

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combinazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente Ψ_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	0,0
	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 γ_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 sottostrutture 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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 14 di 64</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

4.5 GEOMETRIA DELLA SPALLA

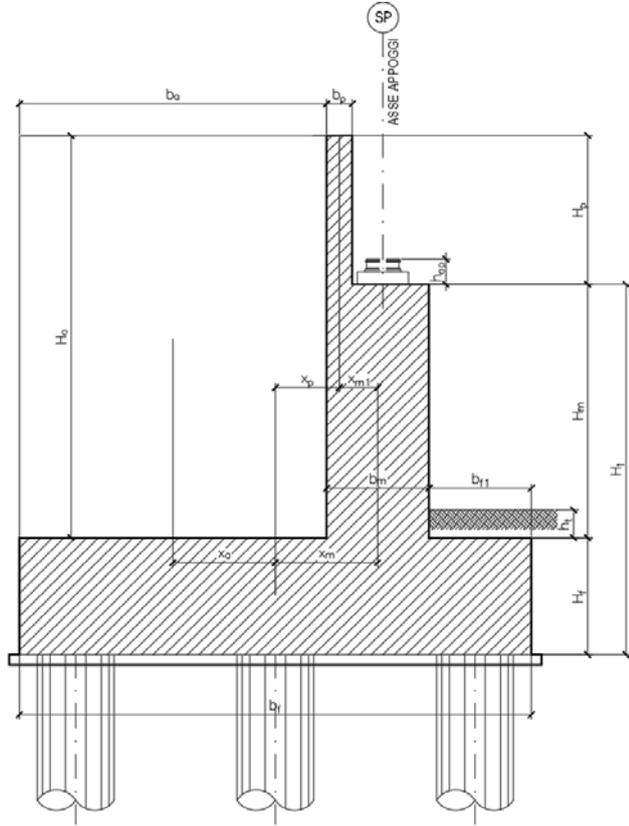


Figura 4.1. Significato dei simboli: sezione tipologica

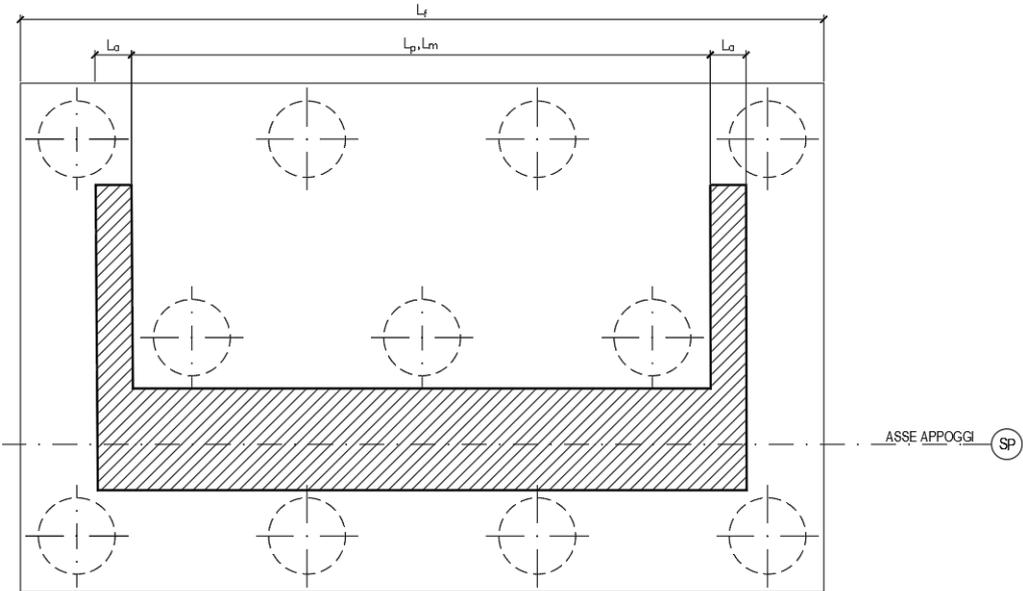


Figura 4.2. Significato dei simboli: pianta tipologica

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 16 di 64</p>
--	---

Generali			
Peso cls	γ_{cls}	25	kN/m ³
Peso terreno	γ_t	20	kN/m ³
Sovraccarico accidentale sul rilevato	q_{acc}	20.0	kN/m ²
Altezza appoggio + baggiolo	h_{ap}	0.40	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	9.08	m
Paraghiaia			
Altezza	H_p	4.90	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	13.98	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		13.98	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	3.35	m
Muro frontale			
Altezza	H_m	6.18	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	2.10	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	12.48	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	16.80	m
Mensola anteriore plinto	b_{f1}	0.90	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	2.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		4.70	m
Muro andatore			
Altezza	H_a	11.08	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	-1.50	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo	▼	Ko= 0.426	
Sisma			
S_s		1.200	
a_g		0.060	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.072	
Mononobe e Okabe	K_{AE}	0.312	
Coefficiente per sisma verticale	k_v	0.036	

Tabella 4.1 – Dati di input.

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 17 di 64</p>
--	---

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/m³.

Impalcato			
N° Corsie convenzionali		3	
Lunghezza	L	60	m
Peso Proprio	G1	200	kN/m
Permanenti portati	G2	70	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	3	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	2000.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	700.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n (ballast)	Ri	0	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]	[m]								
Peso proprio G1	2000			2000			2000			0.00
Permanenti G2	700			700			700			0.00
Comb. Nmax Q1	771			1364			486			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura		300			300			300		4.50
Comb. Nmax Q4 centrifuga						141				4.50
Comb. Nmax Q folla										0.00
Comb. MTmax Q1	1603			514			-155			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura		300			300			300		4.50
Comb. MTmax Q4 centrifuga						141				4.50
Comb. MTmax Q folla										0.00
Comb. MLmax Q1										0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura										4.50
Comb. MLmax Q4 centrifuga										4.50
Comb. MLmax Q folla										0.00
Vento Ponte Scarico						530				4.50
Vento Ponte Carico						721				4.50
Attrito permanente		81	81		81	81		81	81	0.00
Attrito carichi mobili		48	48		41	41		15	15	0.00
Sisma longitudinale		1660			1660			1660		4.50
Sisma trasversale						600				4.50
Sisma verticale	97			97			97			0.00

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 18 di 64
--	---

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
	αR	1.04	1.04	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	30.81	30.81	m/s
Densità dell'aria	ρ	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	22	22	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.88	2.88	
Larghezza impalcato	b	15.5	15.5	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	2.58	2.07	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.73	1.88	

Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.59	0.59	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.88	2.88	
Coefficiente di forza	cfx	1.73	1.88	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	6	7.5	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	17.7	24.0	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.94	3.21	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	17.7	24.0	kN/m

Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	17.7		kN/m
Luce impalcato	L	60		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	530		kN/m

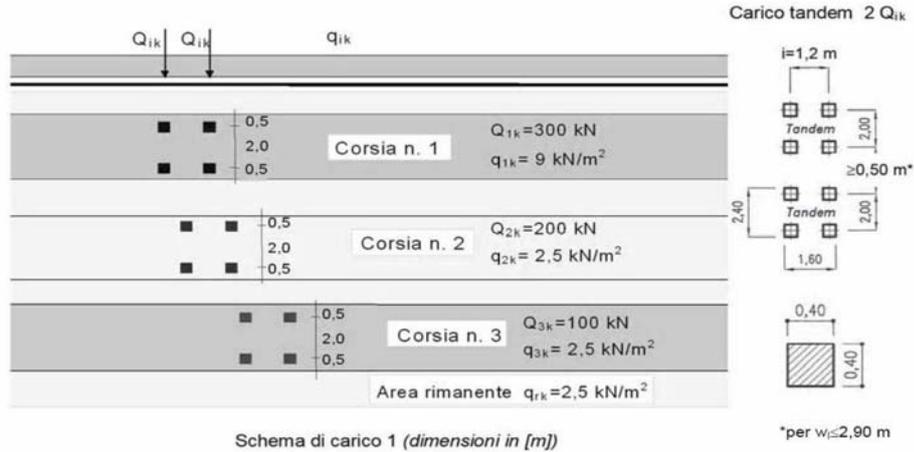
Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	24.0		kN/m
Luce impalcato	L	60		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	721		kN/m

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.



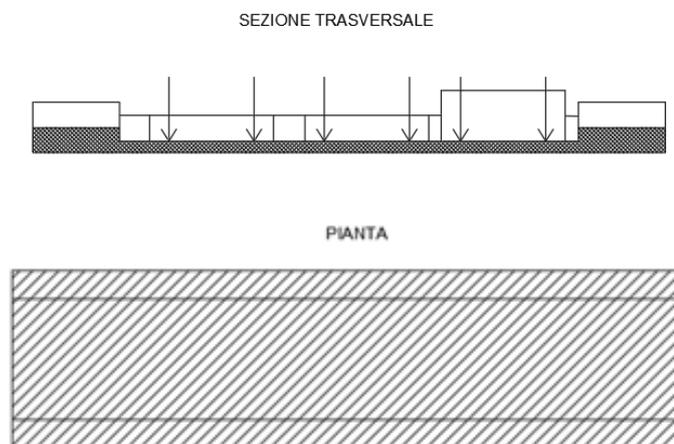
Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
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 $q = 5 \text{ kN/mq}$.

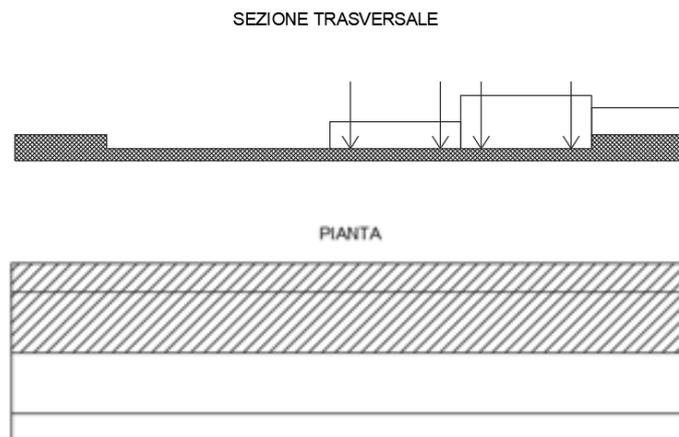
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

- 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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 20 di 64</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	255	m
q3	1049	kN
q3 (filtrata)	900	kN

Centrifuga		
Raggio planimetrico	340	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	141	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 γ , 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 $K_0 = 1 - \text{sen } \varphi'$

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</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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 21 di 64</p>
--	---

