



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. Fiorenzo Forcone	- Monitoraggio Ambientale
Ing. Gabriele Giovannini	- Cartografia
Ing. Attilio Petrillo	- Idraulica
Arch. Roberto Roggi	- Sicurezza
Geom. Valerio Altomare	- Espropri
Geom. Alessandro 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 C RELAZIONE DI CALCOLO

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

LO411J D 1101

NOME FILE

T00_VI02_STR_RE01_A

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00VI02STRRE01

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 C" 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 302,6m, 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 e 2,50m 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 variabile a seconda della campata tra 5,06m e 5,33m con il compito di aumentare la rigidità trasversale dell'impalcato ed un sistema di controventamento in corrispondenza delle piattabande superiori di traversi.

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 $\gamma_s = 1,15$.

Coprierri 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 4,20m 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 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 4,20m e costituite da piatti saldati con altezza complessiva pari a 190cm, 210cm e 260cm.

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	TR. 4	TR. 5	TR. 6
Ala inferiore	Altezza totale (cm)	190,0	190,0	190,0	250,0	250,0	250,0
	Larghezza (cm)	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0
	Spessore (cm)	4,0	6,0	9,0	6,0	9,0	2,0
Ala superiore	Larghezza (cm)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Spessore (cm)	2,0	5,0	9,0	5,0	9,0	4,0
Anima	Altezza (cm)	184,0	179,0	172,0	239,0	232,0	244,0
	Spessore (cm)	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0
Area (cm ²)		1.048	1.668	2.410	1.818	2.560	1.128
Peso (kN/m)		8,23	13,09	18,92	14,27	20,10	8,85

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 2,50m 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		Campata 1 - 2 - 7		Campata 3 - 6		Campata 4 - 5	
	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	4,30	32,3	4,60	34,5
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		37,0		39,3

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		Campata 1 - 2 - 7		Campata 3 - 6		Campata 4 - 5	
	Unitario (kN/m ²)	Larghezza (m)	Carico (kN/m)	Larghezza (m)	Carico (kN/m)	Larghezza (m)	Carico (kN/m)
Pavimentazione	2,50	3,25	8,1	3,55	8,9	3,85	9,6
Sicurvita			2,50		2,50		2,50
Frangivento							
Veletta in c.a.	2,00	1,00	2,0	1,00	2,0	1,00	2,0
Totale II Fase			12,6		13,4		14,1

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)

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

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

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)	2,30	2,45	2,60	2,45
Ritiro Soletta ε _{cs} (%)	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Modulo di Elasticità Ridotto Calcestruzzo Soletta E _c * = E _c /2	16.673	16.673	16.673	16.673

Sezione	TR. 1a	TR. 1b	TR. 6a	TR. 6b
y _G (m)	135,16	137,58	178,16	175,33
H _{TRAVE} (m)	190	190	250	250
d (m) = H _{TOT} - s/2 - y _G	0,72	0,70	0,89	0,92
Coefficiente parziale di sicurezza γ _{e2}	1,2	1,2	1,2	1,2
N_R (kN)	6.903	7.353	7.803	7.353
M_R = N_R x d (kNm)	4.993	5.141	6.971	6.777
Area reagente omog.acciaio A (cm ²)	2.007	2.076	2.265	2.196
W _i (cm ³) =	115.026	115.595	157.908	157.153
W _s (cm ³) =	283.511	303.426	391.602	369.018
W _c (cm ³) =	2.308.182	2.430.592	3.479.382	3.315.715
W _a (cm ³) =	192.325	202.820	287.538	273.710
INCREMENTO TENSIONI II FASE - RITIRO				
Trave acciaio lembo inf. σ _i (N/mm ²)=	43,07	44,12	43,80	42,79
Trave acciaio lembo sup. σ _s (N/mm ²)=	-17,96	-17,30	-18,15	-18,70
Calcestruzzo lembo sup. σ _c (N/mm ²)=	-2,51	-2,47	-2,35	-2,38
Armatura sup. σ _a (N/mm ²)=	-26,31	-25,70	-24,59	-25,09

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: $2 \times Q_{1k} = 2 \times 300 \text{ kN}$

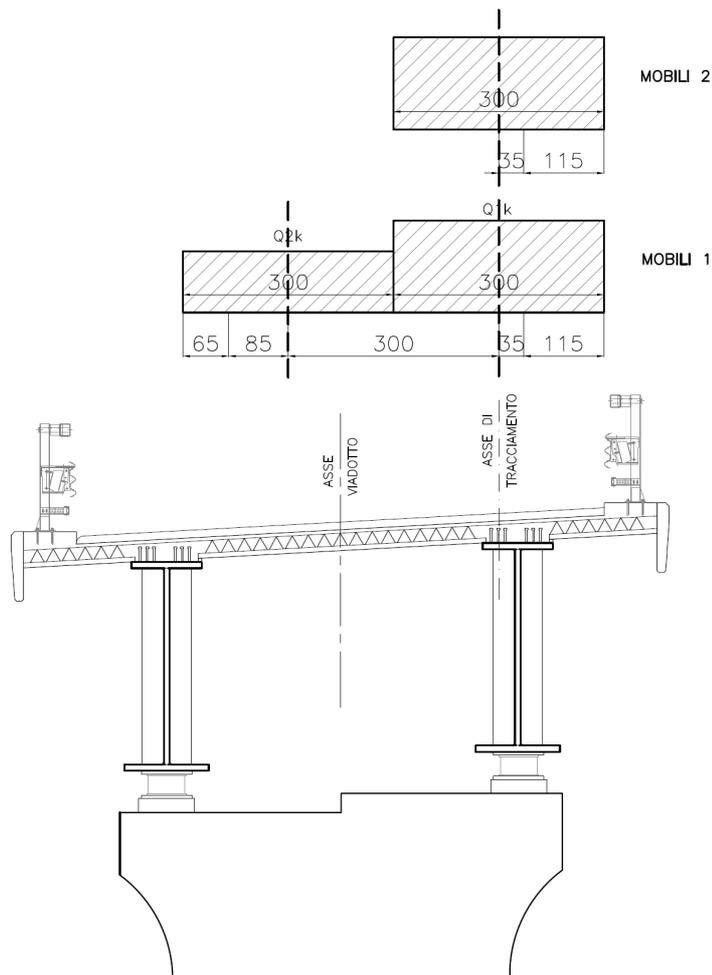
Carico distribuito: $q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$

- 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:

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

$$q_3 = 0,6 \times 2 \times 300\text{kN} + 0,1 \times 9,0\text{kN/m}^2 \times 3,0\text{m} \times 302,6\text{m} = 1.177 \text{ kN}$$

L'azione sulla singola trave sarà:

$$q_3 = (900 \text{ kN} / 2) / 303\text{m} = 1,49 \text{ kN/m}$$

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 = 250cm	H = 250cm	H = 190cm
Altezza massima sul suolo z (m)	10,5	13	9
	1,801	1,801	1,801
c _e (z _{max}) per z > z _{min}	2,383	2,521	2,286
Pression p (kN/m²)	z < z _{min}	1,15	1,15
	z > z _{min}	1,52	1,61
		1,46	1,46
Altezza Superficie Esposta (m)	4,50	5,00	3,90
Carico Trave p (kN/m)	6,84	8,04	5,69
PONTE CARICO			
Tipo trave	H = 300cm	H = 210cm	H = 190cm
Altezza massima sul suolo z (m)	11,5	14	10
	1,801	1,801	1,801
c _e (z _{max}) per z > z _{min}	2,442	2,570	2,352
Pression p (kN/m²)	z < z _{min}	1,15	1,15
	z > z _{min}	1,56	1,64
		1,50	1,50
Altezza Superficie Esposta (m)	5,50	5,50	4,90
Carico Trave p (kN/m)	8,57	9,02	7,35

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:

$$q_{4,MOBILI\ 1} = (Q_{4,MOBILI\ 1} / 2) / L = 100 \text{ kN} / 303\text{m} = 0,33 \text{ kN/m}$$

$$q_{4,MOBILI\ 2} = (Q_{4,MOBILI\ 2} / 2) / L = 60 \text{ kN} / 303\text{m} = 0,20 \text{ kN/m}$$

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
$\Delta T_{N,\text{neg}}$	-19,0	valore caratteristico dell'intervallo massimo della temperatura negativa effettiva
$\Delta T_{N,\text{pos}}$	31,0	valore caratteristico dell'intervallo massimo della temperatura positiva effettiva

Componente lineare della temperatura

Gruppo 2 - Ponti stradali

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

	TR. 1 - 2 - 3	TR. 4 - 5 - 6
Altezza trave (m)	1,9	2,5
Soletta (m)	0,3	0,3
$\Delta T_{M,\text{neg}}$ (°C/m)	-8,182	-6,429
$\Delta T_{M,\text{pos}}$	6,818	5,357

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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza 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 $\leq 15^\circ$)

Dal punto di vista della tipologia strutturale, la struttura in questione può essere condotta ad una mensola a bassa duttilità CD"B" per le quali il fattore di struttura $q_0 = 1,5$ per il sisma orizzontale e $q_0 = 1$ per il sisma verticale.

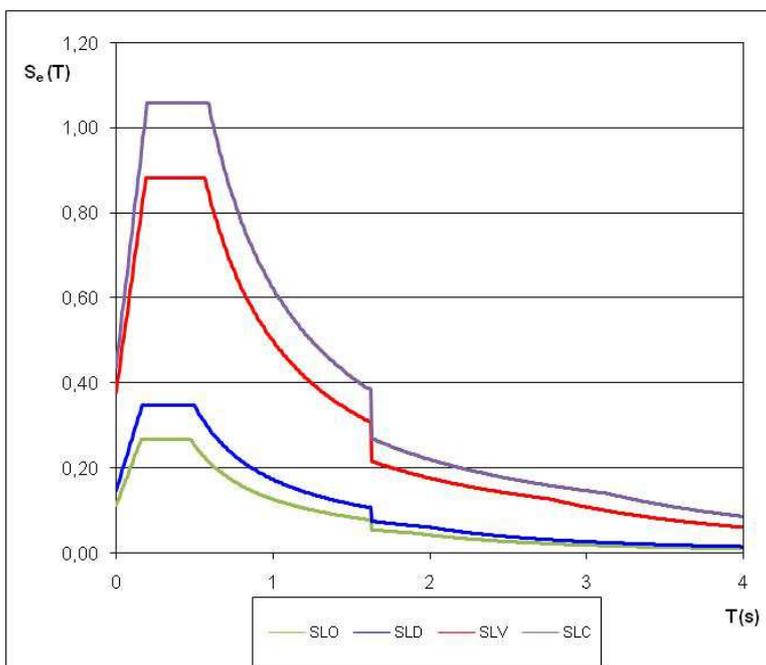
I dispositivi di isolamento sono stati progettati per sostenere gli spostamenti determinati dall'azione sismica derivante dallo spettro di risposta allo Stato Limite Ultimo di Collasso (SLC).

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

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}	2,036
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

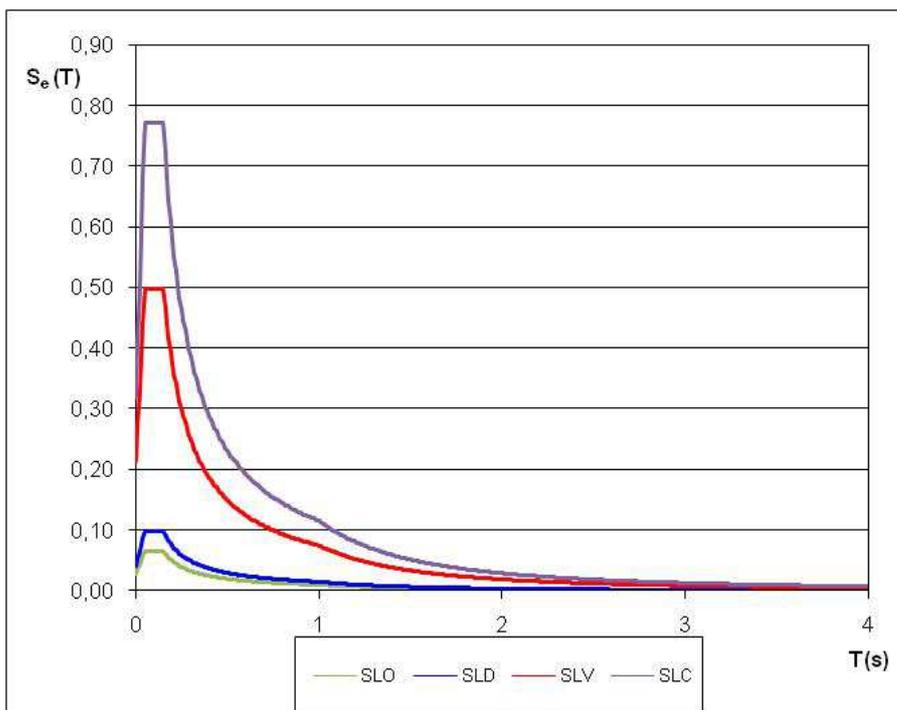


E' stato inoltre considerato lo spettro elastico per l'azione verticale determinato attraverso i seguenti parametri

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 C - 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		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 (m²)	J_{TOR} (m⁴)	J₃₋₃ (m⁴)	J₂₋₂ (m⁴)	A₂₋₂ (m²)	A₃₋₃ (m²)	Sezione
2,007E-01	3,300E-05	1,555E-01	4,234E-01	3,800E-02	7,939E-02	TR. 1a
2,076E-01	3,300E-05	1,590E-01	5,260E-01	3,800E-02	8,535E-02	TR. 1b
1,793E-01	1,330E-04	1,313E-01	4,234E-01	4,750E-02	7,939E-02	TR. 2
2,536E-01	5,160E-04	1,887E-01	4,234E-01	4,750E-02	7,939E-02	TR. 3
1,953E-01	1,360E-04	2,377E-01	5,260E-01	6,250E-02	8,535E-02	TR. 4
2,695E-01	5,190E-04	3,409E-01	5,260E-01	6,250E-02	8,535E-02	TR. 5
2,265E-01	3,400E-05	2,813E-01	6,440E-01	5,000E-02	9,130E-02	TR. 6a
2,196E-01	3,400E-05	2,755E-01	5,260E-01	5,000E-02	8,535E-02	TR. 6b

