



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

AUTOSTRADA A3 SALERNO - REGGIO CALABRIA AMMODERNAMENTO DEL TRONCO 1°- TRATTO 6° - LOTTO 3°

NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO AL KM 103+200
(COLLEGAMENTO DELLA S.S. 517 "BUSSENTINA" CON LA A3)

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE

I PROGETTISTI:

Dott. Ing. PIA IASIELLO
Ordine Ing. di Foggia n. 1895

Dott. Ing. GIANFRANCO FUSANI
Ordine Ing. di Roma n. 18008

Dott. Arch. GIANLUCA BONOLI
Ordine Arch. di Roma n. 16639

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. STEFANO SERANGELI
Ordine Geol. del Lazio n. 659

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Dott. Arch. FRANCESCA IETTO
Ordine Arch. di Roma n. 15857

Dott. Ing. GINEVRA BERETTA
Ordine Ing. di Roma n. 20458

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Ing. ANTONIO VALENTE

PROTOCOLLO

DATA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS

Ing. Luca Zampaglione	- Responsabile di Progetto
Ing. Francesca Bario	- Strutture
Ing. Francesco Bezzi	- Impianti
Ing. Pierluigi Fabbro	- Interferenze
Ing. Florenzo Forcone	- Monitoraggio Ambientale
Ing. Gabriele Giovannini	- Cartografia
Ing. Attilio Petrillo	- Idraulica
Arch. Roberto Roggi	- Sicurezza
Geom. Valerio Altomare	- Espropri
Geom. Alessandra Cortese	- Geotecnica
Geom. Michele Pacelli	- Strade
Geom. Marco Spinucci	- Computi, Stime e Capitolati

RESPONSABILI UNITA' DI INGEGNERIA :

Ing. Fulvio Maria Soccodato	- Ingegneria Territorio
Ing. Alessandro Micheli	- Ingegneria Geotecnica e Impianti
Ing. Achille Devitofranceschi	- Ingegneria Opere Civili
Geom. Fabio Quondam	- Ingegneria Computi, Stime e Capitolati

OPERE D'ARTE MAGGIORI PONTI E VIADOTTI VIADOTTO RAMPA A RELAZIONE DI CALCOLO

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	TOO_VI01_STR_RE01_A			
LO411J	D	1101	CODICE ELAB. TOOVI01STRRE01		A	1:200
D	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-
A	EMISSIONE		GIU 2012	Arch. G. Bonoli	Ing. F. Bario	Ing.Devitofranceschi
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1) GENERALITA'	4
1.1) PREMESSA.....	4
1.2) NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
1.3) CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
2) IMPALCATO	7
2.1) CARATTERISTICHE STRUTTURALI IMPALCATO	7
2.1.1) Travi principali	8
2.1.2) Trasversi.....	8
2.1.3) Soletta in calcestruzzo armato su predalles.....	8
2.2) ANALISI DEI CARICHI.....	9
2.2.1) I Fase	9
2.2.2) II Fase	9
2.2.3) III Fase	11
2.3) COMBINAZIONI DI CARICO	18
2.4) MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	19
2.5) VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI	23
2.5.1) Verifiche di resistenza.....	23
2.5.2) Verifiche di stabilità dell'anima.....	35
2.5.3) Verifiche a fatica con il metodo dei coefficienti λ	37
2.6) VERIFICA DEI TRASVERSI.....	46
2.7) APPARECCHI DI APPOGGIO.....	48
2.8) VERIFICA TRASVERSALE DELLA SOLETTA.....	49
3) SPALLE	55
3.1) DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE.....	55
3.2) AZIONI DI CALCOLO.....	56
3.3) SPALLA A – SOLLECITAZIONI E VERIFICA.....	59

3.4)	SPALLA B – SOLLECITAZIONI E VERIFICA.....	62
3.5)	AZIONI SULLE PALIFICATE	65
3.6)	VERIFICHE DEI PALI ϕ 120CM.....	68
4.	PILE	70
4.1)	DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE.....	70
4.2)	AZIONI DI CALCOLO.....	70
4.3)	VERIFICHE STRUTTURALI PILE	71
4.4)	FONDAZIONE SU PALI	75
4.4.1)	Azioni sulle Palificate	77
4.4.2)	Verifica del Plinto di Fondazione.....	83
4.4.3)	Verifica Pali Φ 120 cm	86

1) GENERALITA'

1.1) PREMESSA

La relazione seguente riporta le verifiche di stabilità e di resistenza del viadotto "Rampa A" all'interno del nuovo svincolo di Padula-Buonabitacolo nell'ambito dei lavori di ammodernamento dell'autostrada A3 Salerno – Reggio Calabria al km 103+200.

Si tratta di un ponte curvilineo con sette campate di luce complessiva pari a 333,2m, costituito da un'impalcato con 2 travi in acciaio di altezza variabile e soletta in c.a., spalle fondate ciascuna su 9 pali trivellati in c.a. e 6 pile di altezza variabile fondate ciascuna su 6 pali trivellati in c.a..

Le travi in acciaio sono del tipo saldate a doppio T con altezza complessive pari a 1,90m, 2,10m e 3,00m poste ad interasse costante pari a 5,00m. Le larghezze e gli spessori delle ali che variano in funzione della tipologia e presentano spessori maggiori nelle sezioni più sollecitate.

La soletta in c.a. con una pendenza variabile con un massimo del 7% è realizzata su predelle con uno spessore complessivo di 25+5cm con ringrossi alle estremità per il posizionamento dei dispositivi di ritenuta e delle reti di protezione.

Al di sopra della soletta è prevista una piattaforma bitumata di 11cm che contiene la carreggiata di larghezza variabile tra 6,50m e 7,80m.

Sono inoltre previsti dei traversi in acciaio ad interasse di circa 5,00m con il compito di aumentare la rigidità trasversale dell'impalcato ed un sistema di controventamento in corrispondenza delle piattabande superiori dei trasversi.

Gli appoggi di ogni trave sono costituiti da isolatori in elastomero armato ancorati tramite piastre di acciaio alle travi soprastanti e ai baggioli in c.a. da realizzare sulle spalle e sulle pile. Essi sono dimensionati in modo da aumentare in maniera consistente i periodi di vibrazione sotto sisma e dissipando l'energia sismica, garantendo allo stesso tempo degli spostamenti compatibili con la funzionalità dell'opera .

L'analisi delle sollecitazioni è stata condotta a mezzo di programmi di calcolo automatico secondo un'analisi elastica lineare mentre le verifiche di resistenza e di stabilità sono state condotte con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

1.2) *NORMATIVA DI RIFERIMENTO*

Le verifiche e le calcolazioni, di cui alle pagine seguenti fanno riferimento alla vigente normativa qui di seguito indicata:

- D.Min.Infr. 14/01/2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, in seguito indicate con NTC.
- EN 1337-3:2005: “Appoggi strutturali. Parte 3: Appoggi elastomerici”

1.3) *CARATTERISTICHE DEI MATERIALI*

Calcestruzzo per predalles prefabbricate e soletta

- classe C 32/40
- $f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = 0,85 \times f_{ck} / \gamma_c = 18,13 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $E_c = 22.000 \times [(f_{ck}+8)/10]^{0,3} = 33.300 \text{ N/mm}^2$

Calcestruzzo per elevazione spalle e pile

- classe C 28/35
- $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = 0,85 \times f_{ck} / \gamma_c = 15,87 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $E_c = 22.000 \times [(f_{ck}+8)/10]^{0,3} = 32.300 \text{ N/mm}^2$

Calcestruzzo per fondazione spalle e pile e per pali trivellati in c.a.

- classe C 25/30
- $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = 0,85 \times f_{ck} / \gamma_c = 14,17 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $E_c = 22.000 \times [(f_{ck}+8)/10]^{0,3} = 31.500 \text{ N/mm}^2$

avendo assunto per il coefficiente di sicurezza per le resistenze il valore $\gamma_c = 1,5$.

Acciaio ordinario in barre ad aderenza migliorata

- Classe B450C
- $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione agli SLU : $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$

- Modulo elastico: $E_p = 210.000 \text{ N/mm}^2$

avendo assunto per il coefficiente di sicurezza per le resistenze il valore $\gamma_s = 1,15$.

Copriferri minimi netti

- Baggioli: $c = 2,0 \text{ cm}$
- Soletta: $c = 2,5 \text{ cm}$
- Spalle, pile e pali: $c = 4,0 \text{ cm}$

Acciaio da carpenteria per profili a sezione aperta

- Classe S355
- $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$ per spessori $t \leq 40\text{mm}$ $f_{yk} = 335 \text{ N/mm}^2$ per spessori $40\text{mm} \leq t \leq 80\text{mm}$
- $f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$ per spessori $t \leq 40\text{mm}$ $f_{tk} = 470 \text{ N/mm}^2$ per spessori $40\text{mm} \leq t \leq 80\text{mm}$
- Resistenza di calcolo: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 338 \text{ N/mm}^2$ per spessori $t \leq 40\text{mm}$
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 319 \text{ N/mm}^2$ per spessori $40\text{mm} \leq t \leq 80\text{mm}$

avendo assunto per il coefficiente di sicurezza per le resistenze il valore $\gamma_s = 1,05$.

2) IMPALCATO

2.1) CARATTERISTICHE STRUTTURALI IMPALCATO

L'impalcato viene realizzato con travi in acciaio del tipo saldato a doppio T poste ad interasse di 5,00m sulle quali verrà realizzato il getto della soletta collaborante su predalle.

Si distinguono tre fasi successive di lavoro:

PRIMA FASE - COSTRUZIONE: le travi posizionate sugli appoggi presenti sulle pile e sulle spalle, sono soggette al peso proprio, dei trasversi e del sistema di controventamento in pianta ed della soletta gettata in opera.

Nella seconda e terza fase le caratteristiche inerziali e di resistenza della sezione dell'impalcato sono state determinate considerando le travi in acciaio solidarizzate con il getto della soletta. Il calcolo di tali caratteristiche è stato svolto considerando un coefficiente di omogeneizzazione differente in funzione del modulo di elasticità del calcestruzzo.

SECONDA FASE – LUNGO TERMINE: i carichi agenti considerati sono costituiti dai sovraccarichi permanenti e dagli effetti dovuti al ritiro.

TERZA FASE – BREVE TERMINE: i carichi considerati sono le azioni variabili da traffico, il vento, le variazioni di temperatura e l'azione sismica.

2.1.1) Travi principali

L'impalcato è costituito da 2 travi a doppio T in acciaio poste ad interasse di 5,00m e costituite da piatti saldati con altezza complessiva pari a 190cm, 210cm e 300cm.

La dimensione e gli spessori delle piattabande e dell'anima per le differenti sezioni sono riportate nel seguente riepilogo.

		TR. 1	TR. 2	TR. 3
Ala inferiore	Altezza totale (cm)	190,0	210,0	210,0
	Larghezza (cm)	120,0	120,0	120,0
	Spessore (cm)	4,0	6,0	9,0
Ala superiore	Larghezza (cm)	100,0	100,0	100,0
	Spessore (cm)	2,0	5,0	9,0
Anima	Altezza (cm)	184,0	199,0	192,0
	Spessore (cm)	2,0	2,5	2,5
	Area (cm ²)	1.048	1.718	2.460
Peso (kN/m)		8,23	13,48	19,31

		TR. 4	TR. 5	TR. 6	TR. 7
Ala inferiore	Altezza totale (cm)	210,0	300,0	300,0	300,0
	Larghezza (cm)	120,0	120,0	120,0	120,0
	Spessore (cm)	4,0	6,0	9,0	4,0
Ala superiore	Larghezza (cm)	100,0	100,0	100,0	100,0
	Spessore (cm)	2,0	5,0	9,0	2,0
Anima	Altezza (cm)	204,0	289,0	282,0	294,0
	Spessore (cm)	2,0	2,5	2,5	2,0
	Area (cm ²)	1.088	1.943	2.685	1.268
Peso (kN/m)		8,54	15,25	21,08	9,95

2.1.2) Trasversi

Le travi principali sono collegate a mezzo di trasversi disposti ad interasse di circa 5,00m realizzati con una trave a doppio T con piatti saldati per un'altezza complessivo di 120cm per i trasversi posti in corrispondenza delle sezioni di altezza pari a 3,00m e di 80cm per le restanti sezioni.

2.1.3) Soletta in calcestruzzo armato su predalles

La soletta d'impalcato è realizzata mediante l'utilizzo di lastre prefabbricate e tralicciate in calcestruzzo (predalles) autoportanti in fase di getto, di spessore pari a 5cm, le quali contengono un getto in opera di calcestruzzo di spessore 25cm (pendenza trasversale massima 7,0%) con ringrossi laterali di altezza media pari a 45cm per il posizionamento dei dispositivi di ritenuta e delle reti di protezione.

2.2) ANALISI DEI CARICHI

Nella determinazione dei valori delle azioni si terrà conto dei seguenti valori elementari di progetto.

2.2.1) I Fase

I carichi agenti sulle travi in prima fase sono stati determinati considerando e diverse larghezze dell'impalcato.

CARICHI I FASE		TR. 1		TR. 2 - 3 - 4		TR. 5 - 6 - 7	
	Unitario (kN/m ²)	Larghezza (m)	Carico (kN/m)	Larghezza (m)	Carico (kN/m)	Larghezza (m)	Carico (kN/m)
Soletta (30cm)	7,50	4,00	30,0	4,25	31,9	4,50	33,8
Ringrosso	5,00	0,75	3,8	0,75	3,8	0,75	3,8
Incidenza controventi			1,0		1,0		1,0
Totale I Fase (kNm)			34,8		36,6		38,5

2.2.2) II Fase

I carichi agenti sulle travi in prima fase sono stati determinati considerando e diverse larghezze dell'impalcato.

CARICHI II FASE - PERMANENTI		TR. 1			
	Unitario (kN/m ²)	Larghezza (m)	Carico (kN/m)	Eccentr. (m)	Momento (kN/m)
Pavimentazione	2,50	3,25	8,1	-0,875	-7,1
Sicurveda			2,50	1,125	2,8
Frangivento					0,0
Veletta in c.a.	2,00	1,00	2,0	1,500	3,0
Totale II Fase			12,6		-1,3

CARICHI II FASE - PERMANENTI		TR. 2 - 3 - 4			
	Unitario (kN/m ²)	Larghezza (m)	Carico (kN/m)	Eccentr. (m)	Momento (kN/m)
Pavimentazione	2,50	3,50	8,8	-0,750	-6,6
Sicurveda			2,50	1,375	3,4
Frangivento					0,0
Veletta in c.a.	2,00	1,00	2,0	1,750	3,5
Totale II Fase			13,3		0,4

CARICHI II FASE - PERMANENTI		TR. 5 - 6 - 7			
	Unitario (kN/m ²)	Larghezza (m)	Carico (kN/m)	Eccentr. (m)	Momento (kN/m)
Pavimentazione	2,50	3,75	9,4	-0,625	-5,9
Sicurveda			2,50	1,625	4,1
Frangivento					0,0
Veletta in c.a.	2,00	1,00	2,0	2,000	4,0
Totale II Fase			13,9		2,2

I fenomeni di ritiro e viscosità sono stati considerati attribuendo al modulo elastico del calcestruzzo un valore ridotto pari a $E_c^* = E_c / 2$.

La coazione tra calcestruzzo impedito di ritirarsi e la sezione mista si traduce in uno sforzo

$$N_r = \varepsilon_r \times E_c^* \times A_c$$

Tale sforzo risulta di trazione sulla soletta da aggiungersi ad una pressoflessione sulla sezione omogeneizzata con:

N_r (compressione)

$$M_r = N_r \times (H_{tot} - s_{soletta} / 2 - Y_g) \text{ (momento positivo)}$$

Le azioni dovute al ritiro sono state considerate esclusivamente per le sezioni di campata in quando per le sezioni di appoggio tale azione risulta essere favorevole. Il momento calcolato è stato aggiunto alle sollecitazioni di II FASE con un coefficiente moltiplicativo pari a 1,20.

A _{c,soletta} (m ²)	2,3	2,4	2,6
Ritiro Soletta ε_{cs} (%)	0,0003	0,0003	0,0003
Modulo di Elasticità Ridotto Calcestruzzo Soletta $E_c^* = E_c/2$	16.673	16.673	16.673

Sezione	TR. 1	TR. 4	TR. 7
y _G (m)	135,16	150,01	208,51
H _{TRAVE} (m)	190	210	300
d (m) = H _{TOT} - s/2 - y _G	0,72	0,77	1,09
Coefficiente parziale di sicurezza γ_{e2}	1,2	1,2	1,2
N_R (kN)	6.903	7.278	7.653
M_R = N_R x d (kNm)	4.993	5.639	8.341
Area reagente omog.acciaio A (cm ²)	2.007	2.109	2.345
W _i (cm ³) =	115.026	129.018	194.970
W _s (cm ³) =	283.511	322.650	444.364
W _c (cm ³) =	2.308.182	2.709.041	4.214.809
W _a (cm ³) =	192.325	225.089	346.026
INCREMENTO TENSIONI II FASE - RITIRO			
Trave acciaio lembo inf. σ_i (N/mm ²)=	43,07	43,36	42,45
Trave acciaio lembo sup. σ_s (N/mm ²)=	-17,96	-17,82	-19,10
Calcestruzzo lembo sup. σ_c (N/mm ²)=	-2,51	-2,43	-2,31
Armatura sup. σ_a (N/mm ²)=	-26,31	-25,40	-24,43

2.2.3) III Fase

AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO

- Corsia n.1 (larghezza 3,0m):

N.2 Carichi concentrati mobili in tandem a 1,20m: $2 \times Q_{1k} = 2 \times 300 \text{ kN}$

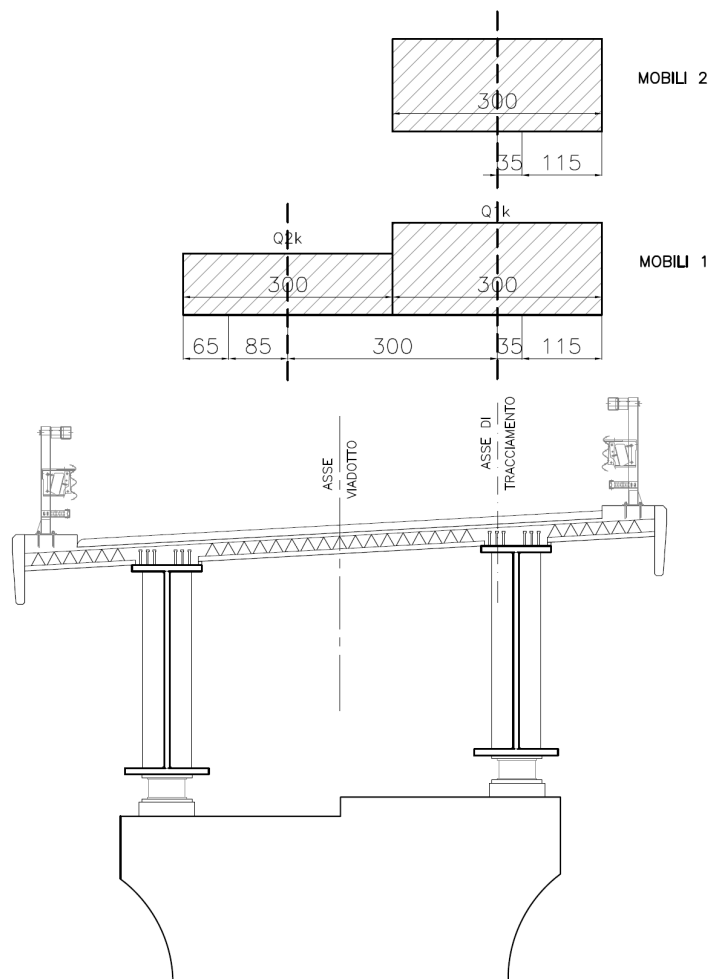
Carico distribuito: $q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$

- Corsia n.2 (larghezza 3,0m):

N.2 Carichi concentrati mobili in tandem a 1,20m: $2 \times Q_{2k} = 2 \times 200 \text{ kN}$

Carico distribuito: $q_{1k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

Si considera la seguente configurazione che produce la maggiore eccentricità delle azioni e le maggiori sollecitazioni sulle travi:



AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO O ACCELERAZIONE

L'azione di frenamento o di accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 ed è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 (2 Q_{1k}) + 0,10 q_{1k} w_1 L \leq 900 \text{ kN}$$

$$q_3 = 0,6 \times 2 \times 300\text{kN} + 0,1 \times 9,0\text{kN/m}^2 \times 3,0\text{m} \times 333,2\text{m} = 1.256 \text{ kN}$$

L'azione sulla singola trave sarà:

$$q_3 = (900 \text{ kN} / 2) / 333\text{m} = 1,36 \text{ kN/m}$$

AZIONE DEL VENTO

Azione del vento D.M. 14 / 01 / 2008			
Regione	Campania		
a _s (m)	500		
Zona	3		
v _{b,0} (m/s)	27		
a ₀ (m)	500		
k _a (1/s)	0,020		
v _b (m/s)	27	Velocità di Riferimento	
q _b (kN/m ²)	0,456	Pressione Cinetica di Riferimento	
<i>Determinazione del Coefficiente di Esposizione</i>			
Classe di Rugosità	D		
Categoria di Esposizione	II		
Coefficiente di Topografia c _t	1,00		
Parametri	k _r	0,19	
	z _o (m)	0,05	
	z _{min} (m)	4	
C _d	1,00	Coefficiente dinamico	
C _p	1,40		
PONTE SCARICO			
Tipo trave	H = 300cm	H = 210cm	H = 190cm
Altezza massima sul suolo z (m)	15	13,1	10,5
	1,801	1,801	1,801
c _e (z _{max}) per z > z _{min}	2,616	2,526	2,383
Pression p (kN/m²)	z < z _{min}	1,15	1,15
	z > z _{min}	1,67	1,61
Altezza Superficie Esposta (m)	5,00	4,10	3,90
Carico Trave p (kN/m)	8,34	6,61	5,93
PONTE CARICO			
Tipo trave	H = 300cm	H = 210cm	H = 190cm
Altezza massima sul suolo z (m)	16	14,1	11,5
	1,801	1,801	1,801
c _e (z _{max}) per z > z _{min}	2,659	2,575	2,442
Pression p (kN/m²)	z < z _{min}	1,15	1,15
	z > z _{min}	1,70	1,64
Altezza Superficie Esposta (m)	6,00	5,10	4,90
Carico Trave p (kN/m)	10,18	8,38	7,63

AZIONE CENTRIFUGA

Essendo il ponte ad asse curvilineo con raggi di curvatura $R < 200\text{m}$ è stata considerata la seguente azione centrifuga:

$$Q_{4,MOBILI\ 1} = 0,2 \times \Sigma 2 \times Q_{ik} = 0,2 \times 2 \times (300 \text{ kN} + 200 \text{ kN}) = 200 \text{ kN}$$

$$Q_{4,MOBILI\ 2} = 0,2 \times S 2 \times Q_{ik} = 0,2 \times 2 \times 300 \text{ kN} = 120 \text{ kN}$$

L'azione è applicata al livello della pavimentazione ed è stata distribuita sulle travi principali in direzione ortogonale all'asse ottenendo il seguente carico uniforme:

$$q_{4,MOBILI\ 1} = (Q_{4,MOBILI\ 1} / 2) / L = 100 \text{ kN} / 333\text{m} = 0,3 \text{ kN/m}$$

$$q_{4,MOBILI\ 2} = (Q_{4,MOBILI\ 2} / 2) / L = 60 \text{ kN} / 333\text{m} = 0,18 \text{ kN/m}$$

VARIAZIONI TERMICHE ϵ_3

Tipologia impalcato **TIPO 2: Impalcato a struttura composta**

Componente di temperatura uniforme

T_{min}	-7,0	temperatura minima dell'aria all'ombra
T_{max}	42,0	temperatura massima dell'aria all'ombra
$T_{e,min}$	-4,0	temperatura minima effettiva del ponte
$T_{e,max}$	46,0	temperatura massima effettiva del ponte
T_0	15,0	temperatura effettiva probabile
$\Delta T_{N,neg}$	-19,0	valore caratteristico dell'intervallo massimo della temperatura negativa effettiva
$\Delta T_{N,pos}$	31,0	valore caratteristico dell'intervallo massimo della temperatura positiva effettiva

Componente lineare della temperatura

Gruppo 2 - Ponti stradali

$\Delta T_{M,neg}$	-18,0	differenza di temperatura negativa
$\Delta T_{M,pos}$	15,0	differenza di temperatura positiva

	TR. 1	TR. 2 - 3 - 4	TR. 5 - 6 - 7
Altezza trave (m)	1,9	2,1	3,0
Soletta (m)	0,3	0,3	0,3
$\Delta T_{M,neg}$ (°C/m)	-8,182	-7,500	-5,455
$\Delta T_{M,pos}$	6,818	6,250	4,545

AZIONE SISMICA q_6

L'azione sismica è stata valutata attraverso un'analisi dinamica modale inserendo gli spettri elastici in termini di accelerazione relativi agli Stati Limite considerati.

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

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite ultimi considerati sono così definiti:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali e un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima

$$T_C = C_C \times T_C^* ; T_B = T_C / 3 ; T_D = 4,0 \times (a_g / g) + 1,6$$

Lo spettro elastico è stato ridotto per tutto il campo di periodi $T \geq 0,8 T_{is}$ assunto per il coefficiente riduttivo η un valore corrispondente al coefficiente di smorzamento viscoso equivalente $\xi = 15\%$.

Si riportano di seguito i parametri sismici relativi alla struttura ed al sito in esame ed i diagrammi dei relativi spettri di progetto.

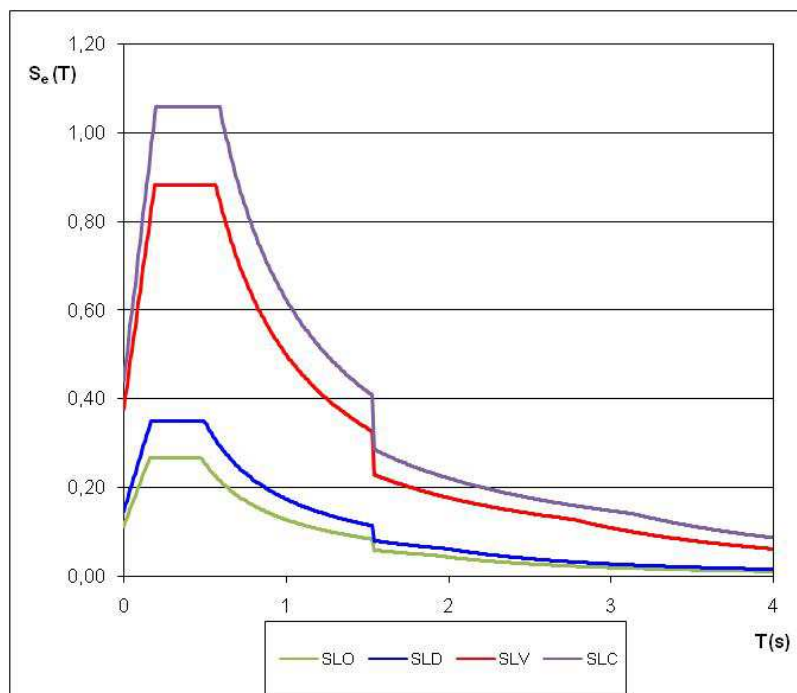
- Coordinate geografiche **Long. 15°6445 Lat. 40°3060**
- Vita nominale **≥ 50 anni**
- Classe d'uso **IV** (Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione particolarmente dopo un evento sismico)
- Coefficiente d'uso **$C_u = 2,0$**
- Categoria di sottosuolo **C** (Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine mediamente consistenti)
- Categoria topografica **T1** (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$)

I dispositivi di isolamento sono stati progettati per sostenere gli spostamenti determinati dall'azione sismica derivante dallo spettro di risposta allo Stato Limite Ultimo di Collasso (SLC).

