

**Autostrada A13
Bologna - Padova**

**Progetto Definitivo
Ampliamento alla terza corsia
Tratto Bologna - Ferrara**

Opere di linea

Ponte sul fiume Reno (pk 26+398)

Relazione di calcolo sottostrutture

1.	Introduzione	4
1.1	Dati di base	5
1.2	Descrizione generale dell'opera	5
1.2.1	Schema statico	7
1.2.2	Impalcato	8
1.2.3	Spalle	9
1.2.4	Pile	10
1.3	Normative di riferimento	13
1.4	Condizioni ambientali e classi di esposizione	14
1.5	Caratteristiche materiali	14
1.5.1	Tensioni limite e proprietà di riferimento - Allargamento	14
1.5.2	Tensioni limite e proprietà di riferimento – spalle esistente	15
1.5.3	Coefficienti parziali di sicurezza	18
1.6	Software di calcolo	19
1.7	Convenzioni generali	19
2.	Impostazione delle analisi e delle verifiche	21
2.1	Analisi della struttura	21
2.2	Studio interazione impalcato/sottostrutture	22
2.3	Caratteristiche delle sezioni delle pile	22
3.	Analisi dei carichi	24
3.1	Pesi propri (G_{k1})	24
3.2	Sovraccarichi permanenti (G_{k2})	24
3.3	Carichi mobili (Q_k)	27
3.3.1	Tabella esplicativa dei carichi agenti	28
3.4	Frenatura	29
3.5	Vento	29
3.6	Temperatura	31
3.7	Attrito appoggi scorrevoli	32
3.8	Analisi sismica	32
4.	Combinazioni di carico	37
4.1	Combinazioni per gli S.L.U. – STR	38
5.	Analisi strutturale impalcato	39
5.1	Generalità	39
6.	Analisi modale	42
6.1	Attivazione degli isolatori	45
7.	Massimi spostamenti	46
7.1	Sollecitazioni	47

7.1.1	Inviluppo S.L.U.	50
7.1.2	Tabelle riassuntive delle sollecitazioni	54
8.	Verifica delle sezioni significative delle pile	57
8.1	Generalità	57
8.1.1	Verifiche di resistenza S.L.U. per azioni flettenti	58
8.1.2	Verifiche S.L.U. per azioni taglianti	58
8.1.3	Armature esistenti	59
8.2	Principali risultati di verifica	62
8.2.1	Elevazione pile	63
8.2.2	Plinti di fondazione e pulvini	64
9.	Azioni in fondazione	66

1. Introduzione

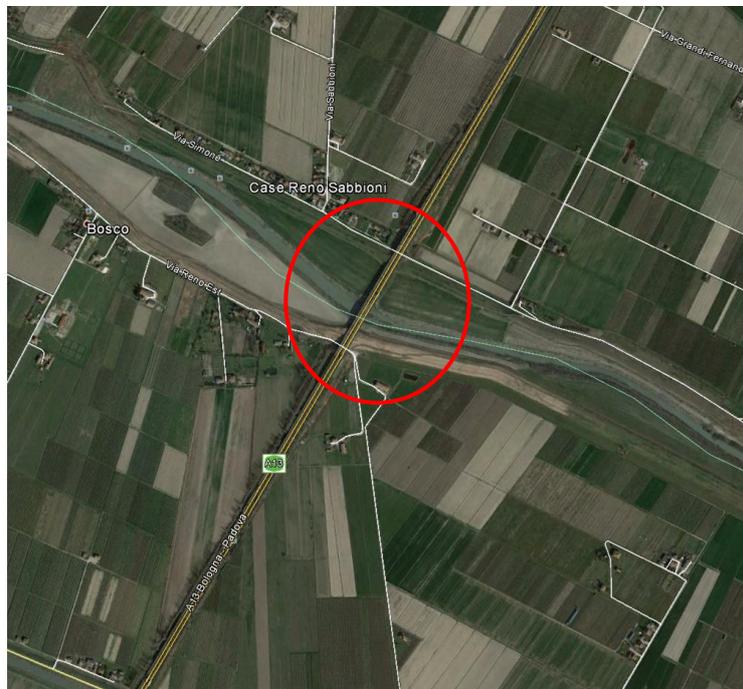
Nell'ambito dei lavori di ammodernamento della rete autostadale – Autostrada A13 – nel tratto tra Bologna e Ferrara, si prevede l'ampliamento della sede alla terza corsia, con adeguamento delle opere d'arte di linea. L'approccio generale ai ponti e ai viadotti esistenti prevede il mantenimento delle opere d'arte e il loro adeguamento alle attuali normative, sotto le combinazioni delle azioni statiche e sismiche, in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle NTC 2008 e circolari successive.

L'impianto originario dell'autostrada risale alla decade degli anni 1960 e vede la realizzazione di opere d'arte in calcestruzzo armato con diffuso utilizzo di travi in CAP per gli impalcati; spalle e pile massicce in calcestruzzo armato ordinario fondate su pali. Lo schema statico ricorrente è quello delle campate isostatiche su semplici appoggi.

Per opportunità operative si è implementata l'analisi delle strutture esistenti e delle porzioni in allargamento con suddivisione in orizzontale. In dettaglio, si è approntata per ciascuna opera una relazione di calcolo per gli impalcati, una per le spalle e le pile ed una per le verifiche geotecniche delle fondazioni.

Il presente elaborato riporta i calcoli relativi alla verifica delle pile esistenti e il dimensionamento della porzione in allargamento per il Ponte sul fiume Reno, alla pk 26+398.

Per le analisi relative all'impalcato esistente e nuovo, alle spalle e alle fondazioni su pali in generale si rimanda alle relazioni dedicate.



Individuazione dell'opera

1.1 Dati di base

Preliminarmente all'avvio della progettazione è stata condotta una attività di indagine e reperimento dei dati di archivio, complementata da indagini in situ.

In particolare, per l'opera in oggetto, sono a disposizione:

- Scheda anagrafica dell'opera – codifica 13.03.0158.0.0, nella quale si ripercorre la cronistoria delle ispezioni e degli interventi principali effettuati sull'opera. E' inoltre presente una breve descrizione dello stato del manufatto e delle principali criticità

Documenti progettuali originali:

- del 11.1963 – Relazione di calcolo degli impalcati
- del 06.06.1964 – Relazione di calcolo delle pile, spalle e delle fondazioni
- processo verbale di collaudo statico del 06.02.1967
- del 03.2008 - Mappatura di potenziale e indagini sulle solette
- Elaborato grafico progettuale n. 102, contenente le carpenterie e le armature del manufatto

Il manufatto è stato oggetto di significativi lavori di ammodernamento nella decade 1990 che hanno visto la separazione e l'allargamento delle due carreggiate dell'impianto originario.

In particolare, l'opera fu realizzata con un impalcato unico per le due carreggiate, avente larghezza complessiva di 19.10 m inclusi cordoli. Le principali modifiche apportate hanno interessato l'impalcato che, come anticipato, è stato separato in due porzioni indipendenti attraverso la demolizione della fascia di soletta centrale e la rimozione delle travi dell'allineamento centrale e l'allargamento simmetrico esterno con aggiunta di 1+1 travi in C.A.P.

Nell'ambito del medesimo ammodernamento sono state allargate le pile e le spalle, aggiunta di porzioni di struttura solidarizzate con le esistenti e fondate su pali.

Documenti progettuali originali relativi all'intervento di ammodernamento:

- ponte sul Reno prog 26+398-I faldone
- ponte sul Reno prog 26+398-II faldone

Contenenti gli elaborati grafici relativi al progetto di ammodernamento e alcuni computi metrici dello stesso

E' inoltre stata effettuata una campagna di indagini mirata e confermare la geometria dell'opera e a determinare le caratteristiche dei materiali.

1.2 Descrizione generale dell'opera

L'opera esistente è costituita da un manufatto a dodici campate isostatiche aventi interasse tra le pile pari a 32.65 m ciascuna e caratterizzata da una inclinazione tra l'asse autostradale e l'allineamento degli appoggi con angolo planimetrico pari a circa 90°.

La lunghezza complessiva del ponte, da giunto a giunto sulle spalle, è pari a 390 metri circa.

L'intervento effettuato nella decade 1990 ha visto l'eliminazione dei giunti trasversali su tutte le pile, ad eccezione di quelli sulla pila n. 05 e la realizzazione, quindi, di una catena cinematica attiva sia in fase

statica, sia sismica. Si è provveduto contestualmente a realizzare ritegni sismici lungo l'opera e a sostituire i giunti residui, sulla pila 5 e in corrispondenza alle spalle.

L'attuale larghezza complessiva in sezione trasversale è pari a 11.00 m circa per ciascuna carreggiata e, a valle dell'intervento in progetto vi sarà un incremento della piattaforma pari a mediamente 4.75 m per ciascuna carreggiata, oltre cordoli da 0.70 m ciascuno.

Il manufatto si compone di impalcati realizzati mediante travi prefabbricate affiancate di altezza 1.95 m oltre soletta di spessore circa 0.30 m circa ad interasse 2.70 m, sostenuti alle estremità da appoggi in neoprene.

Nella porzione di impianto originario le spalle sono costituite da setti affiancati in calcestruzzo armato e si presentano quasi interamente sotto il livello del terreno; le sezioni del paramento sono rettangolari rastremate con l'altezza e poggianti su plinti massicci fondati su un sistema di pali di diametro 0.80 m circa e lunghezza 45.00 m circa.

L'allargamento anni 1990 vede la realizzazione di travi-cuscino su un palo di diametro 1.50 m, con quota di estradosso complanare a quella della spalla antecedente e con essa connessa.

Le pile intermedie hanno struttura snella con quattro fusti circolari di diametro 1.50 m ad interasse 4.75 m, connessi in sommità dal pulvino. L'intervento di ammodernamento ha visto l'allargamento dei plinti di fondazione su pali di diametro 1.50 m e del pulvino, sostenuto da un ampliamento della sezione del fusto pile che ha interessato le sole sezioni esterne con la solidarizzazione con una sezione integrativa rettangolare, avente geometria 0.80 x 2.00 m.

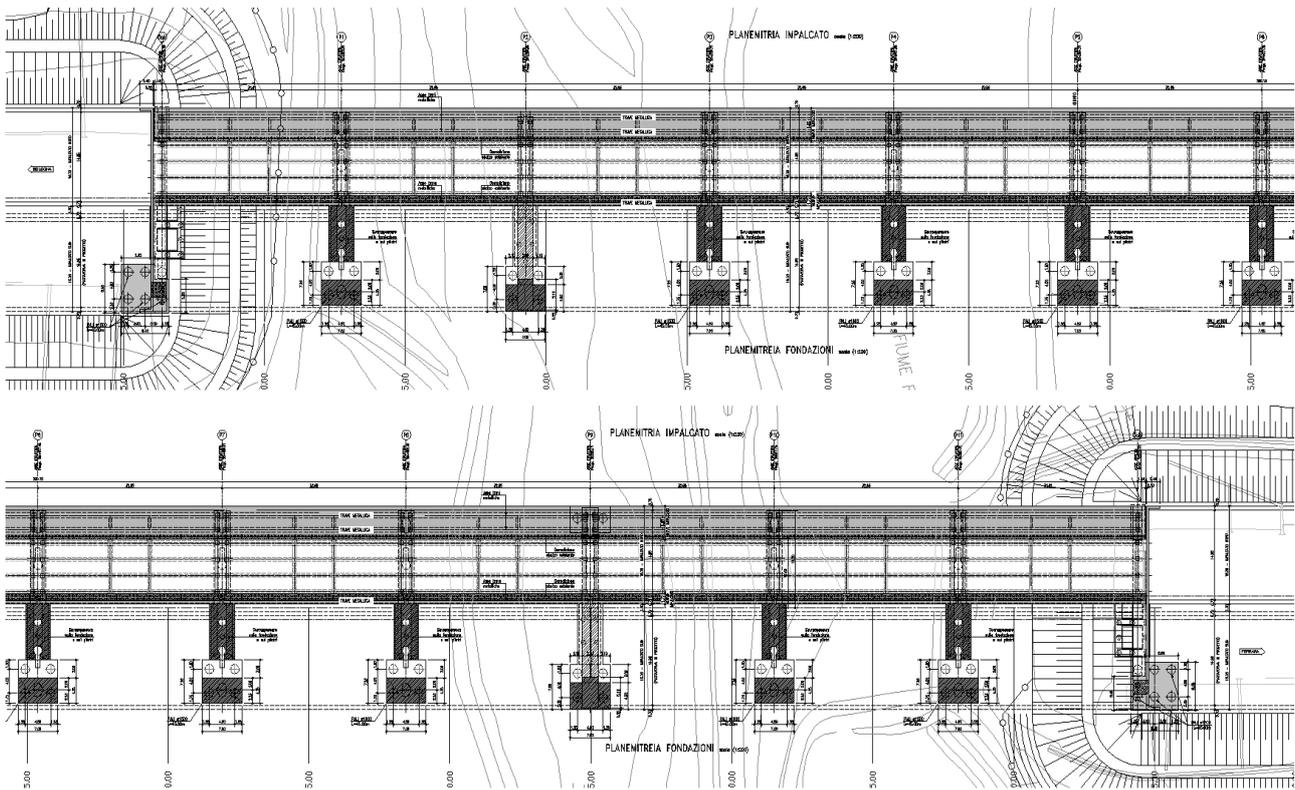
L'intervento di allargamento in progetto interessa entrambe le carreggiate sul lato esterno e vede la realizzazione degli ampliamenti delle spalle e delle pile mantenendo i medesimi allineamenti dell'opera attuale.

La nuova porzione di impalcato si realizza con travi in acciaio a sezione a "I" con soletta gettata in opera collaborante.

Al fine di limitare il deficit riscontrato sulle travi esistenti dell'allineamento interno, è prevista l'integrazione con nuove travi in acciaio sia lato esterno, sia lato interno.

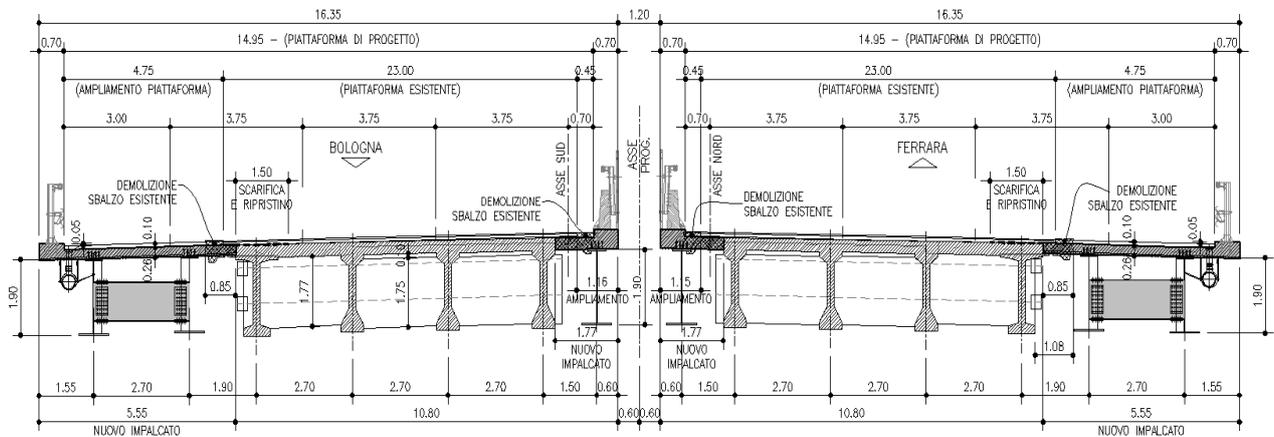
Si prevede quindi di posizionare due travi in acciaio lato esterno e una trave, sempre in acciaio, lato interno.

La connessione tra la porzione di impalcato esistente e quella in allargamento si realizza attraverso la soletta, con l'ausilio di barre di cucitura ad intradosso e ad estradosso ancorate alla soletta esistente tramite inghisaggi. La scelta della carpenteria delle travi è stata effettuata al fine di garantire una rigidità flessionale longitudinale dell'insieme trave-soletta prossima a quella dell'impalcato esistente.



Pianta impalcato allargato

SEZIONE TRASVERSALE TIPO PROGETTO scala (1:100)



Sezioni trasversali allargate

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici dedicati.

1.2.1 Schema statico

Come anticipato, lo schema statico relativo ai singoli impalcati è quello di semplice appoggio; sotto l'effetto delle azioni orizzontali il comportamento vede due catene cinematiche per ciascuna carreggiata, la prima costituita dalle porzioni di manufatto incluse tra il giunto sulla spalla lato Bologna e la pila n. 5, la seconda tra la medesima pila e la spalla lato Ferrara.

L'intervento in progetto vede la demolizione dei ritegni sismici e la sostituzione di tutti gli apparecchi di appoggio esistenti con isolatori sismici ad alta dissipazione di energia, realizzati in neoprene con nucleo in piombo, oltre al disaccoppiamento delle spalle, in direzione longitudinale, attraverso appoggi combinati che garantiscono medesimo comportamento degli altri allineamenti in direzione trasversale e appoggi scorrevoli in direzione longitudinale all'asse autostradale.

A causa della limitatezza del varco esistente a cavallo della pila n. 05, che non garantisce sicurezza nei confronti del martellamento, è stato necessario prevedere la solidarizzazione delle due porzioni di impalcato attraverso l'utilizzo di dispositivi di connessione dinamica tipo "Shock-trasmitter" agenti in direzione longitudinale e guide in acciaio attive in direzione trasversale.

Il comportamento complessivo dell'impalcato vede quindi il mantenimento delle due attuali porzioni di opera sconnesse a cavallo della pila n. 05 in fase statica e la connessione rigida di tutte e dodici le campate in fase dinamica. Le due carreggiate restano chiaramente indipendenti e poggianti sulle dedesime pile e spalle.

E' previsto l'adeguamento dei baggioli e il sollevamento dell'impalcato in modo da minimizzare il sovraccarico del pacchetto stradale e del sottofondo indotti dalla livelletta autostradale e dalle nuove pendenze trasversali.

Come anticipato, l'organizzazione delle analisi ha portato ad indagare separatamente gli impalcato dalle sottostrutture; nel presente documento si prendono quindi in conto le sollecitazioni di tipo statico e sismico mirate alla verifica delle pile esistenti e alla progettazione degli allargamenti, oltre a cogliere le azioni complessive indotte dalle due carreggiate sulle spalle.

In virtù di quanto sopra e con l'obiettivo di semplificare le analisi garantendo comunque un ottimo grado di dettaglio, si sono implementati modelli di calcolo dedicati alla singola campata, per lo studio degli impalcato, e modelli tridimensionali complessivi per le pile e le spalle, al fine di cogliere al meglio il comportamento complessivo della struttura, con particolare riferimento alle sollecitazioni sismiche.

In virtù dello schema di vincolo sopra anticipato, che vede il disaccoppiamento longitudinale delle spalle dal resto dell'opera attraverso l'utilizzo di appoggi scorrevoli monodirezionali oltre che della morfologia del terreno che ne involuppa l'intera elevazione, per la trattazione delle stesse e delle fondazioni delle pile si rimanda alle relazioni di calcolo dedicate.

La disposizione dei carichi in soletta segue la reale distribuzione degli elementi permanenti che costituiscono la struttura, il pacchetto e gli arredi; i carichi variabili sono invece stati collocati in ottemperanza alle indicazioni di normativa e in modo da massimizzare le sollecitazioni nell'impianto di fondazione.

1.2.2 Impalcato

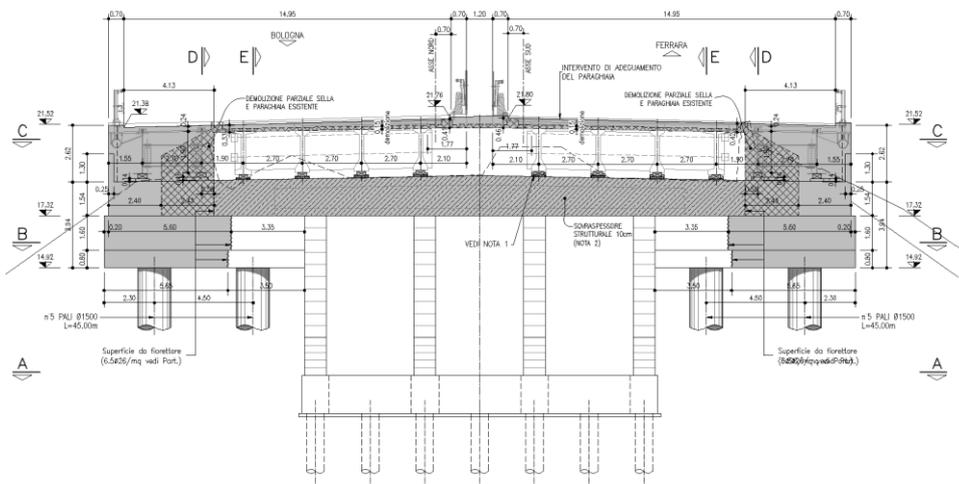
Il manufatto vede la presenza di coppie di campate indipendenti affiancate, ciascuna delle quali a servizio di una carreggiata autostradale, aventi eguale geometria.

Come anticipato le campate si compongono attualmente di 4 travi prefabbricate ciascuna con sezione a "I" di altezza $H = 1.95$ m e interasse $i = 2.70$ m; la soletta è realizzata con lastre prefabbricate affiancate e getto di sutura in opera, aventi uno spessore complessivo strutturale di 0.20 m, incrementato di circa 0.10 m in sede di adeguamento negli anni 1990. Sono presenti quattro traversi di cui due in asse appoggi.

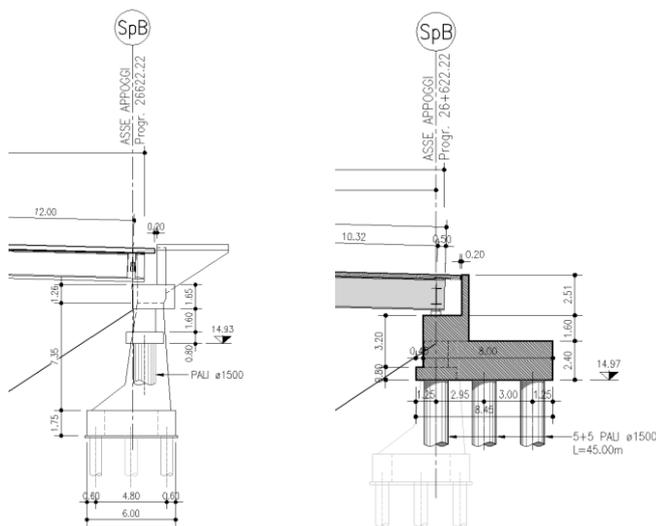
Per la trattazione di dettaglio dell'impalcato si rimanda alla relazione di calcolo dedicata.