1,294E-01	3,400E-05	1,510E-01	4,234E-01	5,000E-02	7,939E-02	TR. 1aVAR
1,303E-01	3,400E-05	1,532E-01	5,260E-01	5,000E-02	8,535E-02	TR. 1bVAR

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA C - 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. 1a
2,969E-01	3,300E-05	1,893E-01	1,052E+00	3,800E-02	1,707E-01	TR. 1b
1,793E-01	1,330E-04	1,313E-01	8,469E-01	4,750E-02	1,588E-01	TR. 2
2,536E-01	5,160E-04	1,887E-01	8,469E-01	4,750E-02	1,588E-01	TR. 3
1,953E-01	1,360E-04	2,377E-01	1,052E+00	6,250E-02	1,707E-01	TR. 4
2,695E-01	5,190E-04	3,409E-01	1,052E+00	6,250E-02	1,707E-01	TR. 5
3,218E-01	3,400E-05	3,343E-01	1,288E+00	5,000E-02	1,826E-01	TR. 6a
3,089E-01	3,400E-05	3,287E-01	1,052E+00	5,000E-02	1,707E-01	TR. 6b

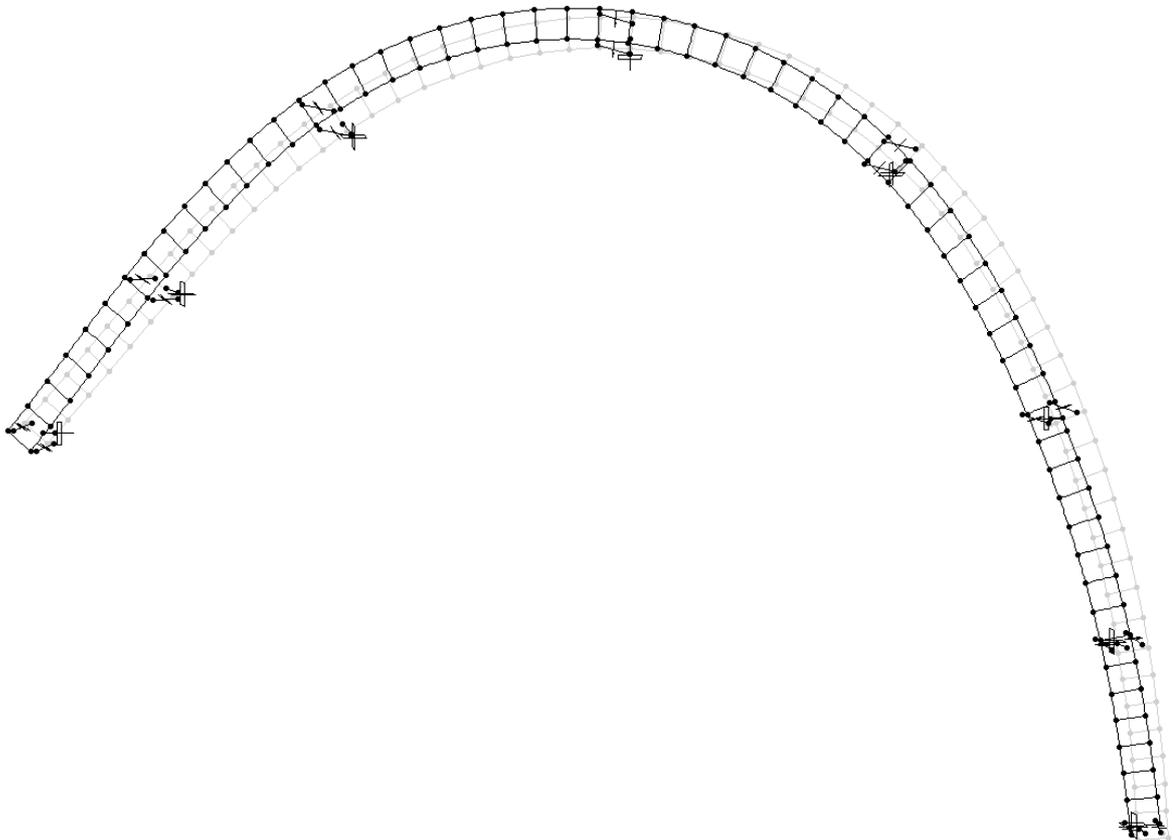
1,294E-01	3,400E-05	1,510E-01	8,469E-01	5,000E-02	1,588E-01	TR. 1aVAR
1,303E-01	3,400E-05	1,532E-01	1,052E+00	5,000E-02	1,707E-01	TR. 1bVAR



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.

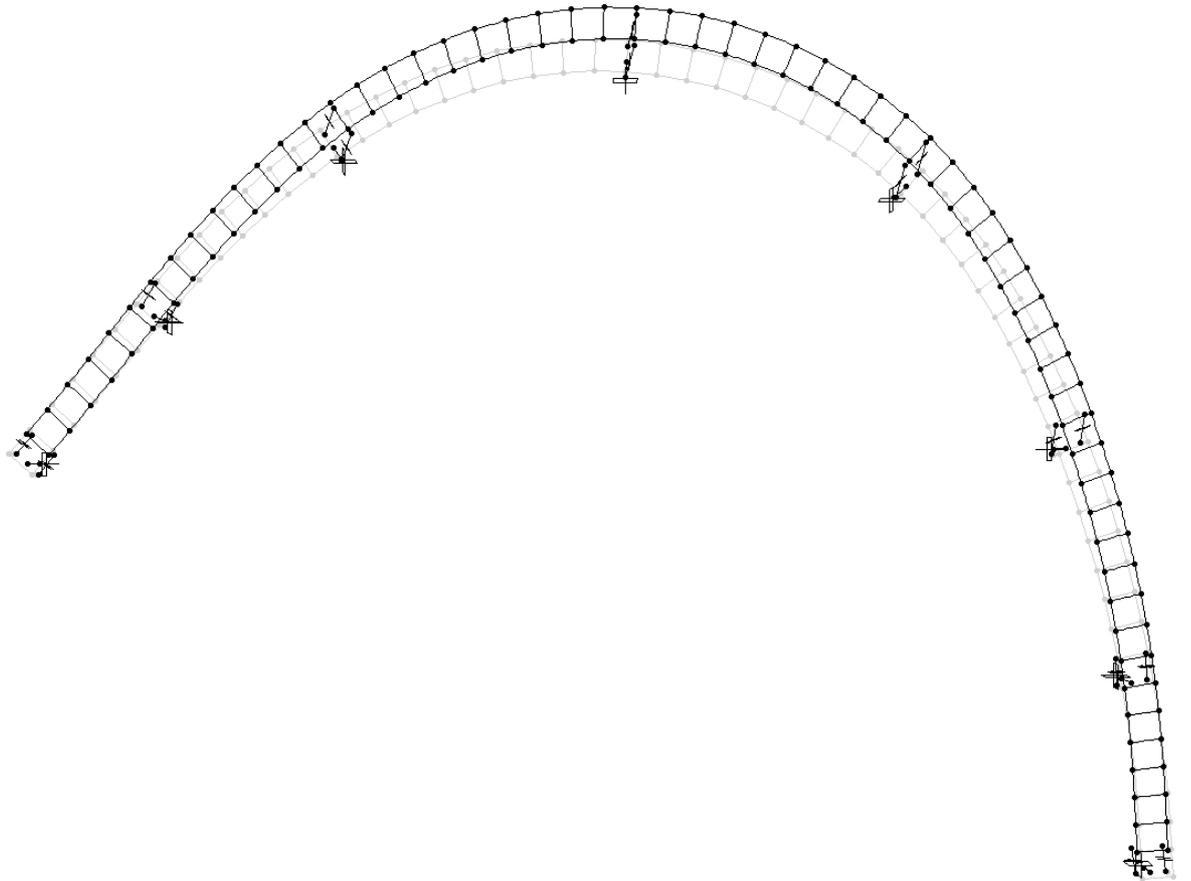
Il modello tridimensionale della struttura riproduce la distribuzione di masse e rigidzze della struttura; nell'analisi modale sono stati considerati tutti i modi che attivano più dell' 85% della massa della struttura. La combinazione dei modi al fine di calcolare sollecitazioni e spostamenti complessivi 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 = 2,03622s

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



2° modo di vibrare - $T = 1,94237s$

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.

Si riportano, per le travi principali destra e sinistra dell' impalcato, le tabelle di verifica delle sezioni riportando i valori tensionali di fase e risultanti.

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	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
			$E_s =$	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
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) =	4.593	1.433	15.618	21.644
Taglio di progetto	V_d (kN) =	0	0	1.899	1.899

Caratteristiche inerziali		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

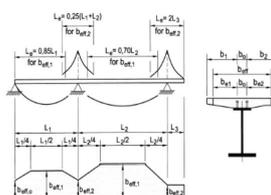
Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	51	56	131	238	0,70
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	-86	-23	-28	-138	0,41
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		-3,1	-8,5	-11,7	0,64
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		-34	-50	-84	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.	0,26
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) =	-134

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

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)	
Sezione TR. 1 - Momento positivo	
LARGHEZZA EFFICACE SOLETTA	
Interasse connettori	$b_0 = 1,00 \text{ m}$
Larghezza soletta lato sx	$b_1 =$
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$
Luce trave	$L =$
Sezione di estremità ?	
Coeff. posizione	$\alpha =$
Luce equivalente	$L_e = \alpha L =$
	$b_{e1} = 1,00 \text{ m}$
	$b_{e2} = 2,30 \text{ m}$
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} = 4,30 \text{ m}$



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)	$f_{yk} = 355$		$f_{ck} = 32$	$f_{yk} = 450$
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	
190,0	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
	120,00	4,00	100,00	2,00	184,0	2,0

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	430,0	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)	67,51	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	67,51	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	1.266	774	16.692	18.732
Taglio di progetto	V_d (kN) =	0	0	1.794	1.794

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	2.076	2.969	
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	70,7	137,6	158,3	
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	6.338.940	15.904.165	18.934.367	
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	89.666,46	115.595	119.592	
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	53.132,07	303.426	597.766	
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		2.430.592	1.933.387	
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		202.820	328.293	

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	14	51	140	205	0,60
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	-24	-20	-28	-72	0,21
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		-2,8	-8,6	-11,4	0,63
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		-30	-51	-80	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.	0,25
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-\rho) f_{yk}/\gamma_{M0} =$	338
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	199
lembo superiore anima	σ_{sa} (N/mm^2) =	-69

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

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		C32/40	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
			$E_s =$	210.000

Caratteristiche geometriche trave in acciaio						
Altezza trave in acciaio (cm)	Ala inferiore		Ala superiore		Anima	
	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
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

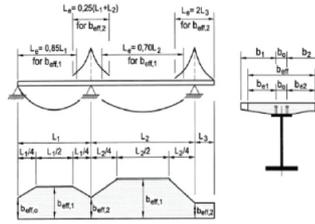
Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	-4.998	-981	-16.487	-22.466
Taglio di progetto	V_d (kN) =	884	223	1.777	2.884

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	1.174	1.174
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	70,7	85,3	85,3
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	6.338.940	8.425.852	8.425.852
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	89.666,46	98.831	98.831
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	53.132,07	80.442	80.442
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		64.445	64.445

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-56	-10	-167	-232	0,69
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	94	12	205	311	0,92
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		15	256	271	0,69

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	374,000
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	7300,5
	$p =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	0,40
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-p) f_{yk} / \gamma_{M0} =$	338
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	-221
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	305

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	$b_1 =$	1,00 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	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	
190,0	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
	120,00	6,00	100,00	5,00	179,0	2,5

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) =	-3.618	-740	-9.862	-14.220
Taglio di progetto	V_d (kN) =	998	273	2.123	3.394

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) =	1.667,50	1.793	1.793
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	83,1	91,8	91,8
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	11.336.075	13.131.315	13.131.315
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	136.339,10	143.036	143.036
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	106.089,56	133.726	133.726
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		105.731	105.731

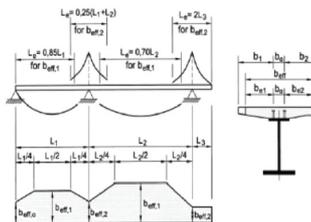
Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-27	-5	-69	-101	0,32
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	34	6	74	113	0,36
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		7	93	100	0,26

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

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	461,250
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	8496,3
	$\rho =$ inf. 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) =	-94
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	108

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

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	$b_1 =$	1,00 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	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
190,0	120,00	9,00	100,00	9,00	172,0	2,5

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) =	-8.490	-2.088	-14.229	-24.807
Taglio di progetto	V_d (kN) =	1.310	346	2.414	4.070

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) =	2.410,00	2.536	2.536
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	88,2	94,1	94,1
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	17.180.044	18.867.397	18.867.397
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	194.695,31	200.480	200.480
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	168.830,15	196.763	196.763
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		154.792	154.792

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	-71	-125	0,39
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	50	11	72	133	0,42
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		13	92	105	0,27

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

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	452,500
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	8335,2
	$p =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-p) f_{yk} / \gamma_{M0} =$	319
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	-113
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	121

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

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	$b_1 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,30 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,30 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
	$b_{e2} =$	2,30 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,30 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	$f_{ywk} =$	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	
250,0	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
	120,00	6,00	100,00	5,00	239,0	2,5

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	430,0	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)	280,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	67,51	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	67,51	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	-12.412	-3.345	-19.908	-35.665
Taglio di progetto	V_d (kN) =	1.628	494	2.579	4.701

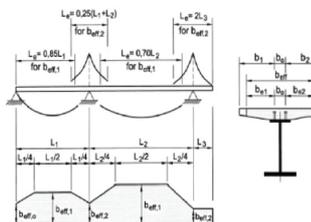
Caratteristiche inerziali	Trave in acciaio		Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.	
	I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.	
Area reagente omog. acciaio	A (cm^2) =	1.817,50	1.953	1.953
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	110,5	121,3	121,3
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	20.686.787	23.765.425	23.765.425
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	187.152,50	195.863	195.863
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	148.328,94	184.711	184.711
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		153.659	153.659

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-66	-17	-102	-185	0,58
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	84	18	108	210	0,66
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		22	130	151	0,39

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

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	611,250
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	11259,4
	$\rho =$ 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) =	-176
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	202

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	$b_1 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,30 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,30 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
	$b_{e2} =$	2,30 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,30 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	$f_{ywk} =$	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	
250,0	Larghezza	Spessore	Larghezza	Spessore	Altezza	Spessore
	120,00	9,00	100,00	9,00	232,0	2,5

