

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

**ADEGUAMENTO NODO DI PONTEDECIMO
PONTE SUL TORRENTE VERDE
Relazione di Calcolo
Spalle**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. G. Guagnozzi	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	C L	N V 0 7 0 X	0 0 2	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Leonardo Struture 	17/09/2012	Ing. F. Colla 	18/09/2012	E. Pagani 	21/09/2012	Ing. E. Ghislandi

n. Elab.:	File: IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00
-----------	---------------------------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00</p>	<p>Foglio 3 di 22</p>

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Generalità	4
1.2	Normative di riferimento	4
1.3	Caratteristiche dei materiali	5
1.3.1	Calcestruzzi	5
1.3.2	Armature per c.a.	6
1.3.3	Acciaio da carpenteria	6
1.4	Ipotesi di Calcolo	6
1.5	Coefficienti sismici	6
1.6	Parametri geotecnici	7
2	SPALLA	8
2.1	Analisi dei Carichi	8
2.1.1	Permanenti	8
2.1.2	Spinta del terreno e del sovraccarico	8
2.1.3	Accidentali trasmessi dall'impalcato	9
2.1.4	Accidentali sul rilevato	9
2.1.5	Frenatura	9
2.1.6	Vento trasversale	10
2.1.7	Attrito Appoggi	10
2.1.8	Sisma	10
2.1.9	Incremento di spinta	11
2.2	Combinazioni di carico alla base della fondazione	11
2.2.1	Permanenti+Vento+Acc. Su Rilevato+Attrito	11
2.2.2	Permanenti+Accidentali+0,6xvento+Attrito	11
2.2.3	Permanenti+Accidentali+Frenatura+0,2xvento+Attrito	12
2.2.4	Permanenti+Sisma Trasversale+Sisma Verso Il Basso	12
2.2.5	Permanenti+Sisma Trasversale+Sisma Verso L'alto	12
2.2.6	Permanenti+Sisma Longitudinale+Sisma Verso Il Basso	12
2.2.7	Permanenti+Sisma Longitudinale+Sisma Verso L'alto	12
2.3	Carichi massimi e minimi sulla testa dei pali	13
2.4	Verifica Micropalo	17
2.4.1	Capacità portante per carichi verticali	17
2.4.2	Verifica del Palo alle azioni taglianti	17
2.5	Verifica fondazione	18
2.5.1	Verifica soletta anteriore in condizioni di esercizio	18
2.5.2	Sollecitazioni e verifiche paragonaia	19
3	SOLLECITAZIONI SUGLI APPARECCHI D'APPOGGIO	20
3.1	Analisi dei carichi	20
3.1.1	Permanenti	20
3.1.2	Accidentali	20
3.1.3	Frenatura	20
3.1.4	Vento trasversale	21
3.1.5	Sisma orizzontale	21
3.2	Apparecchi d'appoggio	21
3.2.1	Multidirezionale	21
3.2.2	Unidirezionale longitudinale	21
3.2.3	Unidirezionale trasversale	22
3.2.4	Fisso	22
3.3	Giunto di dilatazione	22

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00 Foglio 4 di 22

1 INTRODUZIONE

1.1 Generalità

La presente relazione si riferisce al calcolo strutturale delle spalle del ponte sul torrente Verde, nell'ambito degli interventi del Progetto Esecutivo relativi alla nuova viabilità da realizzare a Pontedecimo, in sponda destra del torrente Verde e al collegamento della viabilità urbana con un nuovo ponte alla S.P. n.6 che corre in sinistra idraulica.

Tale intervento è inserito nell'ambito delle attività collaterali previste per la cantierizzazione della tratta Alta Velocità Milano – Genova, III Valico.

Le spalle sono previste in cemento armato del tipo a traverso fondato su micropali $\varnothing 220 \div 240$ disposti su tre file.

Gli appoggi sono del tipo in acciaio-teflon, fissi, multidirezionali e unilaterali, secondo una disposizione tale da trasmettere le sollecitazioni longitudinali ad una delle estremità, e tale da suddividere uniformemente le sollecitazioni trasversali ad entrambe le spalle.

L'impalcato sarà realizzato in struttura mista acciaio-calcestruzzo con tre travi saldate a doppio T in acciaio ad altezza costante di 2.20 m., di luce tra gli appoggi pari a 41.50 m. La soletta sarà realizzata in calcestruzzo armato per una larghezza complessiva di 9.50 m, e resa collaborante con le sottostanti travi in acciaio tramite connessione con pioli tipo "Nelson". Il getto integrativo sarà eseguito su cospicue prefabbricate per uno spessore medio di 35 cm tra le travi e variabile fino ad un minimo di 30 cm sugli sbalzi trasversali.

L'impalcato è completato da traversi reticolari in acciaio formati da profilati ad "L" accoppiati, disposti in corrispondenza degli appoggi ed in campata. I traversi di campata sono indipendenti dalla soletta mentre quello in corrispondenza appoggi ha il corrente superiore realizzato con un profilato piolato alla soletta. Sono previste anche crociere orizzontali di falda che irrigidiscono, anche in fase di montaggio, la struttura.

Per ulteriori caratteristiche, dimensioni e particolari si fa riferimento agli elaborati grafici.

1.2 Normative di riferimento

- | | | | |
|----|----------------------------------|---------------------|--|
| a) | D.M. LL.PP.
+istruz. relative | 16.01.1996 | Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi». |
| b) | Circ.Min.LL.PP. | 04.07.1996, n.156AA | Istruzioni relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al D.M. 16/01/96. |
| c) | Legge | 05.11.1971, n.1086 | Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. |
| d) | D.M. LL.PP. | 09.01.1996 | Norme tecniche per l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche. |
| e) | D.M. LL.PP. | 04.05.1990 | Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali. |
| f) | D.M.LL.PP. | 11.03.1988 | Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. |

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Foglio 5 di 22
IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00		

g)	D.M.LL.PP.	16.01.1996	Norme Tecniche per le costruzioni in Zone Sismiche.
h)	Circ.Min.LL.PP.	10.04.1997, n.65 AAGG	Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996".
i)	Circ.Min.LL.PP.	15.10.1996, n.252 AAGG	Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
j)	Circ.Min.LL.PP.	25.02.1991, n.34233	Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali.
k)	D.M.LL.PP.	03.12.1987	Norme tecniche per la progettazione esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
l)	Circ.Min.LL.PP.	16.03.1989	Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
m)	Norme CNR	10024/86	Analisi strutturale mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.
n)	Ordinanza P.C.M.	20.03.2003	"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