Sezioni longitudinali esistente e allargamento - Spalla A

VISTA scala (1:100)



Vista frontale esistente e allargamento - Spalla B



Sezioni longitudinali esistente e allargamento - Spalla B

1.2.4 Pile

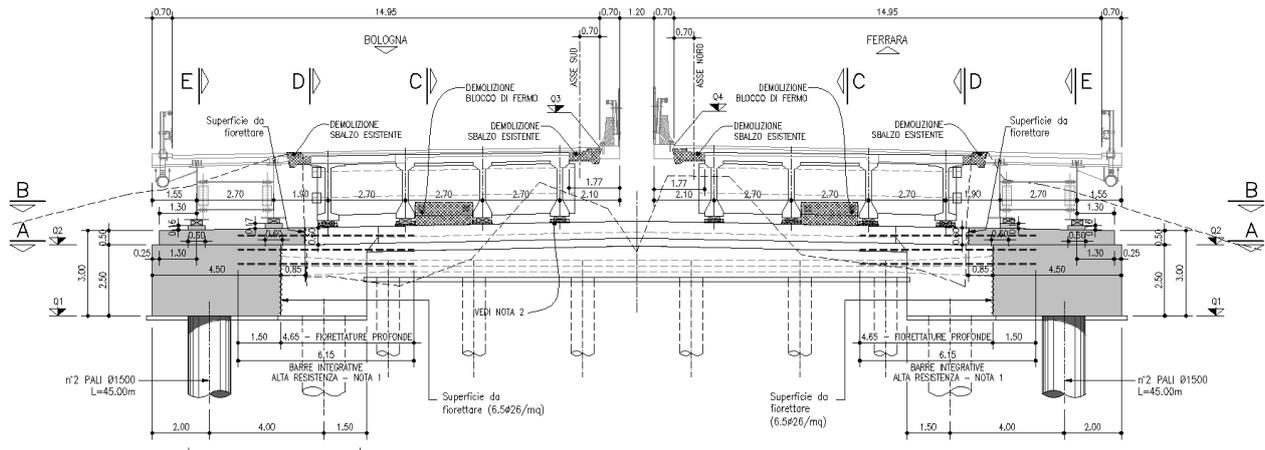
La struttura presenta complessivamente undici pile che risultano afferenti a due tipologie principali.

Le pile n. 02 e n. 09 presentano struttura tozza e gli appoggi dell'impalcato poggiano direttamente sui plinti massicci di fondazione.

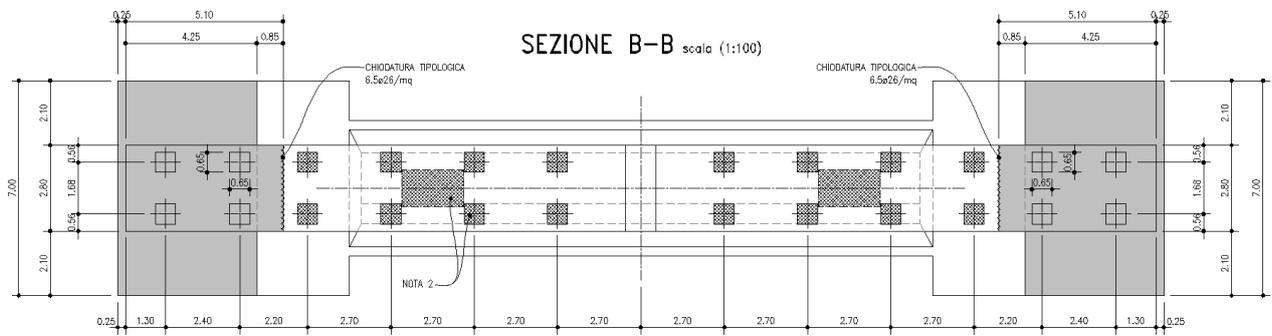
L'impianto originario vede plinti sostenuti da un sistema di 10 pali di diametro 0.80 m; l'allargamento degli anni 1990 ha incrementato la lunghezza dei monoliti da entrambe le estremità con blocchi massicci solidarizzati all'esistente e fondati su coppie pali di diametro 1.50 m.

La connessione è stata realizzata attraverso un sistema di cavi di post-tensione laterali.

VISTA scala (1:100)

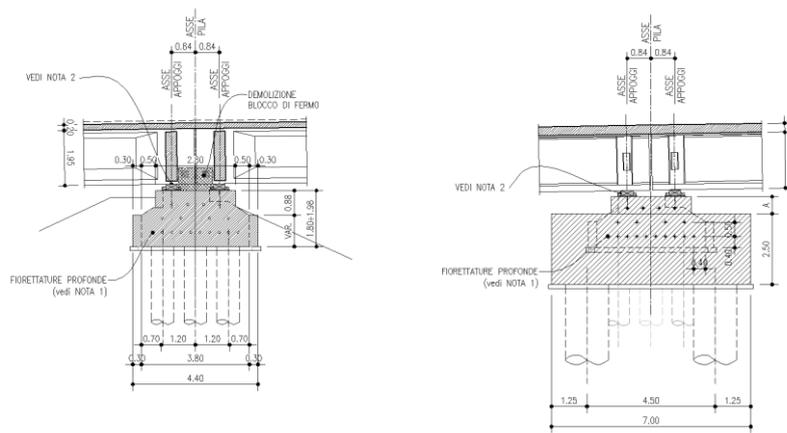


Vista frontale pile 2 e 9



NOTA 2
 È PREVISTA LA DEMOLIZIONE DI TUTTI I BAGGIOLI ESISTENTI E DEI RITEGNI SIMILI. IL RIPRISTINO DELLE SUPERFICIE E LA RICOSTRUZIONE DEI NUOVI BAGGIOLI DI H=3.00cm

Pianta pile 2 e 9



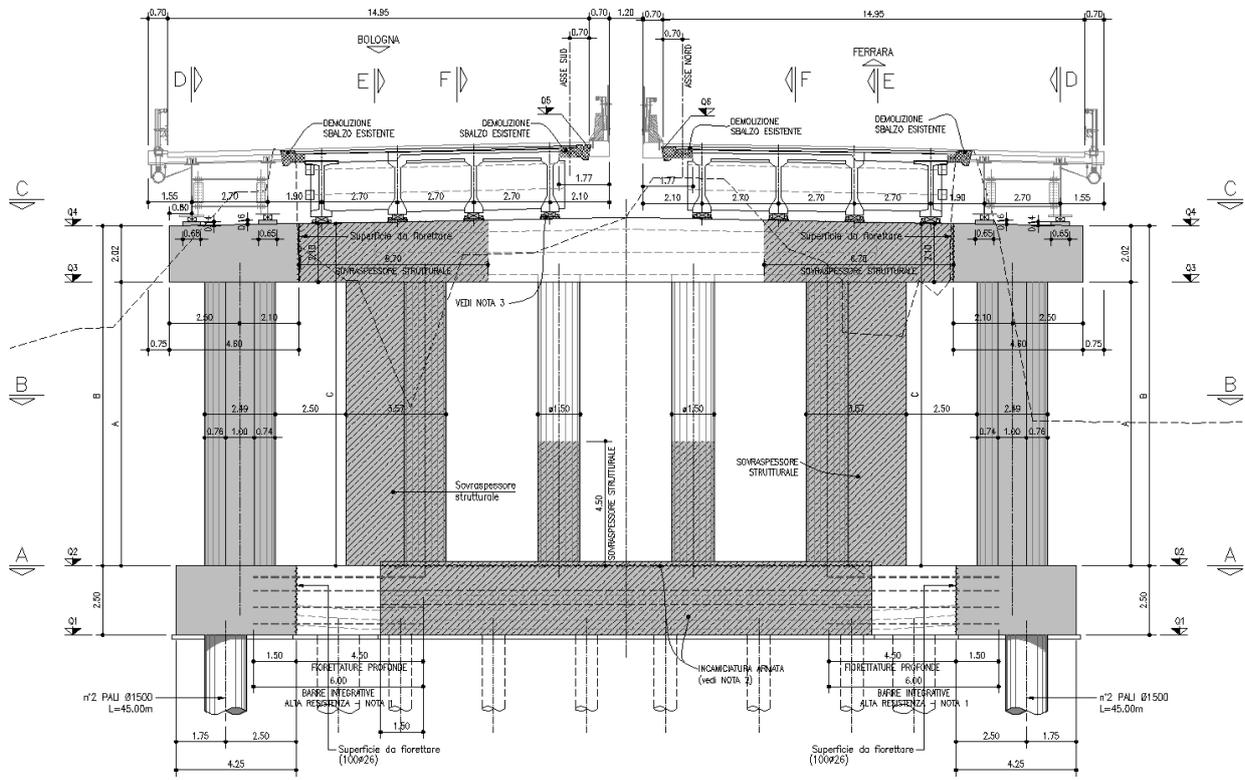
Vista laterale pile 2 e 9

Tutte le pile, ad esclusione delle precedenti, presentano struttura snella con differente altezza dei fusti circolari, connessi in sommità a pulvini a sezione rettangolare e inferiormente a plinti di fondazione massicci fondati su pali.

L'impianto originario vede plinti sostenuti da un sistema di 10 pali di diametro 0.80 m; l'allargamento degli anni 1990 ha incrementato la lunghezza dei monoliti da entrambe le estremità con blocchi massicci solidarizzati all'esistente e fondati su coppie pali di diametro 1.50 m.

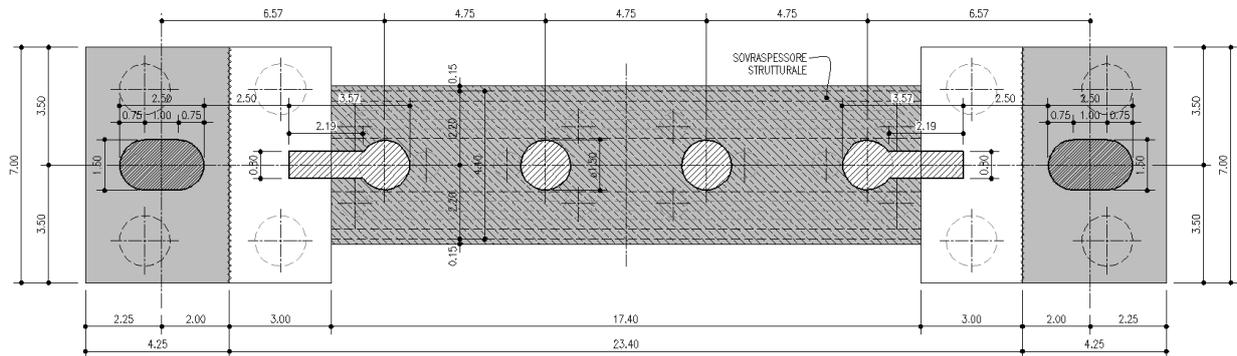
La connessione è stata realizzata attraverso un sistema di cavi di post-tensione laterali.

VISTA scala (1:100)

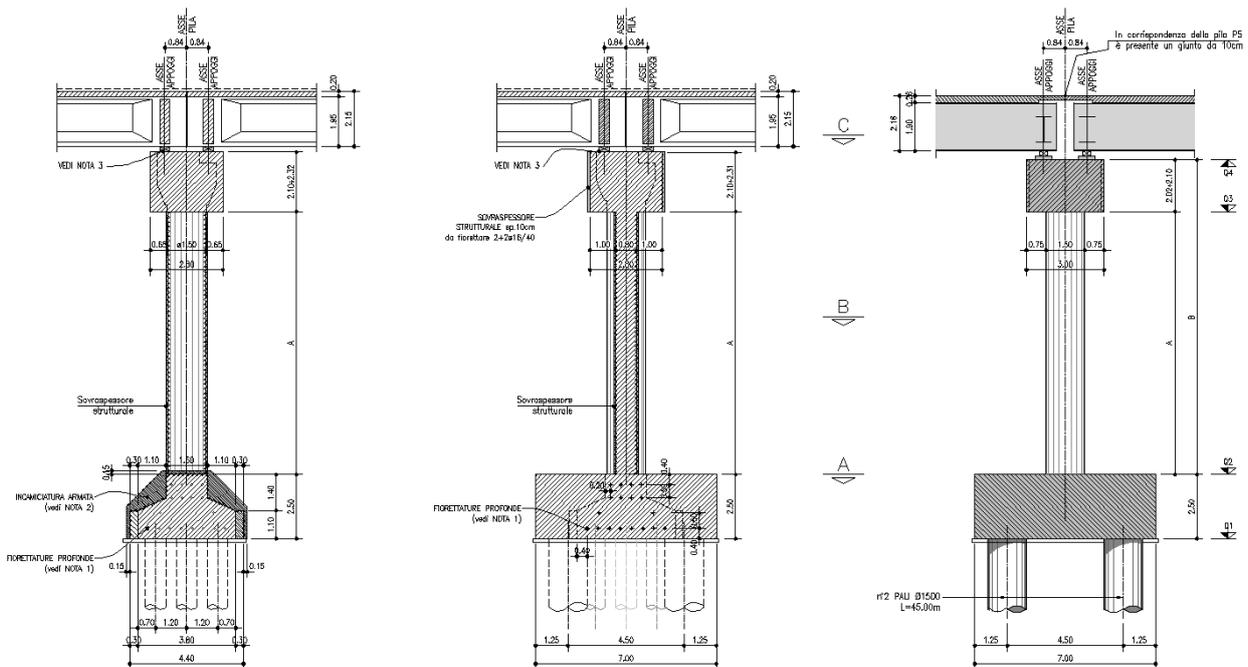


Vista frontale pile

SEZIONE B-B scala (1:100)



Pianta pile



Vista laterale pile

L'attuale allargamento vede la realizzazione di plinti massicci fondati su pali di diametro 1.50 m e lunghezza L=45 m, solidarizzati con l'esistente alla medesima quota dell'allargamento degli anni 1990.

Al fine di garantire una adeguata resistenza nei confronti delle azioni statiche e sismiche, si prevedono rinforzi delle strutture esistenti e barre di cucitura in acciaio ad alta resistenza inserite in perforazioni profonde, a cucire i monoliti realizzati nelle due epoche successive con l'attuale allargamento.

1.3 Normative di riferimento

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente normativa italiana e da quella europea (Eurocodici). In particolare, al fine di conseguire un approccio il più unitario possibile relativamente alle prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi National Application Documents, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente normativa nazionale.

In dettaglio si sono prese in esame i seguenti documenti:

D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC-08");

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008;

UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale

UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche

UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti

UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo

1.4 Condizioni ambientali e classi di esposizione

Per quanto riguarda le classi di esposizione, si prevede l'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, applicheranno le seguenti classi di esposizione:

Fondazioni	XC2
Elevazioni spalle e pile	XF2
Pulvini	XF4

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno pertanto rispettare, oltre i requisiti di resistenza indicati al punto seguente, anche i criteri previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

1.5 Caratteristiche materiali

Vengono di seguito elencati i materiali impiegati per la realizzazione dell'opera, unitamente ai rispettivi parametri di riferimento

1.5.1 Tensioni limite e proprietà di riferimento - Allargamento

Calcestruzzo

Elemento	classe	f_{ck}	R_{bk}	f_{cm}
Fondazioni	C28/35	28	35	43
Elevazioni	C32/40	32	44	40
Pulvini	C32/40	32	44	40

riferimenti:

EN 206
EN 1992-1-1 3.1.2. tab. 3.1

Acciaio in barre per c.a.

tipo	B450C	
f_{yk}	450 MPa	Snervamento
f_{tk}	540 MPa	Rottura a trazione
E_s	210000 MPa	Modulo di Young

riferimenti:

EN 1992-1-1 cap. 3.2 + ann. C
EN 1994-2 cap. 3.2(2)

Acciaio in barre per c.a.

tipo	Alta resistenza	
f_{yk}	950 MPa	Snervamento
f_{tk}	1050 MPa	Rottura a trazione
E_s	210000 MPa	Modulo di Young

1.5.2 Tensioni limite e proprietà di riferimento – spalle esistente

Di seguito le informazioni tratte dai documenti progettuali di archivio e dalle indagini in situ.

Pile e spalle

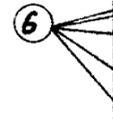
Dalle relazioni di calcolo originali degli anni 1960 si trae la tensione ammissibile attribuita alle barre e pari a $\sigma_{ADM} = 1600 \text{ kg/cm}^2$.

Tale tensione è tipica delle barre Aq50 ($f_{yk} = 270 \text{ MPa}$)

Dal successivo progetto dell'allargamento degli anni 1990 si trae invece:

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

- ACCIAIO Fcb AA 4 Q.C.
- C.L.S. PILE Pbk 360
- C.L.S. PULVINTI E FONDAZ. PRECOMP. Pbk 450
- ACCIAIO CAVI Pbk 165 kg/mm²
Pbk 02 145 kg/mm²



Le indagini hanno restituito i seguenti risultati:

Opera 9: Ponte sul Reno
 Progr.: Km 26+398

Prove su calcestruzzi

Spalle						
Zona	Elemento	Carr.	$R_{po/scl}$ [MPa]	$R_{cm,lab}$ [MPa]	$K_{corr.}$	$R_{c,corr.}$ [MPa]
L1-OP9-1	Spalla B inf.			47,64		
L1-OP9-5	Spalla B sup.		59,90	67,83	1,13	67,83
L1-OP9-6	Spalla A sup.		57,48			65,09
L1-OP9-7	Spalla A sup.		59,84			67,76
Valori Medi			59,07	57,73	1,13	66,89

Pile Circolari (originali)						
Zona	Elemento	Carr.	R_{son} [MPa]	$R_{cm,lab}$ [MPa]	$K_{corr.}$	$R_{c,corr.}$ [MPa]
L1-OP9-9	Pila 11-Fusto 1	Sud	36,13	49,39	1,37	49,39
L1-OP9-28	Pila 7-Fusto 1	Sud	28,71	32,76	1,14	32,76
L1-OP9-34	Pila 7-Fusto 4	Nord	32,75			41,07
L1-OP9-35	Pila 6-Fusto 2	Sud	31,20			39,12
L1-OP9-36	Pila 6-Fusto 3	Nord	31,30			39,25
L1-OP9-37	Pila 5-Fusto 1	Sud	32,25			40,43
L1-OP9-38	Pila 5-Fusto 3	Nord	29,27			36,70
L1-OP9-39	Pila 8-Fusto 2	Sud	27,14			34,03
L1-OP9-40	Pila 8-Fusto 3	Nord	32,69			40,99
L1-OP9-46	Pila 1-Fusto 1	Sud	26,93	46,96	*	
L1-OP9-54	Pila 11-Fusto 3	Nord	29,14			36,54
L1-OP9-56	Pila 10-Fusto 2	Sud	32,59			40,86
L1-OP9-57	Pila 10-Fusto 4	Nord	31,89			39,99
L1-OP9-61	Pila 1-Fusto 3	Nord	33,15			41,56
L1-OP9-62	Pila 1-Fusto 4	Nord	33,17			41,59
Valori Medi			31,22	43,03	1,25	39,59

*Nel valutare la legge di correlazione, non si è tenuto conto di tale coppia di valori, data l'eccessiva dispersione del dato

Pile Rettangolari (aggiunte)						
Zona	Elemento	Carr.	R_{son} [MPa]	$R_{cm,lab}$ [MPa]	$K_{corr.}$	$R_{c,corr.}$ [MPa]
L1-OP9-8	Pila 11	Sud	43,41	47,02	1,08	47,02
L1-OP9-41	Pila 8	Sud	54,49			52,02
L1-OP9-42	Pila 6	Nord	58,22			55,58
L1-OP9-47	Pila 11	Sud	55,16	45,59	0,83	45,59
L1-OP9-55	Pila 10	Sud	54,11			51,66
L1-OP9-63	Pila 1	Nord	55,81			53,28
Valori Medi			53,53	46,30	0,95	50,86

Legenda:

- $R_{po/scl}$ Resistenza combinata pull-out/sclerometro
- $R_{cm,lab}$ Resistenza cubica media di laboratorio
- $K_{corr.}$ Fattore di correlazione tra prove distruttive e non distruttive
- $R_{c,corr.}$ Resistenza cubica PND correlata

Opera 9: Ponte sul Reno
 Progr.: Km 26+398

Prove su barre d'armatura

Spalla B										
Zona	Elemento	Carr.	Tipo (a.m./t.l.)	Φ [mm]	f _y [MPa]	f _t [MPa]	HB _{med}	f _{t,HB} [MPa]	K	f _{t,HB,k} [MPa]
L1-OP9-2	Spalla B		a.m.	12	520,0	656,0	138,9	467,5	1,40	656,0
L1-OP9-3	Spalla B		a.m.	12			142,6	479,7		
L1-OP9-4	Spalla B		a.m.	12			146,6	492,8		
Valori Medi							142,7	480,0	1,40	656,0

Spalla A*										
Zona	Elemento	Carr.	Tipo (a.m./t.l.)	Φ [mm]	f _y [MPa]	f _t [MPa]	HB _{med}	f _{t,HB} [MPa]	K	f _{t,HB,k} [MPa]
L1-OP9-65	Spalla A		a.m.	16			109,6	371,5		
L1-OP9-66	Spalla A		a.m.	16			113,4	384,2		
L1-OP9-67	Spalla A		a.m.	16			111,7	378,5		
Valori Medi							111,6	378,1		

* I valori di durezza rilevati sulla spalla A non sono stati correlati a causa del differente diametro delle barre d'armatura tra i due elementi

Pile circolari*										
Zona	Elemento	Carr.	Tipo (a.m./t.l.)	Φ [mm]	f _y [MPa]	f _t [MPa]	HB _{med}	f _{t,HB} [MPa]	K	f _{t,HB,k} [MPa]
L1-OP9-10	Pila 11-Fusto2	Sud	t.l.	20	330	506	109,6	371,5	1,36	506,0
L1-OP9-13	Pila 10-Fusto1	Sud	t.l.	20			113,4	384,2		527,6
L1-OP9-20	Pila 8-Fusto 3	Nord	t.l.	20			111,7	378,5		516,7
L1-OP9-21	Pila 7-Fusto 2	Sud	t.l.	20			116,6	394,5		547,7
L1-OP9-22	Pila 6-Fusto 1	Sud	t.l.	20	370	545	118,0	399,1	1,37	545,0
L1-OP9-23	Pila 6-Fusto 3	Nord	t.l.	20			120,7	408,0		574,2
L1-OP9-26	Pila 5-Fusto 2	Sud	t.l.	20			116,9	395,4		549,6
L1-OP9-27	Pila 5-Fusto 4	Nord	t.l.	20			124,9	421,6		600,7
L1-OP9-44	Pila 1-Fusto 2	Sud	t.l.	20	391	584	120,9	408,5	1,43	584,0
L1-OP9-70	Pila 3-Fusto 2	Sud	t.l.	20			115,6	391,2		541,3
L1-OP9-71	Pila 3-Fusto 3	Nord	t.l.	20			120,6	407,6		573,3
L1-OP9-75	Pila 7-Fusto 3	Nord	t.l.	20			120,3	406,6		571,5
L1-OP9-76	Pila 8-Fusto 1	Sud	t.l.	20			124,0	387,4		534,0
L1-OP9-77	Pila 6-Fusto 2	Sud	t.l.	20			127,0	390,7		540,4
L1-OP9-78	Pila 5-Fusto 1	Sud	t.l.	20			125,0	399,1		556,9
Valori Medi							119,0	396,3	1,4	551,3

*Per determinare la legge di correlazione si è fatto ricorso alla regressione lineare per i campioni oggetto di prove di laboratorio e brinelli

Prove su barre d'armatura

Pile rettangolari										
Zona	Elemento	Carr.	Tipo (a.m./t.l.)	Φ [mm]	f _y [MPa]	f _t [MPa]	HB _{med}	f _{t,HB} [MPa]	K	f _{t,HB,k} [MPa]
L1-OP9-11	Pila 11 rett.	Nord	a.m.	26	502	784	197,6	659,9	1,19	784,0
L1-OP9-12	Pila 11 rett.	Sud	a.m.	26			208,6	695,9		806,3
L1-OP9-24	Pila 6 rett.	Nord	a.m.	26			227,0	756,3		876,3
L1-OP9-25	Pila 5 rett.	Sud	a.m.	26			209,4	698,7		809,6
L1-OP9-43	Pila 1 rett.	Nord	a.m.	26	522	817	217,0	723,6	1,13	817,0
L1-OP9-45	Pila 1 rett.	Sud	a.m.	26			223,9	746,0		864,4
L1-OP9-72	Pila 3 rett.	Sud	a.m.	26			233,6	777,9		901,2
L1-OP9-73	Pila 3 rett.	Nord	a.m.	26			212,7	709,5		822,0
L1-OP9-74	Pila 7 rett.	Sud	a.m.	26			223,7	745,6		863,8
Valori Medi							217,0	723,7	1,16	838,3

Solette										
Zona	Elemento	Carr.	Tipo (a.m./t.l.)	Φ [mm]	f _y [MPa]	f _t [MPa]	HB _{med}	f _{t,HB} [MPa]	K	f _{t,HB,k} [MPa]
L1-OP9-31	Soletta camp.11	Sud	a.m.	16	550	654	189,3	632,7	1,03	654,0
L1-OP9-32	Soletta camp.11	Sud	a.m.	16			182,7	611,2		
L1-OP9-33	Soletta camp.11	Nord	a.m.	16			206,6	689,4		
L1-OP9-64	Soletta camp.1	Nord	a.m.	16	527	815	208,3	695,0	1,17	815,0
L1-OP9-68	Soletta camp.1	Nord	a.m.	16			193,6	646,8		
L1-OP9-69	Soletta camp.1	Nord	a.m.	16			195,4	652,9		
Valori Medi							196,0	654,7	1,10	734,5

Legenda:

- HB_{med} Media valore di durezza Brinell
- f_{t,HB} Resistenza acciaio stimata da prove di durezza
- K Fattore di correlazione tra prove distruttive e non distruttive
- f_{t,HB,k} Valore di resistenza a trazione correlato

Con riferimento alla completezza dei dati a disposizione tratti dai documenti progettuali di archivio e visti gli esiti delle prove in situ, si procede nel seguito assumendo un fattore di confidenza FC sui risultati sperimentali pari all'unità e si riconducono le caratteristiche dei materiali stessi alle classi di resistenza da normativa più prossime.