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	430,0	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)	280,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	67,51	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	67,51	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	-20.018	-5.786	-24.012	-49.816
Taglio di progetto	V_d (kN) =	1.775	529	2.758	5.062

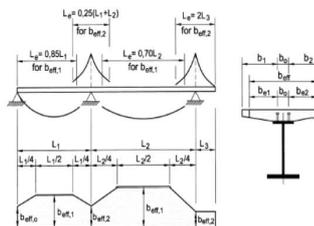
Caratteristiche inerziali	Trave in acciaio	Trave in acciaio + soletta coll. in c.a.		
		I° FASE Costruz.	II° FASE Lungo	III° FASE Istant.
Area reagente omog. acciaio	A (cm^2) =	2.560,00	2.695	2.695
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	116,5	124,1	124,1
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	31.181.181	34.087.057	34.087.057
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	267.586,82	274.777	274.777
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	233.614,75	270.647	270.647
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		224.336	224.336

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-75	-21	-87	-183	0,57
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	86	21	89	196	0,61
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		26	107	133	0,34

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	602,500
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	11098,2
	$p =$ infl. taglio trasc. su res. fles.	
Resistenza ridotta a flessione anima	$(1-p) f_{yk} / \gamma_{M0} =$	319
lembo inferiore anima	σ_{ia} (N/mm^2) =	-170
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	182

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

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)		
Sezione TR. 6 - 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	$b_2 =$	2,60 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,60 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
	$b_{e1} =$	1,00 m
	$b_{e2} =$	2,60 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,60 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	
				$f_{yk} =$	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
250,0	120,00	4,00	100,00	2,00	244,0	2,0

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	460,0	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)	280,0
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) =	7.494	2.619	24.108	34.221
Taglio di progetto	V_d (kN) =	0	0	2.331	2.331

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) =	1.168,00	2.265	3.218
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	96,1	178,2	204,3
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	11.784.105	28.132.790	33.425.998
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	122.619,87	157.908	163.621
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	76.571,25	391.602	731.258
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		3.479.382	2.780.406
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		287.538	466.126

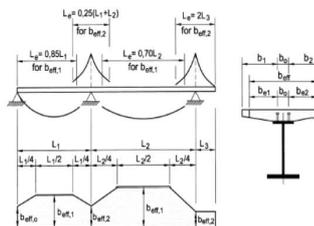
Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	61	60	147	269	0,80
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	-98	-25	-33	-156	0,46
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		-3,1	-8,7	-11,8	0,65
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		-34	-52	-85	0,22

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

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	494,000
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	9642,8
	$\rho =$ 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) =	262
lembo superiore anima	σ_{sa} (N/mm^2) =	-152

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

VERIFICA DI SEZIONE IN ACCIAIO-CLS (METODO ELASTICO)		
Sezione TR. 6 - 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	$b_2 =$	2,30 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,30 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
	$b_{e2} =$	2,30 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,30 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	
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
250,0	120,00	4,00	100,00	2,00	244,0	2,0

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	430,0	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)	280,0
Armatura sup. soletta (cm^2)	67,51	copriferro superiore (cm)	4,0
Armatura inf. soletta (cm^2)	67,51	copriferro inferiore (cm)	2,5

Sollecitazioni (SLU)		I° FASE	II° FASE	III° FASE	Totale
Momento di progetto	M_d (kNm) =	7.024	2.381	25.312	34.717
Taglio di progetto	V_d (kN) =	0	0	2.258	2.258

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) =	1.168,00	2.196	3.089
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	96,1	175,3	201,6
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	11.784.105	27.553.880	32.874.546
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	122.619,87	157.153	163.045
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	76.571,25	369.018	679.625
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		3.315.715	2.641.678
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		273.710	442.031

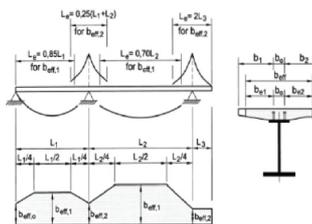
Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	57	58	155	270	0,80
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	-92	-25	-37	-154	0,46
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		-3,1	-9,6	-12,7	0,70
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		-34	-57	-91	0,23

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

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	494.000
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	9642,8
	$\rho =$ 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) =	264
lembo superiore anima	σ_{sa} (N/mm^2) =	-151

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

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	$b_1 =$	1,00 m
Larghezza soletta lato dx	$b_2 =$	2,60 m
Larghezza soletta totale	$b_0 + b_1 + b_2 =$	4,60 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
	$b_{e2} =$	2,60 m
Larghezza efficace soletta	$b_{eff} =$	4,60 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	
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
250,0	120,00	4,00	100,00	2,00	244,0	2,0

Caratteristiche geometriche soletta in c.a.			
Larghezza efficace (cm)	460,0	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)	280,0
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) =	-5,505	-1,072	-16,451	-23,028
Taglio di progetto	V_d (kN) =	1,342	410	2,331	4,083

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) =	1.168,00	1.312	1.312
Posizione baricentro (risp. lembo inf)	Y_g (cm) =	96,1	114,9	114,9
Momenti d'inerzia	I_x (cm^4) =	11.784,105	15.539,719	15.539,719
Mod.res. lembo inf. trave acciaio	W_i (cm^3) =	122.619,87	135,265	135,265
Mod.res. lembo sup. trave acciaio	W_s (cm^3) =	76.571,25	115,010	115,010
Mod.res. lembo sup. soletta (omog. cls)	W_c (cm^3) =		0	0
Mod.res. corda a liv. armatura sup.	W_a (cm^3) =		96,450	96,450

Verifiche di resistenza (SLU)						
FLESSIONE		I° FASE	II° FASE	III° FASE	TOTALE	c.s.
Trave acciaio lembo inf.	σ_i (N/mm^2) =	-45	-8	-122	-174	0,52
Trave acciaio lembo sup.	σ_s (N/mm^2) =	72	9	143	224	0,66
Calcestruzzo lembo sup.	σ_c (N/mm^2) =		0,0	0,0	0,0	non reagente
Armatura sup.	σ_a (N/mm^2) =		11	171	182	0,46

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

TAGLIO		
Area di taglio	A_v (cm^2) =	494,000
Taglio resistente	$V_{c,Rd}$ (kN) =	9642,8
	$\rho =$ 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) =	-168
lembo superiore anima	τ_{sa} (N/mm^2) =	221

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 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 250cm, 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 C - RELAZIONE DI CALCOLO

Verifica di stabilità all'imbozzamento dell'anima di elementi strutturali in acciaio a parete piena											
Svincolo Padula Buonabitacolo - Rampa C											
Caratteristiche geom.	TR. 1 a	Tipo 1 b	TR. 1 -	TR. 2 -	TR. 3 -	TR. 4 -	TR. 5 -	TR. 6 a	TR. 6 b	TR. 6 -	Note
Altezza trave (m)	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	f_y (N/mm ²) 355
Spessore ala compressa (m)	0,02	0,02	0,04	0,06	0,09	0,06	0,09	0,02	0,02	0,04	
Spessore ala tesa (m)	0,04	0,04	0,02	0,05	0,09	0,05	0,09	0,04	0,04	0,02	
Altezza anima (m)	1,84	1,84	1,84	1,79	1,72	2,39	2,32	2,44	2,44	2,44	
Spessore anima (m)	0,020	0,020	0,020	0,025	0,025	0,025	0,025	0,020	0,020	0,020	
h: altezza pannello (m)	1,84	1,84	1,84	1,79	1,72	2,39	2,32	2,44	2,44	2,44	
a: larghezza pannello (m)	5,00	5,00	2,50	5,00	5,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	
α (a/h)	2,717	2,717	1,359	2,793	2,907	1,046	1,078	1,025	1,025	1,025	
$\tau_{med,p}$ (N/mm ²)	38	36	57	55	67	57	47	35	34	61	Tensione al lembo compresso (+ compr.)
$\sigma_{max, compr}$ (N/mm ²)	102	53	172	75	93	137	136	115	114	129	Tensione al lembo teso (+ traz)
$\sigma_{max, traz}$ (N/mm ²)	176	151	231	84	99	155	145	199	200	166	Massima di compressione ; 0 se solo traz.
$\sigma_{1, pannello}$ (N/mm ²)	99	51	164	70	84	130	126	112	111	124	Minima di compressione; negativa se traz.
$\sigma_{min, pannello}$ (N/mm ²)	-170	-147	-227	-80	-90	-149	-135	-194	-195	-164	
Ψ	-1,717	-2,885	-1,387	-1,141	-1,072	-1,147	-1,071	-1,724	-1,749	-1,317	
$\sigma_{cr,cal}$ (N/mm ²)	119	80	191	118	143	163	150	128	126	163	
β	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	
$\sigma_{cr,0}$	22	22	22	36	39	20	22	13	13	13	
k_{σ}	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	23,90	
k_{τ}	4,71	4,71	7,51	4,68	4,65	9,00	8,78	9,15	9,15	9,15	
σ_{cr}	526	526	526	868	940	487	517	299	299	299	
$\sigma_{cr,red}$	338	338	338	349	350	335	338	295	295	295	
τ_{cr}	104	104	165	170	183	183	190	114	114	114	
$\sigma_{cr,id}$	263	236	326	313	329	331	336	269	270	245	
$v = \sigma_{cr,id} / \sigma_{id,cal}$	2,21	2,93	1,71	2,65	2,29	2,03	2,24	2,10	2,14	1,50	> 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.

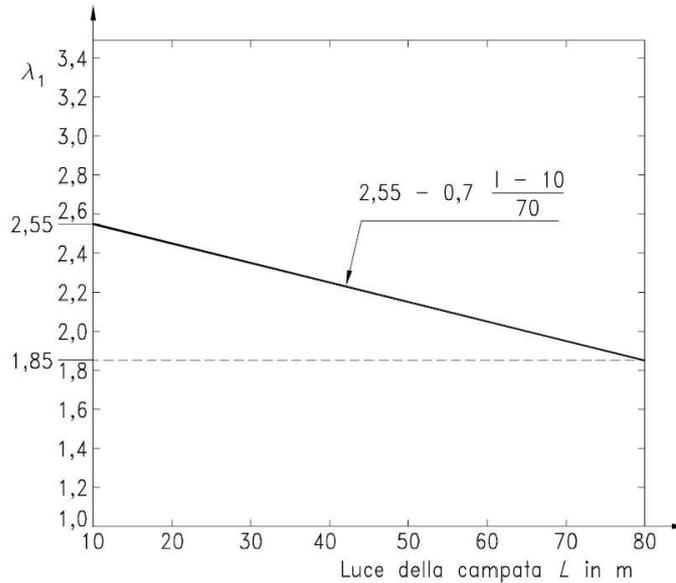
Il vettore sarà fatto marciare in asse alla corsia di marcia della rampa.

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

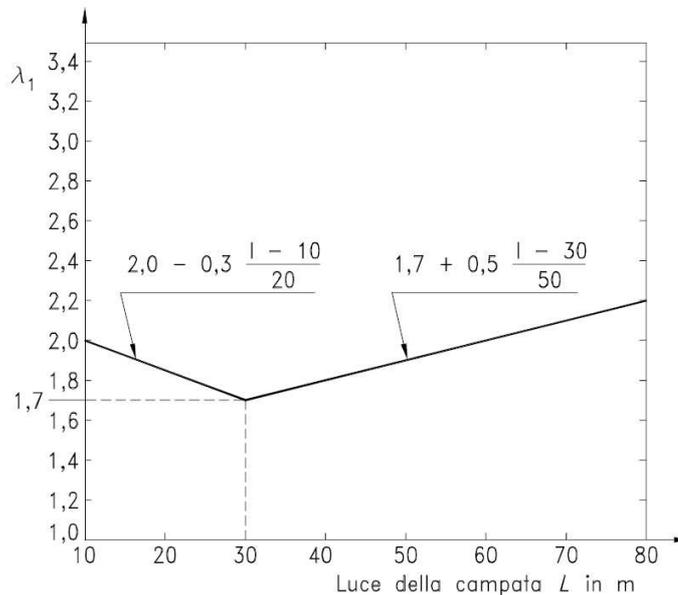
Fattore λ_1

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.

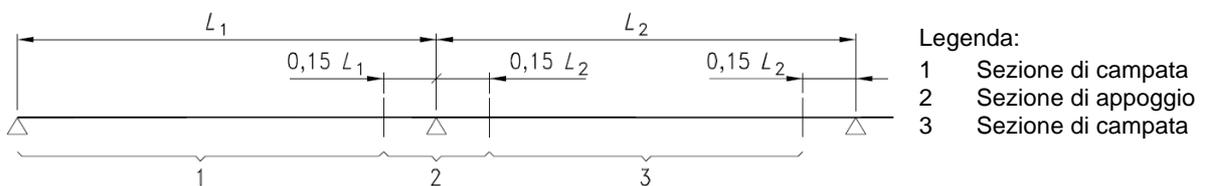
Fattore λ_1 per le sezioni in campata di ponti stradali



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 $Q_{mj} = Q_{m1}$

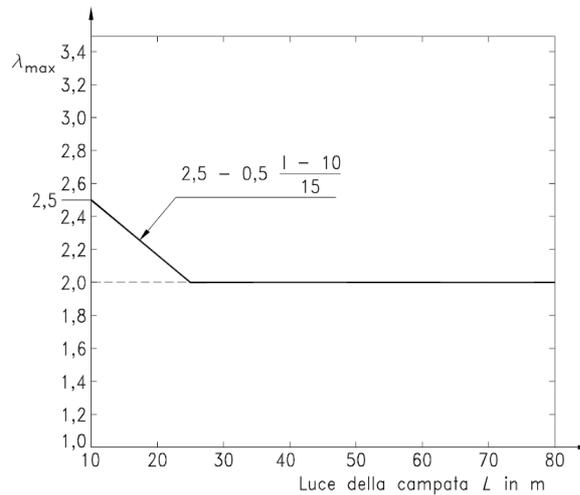
η_j è il coefficiente di ripartizione della j-esima corsia caricata.

