

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 VIADOTTO 1

Relazione di Calcolo Pila n.4

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 1 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-012-A00
-----------	---------------------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00	Foglio 3 di 40

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Generalità	4
1.2	Normative di riferimento	5
1.3	Caratteristiche dei materiali	6
1.3.1	Calcestruzzo	6
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	7
1.6	Parametri geotecnici	7
2	PILA 4	8
2.1	Analisi dei carichi	8
2.1.1	Permanenti	8
2.1.2	Accidentale sull'impalcato	9
2.1.3	Frenatura	11
2.1.4	Forza Centrifuga	12
2.1.5	Vento trasversale	12
2.1.6	Attrito Appoggi	13
2.1.7	Sisma	14
2.2	Combinazioni di carico	15
2.2.1	Combinazioni alla base della Fondazione	15
2.2.2	Combinazioni alla base della Elevazione	17
2.3	Verifica palificata	19
2.3.1	Schema di calcolo	19
2.3.2	Dati Geometrici	19
2.3.3	Azioni Sui Micropali	20
2.4	Verifica micropali	21
2.4.1	Verifica capacità portante	21
2.4.2	Verifica del Palo alle azioni taglianti	22
2.4.3	Verifica aderenza Palo – plinto di fondazione	23
2.5	Verifica fondazione	23
2.5.1	Verifica soletta in alveo in senso Longitudinale (Cond. Esercizio)	23
2.6	Verifica elevazione	25
2.6.1	Combinazione C.d.C.1	25
2.6.2	Combinazione C.d.C.4	27
2.6.3	Combinazione C.d.C.9 (Sismica)	29
2.7	Verifica mensola trasversale Pila	30
2.7.1	Analisi dei carichi	30
2.7.2	Stesa di carico 2 Impalcati Carichi	32
2.7.3	Stesa di carico 1 Impalcato Carico	32
2.7.4	In Condizioni di Esercizio due Impalcati Carichi	32
2.7.5	In Condizioni di Esercizio Un Impalcato Carico	37
2.7.6	In Condizioni Sismiche (sisma verticale)	38

1 INTRODUZIONE

1.1 Generalità

La presente relazione si riferisce alla progettazione esecutiva della pila n.4 del Viadotto 1, nell'ambito degli interventi relativi alla nuova viabilità da realizzare in corrispondenza della frazione di 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.

La zona dell'intervento è classificata sismica in zona 4, secondo l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003.

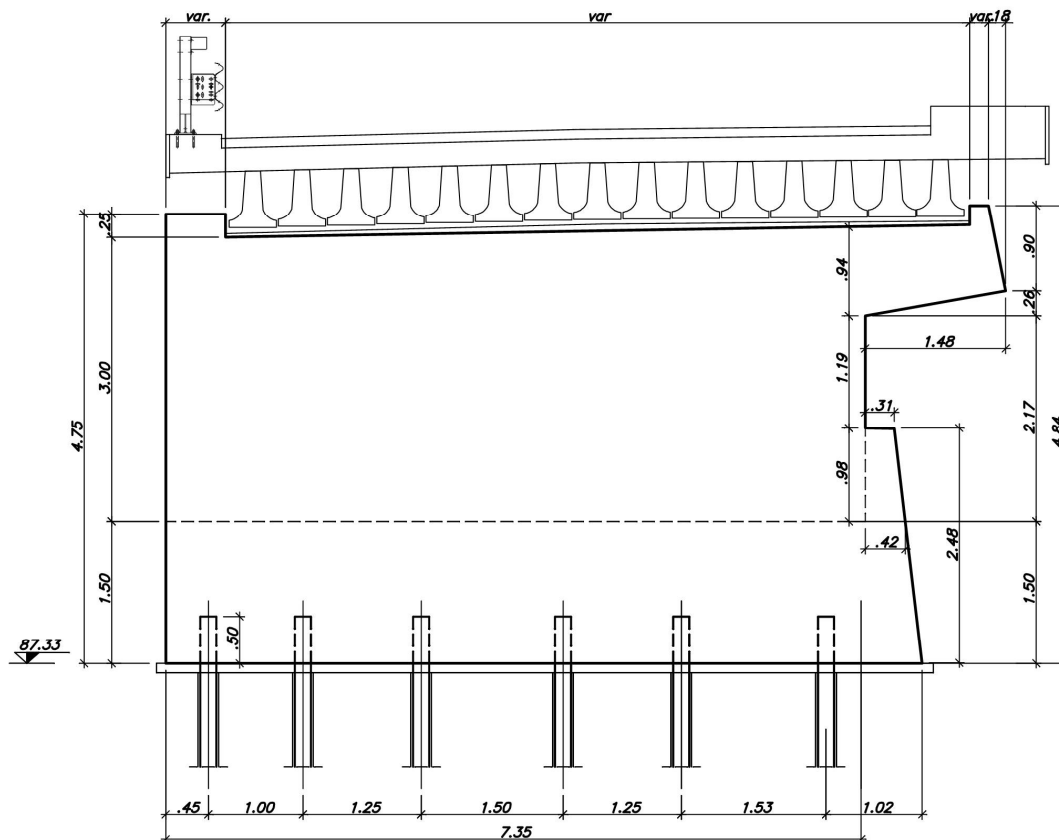
Il viadotto oggetto della presente relazione (denominato Viadotto 1) è previsto sulla rampa con pendenza pari a circa il 6% necessaria per il raggiungimento, dal piazzale antistante la scuola, della quota attuale del Ponte delle Piane e sarà costituito da tre campate di 12,50 di luce e due da 15,00, per una lunghezza complessiva di 67,50.

Tale viadotto è costituito da un impalcato con travi a T rovescio in cls precompresso prefabbricate affiancate di altezza $h=60\text{cm}$ e soletta in c.a. di spessore $s=25\text{cm}$,

Le pile sono in cemento armato con plinto di fondazione su micropali.

Si allegano di seguito schemi delle pile oggetto di calcolo:

PILA 4 : Sezione trasversale



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 5 di 40</p>

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.
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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00 Foglio 6 di 40

- | | | | |
|----|------------------|------------|---|
| 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 Calcestruzzo

Magrone di pulizia e livellamento

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

Fondazioni Pile

Classe di Resistenza : C25/30 (ex $R_{ck} = 300$ kg/cm²)
 tensioni normali ammissibili: $\sigma_{f,amm} = 95,5$ daN/cm²
 tensioni tangenziali ammissibili: $\tau_{co} = 6,00$ daN/cm²
 Classe di Esposizione : XF1
 Copriferro : c = 40 mm
 Classe di consistenza slump : S 3 ÷ 5
 Diametro max aggregato : 32 mm
 Classe contenuto cloruri : Cl 0,4

Elevazione e mensole (pulvino) Pile

Classe di Resistenza : C32/40 (ex $R_{ck} = 400$ kg/cm²)
 tensioni normali ammissibili: $\sigma_{f,amm} = 122,5$ daN/cm²
 tensioni tangenziali ammissibili: $\tau_{co} = 7,33$ daN/cm²
 Classe di Esposizione : XF1
 Copriferro : c = 40 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 $f_y \geq 2750$ daNg/cm²
 tensione ammissibile $\sigma_{fa} = 1900$ daN/cm²

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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00	Foglio 7 di 40

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	$c = 0.04$

1.6 Parametri geotecnici

Si assumono i seguenti parametri relativi alle caratteristiche del terreno desunti dalla relazione geotecnica:

Materiale di riporto

coesione	$c = 0.05 \text{ t/m}^2$
angolo d'attrito	$\varphi = 32^\circ$
peso specifico	$\gamma = 2.0 \text{ t/m}^3$
spessore strato	$s = 2.5 \text{ m}$

Depositi alluvionali

coesione	$c = 0.0 \text{ t/m}^2$
angolo d'attrito	$\varphi = 32^\circ$
peso specifico	$\gamma = 2.1 \text{ t/m}^3$
spessore strato	$s = 6.0 \text{ m}$

Substrato superficiale

coesione	$c = 0.6 \text{ t/m}^2$
angolo d'attrito	$\varphi = 24^\circ$
peso specifico	$\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$
spessore strato	$s = 2.5 \text{ m}$

Substrato basale

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00		Foglio 8 di 40

2 PILA 4

2.1 Analisi dei carichi

2.1.1 Permanenti

Impalcato

	p.u.	largh .	lungh	spessore	γ -p.p.	carico	dist.bar . Y	momenti MT	
soletta		9,25	1,00	0,25	25	= 57,813 kN/m	x 0,00	=	0,00 kNm/m
cordoli	1	1,20	1,00	0,25	25	= 7,500 kN/m	x 4,03	=	30,23 kNm/m
cordoli	1	0,55	1,00	0,25	25	= 3,438 kN/m	x -4,38	=	-15,06 kNm/m
cordoli	0	0,00	1,00	0,25	25	= 0,000 kN/m	x 0,00	=	0,00 kNm/m
pavimentazione			1,00	9,25	3	= 27,750 kN/m	x -0,32	=	-8,88 kNm/m
parapetti	1				1,5	= 1,500 kN/m	x 4,53	=	6,80 kNm/m
guardiavia+barriera									
fonoass.		1			4	= 4,000 kN/m	x -4,53	=	-18,12 kNm/m
trave	15	1,00	1,00	0,159	25,00	= 59,625 kN/m	x 0,00	=	0,00 kNm/m
						161,625 kN/m			-5,04 kNm/m
traversi		0,30	7,50	0,60	25,00	= 33,750 kN			

Al baricentro
impalcato

2054,06 kN -62,95 kNm

Sollecitazioni al bordo pila lato
terrapieno

MT trasporto

Carico dovuto ai due semi-impalcato sulla pila: $N = 2054,063$ kN x 4,625 = 9437,09 kNm

Pila

	p.u.	largh .	altezza	lungh	γ -p.p.	carico			
corpo pila		1,50	3,00	6,90	25	= 776,25 kN	x 3,45	=	2678,06 kNm
corpo pila a detrarre		0,00	0,00	0,00	25	= 0,00 kN	x 0,00	=	0,00 kNm
mensola		1,50	1,05	2,00	25	= 78,75 kN	x 7,90	=	622,13 kNm
	-0,5	1,50	0,35	2,00	25	= -13,13 kN	x 8,23	=	-108,06 kNm
						841,88 kN			3192,13 kNm
fondazione		3,50	1,50	7,00	25	= 918,75 kN	x 3,50	=	3215,63 kNm
		0,00	0,00	0,00	25	= 0,00 kN	x 0,00	=	0,00 kNm
terreno		3,50	0,50	7,00	18	= 220,50 kN	x 5,00	=	1102,50 kNm
		1,50	-0,50	7,00	18	= -94,50 kN	x 3,50	=	-330,75 kNm
						1044,75 kN			3987,38 kNm

Altezza totale della pila + il pulvino 3,00 m

Totale permanenti alla base della fondazione

Peso impalcato 1 x 2054,06 = 2054,06 kN 9437,09 kNm

Peso corpo pile	1	x	841,88	=	841,88	kN			3192,13	kNm	
Peso fondazione					1044,75	kN			3987,38	kNm	
			N		3940,69	kN		Mt	=	16616,59	kNm