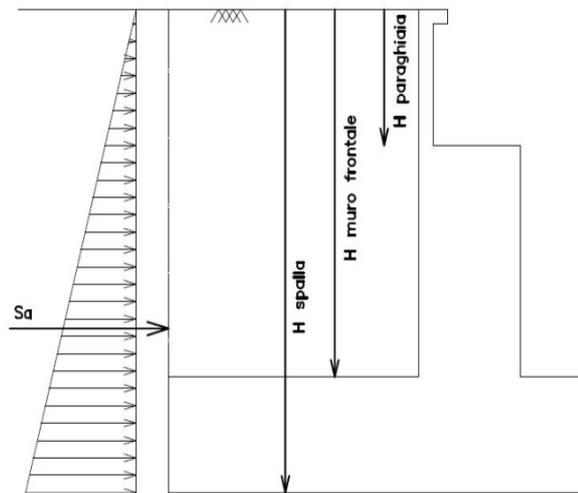


Figura 4.3. Spinta statica terreno di riempio

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

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

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

$$c' = 0$$

4.6.7 Sovraccarico sul terrapieno

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

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

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

4.6.8 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

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

La presenza del sovraccarico Q genera una spinta pari a:

$$S_q = q * H * K_o$$

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

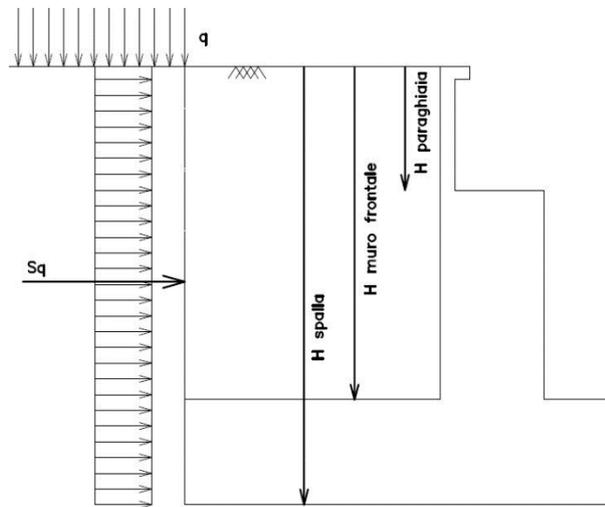


Figura 4.4. Spinta statica sovraccarico accidentale

4.6.9 Azione sismica

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

- Azioni sismiche sulla Spalla

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

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v W$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 23 di 64</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 β_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 β_m assume valore unitario.

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente β_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 β_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 S .

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

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

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 24 di 64</p>
--	---

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

- Valori di progetto

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

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

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

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

	P _{VR} [%]	T _R [anni]	a _g [g]	F ₀ [-]	T _C * [s]
SLO	81%	60	0,0254	2,685	0,300
SLD	63%	101	0,0313	2,730	0,307
SLV	10%	949	0,0599	2,976	0,371
SLC	5%	1950	0,0707	3,061	0,393

4.6.10 Inerzie strutturali

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

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

4.6.11 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 25 di 64</p>
--	---

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

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

dove H_l, H_t 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 N_{max}, N_{min}, T ed M.

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 26 di 64</p>
--	---

PARAGHIAIA

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	856			0.00	0.00	2.45	0	0
Rinterro	g3		1431		0.00	0.00	1.63	0	2338
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	4.90	0	882
Sovr. acc. sul rilevato			584		0.00	0.00	2.45	0	1431

cond sismica x

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	62	0	0.00	0.00	2.45	0	151
Rinterro	Inerzia		972				2.45	0	2380
	Sovraspinta		535				2.45	0	1311
Rinterro [totale]			1507					0	3692
Sovr. acc. sul rilevato			584		0.00	0.00	2.45	0	1431
Totale generale			2153					0	5274

cond sismica y

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	0	62	0.00	0.00	2.45	151	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	31	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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 27 di 64</p>
--	---

SPICCATO MURO FRONTALE

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	856	0	0	-1.30		8.63	0	-1113
Muro frontale	g1	5022	0	0			3.09	0	0
Totale Permanenti		5879	0	0				0	-1113
Rinterro	g3		8104	0			3.69	0	29930
Sovr. acc. sul rilevato			1321	0			5.54	0	7319

cond sismica x

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6		62		-1.30	0.00	8.63	0	532
Muro frontale	q6		362		0.00	0.00	3.09	0	1117
Rinterro	Inerzia		1961				5.54	0	10866
	Sovraspinta		2737				5.54	0	15161
Rinterro [totale]			4698					0	26027
Sovr. acc. sul rilevato			1321				5.54	0	7319
Totale generale			6442					0	34995

cond sismica y

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6			62	-1.30	0.00	8.63	532	0
Muro frontale	q6			362	0.00	0.00	3.09	1117	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
Totale generale				423				1649	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	31			-1.30	0.00	8.63	0	-40
Muro frontale	q6	181			0.00	0.00	3.09	0	0
Totale generale		212						0	-40

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

cond statica

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	856			3.35	0.00	11.13	0	2869
Muro frontale	g1	5022			4.65	0.00	5.59	0	23355
Plinto	g1	13860			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	8185			-1.50	0.00	8.04	0	-12278
Totale Permanenti		27924						0	13945
Rinterro	g3	27241			-1.50	0.00	8.04	0	-40861
Ricop. Plinto	g3	1471			1.50	0.00	3.50	0	2206
Sovr. acc. sul rilevato		2754			-1.50	0.00	13.58	0	-4131
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		12173		-1.50	0.00	4.53	0	55105
Sovr. acc. sul rilevato			1619		0.00	0.00	6.79	0	10994

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond sismica x

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q ₆		62		3.35	0.00	11.13	0	686
Muro frontale	q ₆		362		4.65	0.00	5.59	0	2021
Plinto	q ₆		998		0.00	0.00	1.25	0	1247
Muri andatori	q ₆		589		-1.50	0.00	8.04	0	4738
Rinterro	Inerzia		1961		-1.50	0.00	8.04	0	15769
	Sovraspinta		4111		-1.50	0.00	6.79	0	27913
Rinterro [totale]			6072				8.04	0	43682
Sovr. acc. sul rilevato			1619		-1.50		8.04	0	10994
Totale generale			9702						63369

cond sismica y

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q ₆			62	3.35	0.00	11.13	686	0
Muro frontale	q ₆			362	4.65	0.00	5.59	2021	0
Plinto	q ₆			998	0.00	0.00	1.25	1247	0
Muri andatori	q ₆			589	-1.50	0.00	8.04	4738	0
Rinterro	Inerzia			1961	0.00		8.04	15769	0
	Sovraspinta			451			6.79	3065	0
Rinterro [totale]				2413				18834	0
Sovr. acc. sul rilevato				1619	-1.50		13.58	21988	0
Totale generale				6042				49515	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q ₆	31			3.35	0.00	11.13	0.00	103
Muro frontale	q ₆	181			4.65	0.00	5.59	0.00	841
Plinto	q ₆	499			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Muri andatori	q ₆	295			-1.50	0.00	8.04	0.00	-442
Rinterro	q ₆	981			-1.50	0.00	0.00	0.00	-1471
Ricop. Plinto	q ₆	53			1.50	0.00	3.50	0.00	79
Totale generale		2039						0.00	-890

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 29 di 64
--	--

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	1201	2740	0	0	5700
A2 - SLU - MT max gr.1	1201	2740	0	0	5700
A2 - SLU - ML max gr.1	1201	2740	0	0	5700
A2 - SLU - N max gr.2	1201	2740	0	0	5700
A2 - SLU - MT max gr.2	1201	2740	0	0	5700
A2 - SLU - ML max gr.2	1201	2740	0	0	5700
A2 - SLU - N max gr.3	1201	2740	0	0	5700
A2 - SLU - MT max gr.3	1201	2740	0	0	5700
A2 - SLU - ML max gr.3	1201	2740	0	0	5700
A2 - SLU - Vento ponte scarico	856	1861	0	0	3039
A2 - SLU - N max gr.1	1201	2310	0	0	4998
A2 - SLU - MT max gr.1	1201	2310	0	0	4998
A2 - SLU - ML max gr.1	1201	2310	0	0	4998
A2 - SLU - N max gr.2	1201	2310	0	0	4998
A2 - SLU - MT max gr.2	1201	2310	0	0	4998
A2 - SLU - ML max gr.2	1201	2310	0	0	4998
A2 - SLU - N max gr.3	1201	2310	0	0	4998
A2 - SLU - MT max gr.3	1201	2310	0	0	4998
A2 - SLU - ML max gr.3	1201	2310	0	0	4998
A2 - SLU - Vento ponte scarico	856	1431	0	0	2338
A1 - SLU - N max gr.1	1561	3179	0	0	6630
A1 - SLU - MT max gr.1	1561	3179	0	0	6630
A1 - SLU - ML max gr.1	1561	3179	0	0	6630
A1 - SLU - N max gr.2	1561	3179	0	0	6630
A1 - SLU - MT max gr.2	1561	3179	0	0	6630
A1 - SLU - ML max gr.2	1561	3179	0	0	6630
A1 - SLU - N max gr.3	1561	3179	0	0	6630
A1 - SLU - MT max gr.3	1561	3179	0	0	6630
A1 - SLU - ML max gr.3	1561	3179	0	0	6630
A1 - SLU - Vento ponte scarico	1561	3179	0	0	6630
A1 - SLU - N max gr.1	1261	2463	0	0	5461
A1 - SLU - MT max gr.1	1261	2463	0	0	5461
A1 - SLU - ML max gr.1	1261	2463	0	0	5461
A1 - SLU - N max gr.2	1261	2463	0	0	5461
A1 - SLU - MT max gr.2	1261	2463	0	0	5461
A1 - SLU - ML max gr.2	1261	2463	0	0	5461
A1 - SLU - N max gr.3	1261	2463	0	0	5461
A1 - SLU - MT max gr.3	1261	2463	0	0	5461
A1 - SLU - ML max gr.3	1261	2463	0	0	5461
A1 - SLU - Vento ponte scarico	856	1431	0	0	2338

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 30 di 64
--	--

SLE Rara - N max gr.1	1156	2196	0	0	4651
SLE Rara - MT max gr.1	1156	2196	0	0	4651
SLE Rara - ML max gr.1	1156	2196	0	0	4651
SLE Rara - N max gr.2	1156	2196	0	0	4651
SLE Rara - MT max gr.2	1156	2196	0	0	4651
SLE Rara - ML max gr.2	1156	2196	0	0	4651
SLE Rara - N max gr.3	1156	2196	0	0	4651
SLE Rara - MT max gr.3	1156	2196	0	0	4651
SLE Rara - ML max gr.3	1156	2196	0	0	4651
SLE Rara - Vento ponte scarico	856	1431	0	0	2338
SLE Freq. - N max gr.1	1081	2004	0	0	4073
SLE Freq. - MT max gr.1	1081	2004	0	0	4073
SLE Freq. - ML max gr.1	1081	2004	0	0	4073
SLE Freq. - N max gr.2	1081	2004	0	0	4073
SLE Freq. - MT max gr.2	1081	2004	0	0	4073
SLE Freq. - ML max gr.2	1081	2004	0	0	4073
SLE Freq. - N max gr.3	1081	2004	0	0	4073
SLE Freq. - MT max gr.3	1081	2004	0	0	4073
SLE Freq. - ML max gr.3	1081	2004	0	0	4073
SLE Freq. - Vento ponte scarico	856	1431	0	0	2338
SLE Q.P. - ML max gr.3	856	1431	0	0	2338
SLV -dir.X_1	926	3153	18	45	6643
SLV -dir.X_2	907	3153	18	45	6643
SLV -dir.Y_1	926	2055	62	151	3953
SLV -dir.Y_2	907	2055	62	151	3953
SLV -dir.Z+	947	2055	18	45	3953
SLV -dir.Z-	885	2055	18	45	3953

Tabella 4.3 – Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia.