Caratteristiche dei materiali assunte nelle verifiche:

Resistenza media del CLS da prove:

Elemento (-)	Rc,corr (MPa)	fcm (MPa)	Ecm (MPa)	Ecm_Part (MPa)
Travi originarie	43.47	36.08	32330	
Travi ampliamento	84.93	70.49	39524	36102
Soletta	64.85	53.83	36452	
Pile originarie	39.59	32.86	31436	32662
Pile ampliamento	50.86	42.21	33889	
Spalle	66.89	55.52	36792	36792

Relativamente all'armatura lenta dell'ampliamento anni 1990, si identificano le caratteristiche delle barre (negli elaborati progettuali originari) pari a $\sigma_{AMM} = 2200 \text{ kg/cm}^2$, $f_{yk} = 4400 \text{ kg/cm}^2$

Acciaio in barre per c.a. – aa. 1960

tipo	Aq50	
f_{yk}	270 MPa	Snervamento
f_{tk}	- MPa	Rottura a trazione
E_s	210000 MPa	Modulo di Young

Acciaio in barre per c.a. - aa. 1990

tipo	Feb 44 k	
f_{yk}	440 MPa	Snervamento
f_{tk}	- MPa	Rottura a trazione
E_s	210000 MPa	Modulo di Young

Acciaio da precompressione (fili adetenti e scorrevoli) Pulvini

Tipo trefoli	32 Φ 7mm	
$A_{trefolo}$	1232 mm ²	area
f_{ptk}	1650 MPa	Tensione caratteristica di rottura
$f_{p(1)k}$	1400 MPa	Tensione caratteristica allo 1% di deformazione
f_{yd}	1220 MPa	Tensione massima per il calcolo a rottura
E_s	190000 MPa	Modulo di Young
Per la determinazione di f_{yd} si è preso in conto l'incrudimento dei trefoli		

1.5.3 Coefficienti parziali di sicurezza

Relativamente ai coefficienti parziali dei materiali si fa riferimento, nell'ambito delle rispettive verifiche, a quanto contenuto in tabella.

Calcestruzzo

α_{cc}	0.85	carichi di lunga durata (quando rilevante)
γ_c	1.50	S.L.U.

riferimenti:

EN 1992-1-1 2.4.2.4

Acciaio in barre

γ_s	1.15	resistenza S.L.U.
------------	------	-------------------

riferimenti: NTC 2008

1.6 Software di calcolo

Per l'analisi strutturale dell'impalcato e delle sottostrutture si adotta il metodo degli elementi finiti; si utilizza, a tale fine, il pacchetto software denominato "LUSAS (vers. 14.7)", fornito da F.E.A. (U.K.) su piattaforma windows NT. Il pacchetto software comprende pre-post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base e all'interpretazione dei risultati di output, ed un risolutore ad elementi finiti.

Per le verifiche delle sezioni in calcestruzzo armato precompresso si adotta un foglio di calcolo sviluppato ad hoc in excel, mentre per le strutture in c.a. si utilizza il programma "RC-SEC" versione 2010.4 Rev 192 sviluppato da Geostru oltre al software VcaSLU ver. 7.7 del 30.08.2011, sviluppato dal Prof. Gelfi.

1.7 Convenzioni generali

Nel prosieguo del presente elaborato si adotteranno le notazioni contemplate dalle varie norme EN di riferimento. Le unità di misura sono quelle relative al sistema internazionale, ovvero:

lunghezze: m

forze - coppie: kN

tensioni: MPa

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le trazioni.

Convenzioni specifiche verranno riportate nel prosieguo della presente relazione.

Si farà riferimento, di norma, a sistemi di tipo cartesiano ortogonale, in cui, in generale, si ha piano x-y orizzontale, con x posto tangente al tracciato nel punto in esame ed asse z verticale.

In generale, per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo dove diversamente specificato, si indicherà con:

 F_x azione assiale F_y azione tagliante agente nel piano orizzontale F_z azione tagliante agente nel piano verticale M_x momento torcente M_y momento flettente agente nel piano verticale M_z momento flettente agente nel piano orizzontale

Le verifiche dell'impalcato verranno eseguite esclusivamente con riferimento alle caratteristiche F_x , F_z , M_y , dal momento che risultano non significativi i contributi F_y , M_x ed M_z .

In particolare, per le sollecitazioni verrà impiegata anche la seguente notazione alternativa:

$M (M_f)$ in luogo di M_y

V in luogo di F_z

T in luogo di M_x

Nell'ambito dell'adozione del sistema di riferimento elementare, si precisa che le azioni flettenti di trave sono da intendersi:

- POSITIVE: se le fibre tese sono rivolte all'estradosso trave
- NEGATIVE: se le fibre tese sono rivolte all'intradosso trave

2. Impostazione delle analisi e delle verifiche

2.1 Analisi della struttura

Le fasi realizzative dell'impalcato prevedono, a valle della preliminare demolizione dei cordoli, della soletta esistente per le porzioni individuate in progetto e della realizzazione delle nuove spalle, il posizionamento delle travi in acciaio e la successiva realizzazione della soletta in c.a., gettata in opera con l'ausilio di predalles. Segue quindi la realizzazione della connessione tra la porzione di impalcato pre-esistente e quella di nuova costruzione e la messa in opera del pacchetto stradale definitivo e degli arredi.

Dal punto di vista dell'analisi strutturale globale, si procede in maniera semplificata a simulare le fasi ora descritte, studiando, per l'impalcato esistente e per quello in allargamento, le fasi di vita riassunte nella tabella riportata di seguito.

La variazione delle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali e dei vincoli tra le porzioni costituenti gli impalcati è presa in conto attraverso i modelli numerici.

In virtù di quanto anticipato nei paragrafi precedenti, il presente documento riassume le principali ipotesi assunte, le analisi effettuate e i risultati salienti relativamente alle strutture delle undici pile, da piano appoggi a estradosso plinti di fondazione, oltre a fornire le informazioni necessarie alle analisi dei pali di fondazione delle pile e alle strutture, nel loro complesso, delle spalle.

Per le analisi relative all'impalcato, alle spalle ed ai pali di fondazione in generale, si rimanda ai documenti dedicati.

Le caratteristiche geometriche ed inerziali delle travi principali e dei traversi sono determinate direttamente dal software di calcolo agli E.F. una volta inserita la geometria, ad eccezione della rigidità torsionale delle travi nuove (I_{xx}) calcolata con file a latere per tenere conto dell'effetto irrigidente dato dalla solidarizzazione con la soletta, che genera una sezione a cassoncino chiuso (trave e soletta).

L'interazione terreno-struttura è stato preso in conto attraverso l'implementazione di elastic-joints puntuali aventi opportuna rigidità, a modellare la rigidità traslazionale nel piano e rotazione dei singoli pali, sia dell'impianto esistente (aa. 1960 e 1990), sia in progetto.

Tali rigidità sono state determinate preliminarmente attraverso programmi dedicati all'analisi non lineare di interazione della palificata col terreno. Si rimanda alla relazione geotecnica per dettagli.

2.2 Studio interazione impalcato/sottostrutture

L'interazione tra l'impalcato e le pile/spalle è preso in conto attraverso una modellazione semplificata che vede la presenza dei singoli appoggi elastomerici simulati con molle equivalenti puntuali, di opportuna rigidezza nel piano.

La trasmissione delle azioni verticali è implementata attraverso l'applicazione di forze puntuali verticali in corrispondenza agli appoggi, calcolare in funzione della reale distribuzione dei carichi propri e permanenti portati, oltre che ai carichi variabili da traffico assunti con due differenti distribuzioni spaziali per ciascuna carreggiata ed atti a massimizzare le azioni verticali complessive ed i momenti trasversali in fondazione.

Per semplicità la trasmissione delle azioni verticali agenti sull'impalcato sui singoli appoggi ha visto l'assunzione di una ripartizione alla "Coubon".

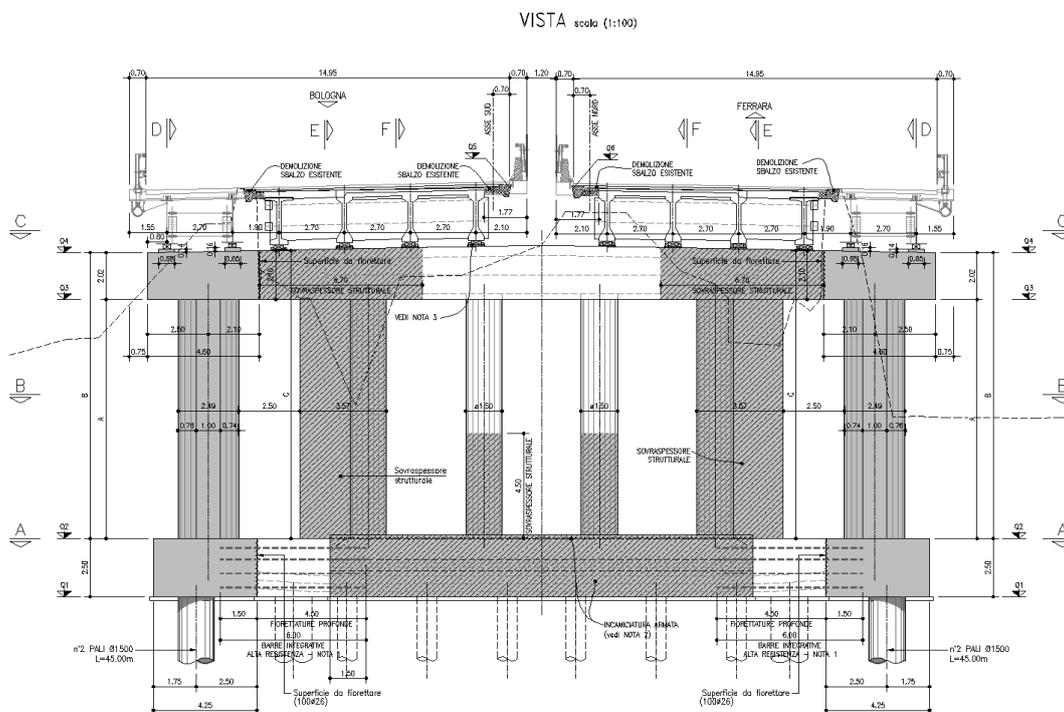
In fase sismica la dissipazione garantita dagli isolatori in gomma-piombo è stata considerata attraverso un opportuno abbattimento dello spettro di risposta elastico, in relazione ad uno smorzamento del 25% agente a partire da $0.80 T_{IMP}$, dove T_{IMP} rappresenta il primo modo significativo traslazione dell'impalcato in direzione X e Y, che attiva gli isolatori.

Il degrado della rigidezza delle sezioni delle pile in fase sismica, a causa della fessurazione delle elevazioni, è preso in conto attraverso la riduzione della rigidezza flessionale dei fusti per un fattore 0.50.

2.3 Caratteristiche delle sezioni delle pile

L'opera presenta undici pile ad interasse $L_1 = 32.65$ m circa.

Ad eccezione degli allineamenti 2 e 9, tutte le pile presentano struttura snella e differente elevazione.



Sezioni trasversali allargate

I fusti delle pile in allargamento presentano sezione circolare allungata, con dimensione minima $L_{\text{MIN}} = 1.50$ m e $L_{\text{MAX}} = 2.50$ m.

3. Analisi dei carichi

Di seguito si riporta la descrizione dei vari contributi di carico presi in esame ai fini dell'analisi delle sottostrutture.

Nel seguito si distinguono i singoli carichi rappresentativi per le analisi statiche e sismiche; si ricorda che l'obiettivo della modellazione è quello di indagare e verificare le sottostrutture; per le analisi di dettaglio mirate alle verifiche dell'impalcato e delle spalle si rimanda alle relazioni dedicate.

3.1 Pesi propri (G_{k1})

Il peso dei vari elementi strutturali prefabbricati, della soletta, dei traversi e della coppella è stato conteggiato con riferimento ad un peso specifico convenzionale di 25.00 kN/m^3 e con riferimento alla geometria dei singoli elementi. Per la porzione di impalcato in allargamento, realizzato in acciaio con soletta collaborante, si è assunto, per il contributo della carpenteria metallica, il valore di incidenza determinato a valle delle analisi dell'impalcato e pari a 275 kg/mq .

Si sono quindi considerati i seguenti carichi principali:

- PP Travi in CAP
- PP Traversi
- PP Soletta
- PP carpenteria metallica

3.2 Sovraccarichi permanenti (G_{k2})

Si sono considerati i seguenti carichi principali:

- Il pacchetto di pavimentazione esistente e nuovo
- I cordoli corredati di barriere FOA e/o di sicurezza (ove presenti)
- Gli elementi di arredo dell'opera

La valutazione dei contributi sopra richiamati è rilevante sia ai fini dell'analisi statica, sia sismica.

Di seguito si riassumono le valutazioni numeriche in forma tabellare relative ad una singola campata; il risultato è estendibile a tutte le campate che compongono il ponte.

IMPALCATO:

L'opera è realizzata da 12 campate isostatiche in due porzioni da una catena cinematica che connette 6+6 campate

Peso dei materiali

c.a. (kN/m ³)	Acciaio (kN/m ³)	Pacchetto (kN/m ³)
25	78.5	24

Stima della massa di una campata

L _{CAMPATA} (m)	L _{CALC} (m)	B _{TOT-PROG} (m)	B _{SOL-ESIST} (m)	S _{SOL-ESIST} (m)	B _{SOL-NEW} (m)	S _{SOL-NEW} (m)
32.65	30.95	16.35	10.8	0.33	5.55	0.26

SOLETTA:

P _{SOL} (kN)	M _{SOL} (kg)
4087	408696

Travi in CAP:

L _{CAMPATA} (m)	A _{TRAVE-1} (m ²)	n _{TRAVE-1} (-)	A _{TRAVE-2} (m ²)	n _{TRAVE-2} (-)
32.65	0.65	3	0.61	1

TRAVI CAP:

P _{TR-CAP} (kN)	M _{TR-CAP} (kg)
2090	208960

Traversi c.a.:

L _{TRAVERSO} (m)	H _{TRAVERSO} (m)	B _{TRAVERSO} (m)	n _{TRAVERSI} (-)
9	1.75	0.4	4

TRAVERSI:

P _{TRAVERSI} (kN)	M _{TRAVERSI} (kg)
630	63000

Travi in acciaio e traversi:

Incidenza

(kg/m ²)
275

TRAVI TRAVERSI ACCIAIO:

P _{TR-ACC} (kN)	M _{TR-ACC} (kg)
498	49832

Pacchetto di pavimentazione:

$L_{CAMPATA}$ (m)	$B_{TOT-PROG}$ (m)	$B_{CORDOLI}$ (m)	$n_{CORDOLI}$ (-)	$H_{CORDOLI}$ (m)	$S_{PACCHETTO}$ (m)
32.65	16.35	0.7	2	0.25	0.10

FINITURE:

$P_{PACCHETTO}$ (kN)	$M_{PACCHETTO}$ (kg)	$P_{CORDOLI}$ (kN)	$M_{CORDOLI}$ (kg)	$P_{BARRIERE}$ (kN)	$M_{BARRIERE}$ (kg)	P_{FOA} (kN)	M_{FOA} (kg)
1171	117148	286	28569	245	24488	73.46	7346

Massa complessiva di una campata di impalcato:

$P_{CAMPATA}$ (kN)	$M_{CAMPATA}$ (kg)
9080	908039

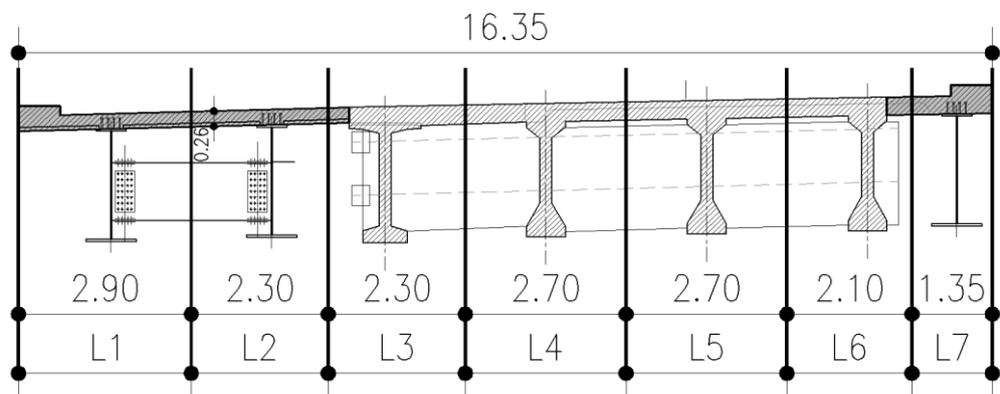
Il peso complessivo dell'impalcato è stato attribuito ai singoli appoggi, in termini di forza nodale verticale, in relazione alla larghezza della striscia di impalcato afferente alla singola trave.

Peso proprio spalle/pile

Calcolato in automatico dal modello di calcolo

Peso proprio e permanenti portati dall'impalcato

Si inserisce nel modello come azione nodale verticale agente direttamente sugli appoggi. La stima si effettua partendo dal peso complessivo della singola campata (PP e Perm Portati) calcolato per le analisi sismiche e si attribuisce al singolo appoggio secondo l'area di impalcato di sua competenza con ragionamenti geometrici. Per semplicità si considera il peso dell'impalcato a metro quadrato come uniforme su tutta la superficie della soletta.



Fasce di competenza delle singole travi:

Fascia (-)	L_i (m)	L_{TOT} (m)	$P_{CAMPATA}$ (kN)	$n_{APP/TRAVE}$ (-)	$F_{Z-PP-PERM}$ (kN)
L1	2.9				805
L2	2.3				639
L3	2.3				639
L4	2.7	16.35	9080	2	750
L5	2.7				750
L6	2.1				583
L7	1.35				375

3.3 Carichi mobili (Q_k)

Si seguono le disposizioni contenute in EN 1991-2. capp.4/5 + NAD (NTC-08 cap. 5.1.3.3.5) con riferimento a ponti di I categoria.

La presenza del carico da traffico viene disposta sull'impalcato in modo tale da massimizzare le sollecitazioni agenti sulle pile e in fondazione in termini di momento flettente e azione verticale sui palii sistemi di carico considerati sono quelli previsti dalla normativa e in particolare di tipo TS, UDL, folla concomitante.

In generale, sull'intera larghezza fisica della carreggiata delimitata dai cordoli in c.a., si disporrà il massimo numero di corsie di carico, di larghezza convenzionale pari a 3.00 m, che inducano un incremento dell'effetto agente sulla sezione strutturale in verifica. Si considera inoltre agente, quando penalizzante, un carico da folla di potenza = 2.50 kN/m^2 – Schema 5 (folla compatta). (Ai fini del calcolo delle sollecitazioni nella statica globale si considera il Load Model 1).

Load model 1

Il Load Model 1 è formato da carichi concentrati (TS) e distribuiti (UDL), posizionati su corsie convenzionali di carico di ampiezza massima pari a 3.00 m, unitamente al carico q_{fk} , posizionato rispettivamente sui marciapiedi laterali con il valore proprio di combinazione.

Le corsie verranno denominate secondo le convenzioni di norma, partendo dalla più “pesante” detta “corsia 1”.

Ai fini delle verifiche dell'impalcato si considera il carico TS e UDL, riferendo le rispettive intensità a quanto riportato in tabella.

Location	Tandem system TS	UDL system
	Axle loads Q_k (kN)	q_k (or q_k) (kN/m^2)
Lane Number 1	300	9
Lane Number 2	200	2,5
Lane Number 3	100	2,5
Other lanes	0	2,5
Remaining area (q_k)	0	2,5

Il posizionamento dei carichi TS e la segmentazione delle stese di carico UDL viene effettuato mediante una apposita procedura automatica (T.L.O.) prevista dal pacchetto ad elementi finiti, che procede a posizionare i carichi, data la posizione delle “kerbs” laterali, sulle superfici di influenza appositamente predisposte.

