

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
Ing. M. MARELLI Geom. M. BINAGLIA
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 VI05 Relazione di calcolo spalla

CODICE PROGETTO

PROGETTO

D P C A 2 2

LIV. PROG.

D

N. PROG.

2 0 0 2

NOME FILE

T00_VI05_STR_RE02_A

REVISIONE

PAG.

CODICE ELAB.

T 0 0

V I 0 5

S T R

R E 0 2

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</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	5
3	MATERIALI	6
3.1	VERIFICA S.L.E.	7
3.1.1	Verifiche alle tensioni	8
3.1.2	Verifiche a fessurazione	8
4	ANALISI E VERIFICHE SPALLA	10
4.1	GENERALITÀ	10
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE	10
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO	10
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA	14
4.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA	15
4.6	ANALISI DEI CARICHI	17
4.6.1	Peso proprio elementi strutturali	17
4.6.2	Carichi trasmessi dall'impalcato	17
4.6.3	Azione del Vento	18
4.6.4	Carichi da traffico verticali	19
4.6.5	Carichi da traffico orizzontali	20
4.6.6	Spinta statica del terrapieno	20
4.6.7	Sovraccarico sul terrapieno	21
4.6.8	Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche	21
4.6.9	Azione sismica	22
4.6.10	Inerzie strutturali	24
4.6.11	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali	24
4.6.12	Riepilogo risultati	25
4.7	SOLLECITAZIONI	29
4.7.1	Muro paraghiaia	29
4.7.2	Muro frontale	31
4.7.3	Plinto di fondazione	33
4.7.4	Pali di fondazione	35
4.8	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	36
4.8.1	Paraghiaia	36
4.8.2	Muro frontale	43

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 3 di 64</p>
--	---

4.8.3	Muro andatore	52
4.8.4	Zattera di fondazione	56
4.8.5	Palo di fondazione	58

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</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.

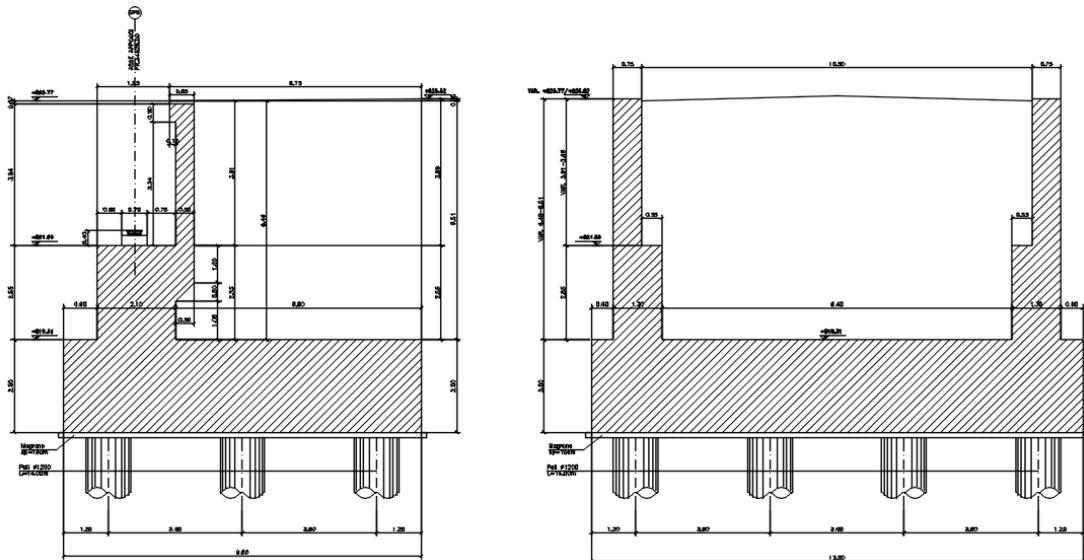
La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto VI05. In particolare si tratterà la spalla B che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

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

1.2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto è a campata singola di 40 m di luce; l'impalcato è costituito da un sistema misto acciaio-calcestruzzo composto da 3 travi in carpenteria metallica e soletta superiore in c.a. collaborante.

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



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Viadotto VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 5 di 64</p>
--	---

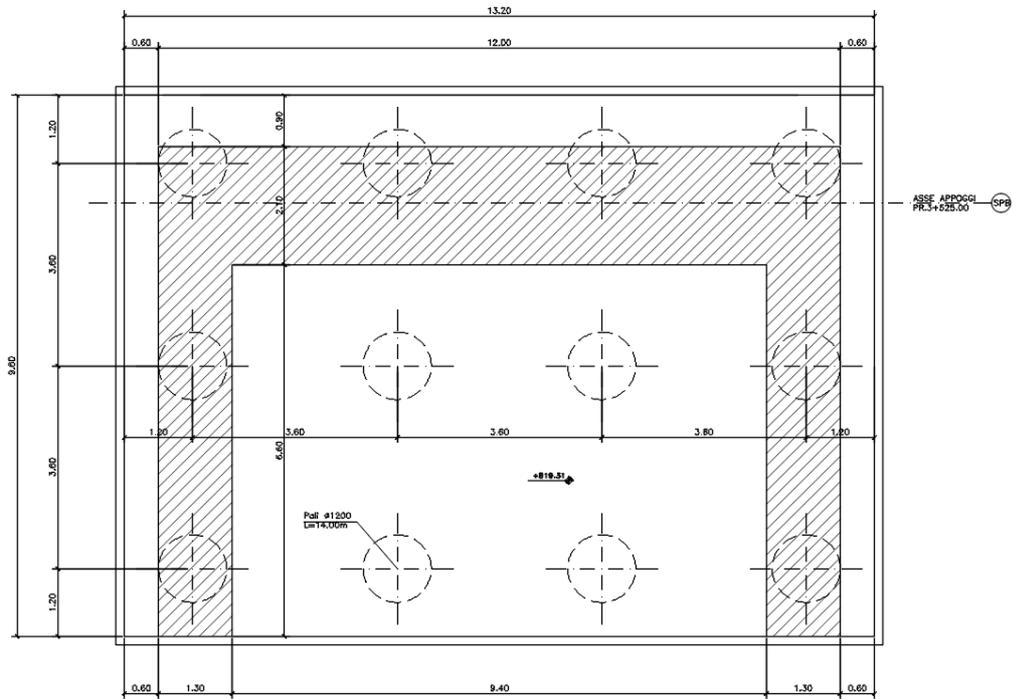


Figura 1.1. Sezione trasversale e pianta

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Viadotto VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 6 di 64</p>
--	--

- 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

3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

Calcestruzzo per fondazioni e pali

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 7 di 64</p>
--	---

<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 $(A_{gt})_k > 7.5\%$

3.1 VERIFICA S.L.E.

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

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 8 di 64
--	---

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

Risultando:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Si adotterà pertanto:

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A.</p> <p style="text-align: center;">S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p style="text-align: center;">DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Viadotto VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 9 di 64</p>
--	---

- 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 – 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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</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 1.30 m. L'altezza della spalla **B** (escluso paraghiaia) è pari a 2.55 m.

La spalla ha in testa un paraghiaia di spessore 0.5 m ed altezza di circa 4.00 m dalla testa muro frontale.

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

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

Per le verifiche dei singoli elementi della spalla (pali, platea di fondazione ed elevazioni) è stata effettuata un'analisi dei carichi agenti sul piano appoggi e allo 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 – 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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A 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_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	γ_{e2} , γ_{e3} , γ_{e4}	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

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 12 di 64
--	--

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 sotto-strutture e, quindi, alle verifiche strutturali.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Viadotto VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</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

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 15 di 64</p>
--	--

4.5 GEOMETRIA DELLA SPALLA

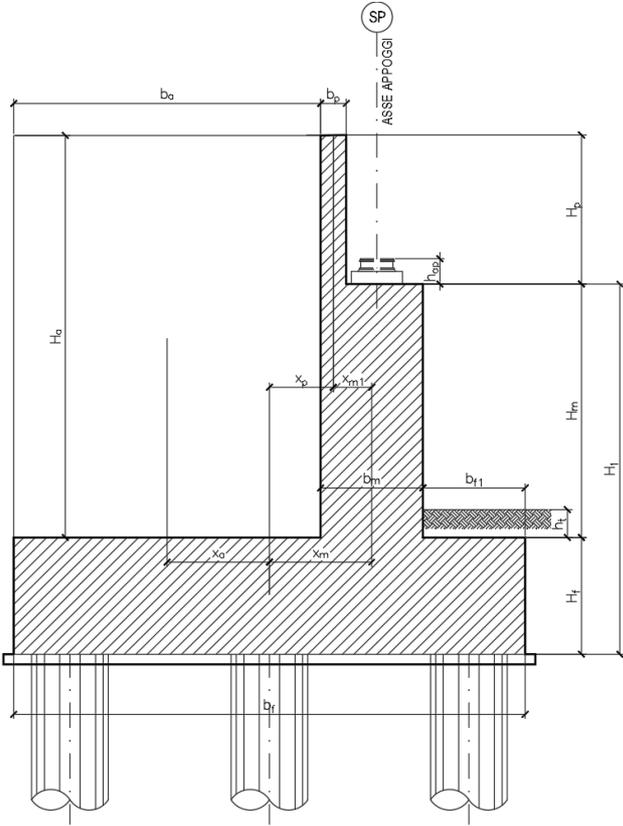


Figura 4.1. Significato dei simboli: sezione tipologica

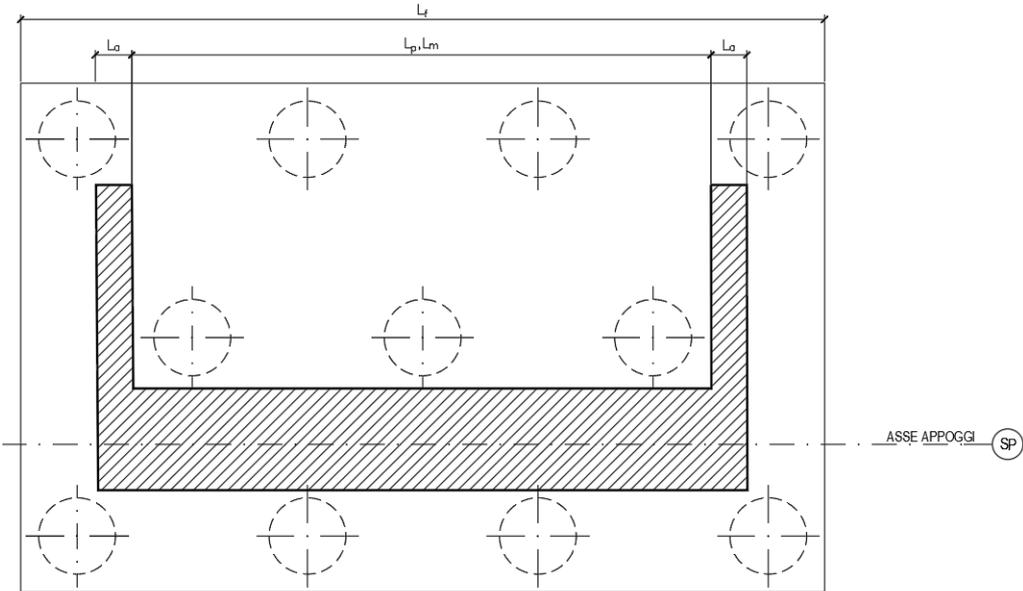


Figura 4.2. Significato dei simboli: pianta tipologica

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Viadotto VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</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	5.45	m
Paraghiaia			
Altezza	H_p	4.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	10.50	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		10.50	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	1.55	m
Muro frontale			
Altezza	H_m	2.55	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	2.10	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	9.40	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	2.85	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	x_{m1}	-1.30	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.05	m
Plinto			
Altezza	H_f	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	13.20	m
Mensola anteriore plinto	b_{f1}	0.90	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		2.90	m
Muro andatore			
Altezza	H_a	6.55	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	L_a	1.30	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	b_a	6.25	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_a	-1.67	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (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.