1.3 Caratteristiche dei materiali

1.3.1 Calcestruzzi

Magrone di pulizia e livellamento

Resistenza media : $R_m \geq 15$ MPa
 contenuto min. cemento : 150 kg/mc

Micropali

Miscela per iniezioni : $R_{ck} \geq 25$ MPa
 Cemento : 900 daN/mc
 Rapporto A/C max in peso : 0,6

Spalle – fondazione

Classe di Resistenza : C25/30 (ex $R_{ck} = 300$ kg/cm²)
 tensioni normali ammissibili: $\sigma_{f,amm} = 97,5$ kg/cm²
 tensioni tangenziali ammissibili: $\tau_{co} = 6,00$ kg/cm²
 Classe di Esposizione : XC2
 Copriferro : c = 40 mm
 Classe di consistenza slump : S 3 ÷ 5
 Diametro max aggregato : 32 mm
 Classe contenuto cloruri : Cl 0,4

Spalle – elevazione

Classe di Resistenza : C32/40 (ex $R_{ck} = 400$ kg/cm²)
 tensioni normali ammissibili: $\sigma_{f,amm} = 122,5$ kg/cm²

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00
	Foglio 6 di 22

tensioni tangenziali ammissibili: $\tau_{co} = 7,33 \text{ kg/cm}^2$

Classe di Esposizione : XF1
Copriferro : $c = 40 \text{ mm}$
Classe di consistenza slump : S 3 ÷ 5
Diametro max aggregato : 32 mm
Classe contenuto cloruri : Cl 0,2

1.3.2 Armature per c.a.

Acciaio per armature lente B450C

1.3.3 Acciaio da carpenteria

Acciaio utilizzato per i pali: S275 J2

tensione di snervamento $f_y \geq 2750 \text{ daN/cm}^2$
tensione ammissibile $\sigma_{fa} = 1900 \text{ daN/cm}^2$

1.4 Ipotesi di Calcolo

Le azioni sulle strutture sono dovute essenzialmente alla spinta del terreno, ai carichi permanenti della struttura, ai carichi accidentali trasmessi dall'impalcato e dal rilevato, e al sisma.

Il calcolo viene condotto con i metodi della Scienza delle Costruzioni, basati sull'ipotesi dell'elasticità lineare dei materiali, con l'ausilio di una semplice procedura di calcolo su foglio elettronico. Le verifiche di resistenza sono state effettuate con il metodo delle tensioni ammissibili.

Le unità di misura sono essenzialmente la tonnellata [t] ed il metro [m], tranne che per le verifiche delle sezioni in c.a. ove si adotta il [Kg] ed il [cm].

1.5 Coefficienti sismici

Nell'analisi in condizioni sismiche viene recepita la normativa attuale per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio nazionale, mantenendo le modalità di verifica secondo la normativa ancora vigente nel periodo di transizione.

Per quanto sopra nella classificazione del territorio la struttura ricade in zona 4, che possiamo assimilare ad una zona a bassa sismicità. La classificazione suddivide il territorio in quattro diverse zone sismiche, mentre la pregressa normativa faceva riferimento ad una suddivisione di zone sismiche e non sismiche, ponendo poi nelle zone dichiarate sismiche tre diversi gradi di sismicità.

A favore di sicurezza le verifiche di seguito riportate terranno conto di una condizione sismica con sismicità $S = 6$.

Per il calcolo sono stati assunti i seguenti coefficienti:

coeff. di protezione sismica	$I = 1,0$
coeff. di struttura per la spalla	$\beta = 1,2$
per gli apparecchi di appoggio	$\beta = 2,5$
coeff. di fondazione	$\varepsilon = 1$
coeff. di risposta	$R = 1$
coeff. di intensità sismica	$c = 0,04$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 7 di 22</p>

1.6 Parametri geotecnici

Per le caratteristiche del terreno e dell'ammasso roccioso, si fa riferimento alla relazione geotecnica.

Si assumono i seguenti parametri relativi alle caratteristiche del terreno:

Riempimento a tergo spalla :

coesione $c = 0 \text{ Kg/cm}^2$
 angolo d'attrito $\varphi = 32^\circ$
 peso specifico $\gamma = 1,9 \text{ t/m}^3$
 spessore dello strato : $sp = 6,0 \text{ m}$

Depositi alluvionali :

coesione $c = 0 \text{ Kg/cm}^2$
 angolo d'attrito $\varphi = 32^\circ$
 peso specifico $\gamma = 2,1 \text{ t/m}^3$
 spessore dello strato : $sp = 6,0\text{m}$

Substrato :

coesione $c = 2.5 \text{ Kg/cm}^2$
 angolo d'attrito $\varphi = 26^\circ$
 peso specifico $\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00		Foglio 8 di 22

2 SPALLA

2.1 Analisi dei Carichi

2.1.1 Permanenti

a) Impalcato L = 43,00 m Luce di calcolo L_C = 41,50 m

	p.u.	largh. (m)	lungh. (m)	spessore (m)	g-p.p. (t/mc)	carico (t)	distanza baricentro asse appoggio	momenti (t·m)
trave	3		43,00	0,0845	7,85 =	85,57 x	0,00 =	0,00
soletta		9,50	43,00	0,35	2,50 =	357,44 x	0,00 =	0,00
pavimentazione		7,00	43,00		0,30 =	90,30 x	0,00 =	0,00
cordoli	2	1,25	43,00	0,30	2,50 =	80,63 x	0,00 =	0,00
guardiavia+parapetti			43,00	2,00	0,30 =	25,80 x	0,00 =	0,00
						<u>639,73</u>		<u>0,00</u>

Carico sulla spalla

$$N = 639,73/2 = 319,87t \quad M_L = 0,00 \quad tm$$

b) Spalla

	p.u.	largh. (m)	lungh. (m)	spessore (m)	g-p.p. (t/mc)	carico (t)	distanza baricentro asse appoggio	momenti (t·m)
paragliaia		12,00	3,05	0,40	2,50 =	36,60 x	-1,05 =	-38,43
corpo spalla		12,00	1,80	3,00	2,50 =	162,00 x	0,00 =	0,00
muri di risvolto ant.	2	2,35	2,55	0,30	2,50 =	8,99 x	0,325 =	2,92
fondazione		0,00	1,80	3,00	2,50 =	0,00 x	0,00 =	0,00
terreno posteriore		12,00	3,05	0,25	1,90 =	17,39 x	-1,375 =	-23,90
						<u>224,97</u>		<u>-59,41</u>