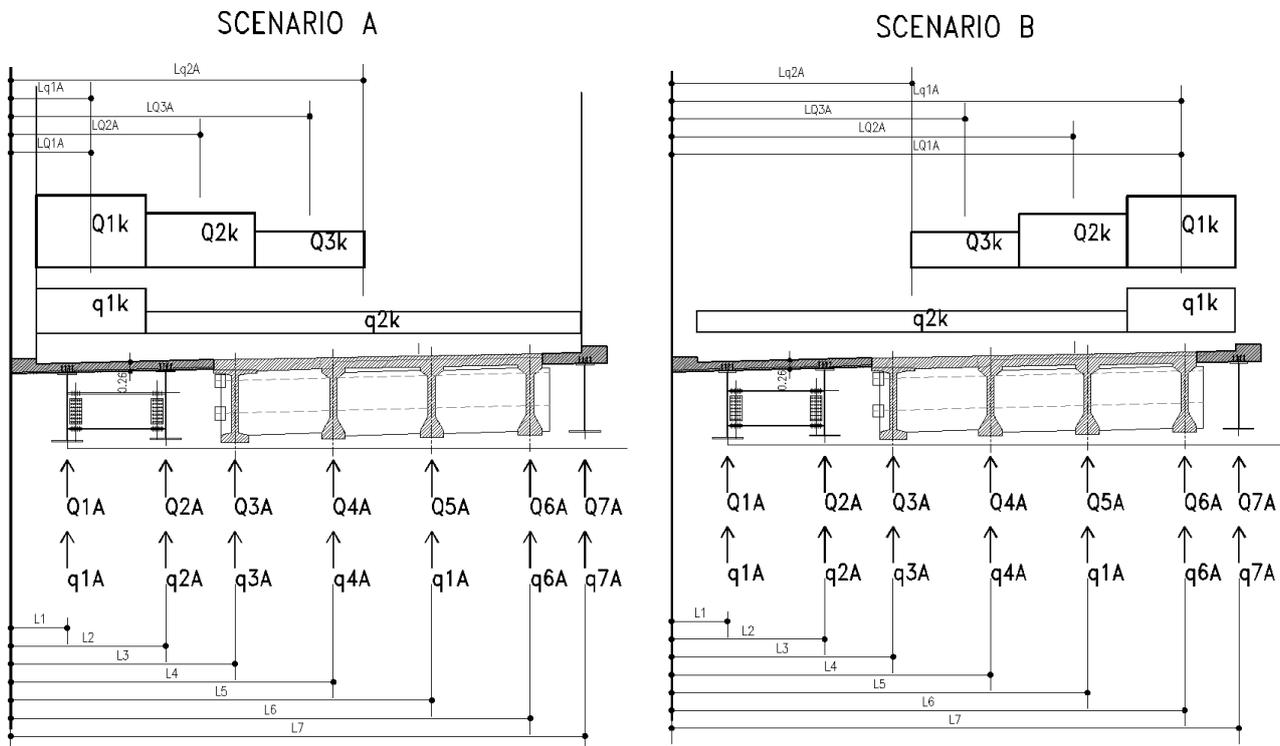
La massimizzazione degli effetti in fondazione ha interessato tutte le pile e le due spalle.

Si sono identificati due scenari di carico significativi che prevedono il posizionamento dei veicoli pesanti di normativa a ridosso dell'allineamento degli appoggi per ciascuna campata e, trasversalmente alla piattaforma, la massimizzazione dell'eccentricità del carico.

A favore di sicurezza si considerano tali scenari sia per la carreggiata Bologna, sia per la Ferrara, con la preenza, anche concomitante, dei veicoli pesanti.

3.3.1 Tabella esplicativa dei carichi agenti

Come anticipato, si sono determinate le azioni agenti sui singoli appoggi attraverso ripartizioni trasversali alla Courbon; si sono quindi applicate nel modello forze verticali concentrate direttamente sugli appoggi.



Di seguito le forze verticali agenti sui singoli appoggi:

SCENARIO A: Carichi prossimi al bordo esterno

	Fz _i (kN)	Li (m)	X _{G-TRAVI} (m)	Fz _{TOT} (kN)	Mz _{TOT-G_Tr} (kNm)
Q1k	600	2.2	8.91	1200	-5649
Q2k	400	5.2			
Q3k	200	8.2			
q1k	441	2.2	928	-2582	
q2k	488	9.675			

n _{TRAVE} (-)	Li (m)	X _{G-TRAVI} (m)	Δxi (m)	Ixi (m ⁴)	Ixi _{TOT} (m ⁴)	Sxi (m ³)	Fz _Q (kN)	Fz _q (kN)
1	1.55	8.91	-7.36	54.13	165.78	-7.36	422	247
2	4.25		-4.66	21.69		-4.66	330	205
3	6.15		-2.76	7.60		-2.76	265	176
4	8.85		-0.06	0.00		-0.06	173	134
5	11.55		2.64	6.98		2.64	81	91
6	14.25		5.34	28.55		5.34	-11	49
7	15.75		6.84	46.82		6.84	-62	26

SCENARIO A: Carichi prossimi al bordo esterno

	Fz _i (kN)	Li (m)	X _{G-TRAVI} (m)	Fz _{TOT} (kN)	Mz _{TOT-G_Tr} (kNm)
Q1k	600	14.15			
Q2k	400	11.15		1200	3891
Q3k	200	8.15	8.91		
q1k	441	14.15		928	1222
q2k	488	6.675			

n _{TRAVE} (-)	Li (m)	X _{G-TRAVI} (m)	Δxi (m)	Ixi (m ⁴)	Ixi _{TOT} (m ⁴)	Sxi (m ³)	Fz _Q (kN)	Fz _q (kN)
1	1.55		-7.36	54.13		-7.36	-1	78
2	4.25		-4.66	21.69		-4.66	62	98
3	6.15		-2.76	7.60		-2.76	107	112
4	8.85	8.91	-0.06	0.00	165.78	-0.06	170	132
5	11.55		2.64	6.98		2.64	233	152
6	14.25		5.34	28.55		5.34	297	172
7	15.75		6.84	46.82		6.84	332	183

3.4 Frenatura

Si è considerata una azione longitudinale uniforme di modulo calcolato secondo quanto previsto nelle NTC2008

Frenatura
(NTC 08; 5.1.3.5)

q _{3-TOT} (kN)	q _{3-Calc} (kN)	L _{FREN-CALC} (m)	q _{3-LUSAS} (kN/m)
977	900	228.55	3.94

3.5 Vento

Si è proceduto alla valutazione delle pressioni indotte dal vento sull'impalcato e sui veicoli in transito secondo quanto previsto in EN 1991-1-4.

Calcolo parametri di base

Categoria sito	II I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)
Zona	2 UNI EN 1991-1-4
a_s	15 m - quota sito
v_{b0}	25 4.1.(1) P
a_0	750 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
k_a	0.015 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
v_{b0}	25 4.1.(1) P
v_b	28.2 velocità di base del vento
c_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2
c_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3
c_r	1.08 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)
c_{scd}	1.00 fattore di struttura
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)
c_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3
T_r	200 periodo di ritorno
k_1	0.14
n	1
α_r	1.13
z_0	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1
z_{min}	4.00 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2
k_r	0.19 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)
$v_m(z)$	30.5 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
σ_v	5.35 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)
$l_v(z)$	0.18 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$c_e(z)$	2.62 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p(z)$	1295.97 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)
v_b^*	25.34 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD
$v_m^*(z)$	27.46 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
$l_v^*(z)$	0.19 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$c_e^*(z)$	2.78 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p^*(z)$	1114.01 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)

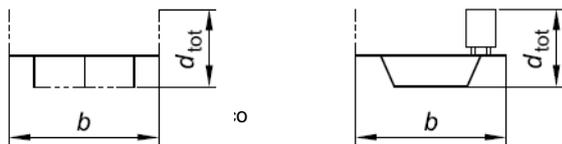
Caratteristiche impalcato

b_{imp}	16.35 m (cfr. figura)
z	15 m quota baricentro struttura da p.c.
d_{sagoma}	2.5 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
$d_{scarico}$	3.5 (m) d_{rif} . A ponte scarico (cfr. figura)
d_{carico}	5.5 (m) d_{rif} a ponte carico (cfr. figura)
ψ_0	0.6 coefficiente di combinazione (EN 1990)
$C_{fx\ scarico}$	1.30 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
$C_{fx\ carico}$	1.58
$b/d_{scarico}$	4.67
b/d_{carico}	2.97
$f_{w\ scarico}$	1685 (N/m ²) pressione specifica nominale
$f_{w\ carico}$	2051 (N/m ²) pressione specifica nominale
f^*_w	1448 (N/m ²) pressione specifica nominale (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
$F_{w,scarico}$	5897 (N/m) Risultante a ponte scarico, caratteristico
$F_{w,carico}$	11280 (N/m) Ris. a ponte carico, caratteristico
$\min(\psi_0 F_w; F^*_w)$	7965 (N/m) Ris. a ponte scarico, valore di combinazione ($\min \psi_0 F_w; F^*_w$)

L'altezza della sagoma in transito non sarebbe a rigore oggetto di decisione nazionale

Esempi di calcolo di d_{tot} per impalcato con barriera e con sagoma stradale

EN 1991-1-4 - figura 8.3



3.6 Temperatura

In aderenza alle mappe di temperatura nazionale si è determinato, per la localizzazione geografica del ponte e con riferimento alla struttura dell'opera quanto segue:

<u>Componente uniforme</u>	<u>Componente differenziale</u>
T min ▼ -15.0 [°C]	$\Delta T_{M,heat}$ ▼ 15.0 [°C]
T max ▼ 42.0 [°C]	$\Delta T_{M,cool}$ ▼ -18.0 [°C]
Te,min ▼ -11.0 [°C]	Spessore rivestimento 5 <small>1: non rivestito / 2: impermeabilizz 3: 50 mm / 4: 100 mm / 5: 150 mm 6: massiciata</small>
Te,max ▼ 46.4 [°C]	$k_{sur,heat}$ ▼ 1.0 [-]
ΔT_N ▼ 57.4 [°C]	$k_{sur,cool}$ ▼ 1.0 [-]
T_0 ▼ 15.0 [°C]	$\Delta T_{M,heat}$ ▼ 15.0 [°C]
$\Delta T_{N,con}$ ▼ -26.0 [°C]	$\Delta T_{M,cool}$ ▼ -18.0 [°C]
$\Delta T_{N,exp}$ ▼ 31.4 [°C]	



Mappa delle temperature massime dell'aria all'ombra, al livello del mare (T_{max}).



Mappa delle temperature minime dell'aria all'ombra, al livello del mare (T_{min}).

3.7 Attrito appoggi scorrevoli

Come anticipato, al fine di sgravare le spalle dalle azioni longitudinali sia statiche, sia sismiche, si sono previsti appoggi scorrevoli in direzione longitudinale al ponte.

In ottemperanza a quanto disposto in normativa si è prevista una componente longitudinale parassita indotta dall'attrito agli appoggi e pari al 3% del carico verticale permanente complessivo trasmesso dalla campata di riva alle spalle.

AZIONE LONGITUDINALE PER ATTRITO SULLE SPALLE - APPOGGI SCORREVOLI

Si considera agente sia in fase statica, sia sismica, una forza di attrito di valore $F_{long} = 0.03 \times F_{z_{Q_PERM}}$

Si considera combinata in SLU e Sisma coi medesimi coefficienti amplificativi dei carichi permanenti

$F_{z_{Q_Perm_SPALLA}}$ (kN)	μ (-)	$F_{z_{LONG_ATTR}}$ (kN)	n-APPOGGI (-)	$F_{z_{LONG_ATTR-i}}$ (kN)
9090	0.03	272.7	14	19.48

3.8 Analisi sismica

Si è operata l'analisi sismica attraverso valutazioni lineari con spettro di risposta, opportunamente abbattuto per prendere in conto l'effetto di smorzamento degli smorzatori in neoprene ad alta dissipazione con nucleo in piombo.

L'azione sismica è stata definita in ottemperanza alle Norme tecniche per le costruzioni emanate con Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008.

A monte della caratterizzazione sismica, funzione del sito di ubicazione dell'opera, vanno definiti i parametri in relazione alle prestazioni statiche da raggiungere.

Definizione dei parametri progettuali funzione delle caratteristiche dell'opera.

Vita nominale dell'opera: $V_N = 50$ anni

Classe d'uso (Norme Tecniche, Par. 2.4.2 – rif. V. Appendice Nazionale UNI-EN-1998 eurocodice 8 – parte 2)

Classe d'uso: **IV** associato alla classe d'uso $C_U = 2.0$ (Tab 2.4.II - N.T.C.)

In base ai parametri sopra definiti si calcola il periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = V_N C_U = 50 \times 2.00 = 100$$

Definizione dell'azione sismica di progetto per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} per lo stato limite ultimo considerato è attinto dalla tab. 3.2.I delle norme tecniche:

$$P_{V_R} = 10\%$$

Parametri che dipendono dalla stratigrafia del sottosuolo e dall'orografia del sito:

Categoria di sottosuolo: **D**

Condizioni topografiche: **T1**

Lo spettro di risposta elastico, quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento è dato per la componente orizzontale

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_o \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

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

Con

T periodo proprio di vibrazione della struttura

S tiene conto della categoria del sottosuolo e delle condizioni topografiche

η parametro che modifica lo spettro elastico per coeff. di smorzamento ξ differenti da 5% $\eta = [10/(5+\xi)]^{0.5} \geq 0.55$ (salvo quanto previsto per i periodi di attivazione degli smorzatori)

F_0 è il fattore di amplificazione spettrale

T_C periodo di vibrazione corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante

$$T_C = C_C T_C^*$$

T_B periodo di vibrazione corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante

$$T_B = T_C / 3$$

T_D periodo di vibrazione corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante (espresso in secondi)

$$T_D = 4.0 a_g / g + 1.6$$

Lo spettro di risposta elastico per la componente verticale è dato:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_v \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

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

F_v è il fattore di amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento orizzontale, ed è dato dalla seguente relazione

$$F_v = 1.35 F_0 \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

Mentre, i valori di a_g , F_0 , S ed η , sono quelli definiti sopra per lo spettro in accelerazione della componente orizzontale, per le categorie di sottosuolo A, B, C, D ed E si hanno:

$$S_S = 1.0; \quad T_B = 0.05 \text{ s}; \quad T_C = 0.15 \text{ s} \quad \text{e} \quad T_D = 1.0 \text{ s}.$$

Per tener conto dell'orografia del sito si adotta un coeff. topografico $S_T = 1$ (come per la componente orizzontale)

Gli spettri di stato limite ultimo sono stati ottenuti da quelli elastici, visti precedentemente, ponendo, cautelativamente, il fattore di struttura $q = 1$ e considerando il contributo degli smorzatori a partire da un periodo pari a $0.80 \times T_i$ (dove T_i identifica il periodo di attivazione dei dispositivi in X o Y)

Il calcolo delle caratteristiche della sollecitazione interna è stato eseguito con un'analisi modale con spettro di risposta, considerando l'azione del sisma lungo tre direzioni ortogonali tra loro, così definite:

- Direzione X: la direzione ortogonale all'asse tracciato viene chiamata convenzionalmente direzione "trasversale"

- Direzione Y: la direzione parallela all'asse tracciato viene chiamata convenzionalmente direzione "longitudinale";

Per la combinazione delle caratteristiche della sollecitazione interna è stato utilizzato il metodo CQC.

Nel modello di calcolo si sono implementati appositi link elastici a simulare la reale rigidità traslazionale dei dispositivi di appoggio.

G_{DIN} (MPa)	ξ (%)	K_H (kN/mm)	K_H (kN/m)
1.4	25	2.5	2500

In fase sismica si è stimato l'effetto della fessurazione dei fusti delle pile in calcestruzzo attraverso l'abbattimento della rigidità di un fattore 0.50.

I paratri assunti per la valutazione dell'azione sismica sono i seguenti:

Comune di Malalbergo (BO)

Categoria suolo (-)	Categoria topografica (-)	V_N (anni)	c.u. (-)	V_R (anni)	$T_{r_{SLV}}$ (anni)
D	T1	50	2	100	949

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0.060	2.481	0.274
SLD	101	0.078	2.543	0.268
SLV	949	0.206	2.537	0.279
SLC	1950	0.271	2.462	0.290

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.206 g
F_o	2.537
T_c^*	0.279 s
S_s	1.617
C_c	2.367
S_T	1.000
q	1.000

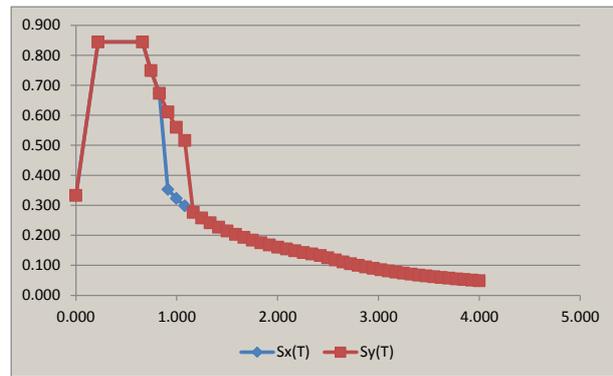
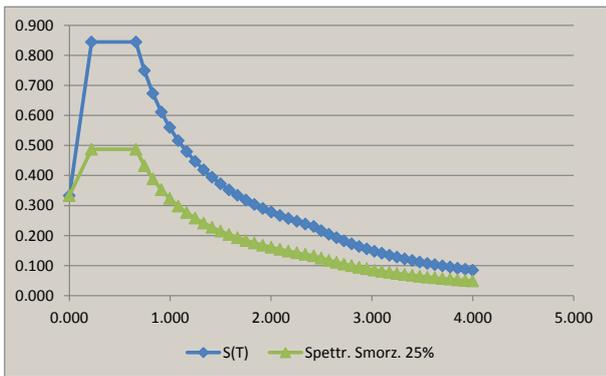
Parametri dipendenti

S	1.617
η	1.000
T_B	0.220 s
T_C	0.660 s
T_D	2.423 s

MODELLO CON ISOLATORI E SHOK-TRASMITTER SU PILA 5

Frequenze significative per analisi sismica con isolatori:

$n_{\text{MODO-X}}$ (-)	$Freq_X$ (Hz)	T_X (sec)	$n_{\text{MODO-Y}}$ (-)	$Freq_Y$ (Hz)	T_Y (sec)
3	0.9335	1.071	1	0.6979	1.433



Nelle immagini precedenti si sintetizzano in forma grafica gli spettri elastico/smorzato e quelli utilizzati nelle analisi nelle due direzioni X, Y, che vedono il valore elastico fino al raggiungimento di $0.80 \times T_i$, periodo proprio di attivazione dei dispositivi di isolamento sismico.

4. Combinazioni di carico

Per la formulazione generale delle combinazioni di carico si rimanda a EN 1990-annex.A2, cap. A2.3, A2.4/.NTC-08 cap. 2.5.3.+ N.A.D..

In particolare, per lo studio dell'impalcato vengono prese in esame le seguenti combinazioni:

- Stato Limite Ultimo:
 - Combinazione STR
 - Combinazione sismica SLV

Per brevità tutte le parti di struttura vengono indagate col set di verifiche agli stati limite ultimi, iniluppo tra le combinazioni statiche e quelle sismiche.

In merito alle porzioni di nuova edificazione, si rimanda allo sviluppo del progetto esecutivo per l'espletamento delle verifiche in esercizio.

Più in dettaglio le combinazioni delle azioni da adottare ai fini delle verifiche sono quelle riportate nel prospetto seguente:

- Combinazione fondamentale utilizzata per gli stati limite ultimi (SLU)

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{ep} G_{kep} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q1} (Q_{kTS} + Q_{kUDL}) + \gamma_{q2} \psi_{02} Q_{kT}$$

Per la scelta dei coefficienti “ γ ” e “ ψ ” da adottare nelle suddette combinazioni ci si riferisce a quanto esposto nella stessa UNI EN 1990.

In tutti i casi, ai fini delle verifiche, sono stati elaborati gli iniluppi delle sollecitazioni volti a massimizzare/minimizzare le caratteristiche di sollecitazione di interesse, che risultano complete dei rispettivi valori concomitanti.

4.1 Combinazioni per gli S.L.U. – STR

I parametri di scelta nazionale indicati dal N.A.D. sono i seguenti:

γ_{G1-2}	1.00 ÷ 1.35	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso proprio/permanente
γ_{sh}	1.00 ÷ 1.35	coefficiente moltiplicativo per gli effetti del ritiro.
γ_{q1}	0.00 ÷ 1.35	coefficiente moltiplicativo per i carichi ad traffico.

La presenza del valore “0” relativa al γ_{fav} indica che l’azione viene considerata solo quando sfavorevole.

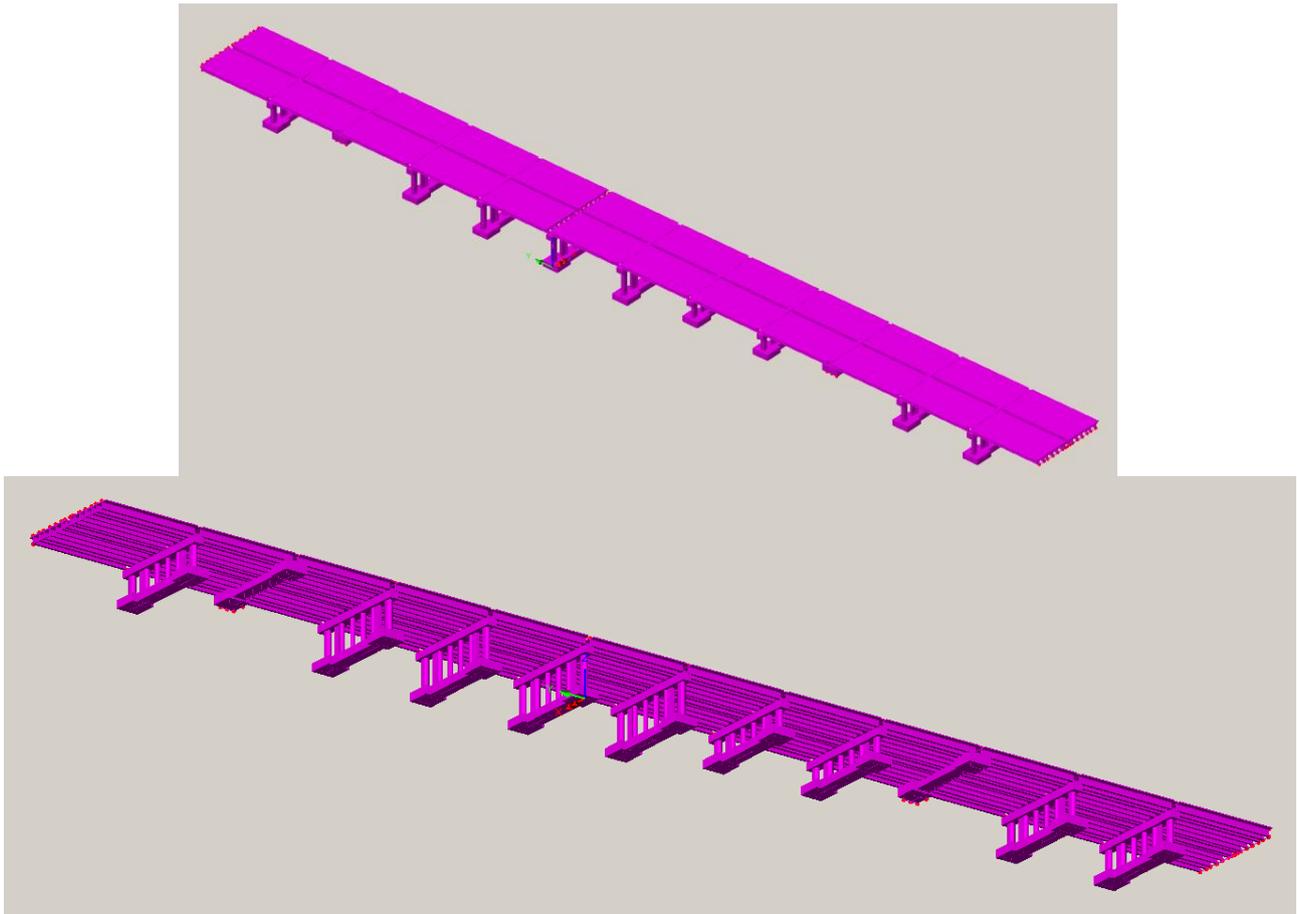
$\psi_{01,TS}$	0.75	coefficiente di combinazione per i carico mobili di tipo TS.
$\psi_{01,UDL}$	0.40	coefficiente di combinazione per i carico mobili di tipo UDL.