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 17 di 64
--	--

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	40	m
Peso Proprio	G1	170	kN/m
Permanenti portati	G2	60	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	3	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	1133.3	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	400.0	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	1133			1133			1133			0.00
Permanenti G2	400			400			400			0.00
										0.00
Comb. Nmax Q1	560			1200			410			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura		156			156			156		3.50
Comb. Nmax Q4 centrifuga										3.50
Comb. Nmax Q folla										0.00
Comb. MTmax Q1	1131			643			-64			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura		156			156			156		3.50
Comb. MTmax Q4 centrifuga										3.50
Comb. MTmax Q folla										0.00
Comb. MLmax Q1										0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura										3.50
Comb. MLmax Q4 centrifuga										3.50
Comb. MLmax Q folla										0.00
Vento Ponte Scarico						248				3.50
Vento Ponte Carico						353				3.50
Attrito permanente		46	46		46	46		46	46	0.00
Attrito carichi mobili		34	34		36	36		12	12	0.00
Sisma longitudinale		221			221			221		3.50
Sisma trasversale			110			110			110	3.50
Sisma verticale	55			55			55			0.00

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A 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)	$v_b = v_{b0} * (1 + k_s(as/ao - 1))$	29.64266667	29.64266667	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	100	100	anni
	α_R	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	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	0.59	0.59	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		>750	>750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	

Vento su impalcato

Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	10	10	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.35	2.35	
Larghezza impalcato	b	12	12	m
Altezza impalcato	h1	3.5	3.5	m
Altezza veicoli o parapetto	h2	1.5	3	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicoli)	dtot	5	6.5	m
Rapporto di forma	b/dtot	2.40	1.85	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.78	1.95	

Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.59	0.59	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.35	2.35	
Coefficiente di forza	cfx	1.78	1.95	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	5	6.5	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	12.4	17.6	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.48	2.72	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	12.4	17.6	kN/m

Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	12.4		kN/m
Luce impalcato	L	40		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	248		kN/m

Vento impalcato a ponte carico

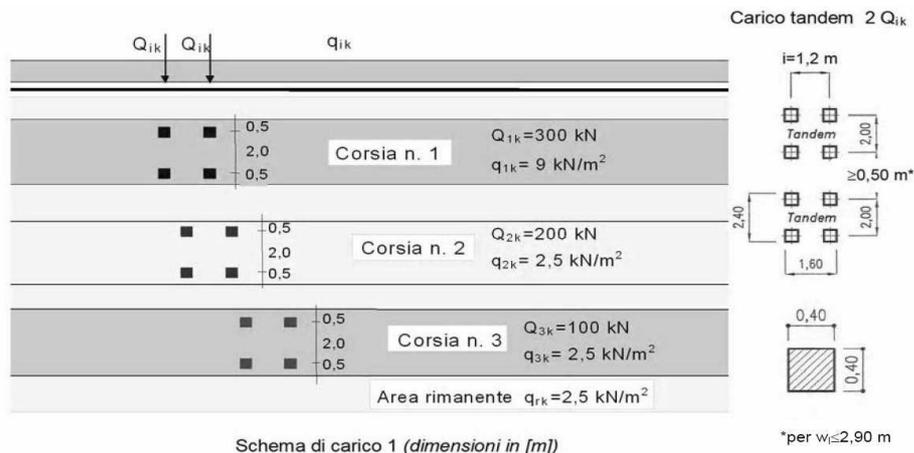
Forza statica equivalente	f	17.6		kN/m
Luce impalcato	L	40		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	353		kN/m

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 19 di 64
--	--

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.



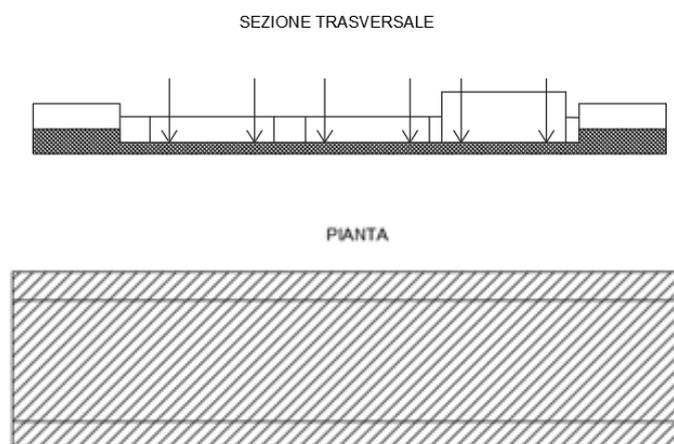
Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

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 $q = 5$ kN/mq.

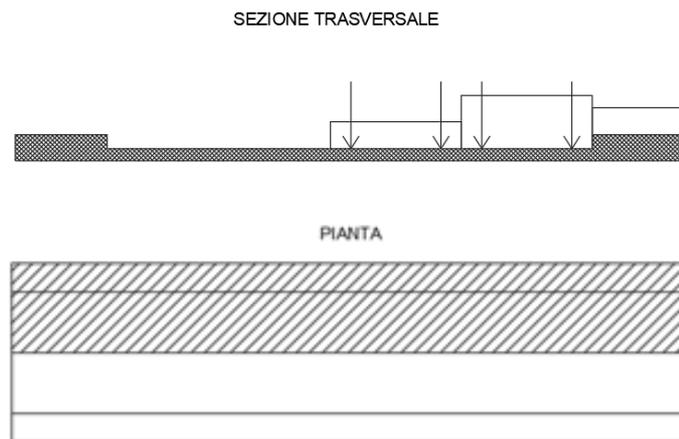
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

- 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 – 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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</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	40	m
q3	468	kN
q3 (filtrata)	468	kN

Centrifuga		
Raggio planimetrico	10000	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	0	kN

4.6.6 Spinta statica del terrapieno

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

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno di peso specifico 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 $K_0 = 1 - \sin \phi'$

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

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Viadotto VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 21 di 64</p>
--	--

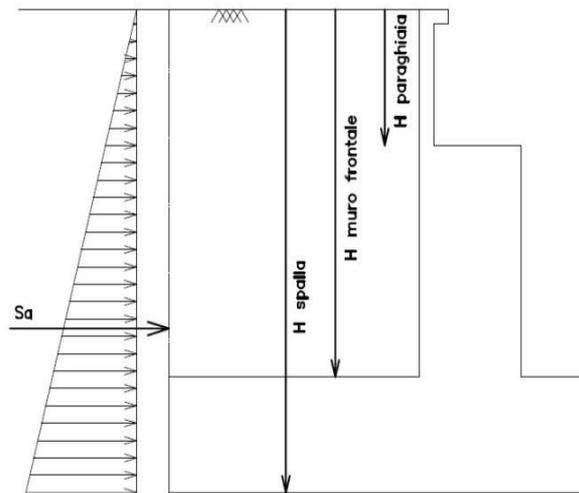


Figura 4.3. Spinta statica terreno di riempio

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:

$$S_q = q * H * K_0$$

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

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Viadotto VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 22 di 64</p>
--	--

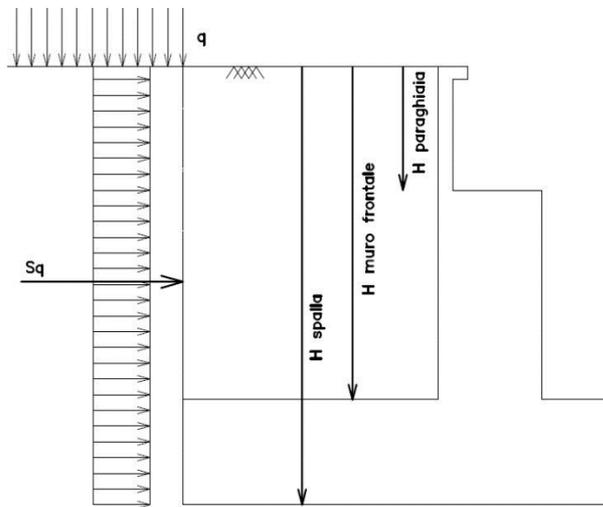


Figura 4.4. Spinta statica sovraccarico accidentale

4.6.9 Azione sismica

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

- Azioni sismiche sulla Spalla

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

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v W$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p>Viadotto VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</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 .

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 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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</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

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

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

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI 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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 25 di 64</p>
--	--

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

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

4.6.12 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

PARAGHIAIA

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		Fz	Fx	Fy	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	525			0.00	0.00	2.00	0	0
Rinterro	g3		716		0.00	0.00	1.33	0	955
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	4.00	0	720
Sovr. acc. sul rilevato			358		0.00	0.00	2.00	0	716

cond sismica x

Descrizione carico		Fz	Fx	Fy	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	38	0	0.00	0.00	2.00	0	76
Rinterro	Inerzia		378				2.00	0	756
	Sovrappinta		276				2.00	0	553
Rinterro [totale]			654					0	1309
Sovr. acc. sul rilevato			358		0.00	0.00	2.00	0	716
Totale generale			1050					0	2101

cond sismica y

Descrizione carico		Fz	Fx	Fy	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	0	38	0.00	0.00	2.00	76	0

cond sismica vert

Descrizione carico		Fz	Fx	Fy	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	19	0	0	0.00	0.00	2.00	0	0

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 26 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	525	0	0	-1.30		4.55	0	-683
Muro frontale	g1	1607	0	0			1.28	0	0
Totale Permanenti		2132	0	0				0	-683
Rinterro	g3		2195	0			2.18	0	4793
Sovr. acc. sul rilevato			587	0			3.28	0	1921

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		38		-1.30	0.00	4.55	0	172
Muro frontale	q6		116		0.00	0.00	1.28	0	147
Rinterro	Inerzia		554				3.28	0	1815
	Sovraspinta		741				3.28	0	2428
Rinterro [totale]			1295					0	4243
Sovr. acc. sul rilevato			587				3.28	0	1921
Totale generale			2035					0	6483

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			38	-1.30	0.00	4.55	172	0
Muro frontale	q6			116	0.00	0.00	1.28	147	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
Totale generale				153				319	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	19			-1.30	0.00	4.55	0	-25
Muro frontale	q6	58			0.00	0.00	1.28	0	0
Totale generale		77						0	-25

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 27 di 64</p>
--	--

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	525			1.55	0.00	7.05	0	814
Muro frontale	g1	1607			2.85	0.00	3.78	0	4579
Plinto	g1	7920			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	2661			-1.67	0.00	5.78	0	-4444
Totale Permanenti		12712						0	949
Rinterro	g3	7696			-1.67	0.00	5.78	0	-12853
Ricop. Plinto	g3	530			1.67	0.00	3.00	0	886
Sovr. acc. sul rilevato		1313			-1.67	0.00	9.05	0	-2192
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		4191		-1.67	0.00	3.02	0	12643
Sovr. acc. sul rilevato			810		0.00	0.00	4.53	0	3667