Totale permanenti alla base della fondazione

$$N = 319,87 + 224,97 = 544,84 \quad t$$

$$M_L = 0,00 + (-59,41) = -59,41 \quad tm$$

2.1.2 Spinta del terreno e del sovraccarico

Dati terreno

peso terreno	γ	=	1,90	t/m ³
coesione terreno	c	=	0	t/m ²
angolo di attrito	φ	=	30	°
coefficiente di spinta attiva	λ_a	=	0,333	
larghezza impalcato	L _i	=	12,00	m
larghezza carreggiata	L _i	=	9,50	m
altezza spalla+paragliaia	H _s	=	4,85	m
sovraccarico su rilevato	q	=	2,00	t/m ²

	spinta		momento	
			o	
terreno	$H_L = 89,30 \text{ t}$	$\times 1,62$	$M_L = 144,36 \text{ tm}$	
accidentali	$H_L = 33,92 \text{ t}$	$\times 2,43$	$M_L = 82,25 \text{ tm}$	
	$H_L = 123,21 \text{ t}$		$M_L = 226,61 \text{ tm}$	

2.1.3 Accidentali trasmessi dall'impalcato

Luce di calcolo	$L_c = 41,50 \text{ m}$
incremento dinamico	$\varphi = 1,4 - (L_c - 10) / 150 = 1,19$
aggetto oltre appoggio	$g = 0,75 \text{ m}$
braccio del carico concentrato	$L_b = 40,75 \text{ m}$
lunghezza carico distribuito	$L_a = 33,25 \text{ m}$
Per una colonna di carico	
carico concentrato	$20,00 \text{ t}$
carico distribuito	$3,00 \text{ t/m}$

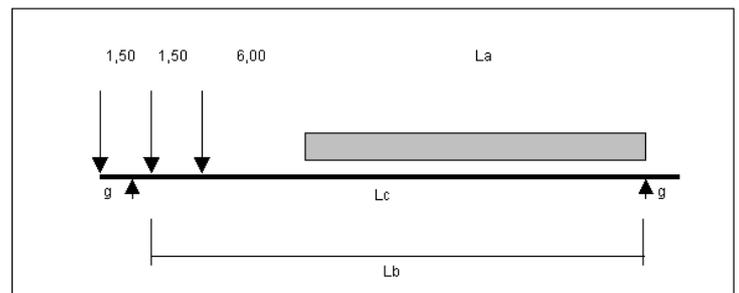
Reazione all'appoggio:

$R_{max} = 117,66 \text{ t}$	
coefficiente per colonna 1	1
coefficiente per colonna 2	0,50

distanza da baricentro:

colonna 1	$b_1 = 1,75 \text{ m}$
colonna 2	$b_2 = -1,75 \text{ m}$

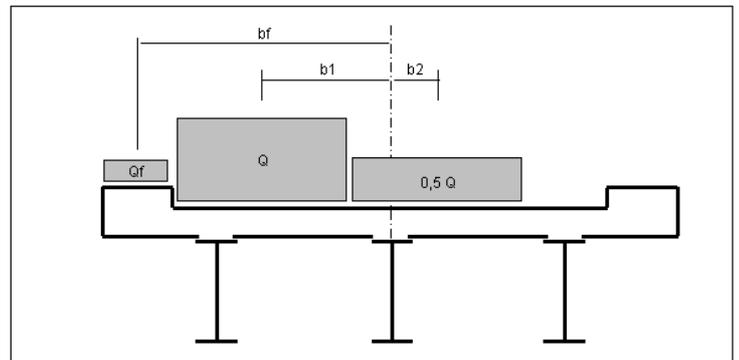
$N = 176,49 \text{ t}$
$M_T = 102,95 \text{ tm}$
$M_L = 0,00 \text{ tm}$



2.1.4 Accidentali sul rilevato carico accidentale (da normativa)

$q = 2,00 \text{ t/m}^2$	
numero impalcato sulla spalla	1
larghezza carreggiata	9,50 m
lunghezza carico distribuito	0,65 m
spessore paraghiaia	0,40 m
distanza paraghiaia-asse appoggio	-0,85 m
distanza carico da asse appoggio	1,175 m

$N = 12,35 \text{ t}$
$M = -$
$L = 14,51 \text{ tm}$



2.1.5 Frenatura

descrizione	trave in semplice appoggio con appoggi in neoprene
numero impalcato su spalla	1
altezza impalcato	2,55 m
altezza appoggio	0,40 m
altezza spalla	1,80 m
carico concentrato	20,00 t da normativa

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00		Foglio 11 di 22

altezza impalcato 2,55 m
altezza appoggio 0,40 m
altezza spalla 1,80 m
Numero impalcati 1

longitudinale $H_L = 30,71 \text{ t} \times 3,90$ $M_L = 119,76 \text{ tm}$
trasversale $H_T = 15,35 \text{ t} \times 3,90$ $M_T = 59,88 \text{ tm}$

▪ sisma sulla spalla

paraghiaia	0,048	36,60	=	1,76 t	x	3,33	=	5,84 tm
corpo spalla	0,048	162,00	=	7,78 t	x	0,90	=	7,00 tm
muri di risvolto ant.	0,048	8,99	=	0,43 t	x	3,08	=	1,33 tm
fondazione	0,048	0,00	=	0,00 t	x	0,00	=	0,00 tm
terreno posteriore	0,048	17,39	=	0,83 t	x	0,90	=	0,75 tm
		H	=	10,80 t		M	=	14,92 tm

Totale sisma longitudinale $H_L = 41,51 \text{ t}$ $M_L = 134,68 \text{ tm}$
Totale sisma trasversale $H_T = 26,15 \text{ t}$ $M_T = 74,80 \text{ tm}$

2.1.9 Incremento di spinta

$\lambda_a = 0,333$ $\Theta = 2,291042$
 $\lambda_{as} = 0,3104$ $\cos\Theta = 0,9992$

spinta terreno 89,30 t
momento di spinta 144,36 tm
altezza spalla 1,80 m
altezza paraghiaia 3,05 m
altezza fondazione 0,00 m