5. Analisi strutturale impalcato

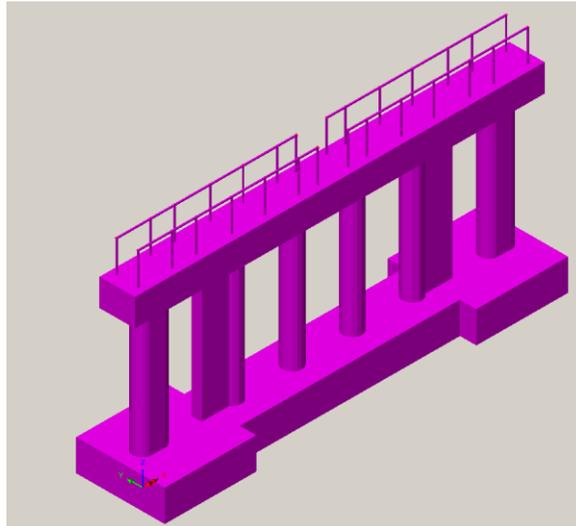
5.1 Generalità

L'impalcato viene modellato come elemento lineare unifilare mediante elementi "beam" a due nodi, con vincoli e proprietà geometriche variabili in funzione della reale carpenteria e del tipo di contributo di carico.

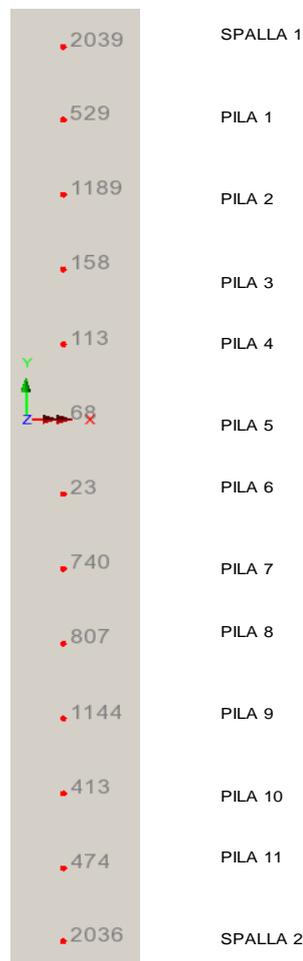
Modello E.F. dell'intero ponte



Intero modello EF



Dettaglio Pila n. 05



Numerazione dei nodi di vincolo a terra delle Pile e spalle

Come anticipato nei paragrafi precedenti il comportamento orizzontale dell'impalcato, in particolare nella direzione longitudinale, risulta disaccoppiato da quello delle spalle. Queste ultime sono quindi soggette alle azioni verticali e a quelle trasversali all'asse del ponte (meno significative) tramesse tramite gli appoggi e lo

stato sollecitativo complessivo risulta quindi governato principalmente dall'interazione terreno-spalla, sia in fase statica sia in fase sismica.

A causa poi del quasi totale inviluppo delle spalle nel terreno, risulta dominante l'interazione del monolite col terreno stesso. Per quanto sopra, a differenza di quanto implementato per le pile nel modello agli EF, che prende in carico anche la struttura delle elevazioni e dei plinti di fondazione, vincolati a terra tramite molle puntuali a modellare l'interazione coi pali, per le spalle si limita la simulazione al piano appoggi.

Si restituiscono quindi le sollecitazioni in termini di componenti "forze e momenti" agenti a livello del piano appoggi delle spalle, come risultante delle due carreggiate e agente nei baricentro geometrico degli appoggi stessi. Non si prendono in conto effetti direttamente indotti dal corpo spalla e dall'interazione col terreno.

Per le analisi delle spalle si rimanda alla relazione geotecnica.

6. Analisi modale

L'analisi modale ha preso in conto settantacinque modi propri della struttura.

EIGENVALUES

MODE	EIGENVALUE	FREQUENCY	ERROR NORM
1	19.2295	0.697918	0.136200E-04
2	30.4393	0.878086	0.525850E-05
3	34.4043	0.933527	0.573547E-05
4	35.7935	0.952187	0.483765E-05
5	37.7505	0.977871	0.356360E-05
6	38.2466	0.984275	0.390712E-05
7	41.8853	1.03003	0.466612E-05
8	44.3903	1.06039	0.304747E-05
9	71.0839	1.34186	0.474289E-06
10	71.1282	1.34227	0.478615E-06
11	71.1423	1.34241	0.458601E-06
12	71.2263	1.34320	0.438311E-06
13	71.2710	1.34362	0.573778E-06
14	71.2854	1.34376	0.508469E-06
15	71.3144	1.34403	0.627611E-06
16	71.3254	1.34413	0.736683E-06
17	71.3456	1.34432	0.568197E-06
18	71.3636	1.34449	0.624114E-06
19	71.3837	1.34468	0.619512E-06
20	71.3983	1.34482	0.780385E-06
21	71.4163	1.34499	0.647493E-06
22	71.4272	1.34509	0.661785E-06
23	71.4516	1.34532	0.686629E-06
24	71.4685	1.34548	0.158078E-05
25	71.4756	1.34555	0.596221E-06
26	71.4950	1.34573	0.537043E-06
27	71.5421	1.34617	0.524181E-06
28	71.5508	1.34626	0.122951E-05
29	71.5551	1.34630	0.469302E-06
30	71.5645	1.34638	0.105527E-05
31	71.5681	1.34642	0.460535E-06
32	71.5714	1.34645	0.516762E-06
33	74.3725	1.37254	0.244168E-05
34	76.9716	1.39632	0.180259E-05
35	172.533	2.09053	0.158592E-05
36	175.804	2.11025	0.139142E-05
37	235.997	2.44497	0.102293E-04
38	237.610	2.45331	0.134152E-04
39	239.870	2.46495	0.758691E-05
40	253.716	2.53509	0.914005E-05
41	287.407	2.69817	0.323632E-06
42	287.590	2.69903	0.298032E-06
43	287.648	2.69930	0.207606E-06
44	288.004	2.70097	0.208864E-06
45	288.185	2.70181	0.191009E-06
46	288.227	2.70201	0.166285E-06
47	288.364	2.70266	0.111840E-06
48	288.416	2.70290	0.157323E-06
49	288.466	2.70313	0.153624E-06
50	288.553	2.70354	0.132851E-06
51	288.653	2.70401	0.151378E-06
52	288.694	2.70420	0.191831E-06
53	288.766	2.70454	0.263848E-06
54	288.833	2.70485	0.153047E-06
55	288.917	2.70525	0.669360E-07
56	289.006	2.70566	0.262219E-06
57	289.013	2.70569	0.145512E-06
58	289.105	2.70613	0.144020E-06
59	289.307	2.70707	0.122775E-06

60	289.344	2.70724	0.487719E-07
61	289.361	2.70733	0.976069E-07
62	289.382	2.70742	0.487053E-07
63	289.402	2.70751	0.345823E-07
64	289.418	2.70759	0.108581E-06
65	295.080	2.73395	0.503184E-05
66	321.357	2.85308	0.605169E-05
67	324.829	2.86845	0.103656E-05
68	342.868	2.94702	0.471305E-05
69	376.441	3.08794	0.262469E-05
70	386.591	3.12929	0.104067E-05
71	392.202	3.15192	0.893512E-06
72	434.745	3.31847	0.665305E-05
73	453.498	3.38928	0.336668E-05
74	457.217	3.40315	0.438615E-05
75	461.971	3.42080	0.525533E-05

Di seguito i fattori di partecipazione modale:

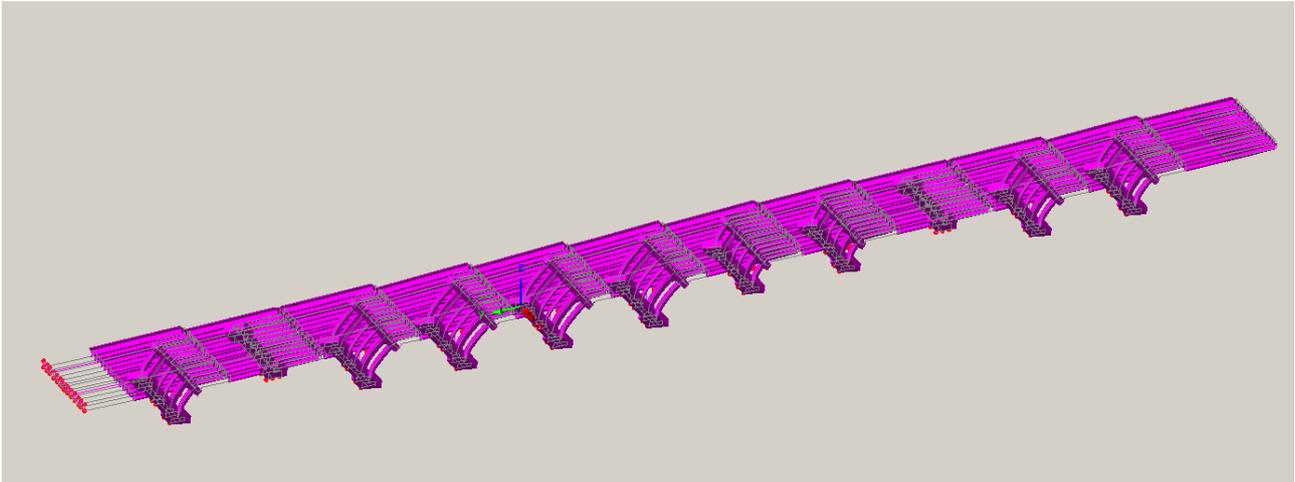
MODE	X DIRECTION			Y DIRECTION		
	P. FACTOR	MASS P. F.	SUM M. P. F.	P. FACTOR	MASS P. F.	SUM M. P. F.
1	0.8284E-04	0.1637E-15	0.1637E-15	-5237.	0.6542	0.6542
2	-4.629	0.5111E-06	0.5111E-06	0.1849	0.8156E-09	0.6542
3	-4868.	0.5653	0.5653	-0.8634E-02	0.1778E-11	0.6542
4	682.4	0.1111E-01	0.5764	-0.5817E-01	0.8071E-10	0.6542
5	0.6635E-02	0.1050E-11	0.5764	0.5774	0.7953E-08	0.6542
6	0.1660E-02	0.6575E-13	0.5764	-16.83	0.6757E-05	0.6542
7	731.1	0.1275E-01	0.5892	-0.2416E-02	0.1392E-12	0.6542
8	0.3153E-02	0.2371E-12	0.5892	-1.566	0.5852E-07	0.6542
9	0.2943	0.2066E-08	0.5892	0.1600	0.6109E-09	0.6542
10	0.1539	0.5653E-09	0.5892	-0.1241	0.3673E-09	0.6542
11	-0.1502E-03	0.5379E-15	0.5892	-0.5436E-01	0.7048E-10	0.6542
12	-0.9111E-01	0.1980E-09	0.5892	-0.3501	0.2924E-08	0.6542
13	-0.4731E-01	0.5338E-10	0.5892	0.4577E-01	0.4996E-10	0.6542
14	27.74	0.1835E-04	0.5892	-0.1844E-02	0.8107E-13	0.6542
15	0.3998	0.3813E-08	0.5892	0.1421	0.4814E-09	0.6542
16	11.31	0.3052E-05	0.5892	0.1339E-02	0.4278E-13	0.6542
17	15.82	0.5968E-05	0.5892	-0.4303E-02	0.4417E-12	0.6542
18	-3.638	0.3158E-06	0.5892	-0.2748E-03	0.1802E-14	0.6542
19	0.5964E-01	0.8485E-10	0.5892	0.2021E-01	0.9747E-11	0.6542
20	-5.060	0.6106E-06	0.5892	-0.5541E-03	0.7324E-14	0.6542
21	0.1049	0.2623E-09	0.5892	0.5392E-02	0.6935E-12	0.6542
22	0.1254E-01	0.3754E-11	0.5892	0.2045	0.9973E-09	0.6542
23	-2.916	0.2028E-06	0.5892	0.2708E-02	0.1749E-12	0.6542
24	-0.1366	0.4452E-09	0.5892	0.1258	0.3773E-09	0.6542
25	1.579	0.5944E-07	0.5892	0.1061E-01	0.2685E-11	0.6542
26	-1.083	0.2797E-07	0.5892	-0.9413E-02	0.2114E-11	0.6542
27	-0.8640E-01	0.1781E-09	0.5892	0.3255	0.2528E-08	0.6542
28	0.3953	0.3728E-08	0.5892	0.2117	0.1069E-08	0.6542
29	0.2800	0.1871E-08	0.5892	-0.3423E-01	0.2796E-10	0.6542
30	0.3197	0.2438E-08	0.5892	0.2671E-01	0.1702E-10	0.6542
31	2.868	0.1963E-06	0.5892	-0.2612E-01	0.1627E-10	0.6542
32	-2.967	0.2099E-06	0.5892	-0.8939E-02	0.1906E-11	0.6542
33	23.61	0.1330E-04	0.5892	0.2269E-01	0.1229E-10	0.6542
34	0.2306E-03	0.1269E-14	0.5892	7.953	0.1509E-05	0.6542
35	33.47	0.2672E-04	0.5892	-0.4072E-02	0.3954E-12	0.6542
36	0.4572E-03	0.4986E-14	0.5892	2.043	0.9956E-07	0.6542
37	-0.1926E-04	0.8849E-17	0.5892	-173.8	0.7202E-03	0.6549
38	-0.1133E-03	0.3064E-15	0.5892	-89.29	0.1902E-03	0.6551
39	0.1711E-03	0.6983E-15	0.5892	746.9	0.1331E-01	0.6684
40	-0.4406E-03	0.4630E-14	0.5892	322.8	0.2486E-02	0.6709
41	-0.1075E-01	0.2756E-11	0.5892	-3.673	0.3218E-06	0.6709
42	-0.4845E-01	0.5600E-10	0.5892	-11.26	0.3024E-05	0.6709
43	-0.2719E-01	0.1763E-10	0.5892	1.187	0.3359E-07	0.6709
44	-0.8726E-02	0.1816E-11	0.5892	4.407	0.4633E-06	0.6709
45	-0.1251E-01	0.3733E-11	0.5892	-9.660	0.2226E-05	0.6709
46	-0.5716	0.7795E-08	0.5892	0.3864E-01	0.3562E-10	0.6709
47	-0.7078E-01	0.1195E-09	0.5892	4.896	0.5717E-06	0.6709
48	4.536	0.4907E-06	0.5892	0.6222E-01	0.9234E-10	0.6709
49	-0.4461	0.4746E-08	0.5892	0.6880E-01	0.1129E-09	0.6709
50	1.317	0.4135E-07	0.5892	-0.1107E-01	0.2921E-11	0.6709
51	-0.7451E-01	0.1324E-09	0.5892	-2.309	0.1271E-06	0.6709
52	3.555	0.3015E-06	0.5892	-0.1622	0.6275E-09	0.6709
53	-1.676	0.6700E-07	0.5892	-0.1304	0.4059E-09	0.6709
54	-0.1979	0.9345E-09	0.5892	-3.888	0.3606E-06	0.6709
55	-3.744	0.3344E-06	0.5892	0.1657	0.6548E-09	0.6709
56	-0.2593	0.1603E-08	0.5892	-1.085	0.2809E-07	0.6709
57	-3.120	0.2322E-06	0.5892	0.2847	0.1934E-08	0.6709
58	0.2252	0.1210E-08	0.5892	0.1234	0.3634E-09	0.6709
59	0.1022	0.2491E-09	0.5892	-2.473	0.1459E-06	0.6709
60	0.4852	0.5616E-08	0.5892	-5.730	0.7833E-06	0.6709
61	-0.1379	0.4534E-09	0.5892	0.3129	0.2335E-08	0.6709
62	0.5748	0.7880E-08	0.5892	0.2095	0.1047E-08	0.6709
63	-3.173	0.2402E-06	0.5892	-0.8118	0.1572E-07	0.6709
64	2.150	0.1103E-06	0.5892	0.1910	0.8704E-09	0.6709
65	0.2140E-02	0.1093E-12	0.5892	819.2	0.1601E-01	0.6869
66	-0.1194E-02	0.3401E-13	0.5892	72.46	0.1252E-03	0.6870
67	32.75	0.2559E-04	0.5893	0.2063E-02	0.1015E-12	0.6870
68	0.2810E-03	0.1883E-14	0.5893	1075.	0.2758E-01	0.7146
69	0.1135E-01	0.3071E-11	0.5893	389.5	0.3618E-02	0.7182
70	-111.2	0.2947E-03	0.5895	0.4604E-01	0.5057E-10	0.7182
71	0.3821E-02	0.3482E-12	0.5895	16.93	0.6835E-05	0.7182
72	-0.8732E-03	0.1819E-13	0.5895	674.7	0.1086E-01	0.7291
73	-0.1141E-02	0.3103E-13	0.5895	1136.	0.3079E-01	0.7599
74	16.66	0.6622E-05	0.5896	0.2006E-01	0.9598E-11	0.7599
75	4.559	0.4957E-06	0.5896	0.6877E-02	0.1128E-11	0.7599

TOTAL MASS ACTING IN X DIRECTION = 0.419228E+08 KG
 TOTAL MASS ACTING IN Y DIRECTION = 0.419228E+08 KG
 TOTAL MASS ACTING IN Z DIRECTION = 0.419228E+08 KG

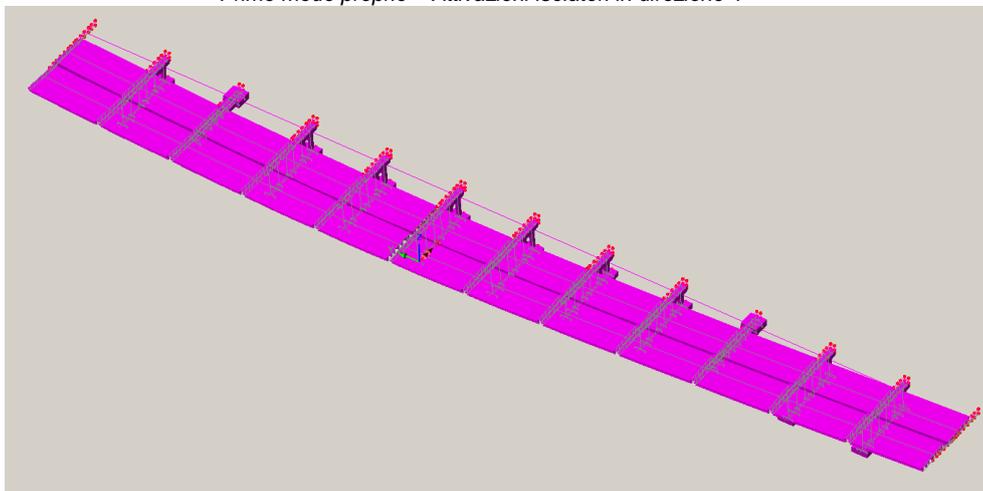
Si evidenzia che, in termini di massa mobilitata, i risultati ottenuti sono soddisfacenti in entrambe le direzioni X ed Y in quanto il modello di calcolo vede anche l'implementazione dei plinti di fondazione, di massa significativa e poco sensibili alle azioni sismiche.

6.1 Attivazione degli isolatori

Di seguito i risultati ottenuti per i modi principali che attivano gli isolatori in elastomero con nucleo in piombo.



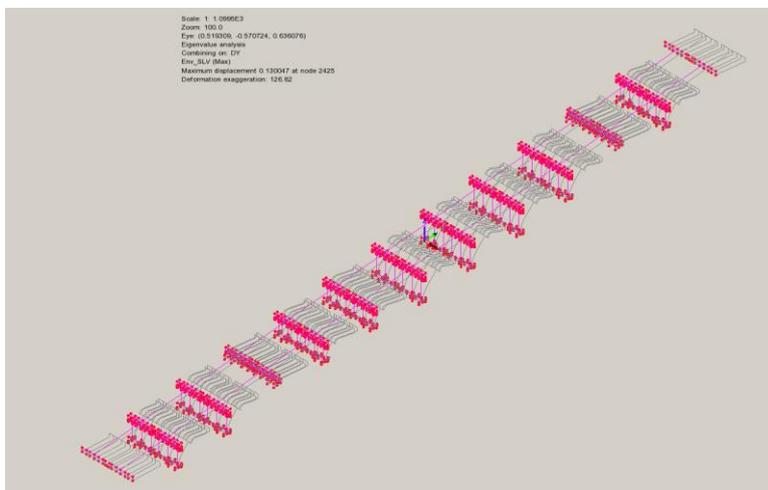
Primo modo proprio – Attivazioni isolatori in direzione Y



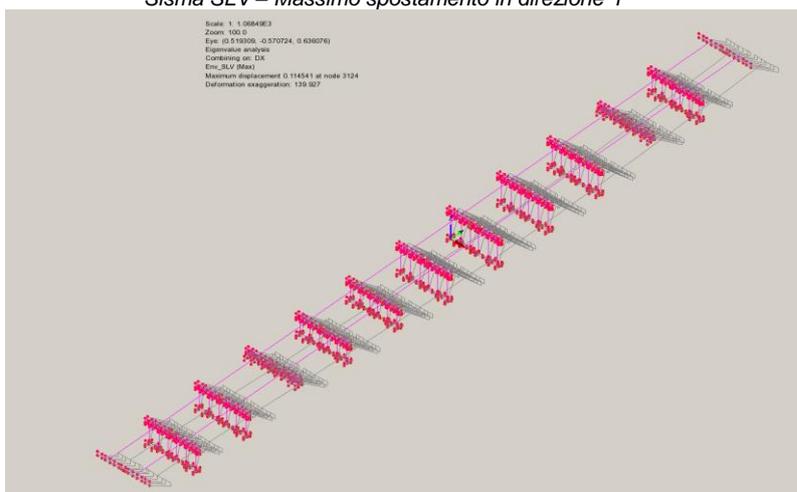
Terzo modo proprio – Attivazioni isolatori in direzione X

7. Massimi spostamenti

Di seguito i risultati ottenuti dalle analisi in termini di massimi/minimo spostamenti in direzione X e Y, in fase sismica



Sisma SLV – Massimo spostamento in direzione Y



Sisma SLV – Massimo spostamento in direzione X

Gli spostamenti complessivi massimi sono pari a:

$$\Delta_Y = 0.130 \text{ m} - \text{Sisma SLV}$$

$$\Delta_X = 0.115 \text{ m} - \text{Sisma SLV}$$

Si prescrivono spostamenti massimi ammissibili per gli appoggi pari a $\Delta_{MAX} = 0.150 \text{ m}$ e varchi in corrispondenza delle spalle pari a 0.20 m .