Alla Base della Pila B=1,50m

	p.u.	largh	altezza	lungh	γ -p.p.	carico				
corpo pila		1,50	3,00	6,90	25	= 776,25 kN	x	3,45	=	2678,06 kNm
mensola		1,50	1,05	2,00	25	= 78,75 kN	x	7,90	=	622,13 kNm
	-0,5	1,50	0,35	2,00	25	= -13,13 kN	x	8,23	=	-108,06 kNm
						841,88 kN				3192,13 kNm

Totale permanenti alla base della pila

Peso impalcati	1	x	2054,06	=	2054,06	kN			9437,09	kNm
Peso corpo pile	1	x	841,88	=	841,88	kN			3192,13	kNm

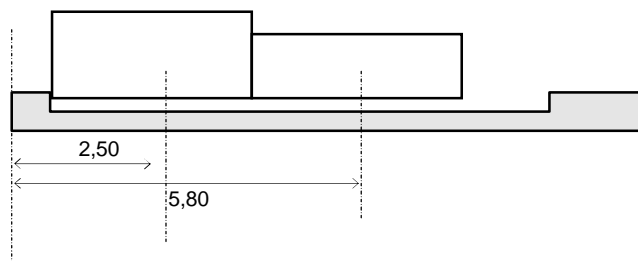
2.1.2 Accidentale sull'impalcato

$$L = 12.05 \text{ m}$$

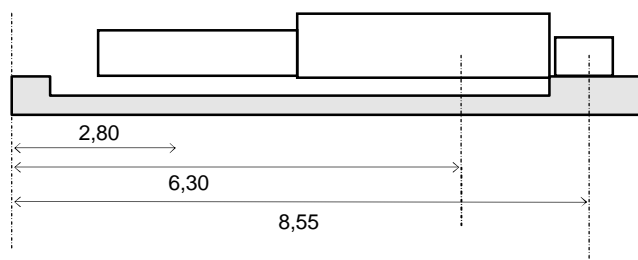
$$L = 11,60 \text{ m}$$

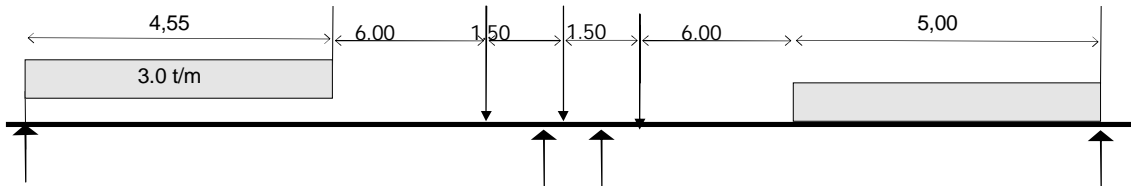
$$\varphi = 1.4 - (L - 10) / 150 = 1.387$$

Schema Trasversale : due colonne lato interno



Schema Trasversale : due colonne lato torrente + folla su marciapiede

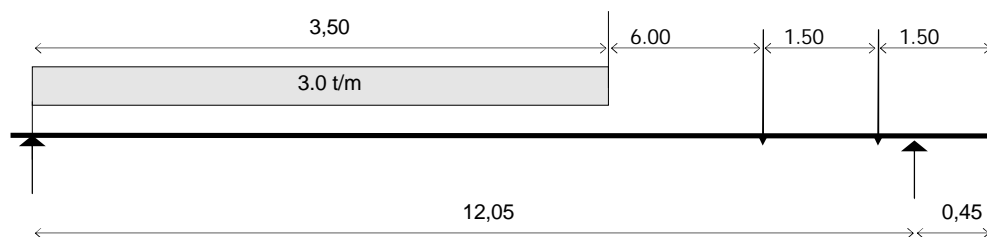


Due Impalcati Carichi**N.2 impalcati Carichi - 2 colonne lato interno**

Carico agente sulla pila	$N=R_{\max} \times (1+0,5) =$	1312,56	kN
eccentricità 1	$e_1 =$	2,3	m
eccentricità 2	$e_2 =$	5,8	m
Momento Trasversale agente sulla pila			
	$M_T = R_{\max} (e_1 + 0,5 \times e_2) =$	4550,22	kNm
Momento Longitudinale agente sulla pila			
	$M_L =$	2,20	kNm

N.2 impalcati Carichi - 2 colonne lato torrente + folla

Carico agente sulla pila	$N=R_{\max} \times (1+0,5) + \text{folla} =$	1380,76	kN
eccentricità 1	$e_1 =$	6,3	m
eccentricità 2	$e_2 =$	2,8	m
	$e(\text{folla}) =$	8,55	m
Momento Trasversale agente sulla pila			
	$M_T = R_{\max} (e_1 + 0,5 \times e_2) + e \times R_{\text{folla}} =$	10689,82	kNm
Momento Longitudinale agente sulla pila			
	$M_L =$	2,20	kNm

Un Impalcato Carico**N. 1 impalcato Carico - 2 colonne lato interno**

Carico agente sulla pila	$N=R_{\max} \times (1+0,5) =$	1170,41	kN
eccentricità 1	$e1 =$	2,3	m
eccentricità 2	$e2 =$	5,8	m
Momento Trasversale agente sulla pila	$M_T = 2 \times (R \times e1 + 0,5 \times R \times e2) =$	4057,43	kNm
Momento Longitudinale agente sulla pila	$M_L =$	526,70	kNm

N. 1 impalcato Carico - 2 colonne lato torrente + folla

Carico agente sulla pila	$N=R_{\max} \times (1+0,5) + \text{folla} =$	1205,18	kN
eccentricità 1	$e1 =$	6,3	m
eccentricità 2	$e2 =$	2,8	m
eccentricità folla	$e_f =$	8,55	m
Momento Trasversale agente sulla pila	$M_T = 2 \times (R \times e1 + 0,5 \times R \times e2 + Q_f \times e_f) =$	9309,32	kNm
Momento Longitudinale agente sulla pila	$M_L =$	543,33	kNm

2.1.3 Frenatura

altezza impalcato	0,85	m
altezza appoggio	0,10	m
altezza pila	3,00	m
altezza fondazione	1,50	m
carico concentrato	600,00	kN
carico distribuito	30,00	kN/m

coefficiente per colonna 1	1,00	
coefficiente per colonna 2	0,50	
coefficiente per colonna 3	0,00	
Due campate		
lunghezza carico distribuito	6,00	m
numero pile	2	

Si considera la condizione più gravosa tra le seguenti:

	totale del carico			
20,00%	QA	H_{L1}	90,00	kN
10,00%	colonna di carico più pesante	H_{L2}	39,00	kN

	H_L	90,00	kN	
a)	<u>alla base della fondazione</u>			
	h	5,45	m	
	M_L	981,00	kNm	

b) alla base della elevazione

h	4,45	m
M_L	400,50	kNm

2.1.4 Forza Centrifuga

Raggio curva	R=	40	m
carico	q=300/R=	7,50	kN/m
altezza impalcato		0,85	m
altezza appoggio		0,10	m
altezza pila+pulvino		3,00	m
altezza fondazione		1,50	m
numero pile		2	
braccio	b=	6,45	m

a) Un impalcato
carico trasversale

$$H_T = 2 * q * (1,0 + 0,5) * 26,90 / 2 = 281,25 \text{ kN}$$

$$M_T = H_T * b = 1814,06 \text{ kNm}$$

b) Due impalcati
carico trasversale

$$H_T = 2 * q * (1,0 + 0,5) * 26,90 = 562,50 \text{ kN}$$

$$M_T = H_T * b = 3628,13 \text{ kNm}$$

Alla base dell'elevazione

a) Un impalcato
carico trasversale

$$H_T = 2 * q * (1,0 + 0,5) * 26,90 / 2 = 281,25 \text{ kN}$$

$$M_T = H_T * b = 1251,56 \text{ kNm}$$

b) Due impalcati
carico trasversale

$$H_T = 2 * q * (1,0 + 0,5) * 26,90 = 562,50 \text{ kN}$$

$$M_T = H_T * b = 2503,13 \text{ kNm}$$

2.1.5 Vento trasversale

altezza impalcato	0,85	m	[va a detrarsi dall'altezza dell'accidentale]
altezza scalino	0,15	m	
altezza accidentale	3,00	m	
altezza appoggio	0,10	m	
altezza impalcato+barriera fonoassorbente	3,95	m	
altezza pila	3,00	m	
altezza fondazione	1,50	m	
carico distribuito vento	q= 2,50	kN/m	(D.M. 4 MAGGIO 1990 art. 3.8)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00	Foglio 13 di 40

lunghezza									
impalcato		12,50	m						
lunghezza carico distribuito		12,50	m						
a)	numero campate	2							
impalcato		26,56	kN	x	5,025	x	133,48	kNm	
accidentale		89,06	kN	x	6,875	x	612,30	\	
pulvino		5,25	kN	x	5,03	x	26,38	kNm	
pila		34,13	kN	x	3,00	x	102,38	kNm	
		H_T=	155,00	kN			M_T=	874,54	kNm
b)	numero campate	1		2					
impalcato		26,56	kN	x	5,025	x	133,48	kNm	
accidentale		44,53	kN	x	6,875	x	306,15	kNm	
pulvino		5,25	kN	x	5,03	x	26,38	kNm	
pila		34,13	kN	x	3,00	x	102,38	kNm	
		H_T=	110,47	kN			M_T=	568,39	kNm

Alla base dell'elevazione

a)	numero campate	2							
impalcato		26,56	kN	x	4,025	x	106,91	kNm	
accidentale		89,06	kN	x	5,875	x	523,24	\	
pulvino		5,25	kN	x	4,20	x	22,05	kNm	
pila		43,75	kN	x	1,75	x	76,56	kNm	
		H_T=	164,63	kN			M_T=	728,77	kNm
b)	numero campate	1		2					
impalcato		26,56	kN	x	4,025	x	106,91	kNm	
accidentale		44,53	kN	x	5,875	x	261,62	kNm	
pulvino		5,25	kN	x	4,20	x	22,05	kNm	
pila		43,75	kN	x	1,75	x	76,56	kNm	
		H_T=	120,09	kN			M_T=	467,15	kNm

2.1.6 Attrito Appoggi

Si assume un coeff. d'attrito	$\phi_a =$	0,02						
altezza appoggio		0,10					m	
altezza pila + pulvino		3,00					m	
altezza fondazione		1,50					m	
permanenti impalcato								
N	2054,06	x	0,02	=	41,081	t x	4,60	= 188,97 tm
accidentali trasmessi dall' impalcato C.d.C. A								
Na	1312,56	x	0,02	=	26,251	t x	4,60	= 120,76 tm

accidentali trasmessi dall' impalcato C.d.C. B
 $N_b = 1170,41 \times 0,02 = 23,408 \text{ t} \times 4,60 = 107,68 \text{ tm}$
 accidentali trasmessi dall' impalcato C.d.C. A
 $N_a = 1205,18 \times 0,02 = 24,104 \text{ t} \times 4,60 = 110,88 \text{ tm}$

