

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI – PONTI E CAVALCAFERROVIA

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I V 0 I	0 0	D	0 9	C L	I V 0 6 0 4	0 0 1	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	K. Petrucci	Gen.2022	D. Guerci	Gen.2022	M. Berlingeri	Gen.2022	A. Peregò Gen. 2022

File IV0100D09CLIV0604001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
2.1	NORMATIVA E ISTRUZIONI	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	6
3.1	CALCESTRUZZO.....	6
3.1.1	Classe C25/30 (pali, diaframmi di fondazione, cordoli e opere provvisionali).....	6
3.1.2	Classe C32/40 (fondazione pile, spalle e solettoni).....	6
3.2	ACCIAIO	6
3.2.1	Acciaio per cemento armato.....	6
4	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	7
5	CARATTERISTICHE DELLE SPALLE	8
5.1	GEOMETRIA DELLE SPALLE.....	8
6	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO	9
6.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G1) E NON STRUTTURALI (G2).....	9
6.2	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO	10
6.2.1	Schemi di carico 1	10
6.2.2	Schema di carico 5	11
6.2.3	Schemi di carico adottati.....	11
6.2.4	Effetti dinamici	13
6.3	AZIONI LONGITUDINALI DI FRENAMENTO O DI ACCELERAZIONE Q3.....	13

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	1 di 96

6.4	AZIONE DEL VENTO	14
6.5	AZIONE SISMICA	18
6.5.1	<i>Vita nominale</i>	18
6.5.2	<i>Classe d'uso</i>	19
6.5.3	<i>Periodo di riferimento</i>	19
6.5.4	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità sismica</i>	20
6.5.5	<i>Caratterizzazione sismica del terreno</i>	21
6.6	RIEPILOGO DELLE AZIONI DEL TRAFFICO DELL'IMPALCATO	26
6.7	SPINTA STATICA DEL TERRENO	27
6.8	SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE E PERMANENTE.....	28
6.9	SOVRASPINTA SISMICA	29
6.10	FORZE DI INERZIA DOVUTE AL SISMA.....	30
7	COMBINAZIONI DI CARICO	31
8	CRITERI DI VERIFICA SLU E SLV	33
8.1	VERIFICHE ELEMENTI IN C.A.	33
8.2	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE	33
8.3	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO	33
9	CRITERI DI VERIFICA CONDIZIONI DI ESERCIZIO.....	34
9.1	VERIFICHE SLE	34
9.1.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure</i>	34
9.1.2	<i>Verifica delle massime tensioni di esercizio CLS ed acciaio</i>	34
10	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA SPALLA.....	35

10.1	MURO PARAGHIAIA	35
10.1.1	<i>Sollecitazioni</i>	35
10.1.2	<i>Sintesi delle armature disposte</i>	38
10.1.3	<i>Verifiche SLV</i>	39
10.1.4	<i>Verifiche SLU</i>	41
10.1.5	<i>Verifiche SLE</i>	44
10.2	MURO DI TESTATA	46
10.2.1	<i>Sollecitazioni</i>	46
10.2.2	<i>Sintesi delle armature disposte</i>	49
10.2.3	<i>Verifiche SLV</i>	50
10.2.4	<i>Verifica SLU</i>	53
10.2.5	<i>Verifiche SLE</i>	55
10.3	MURI ANDATORI	57
10.3.1	<i>Sollecitazioni</i>	57
10.3.2	<i>Sintesi delle armature disposte</i>	60
10.3.3	<i>Verifiche SLV</i>	61
10.3.4	<i>Verifiche SLU</i>	65
10.3.5	<i>Verifiche SLE</i>	67
11	SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE	69
11.1	SOLLECITAZIONI AD INTRADOSSO FONDAZIONE	69
11.2	SOLLECITAZIONI SUI PALI	71
12	VERIFICHE STRUTTURALI PLINTO DI FONDAZIONE	75

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	3 di 96

12.1	SINTESI DELLE ARMATURE DISPOSTE IN DIREZIONE LONGITUDINALE	76
12.2	SINTESI DELLE ARMATURE DISPOSTE IN DIREZIONE TRASVERSALE.....	76
12.2.1	<i>Verifiche SLV in direzione trasversale</i>	<i>77</i>
12.2.2	<i>Verifiche SLV in direzione longitudinale.....</i>	<i>80</i>
12.2.3	<i>Verifiche SLU in direzione trasversale.....</i>	<i>83</i>
12.2.1	<i>Verifiche SLU in direzione longitudinale</i>	<i>85</i>
12.2.2	<i>Verifiche SLE in direzione trasversale</i>	<i>87</i>
13	VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE.....	88
13.1.1	<i>Massime e minime sollecitazioni sul singolo palo.....</i>	<i>88</i>
13.1.2	<i>Dimensionamento delle armature</i>	<i>89</i>
13.1.3	<i>Verifica a pressoflessione.....</i>	<i>90</i>
13.1.4	<i>Verifiche SLE.....</i>	<i>94</i>

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	4 di 96

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al dimensionamento delle fondazioni di spalle e pile del Cavalcaferrovia IV06 (IV06 - cavalcaferrovia strada provinciale n.3 cat.C1 dal Km 83+400 al 83+530) previsto nell'ambito del raddoppio della linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Ligure - Andora.

Per tutti i dettagli sull'opera si rimanda alla visione degli elaborati grafici e della relazione descrittiva Doc. IV0100D09ROIV0600001.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 5 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	-------------------

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa e istruzioni

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

Ferrovie dello Stato hanno emanato nel tempo varie normative e linee guida riguardanti sia i sovraccarichi che le prescrizioni relative ai ponti.

Le normative rilevanti per la redazione del progetto di messa in sicurezza sono ovviamente le normative ora vigenti per le strutture, e per i ponti ferroviari in particolare, elencate nel seguito.

- *DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC18);*
- *Circolare Applicativa delle NTC 2018, 21/01/2019 (Circ n.7)*
- *Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – parte 5 – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;*
- *RFICTCSIMAIIFS001_E: Manuale di progettazione delle opere civili, 31/12/2020*
- *Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- *Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.*

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

3.1 Calcestruzzo

3.1.1 Classe C25/30 (pali, diaframmi di fondazione, cordoli e opere provvisionali)

- Classe d'esposizione : XC2
- Copriferro netto minimo: $c = 60\text{mm}$
- $R_{ck} = 30\text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9\text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 24,9 \cdot 0,85 / 1,5 = 14,11\text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2,56\text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico: $E = 22000 [f_{cm}/10]^{0,3} = 31447,16\text{ MPa}$

3.1.2 Classe C32/40 (fondazione pile, spalle e solettoni)

- Classe d'esposizione : XC2
- Copriferro netto minimo: $c = 40\text{mm}$
- $R_{ck} = 40\text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 33,20\text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 33,20 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,81\text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,10\text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico: $E = 22000 [f_{cm}/10]^{0,3} = 33642,78\text{ MPa}$

3.2 Acciaio

3.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

Acciaio B450C

- | | |
|--|-----------------------------------|
| • tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} = 450\text{ N/mm}^2$; |
| • tensione caratteristica di rottura | $f_{tk} = 540\text{ N/mm}^2$; |
| • resistenza di calcolo a trazione | $f_{yd} = 391,30\text{ N/mm}^2$; |
| • modulo elastico | $E_s = 206.000\text{ N/mm}^2$. |

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	7 di 96

4 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

La stratigrafia del terreno considerata e i relativi parametri geotecnici utilizzati nel calcolo sono riportati nell'elaborato di calcolo IV0I00D09GEIV0603001.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 8 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	-------------------

5 CARATTERISTICHE DELLE SPALLE

5.1 Geometria delle spalle

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche della Spalla:

H testata	Altezza del muro di testata	4.00	m
H paraghiaia	Altezza del paraghiaia al di sopra del muro di testata	2.25	m
H testat+paraghiaia	Altezza totale sopra il plinto di fondazione	6.25	m
S testata	Spessore del muro di testata	2.40	m
S paraghiaia	Spessore del paraghiaia	0.50	m
L testata	Larghezza del muro di testata	14.00	m
L paraghiaia	Larghezza del muro paraghiaia	14.00	m
A andatori	Superficie laterale muri andatori	26.56	m ²
S medio andatori	Spessore medio dei muri andatori	0.80	m
N° andatori	Numero di muri andatori	2.00	

L monte	Lunghezza della mensola di monte	4.25	m
L valle	Lunghezza della mensola di valle	2.65	m
L tot plinto	Lunghezza totale del plinto di fondazione	9.30	m
L trasv plinto	Larghezza del plinto di fondazione	14.50	m
H plinto	Altezza del plinto di fondazione	1.80	m
H riemp valle	Altezza del riempimento di valle	1.00	m
α plinto	Angolo d'inclinazione dell'estradosso del plinto	0.00	°

Caratteristiche del terreno del rilevato a tergo spalla.

φ	Angolo d'attrito interno del terreno	35.00	°
$\gamma\varphi$ M1	Coefficiente parziale per tanj' per la combinazioni M1	1.00	
γ	Peso specifico del terreno	19.00	kN/m ³
δ static	Angolo d'attrito interno tra terreno e muro in condizioni statiche	23.33	°
δ sismic	Angolo d'attrito interno tra terreno e muro in condizioni sismiche	23.33	°

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 9 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	-------------------

6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

Si riporta di seguito la convenzione utilizzata per le sollecitazioni e relativi segni.

Le N sono positive se dirette verso il basso, il taglio e il momento longitudinale sono positivi se diretti verso il ponte.

6.1 Carichi permanenti strutturali (g1) e non strutturali (g2)

I carichi permanenti strutturali comprendono il peso proprio degli elementi strutturali, sia della spalla (calcolato considerando un peso specifico del calcestruzzo di 25kN/mc) che i carichi trasmessi dall'impalcato.

I carichi permanenti strutturali comprendono il peso proprio degli elementi non strutturali:

- peso del terreno tra i muri andatori;
- carico dei permanenti non strutturali dell'impalcato (nero, barriere, velette, rete).

I carichi sotto riportati sono calcolati considerando la metà della luce dell'impalcato:

	A	g	g	L	N
	m ²	kN/m	kN/m ³	m	kN
G1 Travi			25.00	14.60	0.00
G1 Traversi irrigidimenti inizio-fine	2.00		25.00	12.10	605.00
G2 Soletta	4.44		25.00	14.95	1660.57
G2 Pavimentazione	1.26		20.00	14.95	376.74
G2 Sicurvia		1.50		29.90	44.85
G2 Veletta	0.09		25.00	29.90	69.52
G2 Rete di protezione		2.00		29.90	59.80
Tot					2816.48

6.2 Azioni variabili da traffico

Il viadotto è classificato di 1^a categoria, ossia per il transito dei carichi mobili in seguito descritti con il loro intero valore.

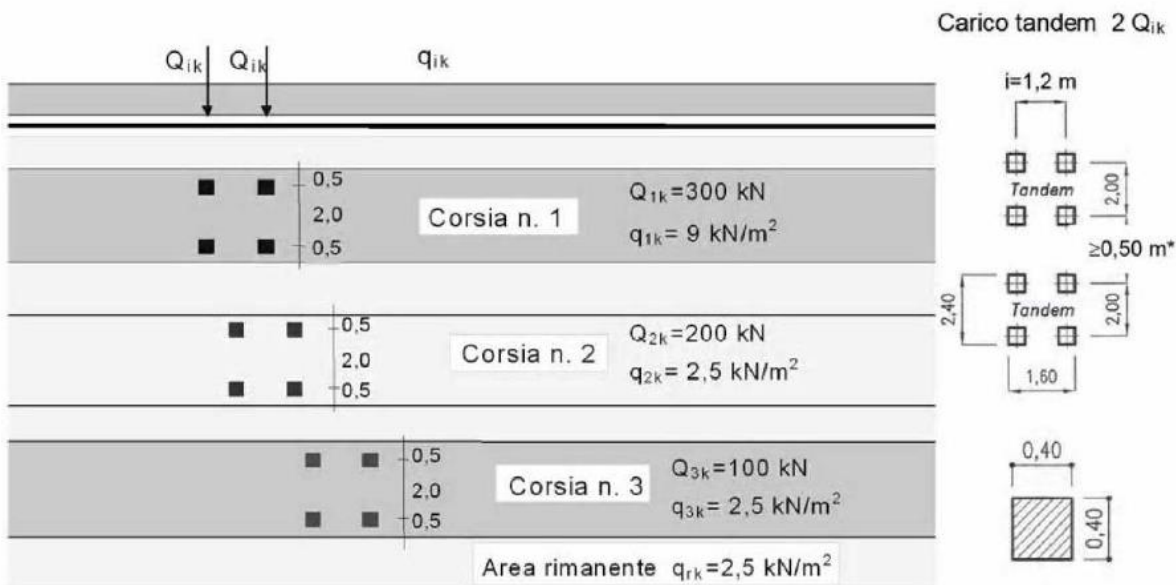
I carichi verticali sono definiti per mezzo di schemi di carico. Sono previsti due schemi di carico distinti:

- Schema di Carico 1 - è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti;
- Schema di Carico 5 - è costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5,0 kN/m². Il valore di combinazione è invece di 2,5 kN/m²;

6.2.1 Schemi di carico 1

Lo schema di carico 1 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico stradale e risulta costituito da:

- due assi in tandem Q_{ik} ciascuno da 300 kN disposti ad interasse longitudinale pari a 1,20m ed interasse trasversale pari a 2.0m;
- carico distribuito di 9.0 kN/m² in entrambe le direzioni e per una lunghezza illimitata.



Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti di 1a Categoria è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20 cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3,00 m.

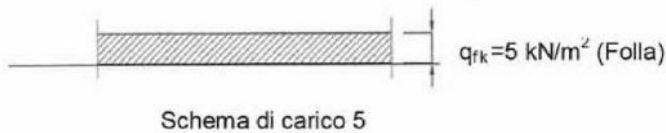
Nell'impalcato in esame sono state considerate n.3 colonne di carico.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 11 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

6.2.2 Schema di carico 5

Lo schema di carico 5 schematizza gli effetti della folla compatta:



Nell'impalcato in esame è stato applicato nei marciapiedi con un valore di 2.5kN/mq.

6.2.3 Schemi di carico adottati

Gli schemi di carico 1 e 5 sono stati disposti sull'impalcato al fine di massimizzare le azioni sulla spalla.