A causa dell'insufficiente spazio presente tra le due travi limitrofe esistenti in corrispondenza della Pila n. 05, è stato necessario inserire dispositivi di vincolo dinamico tipo "shock-trasmittente".

7.1 Sollecitazioni

A valle dell'analisi strutturale, effettuata per le singole azioni caratteristiche, vengono generati in automatico dal programma di calcolo gli involuipi e le combinazioni di carico pertinenti ai vari scopi, rispettivamente per V_{max}/V_{min} e M_{max}/M_{min} .

L'effetto delle azioni variabili viene quindi computato attraverso involuipi e combinazioni volti a massimizzare/minimizzare l'azione tagliante V ed il momento flettente M.

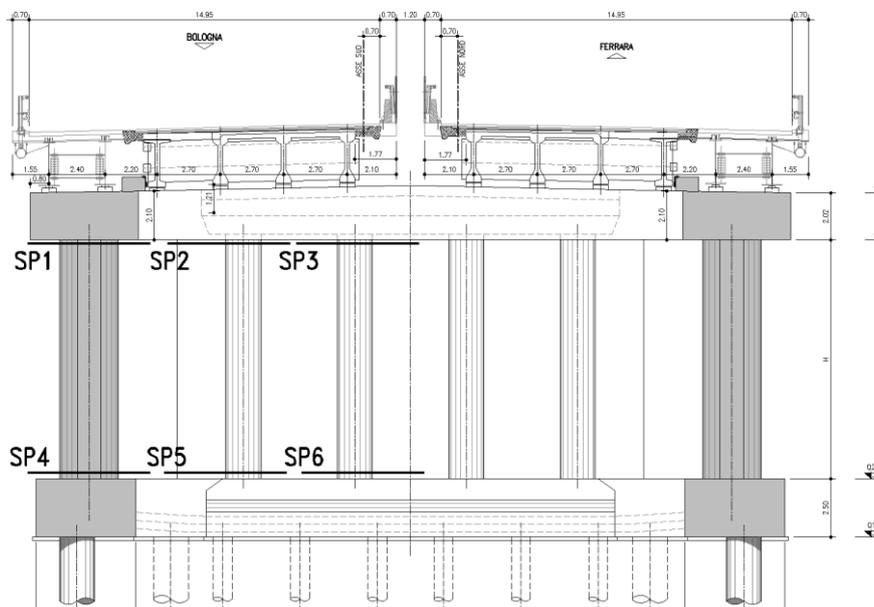
L'analisi strutturale delle elevazioni viene effettuata con riferimento alle rigidzze "uncracked" o "cracked2" per le sole elevazioni delle pile in fase sismica.

Nel seguito si riportano i diagrammi rappresentativi degli involuipi delle sollecitazioni, rilevati per le varie combinazioni di normativa, per ciascuna famiglia di elementi costituenti le pile. Tutti i valori sono espressi in N e Nm.

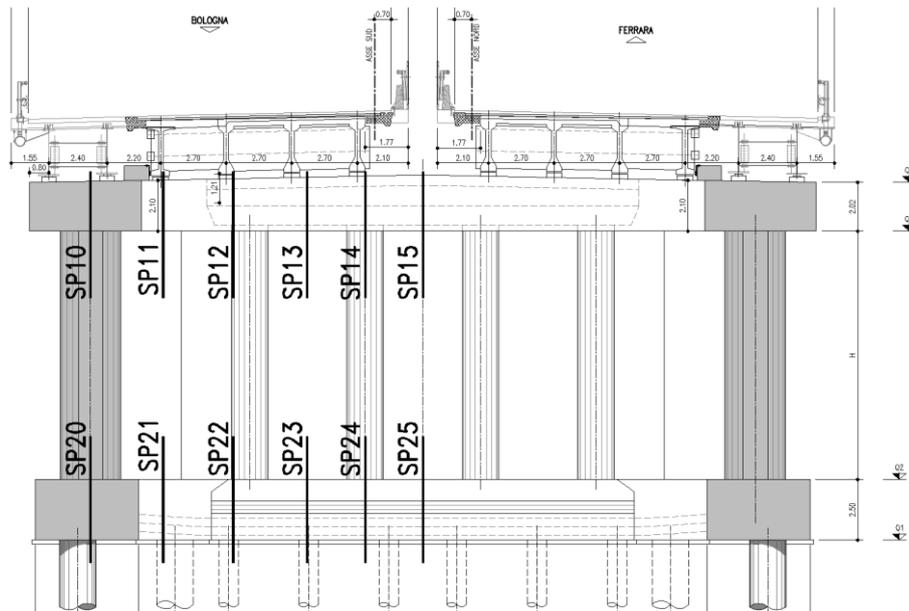
Si evidenzia che, avendo individuato a monte dell'analisi gli elementi rappresentativi di ciascuna famiglia (pulvini, elevazioni, fondazioni, appoggi) e la localizzazione delle sezioni significative, le componenti di sollecitazione sono state campionate in specifiche posizioni; i risultati ottenuti risultano estendibili agli elementi afferenti alla medesima famiglia.

Vengono omessi i diagrammi non significativi.

A seguire si riporta lo schema grafico esplicativo delle sezioni indagate e relative alle singole pile, sia per la porzione di impalcato esistente, sia per l'allargamento. Lo schema è da intendersi come rappresentativo per tutti gli allineamenti aventi caratteristiche assimilabili; le sezioni sono poi state individuate per ciascuna opera in relazione alla reale geometria.



Sezioni di verifica significative - elevazioni



Sezioni di verifica significative – pulvino/fondazioni

Le tabelle seguenti palesano la numerazione degli elementi “beam” e dei G.P. (Gauss point) utilizzati per l'estrazione delle sollecitazioni rappresentative sui vari elementi.

Preliminarmente all'estrazione delle sollecitazioni nelle sezioni rappresentative si è operato globalmente ad individuare, per ciascuna parte d'opera costituente le fondazioni e i pulvini, l'elemento più sollecitato.

E' emerso quindi che le pile più gravate e quindi rappresentative per tutte le altre sono quelle sugli allineamenti “Pila 4” e “Pila 5”.

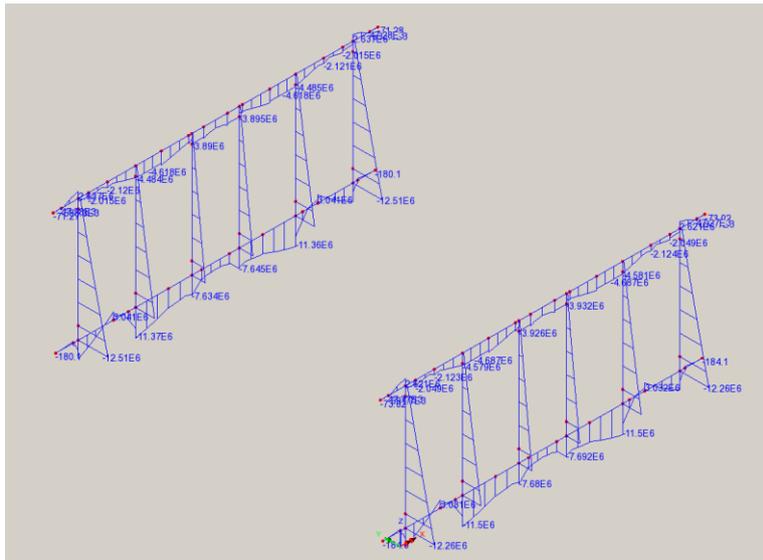
In merito invece alle verifiche sui fusti delle elevazioni (sommità e base), a causa della marcata eterogeneità di altezza degli stessi, si è operato con una verifica puntuale su ciascun allinemaneto delle pile.

Sezioni significative – Fusti pile**SEZIONI DI VERIFICA DELLE PILE - FUSTI:**

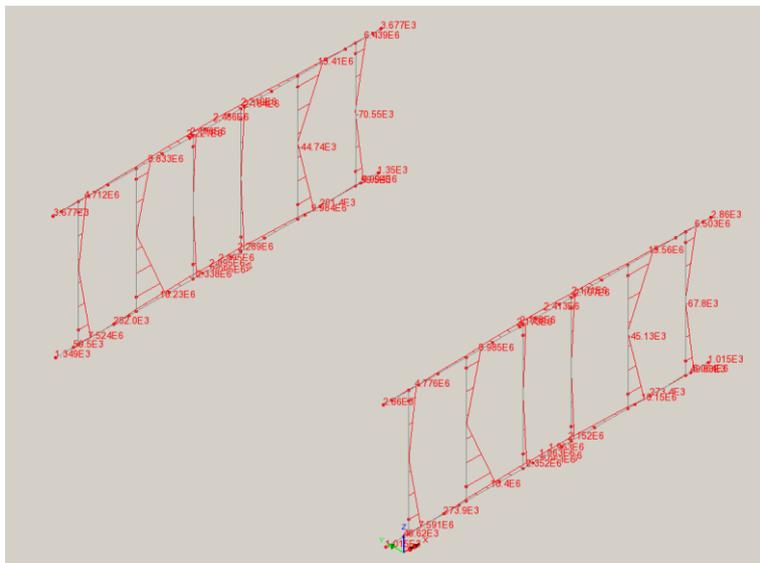
Pila (-)	Posizione (-)	Sezione (-)	Elemento (-)	Pila (-)	Posizione (-)	Sezione (-)	Elemento (-)
1	S1	S1-1	1412	7	S1	S1-7	1394
	S2	S2-1	1413		S2	S2-7	1395
	S3	S3-1	1414		S3	S3-7	1396
	S4	S4-1	1156		S4	S4-7	1198
	S5	S5-1	1157		S5	S5-7	1199
	S6	S6-1	1158		S6	S6-7	1200
3	S1	S1-3	1400	8	S1	S1-8	1406
	S2	S2-3	1401		S2	S2-8	1407
	S3	S3-3	1402		S3	S3-8	1408
	S4	S4-3	801		S4	S4-8	1210
	S5	S5-3	802		S5	S5-8	1211
	S6	S6-3	803		S6	S6-8	1212
4	S1	S1-4	1376	10	S1	S1-10	1382
	S2	S2-4	1377		S2	S2-10	1383
	S3	S3-4	1378		S3	S3-10	1384
	S4	S4-4	673		S4	S4-10	1081
	S5	S5-4	674		S5	S5-10	1082
	S6	S6-4	675		S6	S6-10	1083
5	S1	S1-5	1370	11	S1	S1-11	1388
	S2	S2-5	1371		S2	S2-11	1389
	S3	S3-5	1372		S3	S3-11	1390
	S4	S4-5	667		S4	S4-11	1087
	S5	S5-5	668		S5	S5-11	1088
	S6	S6-5	669		S6	S6-11	1089
6	S1	S1-6	1364				
	S2	S2-6	1365				
	S3	S3-6	1366				
	S4	S4-6	661				
	S5	S5-6	662				
	S6	S6-6	663				

Sezioni significative – pulvini e fondazioni**SEZIONI DI VERIFICA DELLE PILE - PILVINI E PLINTI:**

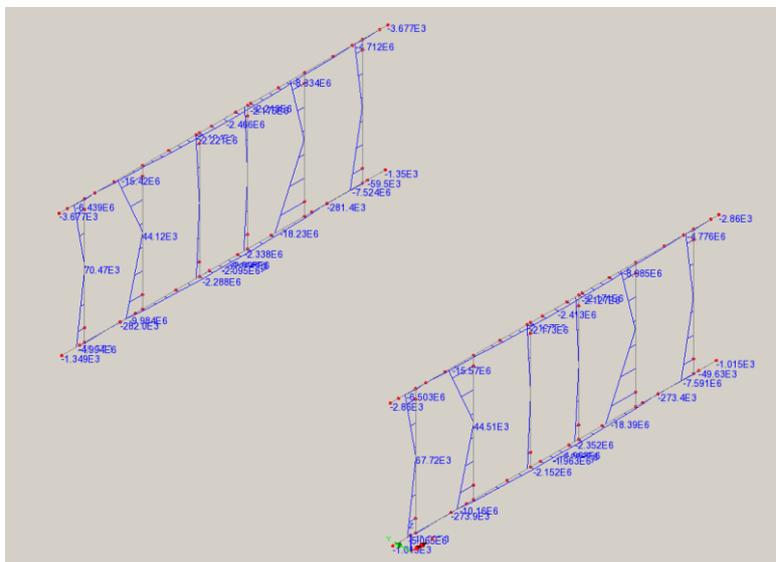
Pila (-)	Posizione (-)	Sezione (-)	Elemento (-)
5	S10	S10-5	1845
4	S11	S11-5	1912
5	S12	S12-5	1852
4	S13	S13-5	1918
5	S14	S14-5	1858
4	S15	S15-5	1923
4	S20	S20-4	345
4	S21	S21-4	347
4	S22	S22-4	352
4	S23	S23-4	353
4	S24	S24-4	357
4	S25	S25-4	358



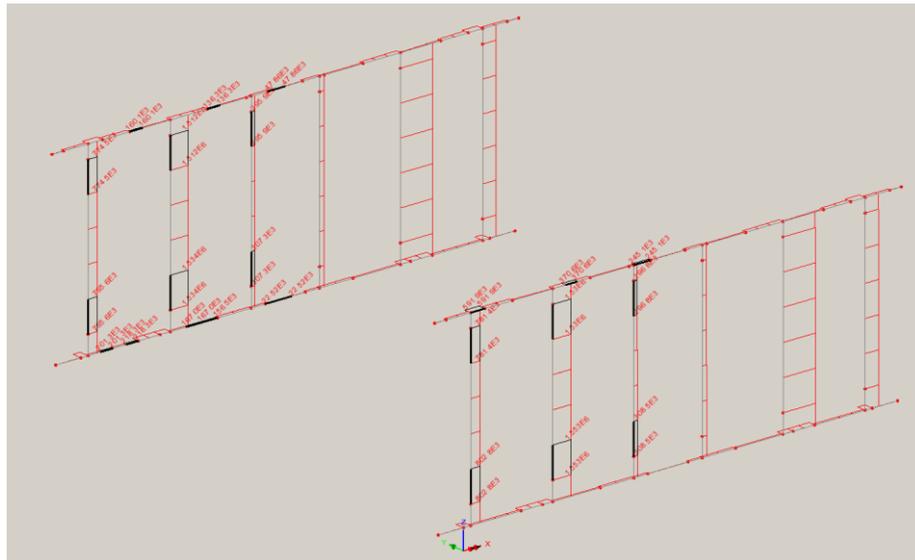
Min Momento flettente My



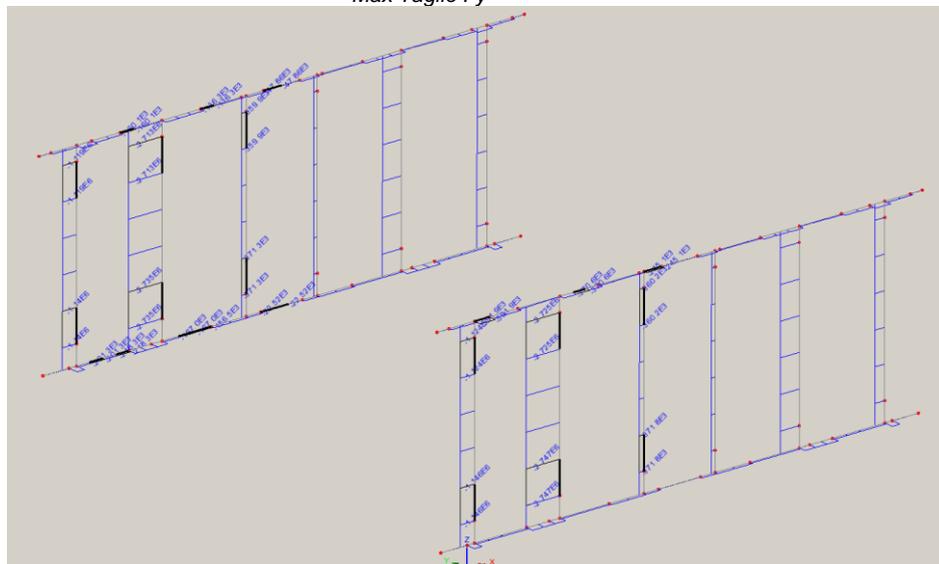
Max Momento flettente Mz



Min Momento flettente Mz



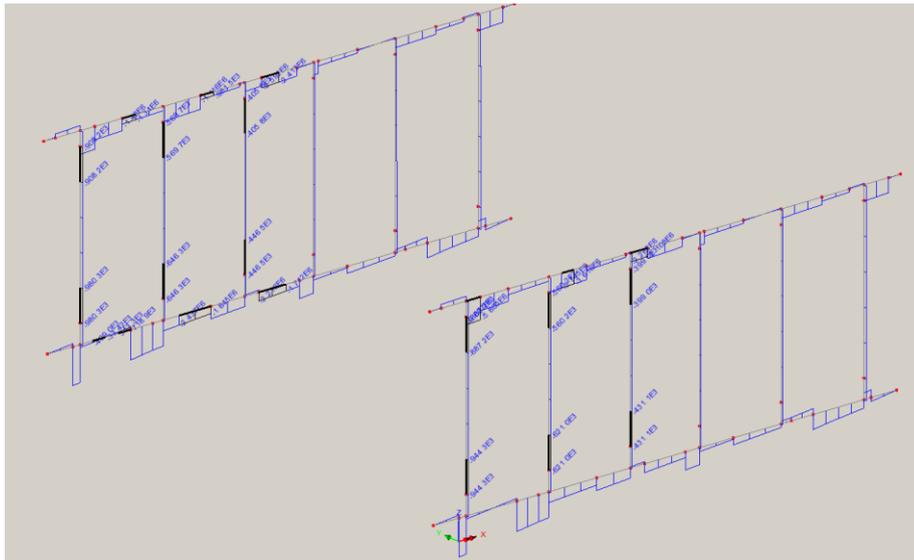
Max Taglio Fy



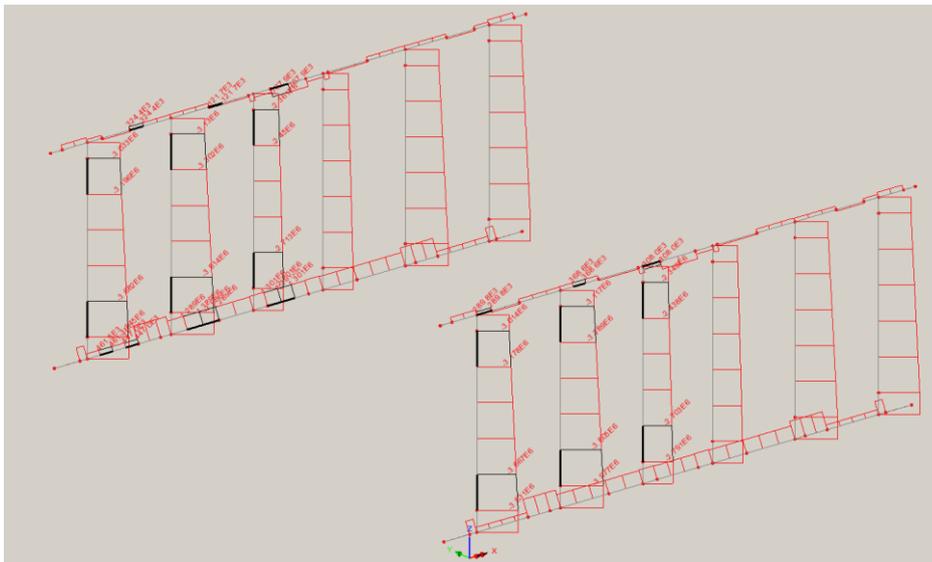
Min Taglio Fy



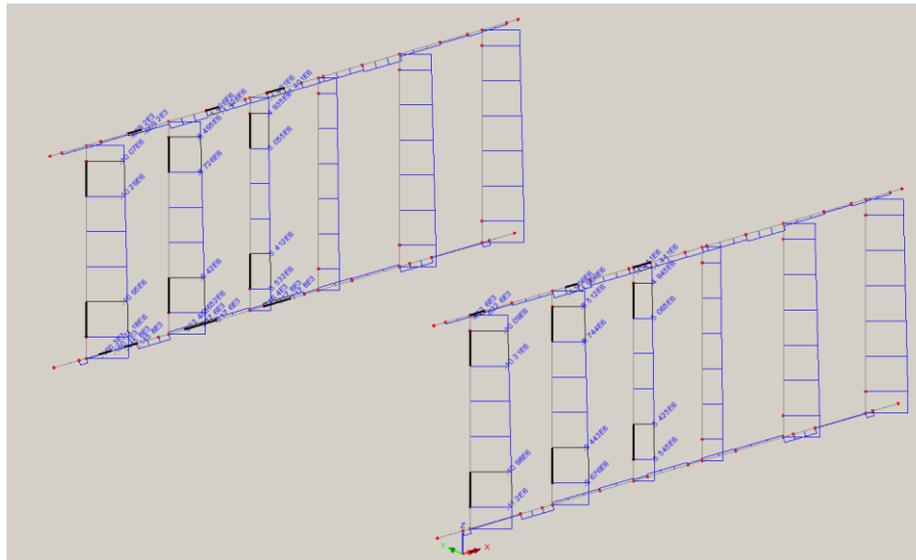
Max Taglio Fz



Min Taglio Fz



Max Azione assiale Fx



Min Azione assiale Fx

7.1.2 Tabelle riassuntive delle sollecitazioni

Con riferimento alla carpenteria degli elementi strutturali che compongono i telai delle pile, con particolare riferimento alle geometrie in sezione degli elementi convergenti nei nodi (che presentano dimensioni significative – si veda a titolo esemplificativo il fusto delle pile allargate in fase di adeguamento degli anni 1990, sezioni S2 ed S5 – si è provveduto a campionare le sollecitazioni di verifica ad un quarto della dimensione fisica del nodo e non in corrispondenza alla convergenza degli assi.