Nel caso in esame $\lambda_4 \cong 1$

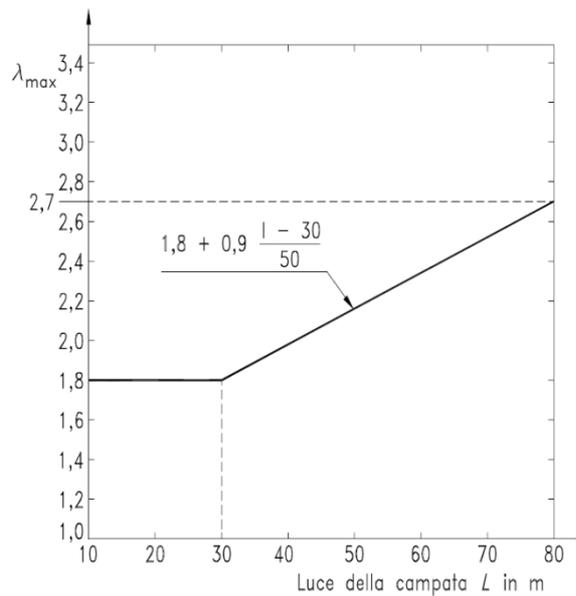
Fattore λ_{max}

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)	26,0
Momento Flettente	M_{Ed} (kNm)	838,0
Taglio	V_{Ed} (kN)	326,0
N>0: Trazione; M>0: momento che tende le fibre inferiori		

Verifiche di resistenza		
Presso flessione - Lembo inferiore	σ_i (N/mm ²)	121,5
Presso flessione - Lembo superiore	σ_s (N/mm ²)	-119,6
Taglio	τ (N/mm ²)	28,0
$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione		
Tensione ideale	σ_{id} (N/mm ²)	130,9
Coefficiente di sicurezza	$f_{yd} / \sigma_{id} \geq$	2,58

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)	69,0
Momento Flettente	M_{Ed} (kNm)	3439,0
Taglio	V_{Ed} (kN)	1131,0
N>0: Trazione; M>0: momento che tende le fibre inferiori		

Verifiche di resistenza		
Presso flessione - Lembo inferiore	σ_i (N/mm ²)	206,6
Presso flessione - Lembo superiore	σ_s (N/mm ²)	-203,3
Taglio	τ (N/mm ²)	64,4
$\sigma > 0 \rightarrow$ trazione; $\sigma < 0 \rightarrow$ compressione		
Tensione ideale	σ_{id} (N/mm ²)	234,9
Coefficiente di sicurezza	$f_{yd} / \sigma_{id} \geq$	1,44

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:	$K_e = 2,69 \text{ kN/mm}$
Rigidezza verticale	$K_v = 1.684 \text{ kN/mm}$

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

Risultati Modello					
Azioni orizzontali sugli isolatori			Azioni verticali sugli isolatori		
	Esercizio	Sisma		Esercizio	Sisma
H_{media} (kN)	124	460	V_{media} (kN)	-3.620	-2.328
H_{min} (kN)	62	221	V_{min} (kN)	-528	-291
H_{max} (kN)	210	668	V_{max} (kN)	-7.879	-4.546

Spostamenti massimi (SLC)			
Spalla A	252 mm	Pila 4	294 mm
Pila 1	255 mm	Pila 5	278 mm
Pila 2	269 mm	Pila 6	247 mm
Pila 3	297 mm	Spalla B	236 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 $h = 25\text{cm}$

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

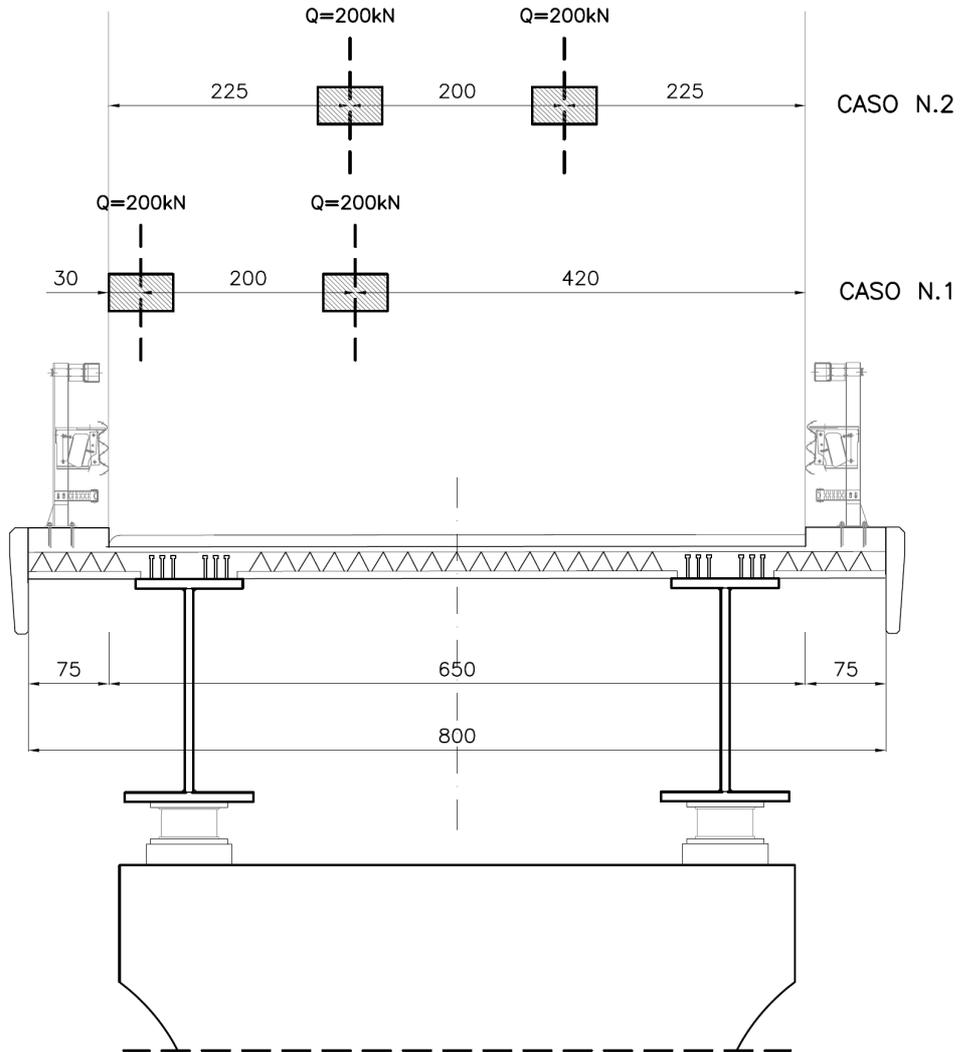
$$a' = a + 2s + h = 35\text{cm} + 2 \times 11\text{cm} + 25\text{cm} = 82\text{cm}$$

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.

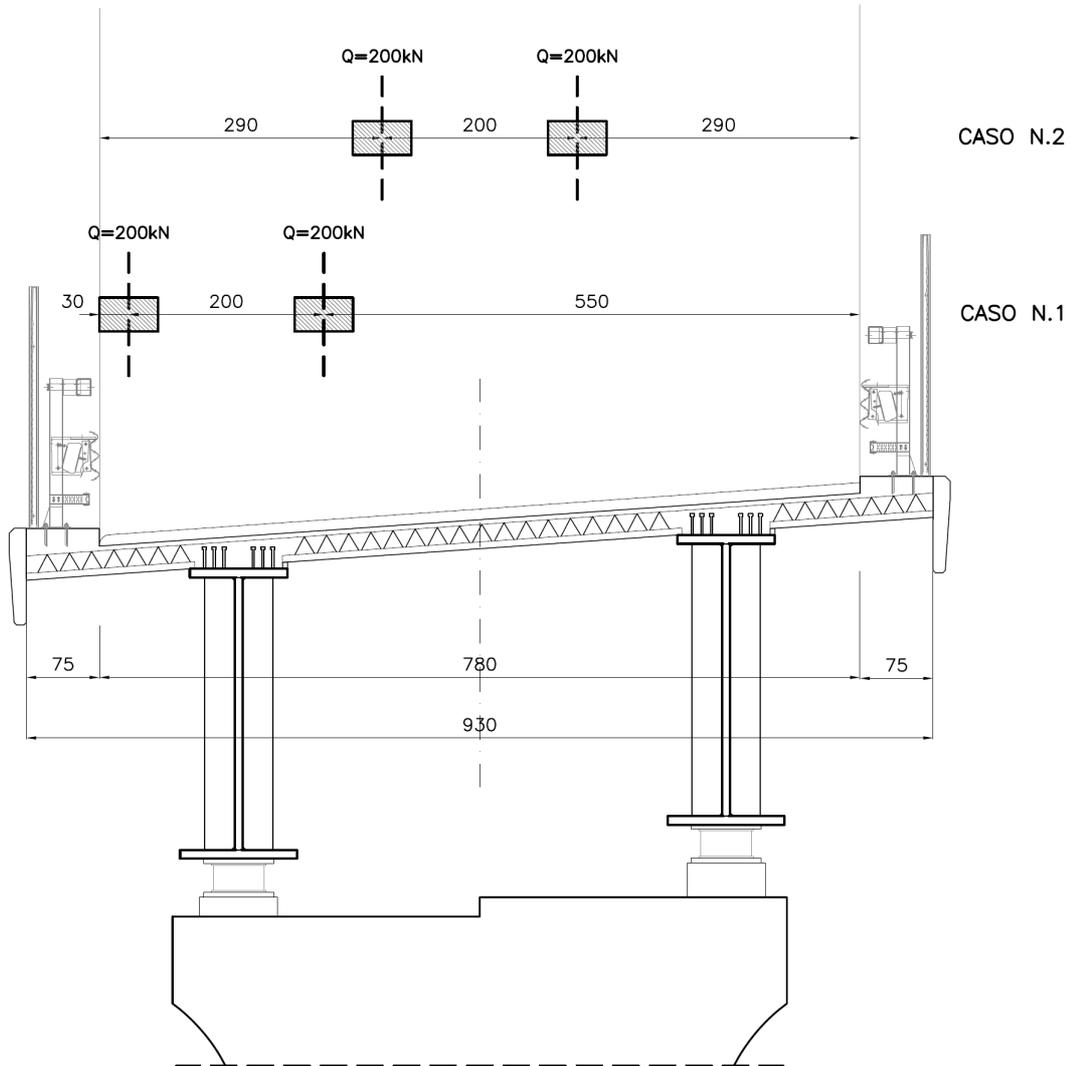
$$q = (Q / B) / b' = (200\text{kN} / 2,75\text{m}) / 1,07\text{m} = 68\text{kN}$$

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

MODELLO 1



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

3.2) 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: $\varphi = 35^\circ$

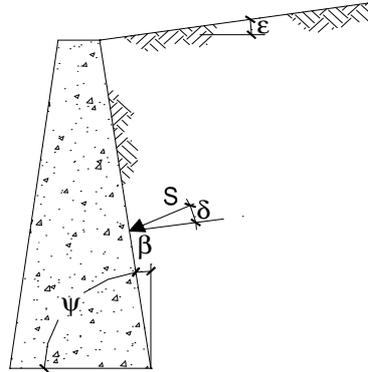
Coesione efficace del rilevato: $c' = 0 \text{ kN/m}^2$

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

$$\text{per } \varepsilon \leq \varphi' - \theta \quad k_a = \frac{\sin^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) \cdot \sin(\varphi' - \varepsilon - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

$$\text{per } \varepsilon > \varphi' - \theta \quad k_a = \frac{\sin^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

$$k_p = \frac{\sin^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin \varphi' \cdot \sin(\varphi' + \varepsilon - \theta)}{\sin(\psi + \varepsilon) \cdot \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

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**

$$k_h = 0,1168 \quad k_v = 0,0584$$

$$\theta^+ = 6,30 \quad (^\circ) \quad \theta^- = 7,07 \quad (^\circ)$$

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	2.70

OutputCase	StepType	Trave SINISTRA			Trave DESTRA			M_{trasv}	M_{long}
		P	F_{trasv}	F_{long}	P	F_{trasv}	F_{long}		
Permanenti I° fase									
Permanenti II° fase									
Permanenti		-656	0	-5	-762	0	-7	3.546	992
MOBILI 1	Max	117	1	3	266	1	6		
MOBILI 1	Min	-711	-1	-5	-1.411	-1	-13		
MOBILI 1		711	1	5	1.411	1	13	-5.300	-1.535
MOBILI 2	Max	65	1	2	227	1	5		
MOBILI 2	Min	-209	0	-2	-1.214	0	-11		
MOBILI 2		209	1	2	1.214	1	11	-3.553	-1.031
FREN		9	1	52	6	1	54	-32	298
CENTR 1		3	3	4	-2	3	4	15	20
CENTR 2		2	2	2	-1	2	2	9	12
VENTO	Max	88	83	105	57	84	105		
VENTO	Min	-69	-82	-134	-35	-82	-134		
VENTO		88	83	134	57	84	134	89	826
TEMP	Max	16	1	-11	19	2	-11		
TEMP	Min	10	0	-29	11	1	-30		
TEMP		16	1	29	19	2	30	-80	184
SISMA X	Max	285	274	334	316	274	340	-25	2.241
SISMA Y	Max	262	245	480	301	245	483	-88	2.997
SISMA Z	Max	354	122	190	408	122	193	-1.248	1.567

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	5,40	1.166		
Fusto	7,80	2,20	2,70	1.158	1,10	-1.274
Paraghiaia	7,80	0,40	2,67	208	2,00	-417

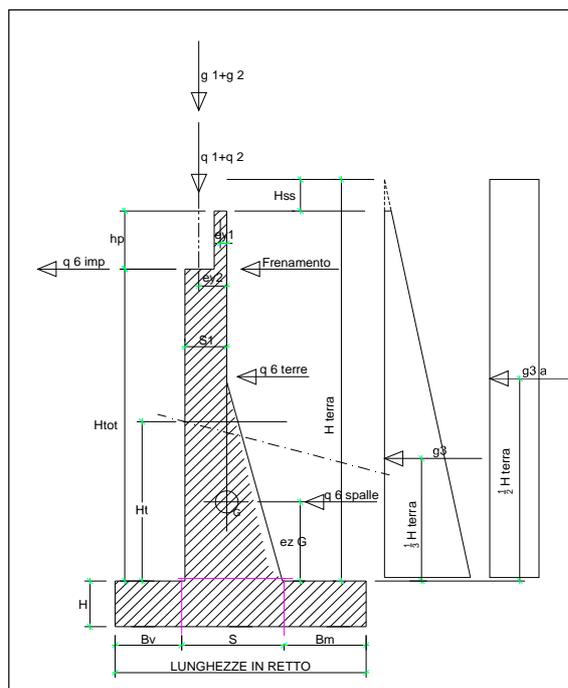
Peso totale Spalla Elevazione **1.367**

INERZIE SISMICHE SPALLA				
	Fusto	Muri d'ala	Paraghiaia	Totale
F (kN)	135	136	24	296
e_z (m)	1,35	2,70	4,04	
M_{long} (kNm)	183	368	98	648
F_{vert} (kN)	68	68	12	148
e_{long} (m)	1,10	4,90	2,00	
M_{long} (kNm)	74	334	24	432