$\Delta F = 6,13 \text{ t}$
 $\Delta M = 19,81 \text{ tm}$

2.2 Combinazioni di carico alla base della fondazione

2.2.1 Permanenti+Vento+Acc. Su Rilevato+Attrito

$N = 544,84 + 12,35 = 557,19 \text{ t}$
 $M_L = -59,41 + -14,51 + 226,61 + 21,11 = 173,80 \text{ tm}$
 $H_L = 123,21 + 9,60 = 132,81 \text{ t}$
 $M_T = 125,56 \text{ tm}$
 $H_T = 26,18 \text{ t}$

2.2.2 Permanenti+Accidentali+0,6xvento+Attrito

$N = 544,84 + 12,35 + 176,50 = 733,69 \text{ t}$
 $M_L = -59,41 + -14,51 + 226,61 + 32,76 = 185,44 \text{ tm}$
 $H_L = 123,21 + 14,89 = 138,10 \text{ t}$
 $M_T = 102,96 + 0,6 \times 75,34 = 178,29 \text{ tm}$
 $H_T = 0,60 \times 26,18 = 15,71 \text{ t}$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00</p>	<p>Foglio 12 di 22</p>

2.2.3 Permanenti+Accidentali+Frenatura+0,2xvento+Attrito

$$\begin{aligned}
 N &= 544,84 + 176,50 + 12,35 &= & \mathbf{733,69 \text{ t}} \\
 M_L &= -59,41 + -14,51 + 226,61 + 85,50 + 32,76 &= & \mathbf{270,94 \text{ tm}} \\
 H_L &= 123,21 + 18,00 + 14,89 &= & \mathbf{156,10 \text{ t}} \\
 M_T &= 102,96 + 0,2 \times 125,56 &= & \mathbf{128,07 \text{ tm}} \\
 H_T &= 0,2 \times 26,18 &= & \mathbf{5,24 \text{ t}}
 \end{aligned}$$

2.2.4 Permanenti+Sisma Trasversale+Sisma Verso Il Basso

$$\begin{aligned}
 N &= 1,10 \times 544,84 &= & \mathbf{597,14 \text{ t}} \\
 M_L &= 1,10 \times -59,41 + 144,36 + -19,81 &= & \mathbf{59,44 \text{ tm}} \\
 H_L &= 89,30 + -6,13 &= & \mathbf{83,17 \text{ t}} \\
 M_T &= &= & \mathbf{74,80 \text{ tm}} \\
 H_T &= &= & \mathbf{26,15 \text{ t}}
 \end{aligned}$$

2.2.5 Permanenti+Sisma Trasversale+Sisma Verso L'alto

$$\begin{aligned}
 N &= 0,90 \times 544,84 &= & \mathbf{492,53 \text{ t}} \\
 M_L &= 0,90 \times -59,41 + 144,36 + -19,81 &= & \mathbf{70,84 \text{ tm}} \\
 H_L &= 89,30 + -6,13 &= & \mathbf{83,17 \text{ t}} \\
 M_T &= &= & \mathbf{74,80 \text{ tm}} \\
 H_T &= &= & \mathbf{26,15 \text{ t}}
 \end{aligned}$$

2.2.6 Permanenti+Sisma Longitudinale+Sisma Verso Il Basso

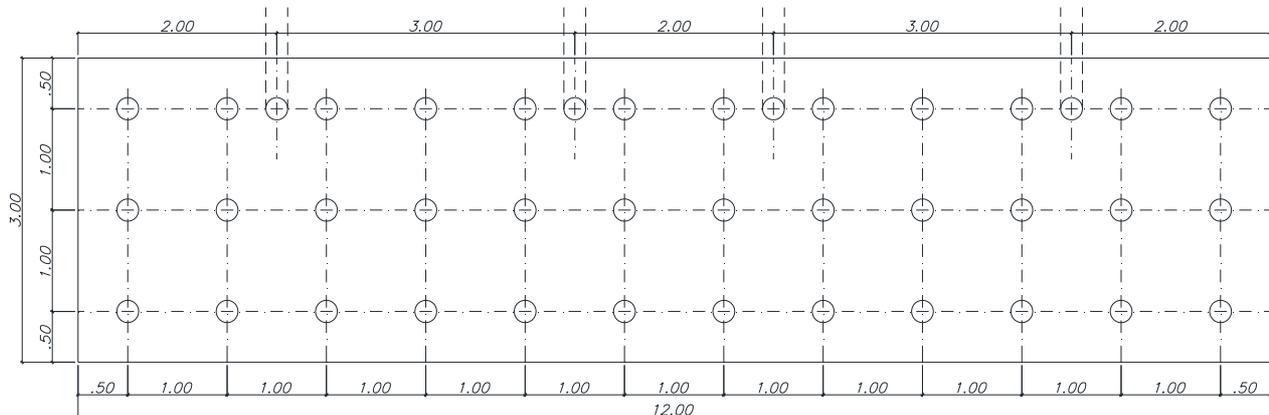
$$\begin{aligned}
 N &= 1,10 \times 544,84 &= & \mathbf{597,14 \text{ t}} \\
 M_L &= 1,10 \times -59,41 + 144,36 + -19,81 + 134,68 &= & \mathbf{194,11 \text{ tm}} \\
 H_L &= 89,30 + -6,13 + 41,51 &= & \mathbf{124,68 \text{ t}} \\
 M_T &= &= & \mathbf{0,00 \text{ tm}} \\
 H_T &= &= & \mathbf{0,00 \text{ t}}
 \end{aligned}$$

2.2.7 Permanenti+Sisma Longitudinale+Sisma Verso L'alto

$$\begin{aligned}
 N &= 0,904 \times 544,84 &= & \mathbf{492,53 \text{ t}} \\
 M_L &= 0,90 \times -59,41 + 144,36 + -19,81 + 134,68 &= & \mathbf{205,52 \text{ tm}} \\
 H_L &= 89,30 + -6,13 + 41,51 &= & \mathbf{124,68 \text{ t}} \\
 M_T &= &= & \mathbf{0,00 \text{ tm}} \\
 H_T &= &= & \mathbf{0,00 \text{ t}}
 \end{aligned}$$

2.3 Carichi massimi e minimi sulla testa dei pali

La palificata è costituita da n. 36 micropali $\Phi 220$ con armatura tubolare $\Phi 176$ sp 8 mm, L = 16,00 m, disposti secondo lo schema seguente