In particolare:

- con la disposizione di n.3 colonne dello Schema di Carico 1 (vedi la figura al precedente paragrafo 6.3.1) e della disposizione dello Schema di Carico 5 in corrispondenza dei marciapiedi è stata effettuata la massimizzazione dell'azione verticale e del momento longitudinale (in seguito Max N–NML) ;
- con la disposizione di n.1 colonna dello Schema di Carico 1 adiacente il marciapiede e la disposizione dello Schema di Carico 5 sullo stesso marciapiede è stata effettuata la massimizzazione del momento trasversale (in seguito Max M trasv – MTRA)

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 12 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

Di seguito si riporta la distribuzione dei carichi considerati:

	Carichi di superficie						Carichi Tandem		
	qfk	q1k	q2k	q3k	q4k	qfk	Q1k	Q2k	Q3k
	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN	kN	kN
Max N	2.50	9.00	2.50	2.50	0.00	2.50	300.00	200.00	100.00
Max M trasv	2.50	9.00	2.50	0.00	0.00	0.00	300.00	200.00	0.00
Ponte scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dove:

- q_{fk} = carico folla distribuito sul marciapiede;
- q_{1k} = carico da traffico distribuito sulla prima corsia di carico;
- q_{2k} = carico da traffico distribuito sulla seconda corsia caricata;
- q_{3k} = carico da traffico distribuito sulla terza corsia caricata;
- q_{4k} = carico da traffico distribuito sulla corsia rimanente;
- Q_{1k} = carico tandem concentrato sulla prima corsia di carico;
- Q_{2k} = carico tandem concentrato sulla seconda corsia di carico;
- Q_{3k} = carico tandem concentrato sulla prima corsia di carico;

Le azioni di carico verticale e momento trasversale derivanti dall'intero impalcato sono i seguenti:

N tot	Mx	My tot
kN	kNm	kNm
2055.31	1527.00	0.00
1647.98	2876.06	0.00
0.00	0.00	0.00

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 13 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

6.2.4 Effetti dinamici

I carichi mobili includono gli effetti dinamici per pavimentazioni di media rugosità.

6.3 Azioni longitudinali di frenamento o di accelerazione q3.

La forza di frenamento o di accelerazione q3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 ed è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 \cdot (2Q_{1k}) + 0,10q_{1k} \cdot w_l \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

per i ponti di 1a categoria, essendo w_l la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata.

La forza di frenatura, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione.

q ₃	441.00	kN
----------------	--------	----

Dimensioni di calcolo

w impalcato	14.80	m
H impalcato	2.18	m
Luce asse giunto asse giunto	30.00	m

Sollecitazioni senza ψ

N	0.00	kN
V _x	441.00	kN
V _y	0.00	kN
M _y	961.38	kNm
M _x	0.00	kNm

Sollecitazioni con ψ

N	0.00	kN
V _x	302.40	kN
V _y	0.00	kN
M _y	659.23	kNm
M _x	0.00	kNm

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 14 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

6.4 Azione del vento

Per la determinazione dell'azione dovuta al vento si fa riferimento alle NTC18 e relativa circolare. In particolare le istruzioni prevedono che la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni e sui loro elementi proceda secondo lo schema seguente:

1. definite le caratteristiche del sito ove sorge la costruzione, si valuta la velocità di progetto e la pressione cinetica di picco del vento;
2. definita la forma, le dimensioni e l'orientamento della costruzione, si valutano le azioni aerodinamiche di picco esercitate dal vento sulla costruzione e sui suoi elementi;
3. definite le proprietà meccaniche della costruzione e dei suoi elementi si valutano le azioni statiche equivalenti.

Le analisi sono svolte considerando due condizioni di carico:

- 1) ponte scarico;
- 2) ponte carico.

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

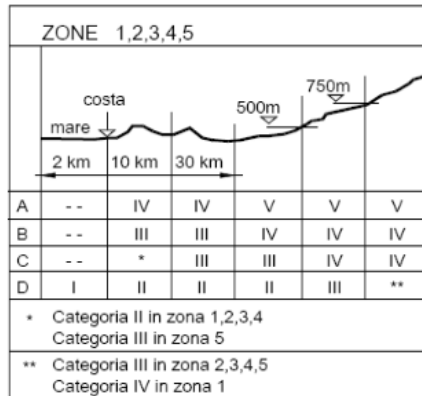
Usualmente tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni p (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- q_b = pressione cinetica di riferimento;
- c_e = coefficiente di esposizione;
- c_p = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);
- c_d = coefficiente dinamico.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01 LOTTO 00 FASE-ENTE D09 DOCUMENTO CLIV0604001 REV. A FOGLIO 15 di 96



Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Definizione della categoria di esposizione

Il valore di c_e può essere ricavato mediante la relazione:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_i \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_i \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad \text{per } z > z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

Velocità base di riferimento 3.3.1		
Zona	7.00	-
Vb,0	28.00	m/s
ao	1000.00	m
ks	0.54	adim
as	30.00	m.l.m
ca	1.00	adim
Vb	28.00	m/s

Velocità di riferimento 3.3.2		
Tr	50.00	anni
cr	1.00	adim
Vr	28.02	m/s

Pressione cinetica di riferimento 3.3.6		
qr	490.72	N/m2

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 16 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

Coefficiente di esposizione 3.3.7		
Clas. Rugosità	B	-
Distanza costa	3.00	km
Cat. Esposizione suolo	IV	-
Kr	0.22	
Z0	0.30	m
Zmin	8.00	m
Z dal terreno	9.50	m

Ct	1.00	adim
Ce	1.75	adim
Cd	1.00	adim
D/h	2.19	-
Sp	1.00	mq
S	1.00	mq
ϕ	1.00	-
Cp	1.40	-
μ	interpolazione lineare	-
μ segnato	0.20	

μ 0.25

Pressione del vento 3.3.4				
P (trave isolata)	1201.22	N/m ²	P(μ)	394.15
P (trave isolata)	1.20	KN/m ²	P(μ)	0.39

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	17 di 96

Le azioni del vento e relativi momenti di trasporto al baricentro dell'impalcato sono riportati di seguito:

Ponte scarico

Nel caso di ponte scarico è stata considerata l'azione del vento agente su tutta l'altezza della rete protettiva per quanto riguarda il lato interno dell'impalcato, mentre sul lato esterno opposto, è stata considerata l'azione del vento su un'altezza pari alla somma dell'altezza dell'impalcato più quella della rete protettiva.

Vy	138.83	kN
Mx	376.10	kNm

Ponte carico

Nel caso di ponte carico è stata considerata l'azione del vento agente su tutta l'altezza della rete protettiva per quanto riguarda il lato interno dell'impalcato, mentre sul lato esterno opposto, è stata considerata l'azione del vento su un'altezza pari alla somma dell'altezza dell'impalcato più quella del carico, pari a 3m come riportato nelle NTC18.

Vy	120.81	kN
Mx	291.78	kNm

6.5 Azione sismica

Con riferimento alla normativa vigente (NTC18), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC18), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 delle NTC18, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 delle NTC18.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell’azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

6.5.1 Vita nominale

La vita nominale di un’opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Per l’opera in esame viene assunta una vita nominale $VN = 75$ anni.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	19 di 96

6.5.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel presente progetto si considera una **classe d'uso tipo III** con coefficiente d'uso $C_U=1.5$.

6.5.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.5 = 112.5 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 20 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

6.5.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

Tabella 1 Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato

	STATO LIMITE	P : probabilità di superamento nel periodo di riferimento
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{C_u \cdot V_N}{\ln(1 - P_{VR})}$$

da cui si ottiene la seguente tabella:

Tabella 2 Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R

Stati limite	Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R (anni)
SLE	SLO 68
	SLD 113
SLU	SLV 1069
	SLC 2194

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati, il periodo T_R in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV è pari a $T_R = 1069$ anni.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 21 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

6.5.5 *Caratterizzazione sismica del terreno*

6.5.5.1 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC18.

I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria B**.

6.5.5.2 Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tabella 3 Classificazione topografica superfici

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le categorie topografiche appena definite si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

6.5.5.3 Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC18 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_S \cdot S_T$ e di C_C in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle che sono riportate di seguito:

Tabella 4 Calcolo parametri S_s e C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 5 Valori massimi dei coeff di amplificazione topografica S_T

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Il valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a $S_T = 1$

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a $S_s = 1,20$ e $C_c = 1.399$

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 23 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

6.5.5.4 Parametri sismici di calcolo

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

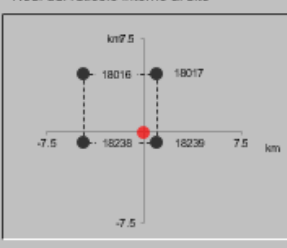
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri


Elaborazioni

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 1 Individuazione della pericolosità del sito

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_k info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 8\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

--- Strategia per costruzioni ordinarie

... Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 2 Scelta della strategia di progettazione

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 24 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

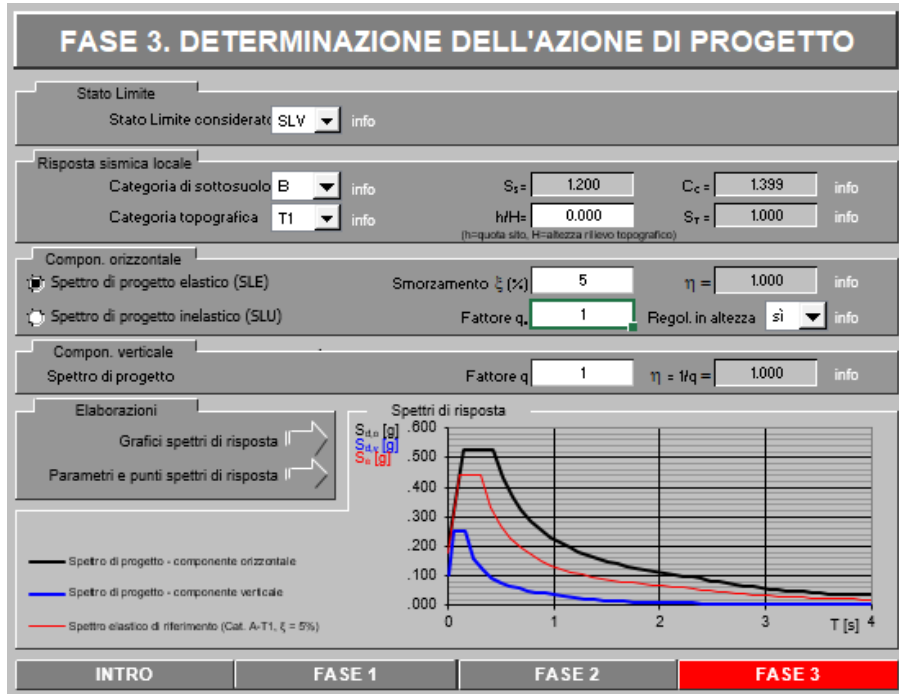


Figura 3 Determinazione dell'azione di progetto

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo SLV

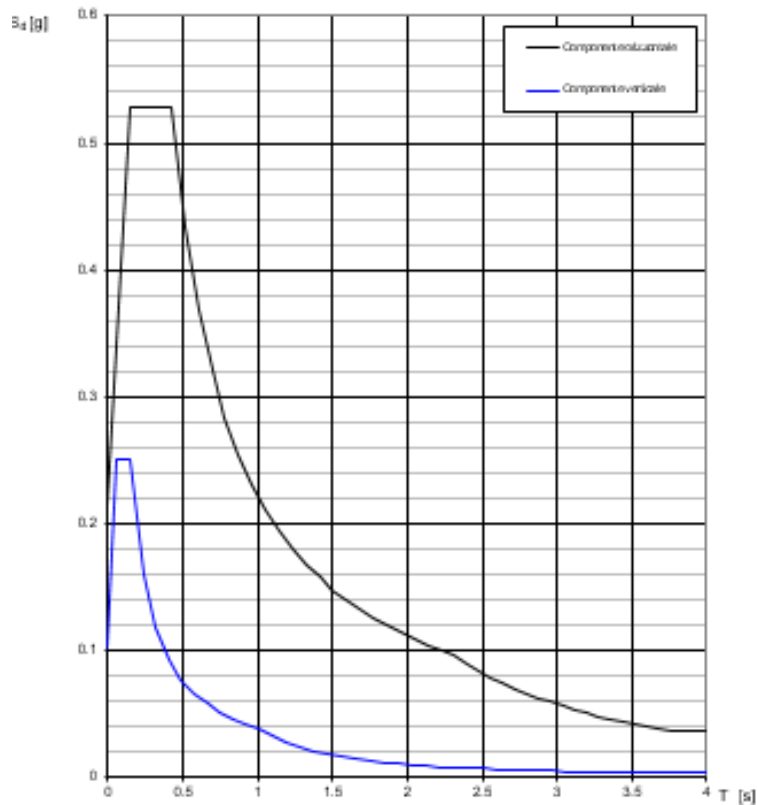


Figura 4 Grafico dello spettro di progetto

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 25 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.179 g
F_0	2.461
T_C	0.300 s
S_S	1.200
C_C	1.399
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.140 s
T_C	0.420 s
T_D	2.314 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_g(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.214
$T_B \leftarrow$	0.140	0.527
$T_C \leftarrow$	0.420	0.527
	0.510	0.434
	0.601	0.369
	0.691	0.321
	0.781	0.284
	0.871	0.254
	0.961	0.231
	1.052	0.211
	1.142	0.194
	1.232	0.180
	1.322	0.168
	1.412	0.157
	1.503	0.148
	1.593	0.139
	1.683	0.132
	1.773	0.125
	1.863	0.119
	1.954	0.113
	2.044	0.108
	2.134	0.104
	2.224	0.100
$T_D \leftarrow$	2.314	0.096
	2.395	0.089
	2.475	0.084
	2.555	0.079
	2.635	0.074
	2.716	0.070
	2.796	0.066
	2.876	0.062
	2.956	0.059
	3.037	0.056
	3.117	0.053
	3.197	0.050
	3.278	0.048
	3.358	0.045
	3.438	0.043
	3.518	0.041
	3.599	0.040
	3.679	0.038
	3.759	0.036
	3.839	0.036
	3.920	0.036
	4.000	0.036

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 26 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

6.6 Riepilogo delle azioni del traffico dell'impalcato

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza del traffico stradale vanno sempre combinati con le altre azioni, adottando i coefficienti indicati nella seguente tabella.

Tabella 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla carreggiata					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m ²
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 ^(*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
4 ^(**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
5 ^(***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

^(*) Ponti di 3^a categoria
^(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
^(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Disposizione di carico 1a (Nmax):

Schema di Carico 1 (n.3 colonne di carico)

Schema di Carico 5 (su n.2 marciapiedi)

Disposizione di carico 1b (Nmin/Mtrasv max):

Schema di Carico 1 (n.1 colonne di carico)

Schema di Carico 5 (su n.1 marciapiede)

Ai fini delle analisi da condurre gli effetti di frenatura sono stati considerati agenti in un unico verso.

6.7 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a $S=1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$, applicata ad 1/3 dal basso.