2.1.7 Sisma

SISMA VERTICALE

zona $S= 6$ $I= 1$ $c= 0,04$ $m= 2$
 $\beta= 1,2$

Altezza trave 0,85 m Altezza appoggio 0,10 m
 incremento percentuale carichi permanenti $\Delta N=c*I*\beta*m = 0,096$
 Peso impalcato + pila 3940,69 t
 $\Delta N_{el} \pm 0,096 \times 3940,69 = 378,31 \text{ t}$
 numero di pile 1

Impalcato	p.u.	largh	lungh	spessore	γ -p.p.	carico	momenti
soletta		1,20	12,50	0,25	25 1,000	= 93,75 kN	x 1,075 = 100,78 kNm
cordoli	1	2,35	12,50	0,15	25 1,000	= 110,16 kN	x 1,275 = 140,45 kNm
cordoli	1	1,25	12,50	0,25	25 1,000	= 97,66 kN	x 1,475 = 144,04 kNm
cordoli	1	0,50	12,50	0,25	25 1,000	= 39,06 kN	x 1,325 = 51,76 kNm
pavimentazione		7,50	12,50		3,000 1,000	= 281,25 kN	x 1,250 = 351,56 kNm
guardiavia+parapett		0,10	12,50	2	3,000 1,000	= 76,25 kN	x 1,600 = 122,00 kNm
trave		15,00	12,50	0,159	25 1,000	= 745,31 kN	x 0,525 = 391,29 kNm
traversi	0	0,30	1,50	5,50	25 1,000	= 0,00 kN	x 1,25 = 0,00 kNm
						1443,44 kN	1301,88 kNm

$M= 1301,88 \times 0,048 = 62,49 \text{ tm}$

SISMA LONGITUDINALE

coefficiente incremento sismico orizzontale $\beta \times I \times c = 0,048$
 lunghezza totale impalcato 12,50 m
 altezza: impalcato + pila 1,50 + 0,85 + 3,00 + 0,10 = 5,45 m

▪ sisma sull'impalcato

permanententi portati 1443,44
 Apparecchio d'appoggio in neoprene armato 2 campate
 $H_L= 0,048 \times 1.443,44 = 69,29 \text{ kN}$
 $M_L= 62,490 + 69,29 \times 5,45 = 440,09 \text{ kNm}$

▪ sisma sulla pila

distanza baricentro-base fondazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00	
Foglio 15 di 40	

concio pila pieno	3,00	m	(altezza concio/2+mensola+corpo pila+fondazione)
pulvino	3,98	m	(altezza pulvino/2+corpo pila+fondazione)
terreno	3,00	m	(altezza terreno/2+fondazione)
corpo pila	3,00	m	(altezza corpo pila/2+fondazione)
fondazione	0,75	m	(altezza fondazione/2)

concio pila pieno	1	0,048	0,00	t	=	0,00	x	3,00	=	0,00	kNm
pulvino	1	0,048	65,63	t	=	3,15	x	3,98	=	12,52	kNm
corpo pila	1	0,048	776,25	t	=	37,26	x	3,00	=	111,78	kNm
						40,41	kN			124,30	kNm
fondazione		0,048	918,75	t	=	44,10	x	0,75	=	33,08	kNm

alla base della fondazione

$$H_L = 69,29 + 40,41 + 44,10 = 153,80 \text{ kN}$$

$$M_L = 440,09 + 124,30 + 33,08 = 597,47 \text{ kNm}$$

SISMA TRASVERSALE

$$H_T = 153,80 \text{ kN}$$

$$M_T = 597,47 \text{ kNm}$$

Alla base dell' elevazione

- sisma sull'impalcato

$$H_L = 69,29 \text{ kN}$$

$$M_L = 62,490 + 69,29 \times 4,45 = 370,81 \text{ kNm}$$

- sisma sulla pila

concio pila	1	0,048	776,25	t	=	37,26	x	1,75	=	65,21	kNm
pulvino	1	0,048	65,63	t	=	3,15	x	2,80	=	8,82	kNm
						40,41	kN			74,03	kNm

$$H_L = 109,70 \text{ kN}$$

$$M_L = 444,83 \text{ kNm}$$

$$H_T = 109,70 \text{ kN}$$

$$M_T = 444,83 \text{ kNm}$$

2.2 Combinazioni di carico

2.2.1 Combinazioni alla base della Fondazione

C.2.1 Permanenti + Accidentali(C.d.C.A) + 0.6 Vento

$$N = 3940,69 + 1312,56 = 5253,25 \text{ kN}$$

$$M_T = 4550,22 + 0,60 \times 568,39 + 16616,59 = 21507,84 \text{ kNm}$$

$$H_T = 0,6 \times 110,47 = 66,28 \text{ kN}$$

$$M_L = 0,00 + 188,97 + 2,20 = 191,17 \text{ kNm}$$

$$H_L = 0,00 + 41,08125 = 41,08 \text{ kN}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00

Foglio
16 di 40

C.2.2 Permanenti + Accidentali(C.d.C.D) + 0.6 Vento

$$\begin{aligned}
N &= 3940,69 + 1205,18 &= & \mathbf{5145,87} \text{ kN} \\
M_T &= 9309,32 + 0,60 \times 568,39 + 16616,59 &= & \mathbf{26266,94} \text{ kNm} \\
H_T &= 0,6 \times 110,47 &= & \mathbf{66,28} \text{ kN} \\
M_L &= 188,97 + 107,68 + 543,33 &= & \mathbf{839,98} \text{ kNm} \\
H_L &= 41,08 + 23,4082 &= & \mathbf{64,49} \text{ kN}
\end{aligned}$$

C.2.3 Permanenti + Accidentali(C.d.C A)+ 0.2 Vento + Frenatura

$$\begin{aligned}
N &= 3940,69 + 1312,56 &= & \mathbf{5253,25} \text{ kN} \\
M_T &= 4550,22 + 0,20 \times 568,39 + 16616,59 &= & \mathbf{21280,48} \text{ kNm} \\
H_T &= 0,2 \times 110,47 &= & \mathbf{22,09} \text{ kN} \\
M_L &= 120,76 + 0,00 + 981,00 + 2,20 &= & \mathbf{1103,96} \text{ kNm} \\
H_L &= 41,08 + 26,25 + 90,00 &= & \mathbf{157,33} \text{ kN}
\end{aligned}$$

C.2.4 Permanenti + Accidentali(C.d.C B)+ 0.2 Vento + Frenatura

$$\begin{aligned}
N &= 3940,69 + 1205,18 &= & \mathbf{5145,87} \text{ kN} \\
M_T &= 9309,32 + 0,20 \times 568,39 + 16616,59 &= & \mathbf{26039,58} \text{ kNm} \\
H_T &= 0,2 \times 110,47 &= & \mathbf{22,09} \text{ kN} \\
M_L &= 110,88 + 188,97 + 981,00 + 543,33 &= & \mathbf{1824,18} \text{ kNm} \\
H_L &= 41,08 + 24,10 + 90,00 &= & \mathbf{155,18} \text{ kN}
\end{aligned}$$

C.2.5 Permanenti + Accidentali(C.d.C A)+ 0.2 Vento + F. Centriguga

$$\begin{aligned}
N &= 3940,69 + 1312,56 + 13,00 &= & \mathbf{5253,25} \text{ kN} \\
M_T &= 4550,22 + 16616,59 + 113,68 + 1814,06 &= & \mathbf{23094,55} \text{ kNm} \\
H_T &= 0,2 \times 110,47 + 281,25 &= & \mathbf{303,34} \text{ kN} \\
M_L &= 0,00 + 107,68 + 2,20 &= & \mathbf{109,88} \text{ kNm} \\
H_L &= 41,08 + 0,00 &= & \mathbf{41,08} \text{ kN}
\end{aligned}$$

C.2.6 Permanenti + Accidentali(C.d.C B)+ 0.2 Vento + F. Centrifuga

$$\begin{aligned}
N &= 3940,69 + 1205,18 &= & \mathbf{5145,87} \text{ kN} \\
M_T &= 4057,43 + 16616,59 \times 113,68 + 1814,06 &= & \mathbf{22601,76} \text{ kNm} \\
H_T &= 0,2 \times 110,47 + 281,25 &= & \mathbf{303,34} \text{ kN} \\
M_L &= 0,00 + 0,00 + 0,00 + 526,70 &= & \mathbf{526,70} \text{ kNm} \\
H_L &= 41,08 + 0,00 &= & \mathbf{41,08} \text{ kN}
\end{aligned}$$

Permanenti + Sisma trasversale + Sisma verso il basso

C.2.7

$$\begin{aligned}
N &= 1,096 \times 3940,69 &= & \mathbf{4318,99} \text{ kN} \\
M_T &= 1,096 \times 16616,59 + 597,47 &= & \mathbf{18809,25} \text{ kNm} \\
H_T &= &= & \mathbf{153,80} \text{ kN} \\
M_L &= &= & \mathbf{0,00} \text{ kNm} \\
H_L &= &= & \mathbf{0,00} \text{ kN}
\end{aligned}$$

Permanenti + Sisma trasversale + Sisma verso l'alto

C.2.8

$$\begin{aligned}
N &= 0,904 \times 3940,69 &= & \mathbf{3562,38} \text{ kN} \\
M_T &= 0,904 \times 16616,59 - 597,47 &= & \mathbf{14423,92} \text{ kNm} \\
H_T &= &= & \mathbf{153,80} \text{ kN} \\
M_L &= &= & \mathbf{0,00} \text{ kNm}
\end{aligned}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00 Foglio 17 di 40

$$H_L = \quad \quad \quad = \quad \quad \quad \mathbf{0,00 \text{ kN}}$$

C.2.9 Permanenti + Sisma longitudinale + Sisma verso il basso

$$\begin{aligned}
 N &= 1,096 \times 3940,69 &= \mathbf{4318,99 \text{ kN}} \\
 M_T &= 1,096 \times 16616,59 &= \mathbf{18211,78 \text{ kNm}} \\
 H_T &= &= \mathbf{0,00 \text{ kN}} \\
 M_L &= &= \mathbf{597,47 \text{ kNm}} \\
 H_L &= &= \mathbf{153,80 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

C.2.10 Permanenti + Sisma longitudinale + Sisma verso l'alto

$$\begin{aligned}
 N &= 0,904 \times 3940,69 &= \mathbf{3562,38 \text{ kN}} \\
 M_T &= 0,904 \times 16616,59 &= \mathbf{15021,39 \text{ kNm}} \\
 H_T &= &= \mathbf{0,00 \text{ kN}} \\
 M_L &= &= \mathbf{597,47 \text{ kNm}} \\
 H_L &= &= \mathbf{153,80 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

2.2.2 Combinazioni alla base della Elevazione

2.1 Permanenti + Accidentali(C.d.C.A) + 0.6 Vento

baricentro Pila

$$\begin{aligned}
 N &= 2895,94 + 1312,56 &= \mathbf{4208,50 \text{ kN}} \\
 M_T &= 4550,22 + 0,60 \times 728,77 + 12629,21 &= \mathbf{17616,69 \text{ kNm}} \quad \mathbf{3097,376 \text{ kNm}} \\
 H_T &= 0,6 \times 164,63 &= \mathbf{98,78 \text{ kN}} \\
 M_L &= 0,00 + 188,97 + 2,20 &= \mathbf{191,17 \text{ kNm}} \\
 H_L &= 0,00 + 41,08 &= \mathbf{41,08 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