DATI GENERALI	
Comune	PADULA
Latitudine	40,306°
Longitudine	15,6445°
Classi d'uso	Classe IV
C_u	2,00
Vita Nominale (V_N)	50
Periodo di riferimento (V_R)	100
Categoria sottosuolo	C
Categoria topografica	T1
Coefficiente di smorzamento	5,00%
η	1,00
T_{is}	1,921
Coefficiente di smorzamento	15,00%
η	0,71

Determinazione coefficiente S	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1,50	1,50	1,29	1,15
$h/H \leq 1,00$ ($h=Q_{sito}$; $H=Q_{rilievo}$)	1,00	1,00	1,00	1,00
S_T	1,00	1,00	1,00	1,00
$S = S_s \times S_T$	1,50	1,50	1,29	1,15

Parametri che definiscono l'azione sismica				
Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
P_{VR}	81%	63%	10%	5%
T_R	60	101	949	1950
a_g	0,075	0,098	0,292	0,383
F_0	2,375	2,373	2,341	2,41
T_C^*	0,307	0,328	0,398	0,422
T_B	0,159	0,166	0,189	0,196
T_C	0,476	0,498	0,566	0,589
T_D	1,900	1,992	2,768	3,132

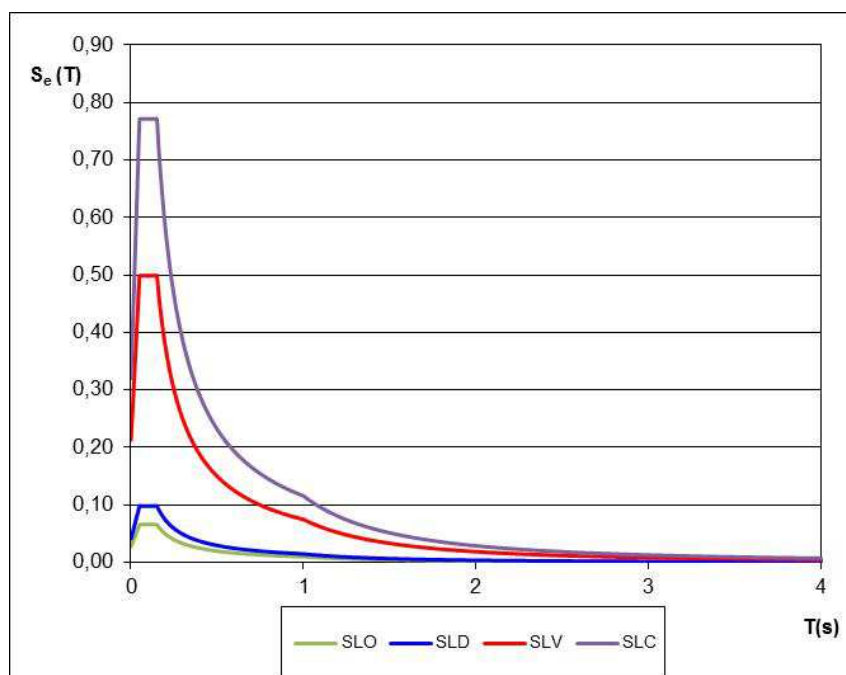


E' stato inoltre considerato lo spettro elastico per l'azione verticale determinato attraverso i seguenti parametri

DATI GENERALI	
Comune	PADULA
Latitudine	40,306°
Longitudine	15,6445°
Classi d'uso	Classe IV
C_u	2,00
Vita Nominale (V_N)	50
Periodo di riferimento (V_R)	100
Categoria sottosuolo	C
Categoria topografica	T1
Coefficiente di smorzamento	5,00%
η	1,00

Determinazione coefficiente S	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s	1,00	1,00	1,00	1,00
$h/H \leq 1,00$ ($h=Q_{\text{sito}}$; $H=Q_{\text{rilievo}}$)	1,00	1,00	1,00	1,00
S_T	1,00	1,00	1,00	1,00
$S = S_s \times S_T$	1,00	1,00	1,00	1,00

Parametri che definiscono l'azione sismica				
Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
P_{VR}	81%	63%	10%	5%
T_R	60	101	949	1950
a_g	0,075	0,098	0,292	0,383
F_0	2,375	2,373	2,341	2,410
F_v	0,878	1,003	1,708	2,013
T_B	0,050	0,050	0,050	0,050
T_C	0,150	0,150	0,150	0,150
T_D	1,000	1,000	1,000	1,000



ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

2.3) COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni caratteristiche precedentemente definite, nelle singole combinazioni di carico agli SLU sono poi combinate secondo i seguenti coefficienti parziali:

COMBINAZIONI A1		PERMANENTI	AZIONI DA TRAFFICO					VARIABILI		AZIONE SISMICA		
Tipo	Nome		Mobili 1	Mobili 2	Centrifuga 1	Centrifuga 2	Frenamento	Vento	Temperatura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z
Mobili 1	1-M1	1,35	1,35					0,6x1,5	0,6x1,2			
Mobili 2	1-M2	1,35		1,35				0,6x1,5	0,6x1,2			
Frenamento	2a	1,35	0,75x1,35			1,35		0,6x1,5	0,6x1,2			
Centrifuga 1	2b-M1	1,35	0,75x1,35		1,35			0,6x1,5	0,6x1,2			
Centrifuga 2	2b-M2	1,35		0,75x1,35		1,35		0,6x1,5	0,6x1,2			
Vento scarico	CVENTO	1,00						1,50	0,6x1,2			
	SISMA X	1,00								1,00	0,30	0,30
Sisma	SISMA Y	1,00								0,30	1,00	0,30
	SISMA Z	1,00								0,30	0,30	1,00

2.4) MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

Le sollecitazioni di progetto nelle varie combinazioni di carico sono state determinate attraverso modelli tridimensionale delle struttura utilizzando il programma di calcolo strutturale SAP2000.

Le tre fasi costruttive sono state analizzate con modelli di calcolo ad elementi finiti assegnando agli elementi monodimensionali "FRAME" le caratteristiche sezionali ed inerziali corrispondenti.

Nel modello relativo alla I Fase, sono state inserite le dimensioni delle travi in acciaio ed il programma provvede in automatico al calcolo delle caratteristiche sezionali.

Per la II e III Fase è stata considerata la sezione composta dalla trave in acciaio e dalla soletta collaborante omogeneizzando le caratteristiche attraverso un coefficiente ottenuto dal rapporto tra i moduli elastici.

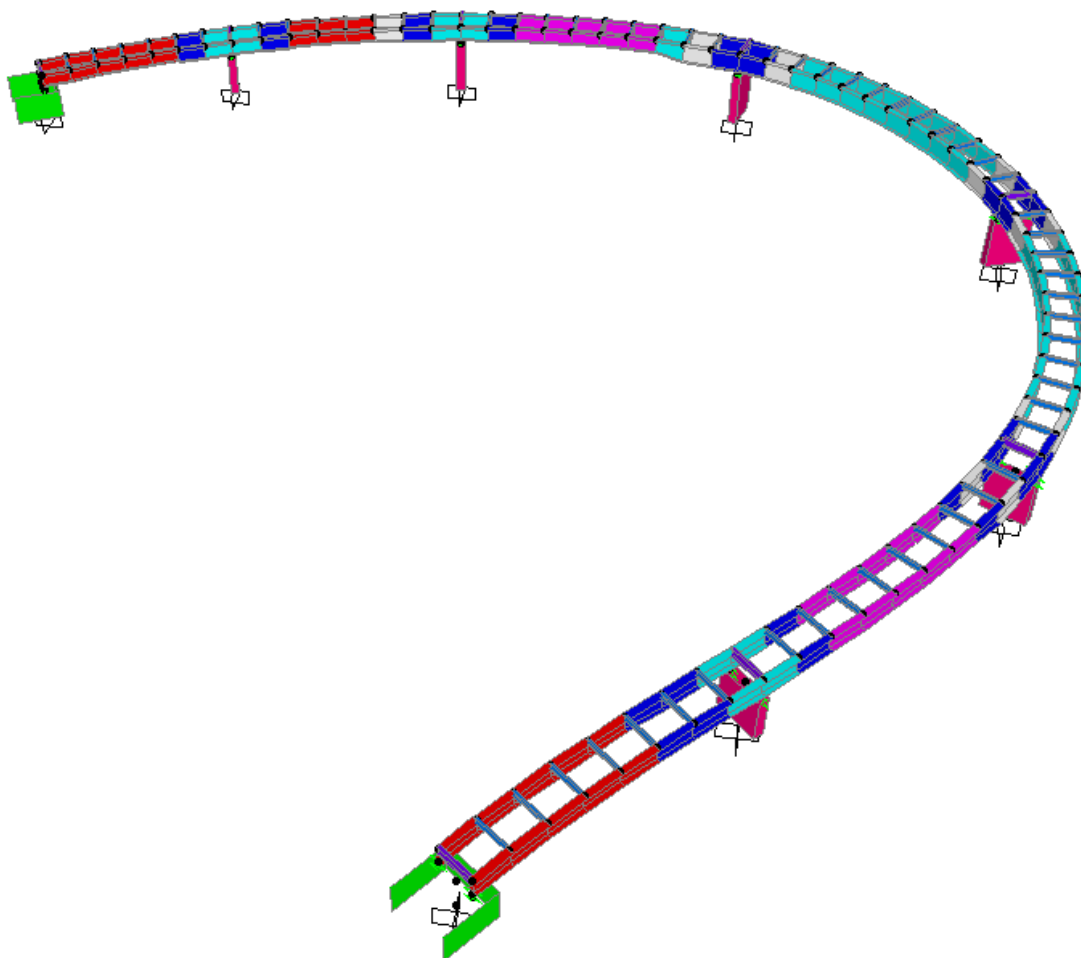
Il sistema di appoggio delle travi, realizzato mediante isolatori elastomerici armati, è stato modellato attraverso elementi "LINK" a cui sono state assegnate le rigidità traslazionali proprie della tipologia scelta in progetto.

Si riportano le caratteristiche sezionali utilizzate nella modellazione.

II FASE						
Area (m ²)	J _{TOR} (m ⁴)	J ₃₋₃ (m ⁴)	J ₂₋₂ (m ⁴)	A ₂₋₂ (m ²)	A ₃₋₃ (m ²)	Sezione
2,007E-01	3,300E-05	1,555E-01	4,234E-01	3,800E-02	7,939E-02	TR. 1
1,856E-01	1,340E-04	1,643E-01	5,079E-01	5,250E-02	8,436E-02	TR. 2
2,598E-01	5,170E-04	2,355E-01	5,079E-01	5,250E-02	8,436E-02	TR. 3
2,109E-01	3,300E-05	1,935E-01	5,079E-01	4,200E-02	8,436E-02	TR. 4
2,087E-01	1,390E-04	3,547E-01	6,029E-01	7,500E-02	8,932E-02	TR. 5
2,829E-01	5,220E-04	5,063E-01	6,029E-01	7,500E-02	8,932E-02	TR. 6
2,345E-01	3,600E-05	4,065E-01	6,029E-01	6,000E-02	8,932E-02	TR. 7
1,214E-01	3,300E-05	1,041E-01	4,234E-01	4,200E-02	7,939E-02	TR. 1-1
1,406E-01	3,600E-05	2,282E-01	5,079E-01	6,000E-02	8,436E-02	TR. 4-1

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

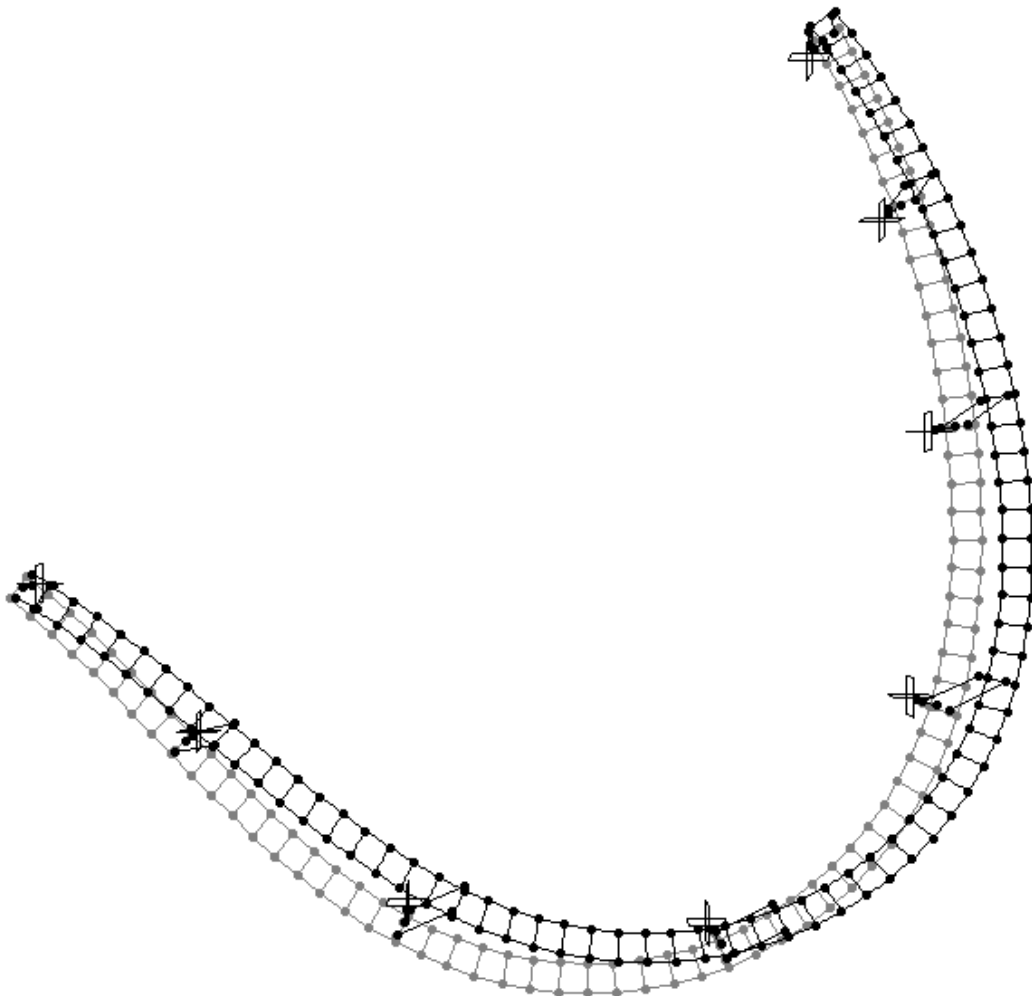
III FASE						
Area (m ²)	J _{TOR} (m ⁴)	J ₃₋₃ (m ⁴)	J ₂₋₂ (m ⁴)	A ₂₋₂ (m ²)	A ₃₋₃ (m ²)	Sezione
2,841E-01	3,300E-05	1,860E-01	8,469E-01	3,800E-02	1,588E-01	TR. 1
1,856E-01	1,340E-04	1,643E-01	1,016E+00	5,250E-02	1,687E-01	TR. 2
2,598E-01	5,170E-04	2,355E-01	1,016E+00	5,250E-02	1,687E-01	TR. 3
2,993E-01	3,300E-05	2,305E-01	1,016E+00	4,200E-02	1,687E-01	TR. 4
2,087E-01	1,390E-04	3,547E-01	1,206E+00	7,500E-02	1,786E-01	TR. 5
2,829E-01	5,220E-04	5,063E-01	1,206E+00	7,500E-02	1,786E-01	TR. 6
3,278E-01	3,600E-05	4,846E-01	1,206E+00	6,000E-02	1,786E-01	TR. 7
1,214E-01	3,300E-05	1,041E-01	8,469E-01	4,200E-02	1,588E-01	TR. 1-1
1,406E-01	3,600E-05	2,282E-01	1,016E+00	6,000E-02	1,687E-01	TR. 4-1



L'analisi modale è stata condotta esclusivamente nella III Fase inserendo gli spettri di risposta elastici in termini di accelerazioni per la definizione delle sollecitazioni sismiche.

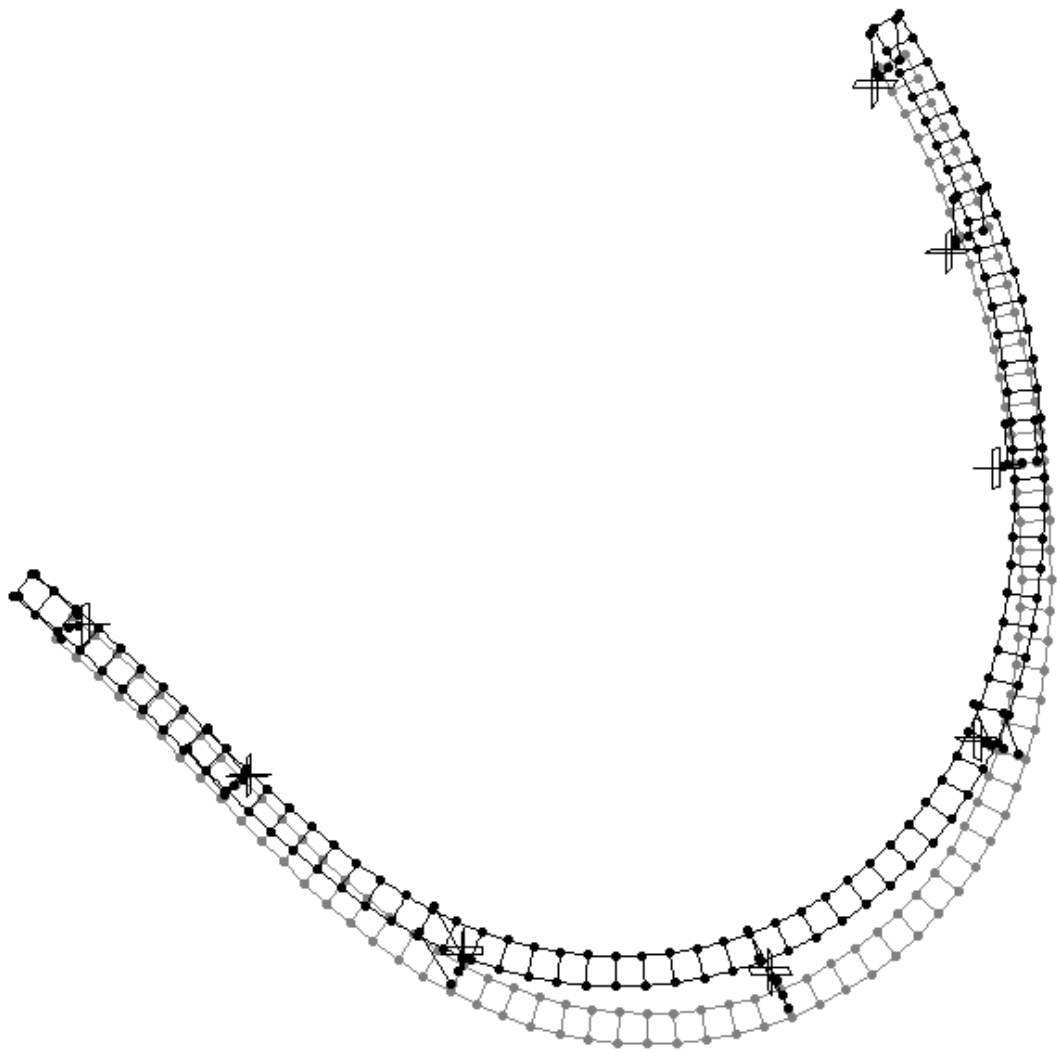
Il modello tridimensionale della struttura riproduce la distribuzione di masse e rigidzze della struttura; nell'analisi modale sono stati considerati tutti i modi che attivano più dell' 85% della massa della struttura. La combinazione dei modi al fine di calcolare sollecitazioni e spostamenti complessivi viene effettuata calcolando la radice quadrata della somma dei quadrati dei risultati ottenuti per ciascun modo, ovvero $E = (\sum E_i^2)^{\frac{1}{2}}$.

Lo studio delle sollecitazioni derivanti dai carichi mobili è stato condotto attraverso la definizione delle "lane" lungo le quali sono stati fatti muovere i carichi definiti in base alle indicazioni fornite dalla Normativa.



1° modo di vibrare - T = 1,92069s

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO



2° modo di vibrare - $T = 1,76198s$

2.5) VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI

2.5.1) Verifiche di resistenza

A partire dalle sollecitazioni sulle travi principali nelle varie combinazioni di carico, si sono condotte le verifiche di resistenza delle sezioni per ciascuna fase tenendo presente lo stato tensionale della fase precedente.

Nella prima fase risulta reagente soltanto la sezione in acciaio.

Nella seconda e terza fase la soletta collaborante viene omogeneizzata con il rispettivo coefficiente considerando una larghezza collaborante pari a metà impalcato.

Nelle zone di momento negativo non si tiene conto della collaborazione del calcestruzzo in quanto fessurato ma soltanto delle armature disposte nella soletta in corrispondenza della larghezza collaborante.

Nelle verifiche delle sezioni di calcestruzzo tese così come in quelle compresse viene tenuto conto della presenza dell'armatura longitudinale in soletta:

- Sezione di campata: $1+1\phi 20/20$
- Sezione di appoggio $1+1\phi 20/20$

Per ogni sezione viene effettuato il calcolo, con ovvio significato dei simboli per i dati geometrici di input, delle seguenti tensioni:

σ_i = sforzo di trazione/compressione nella fibra estrema dell'ala inferiore = M_d/W_i

σ_s = sforzo di trazione/compressione nella fibra estrema dell'ala superiore = M_d/W_s

σ_c = sforzo di compressione nella fibra estrema della soletta di calcestruzzo = M_d/W_c

σ_a = sforzo di trazione/compressione nell'armatura lenta superiore della soletta = M_d/W_a

M_d = Momento flettente sulla trave principale

W_i = Modulo di resistenza della fibra estrema dell'ala inferiore

W_s = Modulo di resistenza della fibra estrema dell'ala superiore

W_c = Modulo di resistenza della fibra estrema della soletta di calcestruzzo

W_a = Modulo di resistenza dell'armatura lenta superiore nella soletta

Si è utilizzata una convenzione di segno per la quale gli sforzi di compressione sono di segno negativo, quelli di trazione di segno positivo.

Le tensioni sono state calcolate tenendo conto delle differenti sezioni resistenti in caso di presenza o assenza di soletta collaborante e di azione flettente positiva o negativa.

In presenza di momento flettente positivo la sezione considerata è una sezione composta cls-acciaio omogeneizzata ad acciaio.

In presenza di momento flettente negativo e di taglio massimo, in considerazione del fatto che il cls fessurato offre un contributo resistente nullo, si è considerata la sezione costituita dal profilo in acciaio e dalle armature della soletta.