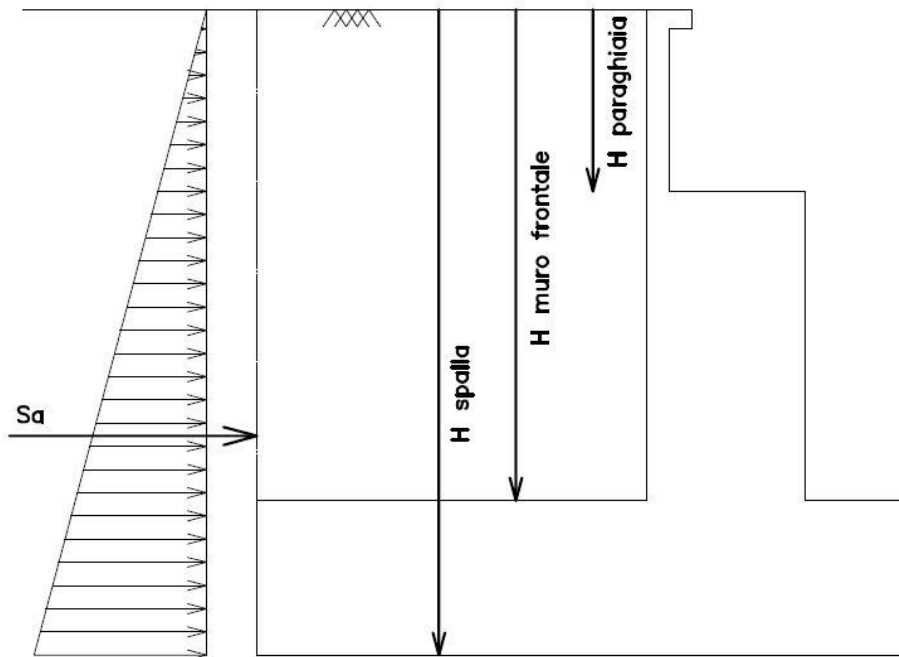


Figura 5 Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

Si ritiene che la spalla sia impedita di traslare rispetto al terreno. La spinta sia in condizioni di esercizio che in condizioni sismiche viene calcolata con il coefficiente di spinta in quiete k_0 e non con il coefficiente di spinta attiva k_a .

6.8 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale e permanente

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante sulla spalla e a tergo di essa, si considera un carico uniformemente distribuito di lunghezza indefinita con valore pari a $q=17.70 \text{ kN/m}^2$.

Tale valore è stato ottenuto secondo quanto riportato nel paragrafo C5.1.3.3.5.1 della Circ.n.7 , considerando un'altezza di diffusione pari a $H_{\text{muro frontale}}/2$.

Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a $S=k_0 \cdot q \cdot H_{\text{spalla}}$, con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste. Tale forza si considera agente in senso longitudinale su tutta la larghezza della spalla, mentre in senso trasversale sull'intera lunghezza dei muri andatori.

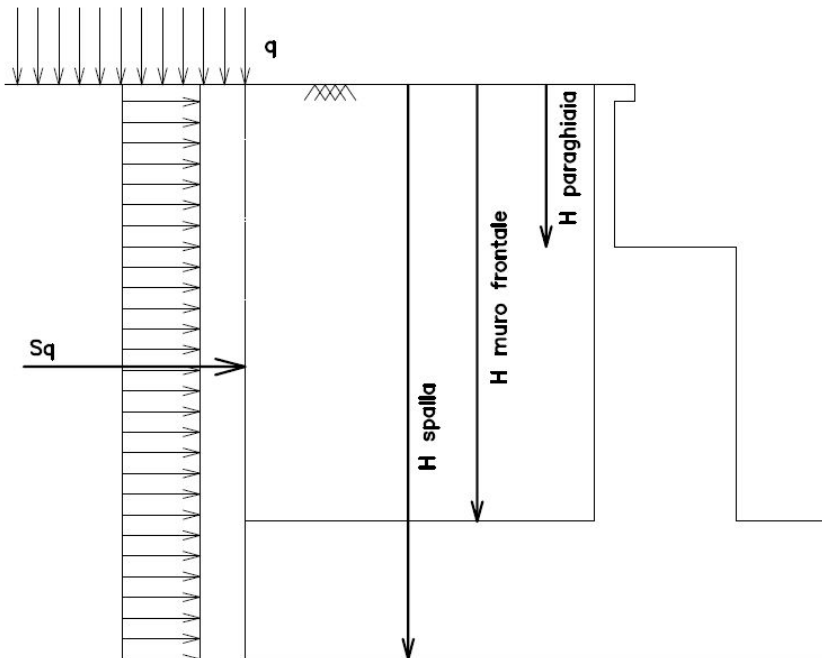


Figura 6 Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

6.9 Sovrappinta sismica

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio.

La sovrappinta sismica può essere calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro pari a $\Delta S_{ae} = a_{max}/g \cdot \gamma \cdot H^2$, da applicare ad una quota pari ad $H/2$ nel caso di muro impedito di traslare.

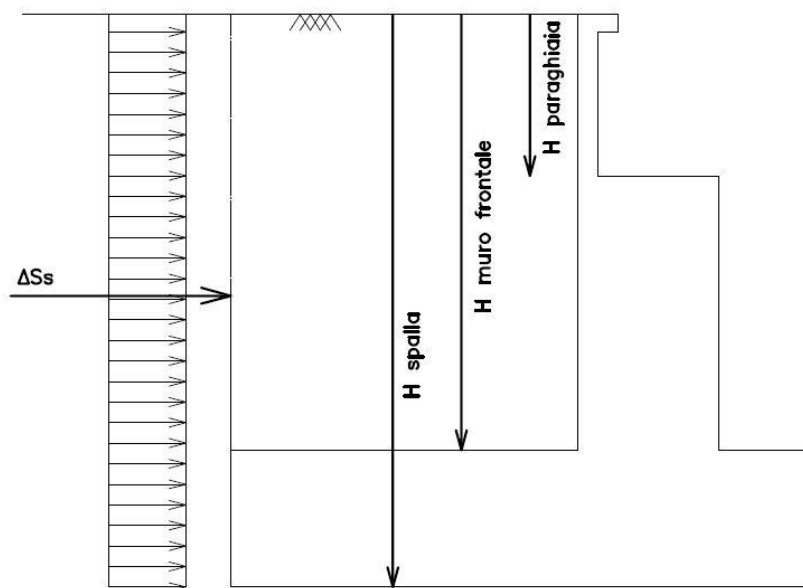


Figura 7 Schema per il calcolo degli effetti della sovrappinta sismica

Categoria suolo	Categoria del sottosuolo	B	
Fo	Fattore per l'amplificazione spettrale massima su sito di rif. rigido	2.46	
ag	Accelerazione orizzontale massima attesa su sito di rif. rigido	1.76	m/s ²
Ss	Coefficiente per l'effetto dell'amplificazione stratigrafica	1.20	
ST	Coefficiente per l'effetto dell'amplificazione topografica	1.00	
S	Fattore della categoria del suolo	1.20	
βμ	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione max attesa al sito	1.00	
amax	Accelerazione orizzontale massima attesa al sito	2.11	m/s ²
kh	Coefficiente sismico orizzontale	0.21	g
kv	Coefficiente sismico verticale	0.11	

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	30 di 96

6.10 Forze di inerzia dovute al sisma

In fase sismica si devono considerare le azioni orizzontali e verticali agenti sulla spalla dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo e del rinterro compreso tra i muri andatori.

Le risultanti orizzontali e verticali sono rispettivamente pari ad $F_h = k_h \cdot W$ e $F_v = k_v \cdot W$, dove i coefficienti k_h e k_v sono calcolati come esposto al paragrafo 7.11.6 delle NTC18 risultando pari a $k_h = \beta_m \cdot a_{max} / g$, $k_v = \pm 0.5 k_h$ con $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$.

Il coefficiente β_m è stato considerato unitario, non essendo la spalla libera di traslare rispetto al terreno.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	31 di 96

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Sulla base delle condizioni di carico elementare illustrate al §6 sono state definite le combinazioni di carico.

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC18 al par.2.5.3:

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

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

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

Combinazione sismica: $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} \dots$

Per le verifiche SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali e dei coefficienti di combinazione riportati nelle seguenti figure.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

 COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
 IV01 00 D09 CLIV0604001 A 32 di 96

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	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}$, $\gamma_{\epsilon 3}$, $\gamma_{\epsilon 4}$	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

 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

**ITALFERR**

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

PROGETTO DEFINITIVO**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA****TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530

Relazione di calcolo spalle

COMMESSA
IV01LOTTO
00FASE-ENTE
D09DOCUMENTO
CLIV0604001REV.
AFOGLIO
33 di 96

8 CRITERI DI VERIFICA SLU E SLV

8.1 Verifiche elementi in c.a.

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nel paragrafo 4.1.2 delle NTC18.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali condotte nel progetto. Ulteriori dettagli specifici, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

8.2 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

8.3 Verifiche per gli stati limite ultimi a taglio

La verifica di resistenza nei confronti delle sollecitazioni taglianti si esegue nel rispetto delle prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.3 delle NTC18.

9 CRITERI DI VERIFICA CONDIZIONI DI ESERCIZIO

9.1 Verifiche SLE

9.1.1 Stato limite di formazione delle fessure

Si verifica che il valore caratteristico di apertura delle fessure w_k non superi i limiti di normativa. L'ampiezza caratteristica delle fessure è calcolata come 1.7 volte il prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_k = 1.7 \cdot \epsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Trattandosi di strutture soggette a diverse condizioni ambientali, si adottano i seguenti limiti, per la combinazione frequente e presenza di armature poco sensibili, come previsto dal § 2.6.2.2.2 MdP Parte II:

- $w_1 = 0.2$ mm per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, strutture a permanente contatto con il terreno e zone non ispezionabili di tutte le strutture
- $w_2 = 0.3$ mm per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

Il valore limite di tensione di trazione nel calcestruzzo per lo stato limite di formazione delle fessure vale $f_{ctm}/1.2$.

9.1.2 Verifica delle massime tensioni di esercizio CLS ed acciaio

La massima tensione di compressione del cls e nell'acciaio deve rispettare le seguenti limitazioni (vedi §4.1.2.2.5 delle NTC18):

- $\sigma_{c,max} < 0.60 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara);
- $\sigma_{c,max} < 0.45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente;

La massima tensione di trazione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

- $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ per combinazione caratteristica (rara).

10 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA SPALLA

La determinazione delle azioni agenti sulla spalla è stata eseguita mediante l'utilizzo di un foglio di calcolo che considera gli effetti globali sulla struttura. Gli elementi costituenti sono stati dimensionati e verificati singolarmente, secondo gli schemi statici di seguito descritti.

10.1 Muro paraghiaia

Il muro paraghiaia è stato considerato come una trave a mensola incastrata in testa al muro di testata.

Per il dimensionamento è stata considerata l'azione dei seguenti carichi:

- Peso proprio e il suo effetto dinamico in caso di sisma;
- Sovraccarico accidentale da traffico a tergo della spalla;
- Azione orizzontale della frenatura.

10.1.1 Sollecitazioni

MURO PARAGHIAIA

Sollecitazioni sulla sezione di 1m.

Statica

COMBO	Z	Thickness	N	T	M
	(m)	(m)	(kN/m)	(kN/m)	(kNm/m)
RARA_1_NML	0.00	0.50	28.13	77.33	130.56
RARA_2_NML	0.00	0.50	28.13	100.53	173.54
FREQ_1_NML	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12
FREQ_2_NML	0.00	0.50	28.13	77.33	130.56
Q.PERM_NML	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12
SLU1_NML	0.00	0.50	37.97	104.40	176.26
SLU2_NML	0.00	0.50	37.97	135.72	234.27
SLU3_NML	0.00	0.50	28.13	97.81	171.31
SLU4_NML	0.00	0.50	28.13	129.13	229.33

Sismica

SLV_NML	0.00	0.50	28.13	155.41	457.26
---------	------	------	-------	--------	--------

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 36 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

MURO PARAGHIAIA

Sollecitazioni sulla sezione di 1m.

Statica

COMBO	Z	Thickness	N	T	M
	(m)	(m)	(kN/m)	(kN/m)	(kNm/m)
RARA_1_MTRA	0.00	0.50	28.13	77.33	130.56
RARA_2_MTRA	0.00	0.50	28.13	100.53	173.54
FREQ_1_MTRA	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12
FREQ_2_MTRA	0.00	0.50	28.13	77.33	130.56
Q.PERM_MTRA	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12
SLU1_MTRA	0.00	0.50	37.97	104.40	176.26
SLU2_MTRA	0.00	0.50	37.97	135.72	234.27
SLU3_MTRA	0.00	0.50	28.13	97.81	171.31
SLU4_MTRA	0.00	0.50	28.13	129.13	229.33

Sismica

SLV_MTRA	0.00	0.50	28.13	155.41	457.26
----------	------	------	-------	--------	--------

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 37 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

MURO PARAGHIAIA

Sollecitazioni sulla sezione di 1m.

Statica

COMBO	Z	Thickness	N	T	M
	(m)	(m)	(kN/m)	(kN/m)	(kNm/m)
RARA_1_PSCA	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12
RARA_2_PSCA	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12
FREQ_1_PSCA	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12
FREQ_2_PSCA	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12
Q.PERM_PSCA	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12
SLU1_PSCA	0.00	0.50	37.97	25.42	19.07
SLU2_PSCA	0.00	0.50	37.97	25.42	19.07
SLU3_PSCA	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12
SLU4_PSCA	0.00	0.50	28.13	18.83	14.12

Sismica

SLV_PSCA	0.00	0.50	28.13	84.56	278.33
----------	------	------	-------	-------	--------

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	38 di 96

10.1.2 Sintesi delle armature disposte

Le armature minime vengono calcolate in base a quanto previsto nel §7.4.6.2.1 NTC18.

Per l'armatura trasversale si fa riferimento al §7.4.6.2.4 NTC18.

Armatura longitudinale

	F	passo	As,ed	As	As,tot	As,min	Verifica	Verifica
	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	As,min	As,ed
Monte	22	100	3055.04	3801.33	3801.33	1555.56	Verificato	Verificato
Monte	-	-		-				
Valle	22	200	-	1900.66	1900.66	950.33	Verificato	
Valle	-	-		-				

Armatura trasversale

	F	passo	As	As,tot	As,min	Verifica
	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	As,min
Monte	14	200	769.69	1539.38	1000.00	Verificato
Monte	-	-	-			
Valle	14	200	769.69			
Valle	-	-	-			

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 39 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.1.3 Verifiche SLV

10.1.3.1 Verifica a pressoflessione

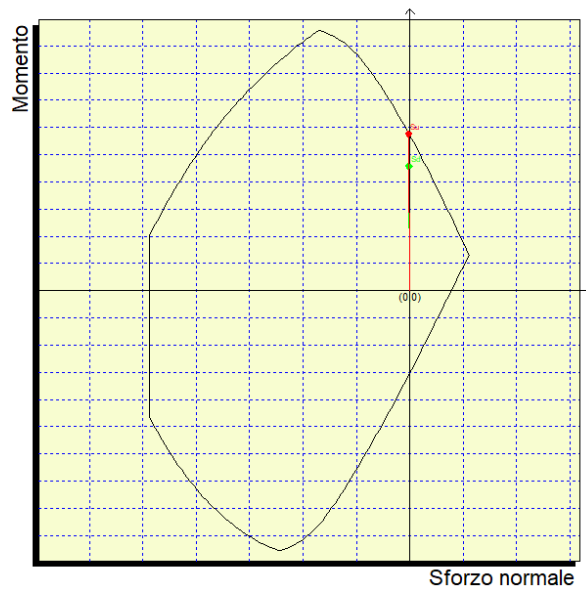
	N (kN)	V (kN)	Mtrasv (kNm)	Mlong (kNm)	cs
SLV_NML	28	155	0	457	1.26

Mx 4572597.05
My 0
N -2812.5

Sovrapponi Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s.=1.26217937
Mx ultimo =5771437.654
My ultimo =0
N ultimo =-3549.879
[Curva N = cost.]
c.s.=1.25932432
Mx ultimo =5758382.664
My ultimo =0
N ultimo =-2812.5
Nmax =-223118.895
Nmin =-975638.895

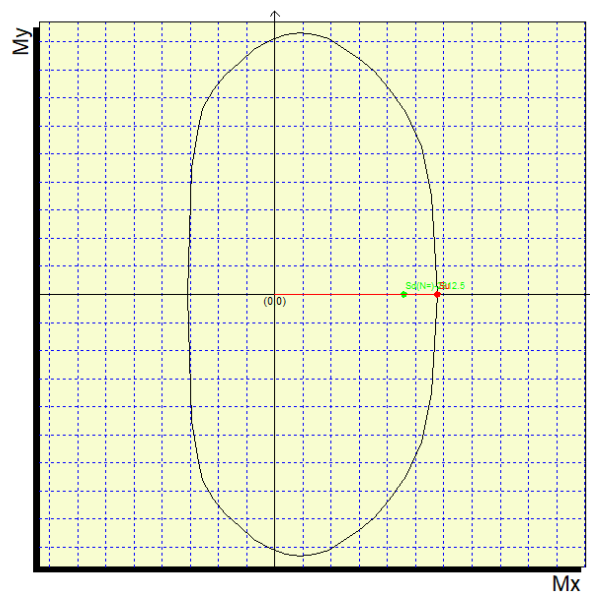


Mx 4572597.05
My 0
N -2812.5

Sovrapponi Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s.=1.26217937
Mx ultimo =5771437.654
My ultimo =0
N ultimo =-3549.879
[Curva N = cost.]
c.s.=1.25932432
Mx ultimo =5758382.664
My ultimo =0
N ultimo =-2812.5
Nmax =-223118.895
Nmin =-975638.895



Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 40 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.1.3.2 Verifica a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio secondo NTC18 per elementi privi di armatura a taglio.