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.

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 31 di 64</p>
--	---

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	17623	12489	997	10814	49662
A2 - SLU - MT max gr.1	16865	12489	997	19708	49624
A2 - SLU - ML max gr.1	14609	12489	997	9094	49512
A2 - SLU - N max gr.2	16869	13524	997	10384	61092
A2 - SLU - MT max gr.2	16301	13524	997	17054	61064
A2 - SLU - ML max gr.2	14609	12489	997	9094	49512
A2 - SLU - N max gr.3	16869	12489	1160	12181	49625
A2 - SLU - MT max gr.3	16301	12489	1160	18851	49596
A2 - SLU - ML max gr.3	14609	12489	997	9094	49512
A2 - SLU - Vento ponte scarico	14609	10851	1005	9713	40311
A2 - SLU - N max gr.1	16993	9985	925	10335	40172
A2 - SLU - MT max gr.1	16235	9985	925	19228	40134
A2 - SLU - ML max gr.1	13979	9985	925	8614	40021
A2 - SLU - N max gr.2	16239	11020	925	9904	51602
A2 - SLU - MT max gr.2	15671	11020	925	16574	51574
A2 - SLU - ML max gr.2	13979	9985	925	8614	40021
A2 - SLU - N max gr.3	16239	9985	1087	11701	40134
A2 - SLU - MT max gr.3	15671	9985	1087	18371	40106
A2 - SLU - ML max gr.3	13979	9985	925	8614	40021
A2 - SLU - Vento ponte scarico	13979	8347	932	9233	30821
A1 - SLU - N max gr.1	22725	14444	1153	12528	57331
A1 - SLU - MT max gr.1	21835	14444	1153	22968	57286
A1 - SLU - ML max gr.1	19186	14444	1153	10508	57154
A1 - SLU - N max gr.2	21840	15659	1153	12023	70749
A1 - SLU - MT max gr.2	21173	15659	1153	19853	70715
A1 - SLU - ML max gr.2	19186	14444	1153	10508	57154
A1 - SLU - N max gr.3	21840	14444	1344	14132	57286
A1 - SLU - MT max gr.3	21173	14444	1344	21962	57253
A1 - SLU - ML max gr.3	19186	14444	1153	10508	57154
A1 - SLU - Vento ponte scarico	19186	14444	1299	12127	57154
A1 - SLU - N max gr.1	17517	10270	1032	11729	41798
A1 - SLU - MT max gr.1	16627	10270	1032	22169	41754
A1 - SLU - ML max gr.1	13979	10270	1032	9709	41621
A1 - SLU - N max gr.2	16633	11485	1032	11224	55216
A1 - SLU - MT max gr.2	16633	11485	1032	11224	55216
A1 - SLU - ML max gr.2	15965	11485	1032	19054	55183
A1 - SLU - N max gr.3	13979	10270	1032	9709	41621
A1 - SLU - MT max gr.3	16633	10270	1222	13333	41754
A1 - SLU - ML max gr.3	15965	10270	1222	21163	41721
A1 - SLU - Vento ponte scarico	13979	8487	1032	9709	31741

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 32 di 64</p>
--	---

SLE Rara - N max gr.1	13979	9668	1038	10408	38140
SLE Rara - MT max gr.1	16600	9771	779	8570	38952
SLE Rara - ML max gr.1	15941	9771	779	16303	38919
SLE Rara - N max gr.2	13979	9771	779	7074	38821
SLE Rara - MT max gr.2	15945	10671	779	8196	48892
SLE Rara - ML max gr.2	15450	10671	779	13996	48867
SLE Rara - N max gr.3	13979	9771	779	7074	38821
SLE Rara - MT max gr.3	15945	9771	920	9758	38920
SLE Rara - ML max gr.3	15450	9771	920	15558	38895
SLE Rara - Vento ponte scarico	13979	8450	779	7074	31503
SLE Freq. - N max gr.1	15945	9415	321	3232	36919
SLE Freq. - MT max gr.1	15450	9415	321	9032	36895
SLE Freq. - ML max gr.1	13979	9415	321	2110	36821
SLE Freq. - N max gr.2	15453	10090	321	2952	44374
SLE Freq. - MT max gr.2	15082	10090	321	7302	44355
SLE Freq. - ML max gr.2	13979	9415	321	2110	36821
SLE Freq. - N max gr.3	15453	9415	426	4124	36895
SLE Freq. - MT max gr.3	15082	9415	426	8473	36876
SLE Freq. - ML max gr.3	13979	9415	321	2110	36821
SLE Freq. - Vento ponte scarico	13979	8347	349	2773	30821
SLE Q.P. - ML max gr.3	13979	9771	347	2281	38821
SLV -dir.X 1	14130	18733	571	4225	115268
SLV -dir.X 2	13828	18733	571	4225	115283
SLV -dir.Y 1	14522	11842	1315	12191	59284
SLV -dir.Y 2	14220	11842	1315	12191	59299
SLV -dir.Z+	15006	11842	599	4836	59273
SLV -dir.Z-	14000	11842	599	4836	59324

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.

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.

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 33 di 64</p>
--	---

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE

	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	80161	18122	997	13308	102370
A2 - SLU - MT max gr.1	79403	18122	997	22201	98808
A2 - SLU - ML max gr.1	77147	18122	997	11587	88203
A2 - SLU - N max gr.2	79407	19157	997	12878	112884
A2 - SLU - MT max gr.2	78839	19157	997	19548	110212
A2 - SLU - ML max gr.2	77147	18122	997	11587	88203
A2 - SLU - N max gr.3	79407	18122	1160	15080	98828
A2 - SLU - MT max gr.3	78839	18122	1160	21750	96157
A2 - SLU - ML max gr.3	77147	18122	997	11587	88203
A2 - SLU - Vento ponte scarico	73979	16141	1005	12225	79230
A2 - SLU - N max gr.1	70917	14398	925	12646	93812
A2 - SLU - MT max gr.1	70159	14398	925	21539	90250
A2 - SLU - ML max gr.1	67903	14398	925	10925	79645
A2 - SLU - N max gr.2	70164	15433	925	12216	104326
A2 - SLU - MT max gr.2	69595	15433	925	18886	101654
A2 - SLU - ML max gr.2	67903	14398	925	10925	79645
A2 - SLU - N max gr.3	70164	14398	1087	14418	90270
A2 - SLU - MT max gr.3	69595	14398	1087	21088	87599
A2 - SLU - ML max gr.3	67903	14398	925	10925	79645
A2 - SLU - Vento ponte scarico	64736	12416	932	11563	70672
A1 - SLU - N max gr.1	99272	20950	1153	15411	126850
A1 - SLU - MT max gr.1	98382	20950	1153	25851	122669
A1 - SLU - ML max gr.1	95733	20950	1153	13392	110220
A1 - SLU - N max gr.2	98387	22165	1153	14906	139192
A1 - SLU - MT max gr.2	97720	22165	1153	22736	136056
A1 - SLU - ML max gr.2	95733	20950	1153	13392	110220
A1 - SLU - N max gr.3	98387	20950	1344	17491	122693
A1 - SLU - MT max gr.3	97720	20950	1344	25321	119557
A1 - SLU - ML max gr.3	95733	20950	1153	13392	110220
A1 - SLU - Vento ponte scarico	95733	20950	1299	15376	110220
A1 - SLU - N max gr.1	71992	14742	1032	14308	97836
A1 - SLU - MT max gr.1	71103	14742	1032	24748	93655
A1 - SLU - ML max gr.1	68454	14742	1032	12288	81206
A1 - SLU - N max gr.2	71108	15957	1032	13803	110178
A1 - SLU - MT max gr.2	71108	15957	1032	13803	110178
A1 - SLU - ML max gr.2	70440	15957	1032	21633	107042
A1 - SLU - N max gr.3	68454	14742	1032	12288	81206
A1 - SLU - MT max gr.3	71108	14742	1222	16388	93679
A1 - SLU - ML max gr.3	70440	14742	1222	24218	90543
A1 - SLU - Vento ponte scarico	64736	12556	1032	12288	71941

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 34 di 64</p>
--	---

SLE Rara - N max gr.1	67490	14036	1038	13003	77534
SLE Rara - MT max gr.1	70111	14139	779	10518	90794
SLE Rara - ML max gr.1	69452	14139	779	18251	87696
SLE Rara - N max gr.2	67490	14139	779	9022	78475
SLE Rara - MT max gr.2	69456	15039	779	10144	99936
SLE Rara - ML max gr.2	68961	15039	779	15944	97613
SLE Rara - N max gr.3	67490	14139	779	9022	78475
SLE Rara - MT max gr.3	69456	14139	920	12059	87714
SLE Rara - ML max gr.3	68961	14139	920	17859	85391
SLE Rara - Vento ponte scarico	64736	12520	779	9022	71612
SLE Freq. - N max gr.1	68767	13708	321	4034	85763
SLE Freq. - MT max gr.1	68273	13708	321	9834	83440
SLE Freq. - ML max gr.1	66801	13708	321	2912	76524
SLE Freq. - N max gr.2	68276	14383	321	3754	92620
SLE Freq. - MT max gr.2	67905	14383	321	8103	90878
SLE Freq. - ML max gr.2	66801	13708	321	2912	76524
SLE Freq. - N max gr.3	68276	13708	426	5190	83453
SLE Freq. - MT max gr.3	67905	13708	426	9540	81711
SLE Freq. - ML max gr.3	66801	13708	321	2912	76524
SLE Freq. - Vento ponte scarico	64736	12416	349	3646	70672
SLE Q.P. - ML max gr.3	67490	14139	347	3147	78475
SLV -dir.X_1	65986	25824	1868	14416	192380
SLV -dir.X_2	64588	25824	1868	14416	192092
SLV -dir.Y_1	66378	16860	5639	44696	112666
SLV -dir.Y_2	64980	16860	5639	44696	112378
SLV -dir.Z+	68141	16860	1896	15099	113622
SLV -dir.Z-	63480	16860	1896	15099	112661

Tabella 4.5 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione.