	SISMA X	SISMA Y	SISMA Z
α (°)	25	65	
F_{long} (kN)	125	268	
F_{trasv} (kN)	268	125	
F_{vert} (kN)			148
M_{long} (kNm)	274	588	432
M_{trasv} (kNm)	588	274	

CARATTERIZZAZIONE TERRENO / COEFFICIENTI DI SPINTA			
γ_t (kN/m ³)	18,0	a_g / g	0,292
Φ_k °	35,0	$S = S_s \times S_T$	1,29
δ_k °	0,0	$a_{max} / g = a_g / g \times S$	0,377
β_s	0,310	k_{st}	0,271
$k_{h1} = b_m \times a_{max} / g$	0,117	k_{s+}	0,327
$k_v = \pm 0,5 \times k_{h1}$	0,058	k_{s-}	0,333

SPINTE DEL TERRENO		
	Statica	q (kN/m ²) = 20,00
k_{st}	0,271	0,271
H (m)	5,37	5,37
F_{long} (kN)	549	227
e_z (m)	1,79	2,69
M_{long} (kNm)	982	610



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

RINTERRO A MONTE		
Geometria	B (m)	6,20
	L (m)	5,40
	H (m)	5,40
Statica	F _v (kN)	3.254
Sisma X	F _{long} (kN)	161
	M _{long} (kNm)	434
Sisma Y	F _{long} (kN)	344
	M _{long} (kNm)	930

SPINTE TERRENO IN FASE SISMICA		
k	0,346	
F (kN)	152	
e _z (m)	1,79	
Sisma X	F _{long} (kN)	64
	M _{long} (kNm)	115
Sisma Y	F _{long} (kN)	138
	M _{long} (kNm)	247

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE RIFERITE ALLO SPICCATO MURO					
	N (kN)	F _{trav} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trav} (kNm)	M _{long} (kNm)
Permanenti	-51			3.546	-698
Spinte Terra			549		982
Mobili 1	2.122	2	240	-5.300	-925
Mobili 2	1.423	1	240	-3.553	-422
Centrifuga 1	1	4	4	15	20
Centrifuga 2	1	4	4	9	12
Frenamento	15	2	106	-32	298
Vento	144	167	210	89	826
Temperatura	35	3	-22	-80	184
SISMA X	601	815	960	562	2.949
SISMA Y	564	614	1.576	186	4.514
SISMA Z	910	243	383	-1.248	1.999

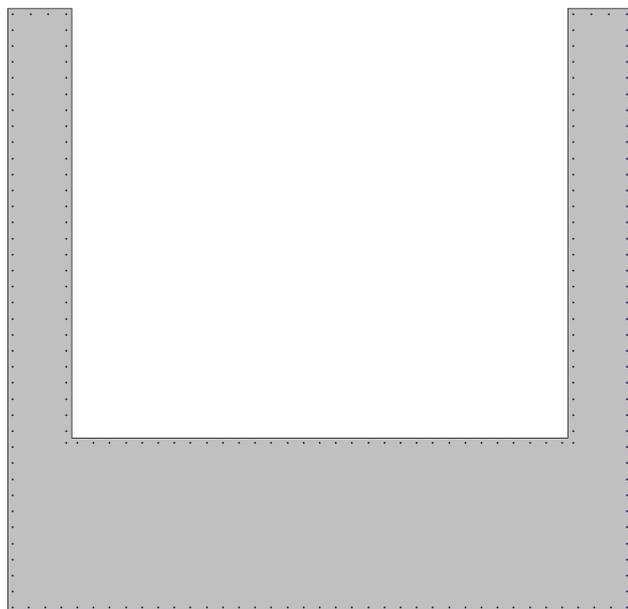
COMBINAZIONI Nome	Permanenti Spinte Terre	AZIONI DA TRAFFICO					VARIABILI		AZIONE SISMICA		
		Mobili 1	Mobili 2	Centrifuga 1	Centrifuga 2	Frenamento	Vento	Temperatura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z
1-M1	1,35	1,35					0,90	0,72			
1-M2	1,35		1,35				0,90	0,72			
2a	1,35	1,01				1,35	0,90	0,72			
2b-M1	1,35	1,01		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 _{trav} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trav} (kNm)	M _{long} (kNm)
1-M1	2.951	155	1.238	-2.346	9
1-M2	2.007	154	1.238	13	689
2a	2.255	157	1.301	-601	724
2b-M1	2.236	160	1.163	-537	348
2b-M2	1.528	159	1.163	1.224	848
CVENTO	191	252	848	3.621	1.655
SISMA X	550	815	1.508	4.108	3.233
SISMA Y	513	614	2.125	3.732	4.798
SISMA Z	859	243	931	2.298	2.283

VERIFICA DELLA SEZIONE DI SPICCATO											
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>e_{long,SPICCATO} (m)</td> <td>2.37</td> <td>e_{long,MURI} (m)</td> <td>-2.53</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>						e _{long,SPICCATO} (m)	2.37	e _{long,MURI} (m)	-2.53		
e _{long,SPICCATO} (m)	2.37	e _{long,MURI} (m)	-2.53								
<p style="text-align: right; font-size: small;">ECCENTRICITA' RIFERITE AL BARICENTRO DELLA SEZIONE DI SPICCATO</p>											
SOLLECITAZIONI BARICENTRO DELLA SEZIONE											
COMBINAZIONI	N (kN)	F _{trav} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trav} (kNm)	M _{long} (kNm)						
1-M1	4.526	155	1.238	-2.346	3.019						
1-M2	3.581	154	1.238	13	1.462						
2a	3.830	157	1.301	-601	2.085						
2b-M1	3.811	160	1.163	-537	1.664						
2b-M2	3.102	159	1.163	1.224	484						
CVENTO	1.357	252	848	3.621	-844						
SISMA X	1.717	815	1.508	4.108	1.586						
SISMA Y	1.679	614	2.125	3.732	3.062						
SISMA Z	2.025	243	931	2.298	1.367						

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						
$M_x(\text{daN}\cdot\text{cm})$	$M_y(\text{daN}\cdot\text{cm})$	$N(\text{daN})$	$M_{xu}(\text{daN}\cdot\text{cm})$	$M_{yu}(\text{daN}\cdot\text{cm})$	$N_u(\text{daN})$	c.s.
30.192.239	-23.461.383	-452.567	2.456.612.669	-1.908.951.857	-36.823.431	81,37
14.616.783	125.414	-358.147	1.534.056.867	13.162.418	-37.588.152	104,95
20.853.367	-6.005.916	-383.008	2.046.535.670	-589.416.631	-37.588.152	98,14
16.644.845	-5.365.673	-381.088	1.641.744.080	-529.236.643	-37.588.152	98,63
4.843.992	12.242.405	-310.218	586.931.477	1.483.374.218	-37.588.152	121,17
-8.440.138	36.214.025	-135.732	-1.188.818.908	5.100.854.707	-19.118.262	140,85
15.855.862	41.077.816	-171.657	1.799.311.084	4.661.479.120	-19.479.505	113,48
30.616.452	37.318.377	-167.894	2.554.564.868	3.113.757.754	-14.008.681	83,44
13.668.629	22.976.022	-202.491	2.142.063.965	3.600.661.689	-31.733.152	156,71

Coefficiente di sicurezza a sforzo normale costante						
$M_x(\text{daN}\cdot\text{cm})$	$M_y(\text{daN}\cdot\text{cm})$	$N(\text{daN})$	$M_{xu}(\text{daN}\cdot\text{cm})$	$M_{yu}(\text{daN}\cdot\text{cm})$	$N_u(\text{daN})$	c.s.
30.192.239	-23.461.383	-452.567	1.114.278.026	-865.868.329	-452.567	36,91
14.616.783	125.414	-358.147	1.167.882.751	10.020.594	-358.147	79,90
20.853.367	-6.005.916	-383.008	1.155.074.361	-332.669.520	-383.008	55,39
16.644.845	-5.365.673	-381.088	1.152.525.048	-371.530.797	-381.088	69,24
4.843.992	12.242.405	-310.218	542.216.234	1.370.363.687	-310.218	111,94
-8.440.138	36.214.025	-135.732	-318.519.048	1.366.666.846	-135.732	37,74
15.855.862	41.077.816	-171.657	512.208.420	1.326.979.462	-171.657	32,30
30.616.452	37.318.377	-167.894	939.827.931	1.145.555.764	-167.894	30,70
13.668.629	22.976.022	-202.491	761.652.135	1.280.284.673	-202.491	55,72

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 spiccatto del muro spalla.

Le azioni orizzontali derivanti dall'impalcato e le azioni sismiche sono concordi con la spinta delle terre.

POSIZIONAMENTO APPOGGI

$e_{\text{trasv.SX}}$ (m)	$e_{\text{trasv.DX}}$ (m)	e_{long} (m)	h (m)
-2.50	-2.50	0.70	4.50

OutputCase	StepType	Trave SINISTRA			Trave DESTRA			M_{trasv}	M_{long}
		P	F_{trasv}	F_{long}	P	F_{trasv}	F_{long}		
Permanenti		-735	0	6	-690	0	6	3.567	998
MOBILI 1	Max	97	1	6	261	1	12		
MOBILI 1	Min	-751	-1	-3	-1.369	-1	-5		
MOBILI 1		751	1	6	1.369	1	12	-5.291	-1.564
MOBILI 2	Max	45	1	2	222	1	10		
MOBILI 2	Min	-239	-1	-2	-1.185	-1	-5		
MOBILI 2		239	1	2	1.185	1	10	-3.553	-1.051
FREN		-11	-7	50	-3	-7	52	-24	447
CENTR 1		3	4	-3	-2	4	-3	30	28
CENTR 2		2	2	-2	-1	2	-2	18	17
VENTO	Max	94	91	124	60	92	125		
VENTO	Min	-70	-94	-97	-41	-92	-98		
VENTO		94	94	124	60	92	125	449	1.226
TEMP	Max	21	-1	27	17	0	27		
TEMP	Min	13	-2	10	10	0	10		
TEMP		21	2	27	17	0	27	-82	269
SISMA X	Max	260	261	430	317	261	437	910	4.307
SISMA Y	Max	268	251	434	288	251	434	866	4.294
SISMA Z	Max	314	120	201	400	120	204	-704	2.322

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	7,00	1.512		
Fusto	7,80	2,20	4,50	1.931	1,10	-2.124
Paraghiaia	7,80	0,40	2,55	199	2,00	-398

Peso totale Spalla Elevazione **2.129**

INERZIE SISMICHE SPALLA

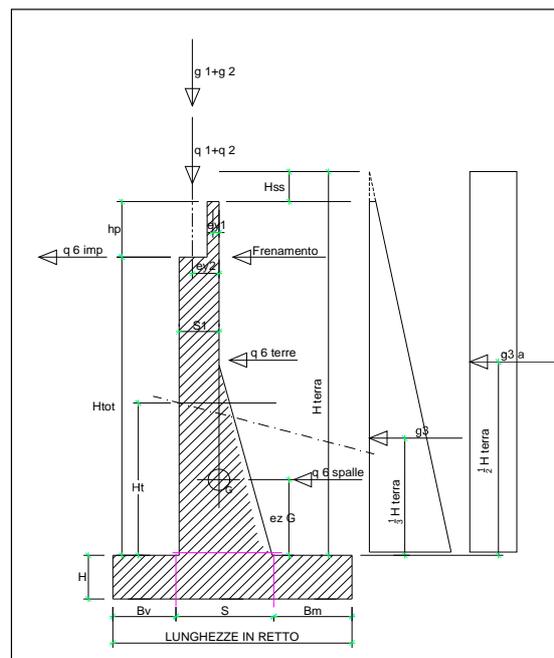
	Fusto	Muri d'ala	Paraghiaia	Totale
F (kN)	225	177	23	425
e_z (m)	2,25	3,50	5,78	
M_{long} (kNm)	507	618	134	1.259
F_{vert} (kN)	113	88	12	213
e_{long} (m)	1,10	4,90	2,00	
M_{long} (kNm)	124	433	23	580

	SISMA X	SISMA Y	SISMA Z
α (°)	23	67	
F_{long} (kN)	166	391	
F_{trasv} (kN)	391	166	
F_{vert} (kN)			213
M_{long} (kNm)	492	1.159	580
M_{trasv} (kNm)	1.159	492	

CARATTERIZZAZIONE TERRENO / COEFFICIENTI DI SPINTA			
γ_t (kN/m ³)	18,0	a_g / g	0,292
ϕ_k°	35,0	$S = S_s \times S_T$	1,29
δ_k°	0,0	$a_{\text{max}} / g = a_g / g \times S$	0,377
β_s	0,310	k_{st}	0,271
$k_h = b_m \times a_{\text{max}} / g$	0,117	k_{s+}	0,327
$k_v = \pm 0,5 \times k_h$	0,058	k_s	0,333

SPINTE DEL TERRENO

	Statica	q (kN/m ²) = 20,00
k_{st}	0,271	0,271
H (m)	7,05	7,05
F_{long} (kN)	946	298
e_z (m)	2,35	3,53
M_{long} (kNm)	2.222	1.051



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

RINTERRO A MONTE		
Geometria	B (m)	6,20
	L (m)	5,40
	H (m)	7,00
Statica	F _v (kN)	4.218
Sisma X	F _{long} (kN)	192
	M _{long} (kNm)	674
Sisma Y	F _{long} (kN)	453
	M _{long} (kNm)	1.587

SPINTE TERRENO IN FASE SISMICA		
k	0,346	
F (kN)	262	
e _z (m)	2,35	
Sisma X	F _{long} (kN)	102
	M _{long} (kNm)	241
Sisma Y	F _{long} (kN)	241
	M _{long} (kNm)	567