VEd = TSLU	155	kN
	155407	N

Rck	40	MPa
fck	33.20	MPa

H sezione	500	mm
c netto	75	mm
Ø staffa	14	mm
Ø arm tesa	22	mm
d	425	mm

k	1.69	
---	------	--

bw	1000	mm
Asl	3801	mm ²
ρl	0.0089	

NEd	28	kN
	28125	N
Ac	500000	mm ²
σcp	0.05625	MPa

fcd	18.81	MPa
-----	-------	-----

γc	1.50	
CRd,c	0.12	

vmin	0.44	
------	------	--

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 41 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

VRd,c	269855	N
VRd,c min	191219	N

VRd,c effettivo	269855	N
-----------------	--------	---

Verifica	OK	
tasso di lavoro	0.58	
c.s.	1.74	

10.1.4 Verifiche SLU

10.1.4.1 Verifica a pressoflessione

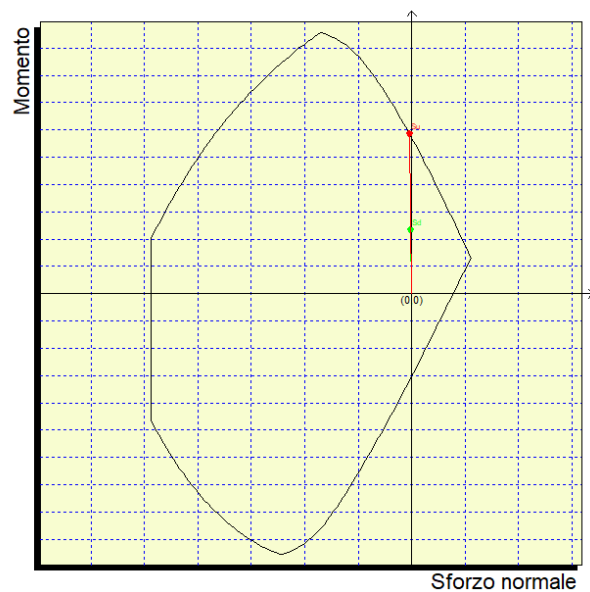
	N (kN)	V (kN)	Mtrasv (kNm)	Mlong (kNm)	cs
SLU2_NML	38	136	0	234	2.51

Mx: 2340000
My: 0
N: -3800

Sovrapponi Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s.=2.51191664
Mx ultimo =5377384.946
My ultimo =0
N ultimo =9545.283
[Curva N = cost.]
c.s.=2.46838106
Mx ultimo =5776011.68
My ultimo =0
N ultimo =-3800
Nmax =223118.895
Nmin =-975638.895



Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

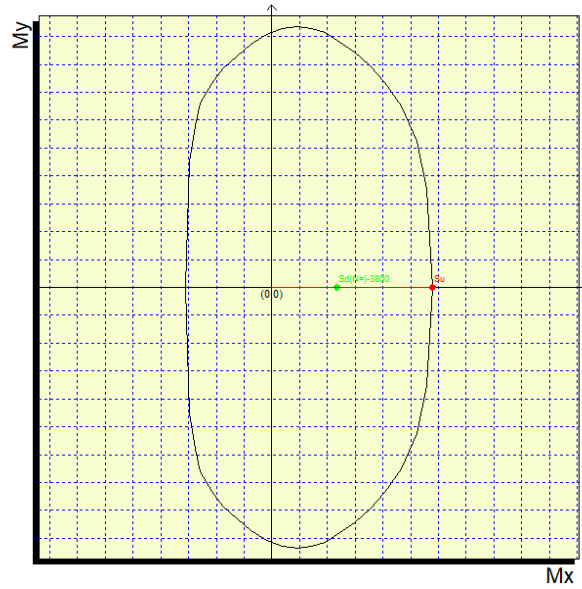
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IVOI	00	D09	CLIV0604001	A	42 di 96

Mx 2340000
My 0
N -3800

Sovrapponi Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s.=251191664
Mx ultimo =5877884.946
My ultimo =0
N ultimo =9545.283
[Curva N = cost.]
c.s.=246839106
Mx ultimo =5776011.68
My ultimo =0
N ultimo =-3800
Nmax =223118.895
Nmin =-975638.895



Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 43 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.1.4.2 Verifica a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio secondo NTC18 per elementi privi di armatura a taglio.

VEd = TSLU	136	kN
	135717	N

Rck	40	MPa
fck	33.20	MPa

H sezione	500	mm
c netto	75	mm
Ø staffa	14	mm
Ø arm tesa	22	mm
d	425	mm

k	1.69	
---	------	--

bw	1000	mm
Asl	3801	mm ²
ρl	0.0089	

NEd	38	kN
	37969	N
Ac	500000	mm ²
σcp	0.076	MPa

fcd	18.81	MPa
-----	-------	-----

γc	1.50	
CRd,c	0.12	

vmin	0.44	
------	------	--

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 44 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

VRd _c	271110	N
VRd _{c min}	192474	N

VRd _{c effettivo}	271110	N
----------------------------	--------	---

Verifica	OK	
tasso di lavoro	0.50	
c.s.	2.00	

10.1.5 Verifiche SLE

10.1.5.1 Sollecitazioni per le verifiche

	N (kN)	Mlong	Mtrasv
Comb rara	28.13	173.54	0.00
Comb frequente	28.13	130.56	0.00
Comb quasi perm	28.13	14.12	0.00

10.1.5.2 Verifica stato limite di fessurazione

fck	33.2	N/mm ²
fctm	3.10	N/mm ²
fyk	450.00	N/mm ²

	σt max	σcls-		Verifica	c.s.
Comb frequente	-2.58	-2.38	N/mm ²	Verifica soddisfatta	1.09
Comb quasi perm		-0.22	N/mm ²	Verifica soddisfatta	11.74

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 45 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

fck	33.2	N/mm ²
fctm	3.10	N/mm ²
fyk	450.00	N/mm ²

	σ max	σ cls-		Verifica	c.s.
Comb frequente	-2.58	-2.38	N/mm ²	Verifica soddisfatta	1.09
Comb quasi perm		-0.22	N/mm ²	Verifica soddisfatta	11.74

10.1.5.3 Verifica delle massime tensioni di esercizio CLS ed acciaio

	σ max	σ Mmax		Verifica	c.s.
Comb rara	19.92	5.01	N/mm ²	Verifica soddisfatta	3.98
Comb quasi perm	14.94	3.78	N/mm ²	Verifica soddisfatta	3.95

	σ s max	σ s		Verifica	c.s.
Comb rara	-360	-120.41	N/mm ²	Verifica soddisfatta	2.99

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 46 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.2 Muro di testata

Il muro di testata è stato considerato come una trave a mensola incastrata nel plinto di fondazione.

Per il dimensionamento è stata considerata l'azione dei seguenti carichi:

- Peso proprio e il suo effetto dinamico in caso di sisma;
- Scarichi dell'impalcato;

10.2.1 Sollecitazioni

SOLLECITAZIONI MURO DI TESTATA

Sollecitazioni sulla sezione di 1m.

Statica

COMBO	Z	Thickness	N	T	M
	(m)	(m)	(kN/m)	(kN/m)	(kNm/m)
RARA_1_NML	0.00	2.40	558.29	182.80	419.90
RARA_2_NML	0.00	2.40	616.11	205.58	491.08
FREQ_1_NML	0.00	2.40	469.30	145.30	302.71
FREQ_2_NML	0.00	2.40	558.29	182.80	419.90
Q.PERM_NML	0.00	2.40	469.30	145.30	302.71
SLU1_NML	0.00	2.40	753.69	246.78	566.86
SLU2_NML	0.00	2.40	831.75	277.53	662.95
SLU3_NML	0.00	2.40	589.44	195.93	460.91
SLU4_NML	0.00	2.40	667.49	226.68	557.01

Sismica

SLV_NML	0.00	2.40	498.66	582.28	1120.65
---------	------	------	--------	--------	---------

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 47 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

SOLLECITAZIONI MURO DI TESTATA

Sollecitazioni sulla sezione di 1m.

Statica

COMBO	Z	Thickness	N	T	M
	(m)	(m)	(kN/m)	(kN/m)	(kNm/m)
RARA_1_MTRA	0.00	2.40	679.19	182.80	419.90
RARA_2_MTRA	0.00	2.40	724.60	205.58	491.08
FREQ_1_MTRA	0.00	2.40	606.88	145.30	302.71
FREQ_2_MTRA	0.00	2.40	679.19	182.80	419.90
Q.PERM_MTRA	0.00	2.40	606.88	145.30	302.71
SLU1_MTRA	0.00	2.40	916.91	246.78	566.86
SLU2_MTRA	0.00	2.40	978.20	277.53	662.95
SLU3_MTRA	0.00	2.40	704.50	195.93	460.91
SLU4_MTRA	0.00	2.40	765.79	226.68	557.01

Sismica

SLV_MTRA	0.00	2.40	630.42	638.89	1006.08
----------	------	------	--------	--------	---------

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 48 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

SOLLECITAZIONI MURO DI TESTATA

Sollecitazioni sulla sezione di 1m.

Statica

COMBO	Z	Thickness	N	T	M
	(m)	(m)	(kN/m)	(kN/m)	(kNm/m)
RARA_1_PSCA	0.00	2.40	606.88	145.30	302.71
RARA_2_PSCA	0.00	2.40	606.88	145.30	302.71
FREQ_1_PSCA	0.00	2.40	606.88	145.30	302.71
FREQ_2_PSCA	0.00	2.40	606.88	145.30	302.71
Q.PERM_PSCA	0.00	2.40	606.88	145.30	302.71
SLU1_PSCA	0.00	2.40	819.29	196.16	408.66
SLU2_PSCA	0.00	2.40	819.29	196.16	408.66
SLU3_PSCA	0.00	2.40	606.88	145.30	302.71
SLU4_PSCA	0.00	2.40	606.88	145.30	302.71

Sismica

SLV_PSCA	0.00	2.40	606.88	610.21	948.20
----------	------	------	--------	--------	--------

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 49 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.2.2 Sintesi delle armature disposte

Le armature minime vengono calcolate in base a quanto previsto nel §7.4.6.2.1 NTC18.

Per l'armatura trasversale si fa riferimento al §7.4.6.2.4 NTC18.

Armatura longitudinale

	Φ	passo	As,ed	As	As,tot	As,min	Verifica	Verifica
	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	As,min	As,ed
Monte	26	100	1245.7	5309.3	7963.9	7466.7	Verificato	Verificato
Monte	26	200		2654.6				
Valle	26	200	-	2654.6	2654.6	1991.0	Verificato	
Valle	-	-	-	-				

Armatura trasversale

	Φ	passo	As	As,tot	As,min	Verifica
	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	As,min
Monte	22	200	1900.66	5701.99	4800.00	Verificato
Monte	-	-	-			
Intermedia	22	200	1900.66			
Valle	22	200	1900.66			
Valle	-	-	-			

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 50 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.2.3 Verifiche SLV

10.2.3.1 Verifica a pressoflessione

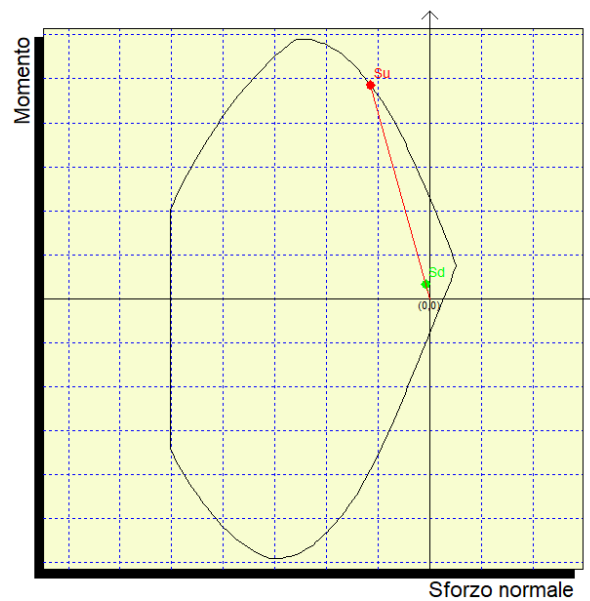
	N (kN)	V (kN)	Mtrasv (kNm)	Mlong (kNm)	cs
SLV_MTRA	630	639	0	1006	14.50

Mx +10060753.53
My 0
N -63042.49

Sovrapponi Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s.=14.50647259
Mx ultimo =145946045.274
My ultimo =0
N ultimo =914524.153
[Curva N = cost.]
c.s.=7.47826296
Mx ultimo =75236960.447
My ultimo =0
N ultimo =-63042.49
Nmax =415505.159
Nmin =-4027601.159

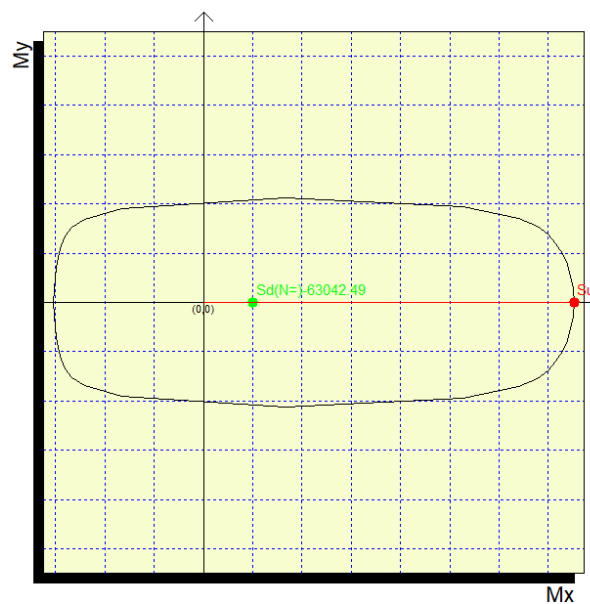


Mx +10060753.53
My 0
N -63042.49

Sovrapponi Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s.=14.50647259
Mx ultimo =145946045.274
My ultimo =0
N ultimo =914524.153
[Curva N = cost.]
c.s.=7.47826296
Mx ultimo =75236960.447
My ultimo =0
N ultimo =-63042.49
Nmax =415505.159
Nmin =-4027601.159



Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 51 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.2.3.2 Verifica a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio secondo NTC18 per elementi privi di armatura a taglio.