Il calcolo della palificata è stato sviluppato con una semplice procedura in linguaggio Basic. L'analisi mostra le seguenti sollecitazioni massime e minime sulla testa dei pali:

DATI GEOMETRICI

Coordinate pali

n. palo	X (m)	Y (m)	ϕ (m)	area (m ²)	X-Xg (m)	Y-Yg (m)	Xg (m)	Yg (m)	inerzia		
									X (m ⁴)	Y (m ⁴)	
1	-5,50	1,00	0,22	0,038	m2	-5,50	1,00	-0,209	0,038	0,038	1,149
2	-4,50	1,00	0,22	0,038	m2	-4,50	1,00	-0,171	0,038	0,038	0,769
3	-3,50	1,00	0,22	0,038	m2	-3,50	1,00	-0,133	0,038	0,038	0,465
4	-2,50	1,00	0,22	0,038	m2	-2,50	1,00	-0,095	0,038	0,038	0,237
5	-1,50	1,00	0,22	0,038	m2	-1,50	1,00	-0,057	0,038	0,038	0,085
6	-0,50	1,00	0,22	0,038	m2	-0,50	1,00	-0,019	0,038	0,038	0,009
7	0,50	1,00	0,22	0,038	m2	0,50	1,00	0,019	0,038	0,038	0,009
8	1,50	1,00	0,22	0,038	m2	1,50	1,00	0,057	0,038	0,038	0,085
9	2,50	1,00	0,22	0,038	m2	2,50	1,00	0,095	0,038	0,038	0,237
10	3,50	1,00	0,22	0,038	m2	3,50	1,00	0,133	0,038	0,038	0,465
11	4,50	1,00	0,22	0,038	m2	4,50	1,00	0,171	0,038	0,038	0,769
12	5,50	1,00	0,22	0,038	m2	5,50	1,00	0,209	0,038	0,038	1,149
13	-5,50	0,00	0,22	0,038	m2	-5,50	0,00	-0,209	0,000	0,000	1,149
14	-4,50	0,00	0,22	0,038	m2	-4,50	0,00	-0,171	0,000	0,000	0,769
15	-3,50	0,00	0,22	0,038	m2	-3,50	0,00	-0,133	0,000	0,000	0,465
16	-2,50	0,00	0,22	0,038	m2	-2,50	0,00	-0,095	0,000	0,000	0,237
17	-1,50	0,00	0,22	0,038	m2	-1,50	0,00	-0,057	0,000	0,000	0,085
18	-0,50	0,00	0,22	0,038	m2	-0,50	0,00	-0,019	0,000	0,000	0,009
19	0,50	0,00	0,22	0,038	m2	0,50	0,00	0,019	0,000	0,000	0,009
20	1,50	0,00	0,22	0,038	m2	1,50	0,00	0,057	0,000	0,000	0,085
21	2,50	0,00	0,22	0,038	m2	2,50	0,00	0,095	0,000	0,000	0,237
22	3,50	0,00	0,22	0,038	m2	3,50	0,00	0,133	0,000	0,000	0,465
23	4,50	0,00	0,22	0,038	m2	4,50	0,00	0,171	0,000	0,000	0,769

24	5,50	0,00	0,22	0,038	m2	5,50	0,00	0,209	0,000	0,000	1,149
25	-5,50	-1,00	0,22	0,038	m2	-5,50	-1,00	-0,209	-0,038	0,038	1,149
26	-4,50	-1,00	0,22	0,038	m2	-4,50	-1,00	-0,171	-0,038	0,038	0,769
27	-3,50	-1,00	0,22	0,038	m2	-3,50	-1,00	-0,133	-0,038	0,038	0,465
28	-2,50	-1,00	0,22	0,038	m2	-2,50	-1,00	-0,095	-0,038	0,038	0,237
29	-1,50	-1,00	0,22	0,038	m2	-1,50	-1,00	-0,057	-0,038	0,038	0,085
30	-0,50	-1,00	0,22	0,038	m2	-0,50	-1,00	-0,019	-0,038	0,038	0,009
31	0,50	-1,00	0,22	0,038	m2	0,50	-1,00	0,019	-0,038	0,038	0,009
32	1,50	-1,00	0,22	0,038	m2	1,50	-1,00	0,057	-0,038	0,038	0,085
33	2,50	-1,00	0,22	0,038	m2	2,50	-1,00	0,095	-0,038	0,038	0,237
34	3,50	-1,00	0,22	0,038	m2	3,50	-1,00	0,133	-0,038	0,038	0,465
35	4,50	-1,00	0,22	0,038	m2	4,50	-1,00	0,171	-0,038	0,038	0,769
36	5,50	-1,00	0,22	0,038	m2	5,50	-1,00	0,209	-0,038	0,038	1,149
	0,00	0,00		1,368	m2			0,000	0,000	0,912	16,299

Baricentro

Xg	Yg
0,00	0,000

Momento di inerzia

Jx	Jy
0,91	16,30

Combinazione

2.2.1	2.2.2	2.2.3
N= 557,19 t	N= 733,69 t	N= 733,69 t
ML= 173,80 tm	ML= 185,44 tm	ML= 270,94 tm
MT= 125,56 tm	MT= 178,29 tm	MT= 128,07 tm

AZIONE NORMALE SUL PALO

n. palo	σ	N	n. palo	σ	N	n. palo	σ	N
1	555,59	21,11	1	679,62	25,82	1	790,33	30,03
2	563,30	21,40	2	690,55	26,24	2	798,18	30,33
3	571,00	21,69	3	701,49	26,65	3	806,04	30,62
4	578,70	21,99	4	712,43	27,07	4	813,90	30,92
5	586,41	22,28	5	723,37	27,48	5	821,76	31,22
6	594,11	22,57	6	734,31	27,90	6	829,61	31,52
7	601,81	22,87	7	745,25	28,31	7	837,47	31,82
8	609,52	23,16	8	756,19	28,73	8	845,33	32,12
9	617,22	23,45	9	767,12	29,15	9	853,19	32,42
10	624,92	23,74	10	778,06	29,56	10	861,04	32,71
11	632,63	24,04	11	789,00	29,98	11	868,90	33,01
12	640,33	24,33	12	799,94	30,39	12	876,76	33,31
13	365,00	13,87	13	476,25	18,09	13	493,19	18,74
14	372,70	14,16	14	487,18	18,51	14	501,05	19,04
15	380,41	14,45	15	498,12	18,93	15	508,91	19,34
16	388,11	14,75	16	509,06	19,34	16	516,76	19,63
17	395,81	15,04	17	520,00	19,76	17	524,62	19,93