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE RIFERITE ALLO SPICCATO MURO					
	N (kN)	F _{trasv} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trasv} (kNm)	M _{long} (kNm)
Permanenti	704			3.567	-1.524
Spinte Terra			946		2.222
Mobili 1	2.120	2	310	-5.291	-514
Mobili 2	1.424	2	310	-3.553	-1
Centrifuga 1	1	4	-4	30	28
Centrifuga 2	1	4	-4	18	17
Frenamento	-15	-14	102	-24	447
Vento	155	183	249	449	1.226
Temperatura	37	-1	54	-82	269
SISMA X	577	914	1.226	2.069	5.473
SISMA Y	556	668	1.713	1.358	7.041
SISMA Z	926	240	405	-704	2.901

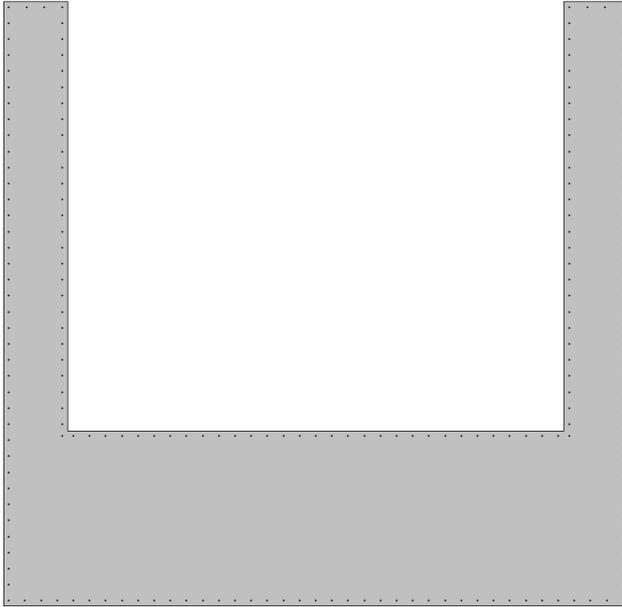
COMBINAZIONI Nome	Permanenti Spinte Terre	AZIONI DA TRAFFICO					VARIABILI		AZIONE SISMICA		
		Mobili 1	Mobili 2	Centrifuga 1	Centrifuga 2	Frenamento	Vento	Temperatura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z
1-M1	1,35	1,35					0,90	0,72			
1-M2	1,35		1,35				0,90	0,72			
2a	1,35	1,01				1,35	0,90	0,72			
2b-M1	1,35	1,01		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	3.979	167	1.958	-1.982	1.547
1-M2	3.039	166	1.958	365	2.239
2a	3.243	148	1.990	-229	2.324
2b-M1	3.265	172	1.848	-156	1.758
2b-M2	2.559	172	1.848	1.588	2.263
CVENTO	963	274	1.357	4.182	2.732
SISMA X	1.281	914	2.171	5.636	6.171
SISMA Y	1.261	668	2.658	4.925	7.739
SISMA Z	1.631	240	1.350	2.863	3.600

VERIFICA DELLA SEZIONE DI SPICCATO									
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>e_{long,SPICCATO} (m)</td> <td>2,37</td> <td>e_{long,MURI} (m)</td> <td>-2,53</td> </tr> </table>						e _{long,SPICCATO} (m)	2,37	e _{long,MURI} (m)	-2,53
e _{long,SPICCATO} (m)	2,37	e _{long,MURI} (m)	-2,53						
<p style="text-align: right;">ECCENTRICITA' RIFERITE AL BARICENTRO DELLA SEZIONE DI SPICCATO</p>									
SOLLECITAZIONI BARICENTRO DELLASEZIONE									
COMBINAZIONI	N (kN)	F _{trasv} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trasv} (kNm)	M _{long} (kNm)				
1-M1	6.020	167	1.958	-1.982	5.813				
1-M2	5.080	166	1.958	365	4.278				
2a	5.285	148	1.990	-229	4.847				
2b-M1	5.306	172	1.848	-156	4.331				
2b-M2	4.600	172	1.848	1.588	3.164				
CVENTO	2.475	274	1.357	4.182	1.188				
SISMA X	2.793	914	2.171	5.636	5.383				
SISMA Y	2.773	668	2.658	4.925	6.901				
SISMA Z	3.143	240	1.350	2.863	3.639				

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.
58.128.864	-19.821.757	-602.025	3.333.078.616	-1.136.569.164	-34.519.798	57,34
42.777.886	3.645.962	-508.032	3.087.734.690	263.167.828	-36.670.069	72,18
48.466.831	-2.292.643	-528.466	3.292.092.069	-155.726.951	-35.895.863	67,92
43.314.264	-1.555.631	-530.594	3.021.399.003	-108.513.490	-37.011.738	69,76
31.638.856	15.883.921	-460.048	2.583.692.185	1.297.112.720	-37.568.439	81,66
11.883.483	41.816.049	-247.487	1.374.134.043	4.835.354.793	-28.617.899	115,63
53.826.165	56.361.948	-279.348	2.698.006.971	2.825.111.701	-14.002.165	50,12
69.011.257	49.250.436	-277.255	2.661.653.907	1.899.510.617	-10.693.282	38,57
36.386.995	28.626.005	-314.250	3.271.215.223	2.573.497.024	-28.251.286	89,90

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.
58.128.864	-19.821.757	-602.025	1.195.287.678	-407.589.281	-602.025	20,56
42.777.886	3.645.962	-508.032	1.193.578.589	101.728.781	-508.032	27,90
48.466.831	-2.292.643	-528.466	1.200.331.170	-56.779.674	-528.466	24,77
43.314.264	-1.555.631	-530.594	1.201.544.309	-43.153.442	-530.594	27,74
31.638.856	15.883.921	-460.048	1.156.768.148	580.742.043	-460.048	36,56
11.883.483	41.816.049	-247.487	389.139.680	1.369.319.408	-247.487	32,75
53.826.165	56.361.948	-279.348	1.019.477.721	1.067.505.930	-279.348	18,94
69.011.257	49.250.436	-277.255	1.092.572.657	779.723.222	-277.255	15,83
36.386.995	28.626.005	-314.250	1.086.903.215	855.077.394	-314.250	29,87

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

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

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

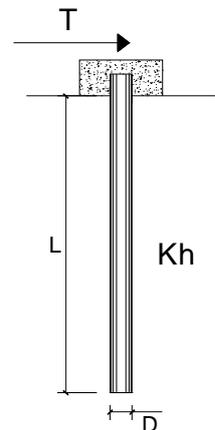
- in senso trasversale invece, avviene un'effetto "ombra" nei confronti dei pali interni rispetto a quello esterno che risulta così più sollecitato, ed inoltre si considera la struttura della trave cuscino così rigida che impedisce al palo la rotazione in testa, per cui l'azione sul palo vale:

Detto n_l = il numero di file longitudinali

n_t = il numero di file trasversali

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

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



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 C - RELAZIONE DI CALCOLO

Spalla A

GEOMETRIA PLINTO		RINTERRO		MURI D'ALA	
Peso Proprio (kN)	4.416	Peso Proprio (kN)	3.254	Peso Proprio (kN)	1.166
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 _{trav} (kN)	F _{long} (kN)	M _{trav} (kNm)	M _{long} (kNm)
1-M1	14.881	155	1.238	-2.037	-1.784
1-M2	13.936	154	1.238	321	-3.748
2a	14.185	157	1.301	-286	-2.892
2b-M1	14.166	160	1.163	-217	-3.597
2b-M2	13.457	159	1.163	1.542	-5.082
CVENTO	9.028	252	848	4.126	-5.398
SISMA X	9.387	815	1.508	5.739	-1.493
SISMA Y	9.349	614	2.125	4.961	1.199
SISMA Z	9.695	243	931	2.784	-2.733

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

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, trav, max}	T _{ptot, max}	
1-M1	1.653	1.471	1.836	206	26	208	472
1-M2	1.548	1.391	1.706	206	26	208	472
2a	1.576	1.428	1.724	217	26	218	495
2b-M1	1.574	1.397	1.751	194	27	196	444
2b-M2	1.495	1.336	1.655	194	27	196	444
CVENTO	1.003	955	1.051	141	42	147	334
SISMA X	1.043	1.255	831	251	136	286	648
SISMA Y	1.039	1.337	740	354	102	369	836
SISMA Z	1.077	1.087	1.067	155	41	160	364

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

Spalla B

GEOMETRIA PLINTO		RINTERRO		MURI D'ALA	
Peso Proprio (kN)	4.416	Peso Proprio (kN)	4.218	Peso Proprio (kN)	1.512
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	17.677	167	1.958	-1.648	358
1-M2	16.737	166	1.958	697	-1.582
2a	16.941	148	1.990	67	-860
2b-M1	16.962	172	1.848	189	-1.651
2b-M2	16.257	172	1.848	1.932	-3.122
CVENTO	11.109	274	1.357	4.730	-3.892
SISMA X	11.428	914	2.171	7.465	2.068
SISMA Y	11.407	668	2.658	6.260	4.551
SISMA Z	11.777	240	1.350	3.343	-1.168

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/cmc)

E 31.200.000 (Rck 300)

lambda 4,54 m

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

COMBINAZIONI	AZIONI SUI PALI			T SHADOWING (EFFETTO GRUPPO)			
	P_{med} (kN)	P_{ant} (kN)	P_{pos} (kN)	$T_{p, long, max}$	$T_{p, trasv, max}$	$T_{p, tot, max}$	M_{max} (kNm)
1-M1	1.964	1.900	2.028	326	28	327	743
1-M2	1.860	1.821	1.899	326	28	327	743
2a	1.882	1.846	1.919	332	25	333	754
2b-M1	1.885	1.818	1.952	308	29	309	701
2b-M2	1.806	1.757	1.856	308	29	309	701
CVENTO	1.234	1.286	1.183	226	46	231	523
SISMA X	1.270	1.731	808	362	152	393	891
SISMA Y	1.267	1.785	750	443	111	457	1.036
SISMA Z	1.309	1.418	1.199	225	40	229	518

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

Verifica a taglio

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

$$T_{t,\max} = 457 \text{ kN} \qquad N = 750 \text{ kN}$$

Le altre combinazioni di carico comportano sollecitazioni taglianti inferiori.

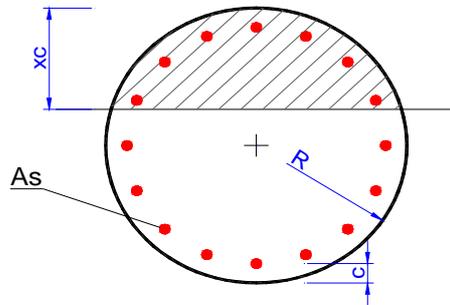
Sezione circolare in C.A.
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio
VERIFICA CON STAFFE

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)	750
Taglio di calcolo V_{sd} (kN)	457
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,54
α_{cw}	1,04
τ_{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,45
σ_1 tensione principale di trazione (N/mm ²)	0,80
θ angolo bielle compresse	29,47
$\cot \theta$ ($1 < \cot \theta < 2,5$)	1,77
Verifiche allo SLU per taglio $V_{Rd} > V_{sd}$	
$V_{Rd,s}$ (kN)	1326
$V_{Rd,max}$ (kN)	3200
V_{Rd} (kN) = $\min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	1326
Coefficiente di sicurezza (V_{Rd} / V_{sd})	2,90

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	1036	[kNm]
N	750	[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
750,0 [kN]

xc
29,58 [cm]

M ultimo
1995,7 [kNm]

FS
1,93

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 4,00m allo spiccato con un ringrosso di 75cm per lato in sommità con due semicerchi di diametro pari a 1,88m.

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 spiccato 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.

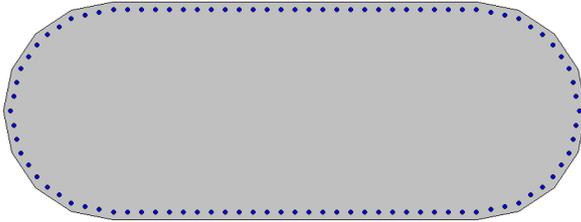


TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	StepType	P	V ₂	V ₃	T	M ₂	M ₃	c.s.	c.s.
Text	m	Text	Text	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	M _x / M _y = cost	N = cost
P1	0	SLU 1-M1	Max	-5.209	179	169	55	804	8.975	6,52	4,54
P1	0	SLU 1-M1	Min	-10.911	-152	-194	-49	-921	-6.083	6,86	7,31
P1	0	SLU 1-M2	Max	-5.411	177	163	43	776	7.989	7,35	5,12
P1	0	SLU 1-M2	Min	-9.589	-152	-188	-37	-892	-3.556	8,73	11,16
P1	0	SLU 2a	Max	-5.446	190	306	51	1.456	7.026	7,54	5,37
P1	0	SLU 2a	Min	-9.717	-163	-332	-44	-1.576	-4.927	7,40	7,46
P1	0	SLU 2b-M1	Max	-5.447	178	162	43	772	6.952	8,32	5,85
P1	0	SLU 2b-M1	Min	-9.716	-152	-188	-36	-892	-4.853	7,95	8,73
P1	0	SLU 2b-M2	Max	-5.598	176	158	34	750	6.215	9,04	6,53
P1	0	SLU 2b-M2	Min	-8.727	-151	-183	-27	-870	-2.962	9,70	12,57
P1	0	SLU CVENTO	Max	-4.561	219	199	4	947	1.264	16,62	15,86
P1	0	SLU CVENTO	Min	-4.576	-196	-228	1	-1.083	-1.480	15,59	13,79
P1	0	SLU - SX SLV	Max	-4.150	663	707	35	3.346	5.036	6,03	4,30
P1	0	SLU - SX SLV	Min	-4.944	-656	-702	-30	-3.325	-5.148	6,21	4,39
P1	0	SLU - SY SLV	Max	-4.140	506	992	24	4.694	3.992	4,65	3,42
P1	0	SLU - SY SLV	Min	-4.953	-499	-988	-19	-4.673	-4.104	4,89	3,52
P1	0	SLU - SZ SLV	Max	-3.312	274	396	22	1.874	3.796	9,97	6,81
P1	0	SLU - SZ SLV	Min	-5.782	-267	-391	-17	-1.853	-3.909	9,40	7,20