VEd = TSLU	639	kN
	638889	N

Rck	40	MPa
fck	33.20	MPa

H sezione	2400	mm
c netto	107	mm
Ø staffa	22	mm
Ø arm tesa	26	mm
d	2293	mm

k	1.30	
---	------	--

bw	1000	mm
Asl	7964	mm ²
ρl	0.0035	

NEd	630	kN
	630425	N
Ac	2400000	mm ²
σcp	0.26	MPa

fcd	18.81	MPa
-----	-------	-----

γc	1.50	
CRd,c	0.12	

vmin	0.30	
------	------	--

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 52 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

VRd _c	895657	N
VRd _{c min}	772175	N

VRd _{c effettivo}	895657	N
----------------------------	--------	---

Verifica	OK	
tasso di lavoro	0.71	
c.s.	1.40	

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 53 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.2.4 Verifica SLU

10.2.4.1 Verifica a pressoflessione

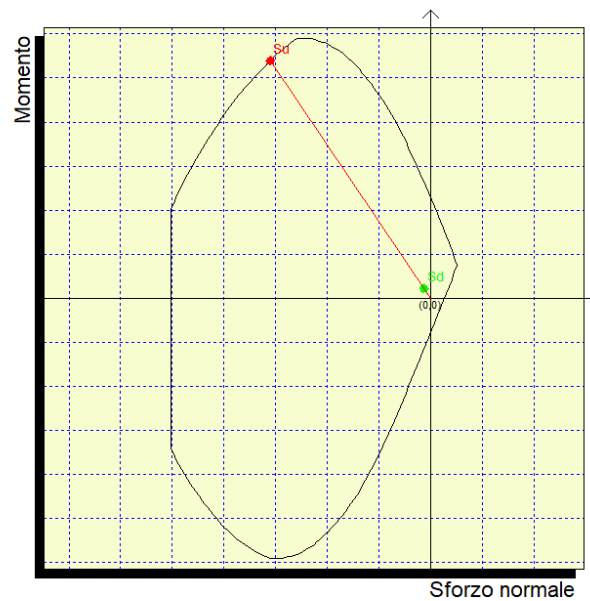
	N (kN)	V (kN)	Mtrasv (kNm)	Mlong (kNm)	cs
SLU2_NML	1017	278	0	663	24.40

Mx 6629539.81
My 0
N -101748.21

Sovrapponi Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s.=24.39982426
Mx ultimo =161759606.265
My ultimo =0
N ultimo =-2482638.442
[Curva N = cost.]
c.s.=11.95159491
Mx ultimo =79233574.278
My ultimo =0
N ultimo =-101748.21
Nmax =415505.159
Nmin =-4027601.159

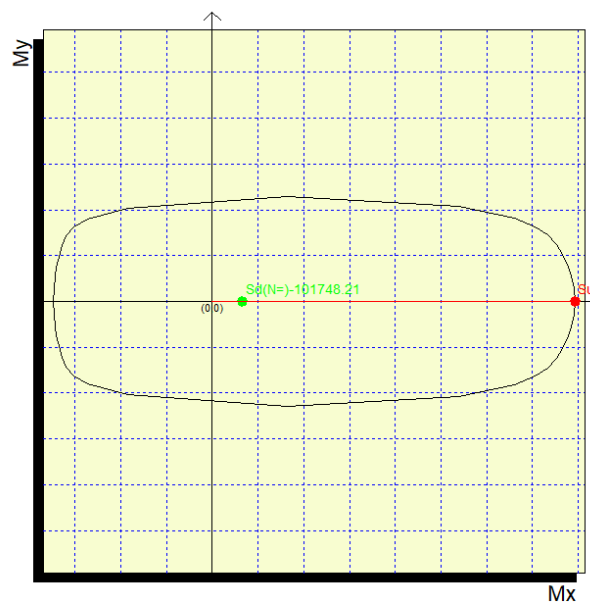


Mx 6629539.81
My 0
N -101748.21

Sovrapponi Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s.=24.39982426
Mx ultimo =161759606.265
My ultimo =0
N ultimo =-2482638.442
[Curva N = cost.]
c.s.=11.95159491
Mx ultimo =79233574.278
My ultimo =0
N ultimo =-101748.21
Nmax =415505.159
Nmin =-4027601.159



Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 54 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.2.4.2 Verifica a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio secondo NTC18 per elementi privi di armatura a taglio.

VEd = TSLU	278	kN
	277531	N

Rck	40	MPa
fck	33.20	MPa

H sezione	2400	mm
c netto	107	mm
Ø staffa	22	mm
Ø arm tesa	26	mm
d	2293	mm

k	1.30	
---	------	--

bw	1000	mm
Asl	7964	mm ²
ρl	0.0035	

NEd	1017	kN
	1017482	N
Ac	2400000	mm ²
σcp	0.42	MPa

fcd	18.81	MPa
-----	-------	-----

γc	1.50	
CRd,c	0.12	

vmin	0.30	
------	------	--

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 55 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

VRd _c	951136	N
VRd _{c min}	827653	N

VRd _{c effettivo}	951136	N
----------------------------	--------	---

Verifica	OK	
tasso di lavoro	0.29	
c.s.	3.43	

10.2.5 Verifiche SLE

10.2.5.1 Sollecitazioni per le verifiche

	N (kN)	Mlong	Mtrasv
Comb rara	753.69	491.08	0.00
Comb frequente	695.87	419.90	0.00
Comb quasi perm	606.88	302.71	0.00

	N (kN)	Mlong	Mtrasv
Comb rara	753.69	491.08	0.00
Comb frequente	695.87	419.90	0.00
Comb quasi perm	606.88	302.71	0.00

10.2.5.2 Verifica stato limite di fessurazione

fck	33.2	N/mm ²
fctm	3.10	N/mm ²
fyk	450.00	N/mm ²

	σt max	σcls-		Verifica	c.s.
Comb frequente	-2.58	-0.11	N/mm ²	Verifica soddisfatta	23.5
Comb quasi perm		-0.04	N/mm ²	Verifica soddisfatta	64.6

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 56 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.2.5.3 Verifica delle massime tensioni di esercizio CLS ed acciaio

	σ_c max	σ_c Mmax		Verifica	c.s.
Comb rara	19.92	0.80	N/mm ²	Verifica soddisfatta	24.9
Comb quasi perm	14.94	0.54	N/mm ²	Verifica soddisfatta	27.7
	σ_s max	σ_s		Verifica	c.s.
Comb rara	-360	-2.94	N/mm ²	Verifica soddisfatta	122.4

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 57 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.3 Muri andatori

I muri andatori sono stati considerati come una trave a mensola incastrata nel plinto di fondazione.

Per il dimensionamento è stata considerata l'azione dei seguenti carichi:

- Peso proprio e il suo effetto dinamico in caso di sisma.

10.3.1 Sollecitazioni

MURI ANDATORI

Sollecitazioni sulla sezione di 1m.

Statica

COMBO	Z	Thickness	N	T	M
	(m)	(m)	(kN/m)	(kN/m)	(kNm/m)
RARA_1_NML	0.00	0.80	125.00	186.40	447.82
RARA_2_NML	0.00	0.80	125.00	207.74	507.83
FREQ_1_NML	0.00	0.80	125.00	145.30	302.71
FREQ_2_NML	0.00	0.80	125.00	182.80	419.90
Q.PERM_NML	0.00	0.80	125.00	145.30	302.71
SLU1_NML	0.00	0.80	168.75	252.19	608.75
SLU2_NML	0.00	0.80	168.75	280.77	688.09
SLU3_NML	0.00	0.80	125.00	201.33	502.80
SLU4_NML	0.00	0.80	125.00	229.92	582.14

Sismica

SLV_NML	0.00	0.80	125.00	519.68	1502.38
---------	------	------	--------	--------	---------

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 58 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

MURI ANDATORI

Sollecitazioni sulla sezione di 1m.

Statica

COMBO	Z	Thickness	N	T	M
	(m)	(m)	(kN/m)	(kN/m)	(kNm/m)
RARA_1_MTRA	0.00	0.80	125.00	186.40	447.82
RARA_2_MTRA	0.00	0.80	125.00	207.74	507.83
FREQ_1_MTRA	0.00	0.80	125.00	145.30	302.71
FREQ_2_MTRA	0.00	0.80	125.00	182.80	419.90
Q.PERM_MTRA	0.00	0.80	125.00	145.30	302.71
SLU1_MTRA	0.00	0.80	168.75	252.19	608.75
SLU2_MTRA	0.00	0.80	168.75	280.77	688.09
SLU3_MTRA	0.00	0.80	125.00	201.33	502.80
SLU4_MTRA	0.00	0.80	125.00	229.92	582.14

Sismica

SLV_MTRA	0.00	0.80	125.00	519.68	1502.38
----------	------	------	--------	--------	---------

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IVOI	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 59 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

MURI ANDATORI

Sollecitazioni sulla sezione di 1m.

Statica

COMBO	Z	Thickness	N	T	M
	(m)	(m)	(kN/m)	(kN/m)	(kNm/m)
RARA_1_PSCA	0.00	0.80	125.00	147.70	320.13
RARA_2_PSCA	0.00	0.80	125.00	146.74	313.16
FREQ_1_PSCA	0.00	0.80	125.00	145.78	306.19
FREQ_2_PSCA	0.00	0.80	125.00	145.30	302.71
Q.PERM_PSCA	0.00	0.80	125.00	145.30	302.71
SLU1_PSCA	0.00	0.80	168.75	199.76	434.79
SLU2_PSCA	0.00	0.80	168.75	198.32	424.34
SLU3_PSCA	0.00	0.80	125.00	148.91	328.84
SLU4_PSCA	0.00	0.80	125.00	147.46	318.39

Sismica

SLV_PSCA	0.00	0.80	125.00	488.44	1344.83
----------	------	------	--------	--------	---------

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	60 di 96

10.3.2 Sintesi delle armature disposte

Le armature minime vengono calcolate in base a quanto previsto nel §7.4.6.2.1 NTC18.

Per l'armatura trasversale si fa riferimento al §7.4.6.2.4 NTC18.

Armatura longitudinale

	F	passo	As,ed	As	As,tot	As,min	Verifica	Verifica
	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	As,min	As,ed
Monte	26	100	6152.90	5309.29	7209.96	2488.89	Verificato	Verificato
Monte	22	200		1900.66				
Valle	26	200	-	2654.65	2654.65	1802.49	Verificato	
Valle	-	-		-				

Armatura trasversale

	F	passo	As	As,tot	As,min	Verifica
	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	As,min
Monte	22	200	1900.66	3801.33	1600.00	Verificato
Monte	-	-	-			
Valle	22	200	1900.66			
Valle	-	-	-			

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 61 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.3.3 Verifiche SLV

10.3.3.1 Verifiche a pressoflessione

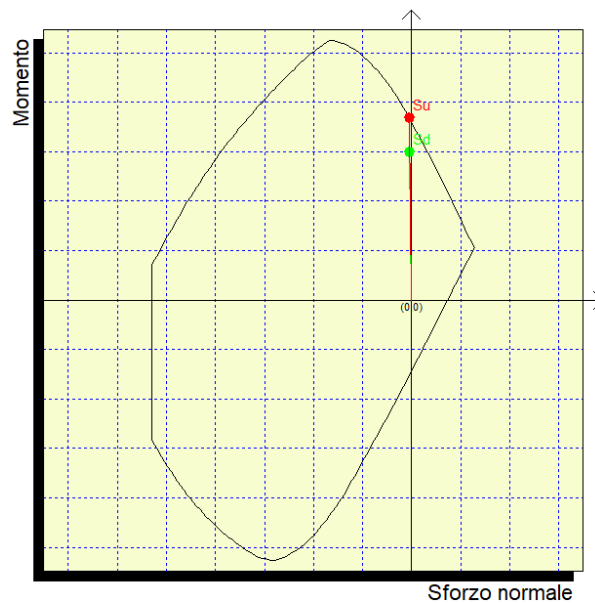
	N (kN)	V (kN)	Mtrasv (kNm)	Mlong (kNm)	cs
SLU2_NML	125	520	0	1502	1.23

Mx 15023781
My 0
N -12500

Sovrapponi Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s.=1,22660978
Mx ultimo =18428316,695
My ultimo =0
N ultimo =-15332,622
[Curva N = cost.]
c.s.=1,22113659
Mx ultimo =18346088,638
My ultimo =0
N ultimo =-12500
Nmax =386001,834
Nmin =-1590033,834

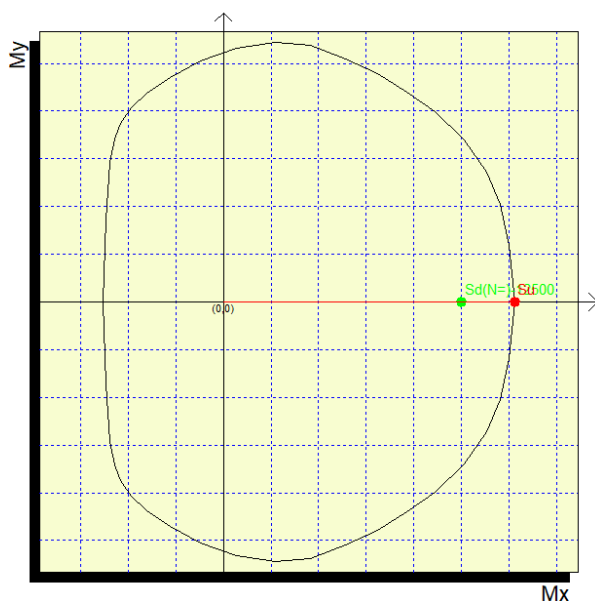


Mx 15023781
My 0
N -12500

Sovrapponi Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s.=1,22660978
Mx ultimo =18428316,695
My ultimo =0
N ultimo =-15332,622
[Curva N = cost.]
c.s.=1,22113659
Mx ultimo =18346088,638
My ultimo =0
N ultimo =-12500
Nmax =386001,834
Nmin =-1590033,834



Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 62 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.3.3.2 Verifica a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio secondo NTC18 per elementi privi di armatura a taglio.