4.7.4 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 35 di 64</p>
--	---

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
Al - SLU - N max gr.1	99272	20950	1153	15411	126850	7292	2635	1049
Al - SLU - MT max gr.1	98382	20950	1153	25851	122669	7323	2516	1049
Al - SLU - ML max gr.1	95733	20950	1153	13392	110220	6810	2764	1049
Al - SLU - N max gr.2	98387	22165	1153	14906	139192	7446	2392	1110
Al - SLU - MT max gr.2	97720	22165	1153	22736	136056	7469	2303	1110
Al - SLU - ML max gr.2	95733	20950	1153	13392	110220	6810	2764	1049
Al - SLU - N max gr.3	98387	20950	1344	17491	122693	7207	2632	1050
Al - SLU - MT max gr.3	97720	20950	1344	25321	119557	7230	2542	1050
Al - SLU - ML max gr.3	95733	20950	1153	13392	110220	6810	2764	1049
Al - SLU - Vento ponte scarico	95733	20950	1299	15376	110220	6837	2736	1050
Al - SLU - N max gr.1	71992	14742	1032	14308	97836	5429	1770	739
Al - SLU - MT max gr.1	71103	14742	1032	24748	93655	5460	1650	739
Al - SLU - ML max gr.1	68454	14742	1032	12288	81206	4947	1899	739
Al - SLU - N max gr.2	71108	15957	1032	13803	110178	5583	1527	800
Al - SLU - MT max gr.2	71108	15957	1032	13803	110178	5583	1527	800
Al - SLU - ML max gr.2	70440	15957	1032	21633	107042	5607	1438	800
Al - SLU - N max gr.3	68454	14742	1032	12288	81206	4947	1899	739
Al - SLU - MT max gr.3	71108	14742	1222	16388	93679	5344	1766	740
Al - SLU - ML max gr.3	70440	14742	1222	24218	90543	5367	1677	740
Al - SLU - Vento ponte scarico	64736	12556	1032	12288	71941	4606	1867	630
						7469	1438	1110

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

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV -dir.X 1	65986	25824	1868	14416	192380	6706	-107	1295
SLV -dir.X 2	64588	25824	1868	14416	192092	6631	-172	1295
SLV -dir.Y 1	66378	16860	5639	44696	112666	5817	820	889
SLV -dir.Y 2	64980	16860	5639	44696	112378	5743	755	889
SLV -dir.Z+	68141	16860	1896	15099	113622	5510	1304	848
SLV -dir.Z-	63480	16860	1896	15099	112661	5261	1087	848
						6706	-172	1295

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

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE Rara - N max gr.1	67490	14036	1038	13003	77534	4847	1902	704
SLE Rara - MT max gr.1	70111	14139	779	10518	90794	5165	1846	708
SLE Rara - ML max gr.1	69452	14139	779	18251	87696	5188	1758	708
SLE Rara - N max gr.2	67490	14139	779	9022	78475	4808	1941	708
SLE Rara - MT max gr.2	69456	15039	779	10144	99936	5279	1666	753
SLE Rara - ML max gr.2	68961	15039	779	15944	97613	5296	1600	753
SLE Rara - N max gr.3	67490	14139	779	9022	78475	4808	1941	708
SLE Rara - MT max gr.3	69456	14139	920	12059	87714	5102	1843	708
SLE Rara - ML max gr.3	68961	14139	920	17859	85391	5119	1777	708
SLE Rara - Vento ponte scarico	64736	12520	779	9022	71612	4556	1918	627
						5296	1600	753

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

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 36 di 64</p>
--	---

4.8 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

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

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

4.8.1 Paraghiaia

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

Caratteristiche della sezione:

Sezione rettangolare 0.5x13.98 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 ²
	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 ²	

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 37 di 64
--	--

Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	1398.0
3	50.0	1398.0
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	1389.7	16
3	41.7	1389.7	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	136	22
2	3	4	68	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	1561.00	0.00	6630.00	0.00	3179.00
2	1561.00	0.00	6630.00	0.00	3179.00
3	1561.00	0.00	6630.00	0.00	3179.00
4	1561.00	0.00	6630.00	0.00	3179.00
5	1561.00	0.00	6630.00	0.00	3179.00
6	1561.00	0.00	6630.00	0.00	3179.00
7	1561.00	0.00	6630.00	0.00	3179.00
8	1561.00	0.00	6630.00	0.00	3179.00
9	1561.00	0.00	6630.00	0.00	3179.00

ANAS S.p.A. 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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 38 di 64
---	---

10	1561.00	0.00	6630.00	0.00	3179.00
11	1261.00	0.00	5461.00	0.00	2463.00
12	1261.00	0.00	5461.00	0.00	2463.00
13	1261.00	0.00	5461.00	0.00	2463.00
14	1261.00	0.00	5461.00	0.00	2463.00
15	1261.00	0.00	5461.00	0.00	2463.00
16	1261.00	0.00	5461.00	0.00	2463.00
17	1261.00	0.00	5461.00	0.00	2463.00
18	1261.00	0.00	5461.00	0.00	2463.00
19	1261.00	0.00	5461.00	0.00	2463.00
20	856.00	0.00	2338.00	0.00	1431.00
21	926.00	45.00	6643.00	18.00	3153.00
22	907.00	45.00	6643.00	18.00	3153.00
23	926.00	151.00	3953.00	62.00	2055.00
24	907.00	151.00	3953.00	62.00	2055.00
25	947.00	45.00	3953.00	18.00	2055.00
26	885.00	45.00	3953.00	18.00	2055.00

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	1156.00	0.00	4651.00
2	1156.00	0.00	4651.00
3	1156.00	0.00	4651.00
4	1156.00	0.00	4651.00
5	1156.00	0.00	4651.00
6	1156.00	0.00	4651.00
7	1156.00	0.00	4651.00
8	1156.00	0.00	4651.00
9	1156.00	0.00	4651.00
10	856.00	0.00	2338.00

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	1081.00	0.00 (0.00)	4073.00 (2289.74)
2	1081.00	0.00 (0.00)	4073.00 (2289.74)
3	1081.00	0.00 (0.00)	4073.00 (2289.74)
4	1081.00	0.00 (0.00)	4073.00 (2289.74)
5	1081.00	0.00 (0.00)	4073.00 (2289.74)
6	1081.00	0.00 (0.00)	4073.00 (2289.74)
7	1081.00	0.00 (0.00)	4073.00 (2289.74)
8	1081.00	0.00 (0.00)	4073.00 (2289.74)
9	1081.00	0.00 (0.00)	4073.00 (2289.74)
10	856.00	0.00 (0.00)	2338.00 (2308.42)

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 39 di 64
---	---

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	856.00	0.00 (0.00)	2338.00 (2308.42)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.9 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 [cm ²] 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	1561.00	0.00	6630.00	1561.03	0.01	7948.90	1.20521.0(125.2)	
2	S	1561.00	0.00	6630.00	1561.03	0.01	7948.90	1.20521.0(125.2)	
3	S	1561.00	0.00	6630.00	1561.03	0.01	7948.90	1.20521.0(125.2)	
4	S	1561.00	0.00	6630.00	1561.03	0.01	7948.90	1.20521.0(125.2)	
5	S	1561.00	0.00	6630.00	1561.03	0.01	7948.90	1.20521.0(125.2)	
6	S	1561.00	0.00	6630.00	1561.03	0.01	7948.90	1.20521.0(125.2)	
7	S	1561.00	0.00	6630.00	1561.03	0.01	7948.90	1.20521.0(125.2)	
8	S	1561.00	0.00	6630.00	1561.03	0.01	7948.90	1.20521.0(125.2)	
9	S	1561.00	0.00	6630.00	1561.03	0.01	7948.90	1.20521.0(125.2)	
10	S	1561.00	0.00	6630.00	1561.03	0.01	7948.90	1.20521.0(125.2)	
11	S	1261.00	0.00	5461.00	1261.22	0.01	7898.72	1.44521.0(125.2)	
12	S	1261.00	0.00	5461.00	1261.22	0.01	7898.72	1.44521.0(125.2)	
13	S	1261.00	0.00	5461.00	1261.22	0.01	7898.72	1.44521.0(125.2)	
14	S	1261.00	0.00	5461.00	1261.22	0.01	7898.72	1.44521.0(125.2)	
15	S	1261.00	0.00	5461.00	1261.22	0.01	7898.72	1.44521.0(125.2)	
16	S	1261.00	0.00	5461.00	1261.22	0.01	7898.72	1.44521.0(125.2)	
17	S	1261.00	0.00	5461.00	1261.22	0.01	7898.72	1.44521.0(125.2)	
18	S	1261.00	0.00	5461.00	1261.22	0.01	7898.72	1.44521.0(125.2)	
19	S	1261.00	0.00	5461.00	1261.22	0.01	7898.72	1.44521.0(125.2)	
20	S	856.00	0.00	2338.00	856.09	0.03	7830.25	3.34521.0(125.2)	
21	S	926.00	45.00	6643.00	926.16	16.24	7843.67	1.18521.0(125.2)	
22	S	907.00	45.00	6643.00	907.10	16.77	7840.43	1.18521.0(125.2)	
23	S	926.00	151.00	3953.00	926.05	319.51	7869.29	1.99521.0(125.2)	
24	S	907.00	151.00	3953.00	906.93	324.61	7866.40	1.99521.0(125.2)	
25	S	947.00	45.00	3953.00	946.74	111.33	7855.22	1.98521.0(125.2)	
26	S	885.00	45.00	3953.00	884.76	116.36	7844.94	1.98521.0(125.2)	

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 40 di 64
---	---

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	0.232	50.0	1398.0	0.00049	41.7	1389.7	-0.01160	8.3	8.3
2	0.00350	0.232	50.0	1398.0	0.00049	41.7	1389.7	-0.01160	8.3	8.3
3	0.00350	0.232	50.0	1398.0	0.00049	41.7	1389.7	-0.01160	8.3	8.3
4	0.00350	0.232	50.0	1398.0	0.00049	41.7	1389.7	-0.01160	8.3	8.3
5	0.00350	0.232	50.0	1398.0	0.00049	41.7	1389.7	-0.01160	8.3	8.3
6	0.00350	0.232	50.0	1398.0	0.00049	41.7	1389.7	-0.01160	8.3	8.3
7	0.00350	0.232	50.0	1398.0	0.00049	41.7	1389.7	-0.01160	8.3	8.3
8	0.00350	0.232	50.0	1398.0	0.00049	41.7	1389.7	-0.01160	8.3	8.3
9	0.00350	0.232	50.0	1398.0	0.00049	41.7	1389.7	-0.01160	8.3	8.3
10	0.00350	0.232	50.0	1398.0	0.00049	41.7	1389.7	-0.01160	8.3	8.3
11	0.00350	0.230	50.0	1398.0	0.00047	41.7	1389.7	-0.01174	8.3	8.3
12	0.00350	0.230	50.0	1398.0	0.00047	41.7	1389.7	-0.01174	8.3	8.3
13	0.00350	0.230	50.0	1398.0	0.00047	41.7	1389.7	-0.01174	8.3	8.3
14	0.00350	0.230	50.0	1398.0	0.00047	41.7	1389.7	-0.01174	8.3	8.3
15	0.00350	0.230	50.0	1398.0	0.00047	41.7	1389.7	-0.01174	8.3	8.3
16	0.00350	0.230	50.0	1398.0	0.00047	41.7	1389.7	-0.01174	8.3	8.3
17	0.00350	0.230	50.0	1398.0	0.00047	41.7	1389.7	-0.01174	8.3	8.3
18	0.00350	0.230	50.0	1398.0	0.00047	41.7	1389.7	-0.01174	8.3	8.3
19	0.00350	0.230	50.0	1398.0	0.00047	41.7	1389.7	-0.01174	8.3	8.3
20	0.00350	0.227	50.0	1398.0	0.00043	41.7	1389.7	-0.01195	8.3	8.3
21	0.00350	0.227	50.0	1398.0	0.00043	41.7	1389.7	-0.01190	8.3	8.3
22	0.00350	0.227	50.0	1398.0	0.00043	41.7	1389.7	-0.01192	8.3	8.3
23	0.00350	0.227	50.0	1398.0	0.00045	41.7	1389.7	-0.01193	8.3	8.3
24	0.00350	0.227	50.0	1398.0	0.00045	41.7	1389.7	-0.01194	8.3	8.3
25	0.00350	0.227	50.0	1398.0	0.00044	41.7	1389.7	-0.01190	8.3	8.3
26	0.00350	0.227	50.0	1398.0	0.00043	41.7	1389.7	-0.01194	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	0.000362082	0.000000000	-0.014604082	0.232	0.730
2	0.000362082	0.000000000	-0.014604082	0.232	0.730
3	0.000362082	0.000000000	-0.014604082	0.232	0.730
4	0.000362082	0.000000000	-0.014604082	0.232	0.730
5	0.000362082	0.000000000	-0.014604082	0.232	0.730
6	0.000362082	0.000000000	-0.014604082	0.232	0.730
7	0.000362082	0.000000000	-0.014604082	0.232	0.730
8	0.000362082	0.000000000	-0.014604082	0.232	0.730
9	0.000362082	0.000000000	-0.014604082	0.232	0.730
10	0.000362082	0.000000000	-0.014604082	0.232	0.730
11	0.000365432	0.000000000	-0.014771616	0.230	0.727
12	0.000365432	0.000000000	-0.014771616	0.230	0.727