7.1.2.1 Sollecitazioni di verifica del fusto delle pile

Pila	Sezione	AZIONI DI VERIFICA:											
		V _y	N	V _z	N	M _{y-MAX}	M _z	M _{VERIFICA}	N	M _y	M _{z-MAX}	M _{VERIFICA}	N
(-)	(-)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kN)
1	S1-1	-932	-5749	1352	-4126	2802	580	-	-4126	-888	-3030	-	-5749
	S2-1	-2292	-4889	-899	-4498	1543	-153	-	-3860	-475	-7463	-	-4889
	S3-1	-408	-2894	630	-2618	1213	231	1235	-2618	-367	-1461	1506	-2894
	S4-1	-941	-6322	1448	-4696	12661	1547	-	-4696	3892	3652	-	-3982
	S5-1	-2301	-5489	-1003	-5098	8251	4376	-	-4459	2504	8912	-	-4068
	S6-1	-413	-3204	685	-2927	-5844	-251	5849	-3168	1759	1465	2289	-2891
3	S1-3	-1103	-6335	-985	-5468	1943	610	-	-4030	-632	-4934	-	-6335
	S2-3	-2668	-5130	-626	-4691	1141	94	-	-3631	-358	-11768	-	-5130
	S3-3	-371	-2782	-443	-2800	910	303	959	-2375	-277	-1776	1798	-2782
	S4-3	-1120	-7097	-1048	-6230	11481	2458	-	-4785	3529	5601	-	-3918
	S5-3	-2687	-5928	-693	-5490	7354	6552	-	-4425	2235	13596	-	-3987
	S6-3	-380	-3194	-479	-3212	5240	652	5280	-2784	1578	1783	2381	-2802
4	S1-4	-1119	-6459	908	-3976	-1760	-2158	-	-5516	-573	-5427	-	-6459
	S2-4	-2713	-5208	-570	-4733	-1051	-5908	-	-4733	-329	-12957	-	-5208
	S3-4	-360	-2782	-406	-2803	-840	-686	1084	-2803	-255	-1860	1877	-2782
	S4-4	-1140	-7280	980	-4789	-11285	-505	-	-6336	3457	6096	-	-3845
	S5-4	-2735	-6067	-646	-5593	-7214	-163	-	-5593	2189	14813	-	-3986
	S6-4	-371	-3224	-446	-3247	-5145	-369	5159	-3247	1549	1872	2430	-2823
5	S1-5	-1124	-6478	887	-3952	1746	762	-	-3952	-550	-5487	-	-6478
	S2-5	-2725	-5223	560	-3585	1038	460	-	-3585	-319	-13096	-	-5223
	S3-5	-360	-2785	-399	-2814	822	344	891	-2349	-248	-1873	1889	-2785
	S4-5	-1146	-7303	944	-4769	11085	2623	-	-4769	3361	6156	-	-3831
	S5-5	-2747	-6087	621	-4443	7087	6962	-	-4443	2139	14959	-	-3977
	S6-5	-372	-3230	-431	-3261	5063	677	5108	-2791	1521	1886	2423	-2822
6	S1-6	-1098	-6448	-923	-5570	1743	728	-	-3921	-597	-5357	-	-6448
	S2-6	-2668	-5209	-573	-4789	1038	391	-	-3551	-334	-12818	-	-5209
	S3-6	-351	-2789	-411	-2839	828	331	892	-2325	-254	-1827	1844	-2789
	S4-6	-1119	-7273	-1024	-6396	11538	2588	-	-4738	3575	6019	-	-3861
	S5-6	-2689	-6073	-680	-5655	7382	6883	-	-4409	2256	14648	-	-3991
	S6-6	-363	-3235	-468	-3286	5257	664	5299	-2766	1586	1839	2428	-2817
7	S1-7	-1050	-5832	-1456	-5268	3314	553	-	-3885	-1001	-2646	-	-5832
	S2-7	-2546	-4968	1029	-3617	1764	-196	-	-3617	-532	-6459	-	-4968
	S3-7	-558	-2975	709	-2484	1378	250	1400	-2484	-414	-1592	1645	-2975
	S4-7	-1056	-6290	-1508	-5726	11701	1477	-	-4339	3531	3358	-	-3776
	S5-7	-2553	-5448	1086	-4095	7747	4144	-	-4095	2331	8075	-	-3839
	S6-7	-562	-3223	739	-2730	5473	607	5507	-2730	1644	1599	2293	-2787
8	S1-8	-968	-5708	-1595	-5248	-3457	-862	-	-5248	-1048	-2314	-	-5708
	S2-8	-2385	-4897	1131	-3616	1809	-352	-	-3616	-545	-5776	-	-4897
	S3-8	-531	-2969	-779	-3047	1413	206	1428	-2475	-425	-1457	1518	-2969
	S4-8	-974	-6148	-1692	-5689	12374	1375	-	-4338	3747	3009	-	-3879
	S5-8	-2390	-5359	1237	-4075	8228	3912	-	-4075	2478	7308	-	-3887
	S6-8	-534	-3207	-835	-3286	5788	570	5816	-2711	1739	1463	2273	-2790
10	S1-10	-740	-5571	-1207	-5098	2481	443	-	-4063	-774	-2625	-	-5571
	S2-10	-1882	-4799	794	-3782	1393	-402	-	-3782	-426	-6739	-	-4799
	S3-10	-299	-2881	558	-2538	1100	158	1112	-2538	-332	-1174	1220	-2881
	S4-10	-748	-6196	-1275	-5725	12039	1415	-	-4685	3670	3170	-	-4213
	S5-10	-1890	-5455	868	-4435	7800	4132	-	-4435	2357	7952	-	-4228
	S6-10	-303	-3219	597	-2875	5542	454	5561	-2875	1666	1173	2038	-2918
11	S1-11	-654	-5405	-1238	-4948	-2570	-892	-	-4948	-805	-2272	-	-5405
	S2-11	-1699	-4687	813	-3915	1446	-646	-	-3915	-442	-6000	-	-4687
	S3-11	-266	-2846	572	-2617	1141	112	1146	-2617	-345	-1031	1087	-2846
	S4-11	-661	-6023	-1320	-5566	12285	1289	-	-4830	3748	2791	-	-4372
	S5-11	-1706	-5336	903	-4561	7967	3846	-	-4561	2409	7113	-	-4330
	S6-11	-269	-3180	619	-2950	-5656	-130	5657	-3181	1701	1029	1987	-2951

7.1.2.2 Sollecitazioni di verifica dei pulvini e delle fondazioni

	Pila (-)	Sezione (-)	AZIONI DI VERIFICA:											
			V _y (kN)	M _x (kNm)	V _z (kN)	M _x (kNm)	M _{y-MAX} (kNm)	M _z (kNm)	M _{y-MIN} (kNm)	M _z (kNm)	M _y (kNm)	M _{z-MAX} (kNm)	M _y (kNm)	M _{z-MIN} (kNm)
PULVINI	5	S10-5	592	671	-5805	-309	4165	31	-1410	-31	2147	84	2109	-82
	4	S11-5	160	144	1929	127	-799	757	-2075	-43	-799	757	-987	-757
	5	S12-5	371	310	-3745	-127	8527	424	-4678	-424	4013	1289	-164	-1289
	4	S13-5	136	124	-1116	-133	2919	624	-5177	-624	141	1949	-2400	-1949
	5	S14-5	245	270	-2108	-132	2077	740	-3805	-740	-656	2398	-2311	-2398
	4	S15-5	48	33	-2592	-98	1455	755	-4416	-755	-476	2448	-2486	-2448
PLINTI	4	S20-4	-201	-562	2501	229	5293	103	-4890	-103	1737	310	-1334	-310
	4	S20T			6300	-	425	-	-13620	-				
	4	S21-4	-218	-572	3828	133	7810	12	3041	-92	5018	253	3834	-253
	4	S21T			6300	-	425	-	-13620	-				
	4	S22-4	-167	-4628	-2437	-1454	9140	411	-10217	-411	2425	1340	-3502	-1340
	4	S23-4	-157	-4625	-1845	-1453	4450	512	-6946	-512	528	1692	-3024	-1692
	4	S24-4	-23	54	-2216	-82	1299	629	-3905	-629	-444	2087	-2162	-2087
	4	S25-4	-23	54	-1964	-81	-651	629	-3029	189	-1192	2095	-1881	-2095

8. Verifica delle sezioni significative delle pile

8.1 Generalità

Le verifiche di resistenza vengono effettuate allo S.L.U. con riferimento alle massime/minime sollecitazioni flettenti in mezzera, ai alle estremità e taglianti in corrispondenza alle sezioni di estremità, secondo i criteri contenuti in EN 1992-1-1/1992.2 e in NTC 2008.

Nel primo caso, la verifica di resistenza in condizioni ultime di una sezione presso-inflessa consiste nel soddisfacimento della seguente disuguaglianza:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} (N_{Ed})$$

dove:

M_{Ed} = momento flettente sollecitante di calcolo, valutata sotto la combinazione;

M_{Rd} = momento flettente resistente associato all'azione assiale concomitante N_{Ed} .

In fase di verifica viene definito coefficiente di sicurezza γ il rapporto tra M_{Rd} e M_{Ed} . La verifica di resistenza può quindi ritenersi soddisfatta se risulta $\gamma \geq 1$.

La verifica S.L.U. per azioni taglianti consiste nel soddisfacimento della seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

dove:

V_{Ed} = azione tagliante sollecitante di calcolo, valutata sotto la combinazione;

V_{Rd} = taglio resistente.

Il contributo resistente al taglio sarà il minimo valore tra quello dato dalla resistenza di calcolo a "taglio trazione", riferita all'armatura trasversale, e quello dato dalla resistenza a "taglio compressione", associata al nucleo in calcestruzzo (EN 1992-1-1 §6.2.3).

$$V_{Rd} = \min\{V_{Rsd}; V_{Rd,max}\}$$

con

$$V_{Rsd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta}$$

dove:

A_{sw} = area dell'armatura trasversale a taglio

s = passo delle staffe

z = braccio della coppia interna assunto pari a $z = 0.9 \cdot d$

α = angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave

θ = inclinazione del puntone compresso di calcestruzzo (con $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$)

f_{ywd} = tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio

v_1 = coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio

α_{cw} = coefficiente che considera l'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale

Le verifiche sono condotte considerando le azioni agenti sulla sezione più sollecitata come palesato attraverso la modellazione tridimensionale agli E.F.

Per le verifiche a flessione delle sezioni in cui è stato realizzato un sistema di cavi di post-tensione durante l'intervento di adeguamento degli anni 1990 viene presa in conto l'armatura di precompressione come desunto dagli elaborati di archivio.

8.1.1 Verifiche di resistenza S.L.U. per azioni flettenti

La verifica di resistenza in condizioni ultime di una sezione presso-inflessa consiste nel soddisfacimento della seguente disuguaglianza:

$$\gamma = \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}(N_{Ed})} \leq 1$$

Nei risultati riassunti di seguito verranno considerati i set di sollecitazioni derivanti dalla massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni flettenti ($M_{y,max}$ e $M_{y,min}$) e per ciascuna di esse verranno calcolati i momenti resistenti (M_{Rd}) associati all'azione assiale agente e alle caratteristiche geometriche e meccaniche specificate per la sezione in esame. La verifica si considera soddisfatta quando il coefficiente di sicurezza (C.S.) risulta superiore all'unità.

Di seguito si riportano le verifiche condotte in cui si indica con:

N_{Ed} = azione assiale sollecitante espressa in kN

M_{Ed} = azione flettente sollecitante espressa in kNm

M_{Rd} = azione flettente resistente, funzione dell'azione assiale sollecitante, espressa in kNm

C.S. = coefficiente di sicurezza paria al rapporto fra l'azione flettente resistente e quella sollecitante

8.1.2 Verifiche S.L.U. per azioni taglianti

La verifica di resistenza a taglio in condizioni ultime (SLU-STR) di una sezione in c.a. consiste nel soddisfacimento della seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

dove:

V_{Ed} = azione tagliante sollecitante di calcolo, valutata sotto la combinazione SLU-STR;

V_{Rd} = azione tagliante resistente.

La resistenza a taglio V_{Rd} viene calcolata con riferimento all'elemento dotato di un'armatura resistente a taglio. La resistenza a taglio è la minima fra la resistenza di calcolo a "taglio trazione", riferita all'armatura dedicata, e quella a "taglio compressione", associata al nucleo in calcestruzzo.

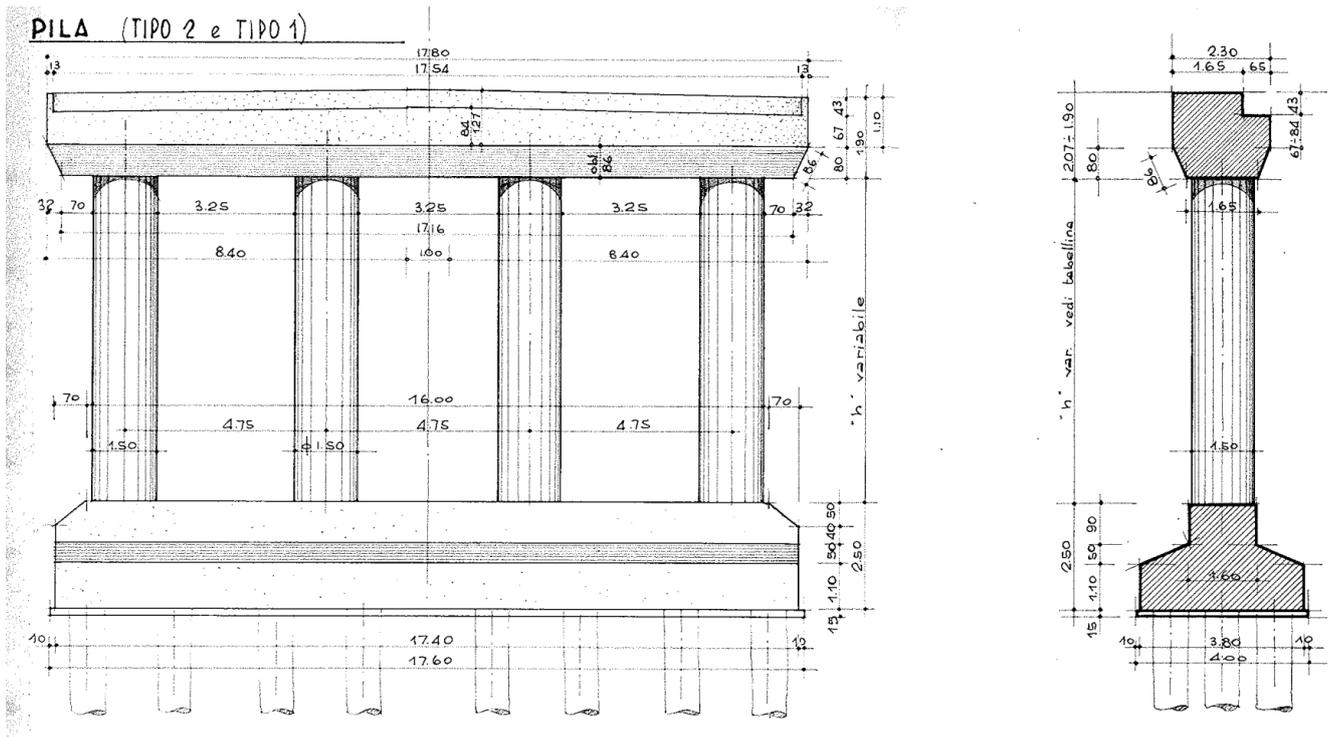
Le caratteristiche dei materiali assunte nelle verifiche a taglio sono quelle proprie delle travi in quanto a queste compete la quasi totalità delle azioni di compressione del traliccio ideale di "Morsh".

8.1.3 Armature esistenti

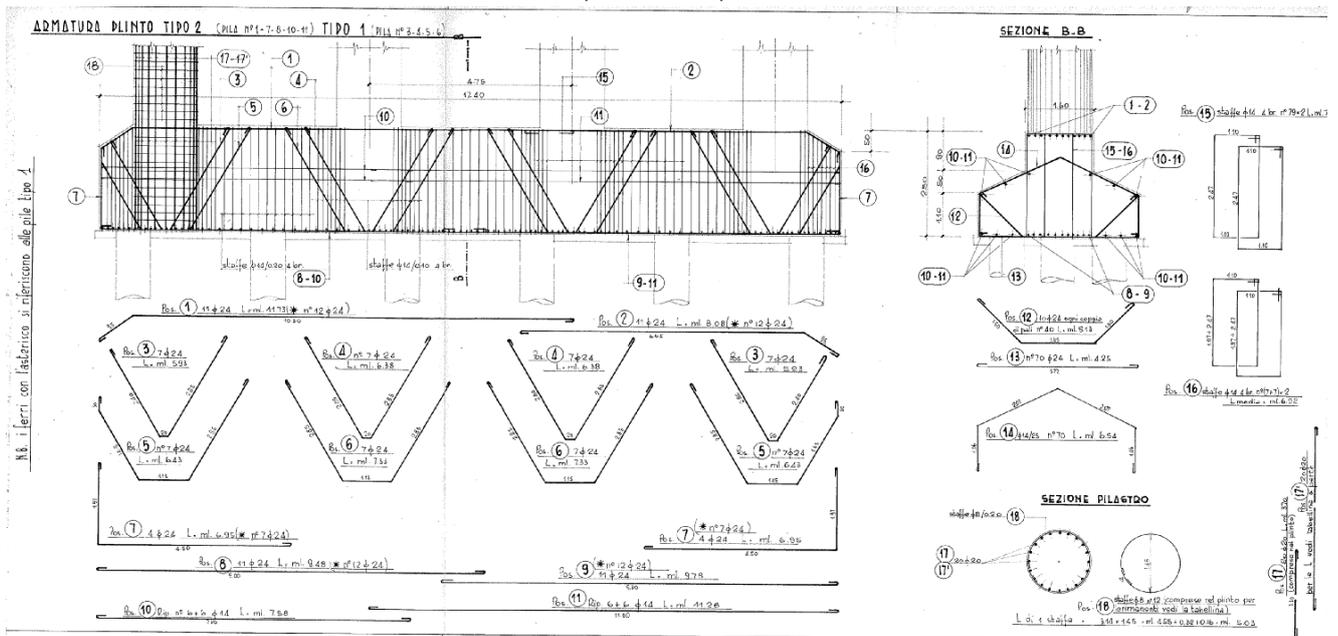
Come anticipato nei paragrafi precedenti, l'intervento in progetto vede una situazione esistente derivante da quanto realizzato in fase di costruzione dell'impianto originario, nella decade 1960, e dalle lavorazioni eseguite in fase di ampliamento negli anni 1990.

Le geometrie delle sezioni resistenti e le armature utilizzate in fase di verifica sono desunte dagli elaborati di archivio.