VEd = TSLU	520	kN
	519680	N

Rck	40	MPa
fck	33.20	MPa

H sezione	800	mm
c netto	107	mm
Ø staffa	22	mm
Ø arm tesa	26	mm
d	693	mm

k	1.54	
---	------	--

bw	1000	mm
Asl	7210	mm ²
ρl	0.0104	

NEd	125	kN
	125000	N
Ac	800000	mm ²
σcp	0.16	MPa

fcd	18.81	MPa
-----	-------	-----

γc	1.50	
CRd,c	0.12	

vmin	0.38	
------	------	--

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	63 di 96

VRd _c	432670	N
VRd _{c min}	282707	N

VRd _{c effettivo}	432670	N
----------------------------	--------	---

Verifica	NO	
tasso di lavoro	1.20	
c.s.	0.83	

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 64 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

Si dispongono, come armatura a taglio, delle spille $\phi 12$ secondo una maglia 40x20 cm a quinconce fino alla quota di 1m rispetto alla base del muro andatore. Al di sopra non si dispone armatura a taglio.

Si mostrano di seguito i risultati della verifica effettuata:

VE _d = TSLU	520	kN
	519680	N

As _w	283	mm ²
s	200	mm

f _{ywd}	391.30	MPa
------------------	--------	-----

cot θ	2.5	
--------------	-----	--

\hat{f}_χ	1	
----------------	---	--

z = 0.9d	624	mm
----------	-----	----

v	0.52	
---	------	--

VR_{d,s}	862982	N
VR_{d,s max}	2106313	N

VR_{d,c effettivo}	862982	N
-----------------------------------	---------------	----------

Verifica	OK	
tasso di lavoro	0.60	
c.s.	1.66	

La verifica risulta soddisfatta.

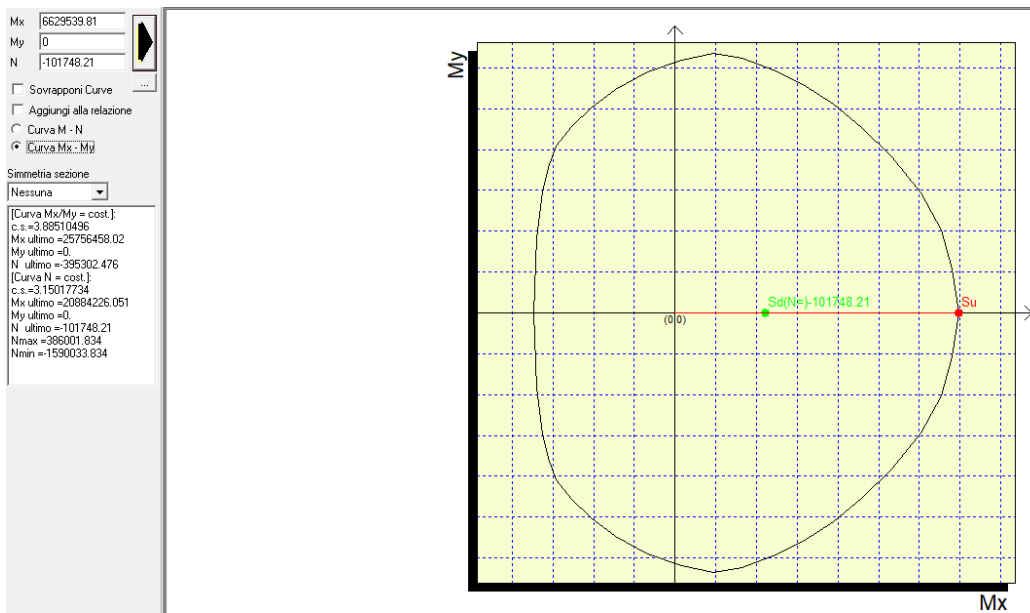
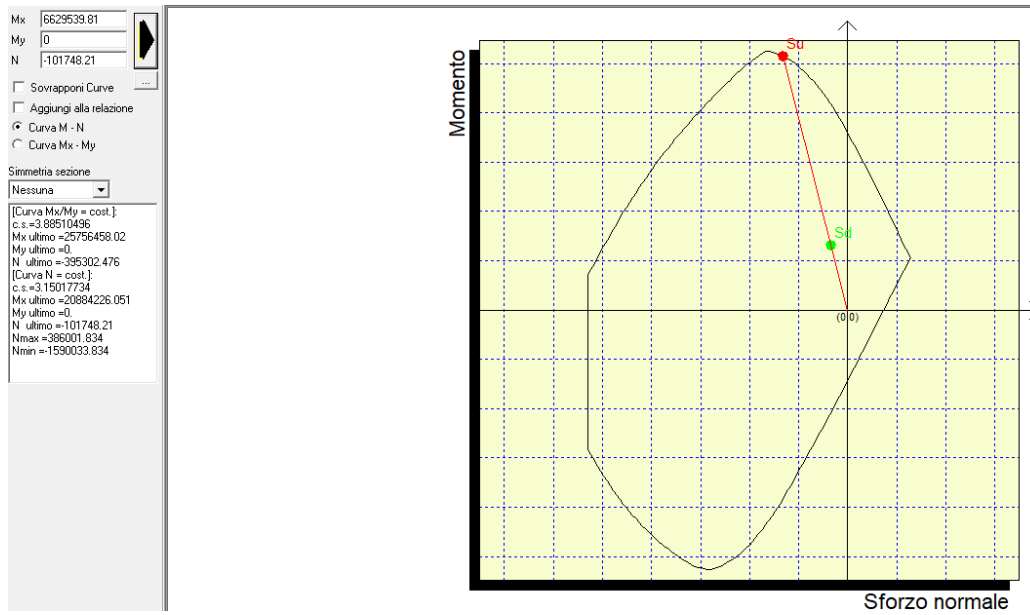
Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	65 di 96

10.3.4 Verifiche SLU

10.3.4.1 Verifica a pressoflessione

	N (kN)	V (kN)	Mtrasv (kNm)	Mlong (kNm)	cs
SLU2_NML	1017	278	0	663	3.89



Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 66 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

10.3.4.2 Verifica a taglio

VEd = TSLU	278	kN
	277531	N

Rck	40	MPa
fck	33.20	MPa

H sezione	800	mm
c netto	107	mm
Ø staffa	8	mm
Ø arm tesa	26	mm
d	693	mm

k	1.54	
---	------	--

bw	1000	mm
Asl	7210	mm ²
λ	0.0104	

NEd	1017	kN
	1017482	N
Ac	800000	mm ²
$\hat{\gamma}_\pi$	1.27	MPa

fcd	18.81	MPa
-----	-------	-----

$\omega \chi$	1.50	
CRd,c	0.12	

vmin	0.38	
------	------	--

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 67 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

VRd _c	548692	N
VRd _{c min}	398729	N

VRd _{c effettivo}	548692	N
----------------------------	--------	---

Verifica	OK	
tasso di lavoro	0.51	
c.s.	1.98	

10.3.5 Verifiche SLE

10.3.5.1 Sollecitazioni per le verifiche

	N (kN)	Mlong	Mtrasv
Comb rara	125.00	507.83	0.00
Comb frequente	125.00	419.90	0.00
Comb quasi perm	125.00	302.71	0.00

10.3.5.2 Verifiche stato limite di fessurazione

fck	33.2	N/mm ²
fctm	3.10	N/mm ²
fyk	450.00	N/mm ²

	σt max	σcls-		Verifica	c.s.
Comb frequente	-2.58	-2.71	N/mm ²	Verificare ampiezza fessure	0.95
Comb quasi perm		-1.92	N/mm ²	Verifica soddisfatta	1.35

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 68 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

	w lim	w		Verifica	
Comb quasi perm w1	0.2		mm	Verifica soddisfatta	c.s.
Comb frequente w1	0.2	0.07	mm	Verifica soddisfatta	2.86

10.3.5.3 Verifica delle massime tensioni di esercizio CLS ed acciaio

	σ max	σ Mmax		Verifica	c.s.
Comb rara	19.92	5.11	N/mm ²	Verifica soddisfatta	3.90
Comb quasi perm	14.94	3.10	N/mm ²	Verifica soddisfatta	4.82

	σ s max	σ s		Verifica	c.s.
Comb rara	-360	-109.4	N/mm ²	Verifica soddisfatta	3.29

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 69 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

11 SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE

11.1 Sollecitazioni ad intradosso fondazione

Di seguito si riportano le sollecitazioni ad intradosso :

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
RARA_1_NML_1	25392	336	-3713	0	15755	3684
RARA_1_NML_2	24733	336	-3713	0	14090	3684
RARA_2_NML_1	26691	334	-3918	0	16514	4331
RARA_2_NML_2	25631	334	-3918	0	13837	4331
FREQ_1_NML_1	23341	0	-3375	0	14523	0
FREQ_1_NML_2	23341	0	-3375	0	14523	0
FREQ_2_NML_1	25392	180	-3713	0	15755	2302
FREQ_2_NML_2	24733	180	-3713	0	14090	2302
Q.PERM_NML_1	23341	0	-3375	0	14523	0
Q.PERM_NML_2	23341	0	-3375	0	14523	0
SLU1_NML_1	34280	477	-5012	0	21270	5181
SLU1_NML_2	33389	477	-5012	0	19021	5181
SLU2_NML_1	36033	464	-5289	0	22294	5972
SLU2_NML_2	34601	464	-5289	0	18680	5972
SLU3_NML_1	26110	477	-3831	0	16187	5181
SLU3_NML_2	25220	477	-3831	0	13938	5181
SLU4_NML_1	27864	464	-4108	0	17211	5972
SLU4_NML_2	26432	464	-4108	0	13597	5972
SLV_NML_L1	24372	1559	-13330	0	-34726	8552
SLV_NML_L2	22529	1559	-13330	0	-35794	8552
SLV_NML_T1	24372	5085	-6437	0	-5662	23408
SLV_NML_T2	22529	5085	-6437	0	-6729	23408
SLV_NML_V1	26523	1559	-6437	0	-4416	8552
SLV_NML_V2	20378	1559	-6437	0	-7975	8552
RARA_1_MTRA_4	24829	306	-3713	0	15709	5236

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 70 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
RARA_2_MTRA_4	25754	294	-3918	0	16433	7207
FREQ_1_MTRA_4	23341	0	-3375	0	14523	0
FREQ_2_MTRA_4	24829	150	-3713	0	15709	3854
Q.PERM_MTRA_4	23341	0	-3375	0	14523	0
SLU1_MTRA_4	33519	436	-5012	0	21207	7276
SLU2_MTRA_4	34767	410	-5289	0	22184	9854
SLU3_MTRA_4	25350	436	-3831	0	16123	7276
SLU4_MTRA_4	26598	410	-4108	0	17101	9854
SLV_MTRA_L1	24285	1546	-13295	0	-34532	8713
SLV_MTRA_L2	22453	1546	-13295	0	-35597	8713
SLV_MTRA_T1	24285	5060	-6427	0	-5616	23468
SLV_MTRA_T2	22453	5060	-6427	0	-6681	23468
SLV_MTRA_V1	26424	1546	-6427	0	-4373	8713
SLV_MTRA_V2	20314	1546	-6427	0	-7924	8713
RARA_1_PSCA_3	23341	11	-3375	0	14523	105
RARA_2_PSCA_3	23341	7	-3375	0	14523	63
FREQ_1_PSCA_3	23341	2	-3375	0	14523	21
FREQ_2_PSCA_3	23341	0	-3375	0	14523	0
Q.PERM_PSCA_3	23341	0	-3375	0	14523	0
SLU1_PSCA_3	31510	17	-4556	0	19606	157
SLU2_PSCA_3	31510	10	-4556	0	19606	94
SLU3_PSCA_3	23341	17	-3375	0	14523	157
SLU4_PSCA_3	23341	10	-3375	0	14523	94
SLV_PSCA_L1	23497	1457	-12954	0	-33898	5929
SLV_PSCA_L2	21734	1457	-12954	0	-34886	5929
SLV_PSCA_T1	23497	4858	-6248	0	-6095	19763
SLV_PSCA_T2	21734	4858	-6248	0	-7083	19763
SLV_PSCA_V1	25554	1457	-6248	0	-4942	5929
SLV_PSCA_V2	19677	1457	-6248	0	-8235	5929

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	71 di 96

11.2 Sollecitazioni sui pali

Il calcolo delle sollecitazioni, visto l'esiguo numero di pali e l'interasse pari a 3 volte il diametro, è stato effettuato con il solo metodo del plinto rigido e non è stato effettuato il confronto con il metodo "effetto gruppo".

Il calcolo delle sollecitazioni sui singoli pali è stato effettuato assumendo le seguenti ipotesi:

- Plinto rigido;
- Vincolo di incastro tra pali e plinto;
- Pali costituenti la palificata verticali;
- Rotazione del plinto e della testa dei pali impedita.

Per un gruppo di n pali, sottoposto a forze verticali, orizzontali e di momento esterne (agenti alla quota testa pali ed in corrispondenza del baricentro della palificata) i carichi agenti alla testa di ciascun palo sono stimabili con le seguenti espressioni:

$$Q_{ti} = \frac{N}{n} \pm \frac{[M_x + M_{inc,x}] \cdot y_i}{\sum_1^n y_i^2} \pm \frac{[M_y + M_{inc,y}] \cdot x_i}{\sum_1^n x_i^2};$$

$$H_{tix} = \frac{H_x}{n};$$

$$H_{tiy} = \frac{H_y}{n};$$

essendo :

- N = forza verticale esterna;
- $M_x = M_{long}$ = momento esterno attorno all'asse x, accoppiato con H_y ;
- $H_y = T_{long}$ = forza orizzontale esterna nella direzione y;
- $M_y = M_{trasv}$ = momento esterno attorno all'asse y, accoppiato con H_x ;
- $H_x = T_{trasv}$ = forza orizzontale esterna nella direzione x;
- Q_{ti} = forza verticale agente alla testa del palo i-esimo;
- $H_{tix} = T_{trasv_i}$ = forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione x;
- $H_{tiy} = T_{long_i}$ = forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione y;

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	72 di 96

- $M_{inc,x} = M_{long_inc} = \Sigma M_{ti,x}$ = momento di incastro risultante che i pali esercitano sul plinto per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione x;
- $M_{ti,x} = M_{long_inc_i}$ = momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione x;
- $M_{inc,y} = M_{trasv_inc} = \Sigma M_{ti,y}$ = momento di incastro risultante che i pali esercitano sul plinto per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione y;
- $M_{ti,y} = M_{trasv_inc_i}$ = momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione y;
- y_i = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione y;
- x_i = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione x.

I momenti di incastro alla testa dei pali ($M_{ti,x}$, $M_{ti,y}$) sono stati stimati sulla base della teoria elastica di Matlock-Reese:

- $M_{ti,x} = - H_{ti,y} \times |A_s| \times T / |B_s|$, momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione x;

- $M_{ti,y} = - H_{ti,x} \times |A_s| \times T / |B_s|$, momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione y;

$$- T = \sqrt[4]{\frac{EJ}{E_{si}}};$$

$$- E_{si} = K_h \times (h_{rinterro} + h_{plinti} + 1.5\phi_{palo})$$

- A_s, B_s = coefficienti di Matlock-Reese calcolati per $z / T = 0$ (intradosso fondazione).