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	q6		38		1.55	0.00	7.05	0	266
Muro frontale	q6		116		2.85	0.00	3.78	0	437
Plinto	q6		570		0.00	0.00	1.25	0	713
Muri andatori	q6		192		-1.67	0.00	5.78	0	1106
Rinterro	Inerzia		554		-1.67	0.00	5.78	0	3200
	Sovraspinta		1415		-1.67	0.00	4.53	0	6404
Rinterro [totale]			1969				5.78	0	9604
Sovr. acc. sul rilevato			810		-1.67		5.78	0	3667
Totale generale			3695						15794

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 28 di 64</p>
--	--

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			38	1.55	0.00	7.05	266	0
Muro frontale	q ₆			116	2.85	0.00	3.78	437	0
Plinto	q ₆			570	0.00	0.00	1.25	713	0
Muri andatori	q ₆			192	-1.67	0.00	5.78	1106	0
Rinterro	Inerzia			554	0.00		5.78	3200	0
	Sovrappinta			212			4.53	958	0
Rinterro [totale]				766				4158	0
Sovr. acc. sul rilevato				810	-1.67		9.05	7334	0
Totale generale				2492				14015	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	19			1.55	0.00	7.05	0.00	29
Muro frontale	q ₆	58			2.85	0.00	3.78	0.00	165
Plinto	q ₆	285			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Muri andatori	q ₆	96			-1.67	0.00	5.78	0.00	-160
Rinterro	q ₆	277			-1.67	0.00	0.00	0.00	-463
Ricop. Plinto	q ₆	19			1.67	0.00	3.00	0.00	32
Totale generale		754						0.00	-397

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A 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	870	1550	0	0	2894
A2 - SLU - MT max gr.1	870	1550	0	0	2894
A2 - SLU - ML max gr.1	870	1550	0	0	2894
A2 - SLU - N max gr.2	870	1550	0	0	2894
A2 - SLU - MT max gr.2	870	1550	0	0	2894
A2 - SLU - ML max gr.2	870	1550	0	0	2894
A2 - SLU - N max gr.3	870	1550	0	0	2894
A2 - SLU - MT max gr.3	870	1550	0	0	2894
A2 - SLU - ML max gr.3	870	1550	0	0	2894
A2 - SLU - Vento ponte scarico	525	931	0	0	1242
A2 - SLU - N max gr.1	870	1335	0	0	2607
A2 - SLU - MT max gr.1	870	1335	0	0	2607
A2 - SLU - ML max gr.1	870	1335	0	0	2607
A2 - SLU - N max gr.2	870	1335	0	0	2607
A2 - SLU - MT max gr.2	870	1335	0	0	2607
A2 - SLU - ML max gr.2	870	1335	0	0	2607
A2 - SLU - N max gr.3	870	1335	0	0	2607
A2 - SLU - MT max gr.3	870	1335	0	0	2607
A2 - SLU - ML max gr.3	870	1335	0	0	2607
A2 - SLU - Vento ponte scarico	525	716	0	0	955
A1 - SLU - N max gr.1	1114	1801	0	0	3372
A1 - SLU - MT max gr.1	1114	1801	0	0	3372
A1 - SLU - ML max gr.1	1114	1801	0	0	3372
A1 - SLU - N max gr.2	1114	1801	0	0	3372
A1 - SLU - MT max gr.2	1114	1801	0	0	3372
A1 - SLU - ML max gr.2	1114	1801	0	0	3372
A1 - SLU - N max gr.3	1114	1801	0	0	3372
A1 - SLU - MT max gr.3	1114	1801	0	0	3372
A1 - SLU - ML max gr.3	1114	1801	0	0	3372
A1 - SLU - Vento ponte scarico	1114	1801	0	0	3372
A1 - SLU - N max gr.1	930	1443	0	0	2894
A1 - SLU - MT max gr.1	930	1443	0	0	2894
A1 - SLU - ML max gr.1	930	1443	0	0	2894
A1 - SLU - N max gr.2	930	1443	0	0	2894
A1 - SLU - MT max gr.2	930	1443	0	0	2894
A1 - SLU - ML max gr.2	930	1443	0	0	2894
A1 - SLU - N max gr.3	930	1443	0	0	2894
A1 - SLU - MT max gr.3	930	1443	0	0	2894
A1 - SLU - ML max gr.3	930	1443	0	0	2894
A1 - SLU - Vento ponte scarico	525	716	0	0	955

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 30 di 64
--	--

SLE Rara - N max gr.1	825	1255	0	0	2392
SLE Rara - MT max gr.1	825	1255	0	0	2392
SLE Rara - ML max gr.1	825	1255	0	0	2392
SLE Rara - N max gr.2	825	1255	0	0	2392
SLE Rara - MT max gr.2	825	1255	0	0	2392
SLE Rara - ML max gr.2	825	1255	0	0	2392
SLE Rara - N max gr.3	825	1255	0	0	2392
SLE Rara - MT max gr.3	825	1255	0	0	2392
SLE Rara - ML max gr.3	825	1255	0	0	2392
SLE Rara - Vento ponte scarico	525	716	0	0	955
SLE Freq. - N max gr.1	750	1120	0	0	2032
SLE Freq. - MT max gr.1	750	1120	0	0	2032
SLE Freq. - ML max gr.1	750	1120	0	0	2032
SLE Freq. - N max gr.2	750	1120	0	0	2032
SLE Freq. - MT max gr.2	750	1120	0	0	2032
SLE Freq. - ML max gr.2	750	1120	0	0	2032
SLE Freq. - N max gr.3	750	1120	0	0	2032
SLE Freq. - MT max gr.3	750	1120	0	0	2032
SLE Freq. - ML max gr.3	750	1120	0	0	2032
SLE Freq. - Vento ponte scarico	525	716	0	0	955
SLE Q.P. - ML max gr.3	525	716	0	0	955
SLV -dir.X_1	591	1516	11	23	2627
SLV -dir.X_2	579	1516	11	23	2627
SLV -dir.Y_1	591	1032	38	76	1658
SLV -dir.Y_2	579	1032	38	76	1658
SLV -dir.Z+	604	1032	11	23	1658
SLV -dir.Z-	566	1032	11	23	1658

Tabella 4.3 – Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia.

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 31 di 64
--	--

4.7.2 Muro frontale

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

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

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

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

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE

	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	9586	3802	549	3274	8939
A2 - SLU - MT max gr.1	9057	3802	549	8081	8912
A2 - SLU - ML max gr.1	7091	3802	549	2584	8814
A2 - SLU - N max gr.2	8962	4341	549	3102	12379
A2 - SLU - MT max gr.2	8565	4341	549	6707	12359
A2 - SLU - ML max gr.2	7091	3802	549	2584	8814
A2 - SLU - N max gr.3	8962	3802	549	3102	8907
A2 - SLU - MT max gr.3	8565	3802	549	6707	8888
A2 - SLU - ML max gr.3	7091	3802	549	2584	8814
A2 - SLU - Vento ponte scarico	7091	3033	502	2609	6326
A2 - SLU - N max gr.1	9226	3102	508	3152	7360
A2 - SLU - MT max gr.1	8697	3102	508	7959	7334
A2 - SLU - ML max gr.1	6731	3102	508	2462	7236
A2 - SLU - N max gr.2	8602	3641	508	2979	10801
A2 - SLU - MT max gr.2	8205	3641	508	6585	10781
A2 - SLU - ML max gr.2	6731	3102	508	2462	7236
A2 - SLU - N max gr.3	8602	3102	508	2979	7329
A2 - SLU - MT max gr.3	8205	3102	508	6585	7309
A2 - SLU - ML max gr.3	6731	3102	508	2462	7236
A2 - SLU - Vento ponte scarico	6731	2333	460	2486	4748
A1 - SLU - N max gr.1	12196	4403	636	3797	10266
A1 - SLU - MT max gr.1	11575	4403	636	9440	10235
A1 - SLU - ML max gr.1	9266	4403	636	2987	10119
A1 - SLU - N max gr.2	11463	5035	636	3595	14304
A1 - SLU - MT max gr.2	10998	5035	636	7827	14281
A1 - SLU - ML max gr.2	9266	4403	636	2987	10119
A1 - SLU - N max gr.3	11463	4403	636	3595	10229
A1 - SLU - MT max gr.3	10998	4403	636	7827	10206
A1 - SLU - ML max gr.3	9266	4403	636	2987	10119
A1 - SLU - Vento ponte scarico	9266	4403	690	3337	10119
A1 - SLU - N max gr.1	9660	3236	567	3594	7815
A1 - SLU - MT max gr.1	9039	3236	567	9237	7784
A1 - SLU - ML max gr.1	6731	3236	567	2784	7668
A1 - SLU - N max gr.2	8928	3868	567	3391	11853
A1 - SLU - MT max gr.2	8928	3868	567	3391	11853
A1 - SLU - ML max gr.2	8462	3868	567	7623	11830
A1 - SLU - N max gr.3	6731	3236	567	2784	7668
A1 - SLU - MT max gr.3	8928	3236	567	3391	7778
A1 - SLU - ML max gr.3	8462	3236	567	7623	7755
A1 - SLU - Vento ponte scarico	6731	2444	567	2784	5075

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 32 di 64
--	--

SLE Rara - N max gr.1	6731	2920	510	2806	6669
SLE Rara - MT max gr.1	8901	3002	432	2616	7020
SLE Rara - ML max gr.1	8441	3002	432	6796	6997
SLE Rara - N max gr.2	6731	3002	432	2016	6911
SLE Rara - MT max gr.2	8358	3470	432	2466	10011
SLE Rara - ML max gr.2	8013	3470	432	5601	9994
SLE Rara - N max gr.3	6731	3002	432	2016	6911
SLE Rara - MT max gr.3	8358	3002	432	2466	6993
SLE Rara - ML max gr.3	8013	3002	432	5601	6975
SLE Rara - Vento ponte scarico	6731	2416	432	2016	4990
SLE Freq. - N max gr.1	8358	2835	200	1039	6452
SLE Freq. - MT max gr.1	8013	2835	200	4174	6434
SLE Freq. - ML max gr.1	6731	2835	200	589	6370
SLE Freq. - N max gr.2	7951	3186	200	926	8695
SLE Freq. - MT max gr.2	7692	3186	200	3278	8682
SLE Freq. - ML max gr.2	6731	2835	200	589	6370
SLE Freq. - N max gr.3	7951	2835	200	926	6431
SLE Freq. - MT max gr.3	7692	2835	200	3278	6418
SLE Freq. - ML max gr.3	6731	2835	200	589	6370
SLE Freq. - Vento ponte scarico	6731	2333	188	727	4748
SLE Q.P. - ML max gr.3	6731	3002	220	650	6911
SLV -dir.X_1	6803	4578	300	1192	14009
SLV -dir.X_2	6658	4578	300	1192	14019
SLV -dir.Y_1	7145	3194	639	3867	8446
SLV -dir.Y_2	7000	3194	639	3867	8456
SLV -dir.Z+	7407	3194	300	1312	8440
SLV -dir.Z-	6922	3194	300	1312	8472

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.