2.2 Permanenti + Accidentali(C.d.C.D) + 0.6 Vento

$$\begin{aligned}
 N &= 2895,94 + 1205,18 &= \mathbf{4101,12 \text{ kN}} \\
 M_T &= 9309,32 + 0,60 \times 467,15 + 12629,21 &= \mathbf{22218,82 \text{ kNm}} \quad \mathbf{8069,964 \text{ kNm}} \\
 H_T &= 0,6 \times 120,09 &= \mathbf{72,06 \text{ kN}} \\
 M_L &= 188,97 + 107,68 + 543,33 &= \mathbf{839,98 \text{ kNm}} \\
 H_L &= 41,08 + 23,408 &= \mathbf{64,49 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

2.3 Permanenti + Accidentali(C.d.C A)+ 0.2 Vento + Frenatura

$$\begin{aligned}
 N &= 2895,94 + 1312,56 &= \mathbf{4208,50 \text{ kN}} \\
 M_T &= 4550,22 + 0,20 \times 728,77 + 12629,21 &= \mathbf{17325,18 \text{ kNm}} \quad \mathbf{2805,868 \text{ kNm}} \\
 H_T &= 0,2 \times 164,63 &= \mathbf{32,93 \text{ kN}} \\
 M_L &= 120,76 + 0,00 + 400,50 + 2,20 &= \mathbf{523,46 \text{ kNm}} \\
 H_L &= 41,08 + 26,25 + 90,00 &= \mathbf{157,33 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

2.4 Permanenti + Accidentali(C.d.C B)+ 0.2 Vento + Frenatura

$$\begin{aligned}
 N &= 1380,76 + 1205,18 &= \mathbf{2585,94 \text{ kN}} \\
 M_T &= 10689,82 + 0,20 \times 467,15 + 12629,21 &= \mathbf{23412,46 \text{ kNm}} \quad \mathbf{14490,97 \text{ kNm}} \\
 H_T &= 0,2 \times 120,09 &= \mathbf{24,02 \text{ kN}} \\
 M_L &= 110,88 + 188,97 + 400,50 + 2,20 &= \mathbf{702,55 \text{ kNm}} \\
 H_L &= 41,08 + 24,10 + 90,00 &= \mathbf{155,18 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

2.5 Permanenti + Accidentali(C.d.C A)+ 0.2 Vento + F. Centrifuga

$$\begin{aligned}
 N &= 2895,94 + 1312,56 + 13,00 &= \mathbf{4208,50 \text{ kN}} \\
 M_T &= 4550,22 + 12629,21 + 113,68 + 2503,13 &= \mathbf{19796,23 \text{ kNm}} \quad \mathbf{5276,917 \text{ kNm}}
 \end{aligned}$$

$$H_T = 0,2 \times 120,09 + 562,50 = 586,52 \text{ kN}$$

$$M_L = 0,00 + 107,68 + 2,20 = 109,88 \text{ kNm}$$

$$H_L = 41,08 + 0,00 = 41,08 \text{ kN}$$

2.6 Permanenti + Accidentali(C.d.C B)+ 0.2 Vento + F. Centrifuga

$$N = 2895,94 + 1205,18 = 4101,12 \text{ kN}$$

$$M_T = 4057,43 + 12629,21 \times 113,68 + 1251,56 = 18051,88 \text{ kNm} \quad 3903,025 \text{ kNm}$$

$$H_T = 0,2 \times 120,09 + 281,25 = 305,27 \text{ kN}$$

$$M_L = 0,00 + 0,00 + 0,00 + 526,70 = 526,70 \text{ kNm}$$

$$H_L = 41,08 + 0,00 = 41,08 \text{ kN}$$

2.7 Permanenti + Sisma trasversale + Sisma verso il basso

$$N = 1,096 \times 2895,94 = 3173,95 \text{ kN}$$

$$M_T = 1,096 \times 12629,21 \times 444,83 = 14286,45 \text{ kNm} \quad 3336,33 \text{ kNm}$$

$$H_T = 109,70 \text{ kN}$$

$$M_L = 0,00 \text{ kNm}$$

$$H_L = 0,00 \text{ kN}$$

2.8 Permanenti + Sisma trasversale + Sisma verso l'alto

$$N = 0,904 \times 2895,94 = 2617,93 \text{ kN}$$

$$M_T = 0,904 \times 12629,21 \times 444,83 = 11861,64 \text{ kNm} \quad 2829,79 \text{ kNm}$$

$$H_T = 109,70 \text{ kN}$$

$$M_L = 0,00 \text{ kNm}$$

$$H_L = 0,00 \text{ kN}$$

Permanenti + Sisma longitudinale + Sisma verso il**2.9 basso**

$$N = 1,096 \times 2895,94 = 3173,95 \text{ kN}$$

$$M_T = 1,096 \times 12629,21 = 13841,62 \text{ kNm} \quad 2891,496 \text{ kNm}$$

$$H_T = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_L = 444,83 \text{ kNm}$$

$$H_L = 109,70 \text{ kN}$$

2.10 Permanenti + Sisma longitudinale + Sisma verso l'alto

$$N = 0,904 \times 2895,94 = 2617,93 \text{ kN}$$

$$M_T = 0,904 \times 12629,21 = 11416,81 \text{ kNm} \quad 2384,957 \text{ kNm}$$

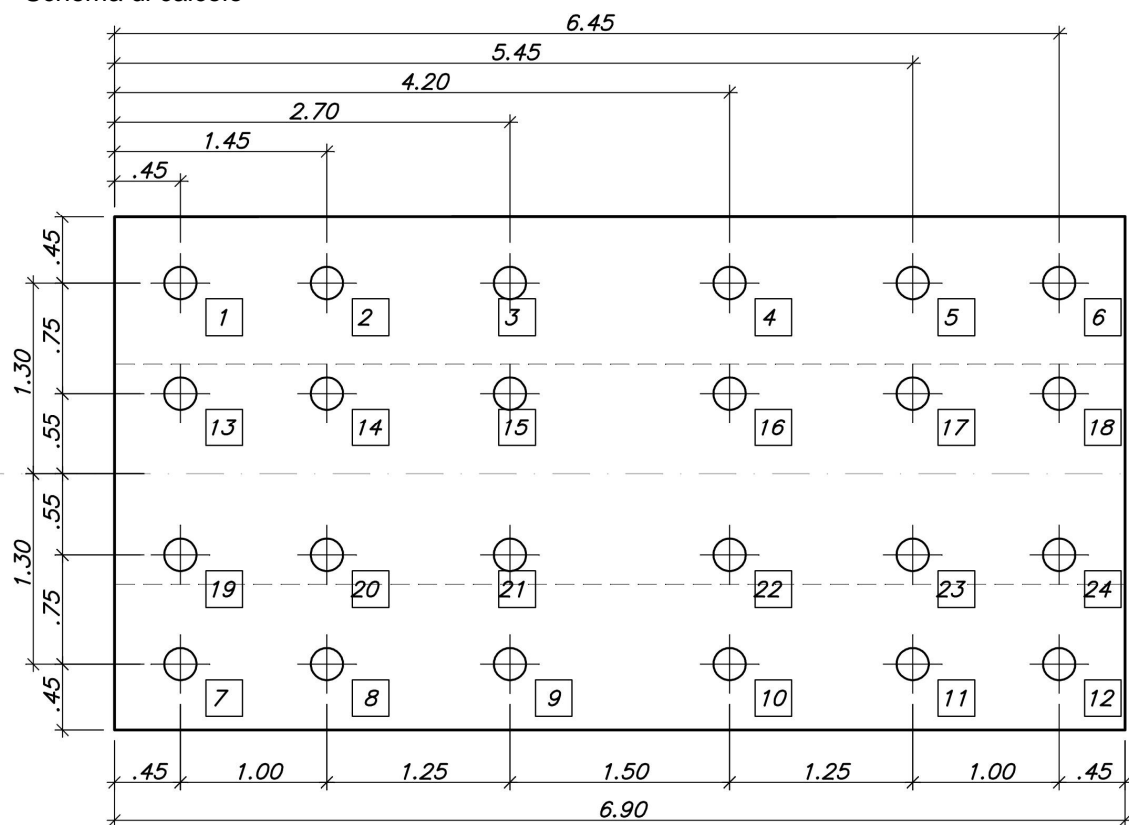
$$H_T = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_L = 444,83 \text{ kNm}$$

$$H_L = 109,70 \text{ kN}$$

2.3 Verifica palificata

2.3.1 Schema di calcolo



2.3.2 Dati Geometrici

Coordinate pali

n. palo	X	Y
1	0,450	1,300
2	1,450	1,300
3	2,700	1,300
4	4,200	1,300
5	5,450	1,300
6	6,450	1,300
7	0,450	-1,300
8	1,450	-1,300
9	2,700	-1,300

n. palo	X	Y
13	0,450	0,550
14	1,450	0,550
15	2,700	0,550
16	4,200	0,550
17	5,450	0,550
18	6,450	0,550
19	0,450	-0,550
20	1,450	-0,550
21	2,700	-0,550

10	4,200	-1,300	22	4,200	-0,550
11	5,450	-1,300	23	5,450	-0,550
12	6,450	-1,300	24	6,450	-0,550

Baricentro

Xg	Yg
3,45	0,00

Momento di inerzia

Jx	Jy
12,01	198,03

2.3.3 Azioni Sui Micropali

AZIONE NORMALE SUL
PALO

	C.2.1	C.2.2	C.2.3	C.2.4	C.2.5
n. palo	N	N	N	N	N
1	233,14	269,80	282,51	323,05	230,53
2	241,73	291,40	290,52	344,08	243,15
3	252,46	318,40	300,53	370,35	258,91
4	265,34	350,80	312,55	401,89	277,83
5	276,07	377,80	322,56	428,17	293,59
6	284,66	399,40	330,57	449,19	306,20
7	212,35	178,46	162,47	124,69	218,59
8	220,94	200,06	170,48	145,71	231,20
9	231,67	227,06	180,49	171,99	246,96
10	244,55	259,46	192,50	203,53	265,88
11	255,28	286,46	202,51	229,80	281,64
12	263,87	308,06	210,52	250,83	294,25
13	227,15	243,45	247,88	265,83	227,09
14	235,73	265,05	255,89	286,86	239,70
15	246,46	292,05	265,90	313,13	255,46
16	259,34	324,45	277,92	344,67	274,38
17	270,07	351,45	287,93	370,95	290,14
18	278,66	373,05	295,94	391,97	302,76
19	218,35	204,81	197,10	181,91	222,03
20	226,94	226,41	205,10	202,93	234,64
21	237,67	253,41	215,12	229,21	250,41
22	250,55	285,81	227,13	260,75	269,32
23	261,28	312,81	237,14	287,02	285,09
24	269,87	334,41	245,15	308,05	297,70
MIN	212,35	178,46	162,47	124,69	218,59
MAX	284,66	399,40	330,57	449,19	306,20

AZIONE NORMALE SUL
PALO

	C.2.6	C.2.7	C.2.8	C.2.9	C.2.10
n. palo	N	N	N	N	N
1	248,58	184,42	150,87	216,22	184,04