18	403,51	15,33	18	530,94	20,17	18	532,48	20,23
19	411,22	15,62	19	541,88	20,59	19	540,34	20,53
20	418,92	15,92	20	552,82	21,00	20	548,19	20,83
21	426,62	16,21	21	563,75	21,42	21	556,05	21,13
22	434,33	16,50	22	574,69	21,83	22	563,91	21,43
23	442,03	16,79	23	585,63	22,25	23	571,77	21,72
24	449,73	17,09	24	596,57	22,67	24	579,62	22,02
25	174,40	6,63	25	272,88	10,37	25	196,06	7,45
26	182,11	6,92	26	283,81	10,78	26	203,91	7,75
27	189,81	7,21	27	294,75	11,20	27	211,77	8,05
28	197,51	7,50	28	305,69	11,61	28	219,63	8,34
29	205,22	7,80	29	316,63	12,03	29	227,49	8,64
30	212,92	8,09	30	327,57	12,45	30	235,34	8,94
31	220,62	8,38	31	338,51	12,86	31	243,20	9,24
32	228,33	8,68	32	349,45	13,28	32	251,06	9,54
33	236,03	8,97	33	360,38	13,69	33	258,92	9,84
34	243,73	9,26	34	371,32	14,11	34	266,77	10,14
35	251,44	9,55	35	382,26	14,52	35	274,63	10,43
36	259,14	9,85	36	393,20	14,94	36	282,49	10,73

Pmax **24,33**
Pmin **6,63**

Pmax **30,39**
Pmin **10,37**

Pmax **33,31**
Pmin **7,45**

2.2.4

N= 597,14 t
ML= 59,44 tm
MT= 74,80 tm

2.2.5

N= 492,53 t
ML= 70,84 tm
MT= 74,80 tm

2.2.6

N= 597,14 t
ML= 194,11 tm
MT= 0,00 tm

n. palo	σ	N	n. palo	σ	N	n. palo	σ	N
1	476,52	18,10	1	412,55	15,67	1	649,45	24,68
2	481,11	18,28	2	417,14	15,85	2	649,45	24,68
3	485,70	18,45	3	421,73	16,02	3	649,45	24,68
4	490,29	18,63	4	426,32	16,20	4	649,45	24,68
5	494,88	18,80	5	430,90	16,37	5	649,45	24,68
6	499,46	18,98	6	435,49	16,55	6	649,45	24,68
7	504,05	19,15	7	440,08	16,72	7	649,45	24,68
8	508,64	19,33	8	444,67	16,89	8	649,45	24,68
9	513,23	19,50	9	449,26	17,07	9	649,45	24,68
10	517,82	19,67	10	453,85	17,24	10	649,45	24,68
11	522,41	19,85	11	458,44	17,42	11	649,45	24,68
12	527,00	20,02	12	463,03	17,59	12	649,45	24,68
13	411,34	15,63	13	334,86	12,72	13	436,58	16,59
14	415,93	15,80	14	339,45	12,90	14	436,58	16,59
15	420,52	15,98	15	344,04	13,07	15	436,58	16,59
16	425,11	16,15	16	348,62	13,25	16	436,58	16,59
17	429,69	16,33	17	353,21	13,42	17	436,58	16,59
18	434,28	16,50	18	357,80	13,59	18	436,58	16,59
19	438,87	16,67	19	362,39	13,77	19	436,58	16,59

20	443,46	16,85	20	366,98	13,94	20	436,58	16,59
21	448,05	17,02	21	371,57	14,12	21	436,58	16,59
22	452,64	17,20	22	376,16	14,29	22	436,58	16,59
23	457,23	17,37	23	380,75	14,47	23	436,58	16,59
24	461,82	17,55	24	385,34	14,64	24	436,58	16,59
25	346,16	13,15	25	257,17	9,77	25	223,70	8,50
26	350,75	13,33	26	261,76	9,95	26	223,70	8,50
27	355,34	13,50	27	266,35	10,12	27	223,70	8,50
28	359,92	13,67	28	270,93	10,29	28	223,70	8,50
29	364,51	13,85	29	275,52	10,47	29	223,70	8,50
30	369,10	14,02	30	280,11	10,64	30	223,70	8,50
31	373,69	14,20	31	284,70	10,82	31	223,70	8,50
32	378,28	14,37	32	289,29	10,99	32	223,70	8,50
33	382,87	14,55	33	293,88	11,17	33	223,70	8,50
34	387,46	14,72	34	298,47	11,34	34	223,70	8,50
35	392,05	14,90	35	303,06	11,51	35	223,70	8,50
36	396,64	15,07	36	307,65	11,69	36	223,70	8,50
	Pmax	20,02		Pmax	17,59		Pmax	24,68
	Pmin	13,15		Pmin	9,77		Pmin	8,50

2.2.7

N= 492,53 t

ML= 205,52 tm

MT= 0,00 tm

n. palo	σ	N
1	585,48	22,24
2	585,48	22,24
3	585,48	22,24
4	585,48	22,24
5	585,48	22,24
6	585,48	22,24
7	585,48	22,24
8	585,48	22,24
9	585,48	22,24
10	585,48	22,24
11	585,48	22,24
12	585,48	22,24
13	360,10	13,68
14	360,10	13,68
15	360,10	13,68
16	360,10	13,68
17	360,10	13,68
18	360,10	13,68
19	360,10	13,68
20	360,10	13,68

21	360,10	13,68
22	360,10	13,68
23	360,10	13,68
24	360,10	13,68
25	134,71	5,12
26	134,71	5,12
27	134,71	5,12
28	134,71	5,12
29	134,71	5,12
30	134,71	5,12
31	134,71	5,12
32	134,71	5,12
33	134,71	5,12
34	134,71	5,12
35	134,71	5,12
36	134,71	5,12
Pmax		22,24
Pmin		5,12

in c.e. $P_{max} = 33,31$ t
 in c.s. $P_{max} = 24,68$ t

2.4 Verifica Micropalo

2.4.1 Capacità portante per carichi verticali

Poste le seguenti caratteristiche del terreno : (ALLUVIONALE)

$$\gamma = 2,1 \text{ t/m}^3 \quad \varphi = 32^\circ \quad c = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$$

Diametro $D = 0,22$ m

lunghezza $L = 14,00$ m, di cui si trascura cautelativamente l'effetto dei primi quattro metri.