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 33 di 64
--	--

4.7.3 Plinto di fondazione

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

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

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE					
	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	32371	6654	549	4647	26635
A2 - SLU - MT max gr.1	31842	6654	549	9454	25101
A2 - SLU - ML max gr.1	29875	6654	549	3957	19398
A2 - SLU - N max gr.2	31747	7192	549	4475	29642
A2 - SLU - MT max gr.2	31350	7192	549	8080	28492
A2 - SLU - ML max gr.2	29875	6654	549	3957	19398
A2 - SLU - N max gr.3	31747	6654	549	4475	24825
A2 - SLU - MT max gr.3	31350	6654	549	8080	23675
A2 - SLU - ML max gr.3	29875	6654	549	3957	19398
A2 - SLU - Vento ponte scanco	28366	5628	502	3863	17186
A2 - SLU - N max gr.1	29543	5356	508	4422	25162
A2 - SLU - MT max gr.1	29014	5356	508	9229	23628
A2 - SLU - ML max gr.1	27047	5356	508	3732	17925
A2 - SLU - N max gr.2	28919	5894	508	4249	28170
A2 - SLU - MT max gr.2	28522	5894	508	7854	27019
A2 - SLU - ML max gr.2	27047	5356	508	3732	17925
A2 - SLU - N max gr.3	28919	5356	508	4249	23353
A2 - SLU - MT max gr.3	28522	5356	508	7854	22203
A2 - SLU - ML max gr.3	27047	5356	508	3732	17925
A2 - SLU - Vento ponte scanco	25538	4329	460	3637	15713
A1 - SLU - N max gr.1	40592	7699	636	5386	33042
A1 - SLU - MT max gr.1	39971	7699	636	11029	31241
A1 - SLU - ML max gr.1	37662	7699	636	4576	24546
A1 - SLU - N max gr.2	39859	8330	636	5184	36572
A1 - SLU - MT max gr.2	39394	8330	636	9416	35222
A1 - SLU - ML max gr.2	37662	7699	636	4576	24546
A1 - SLU - N max gr.3	39859	7699	636	5184	30918
A1 - SLU - MT max gr.3	39394	7699	636	9416	29567
A1 - SLU - ML max gr.3	37662	7699	636	4576	24546
A1 - SLU - Vento ponte scanco	37662	7699	690	5062	24546
A1 - SLU - N max gr.1	30239	5534	567	5010	26806
A1 - SLU - MT max gr.1	29618	5534	567	10653	25005
A1 - SLU - ML max gr.1	27310	5534	567	4200	18310
A1 - SLU - N max gr.2	29507	6166	567	4808	30336
A1 - SLU - MT max gr.2	29507	6166	567	4808	30336
A1 - SLU - ML max gr.2	29041	6166	567	9040	28986
A1 - SLU - N max gr.3	27310	5534	567	4200	18310
A1 - SLU - MT max gr.3	29507	5534	567	4808	24682
A1 - SLU - ML max gr.3	29041	5534	567	9040	23331
A1 - SLU - Vento ponte scanco	25538	4440	567	4200	16318

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 34 di 64</p>
--	--

SLE Rara - N max gr.1	26851	5139	510	4081	17189
SLE Rara - MT max gr.1	29021	5222	432	3696	23930
SLE Rara - ML max gr.1	28561	5222	432	7876	22596
SLE Rara - N max gr.2	26851	5222	432	3096	17637
SLE Rara - MT max gr.2	28478	5690	432	3546	26545
SLE Rara - ML max gr.2	28133	5690	432	6681	25545
SLE Rara - N max gr.3	26851	5222	432	3096	17637
SLE Rara - MT max gr.3	28478	5222	432	3546	22357
SLE Rara - ML max gr.3	28133	5222	432	6681	21356
SLE Rara - Vento ponte scarico	25538	4411	432	3096	16162
SLE Freq. - N max gr.1	28150	4998	200	1538	21876
SLE Freq. - MT max gr.1	27805	4998	200	4673	20875
SLE Freq. - ML max gr.1	26522	4998	200	1088	17156
SLE Freq. - N max gr.2	27743	5349	200	1426	23837
SLE Freq. - MT max gr.2	27484	5349	200	3777	23087
SLE Freq. - ML max gr.2	26522	4998	200	1088	17156
SLE Freq. - N max gr.3	27743	4998	200	1426	20696
SLE Freq. - MT max gr.3	27484	4998	200	3777	19945
SLE Freq. - ML max gr.3	26522	4998	200	1088	17156
SLE Freq. - Vento ponte scarico	25538	4329	188	1196	15713
SLE Q.P. - ML max gr.3	26851	5222	220	1200	17637
SLV -dir.X 1	26076	8054	807	4175	34177
SLV -dir.X 2	25525	8054	807	4175	34127
SLV -dir.Y 1	26418	5665	2329	12908	23369
SLV -dir.Y 2	25867	5665	2329	12908	23319
SLV -dir.Z+	27154	5665	807	4295	23694
SLV -dir.Z-	25315	5665	807	4295	23527

Tabella 4.5 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione.

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File: T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 35 di 64</p>
--	--

4.7.4 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

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	40592	7699	636	5386	33042	4680	2086	644
Al - SLU - MT max gr.1	39971	7699	636	11029	31241	4722	1940	644
Al - SLU - ML max gr.1	37662	7699	636	4576	24546	4118	2159	644
Al - SLU - N max gr.2	39859	8330	636	5184	36572	4735	1908	696
Al - SLU - MT max gr.2	39394	8330	636	9416	35222	4767	1798	696
Al - SLU - ML max gr.2	37662	7699	636	4576	24546	4118	2159	644
Al - SLU - N max gr.3	39859	7699	636	5184	30918	4539	2104	644
Al - SLU - MT max gr.3	39394	7699	636	9416	29567	4571	1995	644
Al - SLU - ML max gr.3	37662	7699	636	4576	24546	4118	2159	644
Al - SLU - Vento ponte scarico	37662	7699	690	5062	24546	4131	2146	644
Al - SLU - N max gr.1	30239	5534	567	5010	26806	3590	1450	464
Al - SLU - MT max gr.1	29618	5534	567	10653	25005	3632	1304	464
Al - SLU - ML max gr.1	27310	5534	567	4200	18310	3028	1523	464
Al - SLU - N max gr.2	29507	6166	567	4808	30336	3646	1272	516
Al - SLU - MT max gr.2	29507	6166	567	4808	30336	3646	1272	516
Al - SLU - ML max gr.2	29041	6166	567	9040	28986	3678	1163	516
Al - SLU - N max gr.3	27310	5534	567	4200	18310	3028	1523	464
Al - SLU - MT max gr.3	29507	5534	567	4808	24682	3449	1468	464
Al - SLU - ML max gr.3	29041	5534	567	9040	23331	3481	1359	464
Al - SLU - Vento ponte scarico	25538	4440	567	4200	16318	2811	1445	373
						4767	1163	696

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	26076	8054	807	4175	34177	3476	870	675
SLV -dir.X 2	25525	8054	807	4175	34127	3428	826	675
SLV -dir.Y 1	26418	5665	2329	12908	23369	3372	1032	510
SLV -dir.Y 2	25867	5665	2329	12908	23319	3324	987	510
SLV -dir.Z+	27154	5665	807	4295	23694	3205	1321	477
SLV -dir.Z-	25315	5665	807	4295	23527	3046	1173	477
						3476	826	675

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	26851	5139	510	4081	17189	2948	1527	430
SLE Rara - MT max gr.1	29021	5222	432	3696	23930	3352	1485	437
SLE Rara - ML max gr.1	28561	5222	432	7876	22596	3383	1377	437
SLE Rara - N max gr.2	26851	5222	432	3096	17637	2936	1539	437
SLE Rara - MT max gr.2	28478	5690	432	3546	26545	3393	1353	476
SLE Rara - ML max gr.2	28133	5690	432	6681	25545	3417	1272	476
SLE Rara - N max gr.3	26851	5222	432	3096	17637	2936	1539	437
SLE Rara - MT max gr.3	28478	5222	432	3546	22357	3248	1498	437
SLE Rara - ML max gr.3	28133	5222	432	6681	21356	3272	1417	437
SLE Rara - Vento ponte scarico	25538	4411	432	3096	16162	2775	1481	369
						3417	1272	476

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

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI05_STR_RE02_A</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 0.5x10.50 m

Armatura verticale

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

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

Armatura orizzontale

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

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

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 37 di 64
--	--

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	1050.0
3	50.0	1050.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	8.3	8.3	20
2	8.3	1041.7	20
3	41.7	1041.7	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	100	20
2	3	4	25	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	1114.00	0.00	3372.00	0.00	1801.00
2	1114.00	0.00	3372.00	0.00	1801.00
3	1114.00	0.00	3372.00	0.00	1801.00
4	1114.00	0.00	3372.00	0.00	1801.00
5	1114.00	0.00	3372.00	0.00	1801.00
6	1114.00	0.00	3372.00	0.00	1801.00
7	1114.00	0.00	3372.00	0.00	1801.00
8	1114.00	0.00	3372.00	0.00	1801.00
9	1114.00	0.00	3372.00	0.00	1801.00
10	1114.00	0.00	3372.00	0.00	1801.00

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 38 di 64
--	--

11	930.00	0.00	2894.00	0.00	1443.00
12	930.00	0.00	2894.00	0.00	1443.00
13	930.00	0.00	2894.00	0.00	1443.00
14	930.00	0.00	2894.00	0.00	1443.00
15	930.00	0.00	2894.00	0.00	1443.00
16	930.00	0.00	2894.00	0.00	1443.00
17	930.00	0.00	2894.00	0.00	1443.00
18	930.00	0.00	2894.00	0.00	1443.00
19	930.00	0.00	2894.00	0.00	1443.00
20	525.00	0.00	955.00	0.00	716.00
21	591.00	23.00	2627.00	11.00	1516.00
22	579.00	23.00	2627.00	11.00	1516.00
23	591.00	76.00	1658.00	38.00	1032.00
24	579.00	76.00	1658.00	38.00	1032.00
25	604.00	23.00	1658.00	11.00	1032.00
26	566.00	23.00	1658.00	11.00	1032.00

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	825.00	0.00	2392.00
2	825.00	0.00	2392.00
3	825.00	0.00	2392.00
4	825.00	0.00	2392.00
5	825.00	0.00	2392.00
6	825.00	0.00	2392.00
7	825.00	0.00	2392.00
8	825.00	0.00	2392.00
9	825.00	0.00	2392.00
10	525.00	0.00	955.00

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	750.00	0.00 (0.00)	2032.00 (1663.26)
2	750.00	0.00 (0.00)	2032.00 (1663.26)
3	750.00	0.00 (0.00)	2032.00 (1663.26)
4	750.00	0.00 (0.00)	2032.00 (1663.26)
5	750.00	0.00 (0.00)	2032.00 (1663.26)
6	750.00	0.00 (0.00)	2032.00 (1663.26)
7	750.00	0.00 (0.00)	2032.00 (1663.26)
8	750.00	0.00 (0.00)	2032.00 (1663.26)
9	750.00	0.00 (0.00)	2032.00 (1663.26)
10	525.00	0.00 (0.00)	955.00 (1687.81)

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

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 39 di 64
--	--

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	525.00	0.00 (0.00)	955.00 (1687.81)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1 S	1114.00	0.00	3372.00	1114.24	0.01	5020.82	1.49320.4(94.0)		
2 S	1114.00	0.00	3372.00	1114.24	0.01	5020.82	1.49320.4(94.0)		
3 S	1114.00	0.00	3372.00	1114.24	0.01	5020.82	1.49320.4(94.0)		
4 S	1114.00	0.00	3372.00	1114.24	0.01	5020.82	1.49320.4(94.0)		
5 S	1114.00	0.00	3372.00	1114.24	0.01	5020.82	1.49320.4(94.0)		
6 S	1114.00	0.00	3372.00	1114.24	0.01	5020.82	1.49320.4(94.0)		
7 S	1114.00	0.00	3372.00	1114.24	0.01	5020.82	1.49320.4(94.0)		
8 S	1114.00	0.00	3372.00	1114.24	0.01	5020.82	1.49320.4(94.0)		
9 S	1114.00	0.00	3372.00	1114.24	0.01	5020.82	1.49320.4(94.0)		
10S	1114.00	0.00	3372.00	1114.24	0.01	5020.82	1.49320.4(94.0)		
11S	930.00	0.00	2894.00	930.16	0.01	4988.11	1.72320.4(94.0)		
12S	930.00	0.00	2894.00	930.16	0.01	4988.11	1.72320.4(94.0)		
13S	930.00	0.00	2894.00	930.16	0.01	4988.11	1.72320.4(94.0)		
14S	930.00	0.00	2894.00	930.16	0.01	4988.11	1.72320.4(94.0)		
15S	930.00	0.00	2894.00	930.16	0.01	4988.11	1.72320.4(94.0)		
16S	930.00	0.00	2894.00	930.16	0.01	4988.11	1.72320.4(94.0)		