I valori di N, T ed M esterni considerati sono quelli ottenuti dal modello allo spiccato delle fondazioni e riportati a intradosso fondazioni applicando la ripartizione dei momenti.

In tutte le tabelle di seguito riportate le unità di misura sono i kN per sforzi normali e tagli e i kNm per i momenti.

Gli sforzi normali negativi si intendono di trazione mentre i momenti positivi seguono la regola della mano destra.

Le tensioni positive sono di compressione e quelle negative di trazione.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 73 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

In base alle convenzioni sui segni su indicate, per ogni palo sono riportati i massimi e i minimi sforzi assiali e la condizione di carico N-M più gravosa in termini di massima tensione nel calcestruzzo e di minima tensione nelle armature. Per le tensioni tangenziali è stato considerato il taglio massimo T agente in sommità del palo (anche non contemporaneo ad N-M).

Si riportano di seguito le azioni ripartite sui pali:

Combo	N palo max	N palo min
RARA_1_NML_1	2423.49	1808.53
RARA_1_NML_2	2310.68	1811.40
RARA_2_NML_1	2554.14	1894.34
RARA_2_NML_2	2372.81	1898.94
FREQ_1_NML_1	2130.80	1759.33
FREQ_1_NML_2	2130.80	1759.33
FREQ_2_NML_1	2379.94	1852.08
FREQ_2_NML_2	2267.13	1854.95
Q.PERM_NML_1	2130.80	1759.33
Q.PERM_NML_2	2130.80	1759.33
SLU1_NML_1	3278.26	2434.99
SLU1_NML_2	3125.96	2438.86
SLU2_NML_1	3452.02	2553.45
SLU2_NML_2	3207.22	2559.66
SLU3_NML_1	2532.47	1819.22
SLU3_NML_2	2380.17	1823.09
SLU4_NML_1	2706.23	1937.68
SLU4_NML_2	2461.43	1943.89
SLV_NML_L1	4803.44	-741.44
SLV_NML_L2	4686.90	-932.11
SLV_NML_T1	3733.06	328.94
SLV_NML_T2	3616.52	138.27
SLV_NML_V1	3279.62	1140.79
SLV_NML_V2	2891.16	505.22
RARA_1_MTRA_4	2410.38	1727.74

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 74 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

Combo	N palo max	N palo min
RARA_2_MTRA_4	2539.91	1752.32
FREQ_1_MTRA_4	2130.80	1759.33
FREQ_2_MTRA_4	2366.83	1771.29
Q.PERM_MTRA_4	2130.80	1759.33
SLU1_MTRA_4	3260.56	2325.93
SLU2_MTRA_4	3432.80	2361.72
SLU3_MTRA_4	2514.77	1710.15
SLU4_MTRA_4	2687.01	1745.95
SLV_MTRA_L1	4789.17	-741.62
SLV_MTRA_L2	4673.43	-931.34
SLV_MTRA_T1	3723.01	324.54
SLV_MTRA_T2	3607.28	134.81
SLV_MTRA_V1	3271.87	1132.04
SLV_MTRA_V2	2886.09	499.64
RARA_1_PSCA_3	2134.08	1756.05
RARA_2_PSCA_3	2132.77	1757.36
FREQ_1_PSCA_3	2131.46	1758.67
FREQ_2_PSCA_3	2130.80	1759.33
Q.PERM_PSCA_3	2130.80	1759.33
SLU1_PSCA_3	2881.51	2370.18
SLU2_PSCA_3	2879.55	2372.15
SLU3_PSCA_3	2135.72	1754.41
SLU4_PSCA_3	2133.76	1756.38
SLV_PSCA_L1	4596.28	-680.17
SLV_PSCA_L2	4483.67	-861.38
SLV_PSCA_T1	3554.50	361.61
SLV_PSCA_T2	3441.89	180.40
SLV_PSCA_V1	3129.36	1129.55
SLV_PSCA_V2	2753.99	525.50

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D09	CLIV0604001	A	75 di 96

12 VERIFICHE STRUTTURALI PLINTO DI FONDAZIONE

Nei paragrafi seguenti si riportano le sollecitazioni e le verifiche a flessione e taglio del plinto di fondazione.

Per il dimensionamento delle armature trasversali è stata considerata una sezione resistente di larghezza pari a 2.85m in quanto si considera la striscia di plinto relativa all'ultima fila di pali (lato monte), e altezza pari all'altezza del plinto (1.80m). La porzione di plinto è stata schematizzata come un trave appoggiata in corrispondenza dell'asse dei muri andatori. Sulla trave è stato considerato il carico verticale linearmente distribuito dovuto alla terra soprastante e le azioni concentrate dovute ai pali e il momento trasmesso dai muri andatori.

Per il dimensionamento delle armature longitudinali è stato fatto riferimento alle sollecitazioni sui pali in corrispondenza della mensola di valle, schematizzata come una trave a mensola incastrata in corrispondenza del paramento di valle del muro di testata.

Le verifiche sono effettuate con il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite.

Le sollecitazioni adoperate sono state ottenute con l'ausilio di un apposito foglio di calcolo.

Il momento sollecitante positivo tende le fibre inferiori.

Le tensioni di trazione sono state assunte negative mentre quelle di compressione positive, salvo diversa indicazione.

Le armature dei pali di fondazione sono state dimensionate in riferimento al palo più sollecitato.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 76 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

12.1 Sintesi delle armature disposte in direzione longitudinale

In direzione longitudinale si fa riferimento alla mensola lato valle che dalle dimensioni rilevate risulta essere tozza. Si dispone la stessa armatura utilizzata in direzione trasversale.

12.2 Sintesi delle armature disposte in direzione trasversale

	F	passo	As,ed	As	As,tot	As,min	Verifica As,min	Verifica As,ed
	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²		
Intradosso	26	100	15469.61	15131.48	22697.22	6472.64	Verificato	Verificato
Intradosso	26	200		7565.74				
Estradosso	26	100	15469.61	15131.48	22697.22	6472.64	Verificato	Verificato
Estradosso	26	200		7565.74				

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 77 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

12.2.1 Verifiche SLV in direzione trasversale

12.2.1.1 Verifica a pressoflessione

	N (kN)	V (kN)	Mtrasv (kNm)	Mlong (kNm)	cs
SLV	0	0	0	7336	1.89

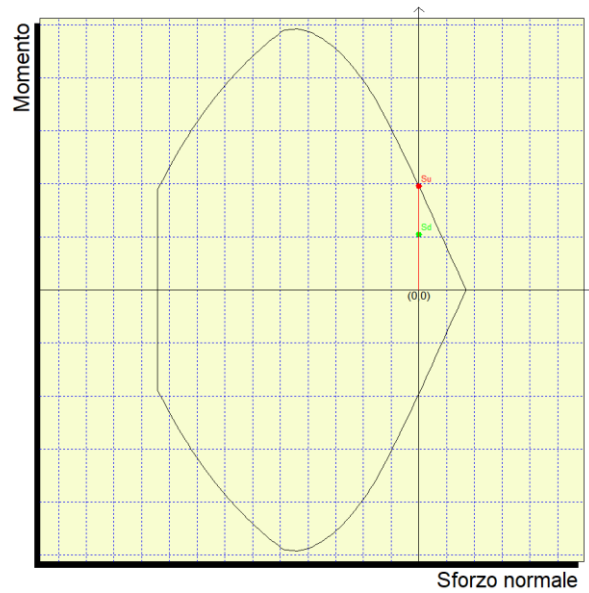
Mx: 73361789.00
My: 0
N: 0

Sovrapposti Curve
 Aggiorna alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione:
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s. = 1.86454157
Mx ultimo = 136786105.382
My ultimo = 0
N ultimo = 0

[Curva N = cost.]
c.s. = 1.86454157
Mx ultimo = 136786105.382
My ultimo = 0
N ultimo = 702971.154
Nmax = 9424426.354



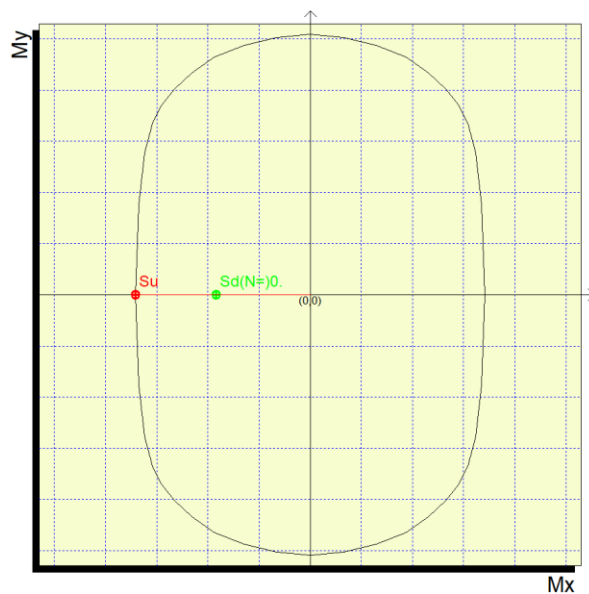
Mx: 73361789.00
My: 0
N: 0

Sovrapposti Curve
 Aggiorna alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Simmetria sezione:
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.s. = 1.86454157
Mx ultimo = 136786105.382
My ultimo = 0
N ultimo = 0

[Curva N = cost.]
c.s. = 1.86454157
Mx ultimo = 136786105.382
My ultimo = 0
N ultimo = 702971.154
Nmax = 9424426.354



Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 78 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

12.2.1.1 Verifica a taglio

VEd = TSLU	2083	kN
	2082551	N

Rck	40	MPa
fck	33.20	MPa

H sezione	1800	mm
c netto	53	mm
Ø staffa	0	mm
Ø arm tesa	26	mm
d	1734	mm

k	1.34	
---	------	--

bw	2850	mm
Asl	22697	mm ²
$\rho\lambda$	0.0046	

NEd	12	kN
	12000	N
Ac	5130000	mm ²
$\sigma_{\chi\pi}$	0.0023	MPa

fcd	18.81	MPa
-----	-------	-----

γ_{χ}	1.50	
CRd,c	0.12	

vmin	0.31	
------	------	--

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 79 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

VRd,c	1971714	N
VRd,c min	1546997	N

VRd,c effettivo	1971714	N
-----------------	---------	---

Verifica	NO	
tasso di lavoro	1.06	
c.s.	0.95	

E' necessario predisporre adeguata armatura a taglio

Si considera la staffatura della porzione di plinto relativa all'ultima fila di pali (sezione 2.85x1.80m) con staffe $\phi 16/40$ a 7 bracci:

VEd = TSLU	2083	kN
	2082551	N

Asw	1407	mm ²
s	400	mm

fywd	391.30	MPa
------	--------	-----

cot θ	1	
--------------	---	--

σ_c	1	
------------	---	--

z = 0.9d	1572	mm
----------	------	----

v	0.52	
---	------	--

VRd,s	2164801	N
VRd,s max	21932420	N

VRd,c effettivo	2164801	N
-----------------	---------	---

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 80 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

Verifica	OK	
tasso di lavoro	0.96	
c.s.	1.04	

La verifica risulta soddisfatta.

12.2.2 Verifiche SLV in direzione longitudinale

In direzione longitudinale si considera la mensola lato valle, che date le dimensioni ($L=1.60\text{m}$ e $H=1.80\text{m}$) non può essere considerata come mensola snella. Si studia il caso in esame con la teoria della mensola tozza:

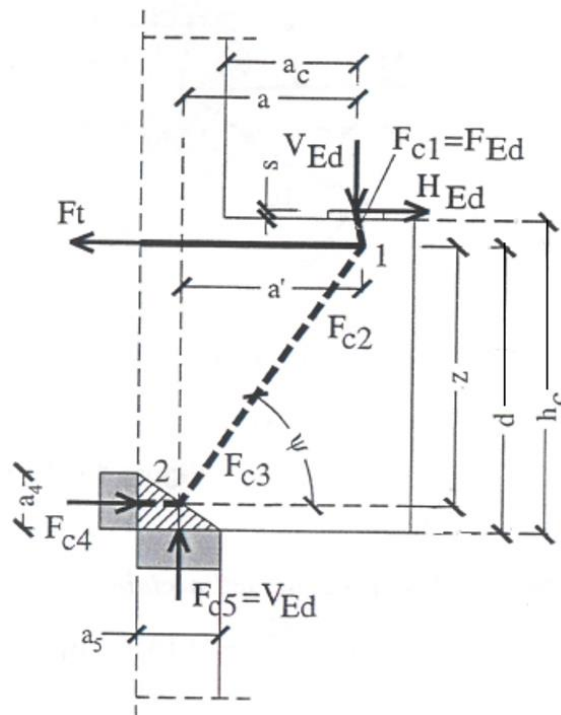


Figura 8 – Schema di calcolo della forza di trazione nell'armatura principale

Lo schema mostrato in Figura 8 (estrapolato dal libro “Progetto Delle Strutture In Calcestruzzo Armato” – Angotti F.) si considera capovolto ove V_{Ed} è lo sforzo N massimo proveniente dal palo più carico (che si rileva in condizioni sismiche in prossimità dello spigolo lato valle).

Tramite considerazioni legate all'equilibrio alla traslazione e alla rotazione intorno al nodo 2 si effettua il dimensionamento delle armature della mensola tozza e con essa del plinto in direzione longitudinale, inoltre si verifica la resistenza del puntone di cls compresso.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 81 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

Azione		
Ned SLU_ripartizione	-4803.4	
Ved SLU	1118.4	kN
γ plinto	1.35	-
Ned SLU (no p.p. plinto)	-4258.0	kN

Dimensioni mensola		
hc	1.8	m
b	1.2	m
copriferro netto	0.04	m
ac	1.6	m
Φ _orto	26	mm
d	1.70	m

Dimensioni piastra (sez palo)		
d	1.2	m
A	1.13	m ²

Armatura orizzontale intradosso		
Φ	n	As (mm ²)
26	32	16989.73
26	16	8494.87
0	12	0
	As tot (mm ²)	25484.60

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 82 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

Calcolo armatura		
z	1.363	m
v'	0.87	Mpa
σ_{1Rdmax}	15.81	MPa
σ_{2Rdmax}	13.44	MPa
a5	0.22	m
d'	0.0963	m
s	0	m
e	0.03	m
a	1.71	m
a'	1.74	m
Ft	6546.69	kN
As estradosso	16730.42	mm ²
Verifica ferri estradosso	Si	

La verifica risulta soddisfatta.

Non si necessita di armatura secondaria resistente a taglio.