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	SLU 1-M1	Max	-6.576	202	138	66	856	10.800	5,50	3,93
P2	0	SLU 1-M1	Min	-13.318	-162	-173	-101	-1.070	-6.308	5,95	7,22
P2	0	SLU 1-M2	Max	-6.823	199	130	51	809	9.676	6,13	4,40
P2	0	SLU 1-M2	Min	-11.848	-160	-163	-84	-1.013	-3.646	7,38	10,96
P2	0	SLU 2a	Max	-6.872	223	276	55	1.709	8.739	6,14	4,51
P2	0	SLU 2a	Min	-11.935	-182	-309	-87	-1.913	-5.216	6,28	6,94
P2	0	SLU 2b-M1	Max	-6.880	200	129	46	797	8.543	6,81	4,96
P2	0	SLU 2b-M1	Min	-11.927	-160	-161	-79	-1.001	-5.021	6,85	8,65
P2	0	SLU 2b-M2	Max	-7.064	198	123	36	762	7.703	7,36	5,51
P2	0	SLU 2b-M2	Min	-10.827	-159	-155	-66	-959	-3.029	8,18	12,41
P2	0	SLU CVENTO	Max	-5.760	251	149	-7	925	2.224	13,37	13,58
P2	0	SLU CVENTO	Min	-5.779	-213	-173	-10	-1.070	-1.787	13,39	13,65
P2	0	SLU - SX SLV	Max	-5.416	899	787	21	4.853	8.612	3,75	2,93
P2	0	SLU - SX SLV	Min	-6.118	-893	-800	-39	-4.935	-8.020	3,98	3,01
P2	0	SLU - SY SLV	Max	-5.417	646	1.005	11	6.194	6.394	3,33	2,62
P2	0	SLU - SY SLV	Min	-6.117	-640	-1.019	-29	-6.276	-5.802	3,50	2,69
P2	0	SLU - SZ SLV	Max	-4.718	365	413	8	2.544	4.925	7,52	5,30
P2	0	SLU - SZ SLV	Min	-6.816	-359	-426	-26	-2.627	-4.333	7,53	5,73

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA C - 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	SLU 1-M1	Max	-7.733	208	122	95	1.108	7.845	6,90	5,35
P3	0	SLU 1-M1	Min	-14.681	-123	-112	-93	-1.016	-7.434	5,32	6,44
P3	0	SLU 1-M2	Max	-7.964	204	110	83	998	6.862	7,48	6,13
P3	0	SLU 1-M2	Min	-13.168	-122	-98	-80	-895	-4.905	6,47	9,17
P3	0	SLU 2a	Max	-8.012	227	261	80	2.377	6.199	6,64	5,36
P3	0	SLU 2a	Min	-13.232	-143	-251	-78	-2.281	-6.542	5,41	5,76
P3	0	SLU 2b-M1	Max	-8.017	205	105	72	954	5.978	8,04	6,96
P3	0	SLU 2b-M1	Min	-13.227	-122	-94	-70	-859	-6.320	6,04	7,42
P3	0	SLU 2b-M2	Max	-8.190	202	96	62	872	5.243	8,52	7,93
P3	0	SLU 2b-M2	Min	-12.096	-120	-84	-60	-768	-4.428	7,10	10,07
P3	0	SLU CVENTO	Max	-6.546	256	75	1	678	1.421	13,71	20,10
P3	0	SLU CVENTO	Min	-6.616	-182	-64	0	-584	-3.393	11,61	11,78
P3	0	SLU - SX SLV	Max	-6.202	986	1.062	24	9.536	10.740	1,93	1,71
P3	0	SLU - SX SLV	Min	-6.963	-967	-1.059	-24	-9.507	-12.479	1,91	1,68
P3	0	SLU - SY SLV	Max	-6.187	993	992	16	8.901	10.668	2,07	1,80
P3	0	SLU - SY SLV	Min	-6.978	-973	-989	-16	-8.872	-12.407	2,05	1,78
P3	0	SLU - SZ SLV	Max	-5.521	540	476	12	4.275	6.044	4,86	3,55
P3	0	SLU - SZ SLV	Min	-7.644	-521	-473	-11	-4.245	-7.783	4,62	3,49

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	SLU 1-M1	Max	-8.219	201	112	86	917	6.209	7,84	6,80
P4	0	SLU 1-M1	Min	-14.928	-103	-122	-102	-998	-7.392	5,28	6,50
P4	0	SLU 1-M2	Max	-8.414	197	98	73	800	5.343	8,38	7,92
P4	0	SLU 1-M2	Min	-13.428	-101	-107	-90	-880	-4.992	6,36	9,09
P4	0	SLU 2a	Max	-8.459	206	255	71	2.087	4.636	7,50	6,65
P4	0	SLU 2a	Min	-13.490	-110	-264	-87	-2.162	-6.453	5,43	5,95
P4	0	SLU 2b-M1	Max	-8.460	197	93	63	762	4.536	8,93	9,20
P4	0	SLU 2b-M1	Min	-13.489	-101	-102	-78	-837	-6.353	5,95	7,43
P4	0	SLU 2b-M2	Max	-8.606	194	82	53	674	3.889	9,36	10,72
P4	0	SLU 2b-M2	Min	-12.367	-99	-91	-69	-750	-4.558	6,94	9,90
P4	0	SLU CVENTO	Max	-6.783	238	57	-5	469	562	13,78	34,71
P4	0	SLU CVENTO	Min	-6.836	-155	-61	-5	-502	-3.380	11,49	12,12
P4	0	SLU - SX SLV	Max	-6.432	684	1.142	19	9.263	6.208	2,24	1,88
P4	0	SLU - SX SLV	Min	-7.199	-659	-1.151	-29	-9.339	-8.733	2,18	1,85
P4	0	SLU - SY SLV	Max	-6.413	1.074	707	12	5.739	10.258	3,16	2,53
P4	0	SLU - SY SLV	Min	-7.217	-1.050	-716	-22	-5.815	-12.783	2,85	2,33
P4	0	SLU - SZ SLV	Max	-5.733	467	426	7	3.455	4.721	6,30	4,45
P4	0	SLU - SZ SLV	Min	-7.897	-443	-435	-17	-3.531	-7.246	5,30	4,02

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA C - 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	SLU 1-M1	Max	-6.968	166	196	110	1.488	8.227	6,56	4,86
P5	0	SLU 1-M1	Min	-13.818	-109	-149	-55	-1.135	-6.111	5,85	7,41
P5	0	SLU 1-M2	Max	-7.224	163	184	94	1.401	7.136	7,23	5,56
P5	0	SLU 1-M2	Min	-12.348	-108	-141	-44	-1.070	-3.561	7,15	11,02
P5	0	SLU 2a	Max	-7.272	200	326	96	2.478	6.660	6,46	4,97
P5	0	SLU 2a	Min	-12.413	-143	-282	-45	-2.146	-5.398	5,95	6,51
P5	0	SLU 2b-M1	Max	-7.278	164	181	87	1.379	6.327	7,74	6,16
P5	0	SLU 2b-M1	Min	-12.407	-107	-138	-37	-1.047	-5.066	6,64	8,57
P5	0	SLU 2b-M2	Max	-7.470	162	173	76	1.314	5.511	8,27	6,96
P5	0	SLU 2b-M2	Min	-11.307	-107	-131	-28	-999	-3.157	7,83	12,00
P5	0	SLU CVENTO	Max	-6.068	196	185	16	1.408	1.189	12,41	12,06
P5	0	SLU CVENTO	Min	-6.091	-144	-157	13	-1.196	-2.199	12,24	11,92
P5	0	SLU - SX SLV	Max	-5.716	807	1.025	42	7.717	8.429	2,50	2,10
P5	0	SLU - SX SLV	Min	-6.449	-796	-1.005	-12	-7.559	-9.191	2,58	2,13
P5	0	SLU - SY SLV	Max	-5.701	848	873	37	6.569	8.711	2,91	2,36
P5	0	SLU - SY SLV	Min	-6.464	-836	-852	-7	-6.412	-9.472	2,99	2,40
P5	0	SLU - SZ SLV	Max	-4.977	408	446	31	3.360	5.267	6,11	4,34
P5	0	SLU - SZ SLV	Min	-7.188	-397	-426	-1	-3.203	-6.028	6,05	4,53

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	SLU 1-M1	Max	-5.063	152	192	52	1.231	8.848	6,30	4,47
P6	0	SLU 1-M1	Min	-11.077	-128	-173	-51	-1.109	-6.928	6,39	6,40
P6	0	SLU 1-M2	Max	-5.303	150	186	39	1.190	7.924	7,07	4,99
P6	0	SLU 1-M2	Min	-9.739	-127	-167	-39	-1.068	-4.321	8,10	9,24
P6	0	SLU 2a	Max	-5.359	169	323	48	2.067	6.942	6,85	4,95
P6	0	SLU 2a	Min	-9.863	-145	-303	-47	-1.942	-5.721	6,73	6,30
P6	0	SLU 2b-M1	Max	-5.360	151	186	39	1.191	6.791	8,06	5,70
P6	0	SLU 2b-M1	Min	-9.863	-127	-167	-39	-1.066	-5.570	7,42	7,58
P6	0	SLU 2b-M2	Max	-5.540	149	181	29	1.160	6.100	8,68	6,30
P6	0	SLU 2b-M2	Min	-8.861	-126	-162	-30	-1.035	-3.620	9,02	10,41
P6	0	SLU CVENTO	Max	-4.630	182	228	1	1.458	1.084	14,19	11,28
P6	0	SLU CVENTO	Min	-4.642	-159	-205	-2	-1.313	-1.710	14,12	11,53
P6	0	SLU - SX SLV	Max	-4.188	661	894	30	5.681	5.697	3,47	2,78
P6	0	SLU - SX SLV	Min	-5.029	-657	-899	-31	-5.713	-6.360	3,54	2,77
P6	0	SLU - SY SLV	Max	-4.189	591	894	23	5.681	5.093	3,57	2,82
P6	0	SLU - SY SLV	Min	-5.028	-587	-899	-25	-5.713	-5.757	3,65	2,83
P6	0	SLU - SZ SLV	Max	-3.322	297	414	18	2.634	3.556	7,98	5,49
P6	0	SLU - SZ SLV	Min	-5.896	-292	-419	-19	-2.665	-4.220	7,71	5,58

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA C - 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)	1074
σ _{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	1,02
α _{cw}	1,06
τ _{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,17
σ ₁ tensione principale di trazione (N/mm ²)	1,04
θ angolo bielle compresse	9,03
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})	6,18

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

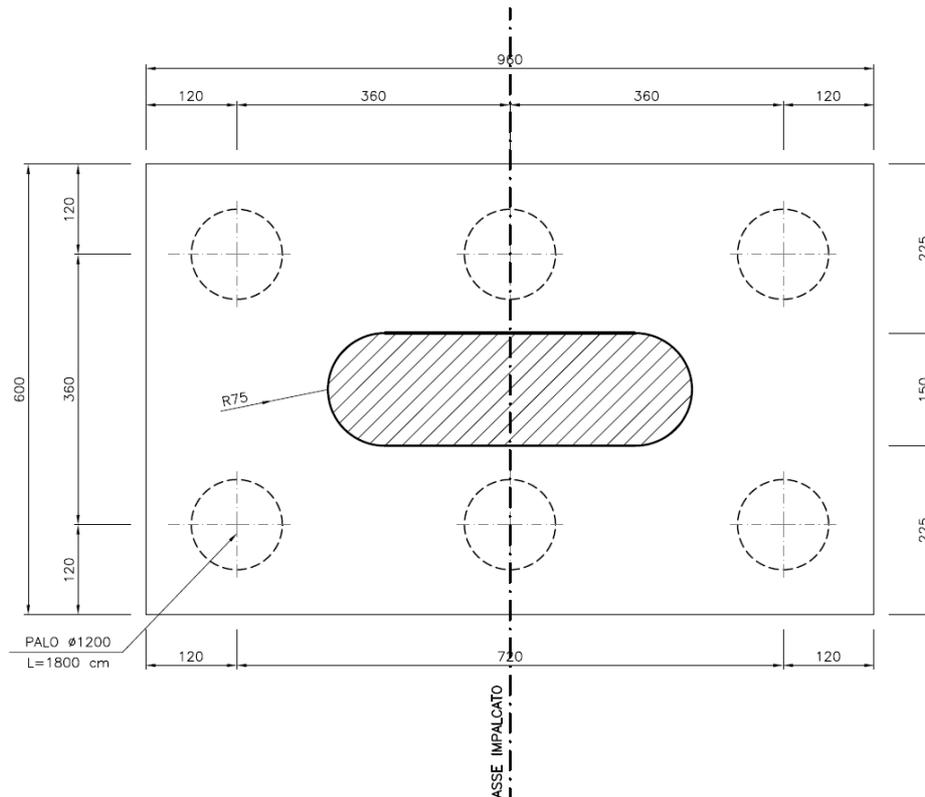
Sollecitazioni	
Sforzo Normale di compressione (kN)	7400
Taglio di calcolo V _{sd} (kN)	1151
σ _{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,93
α _{cw}	1,06
τ _{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,18
σ ₁ tensione principale di trazione (N/mm ²)	0,96
θ angolo bielle compresse	10,46
cot θ (1 < 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})	5,41

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:

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

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA C - 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	11.864	138	202	1.132	11.204
SLU 1-M1	18.605	173	162	-725	-5.985
SLU 1-M2	12.111	130	199	1.070	10.075
SLU 1-M2	17.135	163	160	-686	-3.325
SLU 2a	12.159	276	223	2.261	9.184
SLU 2a	17.223	309	182	-1.296	-4.852
SLU 2b-M1	12.168	129	200	1.054	8.944
SLU 2b-M1	17.215	161	160	-678	-4.701
SLU 2b-M2	12.352	123	198	1.007	8.099
SLU 2b-M2	16.115	155	159	-649	-2.711
SLU CVENTO	11.048	149	251	1.223	2.726
SLU CVENTO	11.067	173	213	-725	-1.362
SLU - SX SLV	9.333	787	899	6.427	10.410
SLU - SX SLV	10.035	800	893	-3.335	-6.233
SLU - SY SLV	9.333	1.005	646	8.204	7.686
SLU - SY SLV	10.034	1.019	640	-4.239	-4.521
SLU - SZ SLV	8.635	413	365	3.370	5.655
SLU - SZ SLV	10.733	426	359	-1.774	-3.614