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 40 di 64
---	---

17S	930.00	0.00	2894.00	930.16	0.01	4988.11	1.72320.4(94.0)
18S	930.00	0.00	2894.00	930.16	0.01	4988.11	1.72320.4(94.0)
19S	930.00	0.00	2894.00	930.16	0.01	4988.11	1.72320.4(94.0)
20S	525.00	0.00	955.00	524.79	0.02	4915.47	5.11320.4(94.0)
21S	591.00	23.00	2627.00	591.10	59.46	4937.02	1.88320.4(94.0)
22S	579.00	23.00	2627.00	579.02	59.77	4934.89	1.88320.4(94.0)
23S	591.00	76.00	1658.00	590.95	210.02	4961.76	2.98320.4(94.0)
24S	579.00	76.00	1658.00	578.97	203.99	4958.57	2.98320.4(94.0)
25S	604.00	23.00	1658.00	604.01	62.55	4939.85	2.97320.4(94.0)
26S	566.00	23.00	1658.00	566.01	64.83	4933.37	2.97320.4(94.0)

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	0.204	50.0	1050.0	0.00009	41.7	1041.7	-0.01363	8.3	8.3
2	0.00350	0.204	50.0	1050.0	0.00009	41.7	1041.7	-0.01363	8.3	8.3
3	0.00350	0.204	50.0	1050.0	0.00009	41.7	1041.7	-0.01363	8.3	8.3
4	0.00350	0.204	50.0	1050.0	0.00009	41.7	1041.7	-0.01363	8.3	8.3
5	0.00350	0.204	50.0	1050.0	0.00009	41.7	1041.7	-0.01363	8.3	8.3
6	0.00350	0.204	50.0	1050.0	0.00009	41.7	1041.7	-0.01363	8.3	8.3
7	0.00350	0.204	50.0	1050.0	0.00009	41.7	1041.7	-0.01363	8.3	8.3
8	0.00350	0.204	50.0	1050.0	0.00009	41.7	1041.7	-0.01363	8.3	8.3
9	0.00350	0.204	50.0	1050.0	0.00009	41.7	1041.7	-0.01363	8.3	8.3
10	0.00350	0.204	50.0	1050.0	0.00009	41.7	1041.7	-0.01363	8.3	8.3
11	0.00350	0.202	50.0	1050.0	0.00005	41.7	1041.7	-0.01383	8.3	8.3
12	0.00350	0.202	50.0	1050.0	0.00005	41.7	1041.7	-0.01383	8.3	8.3
13	0.00350	0.202	50.0	1050.0	0.00005	41.7	1041.7	-0.01383	8.3	8.3
14	0.00350	0.202	50.0	1050.0	0.00005	41.7	1041.7	-0.01383	8.3	8.3
15	0.00350	0.202	50.0	1050.0	0.00005	41.7	1041.7	-0.01383	8.3	8.3
16	0.00350	0.202	50.0	1050.0	0.00005	41.7	1041.7	-0.01383	8.3	8.3
17	0.00350	0.202	50.0	1050.0	0.00005	41.7	1041.7	-0.01383	8.3	8.3
18	0.00350	0.202	50.0	1050.0	0.00005	41.7	1041.7	-0.01383	8.3	8.3
19	0.00350	0.202	50.0	1050.0	0.00005	41.7	1041.7	-0.01383	8.3	8.3
20	0.00350	0.197	50.0	1050.0	-0.00005	41.7	1041.7	-0.01431	8.3	8.3
21	0.00350	0.197	50.0	1050.0	-0.00002	41.7	1041.7	-0.01426	8.3	8.3
22	0.00350	0.197	50.0	1050.0	-0.00003	41.7	1041.7	-0.01428	8.3	8.3
23	0.00350	0.196	50.0	1050.0	-0.00001	41.7	1041.7	-0.01433	8.3	8.3
24	0.00350	0.196	50.0	1050.0	-0.00001	41.7	1041.7	-0.01434	8.3	8.3
25	0.00350	0.197	50.0	1050.0	-0.00002	41.7	1041.7	-0.01425	8.3	8.3
26	0.00350	0.197	50.0	1050.0	-0.00003	41.7	1041.7	-0.01429	8.3	8.3

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 41 di 64
--	--

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	0.000410785	0.000000000	-0.017039237	0.204	0.700
2	0.000410785	0.000000000	-0.017039237	0.204	0.700
3	0.000410785	0.000000000	-0.017039237	0.204	0.700
4	0.000410785	0.000000000	-0.017039237	0.204	0.700
5	0.000410785	0.000000000	-0.017039237	0.204	0.700
6	0.000410785	0.000000000	-0.017039237	0.204	0.700
7	0.000410785	0.000000000	-0.017039237	0.204	0.700
8	0.000410785	0.000000000	-0.017039237	0.204	0.700
9	0.000410785	0.000000000	-0.017039237	0.204	0.700
10	0.000410785	0.000000000	-0.017039237	0.204	0.700
11	0.000415680	0.000000000	-0.017283998	0.202	0.700
12	0.000415680	0.000000000	-0.017283998	0.202	0.700
13	0.000415680	0.000000000	-0.017283998	0.202	0.700
14	0.000415680	0.000000000	-0.017283998	0.202	0.700
15	0.000415680	0.000000000	-0.017283998	0.202	0.700
16	0.000415680	0.000000000	-0.017283998	0.202	0.700
17	0.000415680	0.000000000	-0.017283998	0.202	0.700
18	0.000415680	0.000000000	-0.017283998	0.202	0.700
19	0.000415680	0.000000000	-0.017283998	0.202	0.700
20	0.000427114	0.000000000	-0.017855728	0.197	0.700
21	0.000424508	0.000000057	-0.017785409	0.197	0.700
22	0.000424837	0.000000057	-0.017802170	0.197	0.700
23	0.000422562	0.000000202	-0.017840012	0.196	0.700
24	0.000422965	0.000000196	-0.017854091	0.196	0.700
25	0.000424112	0.000000060	-0.017768703	0.197	0.700
26	0.000425129	0.000000062	-0.017821878	0.197	0.700

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	1801.00	2715.09	41.7	1050.0	0.0073	0.21
2	S	1801.00	2715.09	41.7	1050.0	0.0073	0.21
3	S	1801.00	2715.09	41.7	1050.0	0.0073	0.21
4	S	1801.00	2715.09	41.7	1050.0	0.0073	0.21
5	S	1801.00	2715.09	41.7	1050.0	0.0073	0.21
6	S	1801.00	2715.09	41.7	1050.0	0.0073	0.21
7	S	1801.00	2715.09	41.7	1050.0	0.0073	0.21
8	S	1801.00	2715.09	41.7	1050.0	0.0073	0.21
9	S	1801.00	2715.09	41.7	1050.0	0.0073	0.21
10	S	1801.00	2715.09	41.7	1050.0	0.0073	0.21
11	S	1443.00	2692.07	41.7	1050.0	0.0073	0.18
12	S	1443.00	2692.07	41.7	1050.0	0.0073	0.18
13	S	1443.00	2692.07	41.7	1050.0	0.0073	0.18
14	S	1443.00	2692.07	41.7	1050.0	0.0073	0.18
15	S	1443.00	2692.07	41.7	1050.0	0.0073	0.18
16	S	1443.00	2692.07	41.7	1050.0	0.0073	0.18
17	S	1443.00	2692.07	41.7	1050.0	0.0073	0.18
18	S	1443.00	2692.07	41.7	1050.0	0.0073	0.18

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 42 di 64
--	--

19	S	1443.00	2692.07	41.7	1050.0	0.0073	0.18
20	S	716.00	2779.34	41.7	1050.0	0.0086	0.10
21	S	1516.00	2787.61	41.7	1050.0	0.0086	0.11
22	S	1516.00	2786.11	41.7	1050.0	0.0086	0.11
23	S	1032.02	2787.64	41.7	1050.0	0.0086	0.11
24	S	1032.02	2786.14	41.7	1050.0	0.0086	0.11
25	S	1032.00	2789.24	41.7	1050.0	0.0086	0.12
26	S	1032.00	2784.49	41.7	1050.0	0.0086	0.11

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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.95	50.0	1050.0	-192.1	8.3	18.5	11550	320.4
2	S	7.95	50.0	1050.0	-192.1	8.3	18.5	11550	320.4
3	S	7.95	50.0	1050.0	-192.1	8.3	18.5	11550	320.4
4	S	7.95	50.0	1050.0	-192.1	8.3	18.5	11550	320.4
5	S	7.95	50.0	1050.0	-192.1	8.3	18.5	11550	320.4
6	S	7.95	50.0	1050.0	-192.1	8.3	18.5	11550	320.4
7	S	7.95	50.0	1050.0	-192.1	8.3	18.5	11550	320.4
8	S	7.95	50.0	1050.0	-192.1	8.3	18.5	11550	320.4
9	S	7.95	50.0	1050.0	-192.1	8.3	18.5	11550	320.4
10	S	3.20	50.0	1050.0	-73.8	8.3	90.2	11550	320.4

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	6.76	50.0	1050.0	-162.4	8.3	28.8	11550	320.4
2	S	6.76	50.0	1050.0	-162.4	8.3	28.8	11550	320.4
3	S	6.76	50.0	1050.0	-162.4	8.3	28.8	11550	320.4
4	S	6.76	50.0	1050.0	-162.4	8.3	28.8	11550	320.4
5	S	6.76	50.0	1050.0	-162.4	8.3	28.8	11550	320.4
6	S	6.76	50.0	1050.0	-162.4	8.3	28.8	11550	320.4
7	S	6.76	50.0	1050.0	-162.4	8.3	28.8	11550	320.4
8	S	6.76	50.0	1050.0	-162.4	8.3	28.8	11550	320.4
9	S	6.76	50.0	1050.0	-162.4	8.3	28.8	11550	320.4
10	S	3.20	50.0	1050.0	-73.8	8.3	90.2	11550	320.4

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
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 = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(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]

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 43 di 64
--	--

Comb. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
1 (0.30)	S 0.00	-0.00107 1663.26	0	0.500	20.0	73	0.00049 (0.00049)	371	0.181		
2 (0.30)	S 0.00	-0.00107 1663.26	0	0.500	20.0	73	0.00049 (0.00049)	371	0.181		
3 (0.30)	S 0.00	-0.00107 1663.26	0	0.500	20.0	73	0.00049 (0.00049)	371	0.181		
4 (0.30)	S 0.00	-0.00107 1663.26	0	0.500	20.0	73	0.00049 (0.00049)	371	0.181		
5 (0.30)	S 0.00	-0.00107 1663.26	0	0.500	20.0	73	0.00049 (0.00049)	371	0.181		
6 (0.30)	S 0.00	-0.00107 1663.26	0	0.500	20.0	73	0.00049 (0.00049)	371	0.181		
7 (0.30)	S 0.00	-0.00107 1663.26	0	0.500	20.0	73	0.00049 (0.00049)	371	0.181		
8 (0.30)	S 0.00	-0.00107 1663.26	0	0.500	20.0	73	0.00049 (0.00049)	371	0.181		
9 (0.30)	S 0.00	-0.00107 1663.26	0	0.500	20.0	73	0.00049 (0.00049)	371	0.181		
10 (0.30)	S 0.00	-0.00049 1687.81	0	0.500	20.0	73	0.00022 (0.00022)	371	0.082		