2	260,88	194,34	156,28	224,62	190,96
3	276,26	206,73	163,05	235,12	199,63
4	294,71	221,61	171,17	247,73	210,02
5	310,09	234,00	177,94	258,23	218,68
6	322,39	243,92	183,35	266,63	225,61
7	191,31	184,42	150,87	151,25	119,07
8	203,61	194,34	156,28	159,65	126,00
9	218,99	206,73	163,05	170,16	134,66
10	237,44	221,61	171,17	182,76	145,05
11	252,81	234,00	177,94	193,26	153,71
12	265,11	243,92	183,35	201,66	160,64
13	232,06	184,42	150,87	197,48	165,29
14	244,36	194,34	156,28	205,88	172,22
15	259,74	206,73	163,05	216,38	180,88
16	278,19	221,61	171,17	228,98	191,28
17	293,57	234,00	177,94	239,49	199,94
18	305,87	243,92	183,35	247,89	206,87
19	207,83	184,42	150,87	169,99	137,81
20	220,13	194,34	156,28	178,40	144,74
21	235,51	206,73	163,05	188,90	153,40
22	253,96	221,61	171,17	201,50	163,79
23	269,34	234,00	177,94	212,00	172,45
24	281,64	243,92	183,35	220,40	179,38
MIN	191,31	184,42	150,87	151,25	119,07
MAX	322,39	243,92	183,35	266,63	225,61

2.4 Verifica micropali

2.4.1 Verifica capacità portante

DATI PALO

lunghezza 16,00 m

di cui m iniziali 2,00 m (che trascurò)

diametro 220 mm

area sezione palo 0,038 mq

area bulbo 0,096 mq

diametro bulbo = 0,35 m

sup lat utile AI = 8,29 mq

CARICO SUL PALO 449,19 kN

DATI TERRENO

coesione 0 kN/mq

p. specifico 23 KN/m³

$\delta = 19^\circ$

angolo attrito

$\Phi = 32^\circ$

angolo di attrito terra muro

Nc = 40,0

Nq = 25,0

PORTATA LIMITE

ALLA PUNTA

$$Q_p = \begin{matrix} q = \sum \gamma_i H_i = \gamma (H) = & 322 & \text{kN/m}_2 \\ A (c N_c + q N_q) = & 773 & \text{kN} \end{matrix}$$

PER ATTRITO LATERALE

$$\begin{matrix} \sigma_h = \gamma H/2 = & 161 & \text{kN} \\ \tan \delta = & 0,344 & \end{matrix}$$

$$Q_l = (c + \sum \sigma_h \times \tan \delta) A_l = 459 \text{ kN}$$

PESO PALO

$$\text{decurto il terreno} \quad P_p = 14,9 \text{ kN}$$

Coefficiente di Sicurezza alla portanza dei Pali:

$$v = 773 + 459 - 14,9 = 1217 / 449,19 = \mathbf{2,71 > 2,5}$$

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.

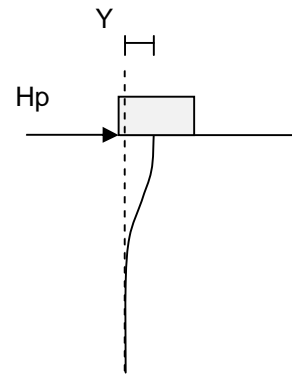
La massima forza orizzontale agente alla testa dei pali risulta:

$$\text{in condizioni di esercizio : } H_{t \max} = 303,34 \text{ kN (5° c.d.c)}$$

$$H_p = 303,34/24 = 12,63 \text{ kN}$$

$$\text{in condizioni sismiche : } H_{t \max} = 153,80 \text{ (9-10° c.d.c)}$$

$$H_p = 153,80/24 = 6,41 \text{ t}$$



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

$$M = \frac{H_p \times A_\phi \times T}{B_\phi} \quad \text{dove } T = [\frac{E \times J}{k}]^{1/5}$$

$$B_\phi \quad k$$

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

$$J = \frac{\pi \times (16,3^4 - 14,3^4)}{64} = 1412 \text{ cm}^4$$

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

$$k = 10 \text{ Kg/cm}^3$$

$$T = 50,03 \text{ cm}$$

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

$$Z = L/T = 1400/51,56 = 27,15$$

$$A_\phi = 1,623$$

$$B_\phi = 1,749$$

In condizioni di esercizio:

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

$$M_{\max} = 12,63 \times 1,623 / 1,749 \times 50,03 = 586 \text{ kNcm}$$

Carico massimo.

$$N_{\max} = 449,19 \text{ kN}$$

Considerando agente la sola sezione in acciaio risulta :

$$\sigma_{\max} = \frac{449,19}{42,22} + \frac{586 \times 8,4}{1412} = 14,12 \text{ KN/cm}^2$$

2.4.3 Verifica aderenza Palo – plinto di fondazione

Il carico massimo su un singolo palo risulta per la C.d.C.4 $N_{\max} = 449,19 \text{ kN}$
 L'armatura del micropalo si ancora nello spessore del plinto per almeno 50cm
 Superficie di aderenza palo-plinto :

$$\rho = \pi \times 0,00168 = 0,527 \text{ m}$$

$$S = 0,527 \times 0,50 = 0,263 \text{ m}^2$$

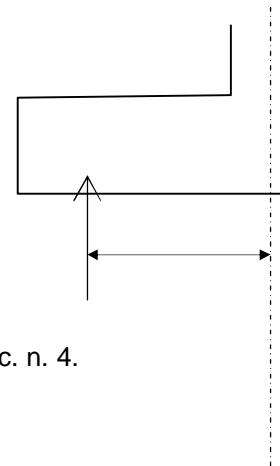
La tensione tangenziale di aderenza risulta :

$$\tau = 449,19 / 2630 = 0,171 \text{ kN/cm}^2 < 3 \times \tau_{c0} = 0,18 \text{ kN/cm}^2$$

2.5 Verifica fondazione

Le condizioni sismiche risultano meno gravose rispetto a quelle di esercizio e per questo se ne omette la verifica

2.5.1 Verifica soletta in alveo in senso Longitudinale (Cond. Esercizio)



Si considera la condizione di carico maggiormente gravosa, costituita dalla c.d.c. n. 4.
 $P_{\max} = 449,19 \text{ kN}$ per una larghezza di calcolo pari a $B = 1,00$

Reazione P6	449,19	kN	x	0,75	=	336,90	kNm
p.p. plinto	-45,00	kN	x	0,60	=	-27,00	kNm
terreno	-9,50	kN	x	0,70	=	-6,65	kNm
T =	394,69				M =	303,25	kNm

Dati

geometrici: Altezza sezione: $H = 150 \text{ cm}$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00 Foglio 24 di 40

Larghezza sezione $B = 100$ cm
 Spaziatura orizzontale barre: $s = 20,00$ cm
 Spaziatura verticale barre: $S = 0,00$ cm
 Copertura ferro netta: $c = 4,00$ cm
 Altezza utile: $h' = 146,00$ cm

Armature:

strato arm.	posizione dello strato (cm)	A (cm ²)	barre (n ϕ diam)
1	4	10,05	5 ϕ 16
2	0	0,00	ϕ
3	0	0,00	0 ϕ 26
4	146	15,71	5 ϕ 20

Sollecitazioni: Sforzo normale: $N = 0$ daN
 Momento flettente: $M = 30325$ daN m
 $T = 39469$ daN

Verifica a Taglio:

$\tau = 3,00$ daN/cm²

Verifica a Flessione:

Asse neutro:
 $x = 22,88$ cm
 $\sigma_c = 17$ daN/cm²
 $\sigma_s = 1393$ daN/cm²

Materiale:

Acciaio FeB 44 k $\sigma_{s amm} = 2600$ daN/cm²
 Calcestruzzo Rbk 350 $\sigma_{c amm} = 110$ daN/cm²
 Modulo elastico acciaio= 2100000 daN/cm²
 Resistenza a trazione del cls $f_{ctm} = 28,89$ daN/cm² $\bar{\nu} = E_t / E_c = 0,50$
 Resistenza a trazione del cls $f_{ck} = 24,27$ daN/cm²
 Coeff.di omogeneizzazione= 15 $x = 61,56$ cm

Scelta del valore limite di apertura delle fessure:

rif. 4.3.1.3 Condizione di carico frequente
 rif. 4.3.1.4 Condizioni ambientali mod. aggressive
 rif. 4.3.1.5 Armature poco sensibili
 rif. 4.3.1.6 Valore nominale di apertura: $w = 0,2$ mm

Il momento è inferiore al valore di prima fessurazione: non è necessario il calcolo dell'ampiezza delle fessure.

Verifiche:

Calcolo della distanza media tra le fessure:

rif. B.6.6.3 Barre ad aderenza migliorata(Y/N)? y
 Coeff. che caratterizza l'aderenza: $k_2 = 0,4$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00	Foglio 25 di 40

Coeff. che tiene conto del diagramma delle tensioni:	k3	0,223	
Larghezza efficace:	beff.	100,00	cm
Altezza efficace:	deff.	19,00	cm
Area efficace:	Ac.eff.	1900,00	cm ²
Area acciaio posta in Ac.eff.:	As	15,71	cm ²
Percentuale di armatura efficace:	ρ_r	0,0083	
Distanza media tra le fessure:	Srm	33,59	cm

Calcolo della deformazione unitaria media dell'armatura:

Tensione dell'acciaio:	σ_s	1393,00	daN/cm ²
Tensione dell'acciaio 1° fessurazione:	σ_{sr}	3223,85	daN/cm ²
Coeff. rappresentativo aderenza:	β_1	1	
Carichi di lunga durata(Y/N)?	y		
Coeff. durata carichi:	β_2	0,5	
Deformazione unitaria media:	ϵ_{sm}	0,0002653	

Calcolo ampiezza delle fessure:

rif.4.3.1.7.1.2 wk 0,152 mm < 0,200 mm

2.6 Verifica elevazione

Il calcolo viene condotto alla quota del restringimento a 1,50m di spessore della lama in elevazione

Viene condotta la verifica a pressoflessione deviata della Pila per le condizioni di carico maggiormente sollecitanti per una sezione di dimensioni :

B = 6,90 m

H = 1,50 m

Il calcolo è stato condotto con la procedura "Verifiche CA della AMV S.r.l di cui di seguito si allegano i tabulati.