PORTATA LIMITE :

ALLA PUNTA

$$q = \sum \gamma_i H_i = \gamma (H-l) = 21,0t$$

$$Q_p = A (c N_c + q N_q) = 86,9 \quad t \quad Q_p$$

PER ATTRITO LATERALE

$$\sigma_h = \gamma H/2 = 12,6 \quad t$$

$$\tan \delta = 0,268$$

$$Q_l = (c + \sum \sigma_h \times \tan \delta) A_l = 23,3 \quad t \quad Q_l$$

PESO PALO decurto il terreno $P_p = 0,32$ t

COEFFICIENTE di sicurezza

$$(86,9 + 23,3) / (33,31 - 0,32)$$

$$3,34 > 2,50$$

IL PALO E' VERIFICATO

2.4.2 Verifica del Palo alle azioni taglianti

Si considera il palo totalmente immerso nel terreno con la testa libera di spostarsi ma non di ruotare, soggetto ad un'azione orizzontale H.

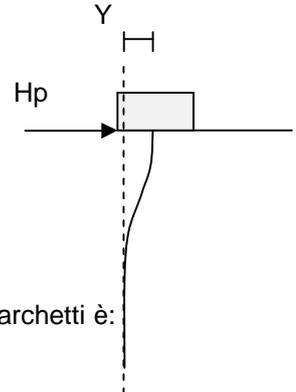
La massima forza orizzontale agente alla testa dei pali risulta:

in condizioni di esercizio : $H_{tmax} = 156,10$ (3° c.d.c)

$H_p = 156,10/36 = 4,34$ t

in condizioni sismiche : $H_{tmax} = 124,68$ (6° c.d.c)

$H_p = 124,68/36 = 3,46$ t



Il momento flettente agente sulla testa del palo secondo le formule di Jamolkowsky-Marchetti è:

$M = \frac{H_p \times A\phi \times T}{B\phi}$ dove $T = [\frac{E \times J}{k}]^{1/5}$

$B\phi$

k

Considerando reagente la sola armatura metallica costituita da un tubo con diametro esterno 176mm sp 8mm:

Numericamente si ottiene:

$$J = \frac{\pi \times (17,6^4 - 16,0^4)}{64} = 1493 \text{ cm}^4$$

$$E = 2100000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$k = 5 \text{ Kg/cm}^3$$

$$T = 15,86 \text{ cm}$$

$$L_p = 1400 \text{ cm}$$

$$Z = L/T = 1400/15,86 = 88,27$$

$$A\phi = 1,623$$

$$B\phi = 1,749$$

In condizioni di esercizio:

Momento di incastro alla testa del palo libera di spostarsi ma non di ruotare :

$$M_{max} = 4340 \times 1,623/1,749 \times 15,86 = 63871 \text{ Kgcm}$$

Carico massimo.

$$N_{max} = 33310 \text{ Kg}$$

Considerando agente la sola sezione in acciaio risulta :

$$\sigma_{max} = \frac{33310}{42,22} + \frac{63871 \times 8,8}{1493} = 1165 \text{ Kg/cm}^2$$

Cautelativamente si prevedono comunque n. 4 micropali-tirante inclinati per assorbire le spinte orizzontali

2.5 Verifica fondazione

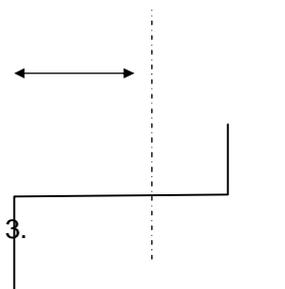
2.5.1 Verifica soletta anteriore in condizioni di esercizio

Si considera la condizione di carico maggiormente gravosa, costituita dalla c.d.c. n. 3.

$$P = 33,31 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} 33,31 &= 33,31 \text{ t} \times 1,00 = 33,31 \text{ tm} \\ - 1,80 \times 1,00 \times 2,5 &= - 4,50 \text{ t} \times 0,75 = - 3,37 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$T = 26,56 \text{ t M} = 29,94 \text{ tm}$$



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00	Foglio 19 di 22

2.5.1.1 Verifica a flessione

$$\begin{aligned}
A &= 180B = 100 & H &= 176 & H' &= 4 \text{ cm} \\
A_f &= 5\Phi 16 & &= 10,05 \text{ cm}^2 & \Rightarrow & \Phi 16/20 \\
A'_f &= 5\Phi 16 & &= 10,05 \text{ cm}^2 & \Rightarrow & \Phi 16/20 \\
\sigma_c &= & &15,40 \text{ Kg/cm}^2 & & \\
\sigma_a &= & &1757,00 \text{ Kg/cm}^2 & &
\end{aligned}$$

2.5.1.2 Verifica a taglio

$$\tau = \frac{26560}{0,9 \times 176 \times 100} = 1,68 \text{ Kg/cm}^2 < \tau_{c0}$$

2.5.2 Sollecitazioni e verifiche paragonata

$$\begin{aligned}
N &= & 3,05 \times 0,40 \times 2,50 & & = 3,05 \text{ t/m} \\
H_L &= & 0,333 \times 1,9 \times 3,05^2 / 2 & & = 2,95 \text{ t/m} & \text{(spinta del terreno)} \\
H_L &= & 0,333 \times 2,0 \times 3,05 & & = \underline{2,01 \text{ t/m}} & \text{(spinta accidentali)} \\
& & & & & 4,98 \text{ t/m} \\
M_L &= & 2,95 \times 3,05 / 3 & & = 2,99 \text{ tm/m} & \text{(spinta del terreno)} \\
& & 2,01 \times 3,05 / 2 & & = \underline{3,10 \text{ tm/m}} & \text{(spinta accidentali)} \\
& & & & & 6,09 \text{ tm/m} \\
A &= 40 & B &= 100 & C &= 36 & H' &= 4 \text{ cm} \\
A_f &= & 5 \Phi 16 & & = & & 10,05 & \text{ cmq} \\
A'_f &= & 5 \Phi 12 & & = & & 5,65 & \text{ cmq} \\
\sigma_c &= & & & & & 38,7 & \text{ Kg/cmq} \\
\sigma_f &= & & & & & 1836,7 & \text{ Kg/cmq} \\
\tau_c &= & & & & & 1,54 & \text{ Kg/cmq}
\end{aligned}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00	Foglio 20 di 22