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)		
Sezione TR. 1 - Momento positivo		
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA		
Interasse connettori	$b_0 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato sx	$b_1 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,00 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,00 m
Luce trave	L =	40,00 m
Sezione di estremità ?		no
Coeff. posizione	$\alpha =$	1,00
Luce equivalente	$L_e = \alpha L =$	40,00 m
	$b_{e1} =$	1,00 m
	$b_{e2} =$	2,00 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,00 m

Caratteristiche dei materiali	Trave in Acciaio		Soletta collaborante in c.a.		
	Acciaio di carpenteria		Calcestruzzo ord.	Acciaio in barre	
Classe di resistenza		S 355		C32/40	
Resistenza carat. a rottura (N/mm^2)	$f_{yk} =$	355	$f_{ck} =$	32	
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\gamma_c =$	1,50	
Resistenza di progetto (N/mm^2)	$f_{yd} =$	338	$f_{cd} =$	18,1	
Modulo elastico (N/mm^2)	Es =	210.000	Ec =	33.346	
				$f_{ywk} =$	B450C
				$\gamma_s =$	1,15
				$f_{ywd} =$	391
				Es =	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
190,0	120,00	4,00	100,00	2,00	184,0	2,0

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	400,0	Spessore soletta (cm)	25,0
Coef.di omog.a lungo termine ($E_c^* = E_c/2$)	12,6	Coef.di omogeneizzazione istantaneo	6,3
Larghezza b_0 del getto (cm)	100,00	Altezza polistirolo (cm)	5,0
$h' = s + h_{polistirolo}$ (cm)	30,00	$H_{totale} = h' + h_{trave}$ (cm)	220,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	62,80	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	62,80	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	4.869	1.464	15.276	21.609
Taglio di progetto	V_d (kN) =	0	0	1.564	1.564

Caratteristiche inerziali	Trave in acciaio		Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
	I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.	
Area reagente omog. acciaio	A (cm^2) =	1.048,00	2.007	2.841
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	70,7	135,2	156,1
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	6.338.940	15.547.159	18.596.918
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	89.666,46	115.026	119.157
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	53.132,07	283.511	548.117
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		2.308.182	1.831.992
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		192.325	310.317

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE						
		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	54	56	128	238	0,70
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	-92	-23	-28	-143	0,42
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		-3,1	-8,3	-11,5	0,63
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		-34	-49	-83	0,21

$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	374,000
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	7300,5
	$\rho =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-\rho) f_{yk} / \gamma_{M0} =$	338
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	230
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	-139

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)		
Sezione TR. 1 - Momento negativo		
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA		
Interasse connettori	$b_0 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato sx	$b_1 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,00 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,00 m
Luce trave	$L =$	40,00 m
Sezione di estremità ?		no
Coeff. posizione	$\alpha =$	1,00
Luce equivalente	$L_e = \alpha L =$	40,00 m
	$b_{e1} =$	1,00 m
	$b_{e2} =$	2,00 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,00 m

Caratteristiche dei materiali	Trave in Acciaio		Soletta collaborante in c.a.		
	Acciaio di carpenteria		Calcestruzzo ord.	Acciaio in barre	
Classe di resistenza		S 355		B450C	
Resistenza carat. a rottura (N/mm^2)	$f_{yk} =$	355	$f_{ck} =$	32	
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\gamma_c =$	1,50	
Resistenza di progetto (N/mm^2)	$f_{yd} =$	338	$f_{cd} =$	18,1	
Modulo elastico (N/mm^2)	$E_s =$	210.000	$E_c =$	33.346	
				$f_{ywk} =$	450
				$\gamma_s =$	1,15
				$f_{ywd} =$	391
				$E_s =$	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
210,0	120,00	4,00	100,00	2,00	204,0	2,0

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	400,0	Spessore soletta (cm)	25,0
Coef. di omog. a lungo termine ($E_c^* = E_c/2$)	12,6	Coef. di omogeneizzazione istantaneo	6,3
Larghezza b_0 del getto (cm)	100,00	Altezza polistirolo (cm)	5,0
$h' = s + h_{polistirolo}$ (cm)	30,00	$H_{totale} = h' + h_{trave}$ (cm)	240,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	62,80	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	62,80	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)					
		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	-1.427	-196	-12.477	-14.100
Taglio di progetto	V_d (kN) =	839	230	1.564	2.633

Caratteristiche inerziali	Trave in acciaio		Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
	I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.	
Area reagente omog. acciaio	A (cm^2) =	1.088,00	1.214	1.214
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	79,1	94,3	94,3
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	7.939.000	10.406.125	10.406.125
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	100.428,24	110.308	110.308
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	60.626,87	89.970	89.970
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		73.457	73.457

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-14	-2	-113	-129	0,38
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	24	2	139	164	0,49
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		3	170	173	0,44

$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	414,000
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	8081,3
	$\rho =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-\rho) f_{yk}/\gamma_{M0} =$	338
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	-124
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	162

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)		
Sezione TR. 2 - Momento negativo		
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA		
Interasse connettori	$b_0 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato sx	$b_1 =$	1,25 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,00 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,25 m
Luce trave	$L =$	40,00 m
Sezione di estremità ?		no
Coeff. posizione	$\alpha =$	1,00
Luce equivalente	$L_e = \alpha L =$	40,00 m
	$b_{e1} =$	1,25 m
	$b_{e2} =$	2,00 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,25 m

Caratteristiche dei materiali	Trave in Acciaio		Soletta collaborante in c.a.	
	Acciaio di carpenteria		Calcestruzzo ord.	Acciaio in barre
Classe di resistenza		S 355	C32/40	B450C
Resistenza carat. a rottura (N/mm^2)	$f_{yk} =$	335	$f_{ck} =$	32
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\gamma_c =$	1,50
Resistenza di progetto (N/mm^2)	$f_{yd} =$	319	$f_{cd} =$	18,1
Modulo elastico (N/mm^2)	$E_s =$	210.000	$E_c =$	33.346
			$f_{ywk} =$	450
			$\gamma_s =$	1,15
			$f_{ywd} =$	391
			$E_s =$	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
210,0	120,00	6,00	100,00	5,00	199,0	2,5

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	425,0	Spessore soletta (cm)	25,0
Coef.di omog.a lungo termine ($E_c^* = E_c/2$)	12,6	Coef.di omogeneizzazione istantaneo	6,3
Larghezza b_0 del getto (cm)	100,00	Altezza polistirolo (cm)	5,0
$h' = s + h_{polistirolo}$ (cm)	30,00	$H_{totale} = h' + h_{trave}$ (cm)	240,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	69,08	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	69,08	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)				
	I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto M_d (kNm) =	-6.727	-1.564	-13.969	-22.260
Taglio di progetto V_d (kN) =	1.186	337	2.001	3.524

Caratteristiche inerziali	Trave in acciaio		Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
	I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.	
Area reagente omog. acciaio A (cm^2) =	1.717,50	1.856	1.856	
Posizione baricentro (risp. lembo inf) Y_g (cm) =	92,2	102,2	102,2	
Momenti d'inerzia I_x (cm^4) =	14.108.821	16.434.770	16.434.770	
Mod.res. lembo inf. trave acciaio W_i (cm^3) =	152.982,78	160.746	160.746	
Mod.res. lembo sup. trave acciaio W_s (cm^3) =	119.794,59	152.514	152.514	
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls) W_c (cm^3) =		0	0	
Mod.res. corda a liv. armatura sup. W_a (cm^3) =		122.868	122.868	

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-44	-10	-87	-141	0,44
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	56	10	92	158	0,50
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		13	114	126	0,32

$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione

TAGLIO		
Area di taglio A_v (cm^2) =	511,250	c.s.
Taglio resistente $V_{c,Rd}$ (kN) =	9417,3	0,37
	$\rho =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	
Resistenza ridotta a flessione anima $(1-\rho) f_{yk}/\gamma_{M0} =$	319	
lembo inferiore anima σ_{ia} (N/mm^2) =	-132	0,41
lembo superiore anima σ_{sa} (N/mm^2) =	151	0,47

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)		
Sezione TR. 3 - Momento negativo		
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA		
Interasse connettori	$b_0 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato sx	$b_1 =$	1,25 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,00 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,25 m
Luce trave	$L =$	40,00 m
Sezione di estremità ?		no
Coeff. posizione	$\alpha =$	1,00
Luce equivalente	$L_e = \alpha L =$	40,00 m
	$b_{e1} =$	1,25 m
	$b_{e2} =$	2,00 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,25 m

Caratteristiche dei materiali	Trave in Acciaio		Soletta collaborante in c.a.		
	Acciaio di carpenteria		Calcestruzzo ord.	Acciaio in barre	
Classe di resistenza		S 355		B450C	
Resistenza carat. a rottura (N/mm^2)	$f_{yk} =$	335	$f_{ck} =$	32	
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\gamma_c =$	1,50	
Resistenza di progetto (N/mm^2)	$f_{yd} =$	319	$f_{cd} =$	18,1	
Modulo elastico (N/mm^2)	$E_s =$	210.000	$E_c =$	33.346	
				$f_{ywk} =$	450
				$\gamma_s =$	1,15
				$f_{ywd} =$	391
				$E_s =$	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
210,0	120,00	9,00	100,00	9,00	192,0	2,5

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	425,0	Spessore soletta (cm)	25,0
Coef. di omog. a lungo termine ($E_c^+ = E_c/2$)	12,6	Coef. di omogeneizzazione istantaneo	6,3
Larghezza b_0 del getto (cm)	100,00	Altezza polistirolo (cm)	5,0
$h' = s + h_{polistirolo}$ (cm)	30,00	$H_{totale} = h' + h_{trave}$ (cm)	240,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	69,08	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	69,08	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	-13.384	-3.386	-18.931	-35.701
Taglio di progetto	V_d (kN) =	1.574	422	2.185	4.181

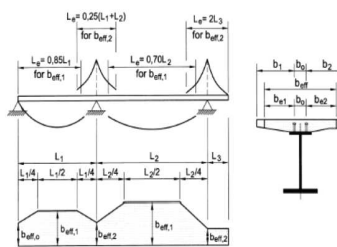
Caratteristiche inerziali	Trave in acciaio		Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
	I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.	
Area reagente omog. acciaio	A (cm^2) =	2.460,00	2.598	2.598
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	97,6	104,5	104,5
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	21.353.392	23.545.576	23.545.576
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	218.680,93	225.292	225.292
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	190.055,16	223.205	223.205
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		179.070	179.070

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-61	-15	-84	-160	0,50
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	70	15	85	170	0,53
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		19	106	125	0,32

$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	502,500
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	9256,2
	$\rho =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-\rho) f_{yk}/\gamma_{M0} =$	319
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	-146
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	156

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)		
Sezione TR. 4 - Momento positivo		
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA		
Interasse connettori	$b_0 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato sx	$b_1 =$	1,25 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,00 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,25 m
Luce trave	L =	40,00 m
Sezione di estremità ?		no
Coeff. posizione	$\alpha =$	1,00
Luce equivalente	$L_e = \alpha L =$	40,00 m
	$b_{e1} =$	1,25 m
	$b_{e2} =$	2,00 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,25 m



Caratteristiche dei materiali	Trave in Acciaio		Soletta collaborante in c.a.	
	Acciaio di carpenteria	Calcestruzzo ord.	Acciaio in barre	
Classe di resistenza	S 355	C32/40	B450C	
Resistenza carat. a rottura (N/mm^2)	$f_{yk} = 355$	$f_{ck} = 32$	$f_{ywk} = 450$	
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} = 1,05$	$\gamma_c = 1,50$	$\gamma_s = 1,15$	
Resistenza di progetto (N/mm^2)	$f_{yd} = 338$	$f_{cd} = 18,1$	$f_{ywd} = 391$	
Modulo elastico (N/mm^2)	$E_s = 210.000$	$E_c = 33.346$	$E_s = 210.000$	

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
210,0	120,00	4,00	100,00	2,00	204,0	2,0

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	425,0	Spessore soletta (cm)	25,0
Coef. di omog. a lungo termine ($E_c^* = E_c/2$)	12,6	Coef. di omogeneizzazione istantaneo	6,3
Larghezza b_0 del getto (cm)	100,00	Altezza polistirolo (cm)	5,0
$h' = s + h_{polistirolo}$ (cm)	30,00	$H_{totale} = h' + h_{trave}$ (cm)	240,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	69,08	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	69,08	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	4.274	1.627	21.504	27.405
Taglio di progetto	V_d (kN) =	0	0	1.765	1.765

Caratteristiche inerziali	Trave in acciaio		Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
	I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.	
Area reagente omog. acciaio	A (cm^2) =	1.088,00	2.109	2.993
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	79,1	150,0	172,6
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	7.939.000	19.354.536	23.053.535
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	100.428,24	129.018	133.590
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	60.626,87	322.650	615.893
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		2.709.041	2.153.060
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		225.089	363.442

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE						
		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	43	56	161	260	0,77
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	-70	-23	-35	-128	0,38
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		-3,0	-10,0	-13,0	0,72
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		-33	-59	-92	0,23

$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	414,000
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	8081,3
	$\rho = \text{infl. taglio trasc. su res. fles.}$	
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-\rho) f_{yk} / \gamma_{M0} =$	338
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	252
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	-125

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)		
Sezione TR. 4 - Momento negativo		
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA		
Interasse connettori	$b_0 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato sx	$b_1 =$	1,25 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,00 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,25 m
Luce trave	$L =$	40,00 m
Sezione di estremità ?		no
Coeff. posizione	$\alpha =$	1,00
Luce equivalente	$L_e = \alpha L =$	40,00 m
	$b_{e1} =$	1,25 m
	$b_{e2} =$	2,00 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,25 m

Caratteristiche dei materiali	Trave in Acciaio		Soletta collaborante in c.a.		
	Acciaio di carpenteria		Calcestruzzo ord.	Acciaio in barre	
Classe di resistenza		S 355		B450C	
Resistenza carat. a rottura (N/mm^2)	$f_{yk} =$	355	$f_{ck} =$	32	
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{MO} =$	1,05	$\gamma_c =$	1,50	
Resistenza di progetto (N/mm^2)	$f_{yd} =$	338	$f_{cd} =$	18,1	
Modulo elastico (N/mm^2)	$E_s =$	210.000	$E_c =$	33.346	
				$f_{ywk} =$	450
				$\gamma_s =$	1,15
				$f_{ywd} =$	391
				$E_s =$	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
300,0	120,00	4,00	100,00	2,00	294,0	2,0

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	425,0	Spessore soletta (cm)	25,0
Coef. di omog. a lungo termine ($E_c^* = E_c/2$)	12,6	Coef. di omogeneizzazione istantaneo	6,3
Larghezza b_0 del getto (cm)	100,00	Altezza polistirolo (cm)	5,0
$h' = s + h_{polistirolo}$ (cm)	30,00	$H_{totale} = h' + h_{trave}$ (cm)	330,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	69,08	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	69,08	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)					
		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	-8.519	-2.511	-19.557	-30.587
Taglio di progetto	V_d (kN) =	1.265	384	2.076	3.725

Caratteristiche inerziali		Trave in acciaio		Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
		I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.	
Area reagente omog. acciaio	A (cm^2) =	1.268,00	1.406	1.406	
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	117,9	137,5	137,5	
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	17.887.478	22.823.583	22.823.583	
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	151.665,83	166.021	166.021	
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	98.250,49	140.430	140.430	
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0	
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		121.063	121.063	

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE						
		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-56	-15	-118	-189	0,56
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	87	18	139	244	0,72
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		21	162	182	0,47

$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	594,000
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	11594,8
	$\rho =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	0,32
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-\rho) f_{yk} / \gamma_{MO} =$	338
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	-183
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	241

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)	
Sezione TR. 5 - Momento negativo	
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA	
Interasse connettori	$b_0 = 1,00$ m
Larghezza soletta lato sx	$b_1 = 1,50$ m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 = 2,00$ m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 = 4,50$ m
Luce trave	$L = 60,00$ m
Sezione di estremità ?	no
Coeff. posizione	$\alpha = 1,00$
Luce equivalente	$L_e = \alpha L = 60,00$ m
	$b_{e1} = 1,50$ m
	$b_{e2} = 2,00$ m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} = 4,50$ m

Caratteristiche dei materiali	Trave in Acciaio		Soletta collaborante in c.a.	
	Acciaio di carpenteria		Calcestruzzo ord.	Acciaio in barre
Classe di resistenza		S 355		B450C
Resistenza carat. a rottura (N/mm^2)	$f_{yk} = 335$		$f_{ck} = 32$	$f_{ywk} = 450$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} = 1,05$		$\gamma_c = 1,50$	$\gamma_s = 1,15$
Resistenza di progetto (N/mm^2)	$f_{yd} = 319$		$f_{cd} = 18,1$	$f_{ywd} = 391$
Modulo elastico (N/mm^2)	$E_s = 210.000$		$E_c = 33.346$	$E_s = 210.000$

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
300,0	120,00	6,00	100,00	5,00	289,0	2,5

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	450,0	Spessore soletta (cm)	25,0
Coef. di omog. a lungo termine ($E_c^* = E_c/2$)	12,6	Coef. di omogeneizzazione istantaneo	6,3
Larghezza b_0 del getto (cm)	100,00	Altezza polistirolo (cm)	5,0
$h' = s + h_{polistirolo}$ (cm)	30,00	$H_{totale} = h' + h_{trave}$ (cm)	330,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	72,22	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	72,22	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	-19.629	-5.664	-20.899	-46.192
Taglio di progetto	V_d (kN) =	1.808	578	2.289	4.675

Caratteristiche inerziali		Trave in acciaio		Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
		I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.	
Area reagente omog. acciaio	A (cm^2) =	1.942,50	2.087	2.087	
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	133,7	146,3	146,3	
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	30.950.391	35.469.248	35.469.248	
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	231.550,17	242.380	242.380	
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	186.073,77	230.826	230.826	
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0	
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		197.422	197.422	

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE						
		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-85	-23	-86	-194	0,61
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	105	25	91	221	0,69
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		29	106	135	0,34

$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	736,250
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	13561,9
	$\rho =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	0,34
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-\rho) f_{yk}/\gamma_{M0} =$	319
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	-186
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	214

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)		
Sezione TR. 6 - Momento negativo		
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA		
Interasse connettori	$b_0 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato sx	$b_1 =$	1,50 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,00 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,50 m
Luce trave	$L =$	40,00 m
Sezione di estremità ?		no
Coeff. posizione	$\alpha =$	1,00
Luce equivalente	$L_e = \alpha L =$	40,00 m
	$b_{e1} =$	1,50 m
	$b_{e2} =$	2,00 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,50 m

Caratteristiche dei materiali	Trave in Acciaio		Soletta collaborante in c.a.		
	Acciaio di carpenteria		Calcestruzzo ord.	Acciaio in barre	
Classe di resistenza		S 355		B450C	
Resistenza carat. a rottura (N/mm^2)	$f_{yk} =$	335	$f_{ck} =$	32	
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\gamma_c =$	1,50	
Resistenza di progetto (N/mm^2)	$f_{yd} =$	319	$f_{cd} =$	18,1	
Modulo elastico (N/mm^2)	$E_s =$	210.000	$E_c =$	33.346	
				$f_{ywk} =$	450
				$\gamma_s =$	1,15
				$f_{ywd} =$	391
				$E_s =$	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
300,0	120,00	9,00	100,00	9,00	282,0	2,5

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	450,0	Spessore soletta (cm)	25,0
Coef. di omog. a lungo termine ($E_c^* = E_c/2$)	12,6	Coef. di omogeneizzazione istantaneo	6,3
Larghezza b_0 del getto (cm)	100,00	Altezza polistirolo (cm)	5,0
$h' = s + h_{polistirolo}$ (cm)	30,00	$H_{totale} = h' + h_{trave}$ (cm)	330,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	72,22	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	72,22	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	-27.265	-7.905	-23.944	-59.114
Taglio di progetto	V_d (kN) =	1.814	563	2.375	4.752

Caratteristiche inerziali	Trave in acciaio		Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
	I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.	
Area reagente omog. acciaio	A (cm^2) =	2.685,00	2.829	2.829
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	140,2	149,3	149,3
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	46.347.033	50.629.524	50.629.524
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	330.470,00	339.212	339.212
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	290.114,66	335.865	335.865
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		286.457	286.457

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-83	-23	-71	-176	0,55
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	94	24	71	189	0,59
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		28	84	111	0,28

$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	727,500
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	13400,7
	$\rho =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-\rho) f_{yk}/\gamma_{M0} =$	319
lembo inferiore anima	τ_{ia} (N/mm^2) =	-165
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	178

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)		
Sezione TR. 7 - Momento positivo		
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA		
Interasse connettori	$b_0 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato sx	$b_1 =$	1,50 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,00 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,50 m
Luce trave	$L =$	40,00 m
Sezione di estremità ?		no
Coeff. posizione	$\alpha =$	1,00
Luce equivalente	$L_e = \alpha L =$	40,00 m
	$b_{e1} =$	1,50 m
	$b_{e2} =$	2,00 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,50 m

Caratteristiche dei materiali	Trave in Acciaio		Soletta collaborante in c.a.		
	Acciaio di carpenteria		Calcestruzzo ord.	Acciaio in barre	
Classe di resistenza		S 355		B450C	
Resistenza carat. a rottura (N/mm^2)	$f_{yk} =$	355	$f_{ck} =$	32	
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	$\gamma_c =$	1,50	
Resistenza di progetto (N/mm^2)	$f_{yd} =$	338	$f_{cd} =$	18,1	
Modulo elastico (N/mm^2)	$E_s =$	210.000	$E_c =$	33.346	
				$f_{ywk} =$	450
				$\gamma_s =$	1,15
				$f_{ywd} =$	391
				$E_s =$	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
300,0	120,00	4,00	100,00	2,00	294,0	2,0

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	450,0	Spessore soletta (cm)	25,0
Coef.di omog.a lungo termine ($E_c^* = E_c/2$)	12,6	Coef.di omogeneizzazione istantaneo	6,3
Larghezza b_0 del getto (cm)	100,00	Altezza polistirolo (cm)	5,0
$h' = s + h_{polistirolo}$ (cm)	30,00	$H_{totale} = h' + h_{trave}$ (cm)	330,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	72,22	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	72,22	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	8.924	3.656	25.641	38.221
Taglio di progetto	V_d (kN) =	0	0	2.157	2.157

Caratteristiche inerziali	Trave in acciaio		Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
	I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.	
Area reagente omog. acciaio	A (cm^2) =	1.268,00	2.345	3.278
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	117,9	208,5	239,1
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	17.887.478	40.653.764	48.463.200
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	151.665,83	194.970	202.650
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	98.250,49	444.364	796.405
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		4.214.809	3.359.341
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		346.026	557.995

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE						
		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	59	61	127	247	0,73
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	-91	-27	-32	-150	0,44
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		-3,2	-7,6	-10,8	0,60
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		-35	-46	-81	0,21

$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	594,000
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	11594,8
	$\rho =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-\rho) f_{yk}/\gamma_{M0} =$	338
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	241
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	-148

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)			
Sezione TR. 7 - Momento negativo			
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA			
Interasse connettori	$b_0 =$	1,00 m	
Larghezza soletta lato sx	$b_1 =$	1,50 m	
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,00 m	
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,50 m	
Luce trave	L =	40,00 m	
Sezione di estremità ?		no	
Coeff. posizione	$\alpha =$	1,00	
Luce equivalente	$L_e = \alpha L =$	40,00 m	
	$b_{e1} =$	1,50 m	
	$b_{e2} =$	2,00 m	
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,50 m	

Caratteristiche dei materiali	Trave in Acciaio		Soletta collaborante in c.a.	
	Acciaio di carpenteria	Calcestruzzo ord.	Acciaio in barre	
Classe di resistenza	S 355	C32/40	B450C	
Resistenza carat. a rottura (N/mm^2)	$f_{yk} = 355$	$f_{ck} = 32$	$f_{ywk} = 450$	
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} = 1,05$	$\gamma_c = 1,50$	$\gamma_s = 1,15$	
Resistenza di progetto (N/mm^2)	$f_{yd} = 338$	$f_{cd} = 18,1$	$f_{ywd} = 391$	
Modulo elastico (N/mm^2)	$E_s = 210.000$	$E_c = 33.346$	$E_s = 210.000$	

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
300,0	120,00	4,00	100,00	2,00	294,0	2,0

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	450,0	Spessore soletta (cm)	25,0
Coef. di omog. a lungo termine ($E_c^* = E_c/2$)	12,6	Coef. di omogeneizzazione istantaneo	6,3
Larghezza b_0 del getto (cm)	100,00	Altezza polistirolo (cm)	5,0
$h' = s + h_{polistirolo}$ (cm)	30,00	$H_{totale} = h' + h_{trave}$ (cm)	330,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	121,90	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	121,90	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)				
	I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto M_d (kNm) =	-11.558	-3.277	-18.919	-33.754
Taglio di progetto V_d (kN) =	1.690	541	2.047	4.278

Caratteristiche inerziali	Trave in acciaio	Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
		I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo
Area reagente omog. acciaio A (cm^2) =	1.268,00	1.512	1.512
Posizione baricentro (risp. lembo inf) Y_g (cm) =	117,9	150,0	150,0
Momenti d'inerzia I_x (cm^4) =	17.887.478	25.990.635	25.990.635
Mod.res. lembo inf. trave acciaio W_i (cm^3) =	151.665,83	173.270	173.270
Mod.res. lembo sup. trave acciaio W_s (cm^3) =	98.250,49	173.272	173.272
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls) W_c (cm^3) =		0	0
Mod.res. corda a liv. armatura sup. W_a (cm^3) =		147.675	147.675

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-76	-19	-109	-204	0,60
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	118	19	109	246	0,73
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		22	128	150	0,38

$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione

TAGLIO		
Area di taglio A_v (cm^2) =	594,000	c.s.
Taglio resistente $V_{c,Rd}$ (kN) =	11594,8	0,37
	$\rho =$ inf. taglio trasc. su res. fles.	
Resistenza ridotta a flessione anima $(1-\rho) f_{yk} / \gamma_{M0}$	338	
lembo inferiore anima σ_{ia} (N/mm^2) =	-198	0,59
lembo superiore anima τ_{sa} (N/mm^2) =	243	0,72

2.5.2) Verifiche di stabilità dell'anima

Si effettuano le verifiche di stabilità per imbozzamento dei pannelli d'anima delle travi principali d'impalcato.

Le anime delle travi sono provviste di un sistema di irrigidimenti verticali atti a ridurre le dimensioni dei pannelli d'anima in modo tale da evitare i fenomeni di instabilità dovuti a forti valori di tensioni di compressione e di taglio.

Per le travi di altezza pari a 190cm e 210cm, gli irrigidimenti verticali sono posti in corrispondenza dei trasversi con un interasse pari a circa 5,00m e sono costituiti da un piatto di dimensioni 330x15mm.

Per le travi di altezza pari a 300cm, oltre agli irrigidimenti verticali posti in corrispondenza dei trasversi con un interasse pari a circa 5,00m, sono previsti degli irrigidimenti aggiuntivi realizzati con piatti di dimensioni 300x20mm intervallati ai trasversi stessi.

Si riportano nella pagina seguente le verifiche, operate seguendo le istruzioni CNR 10011/85 par.7.6, valutando per ciascun concio e nel pannello d'anima maggiormente compresso i valori delle tensioni agenti (σ_1 , τ) e della tensione ideale di calcolo, ed il valore della tensione ideale critica funzione delle dimensioni geometriche del pannello e del rapporto spessore/altezza dello stesso.

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

Verifica di stabilità all'imbozzamento dell'anima di elementi strutturali in acciaio a parete piena										
Svincolo Padula Buonabitacolo - Rampa A										
Caratteristiche geom.	TR. 1 +	Tipo 1 -	TR. 2 -	TR. 3 -	TR. 4 +	TR. 4 -	TR. 5 -	TR. 6 -	TR. 7 +	Note
Altezza trave (m)	1,90	1,90	2,10	2,10	2,10	2,10	3,00	3,00	3,00	f_y (N/mm ²) 355
Spessore ala compressa (m)	0,02	0,04	0,06	0,09	0,02	0,04	0,06	0,09	0,02	
Spessore ala tesa (m)	0,04	0,02	0,05	0,09	0,04	0,02	0,05	0,09	0,04	
Altezza anima (m)	1,84	1,84	1,99	1,92	2,04	2,04	2,89	2,82	2,94	
Spessore anima (m)	0,020	0,020	0,025	0,025	0,020	0,020	0,025	0,025	0,020	
h: altezza pannello (m)	1,84	1,84	1,99	1,92	2,04	2,04	2,89	2,82	2,94	
a: larghezza pannello (m)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	2,50	2,50	2,50	
α (a/h)	2,717	2,717	2,513	2,604	2,451	2,451	0,865	0,887	0,850	
$\tau_{med,p}$ (N/mm ²)	31	47	51	62	32	46	47	48	27	Tensione al lembo compresso (+ compr.) Tensione al lembo teso (+ traz) Massima di compressione ; 0 se solo traz. Minima di compressione; negativa se traz.
$\sigma_{max, compr}$ (N/mm ²)	106	96	104	119	95	140	144	131	111	
$\sigma_{max, traz}$ (N/mm ²)	177	122	117	126	192	181	163	140	183	
$\sigma_{1, pannello}$ (N/mm ²)	103	91	98	109	92	134	138	123	109	
$\sigma_{min, pannello}$ (N/mm ²)	-171	-120	-112	-116	-187	-178	-158	-132	-179	
Ψ	-1,660	-1,310	-1,144	-1,065	-2,022	-1,329	-1,145	-1,073	-1,642	
$\sigma_{cr,cal}$ (N/mm ²)	116	122	132	153	108	156	160	148	119	
β	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,800	0,800	0,800	
$\sigma_{cr,0}$	22	22	29	32	18	18	14	15	9	
k_σ	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	
k_τ	4,71	4,71	4,78	4,74	4,80	4,80	11,14	10,79	11,39	
σ_{cr}	526	526	702	754	428	428	333	350	206	
$\sigma_{cr,red}$	338	338	346	347	329	329	310	315	206	
τ_{cr}	104	104	140	150	86	86	155	158	98	
$\sigma_{cr,id}$	281	236	289	295	244	236	299	301	202	
$v = \sigma_{cr,id} / \sigma_{id,cal}$	2,42	1,93	2,19	1,93	2,27	1,52	1,87	2,03	1,70	> 1,5 x Beta =1,5 (verificato)

2.5.3) Verifiche a fatica con il metodo dei coefficienti λ

Per il progetto in esame si seguiranno i seguenti criteri per le verifiche allo stato limite di fatica di cui ai punti 4.2.4.1.4 e 5.1.4.3 delle NTC 2008.