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	3.20	50.0	1050.0	-73.8	8.3	90.2	11550	320.4

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

Comb. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
1 (0.20)	S 0.00	-0.00049 1687.81	0	0.500	20.0	73	0.00022 (0.00022)	371	0.082		

4.8.2 Muro frontale

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

Caratteristiche della sezione:

Sezione rettangolare 2.10 x9.40m

Armatura verticale

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

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

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 20/20$ (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:

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 44 di 64
--	--

Spille 9φ12/mq.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm 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
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	940.0
3	210.0	940.0
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	931.5	26
3	201.5	931.5	26
4	201.5	8.5	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

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 45 di 64
--	--

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	92	26
2	3	4	46	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	10 mm
Passo staffe:	5.8 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

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	12195.68	3797.16	10265.59	635.67	4402.84
2	11574.68	9440.16	10234.54	635.67	4402.84
3	9266.18	2987.16	10119.11	635.67	4402.84
4	11463.30	3594.66	14304.08	635.67	5034.64
5	10997.55	7826.91	14280.79	635.67	5034.64
6	9266.18	2987.16	10119.11	635.67	4402.84
7	11463.30	3594.66	10228.97	635.67	4402.84
8	10997.55	7826.91	10205.68	635.67	4402.84
9	9266.18	2987.16	10119.11	635.67	4402.84
10	9266.18	3337.40	10119.11	689.97	4402.84
11	9660.00	3593.66	7814.88	566.68	3236.17
12	9039.00	9236.66	7783.83	566.68	3236.17
13	6730.50	2783.66	7668.40	566.68	3236.17
14	8927.63	3391.16	11853.37	566.68	3867.97
15	8927.63	3391.16	11853.37	566.68	3867.97
16	8461.88	7623.41	11830.08	566.68	3867.97
17	6730.50	2783.66	7668.40	566.68	3236.17
18	8927.63	3391.16	7778.26	566.68	3236.17
19	8461.88	7623.41	7754.97	566.68	3236.17
20	6730.50	2783.66	5075.14	566.68	2444.34
21	6803.19	1192.10	14009.20	299.79	4578.29
22	6657.81	1192.10	14018.98	299.79	4578.29
23	7145.19	3866.77	8446.41	639.01	3194.04
24	6999.81	3866.77	8456.19	639.01	3194.04
25	7406.80	1312.10	8439.61	299.79	3194.04
26	6922.20	1312.10	8472.19	299.79	3194.04

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

	N	Mx	My
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	6730.50	2806.41	6668.59

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 46 di 64
--	--

2	8900.50	2615.70	7019.67
3	8440.50	6795.70	6996.67
4	6730.50	2015.70	6911.17
5	8358.00	2465.70	10011.15
6	8013.00	5600.70	9993.90
7	6730.50	2015.70	6911.17
8	8358.00	2465.70	6992.55
9	8013.00	5600.70	6975.30
10	6730.50	2015.70	4990.23

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	8358.00	1038.95 (7128.65)	6451.67 (44267.69)
2	8013.00	4173.95 (23049.04)	6434.42 (35531.65)
3	6730.50	588.95 (3633.62)	6370.29 (39302.87)
4	7951.13	926.45 (3848.84)	8695.27 (36123.78)
5	7692.38	3277.70 (12265.98)	8682.34 (32491.53)
6	6730.50	588.95 (3633.62)	6370.29 (39302.87)
7	7951.13	926.45 (6183.43)	6431.32 (42924.96)
8	7692.38	3277.70 (18587.59)	6418.39 (36398.24)
9	6730.50	588.95 (3633.62)	6370.29 (39302.87)
10	6730.50	726.93 (7394.48)	4747.66 (48294.02)

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	6730.50	649.59 (3522.86)	6911.17 (37480.68)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.3	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.2	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)

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 47 di 64
---	---

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1 S	12195.683797.16	10265.59	12195.81	17885.89	49713.59	4.74753.9(592.2)			
2 S	11574.689440.16	10234.54	11574.84	43674.14	48595.61	4.64753.9(592.2)			
3 S	9266.18 2987.16	10119.11	9266.21	13608.60	47052.51	4.57753.9(592.2)			
4 S	11463.303594.66	14304.08	11463.22	12433.46	49102.78	3.39753.9(592.2)			
5 S	10997.557826.91	14280.79	10997.34	26266.36	48480.09	3.35753.9(592.2)			
6 S	9266.18 2987.16	10119.11	9266.21	13608.60	47052.51	4.57753.9(592.2)			
7 S	11463.303594.66	10228.97	11463.18	17153.08	49050.77	4.71753.9(592.2)			
8 S	10997.557826.91	10205.68	10997.74	36093.37	48273.89	4.63753.9(592.2)			
9 S	9266.18 2987.16	10119.11	9266.21	13608.60	47052.51	4.57753.9(592.2)			
10S	9266.18 3337.40	10119.11	9266.23	15325.26	47035.58	4.57753.9(592.2)			
11S	9660.00 3593.66	7814.88	9660.28	21483.70	47327.23	5.93753.9(592.2)			
12S	9039.00 9236.66	7783.83	9039.18	53438.44	45992.96	5.78753.9(592.2)			
13S	6730.50 2783.66	7668.40	6730.43	16134.29	44654.52	5.74753.9(592.2)			
14S	8927.63 3391.16	11853.37	8927.57	13298.50	46737.20	3.89753.9(592.2)			
15S	8927.63 3391.16	11853.37	8927.57	13298.50	46737.20	3.89753.9(592.2)			
16S	8461.88 7623.41	11830.08	8461.70	29467.68	46087.52	3.85753.9(592.2)			
17S	6730.50 2783.66	7668.40	6730.43	16134.29	44654.52	5.74753.9(592.2)			
18S	8927.63 3391.16	7778.26	8927.34	20043.08	46666.69	5.88753.9(592.2)			
19S	8461.88 7623.41	7754.97	8461.63	43745.97	45762.41	5.76753.9(592.2)			
20S	6730.50 2783.66	5075.14	6730.27	23519.71	44572.14	8.53753.9(592.2)			
21S	6803.19 1192.10	14009.20	6802.96	3918.20	44802.10	3.17753.9(592.2)			
22S	6657.81 1192.10	14018.98	6657.78	3767.23	44667.26	3.16753.9(592.2)			
23S	7145.19 3866.77	8446.41	7145.38	20157.52	45002.61	5.24753.9(592.2)			
24S	6999.81 3866.77	8456.19	6999.60	20241.34	44864.74	5.23753.9(592.2)			
25S	7406.80 1312.10	8439.61	7406.79	6712.47	45353.30	5.28753.9(592.2)			
26S	6922.20 1312.10	8472.19	6922.22	6944.84	44895.19	5.22753.9(592.2)			

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 48 di 64
---	---

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	210.0	940.0	0.00217	201.5	931.5	-0.02912	8.5	8.5
2	0.00350	210.0	940.0	0.00258	201.5	931.5	-0.02044	8.5	8.5
3	0.00350	210.0	940.0	0.00194	201.5	931.5	-0.03436	8.5	8.5
4	0.00350	210.0	940.0	0.00200	201.5	931.5	-0.03280	8.5	8.5
5	0.00350	210.0	940.0	0.00230	201.5	931.5	-0.02640	8.5	8.5
6	0.00350	210.0	940.0	0.00194	201.5	931.5	-0.03436	8.5	8.5
7	0.00350	210.0	940.0	0.00213	201.5	931.5	-0.03016	8.5	8.5
8	0.00350	210.0	940.0	0.00247	201.5	931.5	-0.02288	8.5	8.5
9	0.00350	210.0	940.0	0.00194	201.5	931.5	-0.03436	8.5	8.5
10	0.00350	210.0	940.0	0.00199	201.5	931.5	-0.03337	8.5	8.5
11	0.00350	210.0	940.0	0.00216	201.5	931.5	-0.02966	8.5	8.5
12	0.00350	210.0	940.0	0.00265	201.5	931.5	-0.01914	8.5	8.5
13	0.00350	210.0	940.0	0.00190	201.5	931.5	-0.03556	8.5	8.5
14	0.00350	210.0	940.0	0.00192	201.5	931.5	-0.03495	8.5	8.5
15	0.00350	210.0	940.0	0.00192	201.5	931.5	-0.03495	8.5	8.5
16	0.00350	210.0	940.0	0.00228	201.5	931.5	-0.02701	8.5	8.5
17	0.00350	210.0	940.0	0.00190	201.5	931.5	-0.03556	8.5	8.5
18	0.00350	210.0	940.0	0.00209	201.5	931.5	-0.03109	8.5	8.5
19	0.00350	210.0	940.0	0.00252	201.5	931.5	-0.02197	8.5	8.5
20	0.00350	210.0	940.0	0.00209	201.5	931.5	-0.03133	8.5	8.5
21	0.00350	210.0	940.0	0.00148	201.5	931.5	-0.04467	8.5	8.5
22	0.00350	210.0	940.0	0.00147	201.5	931.5	-0.04496	8.5	8.5
23	0.00350	210.0	940.0	0.00202	201.5	931.5	-0.03278	8.5	8.5
24	0.00350	210.0	940.0	0.00202	201.5	931.5	-0.03289	8.5	8.5
25	0.00350	210.0	940.0	0.00162	201.5	931.5	-0.04148	8.5	8.5
26	0.00350	210.0	940.0	0.00160	201.5	931.5	-0.04195	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	0.000154973	0.000001496	-0.030450759	----	----
2	0.000105501	0.000002874	-0.021356643	----	----
3	0.000182133	0.000001248	-0.035920712	----	----
4	0.000175045	0.000001103	-0.034296017	----	----
5	0.000138878	0.000002052	-0.027593349	----	----
6	0.000182133	0.000001248	-0.035920712	----	----
7	0.000160285	0.000001465	-0.031537388	----	----
8	0.000119077	0.000002559	-0.023912012	----	----
9	0.000182133	0.000001248	-0.035920712	----	----
10	0.000176650	0.000001374	-0.034887692	----	----
11	0.000156243	0.000001797	-0.031000211	----	----
12	0.000096605	0.000003412	-0.019994766	----	----
13	0.000186907	0.000001505	-0.037165081	----	----
14	0.000185152	0.000001224	-0.036532337	----	----
15	0.000185152	0.000001224	-0.036532337	----	----