2.6.1 Combinazione C.d.C.1

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DEL LAVORO

```

=====
Nome archivio di lavoro      : SezionePila4_V1_CdC1
Intestazione del lavoro     : SezionePila4_V1_CdC1
Unità misura Forza         : kN
Unità misura Lunghezza     : m

```

I vertici in input sono riportati in senso orario per il contorno esterno e antiorario per le cavità.
Il primo vertice è quello più in basso, a sinistra.

```

Contorno (Cls)
Coordinate vertici
  z'      y'
-3.4486  -0.7513
-3.4486   0.7487
 3.4514   0.7487
 3.4514  -0.7513

```

```

Risultati:
z'g (baricentro) = 0.0014
y'g (baricentro) = -0.0013
Angolo principale = 0.0

```



Area = 10.350000

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DEL LAVORO

```

-----
Nome archivio di lavoro      : SezionePila4_V1_CdC1
Intestazione del lavoro     : SezionePila4_V1_CdC1
Unità misura Forza          : kN
Unità misura Lunghezza     : m
Tensioni                    : N/mm²
Diametro armature          : mm
  
```

I vertici in input sono riportati in senso orario per il contorno esterno e antiorario per le cavità.
Il primo vertice è quello più in basso, a sinistra.

```

Sollecitazioni agenti
Sforzo normale N =          -4280.000
Momento flettente Mz =      191.170
Momento flettente My =      3097.000
  
```

Punti estremi dell'asse neutro
sezione tutta compressa

Tensioni calcestruzzo

z'	y'	Tens
-3.449	-0.751	-0.08
-3.449	0.749	-0.22
3.451	0.749	-0.71
3.451	-0.751	-0.57

Tensione massima nel calcestruzzo

z'	y'	Tens
3.451	0.749	-0.71

Tensioni armature

z'	y'	d	Tens
-3.409	-0.711	20.0	-1.31
-3.409	0.709	20.0	-3.29
3.411	0.709	20.0	-10.60
3.411	-0.711	20.0	-8.62
-3.409	0.531	20.0	-3.05
-3.409	0.354	20.0	-2.80
-3.409	0.176	20.0	-2.55
-3.409	-0.001	20.0	-2.30
-3.409	-0.179	20.0	-2.06
-3.409	-0.356	20.0	-1.81
-3.409	-0.534	20.0	-1.56
3.412	0.530	20.0	-10.35
3.412	0.353	20.0	-10.10
3.412	0.175	20.0	-9.86
3.412	-0.002	20.0	-9.61
3.412	-0.180	20.0	-9.36
3.412	-0.357	20.0	-9.11
3.412	-0.535	20.0	-8.87
-3.208	0.709	20.0	-3.51
-3.007	0.709	20.0	-3.72
-2.807	0.709	20.0	-3.94
-2.606	0.709	20.0	-4.15
-2.406	0.709	20.0	-4.37
-2.205	0.709	20.0	-4.58
-2.004	0.709	20.0	-4.80
-1.804	0.709	20.0	-5.01
-1.603	0.709	20.0	-5.23
-1.403	0.709	20.0	-5.44
-1.202	0.709	20.0	-5.66
-1.002	0.709	20.0	-5.87
-0.801	0.709	20.0	-6.09
-0.600	0.709	20.0	-6.30
-0.400	0.709	20.0	-6.52
-0.199	0.709	20.0	-6.73
0.001	0.709	20.0	-6.95
0.202	0.709	20.0	-7.16
0.403	0.709	20.0	-7.38
0.603	0.709	20.0	-7.59
0.804	0.709	20.0	-7.81
1.004	0.709	20.0	-8.02
1.205	0.709	20.0	-8.24
1.406	0.709	20.0	-8.45
1.606	0.709	20.0	-8.67
1.807	0.709	20.0	-8.88
2.007	0.709	20.0	-9.10
2.208	0.709	20.0	-9.31
2.408	0.709	20.0	-9.53
2.609	0.709	20.0	-9.74

2.810	0.709	20.0	-9.96
3.010	0.709	20.0	-10.17
3.211	0.709	20.0	-10.39
-3.208	-0.711	20.0	-1.53
-3.007	-0.711	20.0	-1.74
-2.807	-0.711	20.0	-1.96
-2.606	-0.711	20.0	-2.17
-2.406	-0.711	20.0	-2.39
-2.205	-0.711	20.0	-2.60
-2.004	-0.711	20.0	-2.82
-1.804	-0.711	20.0	-3.03
-1.603	-0.711	20.0	-3.25
-1.403	-0.711	20.0	-3.46
-1.202	-0.711	20.0	-3.68
-1.002	-0.711	20.0	-3.89
-0.801	-0.711	20.0	-4.10
-0.600	-0.711	20.0	-4.32
-0.400	-0.711	20.0	-4.53
-0.199	-0.711	20.0	-4.75
0.001	-0.711	20.0	-4.96
0.202	-0.711	20.0	-5.18
0.403	-0.711	20.0	-5.39
0.603	-0.711	20.0	-5.61
0.804	-0.711	20.0	-5.82
1.004	-0.711	20.0	-6.04
1.205	-0.711	20.0	-6.25
1.406	-0.711	20.0	-6.47
1.606	-0.711	20.0	-6.68
1.807	-0.711	20.0	-6.90
2.007	-0.711	20.0	-7.11
2.208	-0.711	20.0	-7.33
2.408	-0.711	20.0	-7.54
2.609	-0.711	20.0	-7.76
2.810	-0.711	20.0	-7.97
3.010	-0.711	20.0	-8.19
3.211	-0.711	20.0	-8.40
-2.556	-0.001	20.0	-3.22
-1.703	-0.002	20.0	-4.13
-0.851	-0.002	20.0	-5.04
0.002	-0.002	20.0	-5.96
0.854	-0.002	20.0	-6.87
1.707	-0.002	20.0	-7.78
2.560	-0.002	20.0	-8.70

Tensione massima nelle armature

z'	y'	d	Tens
-3.409	-0.711	20.0	-1.31

2.6.2 Combinazione C.d.C.4

INTERSTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DEL LAVORO

```

=====
Nome archivio di lavoro      : SezionePila4_V1_CdC4
Intestazione del lavoro     : SezionePila4_V1_CdC4
Unità misura Forza         : kN
Unità misura Lunghezza     : m
Tensioni                    : N/mm²
Diametro armature          : mm
  
```

I vertici in input sono riportati in senso orario per il contorno esterno e antiorario per le cavità.
Il primo vertice è quello più in basso, a sinistra.

Sollecitazioni agenti

Sforzo normale N = -4280.000
 Momento flettente Mz = 702.500
 Momento flettente My = 14491.000

Punti estremi dell'asse neutro

z'	y'
0.386	0.749
1.593	-0.751

Tensioni calcestruzzo

z'	y'	Tens
-3.449	-0.751	0.00
-3.449	0.749	0.00
3.451	0.749	-3.11
3.451	-0.751	-1.89

Tensione massima nel calcestruzzo

z'	y'	Tens
----	----	------

3.451 0.749 -3.11

Tensioni armature

z'	y'	d	Tens
-3.409	-0.711	20.0	75.71
-3.409	0.709	20.0	58.31
3.411	0.709	20.0	-45.60
3.411	-0.711	20.0	-28.20
-3.409	0.531	20.0	60.48
-3.409	0.354	20.0	62.66
-3.409	0.176	20.0	64.83
-3.409	-0.001	20.0	67.01
-3.409	-0.179	20.0	69.18
-3.409	-0.356	20.0	71.36
-3.409	-0.534	20.0	73.53
3.412	0.530	20.0	-43.43
3.412	0.353	20.0	-41.25
3.412	0.175	20.0	-39.08
3.412	-0.002	20.0	-36.90
3.412	-0.180	20.0	-34.73
3.412	-0.357	20.0	-32.55
3.412	-0.535	20.0	-30.38
-3.208	0.709	20.0	55.25
-3.007	0.709	20.0	52.19
-2.807	0.709	20.0	49.14
-2.606	0.709	20.0	46.08
-2.406	0.709	20.0	43.03
-2.205	0.709	20.0	39.97
-2.004	0.709	20.0	36.91
-1.804	0.709	20.0	33.86
-1.603	0.709	20.0	30.80
-1.403	0.709	20.0	27.75
-1.202	0.709	20.0	24.69
-1.002	0.709	20.0	21.63
-0.801	0.709	20.0	18.58
-0.600	0.709	20.0	15.52
-0.400	0.709	20.0	12.46
-0.199	0.709	20.0	9.41
0.001	0.709	20.0	6.35
0.202	0.709	20.0	3.30
0.403	0.709	20.0	0.24
0.603	0.709	20.0	-2.82
0.804	0.709	20.0	-5.87
1.004	0.709	20.0	-8.93
1.205	0.709	20.0	-11.99
1.406	0.709	20.0	-15.04
1.606	0.709	20.0	-18.10
1.807	0.709	20.0	-21.15
2.007	0.709	20.0	-24.21
2.208	0.709	20.0	-27.27
2.408	0.709	20.0	-30.32
2.609	0.709	20.0	-33.38
2.810	0.709	20.0	-36.43
3.010	0.709	20.0	-39.49
3.211	0.709	20.0	-42.55
-3.208	-0.711	20.0	72.65
-3.007	-0.711	20.0	69.60
-2.807	-0.711	20.0	66.54
-2.606	-0.711	20.0	63.48
-2.406	-0.711	20.0	60.43
-2.205	-0.711	20.0	57.37
-2.004	-0.711	20.0	54.31
-1.804	-0.711	20.0	51.26
-1.603	-0.711	20.0	48.20
-1.403	-0.711	20.0	45.15
-1.202	-0.711	20.0	42.09
-1.002	-0.711	20.0	39.03
-0.801	-0.711	20.0	35.98
-0.600	-0.711	20.0	32.92
-0.400	-0.711	20.0	29.86
-0.199	-0.711	20.0	26.81
0.001	-0.711	20.0	23.75
0.202	-0.711	20.0	20.70
0.403	-0.711	20.0	17.64
0.603	-0.711	20.0	14.58
0.804	-0.711	20.0	11.53
1.004	-0.711	20.0	8.47
1.205	-0.711	20.0	5.42
1.406	-0.711	20.0	2.36
1.606	-0.711	20.0	-0.70
1.807	-0.711	20.0	-3.75
2.007	-0.711	20.0	-6.81
2.208	-0.711	20.0	-9.87
2.408	-0.711	20.0	-12.92

2.609	-0.711	20.0	-15.98
2.810	-0.711	20.0	-19.03
3.010	-0.711	20.0	-22.09
3.211	-0.711	20.0	-25.15
-2.556	-0.001	20.0	54.02
-1.703	-0.002	20.0	41.03
-0.851	-0.002	20.0	28.04
0.002	-0.002	20.0	15.05
0.854	-0.002	20.0	2.06
1.707	-0.002	20.0	-10.93
2.560	-0.002	20.0	-23.92

Tensione massima nelle armature

z'	y'	d	Tens
-3.409	-0.711	20.0	75.71

2.6.3 Combinazione C.d.C.9 (Sismica)

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DEL LAVORO

```

=====
Nome archivio di lavoro      : SezionePila4_V1_sisma
Intestazione del lavoro     : SezionePila4_V1_sisma
Unità misura Forza         : kN
Unità misura Lunghezza     : m
Tensioni                   : N/mm²
Diametro armature          : mm
=====

```

I vertici in input sono riportati in senso orario per il contorno esterno e antiorario per le cavità.
Il primo vertice è quello più in basso, a sinistra.