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 41 di 64
---	---

13	0.000365432	0.000000000	-0.014771616	0.230	0.727
14	0.000365432	0.000000000	-0.014771616	0.230	0.727
15	0.000365432	0.000000000	-0.014771616	0.230	0.727
16	0.000365432	0.000000000	-0.014771616	0.230	0.727
17	0.000365432	0.000000000	-0.014771616	0.230	0.727
18	0.000365432	0.000000000	-0.014771616	0.230	0.727
19	0.000365432	0.000000000	-0.014771616	0.230	0.727
20	0.000370427	0.000000000	-0.015021358	0.227	0.723
21	0.000369291	0.000000004	-0.014969490	0.227	0.724
22	0.000369574	0.000000004	-0.014983789	0.227	0.724
23	0.000367662	0.000000069	-0.014980090	0.227	0.724
24	0.000367919	0.000000070	-0.014994472	0.227	0.723
25	0.000368471	0.000000024	-0.014957336	0.227	0.724
26	0.000369370	0.000000025	-0.015003794	0.227	0.723

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	3179.00	3860.86	41.7	1398.0	0.0089	0.22
2	S	3179.00	3860.86	41.7	1398.0	0.0089	0.22
3	S	3179.00	3860.86	41.7	1398.0	0.0089	0.22
4	S	3179.00	3860.86	41.7	1398.0	0.0089	0.22
5	S	3179.00	3860.86	41.7	1398.0	0.0089	0.22
6	S	3179.00	3860.86	41.7	1398.0	0.0089	0.22
7	S	3179.00	3860.86	41.7	1398.0	0.0089	0.22
8	S	3179.00	3860.86	41.7	1398.0	0.0089	0.22
9	S	3179.00	3860.86	41.7	1398.0	0.0089	0.22
10	S	3179.00	3860.86	41.7	1398.0	0.0089	0.22
11	S	2463.00	3823.33	41.7	1398.0	0.0089	0.18
12	S	2463.00	3823.33	41.7	1398.0	0.0089	0.18
13	S	2463.00	3823.33	41.7	1398.0	0.0089	0.18
14	S	2463.00	3823.33	41.7	1398.0	0.0089	0.18
15	S	2463.00	3823.33	41.7	1398.0	0.0089	0.18
16	S	2463.00	3823.33	41.7	1398.0	0.0089	0.18
17	S	2463.00	3823.33	41.7	1398.0	0.0089	0.18
18	S	2463.00	3823.33	41.7	1398.0	0.0089	0.18
19	S	2463.00	3823.33	41.7	1398.0	0.0089	0.18
20	S	1431.00	3772.66	41.7	1398.0	0.0089	0.12
21	S	3153.00	3781.42	41.7	1398.0	0.0089	0.13
22	S	3153.00	3779.04	41.7	1398.0	0.0089	0.13
23	S	2055.01	3781.44	41.7	1398.0	0.0089	0.13
24	S	2055.01	3779.06	41.7	1398.0	0.0089	0.13
25	S	2055.00	3784.05	41.7	1398.0	0.0089	0.14
26	S	2055.00	3776.30	41.7	1398.0	0.0089	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 ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 42 di 64
---	---

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.58	50.0	0.0	-236.8	8.3	1389.7	15378	521.0
2	S	10.58	50.0	0.0	-236.8	8.3	1389.7	15378	521.0
3	S	10.58	50.0	0.0	-236.8	8.3	1389.7	15378	521.0
4	S	10.58	50.0	0.0	-236.8	8.3	1389.7	15378	521.0
5	S	10.58	50.0	0.0	-236.8	8.3	1389.7	15378	521.0
6	S	10.58	50.0	0.0	-236.8	8.3	1389.7	15378	521.0
7	S	10.58	50.0	0.0	-236.8	8.3	1389.7	15378	521.0
8	S	10.58	50.0	0.0	-236.8	8.3	1389.7	15378	521.0
9	S	10.58	50.0	0.0	-236.8	8.3	1389.7	15378	521.0
10	S	5.34	50.0	0.0	-116.5	8.3	1389.7	15378	521.0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.27	50.0	0.0	-206.8	8.3	1389.7	15378	521.0
2	S	9.27	50.0	0.0	-206.8	8.3	1389.7	15378	521.0
3	S	9.27	50.0	0.0	-206.8	8.3	1389.7	15378	521.0
4	S	9.27	50.0	0.0	-206.8	8.3	1389.7	15378	521.0
5	S	9.27	50.0	0.0	-206.8	8.3	1389.7	15378	521.0
6	S	9.27	50.0	0.0	-206.8	8.3	1389.7	15378	521.0
7	S	9.27	50.0	0.0	-206.8	8.3	1389.7	15378	521.0
8	S	9.27	50.0	0.0	-206.8	8.3	1389.7	15378	521.0
9	S	9.27	50.0	0.0	-206.8	8.3	1389.7	15378	521.0
10	S	5.34	50.0	0.0	-116.5	8.3	1389.7	15378	521.0

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	\emptyset	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00138	0	0.500	21.9	75	0.00070 (0.00062)	365	0.257 (0.30)	0.00	2289.74
2	S	-0.00138	0	0.500	21.9	75	0.00070 (0.00062)	365	0.257 (0.30)	0.00	2289.74
3	S	-0.00138	0	0.500	21.9	75	0.00070 (0.00062)	365	0.257 (0.30)	0.00	2289.74
4	S	-0.00138	0	0.500	21.9	75	0.00070 (0.00062)	365	0.257 (0.30)	0.00	2289.74
5	S	-0.00138	0	0.500	21.9	75	0.00070 (0.00062)	365	0.257 (0.30)	0.00	2289.74
6	S	-0.00138	0	0.500	21.9	75	0.00070 (0.00062)	365	0.257 (0.30)	0.00	2289.74
7	S	-0.00138	0	0.500	21.9	75	0.00070 (0.00062)	365	0.257 (0.30)	0.00	2289.74
8	S	-0.00138	0	0.500	21.9	75	0.00070 (0.00062)	365	0.257 (0.30)	0.00	2289.74
9	S	-0.00138	0	0.500	21.9	75	0.00070 (0.00062)	365	0.257 (0.30)	0.00	2289.74
10	S	-0.00078	0	0.500	21.9	75	0.00035 (0.00035)	365	0.128 (0.30)	0.00	2308.42

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 43 di 64
--	--

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	5.34	50.0	0.0	-116.5	8.3	1389.7	15378	521.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00078	0	0.500	21.9	75	0.00036 (0.00035)	365	0.132 (0.20)	0.00	2308.42

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 2.60 x12.48m

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)

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

Spille $9\phi 12/mq.$

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20 daN/cm ²
	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

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 44 di 64
---	---

Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef 2000000 daN/cm²
Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	1248.0
3	210.0	1248.0
4	210.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	8.5	8.5	26
2	8.5	1239.5	26
3	201.5	1239.5	26
4	201.5	8.5	26
5	14.0	9.0	26
6	14.0	1239.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	129	26
2	3	4	129	26
3	5	6	129	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
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	24339.05	12528.35	59098.55	1153.25	14443.54
2	23449.40	22968.24	58965.10	1153.25	14443.54
3	20800.70	10508.41	58567.80	1153.25	14443.54
4	23454.46	12023.37	72428.06	1153.25	15658.54
5	22787.22	19853.28	72327.97	1153.25	15658.54

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 45 di 64
---	---

6	20800.70	10508.41	58567.80	1153.25	14443.54
7	23454.46	14132.44	58965.86	1343.60	14443.54
8	22787.22	21962.36	58865.77	1343.60	14443.54
9	20800.70	10508.41	58567.80	1153.25	14443.54
10	20800.70	12127.20	58567.80	1299.35	14443.54
11	18712.94	11728.88	43176.14	1031.75	10270.11
12	17823.29	22168.77	43042.69	1031.75	10270.11
13	15174.59	9708.94	42645.39	1031.75	10270.11
14	17828.35	11223.90	56505.65	1031.75	11485.11
15	17828.35	11223.90	56505.65	1031.75	11485.11
16	17161.12	19053.81	56405.57	1031.75	11485.11
17	15174.59	9708.94	42645.39	1031.75	10270.11
18	17828.35	13332.97	43043.45	1222.10	10270.11
19	17161.12	21162.89	42943.37	1222.10	10270.11
20	15174.59	9708.94	32765.28	1031.75	8486.70
21	15338.48	4304.32	116569.10	596.53	18819.10
22	15010.71	4304.32	116562.28	596.53	18819.10
23	15730.88	12457.13	60437.97	1401.29	11867.98
24	15403.11	12457.13	60431.15	1401.29	11867.98
25	16245.08	4916.02	60465.70	624.73	11867.98
26	15152.51	4916.02	60442.96	624.73	11867.98

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	13978.76	10407.54	38139.62
2	16599.76	8570.02	38952.29
3	15940.76	16303.27	38919.34
4	13978.76	7073.77	38821.24
5	15944.51	8195.96	48891.53
6	15450.26	13995.90	48866.82
7	13978.76	7073.77	38821.24
8	15944.51	9758.24	38919.53
9	15450.26	15558.18	38894.82
10	13978.76	7073.77	31502.64

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	15944.51	3232.34 (3883.98)	36919.47 (44362.41)
2	15450.26	9032.28 (10414.46)	36894.76 (42540.63)
3	13978.76	2110.16 (2501.33)	36821.19 (43646.91)
4	15453.07	2951.80 (2857.65)	44373.90 (42958.67)
5	15082.39	7301.75 (6893.40)	44355.37 (41874.79)
6	13978.76	2110.16 (2501.33)	36821.19 (43646.91)
7	15453.07	4123.51 (4901.50)	36894.90 (43855.97)

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 46 di 64
---	---

8	15082.39	8473.46 (9766.91)	36876.37 (42505.44)
9	13978.76	2110.16 (2501.33)	36821.19 (43646.91)
10	13978.76	2773.42 (4028.91)	30821.02 (44773.31)