Sulla base del danno D si può definire uno spettro di tensione equivalente, ad ampiezza costante, $\Delta\sigma_{E,d}$, in grado di produrre in 2×10^6 cicli, lo stesso danneggiamento prodotto dallo spettro di tensione di progetto. In tal caso, la verifica a fatica è ricondotta ad una verifica convenzionale, confrontando l'ampiezza di tensione equivalente di progetto, $\Delta\sigma_{E,d}$, con la classe del particolare $\Delta\sigma_c$, secondo la relazione:

$$\gamma_f \Delta\sigma_{E,d} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_M$$

L'ampiezza di tensione equivalente di progetto $\Delta\sigma_{E,d}$ può essere ricavata in modo convenzionale secondo la relazione:

$$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \Delta\sigma_p = \lambda \Delta\sigma_p \quad \text{con } \lambda \leq \lambda_{\max}$$

in cui:

- $\gamma_f = 1$ è il coefficiente parziale di sicurezza delle azioni;
- γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza delle resistenze;
- $\Delta\sigma_p = \sigma_{p,\max} - \sigma_{p,\min}$ è la massima ampiezza di tensione indotta dal modello di carico;
- λ è il fattore di equivalenza del danneggiamento per ponti stradali;
- λ_i sono fattori, opportunamente calibrati, specificati nel seguito;
- λ_{\max} è un valore limite del fattore λ , specificato nel seguito.

Le verifiche saranno effettuate utilizzando lo spettro di carico costituente il *modello di carico a fatica 3* descritto nella figura 5.1.5 delle NTC 2008.

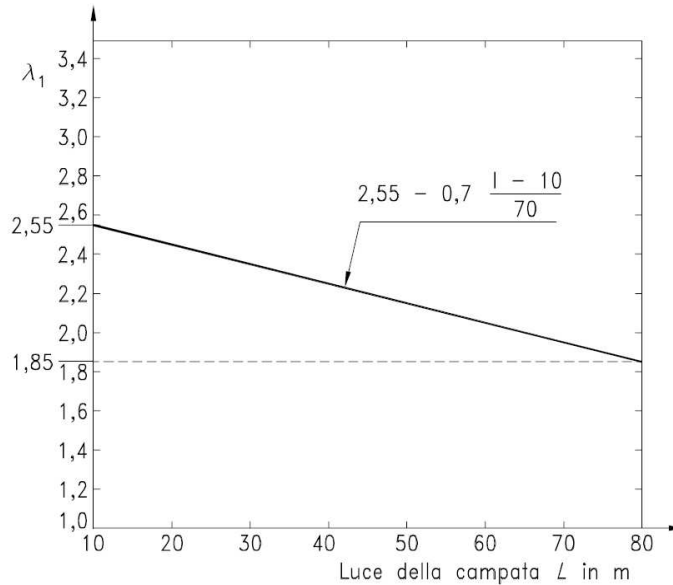
Il vettore sarà fatto marciare in asse alla corsia di marcia della rampa.

Per valori di "L" non compresi nei grafici seguenti si useranno i valori estremi indicati negli stessi grafici.

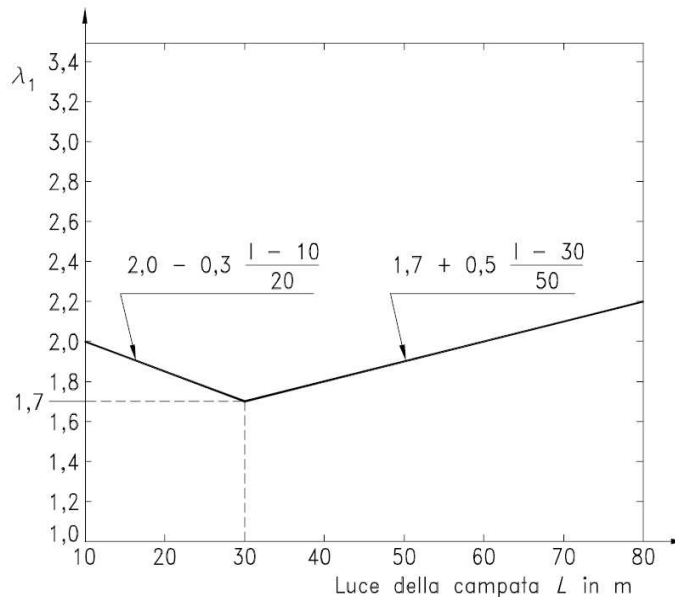
Fattore λ_1

λ_1 è un fattore che tiene conto dell'effetto di danneggiamento dovuto al traffico e dipende dalla lunghezza della campata o della linea d'influenza. In assenza di studi specifici, λ_1 può essere desunto dalle figure seguenti.

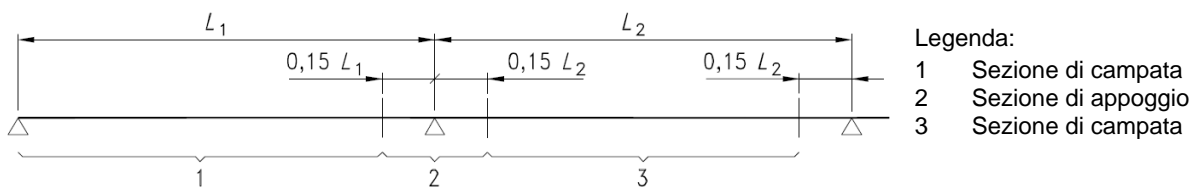
Fattore λ_1 per le sezioni in campata di ponti stradali



Fattore λ_1 per le sezioni prossime agli appoggi di ponti stradali



Aree dove si considerano le sezioni in campata e prossime agli appoggi



Essendo:

a) per i momenti:

- trave in semplice appoggio: la luce della campata L ;
- sezione di campata di travi continue: la luce della campata L_i ;
- sezione d'appoggio di travi continue: la media delle campate adiacenti all'appoggio $(L_i+L_{i+1})/2$;
- per diaframmi trasversali facenti da appoggio a travi secondarie, la somma della luce delle travi secondarie sostenute dal diaframma in questione;

b) per il taglio e la torsione:

- trave in semplice appoggio: la luce della campata L ;
- sezione di campata di travi continue: $0.4 L_i$;
- sezione d'appoggio di travi continue: L_i ;

c) per le reazioni:

- appoggi di travi in singola campata: L ;
- appoggi terminali di travi continue: $L_{\text{terminale}}$;
- appoggi intermedi di travi continue: $0,5(L_i + L_{i+1})$

Fattore λ_2

λ_2 è un fattore che tiene conto del volume del traffico. In assenza di studi specifici, λ_2 può essere ottenuto mediante la relazione:

$$\lambda_2 = \frac{Q_{m1}}{Q_0} \left(\frac{N_{Obs}}{N_0} \right)^{1/5}$$

in cui Q_{m1} è il peso lordo medio degli autocarri sulla corsia lenta (kN) ottenuto da:

$$Q_{m1} = \left(\frac{\sum n_i Q_i^5}{\sum n_i} \right)^{1/5}$$

$Q_0 = 480$ kN

$N_0 = 0,5 \times 10^6$

N_{Obs} è il numero totale annuo di autocarri di peso superiore a 100kN transitanti sulla corsia di marcia lenta, che si assumerà pari a 1 milione.;

Q_i è il peso lordo dell'autocarro i-esimo nella corsia lenta (kN); vedere NTC 2008 -Tab. 5.1.VIII con traffico di lunga percorrenza per le autostrade e per le strade extraurbane principali e per le strade extraurbane secondarie quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Per le altre reti viarie extraurbane si utilizzerà il traffico di media percorrenza;

n_i è il numero di autocarri di peso lordo Q_i nella corsia lenta; vedere NTC 2008 - Tab. 5.1.X e 5.1. VIII con traffico di lunga percorrenza per le autostrade e per le strade extraurbane principali e per le strade extraurbane secondarie quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Per le altre reti viarie extraurbane si utilizzerà il traffico di media percorrenza.

Il fattore λ_2 può essere ottenuto dalla tabella seguente per valori assegnati di Q_{m1} e di N_{Obs} .

Fattore λ_2

Q_{m1}	N_{Obs}							
	$0.25 \cdot 10^6$	$0.50 \cdot 10^6$	$0.75 \cdot 10^6$	$1.00 \cdot 10^6$	$1.25 \cdot 10^6$	$1.50 \cdot 10^6$	$1.75 \cdot 10^6$	$2.00 \cdot 10^6$
200	0.362	0.417	0.452	0.479	0.500	0.519	0.535	0.550
300	0.544	0.625	0.678	0.712	0.751	0.779	0.803	0.825
400	0.725	0.833	0.904	0.957	1.001	1.038	1.071	1.100
500	0.907	1.042	1.130	1.197	1.251	1.298	1.338	1.374
600	1.088	1.250	1.356	1.436	1.501	1.557	1.606	1.649

Fattore λ_3

λ_3 è un fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte. In assenza di studi specifici, λ_3 può essere ottenuto mediante la relazione:

$$\lambda_3 = \left(\frac{t_{Ld}}{100} \right)^{1/5}$$

dove t_{Ld} è la vita di progetto del ponte in anni che si assumerà pari a V_n .

Il fattore λ_3 può essere ottenuto dalla tabella seguente per valori assegnati di t_{Ld} .

Fattore λ_3

Vita di progetto in anni	50	60	70	80	90	100	120
Fattore λ_3	0.871	0.903	0.931	0.956	0.979	1.000	1.037

Fattore λ_4

λ_4 è un fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie. In assenza di studi specifici, λ_4 può essere ottenuto mediante la relazione:

$$\lambda_4 = \left[1 + \frac{N_2}{N_1} \left(\frac{\eta_2 Q_{m2}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 + \frac{N_3}{N_1} \left(\frac{\eta_3 Q_{m3}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 + \dots + \frac{N_k}{N_1} \left(\frac{\eta_k Q_{mk}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 \right]^{1/5}$$

dove:

k è il numero di corsie con traffico pesante;

N_j è il numero annuo di autocarri nella corsia j.

In mancanza di dati si può assumere quanto segue: per le autostrade con 3 o più corsie per senso di marcia le corsie di marcia lenta in direzione "X" e "Y" sono equamente caricate in termini di numero annuo di autocarri e sono entrambe affiancate dalla adiacente corsia di marcia caricata a sua volta con un numero annuo di autocarri pari al 25% di quello valutato per la corsia di marcia lenta; per le altre autostrade e per le strade extraurbane principali si assumerà il numero di autocarri transitante solo sulle corsie di marcia lenta in direzione "X" e "Y" a loro volta equamente caricate; per le strade extraurbane secondarie si assumerà il numero di autocarri transitante sulla corsia di marcia in direzione "X" (pari a 0,5 milioni) uguale a quello transitante sulle corsie di marcia in direzione "Y".

Q_{mj} è il peso lordo medio degli autocarri nella corsia j; in mancanza di dati si assumerà $Q_{mj} = Q_{m1}$

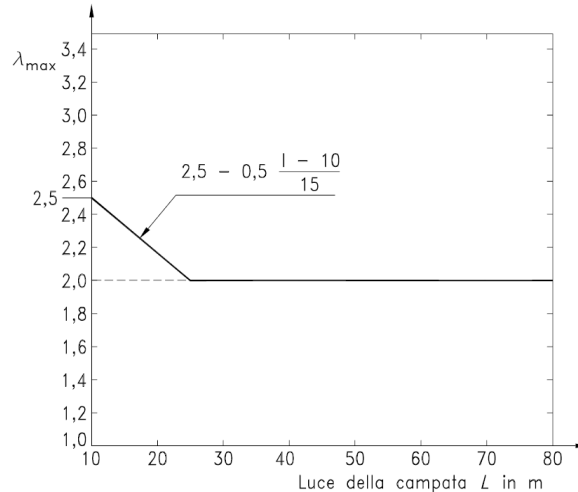
η_j è il coefficiente di ripartizione della j-esima corsia caricata.

Nel caso in esame $\lambda_4 \cong 1$

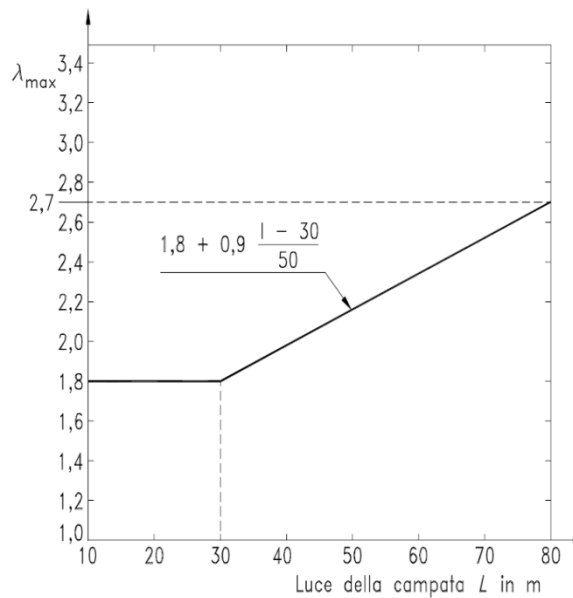
Fattore λ_{max}

λ_{max} è il valore massimo del fattore λ , che tiene conto del limite a fatica. In assenza di studi specifici, λ_{max} può essere ottenuto dalle figure seguenti.

Fattore λ_{max} per le sezioni in campata di ponti stradali



Fattore λ_{max} per le sezioni in prossimità degli appoggi di ponti stradali



In accordo con UNI EN 1994-2 6.8.6.2 le verifiche a fatica dei pioli si eseguiranno assumendo i seguenti valori dei coefficienti λ :

λ_1 = 1,55 per campate fino a 100 m;

$\lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$: i valori calcolati dalle espressioni riportate ai punti precedenti ma impiegando potenze 8 e 1/8 in luogo di 5 e 1/5.

Coefficienti parziali di sicurezza γ_M

Il coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche a fatica γ_M dipende sia dalla possibilità di individuare e riparare eventuali lesioni per fatica, sia dall'entità delle conseguenze della crisi per fatica dell'elemento.

Relativamente al primo punto, le strutture possono essere distinte in strutture *poco sensibili* e in strutture *sensibili*.

Si dice poco sensibile una struttura nella quale il mantenimento del richiesto livello di affidabilità nei riguardi dello stato limite di fatica può essere garantito attraverso un appropriato programma di ispezione, controllo, monitoraggio e riparazione delle lesioni di fatica, esteso alla vita di progetto della struttura.

Una struttura può essere classificata poco sensibile alla rottura per fatica se si verificano le seguenti circostanze:

- dettagli costruttivi, materiali e livelli di tensione tali da non essere sensibili alla fatica (ad esempio dimostrando tramite procedure analitiche e/o sperimentali che le eventuali lesioni presentino bassa velocità di propagazione e significativa lunghezza critica);
- disposizioni costruttive che permettano la redistribuzione degli sforzi (per esempio elementi che presentino gradi di iperstaticità strutturali);
- dettagli idonei ad arrestare la propagazione delle lesioni;
- dettagli facilmente ispezionabili;
- prestabilite procedure di ispezione e di manutenzione atte a rilevare e riparare le eventuali lesioni.

In caso contrario, la struttura si dice *sensibile*.

I valori dei coefficienti γ_M da adottare nelle verifiche sono riportati nella tabella seguente.

Coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche a fatica γ_M

Sensibilità della struttura	Conseguenze della rottura per fatica	
	moderate	significative
Struttura <i>poco sensibile</i>	1.00	1.15
Struttura <i>sensibile</i>	1.15	1.35

Le conseguenze della possibile crisi a fatica si distinguono in:

- *significative*: se relative ad elementi principali (travi principali, irrigidenti travi principali, traversi di testata, pioli, etc.), ovvero se il collasso di detti elementi comporta un forte danneggiamento dell'impalcato.
- *moderate*: se relative ad elementi secondari (diaframmi, controventi, traversi , travi di spina, elementi del deck della piastra ortotropa,etc.), ovvero se il collasso di tali elementi comporta una maggiore deformabilità della struttura, ma non il collasso per carichi frequenti da traffico, in quanto è possibile una redistribuzione degli sforzi.

Per il progetto in esame si assumerà che le strutture siano sensibili.

2.6) VERIFICA DEI TRASVERSI

Si riportano le verifiche strutturali delle due differenti tipologie di trasversi.

TRASVERSO TIPO A

Caratteristiche dei materiali		
<i>Classe di resistenza</i>		S 355
<i>Resistenza caratteristica a rottura</i>	f_{yk} (N/mm ²)	355
<i>Coefficiente di sicurezza</i>	γ_{M0}	1,05
<i>Resistenza di progetto</i>	f_{yd} (N/mm ²)	338
<i>Modulo elastico</i>	E_s (N/mm ²)	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio			
Ala inferiore		Ala superiore	
Larghezza (cm)	Spessore (cm)	Larghezza (cm)	Spessore (cm)
30,0	2,5	30,0	2,5
Altezza totale (cm)		Anima	
80,0		Altezza (cm)	Spessore (cm)
		75,0	1,5

Caratteristiche inerziali		
<i>Area sezione</i>	A (cm ²)	263
<i>Area di taglio</i>	A_v (cm ²)	116,25
<i>Posizione baricentro (risp. lembo inf)</i>	Y_g (cm)	40,0
<i>Momenti d'inerzia</i>	I_x (cm ⁴)	278.046,9
<i>Mod.res. lembo inf. trave acciaio</i>	W_i (cm ³)	6.951,2
<i>Mod.res. lembo sup. trave acciaio</i>	W_s (cm ³)	6.951,2

Sollecitazioni di Progetto		
Sforzo assiale	N_{Ed} (kN)	28,0
Momento Flettente	M_{Ed} (kNm)	1414,0
Taglio	V_{Ed} (kN)	557,0
N>0: Trazione; M>0: momento che tende le fibre inferiori		

Verifiche di resistenza		
Presso flessione - Lembo inferiore	σ_i (N/mm ²)	204,5
Presso flessione - Lembo superiore	σ_s (N/mm ²)	-202,4
Taglio	τ (N/mm ²)	47,9
$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione		
Tensione ideale	σ_{id} (N/mm ²)	220,7
Coefficiente di sicurezza	$f_{yd} / \sigma_{id} \geq$	1,53

TRASVERSO TIPO B

Caratteristiche dei materiali		
<i>Classe di resistenza</i>		S 355
<i>Resistenza caratteristica a rottura</i>	f_{yk} (N/mm ²)	355
<i>Coefficiente di sicurezza</i>	γ_{M0}	1,05
<i>Resistenza di progetto</i>	f_{yd} (N/mm ²)	338
<i>Modulo elastico</i>	E_s (N/mm ²)	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio			
Ala inferiore		Ala superiore	
Larghezza (cm)	Spessore (cm)	Larghezza (cm)	Spessore (cm)
40,0	3,0	40,0	3,0
Altezza totale (cm)		Anima	
		Altezza (cm)	Spessore (cm)
120,0		114,0	1,5

Caratteristiche inerziali		
<i>Area sezione</i>	A (cm ²)	411
<i>Area di taglio</i>	A_v (cm ²)	175,50
<i>Posizione baricentro (risp. lembo inf)</i>	Y_g (cm)	60,0
<i>Momenti d'inerzia</i>	I_x (cm ⁴)	1.006.713,0
<i>Mod.res. lembo inf. trave acciaio</i>	W_i (cm ³)	16.778,6
<i>Mod.res. lembo sup. trave acciaio</i>	W_s (cm ³)	16.778,6

Sollecitazioni di Progetto		
Sforzo assiale	N_{Ed} (kN)	46
Momento Flettente	M_{Ed} (kNm)	4.274
Taglio	V_{Ed} (kN)	1.611
N>0: Trazione; M>0: momento che tende le fibre inferiori		

Verifiche di resistenza		
Presso flessione - Lembo inferiore	σ_i (N/mm ²)	255,8
Presso flessione - Lembo superiore	σ_s (N/mm ²)	-253,6
Taglio	τ (N/mm ²)	91,8
$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione		
Tensione ideale	σ_{id} (N/mm ²)	301,2
Coefficiente di sicurezza	$f_{yd} / \sigma_{id} \geq$	1,12

2.7) APPARECCHI DI APPOGGIO

Gli apparecchi di appoggio sono costituiti da isolatori di tipo elastomerico armato ancorati alle singole travi ed ai baggioli realizzati in testa alle pile e sulle spalle e sono progettati per supportare le azioni nella combinazione caratteristica (SLU) e le azioni e gli spostamenti nelle combinazioni sismiche allo Stato Limite di Collasso (SLC).

I dispositivi adottati hanno le seguenti rigidezze:

Spostamento massimo 300 mm

Rigidezza orizzontale equivalente: $K_e = 3,52 \text{ kN/mm}$

Rigidezza verticale $K_v = 2.439 \text{ kN/mm}$

Le azioni e gli spostamenti sui singoli appoggi sono riepilogati nelle tabelle che seguono, in cui sono evidenziate le azioni, gli spostamenti orizzontali massime.

Risultati Modello					
Azioni orizzontali sugli isolatori			Azioni verticali sugli isolatori		
	Esercizio	Sisma		Esercizio	Sisma
H_{media} (kN)	135	554	V_{media} (kN)	-3.785	-2.549
H_{min} (kN)	74	250	V_{min} (kN)	-471	-224
H_{max} (kN)	243	807	V_{max} (kN)	-10.354	-5.726

Spostamenti massimi (SLC)			
Spalla A	230 mm	Pila 4	272 mm
Pila 1	245 mm	Pila 5	234 mm
Pila 2	282 mm	Pila 6	210 mm
Pila 3	289 mm	Spalla B	200 mm

2.8) VERIFICA TRASVERSALE DELLA SOLETTA

La soletta in c.a. è gettata per uno spessore di 25cm su predalles tralicciate di spessore pari a 5cm per un'altezza totale e costante pari a 30cm.

In direzione longitudinale la soletta è collaborante con le travi principali in acciaio e per essa le verifiche di resistenza sono riportate nelle varie condizioni di carico unitamente a quelle delle travi.

Inoltre in tale direzione bisogna tener presente gli effetti locali dei carichi permanenti e mobili che sollecitano a taglio e flessione la soletta.

A tal scopo si considerano due fasi distinte di comportamento:

- **I Fase: Getto della soletta** – Struttura resistente solo la predalle tralicciata.
- **II Fase: Sovraccarichi permanenti e carichi mobili** – Struttura resistente trasversale soletta di altezza pari a 30cm.

Sono stati considerati due differenti modelli per tener conto delle diverse larghezze dell'impalcato schematizzando la soletta come una trave continua su due appoggi con le seguenti luci:

Modello 1:	interasse appoggi	5,00m
	luce sbalzi laterali	1,50m
	larghezza complessiva implacato	8,00m
Modello 2:	interasse appoggi	5,00m
	luce sbalzi laterali	2,15m
	larghezza complessiva implacato	9,30m

Analisi dei carichi permanenti:

- Soletta $s=25+5\text{cm}$ $0,30\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 7,50 \text{ kN/m}^2$
- Ringrosso $H_{\text{media}} = 20\text{cm}$ $0,20\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 5,00 \text{ kN/m}$
- Pavimentazione $2,50 \text{ kN/m}^2$
- Veletta in c.a. $3,75 \text{ kN/m}$
- Sicurvia $2,50 \text{ kN/m}$
- Frangivento $1,00 \text{ kN/m}$

Carichi da traffico:

- **Schema di carico 2** – un singolo asse applicato su specifiche impronte di forma rettangolare di larghezza 0,60m ed altezza 0,35m poste ad interasse pari a 2,00m con carico pari a 200kN.