12.2.2.1 Verifica delle massime tensioni di esercizio puntone CLS

Caratteristiche cls		
fck	32	MPa
fcd	18.13	MPa

σ_1	3.765	MPa	
Verifica nodo 1	Si		0.28

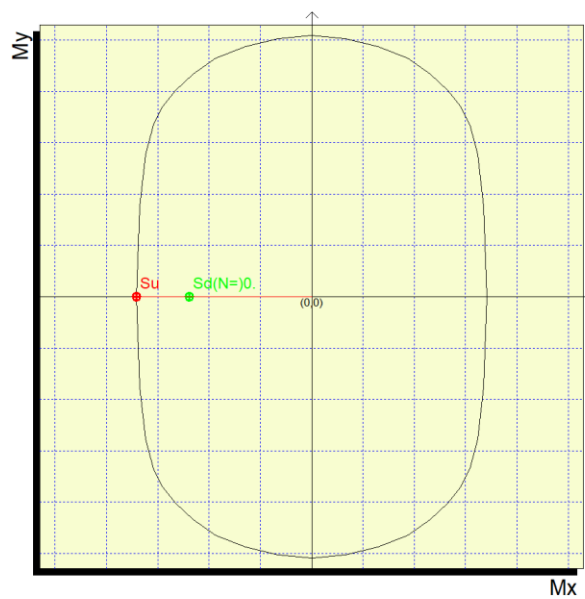
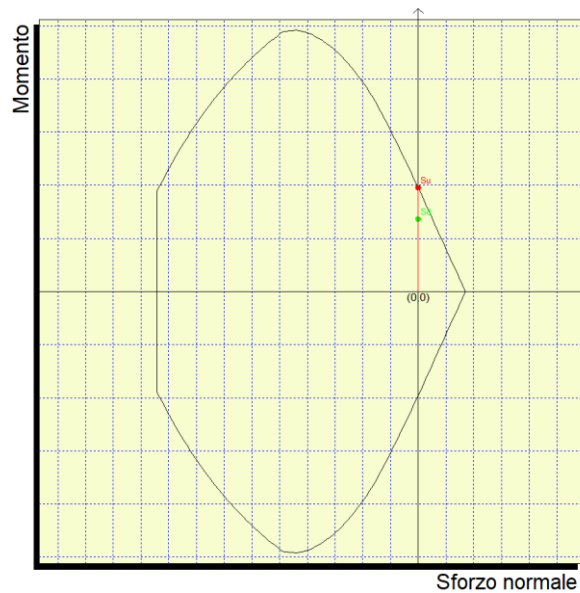
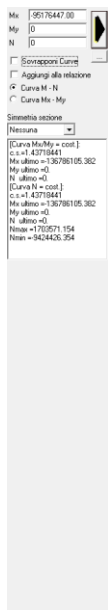
Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 83 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

12.2.3 Verifiche SLU in direzione trasversale

12.2.3.1 Verifica a pressoflessione

	N (kN)	V (kN)	Mtrasv (kNm)	Mlong (kNm)	cs
SLU	0	0	0	9518	1.44



Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 84 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

12.2.3.2 Verifica a taglio

$V_{Ed} = T_{SLU}$	2144	kN
	2143979	N

R_{ck}	40	MPa
f_{ck}	33.20	MPa

H sezione	1800	mm
c netto	53	mm
\varnothing staffa	26	mm
\varnothing arm tesa	26	mm
d	1747	mm

k	1.34	
---	------	--

b_w	2850	mm
A_{sl}	22697	mm ²
ρ_l	0.0046	

N_{Ed}	0	kN
	0	N
A_c	5130000	mm ²
σ_{cp}	0	MPa

f_{cd}	18.81	MPa
----------	-------	-----

γ_c	1.50	
$C_{Rd,c}$	0.12	

V_{min}	0.31	
-----------	------	--

E' necessario predisporre adeguata armatura a taglio.

Risultano più gravose (e quindi dimensionanti) le sollecitazioni calcolate in condizioni sismiche.

Si rimanda al paragrafo 12.2.1 per l'armatura disposta a taglio.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 85 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

12.2.1 Verifiche SLU in direzione longitudinale

Azione		
Ned SLU_ripartizione	-3452.0	
Ved SLU	1118.4	kN
γ plinto	1.35	-
Ned SLU (no p.p. plinto)	-2906.6	kN

Dimensioni mensola		
hc	1.8	m
b	1.2	m
copriferro netto	0.04	m
ac	1.6	m
Φ _orto	26	mm
d	1.70	m

Dimensioni piastra (sez palo)		
d	1.2	m
A	1.13	m ²

Armatura orizzontale intradosso		
Φ	n	As (mm ²)
26	32	16989.73
26	16	8494.87
0	12	0
	As tot (mm ²)	25484.60

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 86 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

Calcolo armatura		
z	1.363	m
v'	0.87	Mpa
$\sigma_1 R_{dmax}$	15.81	MPa
$\sigma_2 R_{dmax}$	13.44	MPa
a5	0.15	m
d'	0.0963	m
s	0	m
e	0.04	m
a	1.68	m
a'	1.71	m
Ft	4772.98	kN
As estradosso	12197.61	mm ²
Verifica ferri estradosso	Si	

La verifica risulta soddisfatta.

Non si necessita di armatura secondaria resistente a taglio.

12.2.1.1 Verifica delle massime tensioni di esercizio puntone CLS

Caratteristiche cls		
fck	32	MPa
fcd	18.13	MPa

σ_1	2.570	MPa	
Verifica nodo 1	Si		0.19

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 87 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

12.2.2 Verifiche SLE in direzione trasversale

12.2.2.1 Sollecitazioni per le verifiche

	N (kN)	Mlong	Mtrasv
Comb rara	0.00	7046.47	0.00
Comb frequente	0.00	6358.01	0.00
Comb quasi perm	0.00	5308.84	0.00

12.2.2.1 Verifica stato limite di fessurazione

	σ_t max	σ_{cls-}		Verifica	c.s.
Comb frequente	-2.58	-2.61	N/mm ²	Verificare ampiezza fessure	0.99
Comb quasi perm		-3.13	N/mm ²	Verificare ampiezza fessure	0.83

	w lim	w		Verifica	c.s.
Comb quasi perm w1	0.2		mm	Verifica soddisfatta	
Comb frequente w1	0.2	0.17	mm	Verifica soddisfatta	1.18

12.2.2.2 Verifica massime tensioni di esercizio CLS ed acciaio

	σ_c max	σ_c Mmax		Verifica	c.s.
Comb rara	19.92	4.83	N/mm ²	Verifica soddisfatta	4.12
Comb quasi perm	14.94	3.64	N/mm ²	Verifica soddisfatta	4.10

	σ_s max	σ_s		Verifica	c.s.
Comb rara	-360	-199.36	N/mm ²	Verifica soddisfatta	1.81

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 88 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

13 VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE

Le armature dei pali di fondazione sono state dimensionate in riferimento al palo più sollecitato.

13.1.1 Massime e minime sollecitazioni sul singolo palo

Di seguito si riportano la massima compressione (valori negativi) e trazione (valori positivi) per tutte le combinazioni, sul palo più sollecitato :

			Mx (long)	My (trasv)	N max	N min
			kNm	kNm	kN	kN
SLU	max	SLU2_NML_1	-1198	105	3452	2553
	max	SLU1_NML_1	-1135	108	3278	2435
	min	SLU3_PSCA_3	-764	4	2136	1754
	min	SLU2_PSCA_3	-1032	2	2880	2372
SLV	max	SLV_NML_L1	-3020	353	4803	-741
	max	SLV_NML_T1	-1458	1152	3733	329
	min	SLV_PSCA_T1	-1415	1100	3555	362
	min	SLV_PSCA_L1	-2934	330	4596	-680
SLE frequente	max	FREQ_2_NML_1	-841	41	2380	1852
	max	FREQ_2_NML_1	-841	41	2380	1852
	min	FREQ_1_NML_1	-764	0	2131	1759
	min	FREQ_1_NML_1	-764	0	2131	1759
SLE q. permanente	max	Q.PERM_NML_1	-764	0	2131	1759
	max	Q.PERM_NML_1	-764	0	2131	1759
	min	Q.PERM_NML_1	-764	0	2131	1759
	min	Q.PERM_NML_1	-764	0	2131	1759
SLE rara	max	RARA_2_NML_1	-888	76	2554	1894
	max	RARA_1_NML_1	-841	76	2423	1809
	min	RARA_1_PSCA_3	-764	3	2134	1756
	min	RARA_2_PSCA_3	-764	2	2133	1757

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 89 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

			Tx (trasv)	Ty (long)
			kN	kN
SLU	max	SLU1_NML_1	477	-5012
	max	SLU2_NML_1	464	-5289
	min	SLU2_PSCA_3	10	-4556
	min	SLU3_PSCA_3	17	-3375
SLV	max	SLV_NML_T1	5085	-6437
	max	SLV_NML_L1	1559	-13330
	min	SLV_PSCA_L1	1457	-12954
	min	SLV_PSCA_T1	4858	-6248

13.1.2 Dimensionamento delle armature

Caratteristiche del palo		
Diametro	1.2	m
Area	1.13	m
Perimetro	3.77	m
Profondità infissione	2.6	m
n pali	12	

∅ palo	1200	mm
Area palo	1130973	mm ²
As, min	3393	mm ²
As, max	45239	mm ²

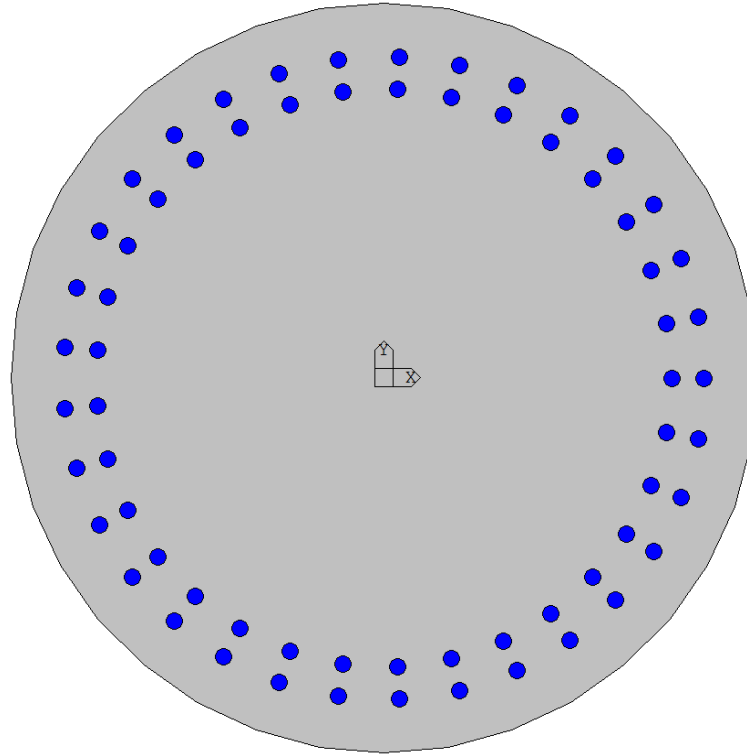
∅	26	mm
n	32	
strati	2	
As	33979	mm ²
	3.0%	ok


Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 90 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

13.1.3 Verifica a pressoflessione

Si riportano di seguito le verifiche a pressoflessione sia per le combinazioni SLU che per le combinazioni SLV:



 Verifiche multiple

	Mx	My	N	c.s.	c.s. (N=cost)
SLU2_NML_	11982558.1749888	-1051931.84079528	-255344.970123364	4.375794	4.598444
SLU1_NML_	11354500.109362	-1080405.50708762	-243499.434391383	4.607911	4.836373
SLU3_PSC_	7644836.84077686	-38777.2064025491	-175440.767130698	6.745107	7.115514
SLU2_PSC_	10320529.7350488	-23266.3238415294	-237214.814171868	4.994791	5.350733
SLV_NML_I	30197653.4073773	-3532050.81497933	74143.6322857658	1.605232	1.635931
SLV_NML_	14583040.3156397	-11519781.5264026	-32894.1879052748	2.863129	2.799766
SLV_PSCA_	14154882.2906488	-11004628.7419227	-36160.9198737723	2.98103	2.906718
SLV_PSCA_	29344988.3403502	-3301388.62257682	68016.7342828351	1.656932	1.688395

Il minimo coefficiente di sicurezza è pari a 1.64 , la verifica risulta soddisfatta.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 91 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

13.1.3.1 Verifica a taglio

VEd = TSLU	1118	kN
	1118417	N

Rck	30	MPa
fck	24.90	MPa
fctm	2.56	MPa

Ø palo	1200	mm
Area palo	1130973	mm ²
Lato quadrato equivalente	1063	mm

c netto	60	mm
Ø staffa	12	mm
Ø arm tesa	3236	mm
d	927.86	mm

k	1.46
---	------

bw	1063	mm
Asl	16990	mm ²
ρλ	0.017	

NEd	2031	kN
	2031012	N
Ac	1130973	mm ²
σ _{χπ}	1.80	MPa

fcd	14.11	MPa
	14.11	

γ _χ	1.50
CR _{d,c}	0.12

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 92 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

vmin	0.31
------	------

VRd,c	872638	N
VRd,c min	571161	N

VRd,c effettivo	872638	N
	873	kN

Verifica	NO
coefficiente	0.78

E' necessario predisporre adeguata armatura a taglio:

VEd = TSLU	1118.42	kN
	1118417.15	N

Ø staffa	14	mm
n bracci	3.00	-
Asw	462	mm ²
s	100.00	mm

f _{yd}	391.30	MPa
-----------------	--------	-----

cot θ	1.00
-------	------

α _χ	1.00
----------------	------

z = 0.9d	835.07	mm
----------	--------	----

v	0.54
---	------

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
km 83+400 al 83+530
Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 93 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

VRd _s	1509043.07	N
VRd _{s max}	3384811.76	N

VRd _{c effettivo}	1509043.07	N
----------------------------	------------	---

Verifica	OK
coefficiente	1.35

Si dispongono due spille centrali a croce e staffe circolari $\phi 14/10$ (si considerano effettivamente resistenti a taglio 3 bracci di armatura).

La verifica risulta soddisfatta.

Cavalcaferrovia strada provinciale n. 3 cat C1 dal
 km 83+400 al 83+530
 Relazione di calcolo spalle

COMMESSA IV01	LOTTO 00	FASE-ENTE D09	DOCUMENTO CLIV0604001	REV. A	FOGLIO 94 di 96
------------------	-------------	------------------	--------------------------	-----------	--------------------

13.1.4 Verifiche SLE

13.1.4.1 Sollecitazioni per le verifiche

Per le sollecitazioni utilizzate per le verifiche si rimanda al paragrafo 13.1.1.

13.1.4.1 Verifica stato limite di fessurazione

fck	24.9	N/mm ²
fctm	2.56	N/mm ²
fyk	450	N/mm ²

	σ max	σ	Verifica	
Comb frequente	-2.13	-1.96	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		-1.96	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		-1.72	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		-1.72	N/mm ²	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm	-2.13	-1.72	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		-1.72	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		-1.72	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		-1.72	N/mm ²	Verifica soddisfatta

13.1.4.2 Verifica delle massime tensioni di esercizio CLS ed acciaio

	σ max	σ Mmax	Verifica	
Comb rara	14.94	4.90	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		4.65	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		4.24	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		4.24	N/mm ²	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm	11.205	4.24	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		4.24	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		4.24	N/mm ²	Verifica soddisfatta
		4.24	N/mm ²	Verifica soddisfatta