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 49 di 64
--	---

16	0.000140714	0.000002318	-0.028228802	----	----
17	0.000186907	0.000001505	-0.037165081	----	----
18	0.000163719	0.000001719	-0.032496889	----	----
19	0.000112395	0.000003025	-0.022946297	----	----
20	0.000163541	0.000002019	-0.032741409	----	----
21	0.000237144	0.000000411	-0.046686724	----	----
22	0.000238636	0.000000405	-0.046994016	----	----
23	0.000171840	0.000001778	-0.034257920	----	----
24	0.000172327	0.000001788	-0.034369484	----	----
25	0.000220108	0.000000670	-0.043352541	----	----
26	0.000222329	0.000000697	-0.043844376	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 5.8 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z						
bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff							
1	S	4408.77	61071.64	5145.59202.7	194.2	939.2	2.500	1.033	23.2	27.1(0.0)	
2	S	4418.51	60595.60	5120.06201.8	193.3	938.1	2.500	1.031	23.4	27.1(0.0)	
3	S	4407.09	60912.39	5167.93203.6	195.1	939.9	2.500	1.025	23.1	27.1(0.0)	
4	S	5038.54	61128.56	5156.86203.1	194.6	939.9	2.500	1.031	26.5	27.1(0.0)	
5	S	5043.48	60822.06	5142.98202.6	194.1	938.8	2.500	1.030	26.6	27.1(0.0)	
6	S	4407.09	60912.39	5167.93203.6	195.1	939.9	2.500	1.025	23.1	27.1(0.0)	
7	S	4408.46	61015.69	5151.01202.9	194.4	939.2	2.500	1.031	23.2	27.1(0.0)	
8	S	4415.48	60671.34	5131.82202.2	193.7	938.5	2.500	1.030	23.3	27.1(0.0)	
9	S	4407.09	60912.39	5167.93203.6	195.1	939.9	2.500	1.025	23.1	27.1(0.0)	
10	S	4408.07	60892.82	5165.66203.5	195.0	940.0	2.500	1.025	23.1	27.1(0.0)	
11	S	3242.48	60812.99	5156.77203.1	194.6	939.4	2.500	1.026	17.0	27.1(0.0)	
12	S	3254.16	60269.51	5127.84202.0	193.5	937.8	2.500	1.024	17.2	27.1(0.0)	
13	S	3240.63	60578.17	5178.75204.0	195.5	939.1	2.500	1.018	16.9	27.1(0.0)	

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 50 di 64
--	--

14	S	3871.63	60880.87	5170.02203.6	195.1	939.9	2.500	1.024	20.3	27.1(0.0)
15	S	3871.63	60880.87	5170.02203.6	195.1	939.9	2.500	1.024	20.3	27.1(0.0)
16	S	3876.78	60571.14	5154.93203.1	194.6	939.0	2.500	1.023	20.4	27.1(0.0)
17	S	3240.63	60578.17	5178.75204.0	195.5	939.1	2.500	1.018	16.9	27.1(0.0)
18	S	3241.94	60756.94	5162.56203.4	194.9	939.3	2.500	1.024	17.0	27.1(0.0)
19	S	3250.25	60336.06	5140.01202.5	194.0	938.1	2.500	1.023	17.1	27.1(0.0)
20	S	2451.15	60521.96	5171.30203.7	195.2	939.5	2.500	1.018	12.8	27.1(0.0)
21	S	4578.80	60813.39	5190.71204.4	195.9	940.4	2.500	1.018	23.9	27.1(0.0)
22	S	4578.79	60798.72	5191.50204.5	196.0	940.4	2.500	1.018	23.9	27.1(0.0)
23	S	3200.49	60587.54	5172.50203.7	195.2	939.3	2.500	1.019	16.8	27.1(0.0)
24	S	3200.50	60573.24	5173.25203.8	195.3	939.3	2.500	1.019	16.8	27.1(0.0)
25	S	3194.94	60783.16	5184.17204.2	195.7	939.6	2.500	1.020	16.7	27.1(0.0)
26	S	3194.97	60730.01	5186.24204.3	195.8	939.6	2.500	1.019	16.7	27.1(0.0)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm 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	1.66	210.0	940.0	-24.0	8.5	8.5	22944	499.1
2	S	1.69	210.0	940.0	-16.7	8.5	8.5	19809	499.1
3	S	1.92	210.0	940.0	-22.2	8.5	8.5	11862	292.0
4	S	1.68	210.0	940.0	-25.3	8.5	8.5	24657	499.1
5	S	2.44	210.0	940.0	-44.4	8.5	8.5	24797	499.1
6	S	2.65	210.0	940.0	-49.9	8.5	8.5	23251	499.1
7	S	1.68	210.0	940.0	-25.3	8.5	8.5	24657	499.1
8	S	1.69	210.0	940.0	-18.5	8.5	8.5	21434	499.1
9	S	1.86	210.0	940.0	-22.8	8.5	8.5	14296	355.7
10	S	1.20	210.0	940.0	-10.5	8.5	8.5	17453	483.1

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.48	210.0	940.0	-13.6	8.5	8.5	23010	499.1
2	S	1.64	210.0	940.0	-17.4	8.5	8.5	14628	377.0
3	S	1.46	210.0	940.0	-19.4	8.5	8.5	23429	499.1
4	S	2.02	210.0	940.0	-33.2	8.5	8.5	23699	499.1
5	S	2.18	210.0	940.0	-36.9	8.5	8.5	24455	499.1
6	S	1.46	210.0	940.0	-19.4	8.5	8.5	23429	499.1
7	S	1.48	210.0	940.0	-14.9	8.5	8.5	24146	499.1

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 51 di 64
--	--

8	S	1.60	210.0	940.0	-17.8	8.5	8.5	18478	477.8
9	S	1.46	210.0	940.0	-19.4	8.5	8.5	23429	499.1
10	S	1.09	210.0	940.0	-8.1	8.5	8.5	20513	499.1

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 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 $A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
1	S	-0.00008	0	0.500	26.0	72	0.00004 (0.00004)	449	0.018		
(0.30)	7128.65	44267.69									
2	S	-0.00009	0	0.500	26.0	72	0.00005 (0.00005)	416	0.022		
(0.30)	23049.04	35531.65									
3	S	-0.00011	0	0.500	26.0	72	0.00006 (0.00006)	452	0.026		
(0.30)	3633.62	39302.87									
4	S	-0.00018	0	0.500	26.0	72	0.00010 (0.00010)	455	0.045		
(0.30)	3848.84	36123.78									
5	S	-0.00020	0	0.500	26.0	72	0.00011 (0.00011)	461	0.051		
(0.30)	12265.98	32491.53									
6	S	-0.00011	0	0.500	26.0	72	0.00006 (0.00006)	452	0.026		
(0.30)	3633.62	39302.87									
7	S	-0.00008	0	0.500	26.0	72	0.00004 (0.00004)	459	0.020		
(0.30)	6183.43	42924.96									
8	S	-0.00010	0	0.500	26.0	72	0.00005 (0.00005)	416	0.022		
(0.30)	18587.59	36398.24									
9	S	-0.00011	0	0.500	26.0	72	0.00006 (0.00006)	452	0.026		
(0.30)	3633.62	39302.87									
10	S	-0.00005	0	0.500	26.0	72	0.00002 (0.00002)	426	0.010		
(0.30)	7394.48	48294.02									

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.60	210.0	940.0	-24.0	8.5	8.5	23442	499.1

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

Comb. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
1	S	-0.00013	0	0.500	26.0	72	0.00007 (0.00007)	452	0.033		
(0.20)	3522.86	37480.68									

<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 VI05 - Relazione di calcolo spalla</p>	<p>File:</p> <p>T00_VI05_STR_RE02_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 52 di 64</p>
--	---

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.

Generali			
Altezza muro frontale	Hm	2.55	m
spessore muro andatore	ba	1.30	m
Altezza paraghiaia	Hp	4	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		6.55	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	ba	6.25	m
Lunghezza lungo asse Y	Lm	9.4	m
Sovraccarico accidentale sul rilevato diffuso su Lm	q	20.0	kN/m ²
Combinazione rara			
Spinta Terrapieno	S1	55.9	kPa
Spinta Sovraccarico q	S2	8.5	kPa
Combinazione sismica SLV			
Spinta sismica Terrapieno	S1	9.4	kPa
Spinta Sismica Sovraccarico q	S2	0.0	kPa
Inerzia terrapieno	S3	13.5	kPa
Inerzia muro	S4	2.3	kPa

Risultati:

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

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 53 di 64
--	--

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

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 1.30x1.0m

Armatura verticale e orizzontale

As = ϕ 20/10 (lato controterra)

A's = ϕ 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 ϕ 10/mq.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 54 di 64
--	--

Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	130.0
3	50.0	130.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

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

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	211.25	49.00	0.00

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 55 di 64
--	--

2 211.25 -362.00 0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

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

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	130.0	-0.00056	-41.0	121.0	-0.05114	-41.0	9.0
2	0.00350	-50.0	0.0	0.00010	-41.0	9.0	-0.04224	-41.0	121.0
3	0.00350	-50.0	130.0	-0.00056	-41.0	121.0	-0.05114	-41.0	9.0
4	0.00350	-50.0	0.0	0.00010	-41.0	9.0	-0.04224	-41.0	121.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

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

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 57 di 64
--	--

$N_{max} = 3476 \text{ kN (CC. SLV)}$

$T_{max} = 675 \text{ kN (CC. SLV)}$

- Unghia anteriore platea fondazione

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

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

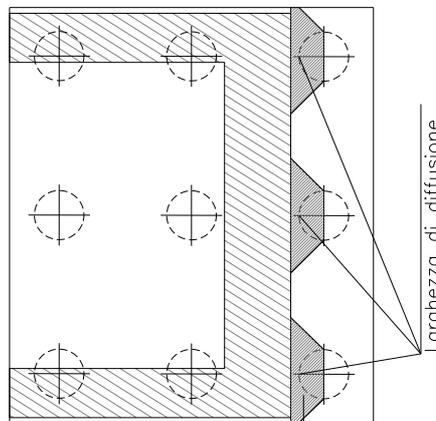
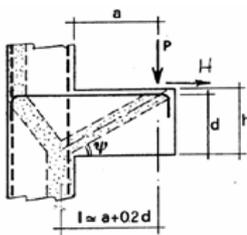


Figura 4.5. Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



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

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

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

P_{Rc} : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

- 1 $P_R \geq P_{Ed}$
- 2 $P_{Rc} \geq P_{Rk}$

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 58 di 64
--	--

Dati di progetto

b(m) =	2.50	m	dimensione trasversale verifica
P _{Ed} (KN) =	4767.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H _{Ed} (KN) =	696.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	1.00	m	distanza P da incastro
h(m) =	2.50	m	spessore mensola
δ(m) =	0.12	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
d(m) =	2.38	m	altezza utile
l(m) =	1.48	m	a+0,2d
λ =	0.69		λ=ctgψ≧l(0,9d).

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

Caratteristiche Materiali

f _{cd} =	14.1	MPa	Calcestruzzo
f _{yd} =	391.0	MPa	Acciaio

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo	R1						
n° R1 =	1	φ1(mm) =	24.0	p1(cm) =	10.0	θ1° =	0.0
A _{φ i} (mm ²) =	452.39	nb tot 1 =	25.0	A _{φ TOT} (mm ²) =	11309.72	A _{φ CAL} (mm ²) =	11309.72
Registro tipo	R2						
n° R2 =	0	φ2(mm) =	20.0	p2(cm) =	10.0	θ2° =	0.0
A _{φ i} (mm ²) =	314.16	nb tot 2 =	0.0	A _{φ TOT} (mm ²) =	0.00	A _{φ CAL} (mm ²) =	0.00
Registro tipo	R3						
n° R3 =	0	φ3(mm) =	24.0	p3(cm) =	10.0	θ3° =	0.0
A _{φ i} (mm ²) =	452.39	nb tot 3 =	0.0	A _{φ TOT} (mm ²) =	0.00	A _{φ CAL} (mm ²) =	0.00

Verifiche di resistenza

Ψ =	0.967	rad	=	55.43	°
P _{RS} =	5407.4	KN		PRs>PEd- Verifica Soddisfatta	
P _{RC} =	22753.9	KN		PRc>PRs - Verifica Soddisfatta	

4.8.5 Palo di fondazione

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

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

$$M = T * \alpha$$

α = 2.48 (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Ty,A [kN]
4767	1727	696
1163	1727	696
3476	1673	675
826	1673	675

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare $\phi 120$ cm

$A_s = 32 \phi 26$ staffe $\phi 12/20$

La lunghezza del palo è pari a $L = 14.00$ m.