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 4,5 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	1.977	2.860	1.095	31	50	59	134
SLU 1-M1	3.101	2.618	3.584	38	40	56	126
SLU 1-M2	2.018	2.817	1.220	29	50	58	131
SLU 1-M2	2.856	2.561	3.150	36	40	54	123
SLU 2a	2.027	2.874	1.179	61	56	83	188
SLU 2a	2.870	2.414	3.327	69	46	82	187
SLU 2b-M1	2.028	2.747	1.309	29	50	58	131
SLU 2b-M1	2.869	2.480	3.258	36	40	54	122
SLU 2b-M2	2.059	2.714	1.403	27	50	57	128
SLU 2b-M2	2.686	2.437	2.934	34	40	53	119
SLU CVENTO	1.841	2.144	1.539	33	63	71	161
SLU CVENTO	1.844	1.683	2.006	38	53	66	149
SLU - SX SLV	1.555	2.873	237	175	225	285	646
SLU - SX SLV	1.672	931	2.414	178	223	286	647
SLU - SY SLV	1.556	2.849	262	223	162	276	625
SLU - SY SLV	1.672	966	2.379	226	160	277	629
SLU - SZ SLV	1.439	2.144	734	92	91	129	293
SLU - SZ SLV	1.789	1.373	2.204	95	90	131	296

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA C - 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	13.021	122	208	1.352	8.261
SLU 1-M1	19.968	112	123	-793	-7.187
SLU 1-M2	13.252	110	204	1.218	7.271
SLU 1-M2	18.456	98	122	-699	-4.662
SLU 2a	13.300	261	227	2.899	6.653
SLU 2a	18.519	251	143	-1.780	-6.255
SLU 2b-M1	13.305	105	205	1.164	6.388
SLU 2b-M1	18.515	94	122	-670	-6.077
SLU 2b-M2	13.477	96	202	1.063	5.647
SLU 2b-M2	17.384	84	120	-600	-4.188
SLU CVENTO	11.834	75	256	827	1.933
SLU CVENTO	11.903	64	182	-455	-3.028
SLU - SX SLV	10.119	1.062	986	11.660	12.713
SLU - SX SLV	10.880	1.059	967	-7.389	-10.545
SLU - SY SLV	10.104	992	993	10.886	12.654
SLU - SY SLV	10.895	989	973	-6.894	-10.461
SLU - SZ SLV	9.438	476	540	5.227	7.125
SLU - SZ SLV	11.561	473	521	-3.299	-6.742

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	2.170	2.869	1.471	27	52	59	133
SLU 1-M1	3.328	2.756	3.901	25	31	40	90
SLU 1-M2	2.209	2.826	1.591	24	51	57	128
SLU 1-M2	3.076	2.688	3.464	22	30	37	85
SLU 2a	2.217	2.947	1.486	58	57	81	184
SLU 2a	3.087	2.487	3.686	56	36	66	150
SLU 2b-M1	2.217	2.769	1.666	23	51	56	128
SLU 2b-M1	3.086	2.602	3.570	21	30	37	84
SLU 2b-M2	2.246	2.737	1.756	21	51	55	124
SLU 2b-M2	2.897	2.551	3.244	19	30	35	80
SLU CVENTO	1.972	2.183	1.762	17	64	66	150
SLU CVENTO	1.984	1.731	2.236	14	46	48	108
SLU - SX SLV	1.687	3.649	-276	236	247	341	774
SLU - SX SLV	1.813	397	3.230	235	242	337	765
SLU - SY SLV	1.684	3.571	-203	221	248	332	753
SLU - SY SLV	1.816	451	3.181	220	243	328	744
SLU - SZ SLV	1.573	2.552	594	106	135	172	389
SLU - SZ SLV	1.927	1.153	2.700	105	130	167	379

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA C - 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	13.506	112	201	1.141	6.610
SLU 1-M1	20.216	122	103	-754	-7.187
SLU 1-M2	13.702	98	197	995	5.737
SLU 1-M2	18.716	107	101	-666	-4.790
SLU 2a	13.747	255	206	2.596	5.049
SLU 2a	18.778	264	110	-1.635	-6.234
SLU 2b-M1	13.748	93	197	948	4.930
SLU 2b-M1	18.777	102	101	-633	-6.152
SLU 2b-M2	13.894	82	194	839	4.277
SLU 2b-M2	17.654	91	99	-567	-4.359
SLU CVENTO	12.071	57	238	583	1.038
SLU CVENTO	12.124	61	155	-380	-3.069
SLU - SX SLV	10.348	1.142	684	11.547	7.575
SLU - SX SLV	11.116	1.151	659	-7.037	-7.415
SLU - SY SLV	10.330	707	1.074	7.154	12.407
SLU - SY SLV	11.134	716	1.050	-4.382	-10.683
SLU - SZ SLV	9.650	426	467	4.307	5.655
SLU - SZ SLV	11.814	435	443	-2.661	-6.360

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 4,5 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	2.251	2.816	1.686	25	50	56	127
SLU 1-M1	3.369	2.800	3.938	27	26	37	84
SLU 1-M2	2.284	2.774	1.793	22	49	54	122
SLU 1-M2	3.119	2.725	3.514	24	25	35	79
SLU 2a	2.291	2.882	1.700	57	52	77	174
SLU 2a	3.130	2.545	3.714	59	27	65	147
SLU 2b-M1	2.291	2.721	1.861	21	49	53	121
SLU 2b-M1	3.129	2.644	3.615	23	25	34	77
SLU 2b-M2	2.316	2.690	1.941	18	49	52	118
SLU 2b-M2	2.942	2.587	3.298	20	25	32	73
SLU CVENTO	2.012	2.138	1.886	13	60	61	138
SLU CVENTO	2.021	1.772	2.269	14	39	41	93
SLU - SX SLV	1.725	3.320	130	254	171	306	694
SLU - SX SLV	1.853	686	3.019	256	165	304	690
SLU - SY SLV	1.722	3.246	198	157	269	311	706
SLU - SY SLV	1.856	708	3.003	159	262	307	696
SLU - SZ SLV	1.608	2.400	817	95	117	150	341
SLU - SZ SLV	1.969	1.281	2.657	97	111	147	333

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA C - 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	12.255	196	166	1.880	8.559
SLU 1-M1	19.106	149	109	-836	-5.894
SLU 1-M2	12.512	184	163	1.770	7.462
SLU 1-M2	17.635	141	108	-788	-3.345
SLU 2a	12.560	326	200	3.129	7.060
SLU 2a	17.701	282	143	-1.581	-5.112
SLU 2b-M1	12.566	181	164	1.742	6.655
SLU 2b-M1	17.695	138	107	-772	-4.851
SLU 2b-M2	12.757	173	162	1.660	5.835
SLU 2b-M2	16.595	131	107	-736	-2.944
SLU CVENTO	11.355	185	196	1.778	1.581
SLU CVENTO	11.379	157	144	-881	-1.910
SLU - SX SLV	9.633	1.025	807	9.767	10.044
SLU - SX SLV	10.365	1.005	796	-5.550	-7.599
SLU - SY SLV	9.617	873	848	8.315	10.406
SLU - SY SLV	10.381	852	836	-4.708	-7.800
SLU - SZ SLV	8.894	446	408	4.253	6.083
SLU - SZ SLV	11.104	426	397	-2.351	-5.235

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	2.043	2.811	1.274	44	41	60	136
SLU 1-M1	3.184	2.698	3.671	33	27	43	97
SLU 1-M2	2.085	2.767	1.403	41	41	58	131
SLU 1-M2	2.939	2.634	3.245	31	27	41	94
SLU 2a	2.093	2.873	1.313	72	50	88	200
SLU 2a	2.950	2.449	3.451	63	36	72	164
SLU 2b-M1	2.094	2.718	1.471	40	41	58	130
SLU 2b-M1	2.949	2.541	3.357	31	27	41	92
SLU 2b-M2	2.126	2.685	1.567	38	40	56	127
SLU 2b-M2	2.766	2.493	3.038	29	27	40	90
SLU CVENTO	1.893	2.167	1.618	41	49	64	145
SLU CVENTO	1.897	1.682	2.111	35	36	50	114
SLU - SX SLV	1.606	3.207	4	228	202	304	690
SLU - SX SLV	1.728	686	2.769	223	199	299	678
SLU - SY SLV	1.603	3.095	110	194	212	287	651
SLU - SY SLV	1.730	753	2.708	189	209	282	640
SLU - SZ SLV	1.482	2.299	666	99	102	142	323
SLU - SZ SLV	1.851	1.270	2.432	95	99	137	311

ANAS SPA - AUTOSTRADA A3 SA RC
 NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO
 RAMPA C - 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	10.350	192	152	1.616	9.152
SLU 1-M1	16.365	173	128	-762	-6.672
SLU 1-M2	10.591	186	150	1.562	8.224
SLU 1-M2	15.026	167	127	-734	-4.067
SLU 2a	10.647	323	169	2.713	7.279
SLU 2a	15.151	303	145	-1.335	-5.432
SLU 2b-M1	10.648	186	151	1.563	7.092
SLU 2b-M1	15.150	167	127	-733	-5.317
SLU 2b-M2	10.828	181	149	1.523	6.398
SLU 2b-M2	14.149	162	126	-712	-3.368
SLU CVENTO	9.918	228	182	1.913	1.447
SLU CVENTO	9.929	205	159	-903	-1.392
SLU - SX SLV	8.105	894	661	7.469	7.019
SLU - SX SLV	8.946	899	657	-3.915	-5.047
SLU - SY SLV	8.106	894	591	7.470	6.275
SLU - SY SLV	8.945	899	587	-3.914	-4.583
SLU - SZ SLV	7.238	414	297	3.462	4.150
SLU - SZ SLV	9.813	419	292	-1.827	-3.635

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	1.725	2.510	940	43	38	57	130
SLU 1-M1	2.727	2.194	3.261	39	32	50	114
SLU 1-M2	1.765	2.481	1.049	41	37	56	127
SLU 1-M2	2.504	2.154	2.855	37	32	49	111
SLU 2a	1.774	2.531	1.018	72	42	83	189
SLU 2a	2.525	2.024	3.026	67	36	77	174
SLU 2b-M1	1.775	2.412	1.137	41	38	56	127
SLU 2b-M1	2.525	2.088	2.962	37	32	49	110
SLU 2b-M2	1.805	2.390	1.219	40	37	55	125
SLU 2b-M2	2.358	2.058	2.658	36	32	48	108
SLU CVENTO	1.653	1.931	1.375	51	45	68	154
SLU CVENTO	1.655	1.475	1.835	46	40	60	137
SLU - SX SLV	1.351	2.530	172	199	165	258	586
SLU - SX SLV	1.491	778	2.204	200	164	259	586
SLU - SY SLV	1.351	2.478	224	199	148	248	562
SLU - SY SLV	1.491	810	2.172	200	147	248	562
SLU - SZ SLV	1.206	1.815	598	92	74	118	268
SLU - SZ SLV	1.635	1.214	2.057	93	73	118	269

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 2,75m 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:

$$M_{\max, \text{long}} = 16.330 \text{ kNm}$$

$$M_{\max, \text{trasv}} = 14.389 \text{ kNm}$$

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. = $M_R / M_d = 2,31$.

Direzione trasversale

Considerando la sezione 6,00x2,00m 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. = $M_R / M_d = 1,64$.

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)	6599
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,00
α_{cw}	1,00
τ_{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,64
σ_1 tensione principale di trazione (N/mm ²)	0,64
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})	1,33

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)	9899
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,00
α_{cw}	1,00
τ_{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,60
σ_1 tensione principale di trazione (N/mm ²)	0,60
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})	1,42

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

Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo		Acciaio	
$f_{ck} =$	25	$f_{yk} =$	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: $\beta=1,15$)		1,5
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)		3.649
Taglio di calcolo $v_{sd} = V_{sd} \cdot \beta / (u \cdot d)$ (N/mm ²)		0,161
Resistenza di progetto $v_{Rd,c}$ (N/mm ²)		0,265
Coefficiente di sicurezza $v_{Rd,c} / v_{sd}$		1,646

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:

$$T_{t,max} = 341 \text{ kN}$$

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

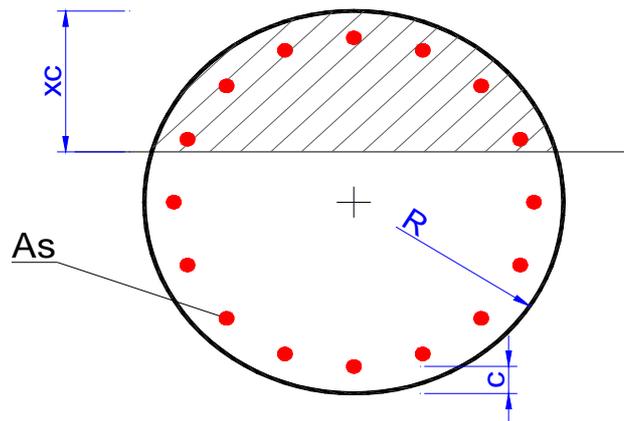
Dati sezione	
Diametro sezione (cm)	120
Copriferro (cm)	7
Altezza utile sezione $d=D/2 + 2x(D/2-c)/\pi$	94
Armatura longitudinale (cm ²)	84,80
Diametro staffe (mm)	12
Bracci	2
Passo (cm)	15
Area staffe al metro (cm ² /m)	15,08
Sollecitazioni	
Sforzo Normale di compressione (kN)	0
Taglio di calcolo V_{sd} (kN)	341
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,00
α_{cw}	1,00
τ_{media} tensione di taglio media (N/mm ²)	0,34
σ_1 tensione principale di trazione (N/mm ²)	0,34
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)	500
$V_{Rd,max}$ (kN)	3598
V_{Rd} (kN) = $\min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$	500
Coefficiente di sicurezza (V_{Rd} / V_{sd})	1,46

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:

$N = 3.649 \text{ kN}$ $M = 774 \text{ kNm}$ c.s. = 3,53
 $N = -276 \text{ kN}$ $M = 774 \text{ kNm}$ c.s. = 2,08



Geometria della sezione		
		[cm]
Raggio	R	60

Sollecitazioni		
M	774	[kNm]
N	-276	[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
-276,0 [kN]

xc
24,59 [cm]

M ultimo

FS