La larghezza collaborante della soletta è stata valutata considerando la diffusione dei carichi concentrati dovuti alle azioni del traffico nella soletta e nella pavimentazione ottenendo un'impronta pari a:

spessore pavimentazione $s = 11\text{cm}$

spessore soletta $h = 25\text{cm}$

$$b' = b + 2s + h = 60\text{cm} + 2 \times 11\text{cm} + 25\text{cm} = 107\text{cm}$$

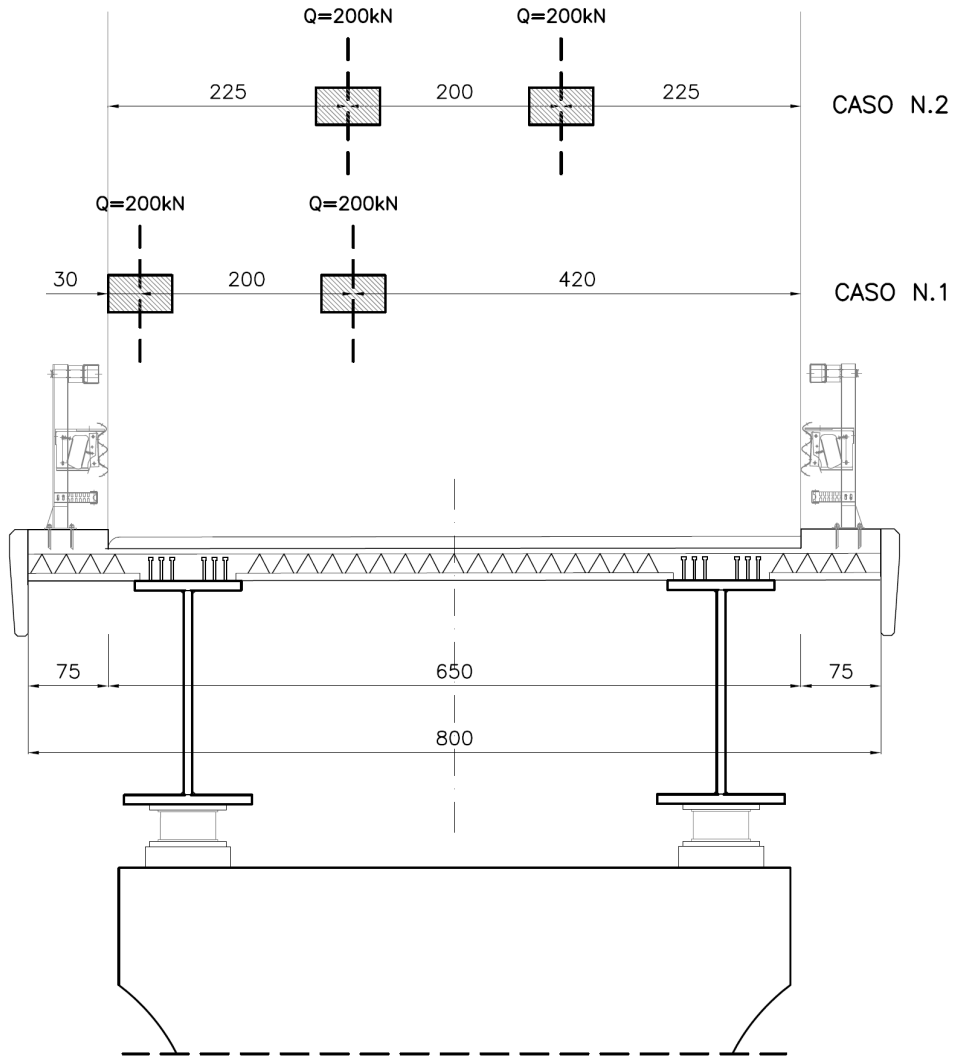
$$a' = a + 2s + h = 35\text{cm} + 2 \times 11\text{cm} + 25\text{cm} = 82\text{cm}$$

La diffusione delle impronte in pianta per la determinazione della larghezza collaborante è stata effettuata a 45° fino all'asse delle travi principali ottenendo una larghezza collaborante di 2,75m.

$$q = (Q / B) / b' = (200\text{kN} / 2,75\text{m}) / 1,07\text{m} = 68\text{kN}$$

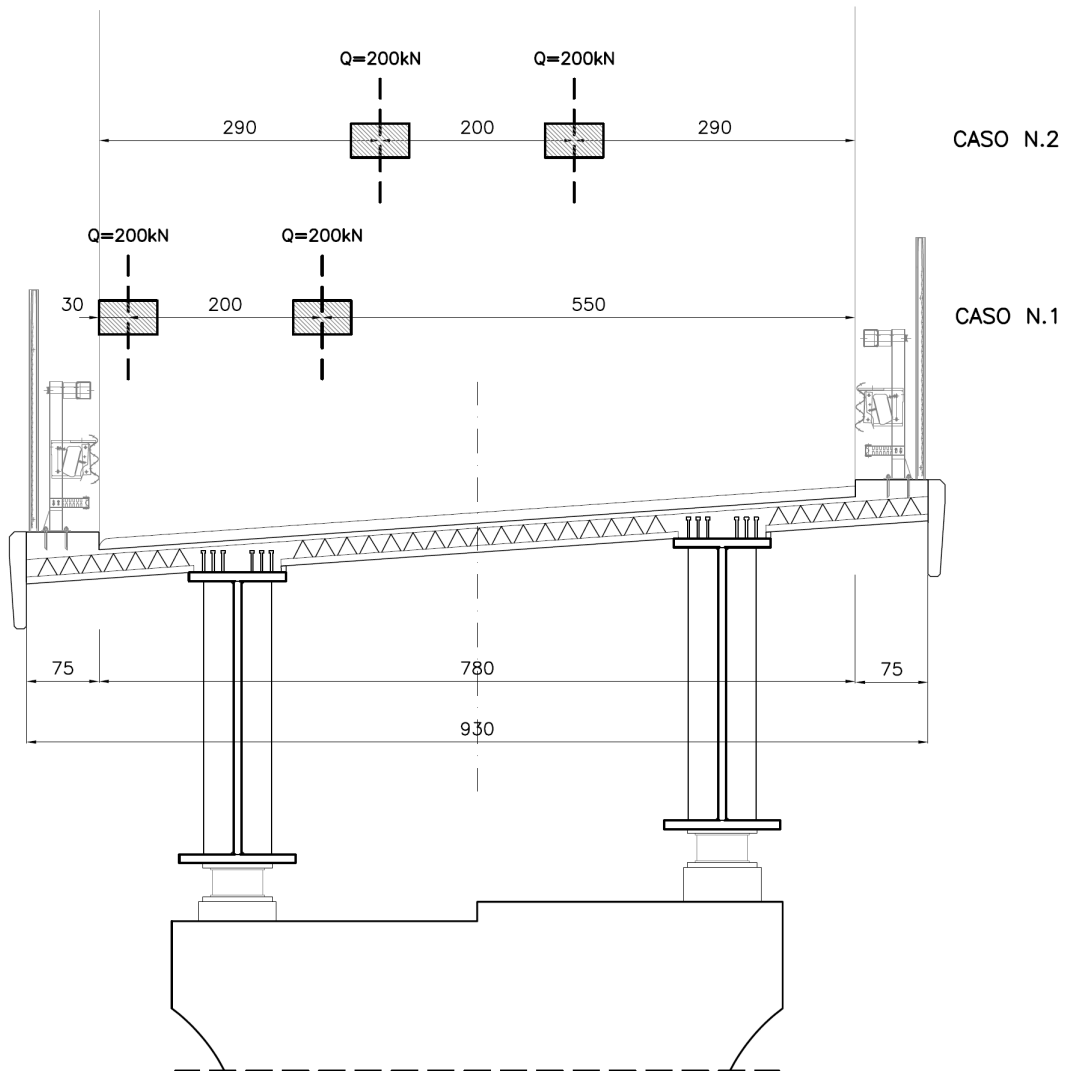
Sono state considerate due differenti posizioni per il carico da traffico per massimizzare le sollecitazioni all'appoggio ed in campata.

MODELLO 1



ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

MODELLO 2



I carichi sono stati combinati secondo le indicazioni della Normativa moltiplicando i carichi per i seguenti coefficienti:

- Carichi permanenti: $\gamma_G = 1,35$
- Carichi variabili da traffico: $\gamma_Q = 1,35$

Si riportano sinteticamente le sollecitazioni per le combinazioni di calcolo esaminate.

CASO 1

$$M_{\max}^- = -160,87 \text{ kNm/m (valore all'appoggio)}$$

$$M_{\max}^- = -90,55 \text{ kNm/m (valore al limite della piattabanda superiore)}$$

$$V_{\max} = 138,20 \text{ kN/m (valore all'appoggio)}$$

$$V_d = 114,81 \text{ kN/m (valore al limite della piattabanda superiore)}$$

CASO 2

$$M_{\max}^+ = 159,85 \text{ kNm/m}$$

$$V_{\max} = 131,98 \text{ kN (valore all'appoggio)}$$

$$V_d = 125,23 \text{ kN/m (valore al limite della piattabanda superiore)}$$

Verifica a flessione sezione di appoggio

$$B = 100\text{cm} \quad h = 30\text{cm}$$

$$\text{Armatura superiore: } 1\Phi 20/10 \quad c = 3,0\text{cm}$$

$$\text{Armatura inferiore: } 1\Phi 20/20 \quad c = 6,0 \text{ cm}$$

$$M_R = 289,90 \text{ kNm}$$

$$\text{c.s.} = M_R / M_{\max}^- = 289,90 / 160,87 = 1,80$$

Verifica a flessione sezione di campata

$$B = 100\text{cm} \quad h = 25\text{cm}$$

$$\text{Armatura superiore: } 1\Phi 20/20 \quad c = 3,0\text{cm}$$

$$\text{Armatura inferiore: } 1\Phi 20/10 \quad c = 1,0 \text{ cm}$$

$$M_R = 264,7 \text{ kNm}$$

$$\text{c.s.} = M_R / M_{\max}^- = 264,7 / 159,85 = 1,66$$

Si riporta la verifica a taglio per la soletta.

Sezione in C.A.
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio
VERIFICA SENZA ARMATURA

Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo ord.		Acciaio	
$f_{ck} =$	32	$f_{yk} =$	450
$\gamma_c =$	1,50	$\gamma_s =$	1,15
$f_{cd} =$	18,13	$f_{yd} =$	391

Dati sezione	
Altezza utile sezione (cm)	26
B_{min} della sezione in zona tesa (cm)	100
Armatura tesa (cm ²)	31,40
Sforzo Normale di compress. (kN)	0
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,00

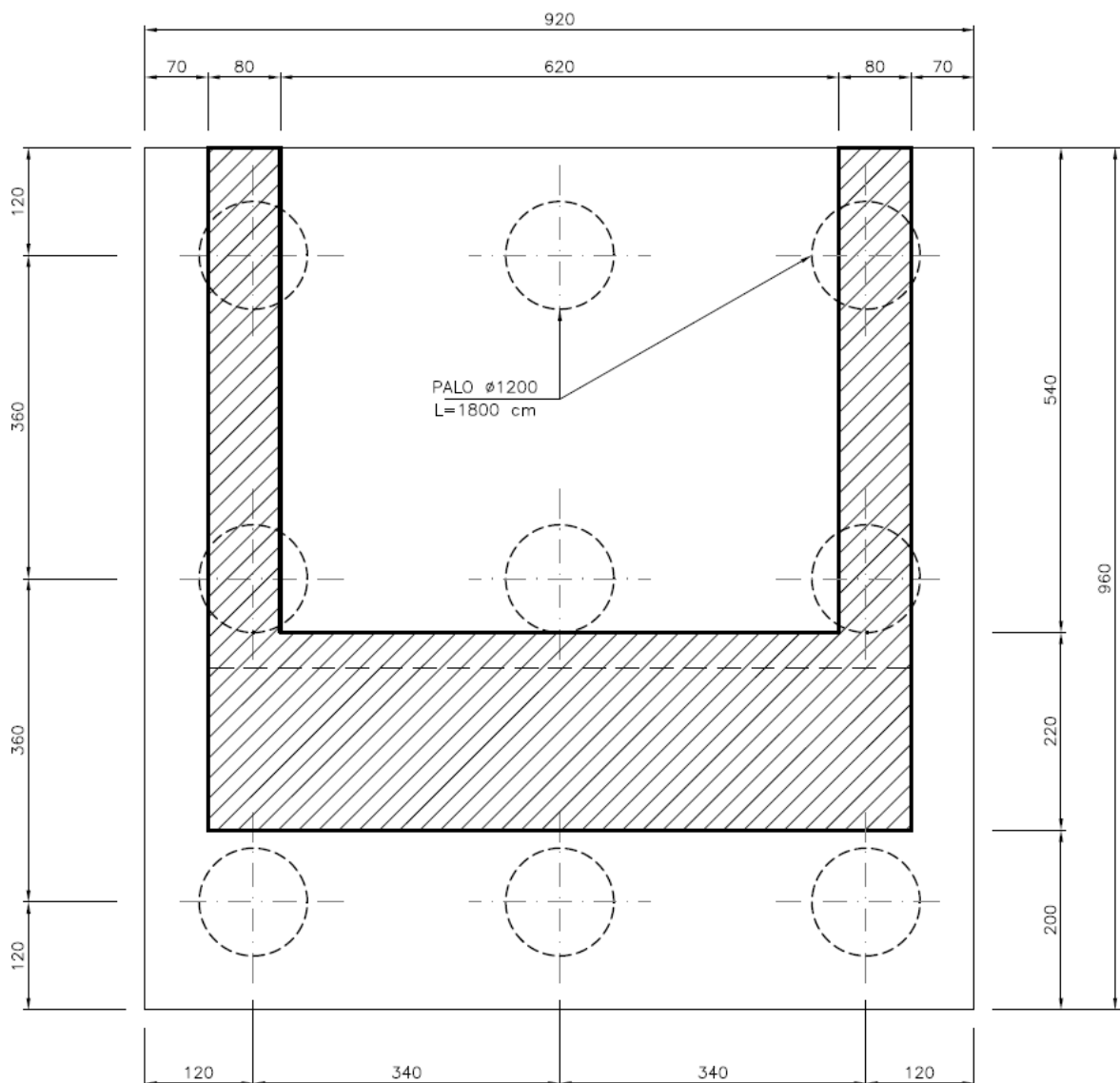
Verifiche allo SLU per taglio $V_{Rd,c} > V_{sd}$	
Taglio di calcolo V_{sd} (kN)	125,23
Taglio resistente $V_{Rd,c}$ (kN)	198,00
Coefficiente di sicurezza (V_{Rd} / V_{sd})	1,58

3) SPALLE

3.1) DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Le spalle sono costituite da muri in calcestruzzo armato di spessore in retto pari a 2,20m ed altezza pari a 4,14m per la spalla A e 4,88m per la spalla B. La carpenteria delle spalle è completata da una paraghiaia di altezza pari a 2,80m e spessore 40cm che si sviluppa per tutta la larghezza della spalla e da due muri d'ala di altezza variabile e spessore 0,80m alla base e 60cm in sommità.

La fondazione è realizzata su n. 9 pali di diametro pari a 1,20m su un plinto di fondazione con dimensioni in pianta pari a 9,20 x 9,60m e uno spessore di 2,00m.



3.2) AZIONI DI CALCOLO

Le azioni derivanti dall'impalcato sono state calcolate attraverso lo studio dei modelli tridimensionali in cui sono inseriti gli elementi di appoggio.

Dalle reazioni negli appoggi sono state ricavate le seguenti azioni caratteristiche:

- Carichi permanenti
- Carichi variabili da traffico (mobili, frenamento e azione centrifuga)
- Vento
- Temperatura (uniforme e gradiente termico)
- Azione sismica

Le azioni dovute al peso proprio della spalla ed alla sua inerzia in fase sismica sono state introdotte nel calcolo con i rispettivi coefficienti moltiplicativi.

Oltre alle azioni elencate, nel calcolo delle spalle sono state considerate le azioni dovute al terreno presente a monte, ed in particolare:

- Spinta delle terre in condizione statica e sismica
- Spinta del terreno per la presenza di un carico variabile a monte
- Peso ed inerzia sismica del terreno di rinterro

SPINTA DELLE TERRE

Caratteristiche del terreno (rilevato)

Per il calcolo delle spinte delle terre si tiene conto dei seguenti parametri di calcolo per il rilevato autostradale:

Peso specifico terreno in rilevato: $\gamma_t = 18 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito interno del rilevato: $\varphi = 35^\circ$

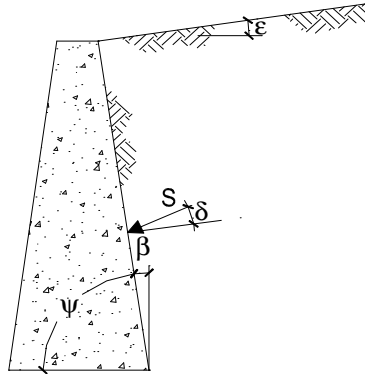
Coesione efficace del rilevato: $c' = 0 \text{ kN/m}^2$

Nella valutazione della spinta si tiene in conto (sia in condizioni statiche che sismiche) dell'attrito terreno/struttura per mezzo di un angolo (δ) paria a $\delta = 0^\circ$

Si riporta il calcolo dei coefficienti di spinta in condizione statica ed in condizione sismica.

COEFFICIENTI DI SPINTA

$\varphi' =$	35,0	(°)
$\varepsilon =$	0,0	(°)
$\delta =$	0,0	(°)
$\beta =$	0,0	(°)
$\psi =$	90,0	(°)



STATICO

COULOMB	
$k_a =$	$\frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi')}{\text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \left[1 + \frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' - \varepsilon)}{\sqrt{\text{sen}(\psi - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$
$k_p =$	$\frac{\text{sen}^2(\psi - \varphi')}{\text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi + \delta) \left[1 - \frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' + \varepsilon)}{\sqrt{\text{sen}(\psi + \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$
RANKINE ($\psi = 90^\circ$)	
$k_a =$	$\frac{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}$
$k_p =$	$\frac{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}$

coefficiente di spinta attiva

Coulomb		Rankine	
ka =	0,2710 (-)	ka =	0,2710 (-)
$kah = ka \cos(\delta_{muro} + \beta)$		$kah = ka \cos(\varepsilon)$	
kah =	0,2710 (-)	kah =	0,2710 (-)

coefficiente di spinta passiva

Coulomb		Rankine	
kp =	3,6902 (-)	kp =	3,6902 (-)
$kph = kp \cos(\delta_{muro} + \beta)$		$kph = kp \cos(\varepsilon)$	
kph =	3,6902 (-)	kph =	3,6902 (-)

SISMICO

per $\varepsilon \leq \varphi' - \theta$	$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' - \varepsilon - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$	
per $\varepsilon > \varphi' - \theta$	$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$	
$k_p =$	$\frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen} \varphi' \cdot \text{sen}(\varphi' + \varepsilon - \theta)}{\text{sen}(\psi + \varepsilon) \cdot \text{sen}(\psi + \theta)}} \right]^2}$	
1. $\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$	2. $\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$	3. $\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_d}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$

massima accelerazione al suolo	$a_g/g =$	0,29	(-)
coefficiente stratigrafico	$S_s =$	1,00	(-)
coefficiente stratigrafico	$S_T =$	1,29	(-)
rapporto sisma verticale/orizzontale	$k_v / k_h =$	0,50	(-)
peso di volume naturale del terreno	$\gamma =$	18,0	(kN/mc)
peso di volume secco del terreno	$\gamma_d =$		(kN/mc)
peso specifico dell'acqua	$\gamma_w =$		(kN/mc)

- 1. quota falda al di sotto dell'opera di sostegno
- 2. terreno impermeabile in condizioni dinamiche in falda ($\gamma = \gamma_{\text{sat}}$)
- 3. terreno permeabile in condizioni dinamiche in falda

Coefficiente β per spostamenti ammissibili del muro $\beta =$ **0,31**

$k_h =$	0,1168	$k_v =$	0,0584
$\theta^+ =$	6,30 (°)	$\theta^- =$	7,07 (°)

coefficienti di spinta attiva			coefficienti di spinta passiva ($\delta = 0$)		
$kas^+ =$	0,3342	(-)	$kps^+ =$	3,4725	(-)
$kas^- =$	0,3429	(-)	$kps^- =$	3,4446	(-)

3.3) SPALLA A – SOLLECITAZIONI E VERIFICA

SPALLA A - SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

NOTA:

I momenti longitudinali sono riferiti al paramento anteriore del corpo spalla **POSITIVI SE ORARI**
 Le altezze sono riferite allo spiccato del muro spalla.
 Le azioni orizzontali derivanti dall'impalcato e le azioni sismiche sono concordi con la spinta delle terre.

POSIZIONAMENTO APPOGGI			
e _{trasv.SX} (m)	e _{trasv.DX} (m)	e _{long} (m)	h (m)
-2,50	-2,50	0,70	4,15

OutputCase	StepType	Trave SINISTRA			Trave DESTRA			M _{trasv}	M _{long}
		P	F _{trasv}	F _{long}	P	F _{trasv}	F _{long}		
Permaneti I° fase									
Permaneti II° fase									
Permanenti		-996	-1	-19	-701	-1	-12	4.234	1.188
MOBILI 1	Max	126	1	5	231	1	8		
MOBILI 1	Min	-789	-1	-13	-1.071	-1	-18		
MOBILI 1		789	1	13	1.071	1	18	-4.638	-1.430
MOBILI 2	Max	80	1	3	178	1	7		
MOBILI 2	Min	-318	-1	-5	-927	-1	-15		
MOBILI 2		318	1	5	927	1	15	-3.105	-955
FREN		14	12	52	0	12	55	62	453
CENTR 1		8	9	5	-6	9	5	69	45
CENTR 2		5	5	3	-4	5	3	42	27
VENTO	Max	186	97	103	102	94	106		
VENTO	Min	-170	-102	-127	-95	-98	-131		
VENTO		186	102	127	102	98	131	112	1.274
TEMP	Max	151	12	57	60	8	60		
TEMP	Min	-129	-19	-91	-51	-13	-95		
TEMP		151	19	91	60	13	95	-394	920
SISMA X	Max	324	328	545	352	328	553	1.031	5.028
SISMA Y	Max	322	321	558	336	321	563	1.016	5.115
SISMA Z	Max	309	150	258	377	150	263	-468	2.642

GEOMETRIA SPALLA						
	B (m)	L (m)	H (m)	F _v (kN)	e _{long} (m)	M _{long} (kNm)
Plinto	9,20	9,60	2,00	4.416		
Muri d'ala	1,60	5,40	6,80	1.469		
Fusto	7,80	2,20	4,15	1.780	1,10	-1.958
Paraghiaia	7,80	0,40	2,67	208	2,00	-417

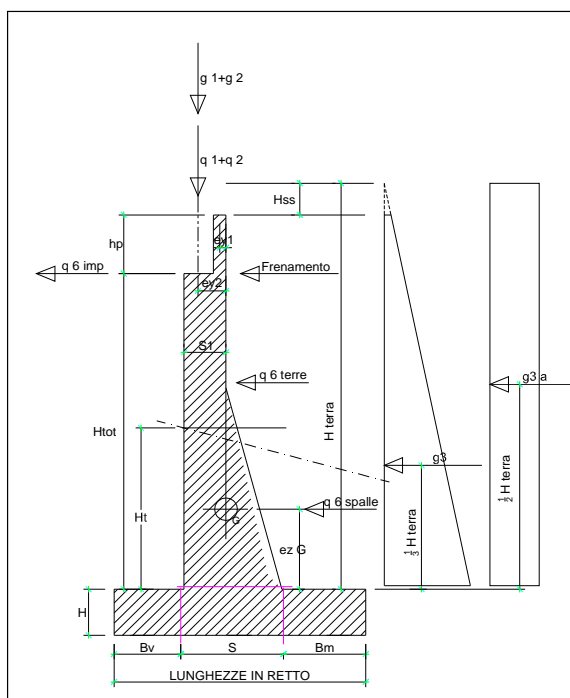
Peso totale Spalla Elevazione **1.989**

INERZIE SISMICHE SPALLA				
	Fusto	Muri d'ala	Paraghiaia	Totale
F (kN)	208	172	24	404
e _z (m)	2,08	3,40	5,49	
M _{long} (kNm)	431	583	133	1.148
F _{vert} (kN)	104	86	12	202
e _{long} (m)	1,10	4,90	2,00	
M _{long} (kNm)	114	420	24	559

	SISMA X	SISMA Y	SISMA Z
α (°)	18	72	
F _{long} (kN)	125	384	
F _{trasv} (kN)	384	125	
F _{vert} (kN)			202
M _{long} (kNm)	355	1.092	559
M _{trasv} (kNm)	1.092	355	

CARATTERIZZAZIONE TERRENO / COEFFICIENTI DI SPINTA			
γ _i (kN/m ³)	18,0	a _g / g	0,292
φ _k °	35,0	S = S _g x S _T	1,29
δ _k °	0,0	a _{max} / g = a _g / g x S	0,377
β _s	0,310	k _{st}	0,271
k _h = b _m x a _{max} / g	0,117	k _{s+}	0,327
k _v = ± 0,5 x k _h	0,058	k _{s-}	0,333

SPINTE DEL TERRENO		
	Statica	q (kN/m ²) =
k _{st}	0,271	0,271
H (m)	6,82	6,82
F _{long} (kN)	885	288
e _z (m)	2,27	3,41
M _{long} (kNm)	2.012	983



ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

RINTERRO A MONTE		
Geometria	B (m)	6,20
	L (m)	5,40
	H (m)	6,80
Statica	F _v (kN)	4.098
Sisma X	F _{long} (kN)	148
	M _{long} (kNm)	503
Sisma Y	F _{long} (kN)	455
	M _{long} (kNm)	1.547

SPINTE TERRENO IN FASE SISMICA		
k	0,346	
F (kN)	245	
e _z (m)	2,27	
Sisma X	F _{long} (kN)	76
	M _{long} (kNm)	172
Sisma Y	F _{long} (kN)	233
	M _{long} (kNm)	530

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE RIFERITE ALLO SPICCATO MURO					
	N (kN)	F _{trasv} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trasv} (kNm)	M _{long} (kNm)
Permanenti	292			4.234	-1.187
Spinte Terra			885		2.012
Mobili 1	1.859	3	309	-4.638	-447
Mobili 2	1.245	2	309	-3.105	28
Centrifuga 1	2	11	6	69	45
Centrifuga 2	1	11	6	42	27
Frenamento	14	24	107	62	453
Vento	288	191	209	112	1.274
Temperatura	212	20	117	-394	920
SISMA X	676	1.039	1.370	2.123	5.885
SISMA Y	658	766	1.961	1.371	7.754
SISMA Z	888	300	521	-468	3.201

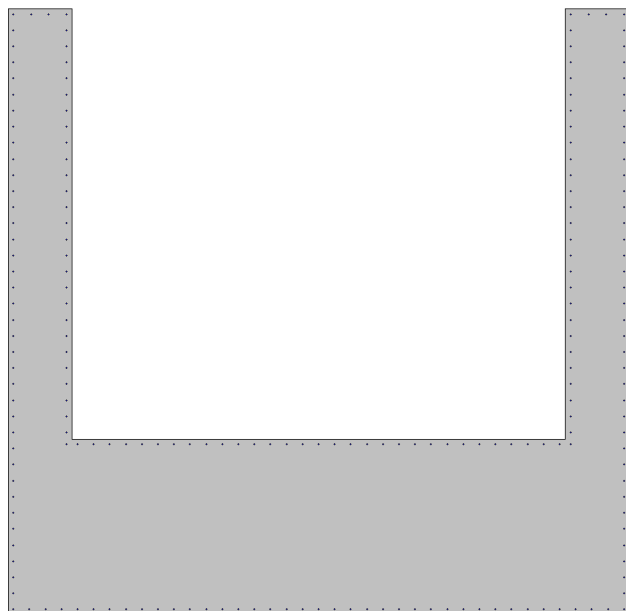
COMBINAZIONI Nome	Permanenti Spinte Terre	AZIONI DA TRAFFICO					VARIABILI		AZIONE SISMICA		
		Mobili 1	Mobili 2	Centrifuga 1	Centrifuga 2	Frenamento	Vento	Temperatura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z
1-M1	1,35	1,35					0,90	0,72			
1-M2	1,35		1,35				0,90	0,72			
2a	1,35	1,01				1,35	0,90	0,72			
2b-M1	1,35	1,01					0,90	0,72			
2b-M2	1,35		1,01			1,35	0,90	0,72			
CVENTO	1,00						1,50	0,72			
SISMA X	1,00								1,00		
SISMA Y	1,00									1,00	
SISMA Z	1,00										1,00

SOLLECITAZIONI RIFERITE ALLO SPICCATO MURO					
COMBINAZIONI	N	F _{trasv} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trasv} (kNm)	M _{long} (kNm)
1-M1	3.316	190	1.883	-728	2.319
1-M2	2.486	189	1.883	1.342	2.960
2a	2.707	221	1.923	921	3.081
2b-M1	2.690	204	1.787	931	2.530
2b-M2	2.067	203	1.787	2.446	2.987
CVENTO	876	302	1.282	4.118	3.399
SISMA X	968	1.039	2.255	6.357	6.710
SISMA Y	950	766	2.846	5.605	8.579
SISMA Z	1.180	300	1.406	3.766	4.025

VERIFICA DELLA SEZIONE DI SPICCATO					
e _{long,SPICCATO} (m)	2,37	e _{long,MURI} (m)	-2,53	ECCENTRICITA' RIFERITE AL BARICENTRO DELLA SEZIONE DI SPICCATO	
SOLLECITAZIONI BARICENTRO DELLASEZIONE					
COMBINAZIONI	N (kN)	F _{trasv} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trasv} (kNm)	M _{long} (kNm)
1-M1	5.299	190	1.883	-728	5.161
1-M2	4.469	189	1.883	1.342	3.836
2a	4.690	221	1.923	921	4.481
2b-M1	4.673	204	1.787	931	3.889
2b-M2	4.050	203	1.787	2.446	2.870
CVENTO	2.345	302	1.282	4.118	1.759
SISMA X	2.436	1.039	2.255	6.357	5.287
SISMA Y	2.419	766	2.846	5.605	7.114
SISMA Z	2.648	300	1.406	3.766	3.105

Verifiche a Presso-Flessione

Si riportano le verifiche della sezione di spiccato della pila considerando un'armatura pari a 1+1 Φ 24/20.