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	13978.76	2280.56 (2541.21)	38821.24 (43258.12)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	24339.05	12528.35	59098.55	24339.15	26485.67	125338.01	2.102086.6(786.2)	
2	S	23449.40	22968.24	58965.10	23449.61	48394.51	124156.37	2.092086.6(786.2)	
3	S	20800.70	10508.41	58567.80	20800.81	21247.67	122468.84	2.072086.6(786.2)	
4	S	23454.46	12023.37	72428.06	23454.38	21033.10	124697.78	1.712086.6(786.2)	
5	S	22787.22	19853.28	72327.97	22787.35	33433.29	123919.07	1.702086.6(786.2)	
6	S	20800.70	10508.41	58567.80	20800.81	21247.67	122468.84	2.072086.6(786.2)	
7	S	23454.46	14132.44	58965.86	23454.23	29493.78	124549.61	2.092086.6(786.2)	
8	S	22787.22	21962.36	58865.77	22787.01	45355.25	123675.65	2.082086.6(786.2)	
9	S	20800.70	10508.41	58567.80	20800.81	21247.67	122468.84	2.072086.6(786.2)	
10	S	20800.70	12127.20	58567.80	20800.83	24785.56	122411.14	2.072086.6(786.2)	
11	S	18712.94	11728.88	43176.14	18712.69	32240.28	120512.42	2.762086.6(786.2)	
12	S	17823.29	22168.77	43042.69	17823.27	60974.56	119161.03	2.742086.6(786.2)	
13	S	15174.59	9708.94	42645.39	15174.85	27056.73	117562.61	2.732086.6(786.2)	
14	S	17828.35	11223.90	56505.65	17828.35	23653.20	119905.65	2.112086.6(786.2)	
15	S	17828.35	11223.90	56505.65	17828.35	23653.20	119905.65	2.112086.6(786.2)	
16	S	17161.12	19053.81	56405.57	17161.00	40367.32	119038.48	2.102086.6(786.2)	
17	S	15174.59	9708.94	42645.39	15174.85	27056.73	117562.61	2.732086.6(786.2)	
18	S	17828.35	13332.97	43043.45	17828.43	37193.13	119668.79	2.752086.6(786.2)	
19	S	17161.12	21162.89	42943.37	17161.31	58449.20	118659.53	2.742086.6(786.2)	
20	S	15174.59	9708.94	32765.28	15174.32	34488.18	117438.17	3.542086.6(786.2)	
21	S	15338.48	4304.32	116569.10	15338.40	4854.54	118001.98	1.012086.6(786.2)	
22	S	15010.71	4304.32	116562.28	15010.84	4886.19	117717.55	1.012086.6(786.2)	
23	S	15730.88	12457.13	60437.97	15730.71	24426.96	118087.35	1.942086.6(786.2)	
24	S	15403.11	12457.13	60431.15	15403.12	23683.26	117814.41	1.942086.6(786.2)	
25	S	16245.08	4916.02	60465.70	16245.04	10105.04	118736.66	1.952086.6(786.2)	
26	S	15152.51	4916.02	60442.96	15152.66	9753.97	117793.33	1.942086.6(786.2)	

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 47 di 64
---	---

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.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
	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	1248.0	0.00260	201.5	1239.5	-0.01865	8.5	8.5
2	0.00350	210.0	1248.0	0.00270	201.5	1239.5	-0.01669	8.5	8.5
3	0.00350	210.0	1248.0	0.00251	201.5	1239.5	-0.02073	8.5	8.5
4	0.00350	210.0	1248.0	0.00255	201.5	1239.5	-0.01963	8.5	8.5
5	0.00350	210.0	1248.0	0.00262	201.5	1239.5	-0.01843	8.5	8.5
6	0.00350	210.0	1248.0	0.00251	201.5	1239.5	-0.02073	8.5	8.5
7	0.00350	210.0	1248.0	0.00260	201.5	1239.5	-0.01863	8.5	8.5
8	0.00350	210.0	1248.0	0.00268	201.5	1239.5	-0.01717	8.5	8.5
9	0.00350	210.0	1248.0	0.00251	201.5	1239.5	-0.02073	8.5	8.5
10	0.00350	210.0	1248.0	0.00253	201.5	1239.5	-0.02025	8.5	8.5
11	0.00350	210.0	1248.0	0.00254	201.5	1239.5	-0.02011	8.5	8.5
12	0.00350	210.0	1248.0	0.00269	201.5	1239.5	-0.01711	8.5	8.5
13	0.00350	210.0	1248.0	0.00244	201.5	1239.5	-0.02248	8.5	8.5
14	0.00350	210.0	1248.0	0.00247	201.5	1239.5	-0.02173	8.5	8.5
15	0.00350	210.0	1248.0	0.00247	201.5	1239.5	-0.02173	8.5	8.5
16	0.00350	210.0	1248.0	0.00257	201.5	1239.5	-0.01965	8.5	8.5
17	0.00350	210.0	1248.0	0.00244	201.5	1239.5	-0.02248	8.5	8.5
18	0.00350	210.0	1248.0	0.00256	201.5	1239.5	-0.01981	8.5	8.5
19	0.00350	210.0	1248.0	0.00267	201.5	1239.5	-0.01756	8.5	8.5
20	0.00350	210.0	1248.0	0.00250	201.5	1239.5	-0.02130	8.5	8.5
21	0.00350	210.0	1248.0	0.00223	201.5	1239.5	-0.02679	8.5	8.5
22	0.00350	210.0	1248.0	0.00222	201.5	1239.5	-0.02702	8.5	8.5
23	0.00350	210.0	1248.0	0.00243	201.5	1239.5	-0.02264	8.5	8.5
24	0.00350	210.0	1248.0	0.00242	201.5	1239.5	-0.02294	8.5	8.5
25	0.00350	210.0	1248.0	0.00232	201.5	1239.5	-0.02497	8.5	8.5
26	0.00350	210.0	1248.0	0.00228	201.5	1239.5	-0.02573	8.5	8.5

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	0.000105112	0.000000785	-0.019553680	----	----
2	0.000092968	0.000001172	-0.017485830	----	----
3	0.000116069	0.000000681	-0.021724147	----	----
4	0.000110620	0.000000677	-0.020574890	----	----
5	0.000103191	0.000000919	-0.019317133	----	----
6	0.000116069	0.000000681	-0.021724147	----	----
7	0.000104646	0.000000844	-0.019528425	----	----
8	0.000095651	0.000001127	-0.017992921	----	----
9	0.000116069	0.000000681	-0.021724147	----	----
10	0.000113216	0.000000755	-0.021218153	----	----
11	0.000111620	0.000000905	-0.021070015	----	----
12	0.000093656	0.000001405	-0.017920814	----	----

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 48 di 64
---	---

13	0.000124048	0.000000798	-0.023546185	----	----
14	0.000120731	0.000000732	-0.022766955	----	----
15	0.000120731	0.000000732	-0.022766955	----	----
16	0.000108365	0.000001064	-0.020584942	----	----
17	0.000124048	0.000000798	-0.023546185	----	----
18	0.000109489	0.000001005	-0.020746579	----	----
19	0.000096103	0.000001371	-0.018392234	----	----
20	0.000117190	0.000000955	-0.022302078	----	----
21	0.000149026	0.000000211	-0.028059327	----	----
22	0.000150152	0.000000214	-0.028299088	----	----
23	0.000125141	0.000000745	-0.023708847	----	----
24	0.000126744	0.000000724	-0.024019560	----	----
25	0.000138846	0.000000401	-0.026157736	----	----
26	0.000142741	0.000000381	-0.026951510	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /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	14451.76	80658.90	19465.56201.5	190.0	1247.9	2.500	1.049	77.7	104.7(0.0)
2	S	14456.93	80289.67	19417.66201.4	189.5	1247.4	2.500	1.048	78.0	104.7(0.0)
3	S	14450.06	80457.70	19553.48201.5	190.9	1247.8	2.500	1.042	77.4	104.7(0.0)
4	S	15665.31	80650.66	19499.25201.5	190.3	1247.8	2.500	1.048	84.1	104.7(0.0)
5	S	15668.19	80406.25	19476.33201.4	190.1	1247.1	2.500	1.046	84.2	104.7(0.0)
6	S	14450.06	80457.70	19553.48201.5	190.9	1247.8	2.500	1.042	77.4	104.7(0.0)
7	S	14453.90	80556.44	19473.27201.4	190.1	1248.0	2.500	1.048	77.7	104.7(0.0)
8	S	14458.37	80277.21	19440.82201.4	189.8	1247.4	2.500	1.046	77.9	104.7(0.0)
9	S	14450.06	80457.70	19553.48201.5	190.9	1247.8	2.500	1.042	77.4	104.7(0.0)
10	S	14451.89	80421.73	19543.42201.5	190.8	1247.9	2.500	1.042	77.4	104.7(0.0)
11	S	10278.14	80172.68	19560.02201.4	190.9	1248.0	2.500	1.038	55.0	104.7(0.0)
12	S	10284.43	79663.60	19490.58201.4	190.3	1246.7	2.500	1.036	55.3	104.7(0.0)
13	S	10276.54	79964.00	19647.78201.5	191.8	1247.8	2.500	1.031	54.8	104.7(0.0)
14	S	11491.16	80209.49	19606.30201.5	191.4	1247.8	2.500	1.036	61.4	104.7(0.0)
15	S	11491.16	80209.49	19606.30201.5	191.4	1247.8	2.500	1.036	61.4	104.7(0.0)
16	S	11494.69	79900.74	19565.97201.4	191.0	1247.2	2.500	1.035	61.5	104.7(0.0)
17	S	10276.54	79964.00	19647.78201.5	191.8	1247.8	2.500	1.031	54.8	104.7(0.0)
18	S	10280.90	79989.42	19563.05201.4	191.0	1247.1	2.500	1.036	55.0	104.7(0.0)
19	S	10286.50	79693.90	19508.92201.4	190.4	1247.6	2.500	1.035	55.2	104.7(0.0)
20	S	8494.83	79870.87	19622.03201.4	191.5	1248.0	2.500	1.031	45.3	104.7(0.0)
21	S	18819.93	80297.44	19716.02201.5	192.5	1248.3	2.500	1.031	100.0	104.7(0.0)
22	S	18819.94	80275.79	19723.41201.5	192.5	1248.3	2.500	1.030	99.9	104.7(0.0)
23	S	11876.11	80037.88	19645.21201.5	191.8	1247.8	2.500	1.032	63.3	104.7(0.0)
24	S	11875.79	80018.35	19653.45201.5	191.8	1247.8	2.500	1.031	63.3	104.7(0.0)
25	S	11869.73	80249.32	19680.69201.5	192.1	1247.6	2.500	1.033	63.2	104.7(0.0)
26	S	11869.61	80230.53	19703.06201.5	192.3	1248.5	2.500	1.031	63.1	104.7(0.0)