Sollecitazioni agenti

Sforzo normale N = -2617.000
 Momento flettente Mz = 444.000
 Momento flettente My = 2891.000

Punti estremi dell'asse neutro

z'	y'
-3.449	0.018
-0.974	-0.751

Tensioni calcestruzzo

z'	y'	Tens
-3.449	-0.751	0.00
-3.449	0.749	-0.16
3.451	0.749	-0.65
3.451	-0.751	-0.31

Tensione massima nel calcestruzzo

z'	y'	Tens
3.451	0.749	-0.65

Tensioni armature

z'	y'	d	Tens
-3.409	-0.711	20.0	2.45
-3.409	0.709	20.0	-2.37
3.411	0.709	20.0	-9.57
3.411	-0.711	20.0	-4.75
-3.409	0.531	20.0	-1.77
-3.409	0.354	20.0	-1.17
-3.409	0.176	20.0	-0.57
-3.409	-0.001	20.0	0.04
-3.409	-0.179	20.0	0.64
-3.409	-0.356	20.0	1.24
-3.409	-0.534	20.0	1.84
3.412	0.530	20.0	-8.97
3.412	0.353	20.0	-8.37
3.412	0.175	20.0	-7.76
3.412	-0.002	20.0	-7.16
3.412	-0.180	20.0	-6.56
3.412	-0.357	20.0	-5.96
3.412	-0.535	20.0	-5.35
-3.208	0.709	20.0	-2.59
-3.007	0.709	20.0	-2.80
-2.807	0.709	20.0	-3.01
-2.606	0.709	20.0	-3.22
-2.406	0.709	20.0	-3.43
-2.205	0.709	20.0	-3.65
-2.004	0.709	20.0	-3.86
-1.804	0.709	20.0	-4.07
-1.603	0.709	20.0	-4.28
-1.403	0.709	20.0	-4.49
-1.202	0.709	20.0	-4.70

-1.002	0.709	20.0	-4.92
-0.801	0.709	20.0	-5.13
-0.600	0.709	20.0	-5.34
-0.400	0.709	20.0	-5.55
-0.199	0.709	20.0	-5.76
0.001	0.709	20.0	-5.97
0.202	0.709	20.0	-6.19
0.403	0.709	20.0	-6.40
0.603	0.709	20.0	-6.61
0.804	0.709	20.0	-6.82
1.004	0.709	20.0	-7.03
1.205	0.709	20.0	-7.24
1.406	0.709	20.0	-7.46
1.606	0.709	20.0	-7.67
1.807	0.709	20.0	-7.88
2.007	0.709	20.0	-8.09
2.208	0.709	20.0	-8.30
2.408	0.709	20.0	-8.52
2.609	0.709	20.0	-8.73
2.810	0.709	20.0	-8.94
3.010	0.709	20.0	-9.15
3.211	0.709	20.0	-9.36
-3.208	-0.711	20.0	2.23
-3.007	-0.711	20.0	2.02
-2.807	-0.711	20.0	1.81
-2.606	-0.711	20.0	1.60
-2.406	-0.711	20.0	1.39
-2.205	-0.711	20.0	1.18
-2.004	-0.711	20.0	0.96
-1.804	-0.711	20.0	0.75
-1.603	-0.711	20.0	0.54
-1.403	-0.711	20.0	0.33
-1.202	-0.711	20.0	0.12
-1.002	-0.711	20.0	-0.09
-0.801	-0.711	20.0	-0.31
-0.600	-0.711	20.0	-0.52
-0.400	-0.711	20.0	-0.73
-0.199	-0.711	20.0	-0.94
0.001	-0.711	20.0	-1.15
0.202	-0.711	20.0	-1.37
0.403	-0.711	20.0	-1.58
0.603	-0.711	20.0	-1.79
0.804	-0.711	20.0	-2.00
1.004	-0.711	20.0	-2.21
1.205	-0.711	20.0	-2.42
1.406	-0.711	20.0	-2.64
1.606	-0.711	20.0	-2.85
1.807	-0.711	20.0	-3.06
2.007	-0.711	20.0	-3.27
2.208	-0.711	20.0	-3.48
2.408	-0.711	20.0	-3.69
2.609	-0.711	20.0	-3.91
2.810	-0.711	20.0	-4.12
3.010	-0.711	20.0	-4.33
3.211	-0.711	20.0	-4.54
-2.556	-0.001	20.0	-0.86
-1.703	-0.002	20.0	-1.76
-0.851	-0.002	20.0	-2.66
0.002	-0.002	20.0	-3.56
0.854	-0.002	20.0	-4.46
1.707	-0.002	20.0	-5.36
2.560	-0.002	20.0	-6.26

Tensione massima nelle armature

z'	y'	d	Tens
-3.409	-0.711	20.0	2.45

2.7 Verifica mensola trasversale Pila

2.7.1 Analisi dei carichi

Permanente

p.p. trave

0.1562 x 25 =

3,91 kN/m (al rilascio dei trefoli)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Foglio 32 di 40
IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00		

2.7.2 Stesa di carico 2 Impalcati Carichi

REAZIONI TRAVI SUL PULVINO

Trave					Ttot		Mo	
R1	145,65	+	148,27	=	293,92	kN	1,18	kNm
R2	132,38	+	134,77	=	267,15	kN	1,08	kNm
R3	119,11	+	121,27	=	240,38	kN	0,97	kNm

2.7.3 Stesa di carico 1 Impalcato Carico

REAZIONI TRAVI SUL PULVINO

Trave					Ttot		Mo	
R1	0,00	+	136,08	=	136,08	kN	61,24	kNm
R2	0,00	+	124,78	=	124,78	kN	56,15	kNm
R3	0,00	+	113,47	=	113,47	kN	51,06	kNm

2.7.4 In Condizioni di Esercizio due Impalcati Carichi

2.7.4.1 Sollecitazioni

SEZ A-A

p.p.pulvino									
o	32,81	x	0,625	=	20,51	kNm			
	10,65	x	0,417	=	4,44	kNm			
Travi perm	124,88	x	0	=	0,00	kNm	0,00	kNm	
Tp =	168,34	kN		Mp =	24,95	kNm	Mop	0,00	kNm
Travi Acc.	293,92	x	0	=	0,00	kNm		1,18	kNm
Tp+a =	462,26	kN		Mp+a =	24,95	kNm	Mo =	1,18	kNm

SEZ B-B

p.p.pulvino									
o	27,30	x	0,625	=	17,06	kNm			
	7,37	x	0,347	=	2,56	kNm			
Travi perm	124,88	x	0,52	=	64,94	kNm	0,00	kNm	
	168,34	x	0	=	0,00	kNm	0,00	kNm	
	168,34	x	0,52	=	87,54	kNm	0,00	kNm	
					24,95	kNm	0,00	kNm	
Tp =	496,23	kN		Mp =	197,04	kNm		0,00	kNm
Travi Acc.	267,15	x	0,52	=	138,92	kNm			
	240,38	x	0,00	=	0,00	kNm	0,97	kNm	
					0,00	kNm		kNm	
	293,92	x	1,04	=	305,68	kNm		1,18	kNm
T =	1297,68	kN		Mf =	641,63	kNm	Mo =	2,15	kNm

2.7.4.2 Verifiche a Flessione e Fessurazione

Elemento: Verifica Mensola Sez A-A Pila 4

Dati

geometrici:

Altezza sezione:	H =	80	cm
Larghezza sezione:	B =	150	cm
Spaziatura orizzontale barre:	s =	20,00	cm
Spaziatura verticale barre:	S =	0,00	cm
Copertura ferro netta:	c =	4,00	cm
Altezza utile:	h' =	76,00	cm

Armature:

strato arm.	posizione dello strato (cm)	A (cm ²)	barre (n ϕ diam)
1	4	16,08	8 ϕ 16
2	0	0,00	ϕ
3	0	42,47	8 ϕ 26
4	76	25,13	8 ϕ 20

Sollecitazioni:

Sforzo normale:	N =	0	daN
Momento flettente:	M =	2495	daN m
	T =	31691	daN

Verifica a Taglio:

$$\tau = 3,09 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Verifica a Flessione:

Asse neutro:

x =	13,19	cm
σ_c =	2	daN/cm ²
σ_s =	136	daN/cm ²

Materiale:

Acciaio FeB	44	k	$\sigma_{s \text{ amm}} =$	2600	daN/cm ²
Calcestruzzo Rbk	350		$\sigma_{c \text{ amm}} =$	110	daN/cm ²
Modulo elastico acciaio=	2100000				
Resistenza a trazione del cls					$\Phi = Et / Ec =$
rif.2.1.2	fctm=	28,89	daN/cm ²		0,50
Resistenza a trazione del cls					
rif.4.3.1.2	fcfk=	24,27	daN/cm ²	x =	32,64 cm
Coeff.di omogeneizzazione=	15				

Scelta del valore limite di apertura delle fessure:

rif. 4.3.1.3	Condizione di carico	frequente	
rif. 4.3.1.4	Condizioni ambientali	mod.	aggressive
rif. 4.3.1.5	Armature poco sensibili		
rif. 4.3.1.6	Valore nominale di apertura:	w	0,2 mm

Il momento è inferiore al valore di prima fessurazione: non è necessario il calcolo dell'ampiezza delle fessure.

Verifiche: Calcolo della distanza media tra le fessure:

rif. B.6.6.3	Barre ad aderenza migliorata(Y/N)?	y	
	Coeff. che caratterizza l'aderenza:	k2	0,4
	Coeff. che tiene conto del diagramma delle tensioni:	k3	0,200
	Larghezza efficace:	b _{eff.}	150,00 cm
	Altezza efficace:	d _{eff.}	19,00 cm
	Area efficace:	Ac _{eff.}	2850,00 cm ²
	Area acciaio posta in Ac _{eff.} :	As	67,61 cm ²
	Percentuale di armatura efficace:	ρ _r	0,0237
	Distanza media tra le fessure:	S _{rm}	18,74 cm

Calcolo della deformazione unitaria media dell'armatura:

Tensione dell'acciaio:	σ _s	135,71	daN/cm ²
Tensione dell'acciaio 1° fessurazione:	σ _{sr}	1984,28	daN/cm ²
Coeff. rappresentativo aderenza:	β ₁	1	
Carichi di lunga durata(Y/N)?	y		
Coeff. durata carichi:	β ₂	0,5	
Deformazione unitaria media:	ε _{sm}	2,585E-05	

Calcolo ampiezza delle fessure:

rif.4.3.1.7.1.2	w _k	0,008 mm	<	0,200 mm
-----------------	----------------	----------	---	----------

Elemento: Verifica Mensola Sez B-B Pila 4**Dati**

geometrici:	Altezza sezione:	H =	105 cm
	Larghezza sezione	B =	150 cm
	Spaziatura orizzontale barre:	s =	20,00 cm
	Spaziatura verticale barre:	S =	0,00 cm
	Copertura ferro netta:	c =	4,00 cm
	Altezza utile:	h' =	101,00 cm

Armature:

strato arm.	posizione dello strato (cm)	A (cm ²)	barre (n φdiam)
1	4	16,08	8 φ 16
2	0	0,00	φ
3	101	37,16	7 φ 26
4	101	25,13	8 φ 20

5

Sollecitazioni:	Sforzo normale:	N =	0 daN
	Momento flettente:	M =	64163 daN m
		T =	129768 daN

Verifica a Taglio:	τ =	9,52	daN/cm ²
---------------------------	-----	------	---------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00 Foglio 35 di 40

Verifica a Flessione:

Asse neutro:	x =	28,67	cm
	$\sigma_c =$	30	daN/cm ²
	$\sigma_s =$	1122	daN/cm ²

Materiale:

Acciaio FeB	44	k	$\sigma_{s amm} =$	2600	daN/cm ²
Calcestruzzo Rbk	350		$\sigma_{c amm} =$	110	daN/cm ²
Modulo elastico acciaio=	2100000				
Resistenza a trazione del cls					$\Phi = E_t / E_c =$
rif.2.1.2	fctm=	28,89	daN/cm ²		0,50
Resistenza a trazione del cls					
rif.4.3.1.2	fcfk=	24,27	daN/cm ²	x =	42,99 cm
Coeff.di omogeneizzazione=	15				

Scelta del valore limite di apertura delle fessure:

rif. 4.3.1.3	Condizione di carico	frequente	
rif. 4.3.1.4	Condizioni ambientali	mod.	aggressive
rif. 4.3.1.5	Armature poco sensibili		
rif. 4.3.1.6	Valore nominale di apertura:	w	0,2 mm

Occorre eseguire il calcolo dell'ampiezza delle fessure.