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

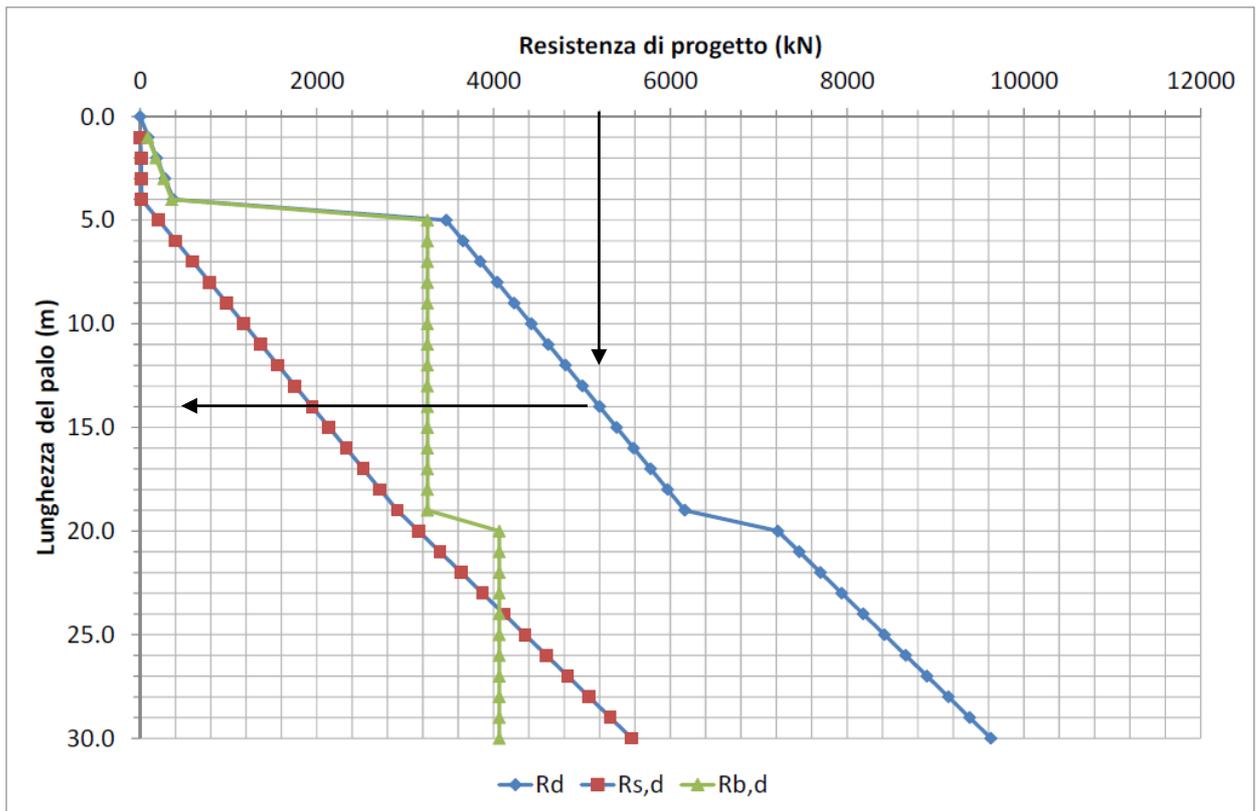


Tabella 4.9 – Portanza verticale pali.

$F.S. \approx 5'200/4'767 = 1.09$ (verifica geotecnica)

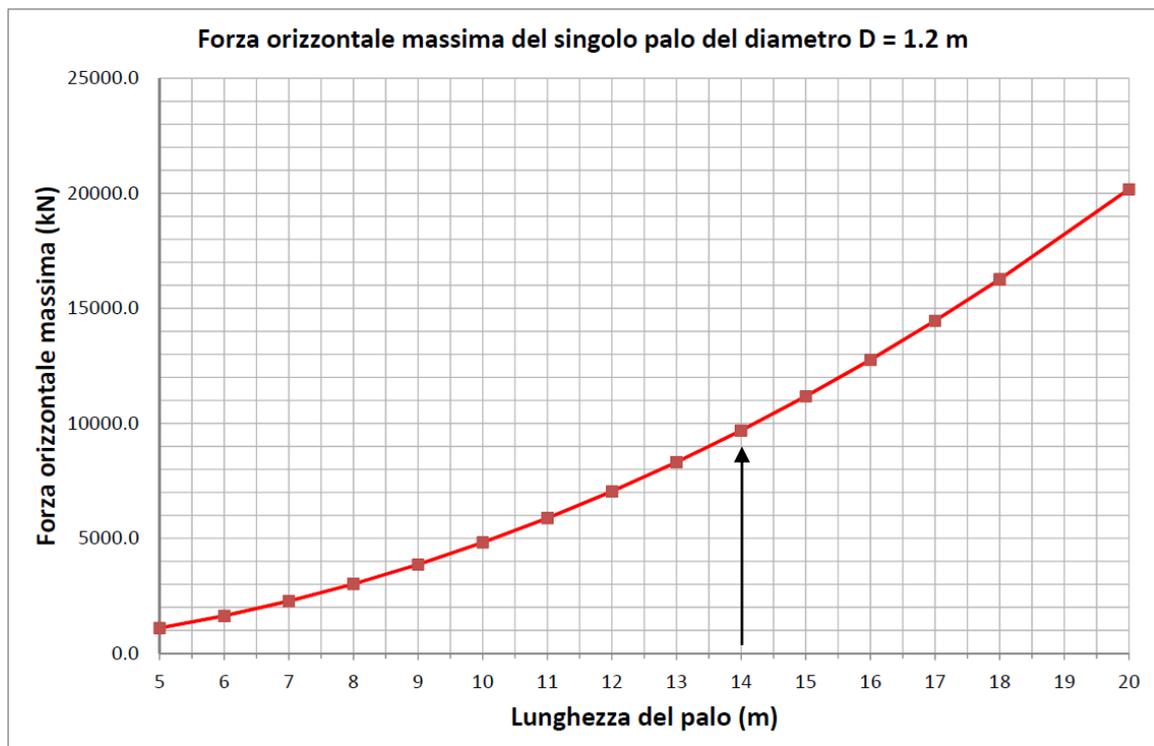


Tabella 4.10 – Portanza orizzontale pali.

$F.S. \approx 10'000/696 = 14.37$ (verifica geotecnica)

La verifica a carico orizzontale risulta soddisfatta.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Classe:</td><td>C25/30</td></tr> <tr><td>Resis. compr. di progetto fcd:</td><td>14.160 MPa</td></tr> <tr><td>Resis. compr. ridotta fcd':</td><td>7.080 MPa</td></tr> <tr><td>Def.unit. max resistenza ec2:</td><td>0.0020</td></tr> <tr><td>Def.unit. ultima ecu:</td><td>0.0035</td></tr> <tr><td>Diagramma tensione-deformaz.:</td><td>Parabola-Rettangolo</td></tr> <tr><td>Modulo Elastico Normale Ec:</td><td>31475.0 MPa</td></tr> <tr><td>Resis. media a trazione fctm:</td><td>2.560 MPa</td></tr> <tr><td>Coeff. Omogen. S.L.E.:</td><td>15.00</td></tr> <tr><td>Coeff. Omogen. S.L.E.:</td><td>15.00</td></tr> <tr><td>Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:</td><td>150.00 daN/cm²</td></tr> <tr><td>Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:</td><td>0.300 mm</td></tr> <tr><td>Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:</td><td>0.00 Mpa</td></tr> <tr><td>Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:</td><td>0.200 mm</td></tr> </table>	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:	0.300 mm	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
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:	0.300 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 -	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tipo:</td><td>B450C</td></tr> <tr><td>Resist. caratt. snervam. fyk:</td><td>450.00 MPa</td></tr> <tr><td>Resist. caratt. rottura ftk:</td><td>450.00 MPa</td></tr> <tr><td>Resist. snerv. di progetto fyd:</td><td>391.30 MPa</td></tr> <tr><td>Resist. ultima di progetto ftd:</td><td>391.30 MPa</td></tr> <tr><td>Deform. ultima di progetto Epu:</td><td>0.068</td></tr> </table>	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																
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																												

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 61 di 64
--	--

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:	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	32	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	4767.00	1727.00	696.00
2	1163.00	1727.00	696.00
3	3476.00	1673.00	675.00
4	826.00	1673.00	675.00

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	3417.00	1179.00	0.00
2	1272.00	1179.00	0.00

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

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 62 di 64
--	--

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	3197.00	1106.00 (1065.02)	0.00 (0.00)
2	1384.00	1106.00 (713.77)	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	3197.00	1106.00 (1065.02)	0.00 (0.00)
2	1384.00	1106.00 (713.77)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	4767.00	1727.00	4766.79	3740.80		
2.17	169.9(33.9)						
2	S	1163.00	1727.00	1162.76	3130.08		
1.81	169.9(33.9)						
3	S	3476.00	1673.00	3476.11	3584.54		
2.14	169.9(33.9)						
4	S	826.00	1673.00	825.97	3041.20		
1.82	169.9(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.)

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 63 di 64
--	--

Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00285	0.0	50.0	-0.00362	0.0	-50.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00257	0.0	50.0	-0.00672	0.0	-50.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00277	0.0	50.0	-0.00448	0.0	-50.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00253	0.0	50.0	-0.00718	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	0.000064769	-0.000386169	----	----
2	0.000000000	0.000092953	-0.002077161	----	----
3	0.000000000	0.000072579	-0.000854760	----	----
4	0.000000000	0.000097081	-0.002324858	----	----

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	696.00	2482.91	824.65	91.8 74.5	109.2	2.500	1.250	9.5	11.3(0.0)	
2	S	696.00	2289.82	903.16	93.3 81.6	107.1	2.500	1.073	8.7	11.3(0.0)	
3	S	675.00	2496.19	849.20	92.1 76.8	109.5	2.500	1.217	9.0	11.3(0.0)	
4	S	675.00	2244.80	914.14	93.8 82.6	105.8	2.500	1.052	8.4	11.3(0.0)	

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

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

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 VI05 - Relazione di calcolo spalla	File: T00_VI05_STR_RE02_A Data: Agosto 2020 Pag. 64 di 64
--	--

Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.55	0.0	0.0	-52.4	0.0	-50.0	737	26.5
2	S	8.60	0.0	0.0	-148.8	0.0	-50.0	1512	37.2

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.02	0.0	0.0	-49.4	0.0	-50.0	737	26.5
2	S	8.06	0.0	0.0	-128.7	0.0	-50.0	1421	37.2

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

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

Comb. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
1 (0.30)	S 1065.02	-0.00032 0.00	0	0.500	26.0	87	0.00015 (0.00015)	418	0.062		
2 (0.30)	S 713.77	-0.00076 0.00	0	0.500	26.0	87	0.00039 (0.00039)	465	0.180		

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	8.02	0.0	0.0	-49.4	0.0	-50.0	737	26.5
2	S	8.06	0.0	0.0	-128.7	0.0	-50.0	1421	37.2

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

Comb. fess	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My
1 (0.20)	S 1065.02	-0.00032 0.00	0	0.500	26.0	87	0.00015 (0.00015)	418	0.062		
2 (0.20)	S 713.77	-0.00076 0.00	0	0.500	26.0	87	0.00042 (0.00039)	465	0.193		