Spalla A - Verifica a pressoflessione						
Coefficiente di sicurezza a rapporto M_x/M_y costante						
M_x(daN*cm)	M_y(daN*cm)	N(daN)	M_{xu}(daN*cm)	M_{yu}(daN*cm)	N_u(daN)	c.s.
51.608.781	-7.278.038	-529.863	3.418.233.909	-482.050.453	-35.094.719	66,23
38.361.540	13.417.245	-446.917	3.079.036.598	1.076.916.839	-35.871.182	80,26
44.811.664	9.212.562	-469.032	3.360.115.531	690.786.056	-35.169.453	74,98
38.894.562	9.309.153	-467.314	3.039.009.173	727.366.498	-36.513.370	78,13
28.698.913	24.456.541	-405.021	2.537.217.730	2.162.157.481	-35.807.156	88,41
17.589.888	41.179.968	-234.482	1.924.002.423	4.504.312.831	-25.647.914	109,38
52.866.231	63.569.368	-243.633	2.306.084.439	2.772.967.309	-10.627.545	43,62
71.140.369	56.048.851	-241.869	2.264.846.227	1.784.388.112	-7.700.214	31,84
31.047.198	37.661.419	-264.830	2.835.490.632	3.439.556.793	-24.186.498	91,33

Coefficiente di sicurezza a sforzo normale costante						
M_x(daN*cm)	M_y(daN*cm)	N(daN)	M_{xu}(daN*cm)	M_{yu}(daN*cm)	N_u(daN)	c.s.
51.608.781	-7.278.038	-529.863	1.194.266.831	-168.419.389	-529.863	23,14
38.361.540	13.417.245	-446.917	1.163.881.824	407.076.660	-446.917	30,34
44.811.664	9.212.562	-469.032	1.177.659.382	242.107.949	-469.032	26,28
38.894.562	9.309.153	-467.314	1.175.103.216	281.253.087	-467.314	30,21
28.698.913	24.456.541	-405.021	1.092.391.607	930.910.523	-405.021	38,06
17.589.888	41.179.968	-234.482	572.575.131	1.340.464.794	-234.482	32,55
52.866.231	63.569.368	-243.633	960.665.361	1.155.158.761	-243.633	18,17
71.140.369	56.048.851	-241.869	1.073.197.676	845.532.537	-241.869	15,09
31.047.198	37.661.419	-264.830	960.236.354	1.164.802.816	-264.830	30,93

3.4) SPALLA B – SOLLECITAZIONI E VERIFICA

SPALLA B - SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

NOTA:

I momenti longitudinali sono riferiti al paramento anteriore del corpo spalla **POSITIVI SE ORARI**
 Le altezze sono riferite allo spiccato del muro spalla.
 Le azioni orizzontali derivanti dall'impalcato e le azioni sismiche sono concordi con la spinta delle terre.

POSIZIONAMENTO APOGGI			
e _{trav.SX} (m)	e _{trav.DX} (m)	e _{long} (m)	h (m)
-2,50	-2,50	0,70	4,88

OutputCase	StepType	Trave SINISTRA			Trave DESTRA			M _{trav}	M _{long}
		P	F _{trav}	F _{long}	P	F _{trav}	F _{long}		
Permanenti		-606	-1	-8	-756	-1	-10	3.399	953
MOBILI 1	Max	116	1	3	249	1	9		
MOBILI 1	Min	-533	-1	-6	-1.094	-1	-17		
MOBILI 1		533	1	6	1.094	1	17	-4.056	-1.253
MOBILI 2	Max	73	1	2	211	1	8		
MOBILI 2	Min	-162	-1	-3	-934	-1	-15		
MOBILI 2		162	1	3	934	1	15	-2.731	-851
FREN		-9	-1	-50	-8	-1	-52	33	510
CENTR 1		6	-6	7	-4	-6	7	-62	71
CENTR 2		4	-3	4	-2	-3	4	-37	42
VENTO	Max	135	55	120	138	58	119		
VENTO	Min	-123	-57	-145	-122	-61	-145		
VENTO		135	57	145	138	61	145	-105	1.606
TEMP	Max	107	3	59	147	7	59		
TEMP	Min	-91	-6	-95	-125	-12	-94		
TEMP		107	6	95	147	12	94	-552	1.100
SISMA X	Max	358	348	413	381	348	418	1.545	4.571
SISMA Y	Max	332	326	454	371	326	457	1.423	4.939
SISMA Z	Max	382	156	203	440	156	207	-533	2.579

GEOMETRIA SPALLA						
	B (m)	L (m)	H (m)	F _v (kN)	e _{long} (m)	M _{long} (kNm)
Plinto	9,20	9,60	2,00	4.416		
Muri d'ala	1,60	5,40	6,80	1.469		
Fusto	7,80	2,20	4,88	2.094	1,10	-2.303
Paraghiaia	7,80	0,40	2,80	218	2,00	-437

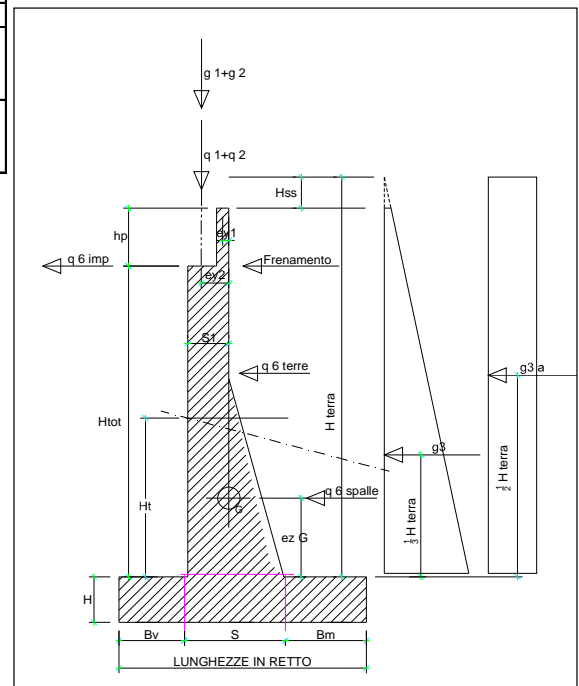
Peso totale Spalla Elevazione **2.312**

INERZIE SISMICHE SPALLA				
	Fusto	Muri d'ala	Paraghiaia	Totale
F (kN)	244	172	26	441
e _z (m)	2,44	3,40	6,28	
M _{long} (kNm)	596	583	160	1.340
F _{vert} (kN)	122	86	13	221
e _{long} (m)	1,10	4,90	2,00	
M _{long} (kNm)	134	420	26	580

	SISMA X	SISMA Y	SISMA Z
α (°)	5	85	
F _{long} (kN)	38	440	
F _{trav} (kN)	440	38	
F _{vert} (kN)			221
M _{long} (kNm)	117	1.335	580
M _{trav} (kNm)	1.335	117	

CARATTERIZZAZIONE TERRENO / COEFFICIENTI DI SPINTA			
γ _t (kN/m ³)	18,0	a _g / g	0,292
φ _k °	35,0	S = S _S x S _T	1,29
δ _k °	0,0	a _{max} / g = a _g / g x S	0,377
β _s	0,310	k _{st}	0,271
k _h = b _m x a _{max} / g	0,117	k _{s+}	0,327
k _v = ± 0,5 x k _h	0,058	k _{s-}	0,333

SPINTE DEL TERRENO		
	Statica	q (kN/m ²) = 20,00
k _{st}	0,271	0,271
H (m)	7,68	7,68
F _{long} (kN)	1.122	325
e _z (m)	2,56	3,84
M _{long} (kNm)	2.873	1.247



ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

RINTERRO A MONTE		
Geometria	B (m)	6,20
	L (m)	5,40
	H (m)	6,80
Statica	F _v (kN)	4.098
Sisma X	F _{long} (kN)	42
	M _{long} (kNm)	142
Sisma Y	F _{long} (kN)	477
	M _{long} (kNm)	1.621

SPINTE TERRENO IN FASE SISMICA		
k	0,346	
F (kN)	311	
e _z (m)	2,56	
Sisma X	F _{long} (kN)	27
	M _{long} (kNm)	69
Sisma Y	F _{long} (kN)	310
	M _{long} (kNm)	793

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE RIFERITE ALLO SPICCATO MURO					
	N (kN)	F _{trasv} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trasv} (kNm)	M _{long} (kNm)
Permanenti	950			3.399	-1.786
Spinte Terra			1.122		2.873
Mobili 1	1.627	2	342	-4.056	-6
Mobili 2	1.096	2	342	-2.731	395
Centrifuga 1	2	-7	8	-62	71
Centrifuga 2	1	-7	8	-37	42
Frenamento	-17	-2	-102	33	510
Vento	273	114	239	-105	1.606
Temperatura	254	11	118	-552	1.100
SISMA X	739	1.135	911	2.879	4.829
SISMA Y	703	691	1.828	1.540	7.895
SISMA Z	1.043	312	410	-533	3.159

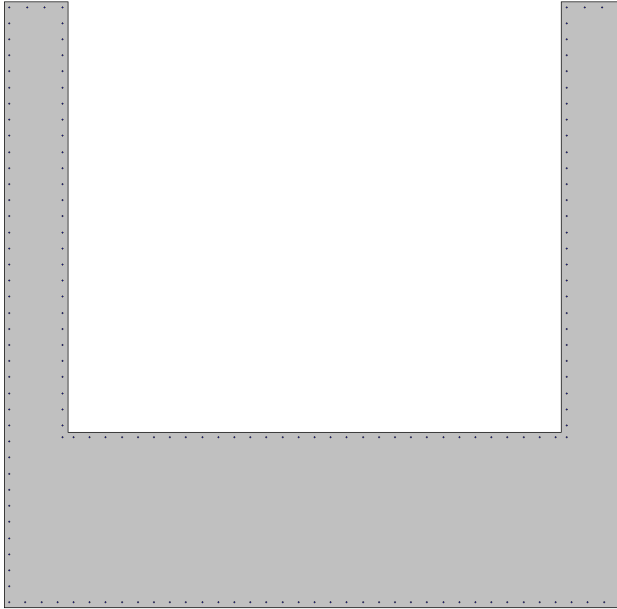
COMBINAZIONI	Permanenti Spinte Terre	AZIONI DA TRAFFICO					VARIABILI		AZIONE SISMICA		
		Mobili 1	Mobili 2	Centrifuga 1	Centrifuga 2	Frenamento	Vento	Temperatura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z
1-M1	1,35	1,35					0,90	0,72			
1-M2	1,35		1,35				0,90	0,72			
2a	1,35	1,01				1,35	0,90	0,72			
2b-M1	1,35	1,01		1,35			0,90	0,72			
2b-M2	1,35		1,01		1,35		0,90	0,72			
CVENTO	1,00						1,50	0,72			
SISMA X	1,00								1,00		
SISMA Y	1,00									1,00	
SISMA Z	1,00										1,00

SOLLECITAZIONI RIFERITE ALLO SPICCATO MURO					
COMBINAZIONI	N	F _{trasv} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trasv} (kNm)	M _{long} (kNm)
1-M1	3.908	113	2.277	-1.379	3.695
1-M2	3.191	112	2.277	409	4.238
2a	3.336	110	2.024	33	4.385
2b-M1	3.362	103	2.173	-94	3.793
2b-M2	2.823	102	2.173	1.281	4.161
CVENTO	1.542	178	1.566	2.843	4.287
SISMA X	1.689	1.135	2.033	6.278	5.915
SISMA Y	1.654	691	2.950	4.939	8.981
SISMA Z	1.994	312	1.533	2.865	4.245

VERIFICA DELLA SEZIONE DI SPICCATO					
e _{long,SPICCATO} (m)	2,37	e _{long,MURI} (m)	-2,53		
ECCENTRICITA' RIFERITE AL BARICENTRO DELLA SEZIONE DI SPICCATO					
SOLLECITAZIONI BARICENTRO DELLASEZIONE					
COMBINAZIONI	N (kN)	F _{trasv} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trasv} (kNm)	M _{long} (kNm)
1-M1	5.891	113	2.277	-1.379	7.940
1-M2	5.174	112	2.277	409	6.783
2a	5.319	110	2.024	33	7.275
2b-M1	5.345	103	2.173	-94	6.743
2b-M2	4.806	102	2.173	1.281	5.835
CVENTO	3.011	178	1.566	2.843	4.227
SISMA X	3.158	1.135	2.033	6.278	6.203
SISMA Y	3.122	691	2.950	4.939	9.184
SISMA Z	3.462	312	1.533	2.865	5.254

Verifiche a Presso-Flessione

Si riportano le verifiche della sezione di spiccato della pila considerando un'armatura pari a 1+1 Φ 24/20.



Spalla B - Verifica a pressoflessione						
Coefficiente di sicurezza a rapporto M_x/M_y costante						
M_x(daN*cm)	M_y(daN*cm)	N(daN)	M_{xu}(daN*cm)	M_{yu}(daN*cm)	N_u(daN)	c.s.
79.400.656	-13.793.697	-589.058	4.044.929.872	-702.696.172	-30.008.547	50,94
67.830.561	4.088.839	-517.364	4.065.870.786	245.091.457	-31.011.614	59,94
72.752.006	334.167	-531.893	4.151.062.403	19.066.802	-30.348.593	57,06
67.433.862	-940.163	-534.459	4.019.781.479	-56.043.799	-31.859.489	59,61
58.345.815	12.805.279	-480.563	3.852.930.782	845.610.840	-31.734.512	66,04
42.268.806	28.428.796	-301.119	3.486.646.392	2.345.019.138	-24.838.541	82,49
62.033.594	62.779.868	-315.827	2.711.984.313	2.744.609.916	-13.807.323	43,72
91.839.661	49.388.245	-312.242	2.480.447.219	1.333.900.122	-8.433.174	27,01
52.537.694	28.652.290	-346.233	3.656.881.041	1.994.339.837	-24.099.514	69,60

Coefficiente di sicurezza a sforzo normale costante						
M_x(daN*cm)	M_y(daN*cm)	N(daN)	M_{xu}(daN*cm)	M_{yu}(daN*cm)	N_u(daN)	c.s.
79.400.656	-13.793.697	-589.058	1.204.048.864	-209.170.630	-589.058	15,16
67.830.561	4.088.839	-517.364	1.197.173.487	72.165.843	-517.364	17,65
72.752.006	334.167	-531.893	1.203.952.957	5.530.038	-531.893	16,55
67.433.862	-940.163	-534.459	1.203.841.253	-16.783.957	-534.459	17,85
58.345.815	12.805.279	-480.563	1.179.071.560	258.773.321	-480.563	20,21
42.268.806	28.428.796	-301.119	1.104.297.436	742.719.029	-301.119	26,13
62.033.594	62.779.868	-315.827	1.035.007.868	1.047.459.177	-315.827	16,68
91.839.661	49.388.245	-312.242	1.125.722.884	605.375.466	-312.242	12,26
52.537.694	28.652.290	-346.233	1.131.881.378	617.290.007	-346.233	21,54

3.5) AZIONI SULLE PALIFICATE

Ai fini della ripartizione delle azioni orizzontali dalla trave cuscino alla palificata (pali in gruppo) per tener in conto il diverso comportamento dei pali di bordo (più rigidi) rispetto a quelli intermedi (effetto shadowing) si procede in maniera semplificata:

Nelle tabelle che seguono si riportano le azioni sul singolo palo (di bordo ed intermedio) dovute alle azioni verticali, orizzontali longitudinali e trasversali considerando che :

- in senso longitudinale le azioni si distribuiscono sui pali in parti uguali in quanto gli stessi oppongono la medesima resistenza all'azione orizzontale, ed inoltre si considera il palo in testa libero di ruotare, ovvero l'azione sul palo vale

$$T_{p,long} = T_{LONG} / n_p$$

M_{LONG} serà quello dovuto alle azioni orizzontali sulla spalla ;

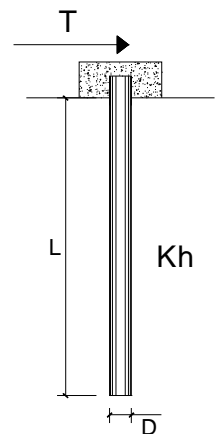
- in senso trasversale invece, avviene un'effetto "ombra" nei confronti dei pali interni rispetto a quello esterno che risulta così più sollecitato, ed inoltre si considera la struttura della trave cuscino così rigida che impedisce al palo la rotazione in testa, per cui l'azione sul palo vale:

Detto n_l = il numero di file longitudinali

n_t = il numero di file trasversali

L'azione orizzontale trasversale ($T_t = T_{TRASV}$) sul palo di bordo maggiormente sollecitato vale:

$$T_{p,trasv} = T_{TRASV} / [n_l + 0,5 \times (n - n_l)]$$



Considerando il palo perfettamente incastrato nel plinto di elevata rigidità ed immerso in un terreno alla Winkler con costante elastica K_h

Si ottiene una lunghezza d'onda pari a :

$$\lambda = [4E_c \times J / (K_h \times D)]^{1/4}$$

Ed avendo i pali lunghezza molto superiore possono essere considerati come pali lunghi e pertanto la sollecitazione flettente massima d'incastro vale:

$$M_{p,x} = T_{p,x} \times \lambda / 2$$

$$T_p = (T_{p,x}^2 + T_{p,y}^2)^{1/2} \text{ (Taglio sul palo maggiormente caricato)}$$

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

Spalla A

GEOMETRIA PLINTO		RINTERRO		MURI D'ALA	
Peso Proprio (kN)	4.416	Peso Proprio (kN)	4.098	Peso Proprio (kN)	1.469
e_{long} (m)	2,80	e_{long} (m)	-2,10	e_{long} (m)	-2,10

ECCENTRICITA' RIFERITE AL
 BARICENTRO DELLA FONDAZIONE

SOLLECITAZIONI RIFERITE AL BARICENTRO DELLA FONDAZIONE					
COMBINAZIONI	N (kN)	F_{trasv} (kN)	F_{long} (kN)	M_{trasv} (kNm)	M_{long} (kNm)
1-M1	16.792	190	1.883	-347	-413
1-M2	15.963	189	1.883	1.721	-2.094
2a	16.184	221	1.923	1.364	-1.274
2b-M1	16.167	204	1.787	1.338	-2.145
2b-M2	15.544	203	1.787	2.852	-3.432
CVENTO	10.859	302	1.282	4.721	-3.275
SISMA X	10.950	1.039	2.255	8.436	2.239
SISMA Y	10.933	766	2.846	7.137	5.239
SISMA Z	11.162	300	1.406	4.367	-1.551

PALIFICATE	
N.file longitud.	3
Interasse longit.	3,60
N.file trasversali	3
Interasse trasvers.	3,40
Numero Totale Pali	9
Diametro Pali	1,20

k 25.000 (1kg/cm)
 E 31.200.000 (Rck 300)
 lambda 4,54 m
 Mmax = T * lambda / 2

COMBINAZIONI	AZIONI SUI PALI			T SHADOWING (EFFETTO GRUPPO)			M_{max} (kNm)
	P_{med} (kN)	P_{ant} (kN)	P_{pos} (kN)	$T_{p, long, max}$	$T_{p, trasv, max}$	$T_{p, tot, max}$	
1-M1	1.866	1.830	1.902	314	32	315	715
1-M2	1.774	1.761	1.786	314	32	315	715
2a	1.798	1.806	1.790	320	37	323	732
2b-M1	1.796	1.763	1.830	298	34	300	680
2b-M2	1.727	1.708	1.746	298	34	300	680
CVENTO	1.207	1.286	1.127	214	50	219	498
SISMA X	1.217	1.734	700	376	173	414	939
SISMA Y	1.215	1.807	622	474	128	491	1.114
SISMA Z	1.240	1.383	1.098	234	50	240	543

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

Spalla B

GEOMETRIA PLINTO		RINTERRO		MURI D'ALA	
Peso Proprio (kN)	4.416	Peso Proprio (kN)	4.098	Peso Proprio (kN)	1.469
e_{long} (m)	2,80	e_{long} (m)	-2,10	e_{long} (m)	-2,10

ECCENTRICITA' RIFERITE AL
BARICENTRO DELLA FONDAZIONE

SOLLECITAZIONI RIFERITE AL BARICENTRO DELLA FONDAZIONE					
COMBINAZIONI	N (kN)	F _{trasv} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trasv} (kNm)	M _{long} (kNm)
1-M1	17.384	113	2.277	-1.153	3.409
1-M2	16.667	112	2.277	633	1.944
2a	16.813	110	2.024	253	1.992
2b-M1	16.838	103	2.173	112	1.770
2b-M2	16.299	102	2.173	1.485	629
CVENTO	11.525	178	1.566	3.199	48
SISMA X	11.672	1.135	2.033	8.548	3.021
SISMA Y	11.636	691	2.950	6.320	7.821
SISMA Z	11.976	312	1.533	3.489	1.202

PALIFICATA	
N.file longitud.	3
Interasse longit.	3,60
N.file trasversali	3
Interasse trasvers.	3,40
Numero Totale Pali	9
Diametro Pali	1,20

k 25.000 (1kg/cm²)
 E 31.200.000 (Rck 300)
 lambda 4,54 m
 Mmax = T *lambda /2

AZIONI SUI PALI				T SHADOWING (EFFETTO GRUPPO)			
COMBINAZIONI	P _{med} (kN)	P _{ant} (kN)	P _{pos} (kN)	T _{p long,max}	T _{p trasv,max}	T _{ptot,max}	M _{max} (kNm)
1-M1	1.932	2.033	1.830	379	19	380	862
1-M2	1.852	1.973	1.731	379	19	380	862
2a	1.868	1.973	1.763	337	18	338	766
2b-M1	1.871	1.958	1.784	362	17	363	822
2b-M2	1.811	1.913	1.709	362	17	363	822
CVENTO	1.281	1.440	1.122	261	30	263	596
SISMA X	1.297	1.856	738	339	189	388	880
SISMA Y	1.293	1.965	621	492	115	505	1.145
SISMA Z	1.331	1.557	1.104	255	52	261	591

3.6) VERIFICHE DEI PALI $\phi 120\text{CM}$

Si riporta la verifica del palo maggiormente sollecitato

Verifica a taglio

Si verifica il palo relativo alla spalla fissa sotto l'azione del taglio massimo nella peggiore condizione di carico:

$$T_{t,\max} = 505 \text{ kN} \qquad N = 621 \text{ kN}$$

Le altre combinazioni di carico comportano sollecitazioni taglianti inferiori.

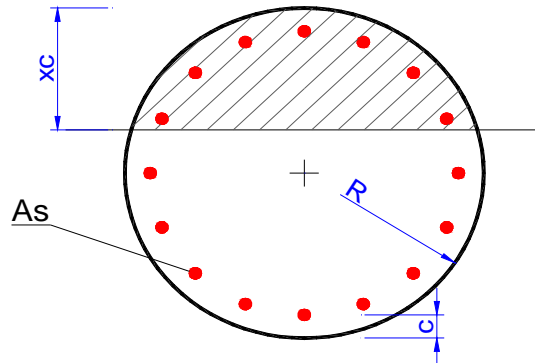
Sezione circolare in C.A.	
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio	
VERIFICA CON STAFFE	

Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo ord.		Acciaio	
$f_{ck} =$	25	$f_{yk} =$	450
$\gamma_c =$	1,50	$\gamma_s =$	1,15
$f_{cd} =$	14,17	$f_{ywd} =$	391

Dati sezione	
Diametro sezione (cm)	120
Copriferro (cm)	7
Altezza utile sezione $d=D/2 + 2x(D/2-c)/\pi$	94
Armatura longitudinale (cm ²)	169,00
Diametro staffe (mm)	12
Bracci	2
Passo (cm)	10
Area staffe al metro (cm ² /m)	22,62
Sollecitazioni	
Sforzo Normale di compressione (kN)	621
Taglio di calcolo V_{sd} (kN)	505
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,45
α_{cw}	1,03
τ_{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,50
σ_1 tensione principale di trazione (N/mm ²)	0,77
θ angolo bielle compresse	32,86
$\cot \theta$ ($1 < \cot \theta < 2,5$)	1,55
Verifiche allo SLU per taglio $V_{Rd} > V_{sd}$	
$V_{Rd,s}$ (kN)	1160
$V_{Rd,max}$ (kN)	3383
V_{Rd} (kN) = $\min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	1160
Coefficiente di sicurezza (V_{Rd} / V_{sd})	2,30

Verifiche a Presso-Flessione

Si operano le verifiche a pressoflessione nella sezione di testa per i pali della spalla nella condizione di carico più gravosa



Geometria della sezione		
		[cm]
Raggio	R	60

Sollecitazioni		
M	1145	[kNm]
N	621	[kN]

Armatura As			
n°ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
18	26	95,57	8
		0,00	
		0,00	
		95,57	

Materiali								
C25/30 ▼	γ_c	α_{cc}	Rck [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fcc/fcd	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
	1,5	0,85	30	25	14,2	1,0	0,200%	0,350%
B450C ▼	γ_s	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ϵ_{ys}	ϵ_{uk}	α_s	$\epsilon_{ud} = \epsilon_{uk} \alpha_s$
	1,15	200000	450	391,3	0,196%	1,000%	1	1,000%

- N costante
 e costante

N ultimo
621,0 [kN]

xc
28,85 [cm]

M ultimo
1951,8 [kNm]

FS
1,70

4. PILE

4.1) DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Le pile sono costituite da un fusto unico in c.a. a sezione rettangolare di spessore pari a 1,50m e larghezza di 4,80m allo spiccatto con un ringrosso di 75cm per lato in sommità.

Gli impalcati poggiano direttamente sulla sommità delle pile su baggioli in c.a..

La fondazione è costituita da un plinto rettangolare con dimensioni in pianta pari 6,0x9,6m ed altezza di 2,00m poggiante su n.6 pali trivellati in c.a. del diametro pari a 120cm e lunghezza 18,0m disposti ad interasse di 3,60m.

4.2) AZIONI DI CALCOLO

Le sollecitazioni allo spiccatto delle pile sono state ottenute direttamente dal modello tridimensionale con i valori caratteristici combinati secondo le indicazioni fornite dalla Normativa.

Si riportano le combinazioni di calcolo utilizzate ai fini delle verifiche delle pile.