Verifiche: Calcolo della distanza media tra le fessure:

rif. B.6.6.3	Barre ad aderenza migliorata(Y/N)?	y	
	Coeff. che caratterizza l'aderenza:	k2	0,4
	Coeff. che tiene conto del diagramma delle tensioni:	k3	0,212
	Larghezza efficace:	b _{eff.}	150,00 cm
	Altezza efficace:	d _{eff.}	19,00 cm
	Area efficace:	Ac _{eff.}	2850,00 cm ²
	Area acciaio posta in Ac _{eff.} :	A _s	62,30 cm ²
	Percentuale di armatura efficace:	ρ_r	0,0219
	Distanza media tra le fessure:	S _{rm}	19,75 cm

Calcolo della deformazione unitaria media dell'armatura:

Tensione dell'acciaio:	σ_s	1122,47	daN/cm ²
Tensione dell'acciaio 1° fessurazione:	σ_{sr}	1095,84	daN/cm ²
Coeff. rappresentativo aderenza:	β_1	1	
Carichi di lunga durata(Y/N)?	y		
Coeff. durata carichi:	β_2	0,5	
Deformazione unitaria media:	ϵ_{sm}	0,0002798	

Calcolo ampiezza delle fessure:

rif.4.3.1.7.1.2	wk	0,094	mm	<	0,200	mm
-----------------	----	-------	----	---	-------	----

2.7.4.3 Verifica a Taglio e Torsione Due Impalcati Carichi

SEZ A-A-	B =	150 cm	1,5 m
	H =	93 cm	0,93 m
	Hu =	89 cm	0,89 m
T =	462,26		
Mf =	24,95		
Mo =	1,18		
Taglio			
τ =	3,85	daN/cm ²	
Torsione			
ψ =	4,22		
τ =	0,04	daN/cm ²	

SEZ B-B	B =	150 cm	1,5 m
	H =	112 cm	1,12 m
	Hu =	108 cm	1,08 m
T =	1297,68	kN	
Mf =	641,63	kNm	
Mo =	2,15	kNm	
Taglio			
τ =	8,90	daN/cm ²	
Torsione			
ψ =	4,41		
τ =	0,05	daN/cm ²	

TRATTO A-B

Distanza tra A-A e B-B = 104 cm

Armatura Longitudinale dedicata alla Torsione

Al = 0,10 cm² per lato = 0,0 cm²

Armatura staffe dedicate alla torsione

Ast = 0,00 cm²/20 θ a-b = 99433 daN

Staffe	n. braccia	4
	sez	1,54 cm ²
	tensione di calcolo	2200 daN/cm ²
	passo	20 cm ²

 θ st = 70470 daN-2,4 daN

70468 daN

barre piegate	n.	5
	sez	5,31 cm ²
	tensione di calcolo	2200 daN/cm ²

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Foglio 37 di 40
IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00		

$$\theta p = 82592 \text{ daN}$$

$$\theta st+p = 153060 > \quad \theta a-b = 99433 \text{ daN}$$

2.7.5 In Condizioni di Esercizio Un Impalcato Carico

2.7.5.1 Sollecitazioni

SEZ A-A

p.p.pulvino	32,81	x	0,625	=	20,51	kNm	
	10,65	x	0,417	=	4,44	kNm	
Travi perm	<u>137,36</u>	x	0	=	<u>0,00</u>	kNm	5,62 kNm
Tp =	180,83	kN			Mp = 24,95	kNm	Mop = 5,62 kNm
Travi Acc.	<u>136,08</u>	x	0	=	<u>0,00</u>	kNm	61,24 kNm
Tp+a =	316,91	kN			Mp+a = 24,95	kNm	Mo = 72,48 kNm

SEZ B-B

p.p.pulvino	27,30	x	0,625	=	17,06	kNm	
	7,37	x	0,347	=	2,56	kNm	
Travi perm	137,36	x	0,52	=	71,43	kNm	
	137,36	x	0,00	=	0,00	kNm	5,62 kNm
	180,83	x	0,52	=	94,03	kNm	5,62 kNm
					<u>24,95</u>	kNm	<u>5,62</u> kNm
Tp =	490,23	kN			Mp = 210,03	kNm	16,86 kNm
Travi Acc.	124,78	x	0,52	=	64,88	kNm	
	113,47	x	0,00	=	0,00	kNm	56,15 kNm
					0,00	kNm	51,06 kNm
	<u>136,08</u>	x	1,04	=	<u>141,53</u>	kNm	<u>61,24</u> kNm
T =	864,56	kN			Mf = 416,43	kNm	Mo = 185,31 kNm

2.7.5.2 Verifica a taglio e torsione

Si omette di riportare la verifica a flessione in quanto le sollecitazioni flettenti sono risultate sempre inferiori alla condizione con 2 Impalcato carichi.

SEZ A-A-	B =	150 cm	1,5 m
	H =	93 cm	0,93 m
	Hu =	89 cm	0,89 m
T =	316,91		
Mf =	24,95		
Mo =	72,48		
Taglio			
$\tau =$	2,64 daN/cm ²		
Torsione			
$\psi =$	4,22		
$\tau =$	2,57 daN/cm ²		

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: center;">IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 38 di 40</p>

SEZ B-B	B =	150 cm	1,5 m
	H =	112 cm	1,12 m
	Hu =	108 cm	1,08 m
T =	864,56 kN		
Mf =	416,43 kNm		
Mo =	185,31 kNm		
Taglio			
$\tau =$	5,93 daN/cm ²		
Torsione			
$\psi =$	4,41		
$\tau =$	4,67 daN/cm ²		

TRATTO A-B

Distanza tra A-A e B-B = 104 cm

Armatura Longitudinale dedicata alla Torsione

Al = 6,07 cm² per lato = 1,5 cm²

Armatura staffe dedicate alla torsione

Ast = 0,01 cm²/20

θ a-b = 66826 daN

Staffe	n. braccia	4
	sez	1,54 cm ²
	tensione di calcolo	2200 daN/cm ²
	passo	20 cm ²

θ st = 70470 daN

-150,4 daN

70320 daN

barre piegate	n.	5
	sez	5,31 cm ²
	tensione di calcolo	2200 daN/cm ²

θ p = 82592 daN

θ st+p = 152912 > θ a-b = 66826 daN

2.7.6 In Condizioni Sismiche (sisma verticale)

2.7.6.1 Sollecitazioni

Si assume un incremento per il sisma verticale sulla mensola pari a 40%

SEZ A-A

p.p.pulvin						
o	32,81	x	0,625	=	20,51	kNm
	10,65	x	0,417	=	4,44	kNm
Travi	137,36	x	0,52	=	71,43	kNm
						5,62 kNm

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV07-0X-012-A00		Foglio 39 di 40

$$\begin{array}{rcl}
\text{perm} & & \\
Tp = \frac{137,36}{318,19} \times 0,00 & = & \frac{0,00}{96,38} \text{ kNm} \\
& & \text{Mop} = \frac{5,62}{11,24} \text{ kNm} \\
Tp+a = 362,74 \text{ kN} & & Mp+a = 109,87 \text{ kNm} \\
& & Mo = 12,81 \text{ kNm}
\end{array}$$

SEZ B-B

$$\begin{array}{rcl}
\text{p.p.pulvin} & & \\
o & 27,30 \times 0,625 & = 17,06 \text{ kNm} \\
& 7,37 \times 0,347 & = 2,56 \text{ kNm} \\
\text{Travi} & & \\
\text{perm} & 137,36 \times 0,52 & = 71,43 \text{ kNm} \\
& 137,36 \times 0,00 & = 0,00 \text{ kNm} \\
& 318,19 \times 0,52 & = 165,46 \text{ kNm} \\
& & 96,38 \text{ kNm} \\
Tp = 627,59 \text{ kN} & & Mp = 352,88 \text{ kNm} \\
& & 11,24 \text{ kNm} \\
& & 22,48 \text{ kNm} \\
T = 702,90 \text{ kN} & & Mf = 395,23 \text{ kNm} \\
& & Mo = 25,17 \text{ kNm}
\end{array}$$

2.7.6.2 Verifiche a taglio e torsione

Si omette di riportare la verifica a flessione in quanto le sollecitazioni flettenti sono risultate sempre inferiori alla condizione con 2 Impalcati carichi.

SEZ A-A-

B =	150 cm	1,5 m
H =	93 cm	0,93 m
Hu =	89 cm	0,89 m

$$\begin{array}{rcl}
T = & 362,74 & \\
Mf = & 109,87 & \\
Mo = & 12,81 & \\
\text{Taglio} & & \\
\tau = & 3,02 & \text{ daN/cm}^2 \\
\text{Torsione} & & \\
\psi = & 4,22 & \\
\tau = & 0,45 & \text{ daN/cm}^2
\end{array}$$

SEZ B-B

B =	150 cm	1,5 m
H =	112 cm	1,12 m
Hu =	108 cm	1,08 m

$$\begin{array}{rcl}
T = & 702,90 & \text{ kN} \\
Mf = & 395,23 & \text{ kNm} \\
Mo = & 25,17 & \text{ kNm} \\
\text{Taglio} & & \\
\tau = & 4,82 & \text{ daN/cm}^2 \\
\text{Torsione} & & \\
\psi = & 4,41 &
\end{array}$$

$$\tau = 0,64 \text{ daN/cm}^2$$

TRATTO A-B

$$\text{Distanza tra A-A e B-B} = 104 \text{ cm}$$

Armatura Longitudinale dedicata alla Torsione

$$A_l = 1,07 \text{ cm}^2 \quad \text{per lato} = 0,3 \text{ cm}^2$$

Armatura staffe dedicata alla torsione

$$A_{st} = 0,00 \text{ cm}^2/20$$

$$\theta_{a-b} = 61152 \text{ daN}$$

Staffe	n. braccia	4
	sez	1,54 cm ²
	tensione di calcolo	2200 daN/cm ²
	passo	20 cm ²

$$\theta_{st} = 70470 \text{ daN}$$

$$\underline{-26,6 \text{ daN}}$$

$$70444 \text{ daN}$$

barre piegate	n.	5
	sez	5,31 cm ²
	tensione di calcolo	2200 daN/cm ²

$$\theta_p = 82592 \text{ daN}$$

$$\theta_{st+p} = 153036 > \quad \theta_{a-b} = 61152 \text{ daN}$$