3 SOLLECITAZIONI SUGLI APPARECCHI D'APPOGGIO

Appoggi tipo acciaio - teflon

n. apparecchi d'appoggio fissi	$n_f =$	1
n. apparecchi d'appoggio unidirezionali longitudinali	$n_t =$	1
n. apparecchi d'appoggio unidirezionali trasversali	$n_l =$	2
n. apparecchi d'appoggio multidirezionali	$n_i =$	2
n. complessivo apparecchi d'appoggio	$n_a =$	6

La sollecitazione verticale sugli apparecchi è data da:

da permanenti $N_p = 319,87 \text{ t}$

da accidentale $N_a = 176,50 \text{ t}$

$N = 496,37 \text{ t}$

$N_a = N / (2n_a) = 165,46 \text{ t} < 245,00 \text{ t}$

Riguardo alla sollecitazione orizzontale si considera quella maggiormente gravosa, data dall'azione sismica:

$\beta = 2,5$

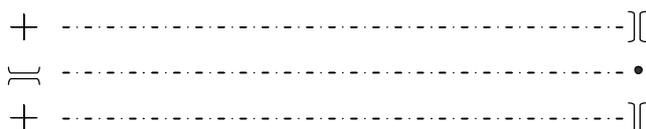
$H_L = 169,64 \text{ t}$ (C.d.c. n. 6)

$H_T = 54,48 \text{ t}$ (C.d.c. n. 4)

$H_{LA} = H_L / n_l = 56,55 \text{ t} < 60,00 \text{ t}$

$H_{TA} = H_T / n_t = 27,24 \text{ t} < 85,00 \text{ t}$

Schema degli appoggi:



Vengono previsti apparecchi d'appoggio in acciaio-teflon, soggetti alle seguenti sollecitazioni:

3.1 Analisi dei carichi

3.1.1 Permanenti

$$N_p = 319,87 / 3 = 106,26 \text{ t}$$

3.1.2 Accidentali

$$N_{A \max} = 176,50 / 3 + 102,96 / 6.50 = 74,67 \text{ t}$$

$$N_{A \min} = 176,50 / 3 - 102,96 / 6.50 = 42,99 \text{ t}$$

3.1.3 Frenatura

$$H_L = 18.00 / 3 = 6.00 \text{ t}$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 21 di 22</p>

3.1.4 Vento trasversale

$$H_T = 26,18 / 2 = 13,09 \text{ t}$$

Al piano appoggi:

$$M_T = 125,56 \text{ tm}$$

$$\Delta N = 125,56 / 6,50 = \pm 19,32 \text{ t}$$

3.1.5 Sisma orizzontale

$$\beta = 2.5$$

3.1.5.1 Sisma longitudinale

$$H_L = 2 \times 1.0 \times 0.04 \times 2.5 \times 319,87 / 3 = 21,32 \text{ t}$$

3.1.5.2 Sisma trasversale

$$H_T = 2 \times 1.3 \times 0.07 \times 2.5 \times 319,87 / 2 = 16,00 \text{ t}$$

$$M_T = 54,38 \text{ tm}$$

$$\Delta N = 54,38 / 6,50 = \pm 8,37 \text{ t}$$

3.2 Apparecchi d'appoggio

3.2.1 Multidirezionale

condizioni di esercizio

$$N_{MAX} = 106,26 + 74,67 + 19,32 = 200,25 \text{ t}$$

$$N_{MIN} = 106,26 + 42,99 - 19,32 = 130,27 \text{ t}$$

$$H_T = H_L = 0$$

condizioni sismiche

$$N_{MAX} = 1,20 \times 106,26 + 8,37 = 135,88 \text{ t}$$

$$N_{MIN} = 0,83 \times 106,26 - 8,37 = 79,83 \text{ t}$$

$$H_T = H_L = 0 \text{ t}$$

3.2.2 Unidirezionale longitudinale

condizioni di esercizio

$$N_{MAX} = 106,26 + 74,67 = 180,93 \text{ t}$$

$$H_T = 13,09 \text{ t} \quad H_L = 0 \text{ t}$$

condizioni sismiche

$$N_{MAX} = 1,20 \times 106,26 = 127,51 \text{ t}$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-002-A00</p>	<p>Foglio 22 di 22</p>

$$N_{\text{MIN}} = 0,83 \times 106,26 = 88,20 \text{ t}$$

$$H_{\text{T}} = 16,00 \text{ t} \quad H_{\text{L}} = 0 \text{ t}$$

3.2.3 Unidirezionale trasversale

condizioni di esercizio

$$N_{\text{MAX}} = 106,26 + 74,67 + 19,32 = 200,25 \text{ t}$$

$$N_{\text{MIN}} = 106,26 + 42,99 - 19,32 = 130,27 \text{ t}$$

$$H_{\text{T}} = 0 \quad H_{\text{L}} = 6,00 + 4,96 = 10,96 \text{ t}$$

condizioni sismiche

$$N_{\text{MAX}} = 1,20 \times 106,26 + 8,37 = 135,88 \text{ t}$$

$$N_{\text{MIN}} = 0,83 \times 106,26 - 8,37 = 79,83 \text{ t}$$

$$H_{\text{T}} = 0 \quad H_{\text{L}} = 21,32 \text{ t}$$

3.2.4 Fisso

condizioni di esercizio

$$N_{\text{MAX}} = 121,80 + 0,333 \times 172,16 = 179,13 \text{ t}$$

$$H_{\text{T}} = 14,74 \text{ t} \quad H_{\text{L}} = 6,00 \text{ t}$$

condizioni sismiche

$$N_{\text{MAX}} = 1,20 \times 106,26 = 127,51 \text{ t}$$

$$N_{\text{MIN}} = 0,83 \times 106,26 = 88,20 \text{ t}$$

$$H_{\text{T}} = 16,00 \text{ t} \quad H_{\text{L}} = 21,32 \text{ t}$$

3.3 Giunto di dilatazione

Si considerano gli effetti dovuti alla variazione termica e i fenomeni di ritiro.

$$\Delta t = 40^\circ$$

$$\Delta l = 41,50 \times (0,000015 \times 40) = \pm 0,0249 \text{ m}$$