COMBINAZIONI		PERMANENTI	AZIONI DA TRAFFICO					VARIABILI		AZIONE SISMICA		
Tipo	Nome		Mobili 1	Mobili 2	Centrifuga 1	Centrifuga 2	Frenamento	Vento	Temperatura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z
Mobili 1	1-M1	1,35	1,35					0,6x1,5	0,6x1,2			
Mobili 2	1-M2	1,35		1,35				0,6x1,5	0,6x1,2			
Frenamento	2a	1,35	0,75x1,35				1,35	0,6x1,5	0,6x1,2			
Centrifuga 1	2b-M1	1,35	0,75x1,35		1,35			0,6x1,5	0,6x1,2			
Centrifuga 2	2b-M2	1,35		0,75x1,35		1,35		0,6x1,5	0,6x1,2			
Vento scarico	CVENTO	1,00						1,50	0,6x1,2			
	SISMA X	1,00								1,00	0,30	0,30
Sisma	SISMA Y	1,00								0,30	1,00	0,30
	SISMA Z	1,00								0,30	0,30	1,00

4.3) VERIFICHE STRUTTURALI PILE

Si riportano le verifiche agli stati limite ultimi delle pile considerando un'armatura costituita da 1 Φ 26/15cm distribuiti lungo il perimetro esterno.

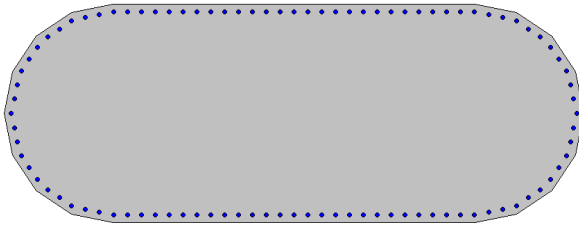


TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V ₂	V ₃	T	M ₂	M ₃	c.s.	c.s.
Text	m	Text	Text	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	M _x / M _y = cost	N = cost
P1	0,00	SLU 1-M1	Max	-8.136	145	203	76	1.302	7.309	6,96	5,63
P1	0,00	SLU 1-M1	Min	-13.733	-165	-204	-120	-1.315	-7.916	5,34	5,81
P1	0,00	SLU 1-M2	Max	-8.350	144	191	56	1.222	4.962	8,31	7,83
P1	0,00	SLU 1-M2	Min	-12.592	-163	-190	-95	-1.236	-7.083	5,87	6,34
P1	0,00	SLU 2a	Max	-8.396	165	335	65	2.162	6.245	6,73	5,58
P1	0,00	SLU 2a	Min	-12.669	-186	-335	-106	-2.168	-6.272	5,66	5,97
P1	0,00	SLU 2b-M1	Max	-8.397	123	173	56	1.110	5.869	7,83	6,98
P1	0,00	SLU 2b-M1	Min	-12.667	-185	-208	-96	-1.346	-6.259	6,05	6,90
P1	0,00	SLU 2b-M2	Max	-8.558	130	171	41	1.096	4.186	8,81	9,19
P1	0,00	SLU 2b-M2	Min	-11.814	-175	-191	-77	-1.241	-5.563	6,59	7,61
P1	0,00	SLU VENTO	Max	-6.758	180	196	0	1.279	2.421	11,15	11,20
P1	0,00	SLU VENTO	Min	-7.086	-199	-190	-22	-1.234	-1.193	11,68	13,88
P1	0,00	SLU SX SLV	Max	-6.497	840	1.092	28	7.066	8.209	2,87	2,30
P1	0,00	SLU SX SLV	Min	-7.320	-844	-1.106	-51	-7.149	-6.874	3,09	2,41
P1	0,00	SLU SY SLV	Max	-6.498	794	1.136	24	7.351	7.802	2,80	2,26
P1	0,00	SLU SY SLV	Min	-7.319	-798	-1.150	-47	-7.434	-6.467	3,01	2,35
P1	0,00	SLU SZ SLV	Max	-5.671	383	514	16	3.331	4.647	6,49	4,59
P1	0,00	SLU SZ SLV	Min	-8.146	-387	-529	-39	-3.414	-3.313	6,57	5,14

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V ₂	V ₃	T	M ₂	M ₃	c.s.	c.s.
Text	m	Text	Text	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	M _x / M _y = cost	N = cost
P2	0,00	SLU 1-M1	Max	-9.903	142	213	115	1.643	12.827	4,46	3,45
P2	0,00	SLU 1-M1	Min	-15.922	-238	-177	-163	-1.362	-8.042	4,86	5,89
P2	0,00	SLU 1-M2	Max	-10.170	140	191	96	1.469	10.355	5,23	4,27
P2	0,00	SLU 1-M2	Min	-14.710	-233	-159	-141	-1.222	-6.902	5,39	6,70
P2	0,00	SLU 2a	Max	-10.203	181	339	92	2.612	11.767	4,40	3,51
P2	0,00	SLU 2a	Min	-14.733	-275	-306	-140	-2.356	-6.686	5,05	5,75
P2	0,00	SLU 2b-M1	Max	-10.214	125	173	83	1.330	11.212	5,01	4,00
P2	0,00	SLU 2b-M1	Min	-14.723	-248	-164	-129	-1.261	-6.435	5,49	7,06
P2	0,00	SLU 2b-M2	Max	-10.413	129	161	68	1.238	9.424	5,58	4,74
P2	0,00	SLU 2b-M2	Min	-13.816	-239	-145	-113	-1.119	-5.522	6,01	8,06
P2	0,00	SLU VENTO	Max	-8.245	171	126	-8	973	6.624	7,53	6,38
P2	0,00	SLU VENTO	Min	-8.270	-248	-111	-26	-850	-2.141	10,65	15,32
P2	0,00	SLU SX SLV	Max	-7.857	1.084	1.202	15	9.192	14.159	1,96	1,71
P2	0,00	SLU SX SLV	Min	-8.657	-1.119	-1.181	-49	-9.028	-9.922	2,31	1,92
P2	0,00	SLU SY SLV	Max	-7.853	1.114	1.145	12	8.761	14.476	2,04	1,76
P2	0,00	SLU SY SLV	Min	-8.660	-1.149	-1.124	-46	-8.597	-10.240	2,40	1,98
P2	0,00	SLU SZ SLV	Max	-7.168	525	552	2	4.222	9.070	4,25	3,24
P2	0,00	SLU SZ SLV	Min	-9.345	-560	-531	-36	-4.058	-4.833	5,39	4,26

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V ₂	V ₃	T	M ₂	M ₃	c.s.	c.s.
Text	m	Text	Text	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	M _x / M _y = cost	N = cost
P3	0,00	SLU 1-M1	Max	-11.524	134	166	138	1.470	16.665	3,55	2,81
P3	0,00	SLU 1-M1	Min	-17.332	-302	-156	-146	-1.369	-4.316	5,24	9,58
P3	0,00	SLU 1-M2	Max	-11.705	131	138	115	1.226	14.449	4,05	3,26
P3	0,00	SLU 1-M2	Min	-16.114	-294	-129	-123	-1.129	-3.507	5,78	11,56
P3	0,00	SLU 2a	Max	-11.741	130	301	113	2.669	15.095	3,63	2,93
P3	0,00	SLU 2a	Min	-16.131	-294	-292	-121	-2.571	-2.855	5,22	7,70
P3	0,00	SLU 2b-M1	Max	-11.746	121	127	103	1.130	15.002	3,94	3,15
P3	0,00	SLU 2b-M1	Min	-16.130	-302	-123	-111	-1.076	-2.930	5,79	13,18
P3	0,00	SLU 2b-M2	Max	-11.881	122	108	86	956	13.378	4,33	3,55
P3	0,00	SLU 2b-M2	Min	-15.218	-292	-101	-94	-888	-2.291	6,14	16,23
P3	0,00	SLU VENTO	Max	-9.157	152	27	1	239	9.088	6,22	5,01
P3	0,00	SLU VENTO	Min	-9.320	-281	-20	-6	-170	-311	10,03	90,30
P3	0,00	SLU SX SLV	Max	-8.826	990	1.341	29	11.772	16.323	1,53	1,40
P3	0,00	SLU SX SLV	Min	-9.663	-1.057	-1.336	-34	-11.720	-7.354	1,89	1,61
P3	0,00	SLU SY SLV	Max	-8.823	1.137	1.174	25	10.309	17.999	1,66	1,50
P3	0,00	SLU SY SLV	Min	-9.666	-1.204	-1.169	-30	-10.256	-9.030	2,15	1,80
P3	0,00	SLU SZ SLV	Max	-8.210	603	584	14	5.126	12.299	3,25	2,60
P3	0,00	SLU SZ SLV	Min	-10.279	-670	-579	-19	-5.074	-3.330	4,83	3,77

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V ₂	V ₃	T	M ₂	M ₃	c.s.	c.s.
Text	m	Text	Text	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	M _x / M _y = cost	N = cost
P4	0,00	SLU 1-M1	Max	-10.628	136	163	175	1.609	13.794	4,18	3,28
P4	0,00	SLU 1-M1	Min	-16.671	-255	-207	-112	-1.966	-7.313	4,70	5,93
P4	0,00	SLU 1-M2	Max	-10.870	133	143	152	1.411	11.409	4,85	3,97
P4	0,00	SLU 1-M2	Min	-15.461	-248	-183	-93	-1.737	-6.325	5,19	6,70
P4	0,00	SLU 2a	Max	-10.919	172	287	150	2.820	12.755	4,07	3,28
P4	0,00	SLU 2a	Min	-15.469	-287	-328	-88	-3.140	-6.095	4,70	5,28
P4	0,00	SLU 2b-M1	Max	-10.923	120	141	141	1.402	12.160	4,64	3,75
P4	0,00	SLU 2b-M1	Min	-15.469	-259	-171	-79	-1.618	-5.774	5,34	7,29
P4	0,00	SLU 2b-M2	Max	-11.103	123	124	123	1.233	10.430	5,15	4,38
P4	0,00	SLU 2b-M2	Min	-14.563	-249	-155	-65	-1.468	-4.980	5,80	8,20
P4	0,00	SLU VENTO	Max	-8.718	152	76	30	782	7.207	7,15	6,07
P4	0,00	SLU VENTO	Min	-8.827	-245	-94	12	-902	-1.904	10,19	15,84
P4	0,00	SLU SX SLV	Max	-8.363	1.151	1.093	55	10.513	17.523	1,63	1,48
P4	0,00	SLU SX SLV	Min	-9.176	-1.195	-1.125	-12	-10.771	-12.122	1,85	1,62
P4	0,00	SLU SY SLV	Max	-8.370	1.011	1.185	51	11.368	15.776	1,57	1,44
P4	0,00	SLU SY SLV	Min	-9.169	-1.055	-1.217	-7	-11.627	-10.375	1,78	1,57
P4	0,00	SLU SZ SLV	Max	-7.746	587	522	41	5.029	10.891	3,49	2,75
P4	0,00	SLU SZ SLV	Min	-9.792	-631	-554	3	-5.287	-5.490	4,42	3,39

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V ₂	V ₃	T	M ₂	M ₃	c.s.	c.s.
Text	m	Text	Text	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	M _x / M _y = cost	N = cost
P5	0,00	SLU 1-M1	Max	-7.739	139	124	100	1.274	6.350	7,66	6,30
P5	0,00	SLU 1-M1	Min	-13.299	-182	-139	-90	-1.301	-9.180	5,11	5,09
P5	0,00	SLU 1-M2	Max	-8.007	138	114	81	1.194	4.407	8,87	8,54
P5	0,00	SLU 1-M2	Min	-12.200	-180	-128	-73	-1.172	-8.380	5,58	5,49
P5	0,00	SLU 2a	Max	-8.064	168	248	85	2.440	5.718	6,77	5,50
P5	0,00	SLU 2a	Min	-12.254	-211	-262	-77	-2.483	-7.886	5,18	4,89
P5	0,00	SLU 2b-M1	Max	-8.069	120	123	75	1.256	5.171	8,29	7,49
P5	0,00	SLU 2b-M1	Min	-12.250	-198	-114	-67	-1.076	-7.760	5,79	5,94
P5	0,00	SLU 2b-M2	Max	-8.270	126	112	61	1.152	3.801	9,17	9,60
P5	0,00	SLU 2b-M2	Min	-11.428	-189	-111	-54	-1.025	-7.077	6,26	6,39
P5	0,00	SLU VENTO	Max	-6.690	166	106	2	1.036	2.875	11,34	11,49
P5	0,00	SLU VENTO	Min	-6.775	-204	-113	-1	-1.113	-3.067	10,92	10,76
P5	0,00	SLU SX SLV	Max	-6.400	989	961	40	8.987	11.814	2,01	1,76
P5	0,00	SLU SX SLV	Min	-7.073	-1.000	-965	-39	-9.028	-11.837	2,06	1,78
P5	0,00	SLU SY SLV	Max	-6.405	882	1.096	35	10.237	10.598	1,82	1,62
P5	0,00	SLU SY SLV	Min	-7.068	-893	-1.100	-34	-10.278	-10.620	1,87	1,64
P5	0,00	SLU SZ SLV	Max	-5.796	488	480	26	4.500	6.554	4,57	3,37
P5	0,00	SLU SZ SLV	Min	-7.676	-499	-484	-25	-4.541	-6.577	4,71	3,50

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V ₂	V ₃	T	M ₂	M ₃	c.s.	c.s.
Text	m	Text	Text	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	M _x / M _y = cost	N = cost
P6	0,00	SLU 1-M1	Max	-7.344	123	168	59	1.281	5.391	8,44	7,10
P6	0,00	SLU 1-M1	Min	-12.206	-150	-194	-63	-1.468	-8.210	5,54	5,42
P6	0,00	SLU 1-M2	Max	-7.508	121	162	46	1.235	3.514	9,77	9,68
P6	0,00	SLU 1-M2	Min	-11.196	-148	-187	-50	-1.416	-7.449	6,04	5,82
P6	0,00	SLU 2a	Max	-7.533	133	297	54	2.262	4.610	7,63	6,25
P6	0,00	SLU 2a	Min	-11.277	-160	-323	-58	-2.452	-6.791	5,67	5,31
P6	0,00	SLU 2b-M1	Max	-7.536	102	177	45	1.344	4.313	9,03	8,24
P6	0,00	SLU 2b-M1	Min	-11.275	-168	-171	-48	-1.297	-6.868	6,27	6,32
P6	0,00	SLU 2b-M2	Max	-7.658	109	166	35	1.262	2.984	9,99	10,49
P6	0,00	SLU 2b-M2	Min	-10.519	-158	-172	-39	-1.306	-6.224	6,74	6,75
P6	0,00	SLU VENTO	Max	-5.951	152	175	1	1.327	2.220	12,00	11,05
P6	0,00	SLU VENTO	Min	-6.361	-174	-201	-4	-1.530	-2.400	10,93	9,86
P6	0,00	SLU SX SLV	Max	-5.718	747	886	41	6.673	7.714	2,97	2,40
P6	0,00	SLU SX SLV	Min	-6.560	-756	-886	-44	-6.670	-8.017	3,06	2,43
P6	0,00	SLU SY SLV	Max	-5.718	700	993	36	7.467	7.258	2,69	2,22
P6	0,00	SLU SY SLV	Min	-6.559	-709	-992	-39	-7.464	-7.561	2,79	2,25
P6	0,00	SLU SZ SLV	Max	-4.949	346	437	28	3.293	5.191	6,24	4,41
P6	0,00	SLU SZ SLV	Min	-7.329	-355	-437	-31	-3.289	-5.494	6,15	4,62

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

Sezione in C.A.
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio
VERIFICA CON STAFFE - V₂

Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo ord.	Acciaio
f _{ck} = 28	f _{ywk} = 450
γ _c = 1,50	γ _s = 1,15
f _{cd} = 15,87	f _{ywd} = 391

Dati sezione	
Altezza utile sezione (cm)	480
B _{min} della sezione in zona tesa (cm)	150
Armatura longitudinale (cm ²)	510
Diametro staffe (mm)	10
Bracci	2
Passo (cm)	10
Area staffe al metro (cm ² /m)	15,71

Sollecitazioni	
Sforzo Normale di compressione (kN)	8100
Taglio di calcolo V _{sd} (kN)	1204
σ _{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	1,02
α _{cw}	1,06
τ _{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,19
σ ₁ tensione principale di trazione (N/mm ²)	1,05
θ angolo bielle compresse	10,04
cot θ (1 < cot θ < 2,5)	2,50

Verifiche allo SLU per taglio V _{Rd} > V _{sd}	
V _{Rd,s} (kN)	6638
V _{Rd,max} (kN)	18863
V_{Rd} (kN) = min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})	6638
Coefficiente di sicurezza (V_{Rd} / V_{sd})	5,51

Sezione in C.A.
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio
VERIFICA CON STAFFE - V₃

Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo ord.	Acciaio
f _{ck} = 28	f _{ywk} = 450
γ _c = 1,50	γ _s = 1,15
f _{cd} = 15,87	f _{ywd} = 391

Dati sezione	
Altezza utile sezione (cm)	150
B _{min} della sezione in zona tesa (cm)	480
Armatura longitudinale (cm ²)	510
Diametro staffe (mm)	10
Bracci	6
Passo (cm)	10
Area staffe al metro (cm ² /m)	47,12

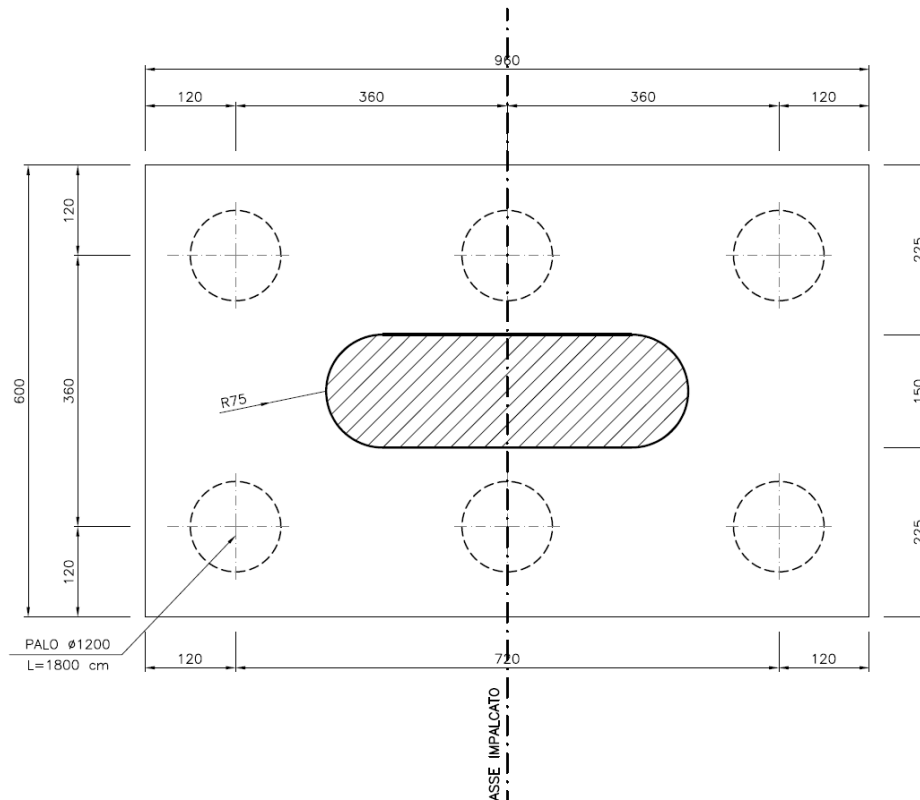
Sollecitazioni	
Sforzo Normale di compressione (kN)	7400
Taglio di calcolo V _{sd} (kN)	1341
σ _{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,93
α _{cw}	1,06
τ _{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,21
σ ₁ tensione principale di trazione (N/mm ²)	0,97
θ angolo bielle compresse	12,00
cot θ (1 < cot θ < 2,5)	2,50

Verifiche allo SLU per taglio V _{Rd} > V _{sd}	
V _{Rd,s} (kN)	6223
V _{Rd,max} (kN)	18765
V_{Rd} (kN) = min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})	6223
Coefficiente di sicurezza (V_{Rd} / V_{sd})	4,64

4.4) FONDAZIONE SU PALI

Con riferimento alle pile più sollecitate per le due tipologie di fondazione, si ricavano a partire dalle sollecitazioni di spiccato, le azioni agenti al baricentro della palificata.

La palificata è costituita da n.6 pali $\Phi 1200$ cm posti su due file ad interasse pari a 3,6m disposti secondo lo schema riportato in figura.



L'azione verticale in testa ai pali potrà essere valutata con la seguente formula

$$P = N/n \pm M_l / W_l \pm M_t / W_t$$

dove

N , $M_l = M_x$, $M_t = M_y$ sono le sollecitazioni ad intradosso plinto di cui al prospetto precedente

$n = 6$ è il numero dei pali

W_l e W_t sono i moduli di resistenza relativi alla palificata ($\sum d_i^2 / d_{\min}$) rispettivamente in direzione longitudinale e trasversale.

Ai fini della ripartizione delle azioni orizzontali (vento, sisma ecc.) dal plinto alla palificata (pali in gruppo) per tener in conto il diverso comportamento dei pali di bordo (più rigidi) rispetto a quelli intermedi (effetto shadowing) si procede in maniera semplificata con le seguenti formule:

Detto n_l il numero di file longitudinali

n_t il numero di file trasversali

L'azione orizzontale ($T_l=T_y$; $T_t=T_x$) sul palo di bordo maggiormente sollecitato vale:

$$T_{p,l} = T_l / [n_t + 0,5 \times (n - n_t)]$$

$$T_{p,t} = T_t / [n_l + 0,5 \times (n - n_l)]$$

$$T_p = (T_{p,l}^2 + T_{p,t}^2)^{1/2} \text{ (Taglio sul palo maggiormente caricato)}$$

Considerando il palo perfettamente incastrato nel plinto di elevata rigidezza ed immerso in un terreno alla Winkler con costante elastica $K_h = 25.000 \text{ kN/m}^3$

Si ottiene una lunghezza d'onda pari a :

$$\lambda = [4Ec \times J / (Kh \times D)]^{1/4}$$

Ed avendo i pali lunghezza molto superiore possono essere considerati come pali lunghi e pertanto la sollecitazione flettente massima d'incastro vale:

$$M_p = T_p \times \lambda / 2 \quad \text{Momento d'incastro massimo}$$

4.4.1) Azioni sulle Palificate

Si riporta il calcolo delle azioni agenti sulla palificata di fondazione per ciascuna delle pile.

PILA N°1 - VERIFICHE IN FONDAZIONE		(kN,m)			
Geometria Plinto		Rinterro			
Altezza (m)	2,00	Altezza (m)	1,00		
Lunghezza long.	6,00	Lunghezza long.	6,00		
Larghezza trasv.	9,60	Larghezza trasv.	9,60		
Peso Proprio (kN)	2.880	Peso Proprio (kN)	1.037		
γ_G	1,35	γ_G	1,35		
Dist. Pila/Plinto	0,00	Dist. Riporto/plinto	0,00		
Sollecitazioni Baricentro fondazione (kN,m)					
Combinaz. di carico	N (kN)	T _{long} (kN)	T _{trasv} (kN)	M _{long} (kNm)	M _{trasv} (kNm)
SLU 1-M1	13.423	203	145	1.709	7.599
SLU 1-M1	19.020	165	204	-907	-7.585
SLU 1-M2	13.637	144	191	1.605	5.250
SLU 1-M2	17.880	163	190	-856	-6.756
SLU 2a	13.684	165	335	2.831	6.576
SLU 2a	17.957	186	335	-1.498	-5.900
SLU 2b-M1	13.685	123	173	1.456	6.115
SLU 2b-M1	17.954	185	208	-929	-5.889
SLU 2b-M2	13.845	130	171	1.438	4.446
SLU 2b-M2	17.102	175	191	-858	-5.212
SLU VENTO	12.046	180	196	1.671	2.780
SLU VENTO	12.374	199	190	-853	-795
SLU SX SLV	10.413	840	1.092	9.250	9.889
SLU SX SLV	11.237	844	1.106	-4.936	-5.187
SLU SY SLV	10.415	794	1.136	9.623	9.391
SLU SY SLV	11.236	798	1.150	-5.135	-4.871
SLU SZ SLV	9.587	383	514	4.360	5.413
SLU SZ SLV	12.063	387	529	-2.356	-2.539
Palificata					
N.file longitud.	2				
Interasse longit.	3,60				
N.file trasversali	3				
Interasse trasvers.	3,60				
Numero Totale Pali	6				
Diametro Pali	1,20				
				k	25.000 (1kg/cm)
				E	31.200.000 (Rck 300)
				lambda	4,54 m
				$M_{max} = T * lambda / 2$	

Azioni sui Pali (kN)				T Shadowing (effetto gruppo)			
Combinaz. di carico	P _{med}	P _{max}	P _{min}	T _{p long,max}	T _{p trasv,max}	T _{p tot,max}	M _{max}
SLU 1-M1	2.237	2.923	1.551	45	36	58	131
SLU 1-M1	3.170	2.559	3.781	37	51	63	142
SLU 1-M2	2.273	2.786	1.760	32	48	58	131
SLU 1-M2	2.980	2.432	3.528	36	48	60	136
SLU 2a	2.281	2.999	1.562	37	84	91	207
SLU 2a	2.993	2.444	3.541	41	84	93	212
SLU 2b-M1	2.281	2.840	1.721	27	43	51	116
SLU 2b-M1	2.992	2.497	3.487	41	52	66	150
SLU 2b-M2	2.308	2.750	1.866	29	43	52	117
SLU 2b-M2	2.850	2.409	3.292	39	48	62	140
SLU VENTO	2.008	2.355	1.660	40	49	63	143
SLU VENTO	2.062	1.928	2.196	44	48	65	147
SLU SX SLV	1.736	3.279	192	187	273	331	750
SLU SX SLV	1.873	1.056	2.690	188	277	334	758
SLU SY SLV	1.736	3.279	193	177	284	334	758
SLU SY SLV	1.873	1.059	2.686	177	287	338	766
SLU SZ SLV	1.598	2.378	818	85	129	154	350
SLU SZ SLV	2.011	1.616	2.405	86	132	158	358

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

PILA n°2 - VERIFICHE IN FONDAZIONE		(kN,m)
Geometria Plinto		Rinterro
Altezza (m)	2,00	Altezza (m) 1,00
Lunghezza long.	6,00	Lunghezza long. 6,00
Larghezza trasv.	9,60	Larghezza trasv. 9,60
Peso Proprio (kN)	2.880	Peso Proprio (kN) 1.037
γ_G	1,35	γ_G 1,35
Dist. Pila/Plinto	0,00	Dist. Riporto/plinto 0,00

Sollecitazioni Baricentro fondazione (kN,m)					
Combinaz. di carico	N (kN)	T _{long} (kN)	T _{trasv} (kN)	M _{long} (kNm)	M _{trasv} (kNm)
SLU 1-M1	15.191	213	142	2.069	13.110
SLU 1-M1	21.210	177	238	-1.008	-7.567
SLU 1-M2	15.458	191	140	1.851	10.634
SLU 1-M2	19.997	159	233	-904	-6.437
SLU 2a	15.491	339	181	3.290	12.129
SLU 2a	20.020	306	275	-1.744	-6.136
SLU 2b-M1	15.501	173	125	1.676	11.462
SLU 2b-M1	20.010	164	248	-933	-5.939
SLU 2b-M2	15.701	161	129	1.559	9.682
SLU 2b-M2	19.103	145	239	-828	-5.045
SLU VENTO	13.533	126	171	1.225	6.966
SLU VENTO	13.557	111	248	-629	-1.646
SLU SX SLV	11.773	1.202	1.084	11.596	16.327
SLU SX SLV	12.573	1.181	1.119	-6.666	-7.684
SLU SY SLV	11.770	1.145	1.114	11.051	16.703
SLU SY SLV	12.577	1.124	1.149	-6.349	-7.942
SLU SZ SLV	11.085	552	525	5.326	10.119
SLU SZ SLV	13.262	531	560	-2.996	-3.713