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 49 di 64
---	---

COMBINAZIONI RARE 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.
	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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre							
	As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure							
1	S	5.32	210.0	1248.0	-118.4	8.5	8.5	39902	1391.0
2	S	5.41	210.0	1248.0	-113.1	8.5	8.5	39820	1391.0
3	S	5.67	210.0	1248.0	-119.1	8.5	8.5	39024	1391.0
4	S	5.28	210.0	1248.0	-119.2	8.5	8.5	39688	1391.0
5	S	6.59	210.0	1248.0	-154.6	8.5	8.5	39613	1391.0
6	S	6.79	210.0	1248.0	-159.3	8.5	8.5	39919	1391.0
7	S	5.28	210.0	1248.0	-119.2	8.5	8.5	39688	1391.0
8	S	5.43	210.0	1248.0	-115.5	8.5	8.5	39872	1391.0
9	S	5.63	210.0	1248.0	-120.0	8.5	8.5	39292	1391.0
10	S	4.39	210.0	1248.0	-90.0	8.5	8.5	39828	1391.0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.96	210.0	1248.0	-104.0	8.5	8.5	38626	1391.0
2	S	5.15	210.0	1248.0	-108.4	8.5	8.5	39863	1391.0
3	S	4.86	210.0	1248.0	-108.5	8.5	8.5	37511	1391.0
4	S	5.84	210.0	1248.0	-134.9	8.5	8.5	37924	1391.0
5	S	5.99	210.0	1248.0	-138.4	8.5	8.5	39596	1391.0
6	S	4.86	210.0	1248.0	-108.5	8.5	8.5	37511	1391.0
7	S	4.98	210.0	1248.0	-105.7	8.5	8.5	39112	1391.0
8	S	5.12	210.0	1248.0	-109.0	8.5	8.5	39838	1391.0
9	S	4.86	210.0	1248.0	-108.5	8.5	8.5	37511	1391.0
10	S	4.16	210.0	1248.0	-85.0	8.5	8.5	38686	1391.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
	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]									
1	S	-0.00056	0	0.500	26.0	72	0.00031 (0.00031)	368	0.115 (0.30)	3883.98	44362.41
2	S	-0.00058	0	0.500	26.0	72	0.00033 (0.00033)	371	0.121 (0.30)	10414.46	42540.63
3	S	-0.00058	0	0.500	26.0	72	0.00033 (0.00033)	364	0.118 (0.30)	2501.33	43646.91

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 50 di 64
---	---

4	S	-0.00072	0	0.500	26.0	72	0.00040 (0.00040)	365	0.148 (0.30)	2857.65	42958.67
5	S	-0.00074	0	0.500	26.0	72	0.00042 (0.00042)	371	0.154 (0.30)	6893.40	41874.79
6	S	-0.00058	0	0.500	26.0	72	0.00033 (0.00033)	364	0.118 (0.30)	2501.33	43646.91
7	S	-0.00057	0	0.500	26.0	72	0.00032 (0.00032)	369	0.117 (0.30)	4901.50	43855.97
8	S	-0.00058	0	0.500	26.0	72	0.00033 (0.00033)	371	0.121 (0.30)	9766.91	42505.44
9	S	-0.00058	0	0.500	26.0	72	0.00033 (0.00033)	364	0.118 (0.30)	2501.33	43646.91
10	S	-0.00046	0	0.500	26.0	72	0.00025 (0.00025)	368	0.094 (0.30)	4028.91	44773.31

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	5.11	210.0	1248.0	-116.6	8.5	8.5	37557	1391.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00062	0	0.500	26.0	72	0.00038 (0.00035)	364	0.138 (0.20)	2541.21	43258.12

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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 51 di 64</p>
--	---

Generali			
Altezza muro frontale	Hm	6.18	m
spessore muro andatore	ba	1.50	m
Altezza paraghiaia	Hp	4.9	m
Peso terreno	γ_t	20	kN/m ³
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.072	
Sovraccarico accidentale sul rilevato	qacc	20	kN/m ²
k0		0.426	
Altezza muro andatore		11.08	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	ba	9.85	m
Lunghezza lungo asse Y	Lm	12.48	m
Sovraccarico accidentale sul rilevato diffuso su Lm	q	20.0	kN/m ²
Combinazione rara			
Spinta Terrapieno	S1	94.5	kPa
Spinta Sovraccarico q	S2	8.5	kPa
Combinazione sismica SLV			
Spinta sismica Terrapieno	S1	16.0	kPa
Spinta Sismica Sovraccarico q	S2	0.0	kPa
Inerzia terrapieno	S3	18.0	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^-	-1267	kNm/m	M_x^-	-938	kNm/m
M_y^+	296	kNm/m	M_y^+	219	kNm/m
M_y^-	-1993	kNm/m	M_y^-	-1476	kNm/m
T_x^+	438	kN/m			
T_x^-	-40	kN/m			
T_y^+	932	kN/m			
T_y^-	-40	kN/m			

ANAS S.p.A. 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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 52 di 64
--	--

Combinazioni S.L.SISMA		
M+x	169	kNm/m
M-x	-1811	kNm/m
M+y	313	kNm/m
M-y	-2359	kNm/m
T+x	597	kN/m
T-x	-55	kN/m
T+y	1051	kN/m
T-y	-55	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 ϕ 10/mq.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto f_{cd} :	18.800	MPa
	Resis. compr. ridotta f_{cd}' :	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza $ec2$:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale E_c :	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione f_{ctm} :	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. f_{yk} :	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura f_{tk} :	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto f_{yd} :	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto f_{td} :	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto E_{pu} :	0.068	
	Modulo Elastico E_f	2000000	daN/cm ²
	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

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 53 di 64
---	---

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

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	415.50	296.12	932.00
2	415.50	-1993.00	-40.00
3	415.50	313.00	1051.00
4	415.50	-2359.00	-55.00

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	415.50	219.00	0.00
2	415.50	-1476.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 54 di 64
---	---

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	415.50	296.12	415.48	1717.63		
5.95	79.6(45.0)						
2	S	415.50	-1993.00	415.77	-3088.30		
1.55	79.6(45.0)						
3	S	415.50	313.00	415.48	1717.63		
5.62	79.6(45.0)						
4	S	415.50	-2359.00	415.77	-3088.30		
1.31	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	-0.05045	-41.0	9.0
2	0.00350	-50.0	0.0	0.00103	-41.0	9.0	-0.03514	-41.0	141.0
3	0.00350	-50.0	150.0	0.00006	-41.0	141.0	-0.05045	-41.0	9.0
4	0.00350	-50.0	0.0	0.00103	-41.0	9.0	-0.03514	-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	0.000382614	-0.053892042	----	----
2	0.000000000	-0.000274050	0.003500000	----	----
3	0.000000000	0.000382614	-0.053892042	----	----
4	0.000000000	-0.000274050	0.003500000	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 55 di 64
---	---

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 ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /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	932.00	4517.33	1055.21146.3	137.3	100.0	2.500	1.015	6.9	7.9(0.0)	
2	S	40.00	4469.66	1044.08144.9	135.9	100.0	2.500	1.015	0.3	7.9(0.0)	
3	S	1051.00	4517.33	1055.21146.3	137.3	100.0	2.500	1.015	7.8	7.9(0.0)	
4	S	55.00	4469.66	1044.08144.9	135.9	100.0	2.500	1.015	0.4	7.9(0.0)	

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] 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	0.83	-50.0	150.0	-6.9	-41.0	9.0	2000	26.5
2	S	5.48	-50.0	0.0	-181.2	-31.9	141.0	2200	53.1

4.8.4 Zattera di fondazione

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

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta:

$$N_{max} = 7469 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{max} = 1110 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$N_{max} = 6706 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{max} = 1295 \text{ kN (CC. SLV)}$$

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 56 di 64</p>
--	---

- Unghia anteriore platea fondazione

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

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

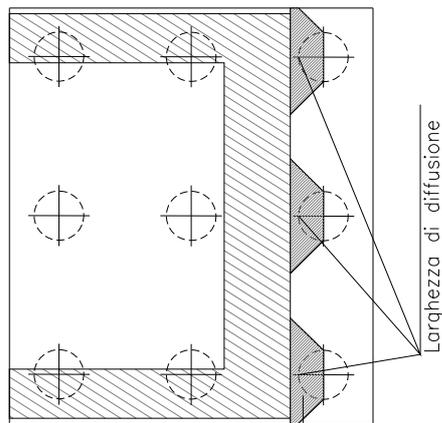
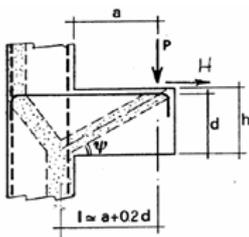


Figura 4.5. Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



P,H : Carichi Esterni di Progetto (P_{Ed}, H_{Ed})

P_R : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica

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

P_{Rc} : 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 $\frac{P_R}{P_{Rc}} \geq P_{Rs}$

<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>Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI02_STR_RE02_A.doc</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 57 di 64</p>
--	---

Dati di progetto

$b(m) =$	2.50	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	7469.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	1110.00	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
$\delta(m) =$	0.12	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	2.38	m	altezza utile
$l(m) =$	1.48	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	0.69		$\lambda = ctg\psi \cong l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura) ▼

$c(m) =$ **1.00**

Caratteristiche Materiali

$f_{cd} =$	14.1	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	391.0	MPa	Acciaio

Caratteristiche Armature di Progetto

<u>Registro tipo</u> R1							
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	22.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	380.13	$nb\ tot\ 1 =$	25.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	9503.31	$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$	9503.31
<u>Registro tipo</u> R2							
$n^{\circ} R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	22.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	380.13	$nb\ tot\ 2 =$	25.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	9503.31	$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$	9503.31
<u>Registro tipo</u> R3							
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	24.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$	0.967	rad	$=$	55.43	$^{\circ}$
$P_{RS} =$	9174.0	KN	$P_{RS} > P_{Ed}$ - Verifica Soddisfatta		
$P_{RC} =$	22753.9	KN	$P_{RC} > P_{RS}$ - Verifica Soddisfatta		

4.8.5 Palo di fondazione

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

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

$M = T * \alpha$

$\alpha = 2.48$ (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Ty,A [kN]
7469	2752	1110
1438	2752	1110
6706	3211	1295
-172	3211	1295

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare $\phi 120$ cm

$A_s = 28 + 28 \phi 26$ staffe $\phi 12/20$

La lunghezza del palo è pari a $L = 26.00$ m.