Palificata	
N.file longitud.	2
Interasse longit.	3,60
N.file trasversali	3
Interasse trasvers.	3,60
Numero Totale Pali	6
Diametro Pali	1,20

k 25.000 (1kg/cm²)
 E 31.200.000 (Rck 300)
 lambda 4,54 m

$M_{max} = T \cdot \lambda / 2$

Combinaz. di carico	Azioni sui Pali (kN)			T Shadowing (effetto gruppo)			M _{max}
	P _{med}	P _{max}	P _{min}	T _{p long,max}	T _{p trasv,max}	T _{p tot,max}	
SLU 1-M1	2.532	3.634	1.430	47	35	59	134
SLU 1-M1	3.535	2.916	4.154	39	59	71	162
SLU 1-M2	2.576	3.486	1.666	42	35	55	124
SLU 1-M2	3.333	2.802	3.864	35	58	68	154
SLU 2a	2.582	3.729	1.435	75	45	88	199
SLU 2a	3.337	2.749	3.924	68	69	97	219
SLU 2b-M1	2.584	3.535	1.632	38	31	49	112
SLU 2b-M1	3.335	2.836	3.834	36	62	72	163
SLU 2b-M2	2.617	3.434	1.800	36	32	48	109
SLU 2b-M2	3.184	2.757	3.611	32	60	68	154
SLU VENTO	2.255	2.853	1.658	28	43	51	116
SLU VENTO	2.260	2.087	2.432	25	62	67	151
SLU SX SLV	1.962	4.170	-245	267	271	381	863
SLU SX SLV	2.096	945	3.246	262	280	384	870
SLU SY SLV	1.962	4.145	-222	254	278	377	855
SLU SY SLV	2.096	957	3.236	250	287	381	863
SLU SZ SLV	1.847	3.043	652	123	131	180	407
SLU SZ SLV	2.210	1.675	2.746	118	140	183	415

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

PILA N°3 - VERIFICHE IN FONDAZIONE		(kN,m)
Geometria Plinto		Rinterro
Altezza (m)	2,00	Altezza (m) 1,00
Lunghezza long.	6,00	Lunghezza long. 6,00
Larghezza trasv.	9,60	Larghezza trasv. 9,60
Peso Proprio (kN)	2.880	Peso Proprio (kN) 1.037
γ_G	1,35	γ_G 1,35
Dist. Pila/Plinto	0,00	Dist. Riporto/plinto 0,00

Sollecitazioni Baricentro fondazione (kN,m)					
Combinaz. di carico	N (kN)	T _{long} (kN)	T _{trasv} (kN)	M _{long} (kNm)	M _{trasv} (kNm)
SLU 1-M1	16.812	166	134	1.801	16.933
SLU 1-M1	22.620	156	302	-1.057	-3.712
SLU 1-M2	16.993	138	131	1.502	14.711
SLU 1-M2	21.402	129	294	-872	-2.919
SLU 2a	17.028	301	130	3.272	15.355
SLU 2a	21.419	292	294	-1.988	-2.266
SLU 2b-M1	17.034	127	121	1.384	15.244
SLU 2b-M1	21.417	123	302	-831	-2.326
SLU 2b-M2	17.168	108	122	1.171	13.622
SLU 2b-M2	20.506	101	292	-685	-1.706
SLU VENTO	14.445	27	152	293	9.393
SLU VENTO	14.608	20	281	-130	251
SLU SX SLV	12.743	1.341	990	14.454	18.303
SLU SX SLV	13.579	1.336	1.057	-9.048	-5.240
SLU SY SLV	12.740	1.174	1.137	12.656	20.273
SLU SY SLV	13.583	1.169	1.204	-7.919	-6.622
SLU SZ SLV	12.126	584	603	6.294	13.505
SLU SZ SLV	14.196	579	670	-3.917	-1.989

Palificata	
N.file longitud.	2
Interasse longit.	3,60
N.file trasversali	3
Interasse trasvers.	3,60
Numero Totale Pali	6
Diametro Pali	1,20

k 25.000 (1kg/cm²)
 E 31.200.000 (Rck 300)
 lambda 4,54 m

$M_{max} = T \cdot \lambda / 2$

Combinaz. di carico	Azioni sui Pali (kN)			T Shadowing (effetto gruppo)			M _{max}
	P _{med}	P _{max}	P _{min}	T _{p long,max}	T _{p trasv,max}	T _{p tot,max}	
SLU 1-M1	2.802	4.145	1.459	37	34	50	113
SLU 1-M1	3.770	3.414	4.126	35	76	83	188
SLU 1-M2	2.832	3.993	1.671	31	33	45	102
SLU 1-M2	3.567	3.284	3.850	29	73	79	179
SLU 2a	2.838	4.207	1.469	67	33	74	169
SLU 2a	3.570	3.228	3.911	65	74	98	222
SLU 2b-M1	2.839	4.026	1.652	28	30	41	94
SLU 2b-M1	3.570	3.331	3.808	27	75	80	182
SLU 2b-M2	2.861	3.916	1.807	24	30	39	88
SLU 2b-M2	3.418	3.236	3.600	23	73	77	174
SLU VENTO	2.407	3.087	1.728	6	38	39	87
SLU VENTO	2.435	2.440	2.429	4	70	70	160
SLU SX SLV	2.124	4.733	-486	298	248	387	878
SLU SX SLV	2.263	1.062	3.465	297	264	397	901
SLU SY SLV	2.123	4.703	-456	261	284	386	875
SLU SY SLV	2.264	1.071	3.457	260	301	398	902
SLU SZ SLV	2.021	3.542	500	130	151	199	451
SLU SZ SLV	2.366	1.865	2.867	129	168	211	479

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

PILA N°4 - VERIFICHE IN FONDAZIONE		(kN,m)
Geometria Plinto		Rinterro
Altezza (m)	2,00	Altezza (m) 1,00
Lunghezza long.	6,00	Lunghezza long. 6,00
Larghezza trasv.	9,60	Larghezza trasv. 9,60
Peso Proprio (kN)	2.880	Peso Proprio (kN) 1.037
γ_G	1,35	γ_G 1,35
Dist. Pila/Plinto	0,00	Dist. Riporto/plinto 0,00

Sollecitazioni Baricentro fondazione (kN,m)					
Combinaz. di carico	N (kN)	T _{long} (kN)	T _{trasv} (kN)	M _{long} (kNm)	M _{trasv} (kNm)
SLU 1-M1	15.915	163	136	1.935	14.066
SLU 1-M1	21.958	207	255	-1.551	-6.804
SLU 1-M2	16.157	143	133	1.698	11.674
SLU 1-M2	20.748	183	248	-1.372	-5.830
SLU 2a	16.206	287	172	3.394	13.098
SLU 2a	20.757	328	287	-2.485	-5.520
SLU 2b-M1	16.210	141	120	1.683	12.401
SLU 2b-M1	20.757	171	259	-1.276	-5.255
SLU 2b-M2	16.391	124	123	1.481	10.676
SLU 2b-M2	19.851	155	249	-1.159	-4.481
SLU VENTO	14.006	76	152	934	7.511
SLU VENTO	14.114	94	245	-714	-1.415
SLU SX SLV	12.280	1.093	1.151	12.698	19.825
SLU SX SLV	13.092	1.125	1.195	-8.522	-9.732
SLU SY SLV	12.286	1.185	1.011	13.738	17.798
SLU SY SLV	13.086	1.217	1.055	-9.193	-8.265
SLU SZ SLV	11.663	522	587	6.073	12.064
SLU SZ SLV	13.709	554	631	-4.179	-4.229

Palificata	
N.file longitud.	2
Interasse longit.	3,60
N.file trasversali	3
Interasse trasvers.	3,60
Numero Totale Pali	6
Diametro Pali	1,20

k 25.000 (1kg/cm²)
 E 31.200.000 (Rck 300)
 lambda 4,54 m

$M_{max} = T \cdot \lambda / 2$

Combinaz. di carico	Azioni sui Pali (kN)			T Shadowing (effetto gruppo)			M _{max}
	P _{med}	P _{ant}	P _{max}	P _{min}	T _{p trasv,max}	T _{p tot,max}	
SLU 1-M1	2.653	3.809	1.497	36	34	50	113
SLU 1-M1	3.660	3.044	4.276	46	64	79	178
SLU 1-M2	2.693	3.661	1.725	32	33	46	104
SLU 1-M2	3.458	2.926	3.990	41	62	74	168
SLU 2a	2.701	3.925	1.477	64	43	77	174
SLU 2a	3.459	2.846	4.073	73	72	102	232
SLU 2b-M1	2.702	3.719	1.685	31	30	43	99
SLU 2b-M1	3.459	2.976	3.943	38	65	75	170
SLU 2b-M2	2.732	3.610	1.853	28	31	41	94
SLU 2b-M2	3.308	2.890	3.727	34	62	71	162
SLU VENTO	2.334	2.942	1.726	17	38	42	94
SLU VENTO	2.352	2.188	2.517	21	61	65	147
SLU SX SLV	2.047	4.599	-506	243	288	377	854
SLU SX SLV	2.182	717	3.647	250	299	390	883
SLU SY SLV	2.048	4.556	-460	263	253	365	828
SLU SY SLV	2.181	756	3.606	270	264	378	857
SLU SZ SLV	1.944	3.344	544	116	147	187	424
SLU SZ SLV	2.285	1.604	2.965	123	158	200	454

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

PILA N°5 - VERIFICHE IN FONDAZIONE		(kN,m)
Geometria Plinto		
Altezza (m)	2,00	
Lunghezza long.	6,00	
Larghezza trasv.	9,60	
Peso Proprio (kN)	2.880	
γ_G	1,35	
Dist. Pila/Plinto	0,00	
Rinterro		
Altezza (m)	1,00	
Lunghezza long.	6,00	
Larghezza trasv.	9,60	
Peso Proprio (kN)	1.037	
γ_G	1,35	
Dist. Riporto/plinto	0,00	

Sollecitazioni Baricentro fondazione (kN,m)					
Combinaz. di carico	N (kN)	T _{long} (kN)	T _{trasv} (kN)	M _{long} (kNm)	M _{trasv} (kNm)
SLU 1-M1	13.027	124	139	1.521	6.628
SLU 1-M1	18.587	139	182	-1.023	-8.816
SLU 1-M2	13.295	114	138	1.423	4.682
SLU 1-M2	17.488	128	180	-916	-8.021
SLU 2a	13.352	248	168	2.937	6.055
SLU 2a	17.542	262	211	-1.959	-7.464
SLU 2b-M1	13.357	123	120	1.503	5.410
SLU 2b-M1	17.538	114	198	-848	-7.363
SLU 2b-M2	13.557	112	126	1.376	4.053
SLU 2b-M2	16.716	111	189	-803	-6.699
SLU VENTO	11.978	106	166	1.247	3.207
SLU VENTO	12.063	113	204	-887	-2.659
SLU SX SLV	10.316	961	989	10.908	13.793
SLU SX SLV	10.990	965	1.000	-7.098	-9.836
SLU SY SLV	10.322	1.096	882	12.429	12.362
SLU SY SLV	10.985	1.100	893	-8.078	-8.834
SLU SZ SLV	9.713	480	488	5.460	7.530
SLU SZ SLV	11.593	484	499	-3.572	-5.580

Palificata	
N.file longitud.	2
Interasse longit.	3,60
N.file trasversali	3
Interasse trasvers.	3,60
Numero Totale Pali	6
Diametro Pali	1,20

k 25.000 (1kg/cmc)

E 31.200.000 (Rck 300)

lambda 4,54 m

$M_{max} = T * lambda / 2$

Combinaz. di carico	Azioni sui Pali (kN)			T Shadowing (effetto gruppo)			M _{max}
	P _{med}	P _{max}	P _{min}	T _{p long,max}	T _{p trasv,max}	T _{p tot,max}	
SLU 1-M1	2.171	2.772	1.570	27	35	44	100
SLU 1-M1	3.098	2.391	3.805	31	46	55	125
SLU 1-M2	2.216	2.673	1.759	25	34	43	97
SLU 1-M2	2.915	2.273	3.556	28	45	53	121
SLU 2a	2.225	2.918	1.533	55	42	69	157
SLU 2a	2.924	2.224	3.623	58	53	79	178
SLU 2b-M1	2.226	2.741	1.711	27	30	41	92
SLU 2b-M1	2.923	2.333	3.513	25	50	56	126
SLU 2b-M2	2.260	2.668	1.851	25	31	40	91
SLU 2b-M2	2.786	2.246	3.325	25	47	53	121
SLU VENTO	1.996	2.334	1.658	23	41	48	108
SLU VENTO	2.010	1.744	2.277	25	51	57	129
SLU SX SLV	1.719	3.687	-248	213	247	327	741
SLU SX SLV	1.832	491	3.172	214	250	329	747
SLU SY SLV	1.720	3.730	-289	244	221	329	745
SLU SY SLV	1.831	469	3.192	244	223	331	751
SLU SZ SLV	1.619	2.647	590	107	122	162	367
SLU SZ SLV	1.932	1.214	2.650	108	125	165	373

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA A - RELAZIONE DI CALCOLO

PILA N°6 - VERIFICHE IN FONDAZIONE		(kN,m)
Geometria Plinto		Rinterro
Altezza (m)	2,00	Altezza (m) 1,00
Lunghezza long.	6,00	Lunghezza long. 6,00
Larghezza trasv.	9,60	Larghezza trasv. 9,60
Peso Proprio (kN)	2.880	Peso Proprio (kN) 1.037
γ_G	1,35	γ_G 1,35
Dist. Pila/Plinto	0,00	Dist. Riporto/plinto 0,00

Sollecitazioni Baricentro fondazione (kN,m)					
Combinaz. di carico	N (kN)	T _{long} (kN)	T _{trasv} (kN)	M _{long} (kNm)	M _{trasv} (kNm)
SLU 1-M1	12.632	168	123	1.618	5.636
SLU 1-M1	17.493	194	150	-1.080	-7.910
SLU 1-M2	12.795	162	121	1.559	3.757
SLU 1-M2	16.483	187	148	-1.042	-7.153
SLU 2a	12.820	297	133	2.857	4.877
SLU 2a	16.564	323	160	-1.806	-6.470
SLU 2b-M1	12.823	177	102	1.698	4.518
SLU 2b-M1	16.563	171	168	-955	-6.533
SLU 2b-M2	12.945	166	109	1.594	3.202
SLU 2b-M2	15.807	172	158	-961	-5.908
SLU VENTO	11.238	175	152	1.676	2.524
SLU VENTO	11.649	201	174	-1.127	-2.052
SLU SX SLV	9.635	886	747	8.446	9.209
SLU SX SLV	10.476	886	756	-4.898	-6.505
SLU SY SLV	9.635	993	700	9.453	8.657
SLU SY SLV	10.476	992	709	-5.480	-6.144
SLU SZ SLV	8.865	437	346	4.168	5.883
SLU SZ SLV	11.246	437	355	-2.415	-4.783

Palificata	
N.file longitud.	2
Interasse longit.	3,60
N.file trasversali	3
Interasse trasvers.	3,60
Numero Totale Pali	6
Diametro Pali	1,20

k 25.000 (1kg/cm²)
 E 31.200.000 (Rck 300)
 lambda 4,54 m

$M_{max} = T \cdot \lambda / 2$

Combinaz. di carico	Azioni sui Pali (kN)			T Shadowing (effetto gruppo)			M _{max}
	P _{med}	P _{max}	P _{min}	T _{p long,max}	T _{p trasv,max}	T _{p tot,max}	
SLU 1-M1	2.105	2.646	1.564	37	31	48	110
SLU 1-M1	2.916	2.266	3.565	43	37	57	129
SLU 1-M2	2.133	2.538	1.727	36	30	47	107
SLU 1-M2	2.747	2.154	3.340	42	37	56	126
SLU 2a	2.137	2.740	1.534	66	33	74	168
SLU 2a	2.761	2.144	3.377	72	40	82	186
SLU 2b-M1	2.137	2.608	1.666	39	26	47	106
SLU 2b-M1	2.761	2.218	3.303	38	42	57	128
SLU 2b-M2	2.158	2.528	1.788	37	27	46	104
SLU 2b-M2	2.635	2.135	3.134	38	40	55	125
SLU VENTO	1.873	2.204	1.543	39	38	54	123
SLU VENTO	1.941	1.695	2.188	45	44	62	142
SLU SX SLV	1.606	3.027	184	197	187	271	616
SLU SX SLV	1.746	841	2.651	197	189	273	619
SLU SY SLV	1.606	3.082	129	221	175	282	638
SLU SY SLV	1.746	812	2.680	221	177	283	642
SLU SZ SLV	1.478	2.272	683	97	87	130	295
SLU SZ SLV	1.874	1.319	2.430	97	89	132	298

4.4.2) Verifica del Plinto di Fondazione

La sollecitazione massima sul plinto di fondazione dovuta all'azioni dei pali è stata calcolata considerando la fondazione come una mensola di lunghezza pari a 2,35m in direzione trasversale e 1,75m in direzione longitudinale.

Direzione trasversale:

$$M = (N_{\max} + N'_{\max}) \times l - \gamma_G \times (P_{\text{plinto}} \times l^2 / 2)$$

Direzione longitudinale:

$$M = \Sigma N'_{\max} \times l - \gamma_G \times (P_{\text{plinto}} \times l^2 / 2)$$

La sollecitazione massima si ottiene sul plinto di fondazione della pila n.3:

$$M_{\max, \text{long}} = 18.286 \text{ kNm}$$

$$M_{\max, \text{trasv}} = 16.140 \text{ kNm}$$

Si riporta il calcolo dei momenti resistenti per le due sezioni considerate con l'indicazione delle armature previste in progetto.

Direzione longitudinale

Considerando la sezione 9,60x2,00m con le seguenti armature:

- armatura inferiore: 1Φ26/10
- armatura superiore: 1Φ26/20

si ottiene un momento resistente pari a:

$$M_R = 37.679 \text{ kNm}$$

a cui corrisponde un coefficiente di sicurezza c.s. = $M_R / M_d = 2,06$.

Direzione trasversale

Considerando la sezione 5,00x2,00m con le seguenti armature

- Armatura inferiore: 1Φ26/10
- Armatura superiore: 1Φ26/20

si ottiene un momento resistente pari a:

$$M_R = 23.549 \text{ kNm}$$

a cui corrisponde un coefficiente di sicurezza c.s. = $M_R / M_d = 1,46$.

Sezione in C.A.
 Verifiche allo stato limite ultimo di taglio
PLINTO 6,0x9,6m - TRASVERSALE

Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo ord.	Acciaio
$f_{ck} = 25$	$f_{ywk} = 450$
$\gamma_c = 1,50$	$\gamma_s = 1,15$
$f_{cd} = 14,17$	$f_{ywd} = 391$

Dati sezione	
Altezza utile sezione (cm)	190
B_{min} della sezione in zona tesa (cm)	600
Armatura longitudinale (cm ²)	318
Diametro staffe (mm)	20
Bracci	12,5
Passo (cm)	30
Area staffe al metro (cm ² /m)	130,90

Sollecitazioni	
Sforzo Normale di compressione (kN)	0
Taglio di calcolo V_{sd} (kN)	7344
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,00
α_{cw}	1,00
τ_{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,72
σ_1 tensione principale di trazione (N/mm ²)	0,72
θ angolo bielle compresse	45,00
$\cot \theta$ ($1 < \cot \theta < 2,5$)	1,00

Verifiche allo SLU per taglio $V_{Rd} > V_{sd}$	
$V_{Rd,s}$ (kN)	8759
$V_{Rd,max}$ (kN)	36338
V_{Rd} (kN) = $\min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	8759
Coefficiente di sicurezza (V_{Rd} / V_{sd})	1,19

Sezione in C.A.
 Verifiche allo stato limite ultimo di taglio
PLINTO 6,0x9,6m - LONGITUDINALE

Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo ord.	Acciaio
$f_{ck} = 25$	$f_{ywk} = 450$
$\gamma_c = 1,50$	$\gamma_s = 1,15$
$f_{cd} = 14,17$	$f_{ywd} = 391$

Dati sezione	
Altezza utile sezione (cm)	190
B_{min} della sezione in zona tesa (cm)	960
Armatura longitudinale (cm ²)	509
Diametro staffe (mm)	20
Bracci	20
Passo (cm)	30
Area staffe al metro (cm ² /m)	209,44

Sollecitazioni	
Sforzo Normale di compressione (kN)	0
Taglio di calcolo V_{sd} (kN)	11016
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,00
α_{cw}	1,00
τ_{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,67
σ_1 tensione principale di trazione (N/mm ²)	0,67
θ angolo bielle compresse	45,00
$\cot \theta$ ($1 < \cot \theta < 2,5$)	1,00

Verifiche allo SLU per taglio $V_{Rd} > V_{sd}$	
$V_{Rd,s}$ (kN)	14014
$V_{Rd,max}$ (kN)	58140
V_{Rd} (kN) = $\min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	14014
Coefficiente di sicurezza (V_{Rd} / V_{sd})	1,27

Sezione in C.A.
Verifiche allo stato limite ultimo
PUNZONAMENTO

Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo		Acciaio	
$f_{ck} =$	25	$f_{ywk} =$	450
$\gamma_c =$	1,50	$\gamma_s =$	1,15
$f_{cd} =$	14,17	$f_{ywd} =$	391

Sezione da verificare		
Dimensioni pilastro	B (cm)	90
	H (cm)	90
Posizione pilastro (β) (angolo: $\beta=1,5$;bordo: $\beta=1,4$;interno: $\beta=1,15$)		1,50
Spessore soletta (cm)		200
Copriferro (cm)		5,0
u perimetro critico		1740
Diametro armatura	$A_{s,x}$	26
tesa soletta (mm)	$A_{s,y}$	26
Interasse armatura	$i_{s,x}$	20
tesa soletta (cm)	$i_{s,y}$	20
ρ_1 (percentuale di armatura tesa)		0,14%
Diametro armatura a punzonamento (mm)		0
Bracci sul perimetro		0
s_r passo radiale perimetri		0
α angolo tra armatura e piano della soletta		90
Area staffe sul perimetro (cm ²)		0,00
Verifica allo SLU per punzonamento		
Taglio di calcolo V_{sd} (kN)		3.989
Taglio di calcolo $v_{sd} = V_{sd} \cdot \beta / (u \cdot d)$ (N/mm²)		0,176
Resistenza di progetto $v_{Rd,c}$ (N/mm²)		0,265
Coefficiente di sicurezza $v_{Rd,c} / v_{sd}$		1,505

4.4.3) Verifica Pali Φ 120 cm

Si riporta la verifica del palo maggiormente sollecitato

Verifica a taglio

Si verifica il palo relativo alla spalla fissa sotto l'azione del taglio massimo nella peggiore condizione di carico:

$$T_{t,max} = 398 \text{ kN} \qquad N = 1.071 \text{ kN}$$

Le altre combinazioni di carico comportano sollecitazioni taglianti inferiori.

Sezione circolare in C.A.	
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio	
VERIFICA CON STAFFE	

Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo ord.		Acciaio	
$f_{ck} =$	25	$f_{ywk} =$	450
$\gamma_c =$	1,50	$\gamma_s =$	1,15
$f_{cd} =$	14,17	$f_{ywd} =$	391

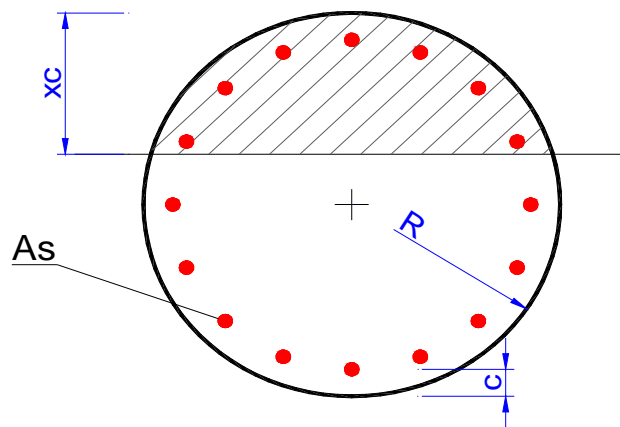
Dati sezione	
Diametro sezione (cm)	120
Copriferro (cm)	7
Altezza utile sezione $d=D/2 + 2x(D/2-c)/\pi$	94
Armatura longitudinale (cm ²)	84,80
Diametro staffe (mm)	12
Bracci	2
Passo (cm)	20
Area staffe al metro (cm ² /m)	11,31
Sollecitazioni	
Sforzo Normale di compressione (kN)	1017
Taglio di calcolo V_{sd} (kN)	398
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,81
α_{cw}	1,06
τ_{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,39
σ_1 tensione principale di trazione (N/mm ²)	0,97
θ angolo bielle compresse	22,04
$\cot \theta$ ($1 < \cot \theta < 2,5$)	2,47
Verifiche allo SLU per taglio $V_{Rd} > V_{sd}$	
$V_{Rd,s}$ (kN)	925
$V_{Rd,max}$ (kN)	2646
V_{Rd} (kN) = $\min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	925
Coefficiente di sicurezza (V_{Rd} / V_{sd})	2,33

Verifiche a Presso-Flessione

Si riportano le verifiche a pressoflessione e tensoflessione per i pali maggiormente sollecitati.

Le verifiche sono state condotte considerando le seguenti armature:

N = 1.071 kN	M = 902 kNm	c.s. = 2,33
N = 3.457 kN	M = 902 kNm	c.s. = 2,99
N = - 486 kN	M = 878 kNm	c.s. = 1,73



Geometria della sezione		
[cm]		
Raggio	R	60

Sollecitazioni		
M	878	[kNm]
N	-486	[kN]

Armatura As			
n°ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
18	26	95,57	8
		0,00	
		0,00	
		95,57	

Materiali								
C25/30 ▼	γ_c	α_{cc}	Rck [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	f _{cc} /f _{cd}	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
	1,5	0,85	30	25	14,2	1,0	0,200%	0,350%
B450C ▼	γ_s	Es [Mpa]	f _{yk} [Mpa]	f _{yd} [Mpa]	ϵ_{ys}	ϵ_{uk}	α_s	$\epsilon_{ud} = \epsilon_{uk} \alpha_s$
	1,15	200000	450	391,3	0,196%	1,000%	1	1,000%

- N costante
- e costante

N ultimo
-486,0 [kN]

xc
23,61 [cm]

M ultimo
1519,8 [kNm]

FS
1,73