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

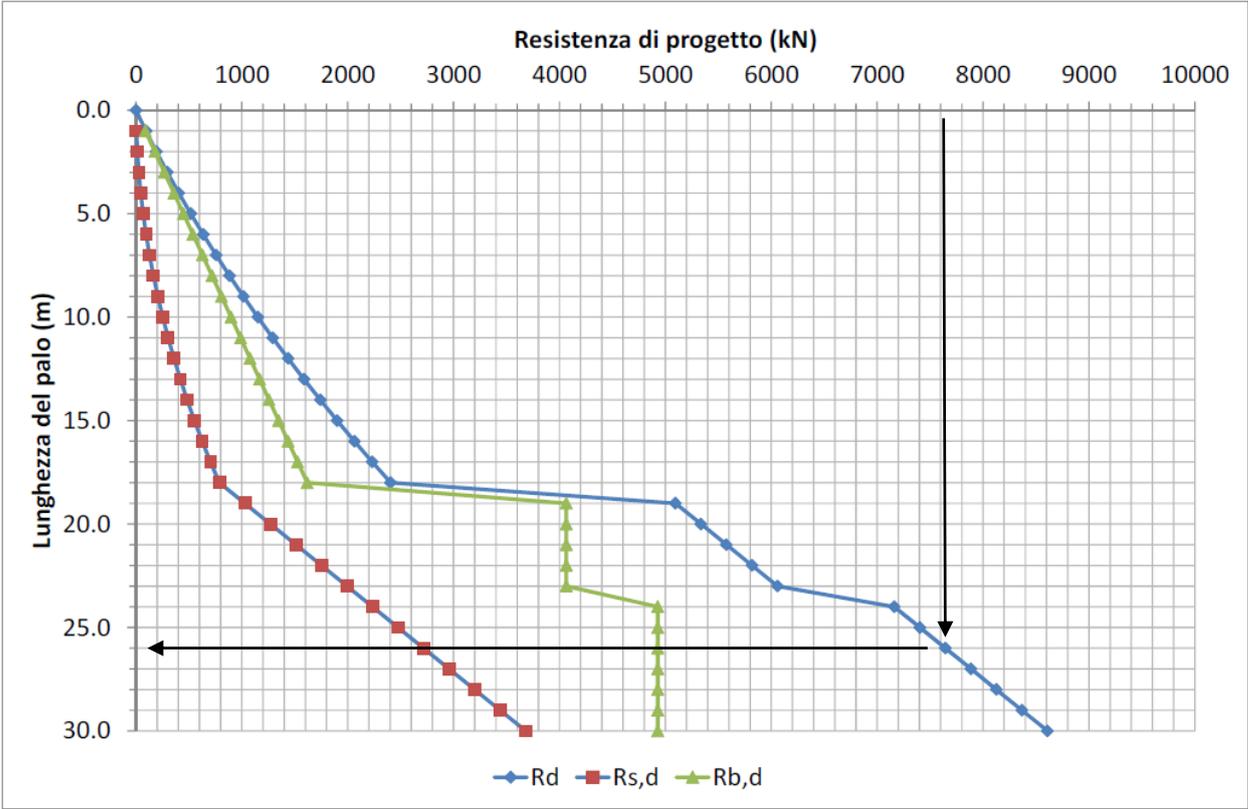


Tabella 4.9 – Portanza verticale pali.

F.S. $\approx 7'600/7'469 = 1.02$ (verifica geotecnica)

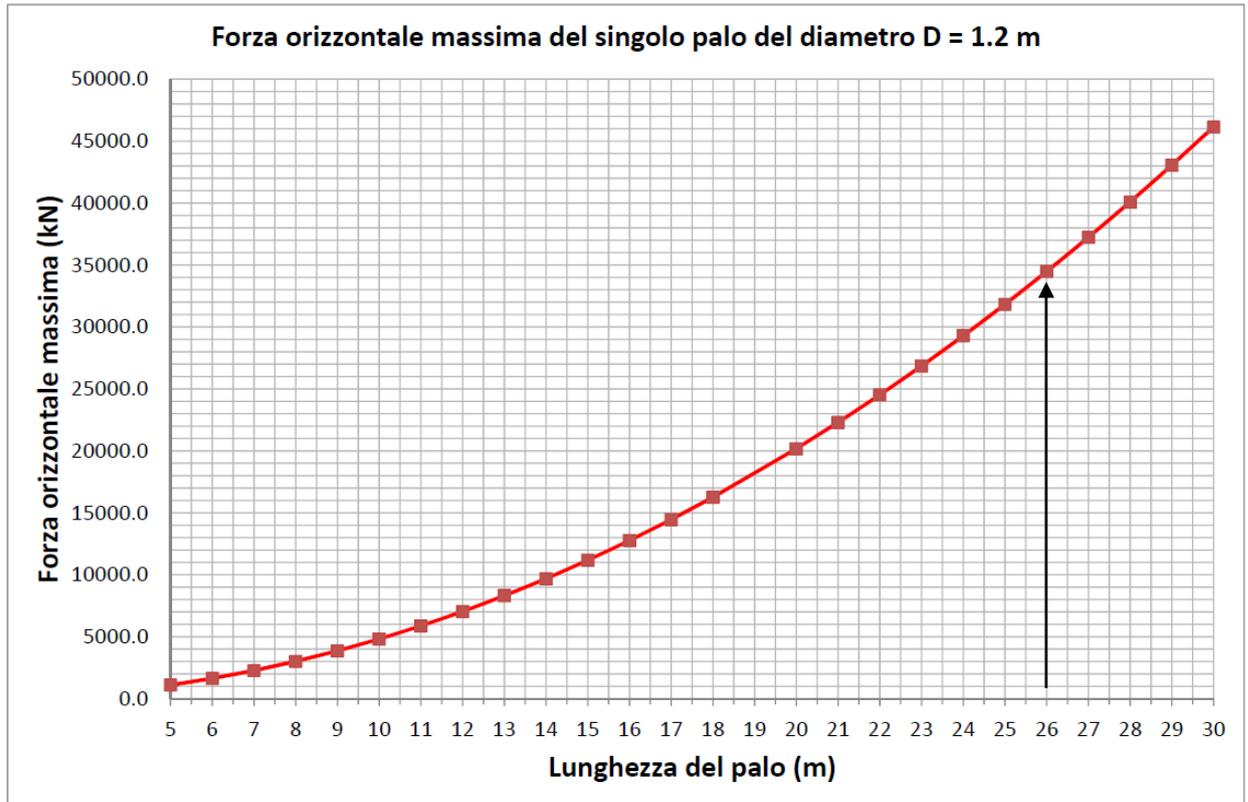


Tabella 4.10 – Portanza orizzontale pali.

F.S. $\approx 35'000/1'295 = 27.03$ (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 ² 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

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 60 di 64
---	---

Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30
Raggio circ.:	60.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	50.0	28	26
2	0.0	0.0	45.0	28	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	7469.00	2752.00	1110.00
2	1438.00	2752.00	1110.00
3	6706.00	3211.00	1295.00
4	-172.00	3211.00	1295.00

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	5296.00	1867.00	0.00

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 61 di 64
---	---

2 1600.00 1867.00 0.00

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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	5022.00	1784.00 (1187.35)	0.00 (0.00)
2	1768.00	1784.00 (772.78)	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	5022.00	1784.00 (1187.35)	0.00 (0.00)
2	1768.00	1784.00 (772.78)	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	7469.00	2752.00	7468.95	5047.07	1.83	297.3(33.9)
2	S	1438.00	2752.00	1438.10	4669.49	1.70	297.3(33.9)
3	S	6706.00	3211.00	6705.81	5069.68	1.58	297.3(33.9)
4	S	-172.00	3211.00	-172.11	4350.57	1.35	297.3(33.9)

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.)

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 62 di 64
---	---

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	0.00296	0.0	50.0	-0.00248	0.0	-50.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00271	0.0	50.0	-0.00514	0.0	-50.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00294	0.0	50.0	-0.00271	0.0	-50.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00261	0.0	50.0	-0.00631	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	0.000054374	0.000237586	----	----
2	0.000000000	0.000078584	-0.001215020	----	----
3	0.000000000	0.000056496	0.000110211	----	----
4	0.000000000	0.000089201	-0.001852034	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[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.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z						
bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff							
1	S	1110.00	2331.57	1489.14	91.8 70.8	107.9	2.500	1.250	16.0	21.5(0.0)	
2	S	1110.00	2272.13	1647.33	92.4 78.4	109.0	2.500	1.090	14.5	21.5(0.0)	
3	S	1295.00	2367.00	1507.23	91.8 71.7	108.2	2.500	1.250	18.5	21.5(0.0)	
4	S	1295.00	2117.46	1703.30	93.3 81.0	107.0	2.500	1.000	16.3	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)
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)

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 Viadotto VI02 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI02_STR_RE02_A. doc Data: Agosto 2020 Pag. 63 di 64
---	---

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	11.60	0.0	0.0	-67.0	0.0	-50.0	645	15.9
2	S	10.84	0.0	0.0	-173.3	0.0	-50.0	1422	63.7

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	11.07	0.0	0.0	-64.9	0.0	-50.0	645	15.9
2	S	10.41	0.0	0.0	-157.3	0.0	-50.0	1376	63.7

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

Ver.	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.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00043	0	0.500	26.0	87	0.00019 (0.00019)	475	0.092 (0.40)	1187.35	0.00
2	S	-0.00093	0	0.500	26.0	87	0.00057 (0.00047)	391	0.224 (0.40)	772.78	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	11.07	0.0	0.0	-64.9	0.0	-50.0	645	15.9
2	S	10.41	0.0	0.0	-157.3	0.0	-50.0	1376	63.7

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00043	0	0.500	26.0	87	0.00019 (0.00019)	475	0.092 (0.30)	1187.35	0.00
2	S	-0.00093	0	0.500	26.0	87	0.00064 (0.00047)	391	0.252 (0.30)	772.78	0.00

Nella condizione sismica si ha una combinazione di carico in cui uno dei pali della fondazione è soggetto a sforzi di trazione con valore $N = -172 \text{ kN}$.

Dalla relazione geotecnica risulta, per una lunghezza palo pari ad $L=26.0\text{m}$ un valore di resistenza a trazione di molto superiore alla sollecitazione di calcolo.

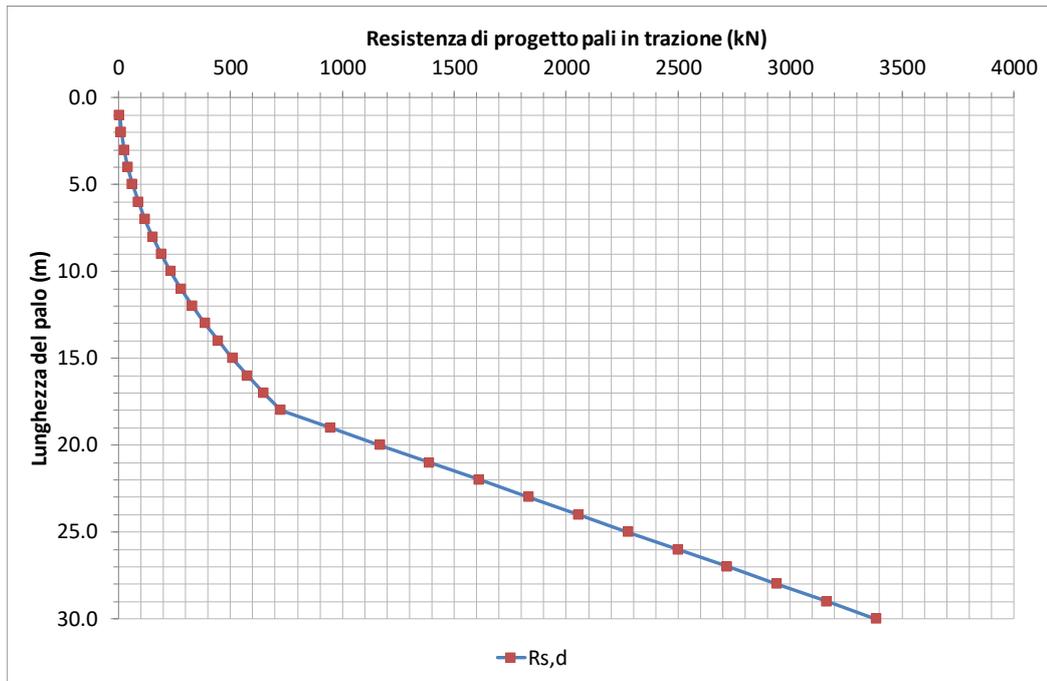


Figura 4.6. determinazione della capacità portante verticale del palo singolo in trazione.