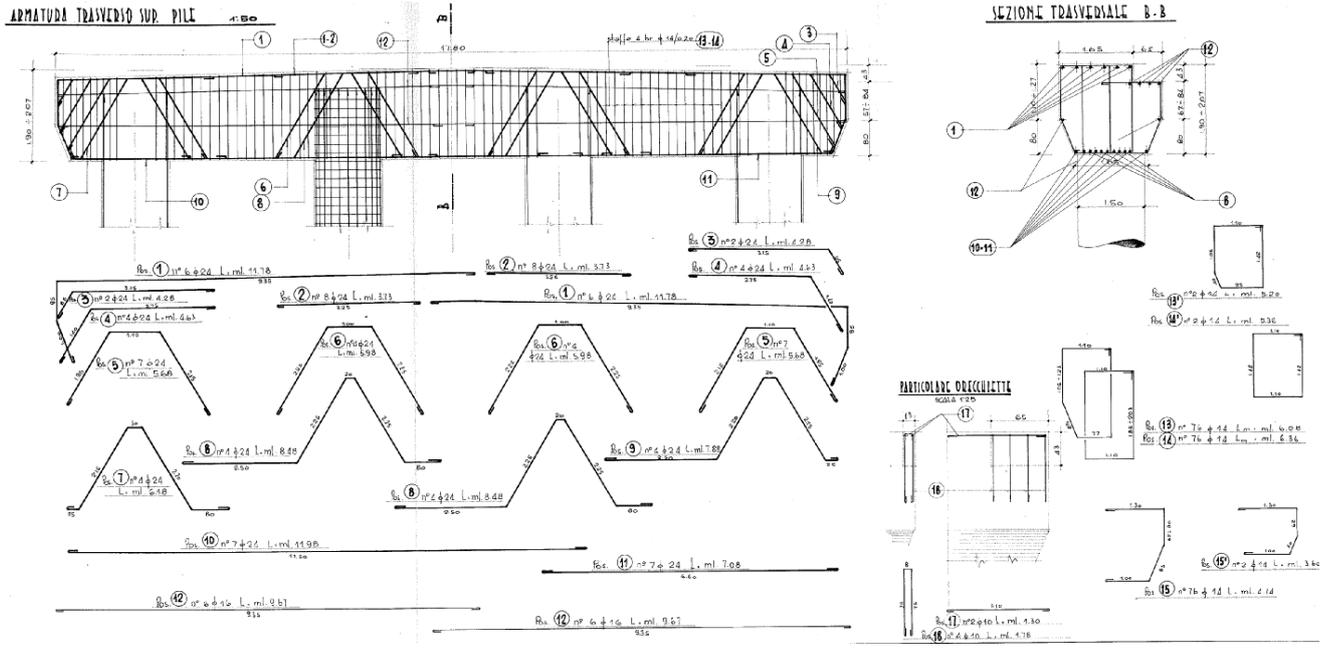
Progetto originario - 1960



Carpenteria delle pile

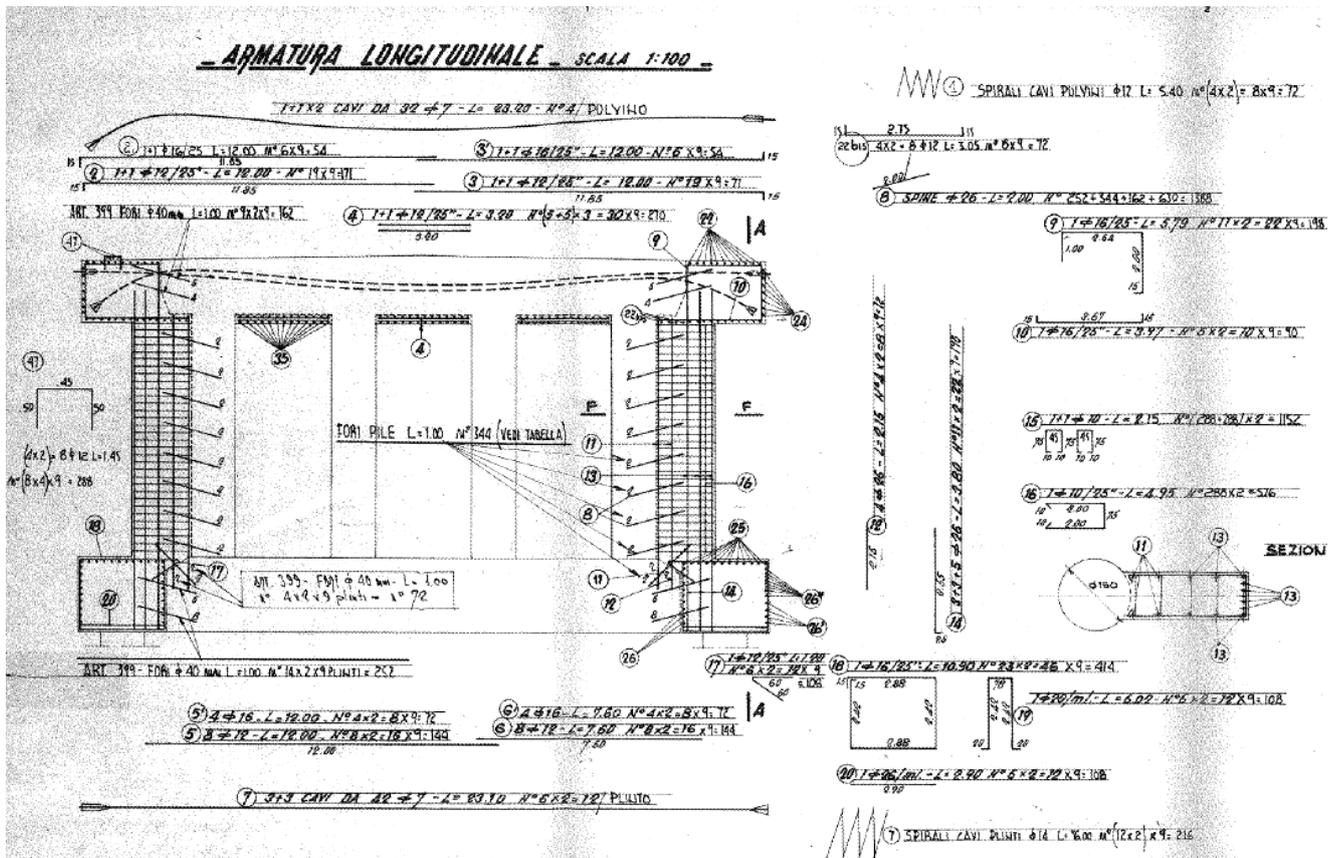


Armatura dei plinti e delle elevazioni



Armatura dei pulvini

Progetto di adeguamento e ampliamento - 1990

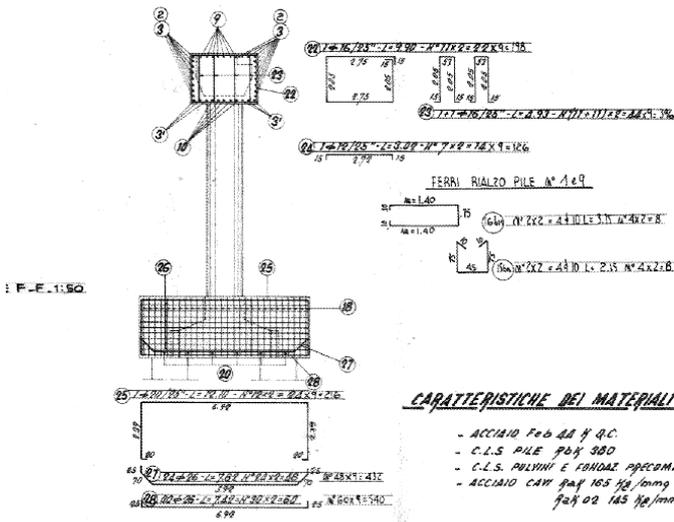


Carpenteria e armature fusti e pulvino

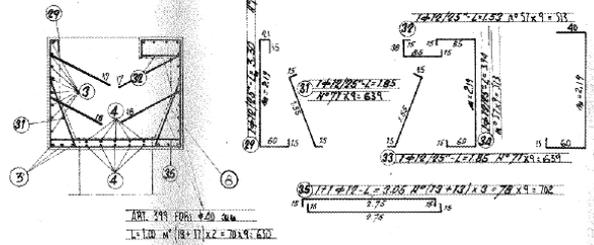
ARMATURA PILE n° 1-3-4-5-6-7-8-10-11

DISTINTA FERRI x TUTTE LE PILE

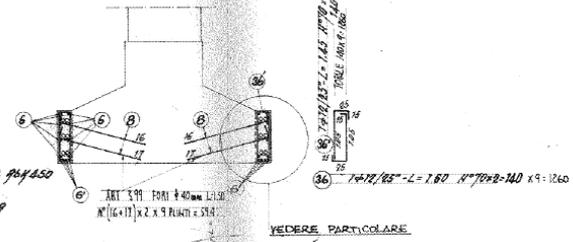
ARMATURA TRASVERSALE "A-A" - SCALA 1:100



ARMATURA TRASVERSALE "B-B" - SCALA 1:50



ARMATURA TRASVERSALE "C-C" - SCALA 1:50

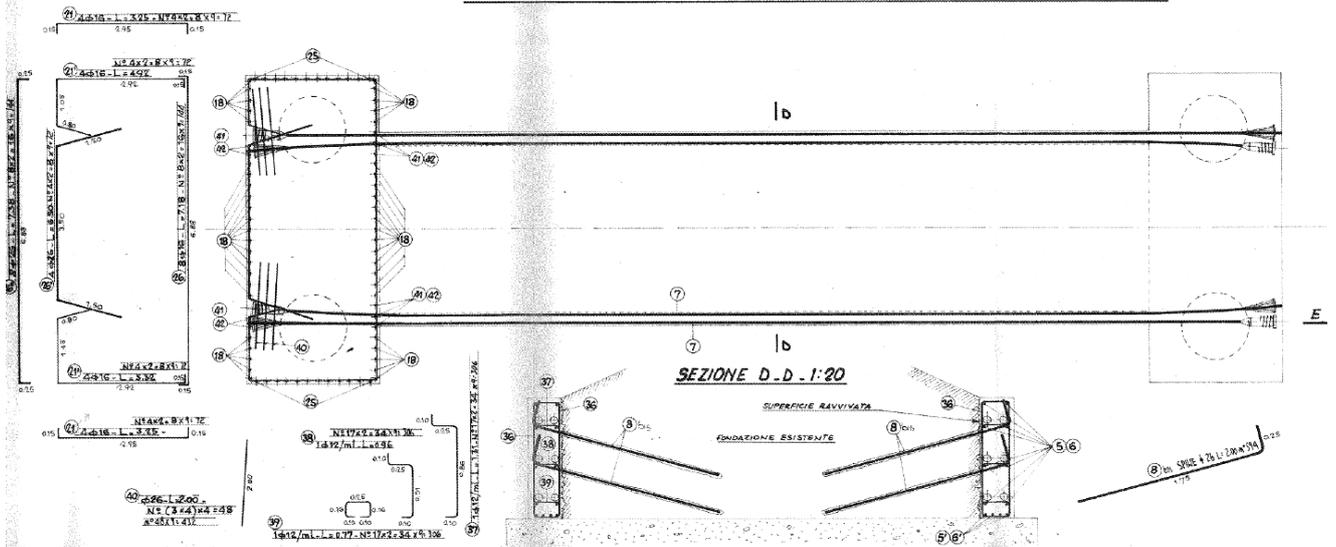


CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

- ACCIAIO Fe60 A4 R.C.
- C.L.S. PILE POK 300
- C.L.S. PULVINI E FONDAZ. PRECONC. POK 450
- ACCIAIO CAV POK 165 165 /mm² 925 00 165 165 /mm²

Armatura dei plinti e dei pulvini

ARMATURA FONDAZIONI . SEZIONE ORIZZONTALE CON INDICAZIONE CAVI - 1:50



Cavi di post-tensione delle fondazioni

8.2 Principali risultati di verifica

Di seguito si riassumono in forma tabellare i principali risultati ottenuti in sede di verifica delle strutture esistenti.

In merito alla progettazione degli elementi costituenti l'attuale ampliamento si è operato con un predimensionamento delle sezioni principali in modo da verificarne l'idoneità in termini di carpenteria e stimare l'incidenza di armatura. Si rimanda alla successiva fase progettuale la progettazione di dettaglio delle singole sezioni e delle relative armature.

8.2.1 Elevazione pile

Pila (-)	Sezione (-)	Flessione (-)	Taglio (-)	Intervento (-)
1	S1-1			-
	S2-1	OK	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S3-1	OK	OK	-
	S4-1			-
	S5-1	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S6-1	Rinforzare	OK	Incam. H= 4.50 m con 30F26 + staffe F12/20
3	S1-3			-
	S2-3	OK	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S3-3	OK	OK	-
	S4-3			-
	S5-3	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S6-3	Rinforzare	OK	Incam. H= 4.50 m con 30F26 + staffe F12/20
4	S1-4			-
	S2-4	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S3-4	OK	OK	-
	S4-4			-
	S5-4	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S6-4	Rinforzare	OK	Incam. H= 4.50 m con 30F26 + staffe F12/20
5	S1-5			-
	S2-5	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S3-5	OK	OK	-
	S4-5			-
	S5-5	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S6-5	Rinforzare	OK	Incam. H= 4.50 m con 30F26 + staffe F12/20
6	S1-6			-
	S2-6	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S3-6	OK	OK	-
	S4-6			-
	S5-6	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S6-6	Rinforzare	OK	Incam. H= 4.50 m con 30F26 + staffe F12/20
7	S1-7			-
	S2-7	OK	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S3-7	OK	OK	-
	S4-7			-
	S5-7	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S6-7	Rinforzare	OK	Incam. H= 4.50 m con 30F26 + staffe F12/20
8	S1-8			-
	S2-8	OK	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S3-8	OK	OK	-
	S4-8			-
	S5-8	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S6-8	Rinforzare	OK	Incam. H= 4.50 m con 30F26 + staffe F12/20
10	S1-10			-
	S2-10	OK	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S3-10	OK	OK	-
	S4-10			-
	S5-10	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S6-10	Rinforzare	OK	Incam. H= 4.50 m con 30F26 + staffe F12/20
11	S1-11			-
	S2-11	OK	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S3-11	OK	OK	-
	S4-11			-
	S5-11	Rinforzare	Rinforzare	Incam. TA con 50 F26 sul perimetro + staffe F18/20
	S6-11	Rinforzare	OK	Incam. H= 4.50 m con 30F26 + staffe F12/20

Occorre rinforzare le pile esistenti sia a taglio, sia a presso-flessione.

Si prevede un intervento di incamiciatura esterna con integrazione delle armature longitudinali e trasversali; le barre longitudinali, ove necessario, devono essere inghisate alle estremità negli elementi superiori (pilvino) o inferiori (plinto di fondazione).

Si rimanda agli elaborati grafici per maggiori dettagli.

8.2.2 Plinti di fondazione e pulvini

Pila (-)	Posizione (-)	B (m)	H (m)	A _{SUP} (-)	A _{SUP-PRECOMPRES}	A _{INF} (-)	Staffe (-)	RISULTATO DI VERIFICA		
								Flessione (-)	Taglio (-)	Intervento (-)
5	S10	2.8	2.05	Φ 24/10	-	Φ 24/10	Φ 16/10 4 br	OK	OK	-
4	S11	2.8	2.1	7Φ 16+5Φ 12	2 cavi 32Φ 7	11 Φ 16	Φ 16/25 6 br	OK	OK	-
5	S12*	2.8	2.15	6Φ 24+5Φ 12	4 cavi 32Φ 7	11 Φ 24	Φ 14/20 4 br+ Φ 12/25 2 br	OK	OK	-
4	S13	2.8	2.2	6Φ 24+ 6 Φ 16+5Φ 12	4 cavi 32Φ 7	7Φ 24	Φ 14/20 4 br+ Φ 12/25 2 br	OK	OK	-
5	S14	2.8	2.25	6Φ 24+ 6 Φ 16+5Φ 12	4 cavi 32Φ 7	7Φ 24	Φ 14/20 4 br+ Φ 12/25 2 br	OK	OK	-
4	S15	2.8	2.3	6Φ 24+ 6 Φ 16+5Φ 12	4 cavi 32Φ 7	7Φ 24	Φ 14/20 4 br+ Φ 12/25 2 br	OK	OK	-
4	S20	7	2.5	Φ 24/20		Φ 24/20		OK	OK	-
4	S20T	3.5	2.5	Φ 24/20		Φ 24/10 doppio strato		-	-	verifica con schema tirante-puntone soddisfatta
4	S21	7	2.5	Φ 16/25	(6+6) cavi 42Φ 7	Φ 16/25		OK	OK	Integrazione con barre ad alta resistenza
4	S21T	3.5	2.5	Φ 20/25		Φ 26/12.5 + Φ 26/10	Φ 16/25 2 br	-	-	verifica con schema tirante-puntone soddisfatta
4	S22*	1,6/4,4	2,5	11 Φ 24	(6+6) cavi 42Φ 7	11 Φ 24+ 6 Φ 14	Φ 14/10 4 br + 7 Φ 24/50 60°	OK	OK	Integrazione con barre ad alta resistenza
4	S23	2.8						OK	OK	Integrazione con barre ad alta resistenza
4	S24	2.8						OK	OK	Integrazione con barre ad alta resistenza
4	S25	2.8						OK	OK	Integrazione con barre ad alta resistenza

Occorre rinforzare i plinti esistenti ove previsto.

Si prevede un intervento di incamiciatura esterna con integrazione delle armature longitudinali e trasversali sulla porzione di prima edificazione oltre alla realizzazione di perforazioni profonde con inserimento di barre di armatura ad alta resistenza, a cucire le porzioni originarie, l'allargamento degli anni 1990 e l'attuale adeguamento in progetto.

Si rimanda agli elaborati grafici per maggiori dettagli.

8.2.2.1 Verifica con schema tirante-puntone

La verifica delle sollecitazioni indotte sul plinto di fondazione dalle azioni assiali trasmesse dai pali di fondazione si effettua, per le sezioni S20T e S21T, con schema resistente semplificato a "tirante puntone", secondo quanto qualitativamente esplicitato nell'immagine seguente:

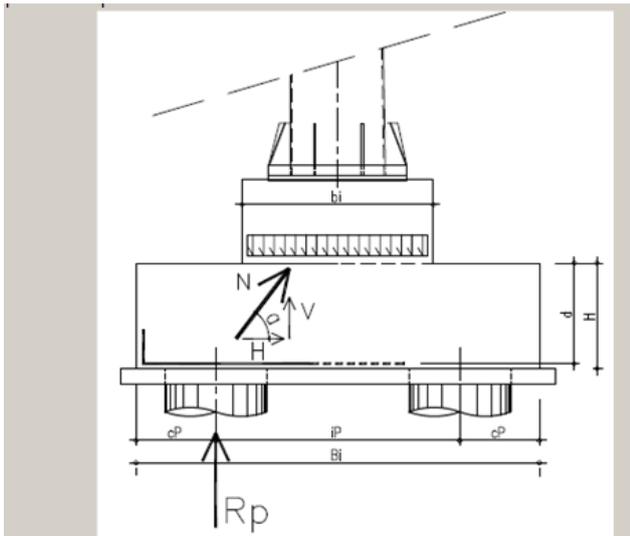


Fig. 74 – Meccanismo resistente a Tirante-puntone

Si assumono le seguenti ipotesi:

- R_p massima azione assiale nel palo, derivante dall'analisi di interazione suolo-struttura
- N massima azione di compressione agente sul puntone
- V componente verticale della risultante di compressione
- H componente orizzontale della risultante di compressione
- α inclinazione di "N"

La massima azione resistente di compressione sul puntone è pari a:

$$P_{C,Rd} = 0.2 \times d \times b^* \times f_{cd} \times \sin \alpha$$

Verifica TIRANTE-PUNTONE

Pila	Sezione	H _{SEZ}	B _{CALCOLC}	d	Tg(α)	α	α
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(-)	(rad)	(grad)
4	S20T	2.5	1.5	2.4	1.600	1.012	57.995
4	S21T	2.5	1.5	2.4	1.600	1.012	57.995

Sezione	N _{PALO}	F _V	F _H	VERIFICA TIRANTE INFERIORE							VERIFICA PUNTONE IN CLS				Coeff. sicurezza	
				f _{yk}	γ _s	f _{yd}	A _{S-MIN}	Φ _{BARRE}	n _{MIN-BARRE}	n _{BARRE_PROGETTO}	f _{ck}	γ _s	f _{yd}	P _{C,Rd_Vert}	Tirante	Puntone
(-)	(kN)	(kN)	(kN)	(MPa)	(-)	(MPa)	(mm ²)	(mm)	(-)	(-)	(MPa)	(-)	(MPa)	(kN)	(-)	(-)
S20T	6300	6300	3938	450	1.15	391	10063	24	22	30	32	1.5	21	16568	1.35	2.63
S21T	6300	6300	3938	430	1.15	374	10531	26	20	27	32	1.5	21	16568	1.36	2.63

9. Azioni in fondazione

Di seguito i risultati ottenuti in termini di componenti massime/minime agenti nel baricentro delle fondazioni per le pile e nel baricentro degli appoggi per le spalle.

SLU - STR

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 1	529	-613	954	-55992	-9218	-62853	-14	MIN
		613	-854	-55929	12168	-45499	14	MAX
		-613	579	-58034	-4093	-80912	-14	MIN
		-613	954	-49807	-11282	-8675	-14	MAX
		-613	-479	-58010	8420	-80912	-14	MIN
		-613	-854	-49745	10105	-8675	-14	MAX
		613	-854	-55929	12168	62857	14	MIN
		-613	954	-49807	-11282	-8675	-14	MAX
		613	-854	-49745	10105	8679	14	MIN
		613	-854	-55929	12168	-45499	14	MAX
		613	579	-58034	-4093	80917	14	MIN
		613	954	-55992	-9218	-45499	14	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 2	1189	-645	228	-45343	1281	13697	-11	MIN
		645	-829	-45348	4864	-50500	11	MAX
		645	-300	-47407	3760	26846	11	MIN
		-645	891	-39117	-3010	-3679	-11	MAX
		-645	363	-47365	1533	-75916	-11	MIN
		-645	228	-45343	1281	50500	-11	MAX
		645	-166	-45306	2637	-13697	11	MIN
		-645	891	-39117	-3010	-3679	-11	MAX
		-645	891	-39117	-3010	-3679	-11	MIN
		645	-829	-45348	4864	-50500	11	MAX
		645	-300	-47407	3760	75916	11	MIN
		645	-166	-45306	2637	-50500	11	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 3	158	-627	-264	-57299	5791	-64521	-6	MIN
		-627	-360	-51071	5089	-10343	-6	MAX
		627	43	-59352	2135	82586	6	MIN
		627	351	-51097	-4961	10348	6	MAX
		-627	43	-59352	2135	-82580	-6	MIN
		-627	-360	-57255	7153	-64521	-6	MAX
		627	255	-57238	-1535	64527	6	MIN
		627	351	-57282	-2897	-43830	6	MAX
		-627	255	-51054	-3599	-10343	-6	MIN
		-627	-360	-57255	7153	43835	-6	MAX
		627	-52	-59308	3497	82586	6	MIN
		627	351	-54189	-3930	46125	6	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 4	113	-627	-42	-57709	2722	-64971	-1	MIN
		-627	-583	-51449	8640	-10793	-1	MAX
		627	245	-59770	-864	-12368	1	MIN
		627	532	-51523	-7889	10799	1	MAX
		-627	-296	-59894	7118	-83031	-1	MIN
		-627	-583	-57633	10704	-64971	-1	MAX
		627	-8	-57633	2157	64977	1	MIN
		627	532	-57708	-5825	-43379	1	MAX
		-627	-8	-51448	93	-10793	-1	MIN
		-627	-583	-57633	10704	43385	-1	MAX
		627	245	-59770	-864	83036	1	MIN
		627	532	-51523	-7889	10799	1	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 5	68	-618	-153	-57835	4360	43503	4	MIN
		-618	-374	-51422	5590	-10675	4	MAX
		-618	121	-59894	950	-82912	4	MIN
		618	395	-51646	-5899	10681	-4	MAX
		-618	-100	-59866	4243	-82912	4	MIN
		618	-374	-57607	7653	-43497	-4	MAX
		618	174	-57602	-542	-43497	-4	MIN
		618	395	-57830	-3836	64859	-4	MAX
		618	174	-51417	-2606	10681	-4	MIN
		-618	-374	-57607	7653	-64853	4	MAX
		618	121	-59894	950	82918	-4	MIN
		-618	395	-57830	-3836	43503	4	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 6	23	-618	799	-57676	-9827	-64851	-1	MIN
		618	-707	-51549	10521	10679	1	MAX
		618	-444	-59799	9348	82916	1	MIN
		-618	799	-51492	-11891	-10673	-1	MAX
		-618	536	-59733	-5214	-82910	-1	MIN
		-618	-707	-54641	11552	-46449	-2	MAX
		618	-707	-57733	12585	64857	1	MIN
		-618	799	-57676	-9827	43505	-1	MAX
		-618	273	-51482	-4041	-10673	-1	MIN
		618	-707	-57733	12585	-43499	1	MAX
		618	-444	-59799	9348	82916	1	MIN
		618	799	-57676	-9827	64857	2	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 7	740	-641	30	-55176	1740	-62328	1	MIN
		641	-736	-48983	7642	8153	-1	MAX
		641	-353	-57233	6411	80391	-1	MIN
		-641	809	-48961	-8402	-8150	1	MAX
		-641	-353	-57233	6411	-80387	1	MIN
		641	30	-52084	707	-27624	-1	MAX
		641	43	-55136	1628	62331	-1	MIN
		-641	809	-55146	-6338	46028	1	MAX
		-641	43	-48952	-436	-8150	1	MIN
		641	-736	-55167	9706	-46025	-1	MAX
		641	426	-57202	-1667	80391	-1	MIN
		-641	43	-55136	1628	46028	1	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 8	807	-640	327	-55062	-1258	46189	3	MIN
		640	-450	-55054	6631	62171	-3	MAX
		640	-61	-57119	3374	80230	-3	MIN
		-640	462	-48826	-4696	-7990	3	MAX
		-640	-61	-57119	3374	-80227	3	MIN
		640	327	-55062	-1258	62171	-3	MAX
		640	-314	-55002	5256	-46185	-3	MIN
		-640	462	-48826	-4696	-7990	3	MAX
		-640	-314	-48818	3193	-7990	3	MIN
		640	-450	-55054	6631	62171	-3	MAX
		640	74	-57068	2000	80230	-3	MIN
		-640	-314	-48818	3193	-7990	3	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 9	1144	-645	-192	-45347	2748	13599	4	MIN
		645	-841	-39122	2964	-3776	4	MAX
		645	294	-47406	1719	76014	-4	MIN
		645	780	-39158	-2750	3776	-4	MAX
		-645	-355	-47365	3999	-76014	4	MIN
		645	131	-45302	1594	-50402	-4	MAX
		645	131	-45302	1594	-13599	-4	MIN
		645	780	-45343	-686	-50402	-4	MAX
		-645	131	-39117	-469	-3776	4	MIN
		-645	-841	-45306	5028	50402	4	MAX
		645	294	-47406	1719	76014	-4	MIN
		-645	-192	-39163	684	-3776	4	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 10	413	-621	122	-53257	-472	26578	6	MIN
		621	-872	-50132	10852	-9199	5	MAX
		621	450	-58406	-2845	-13964	-5	MIN
		621	778	-50154	-9690	9203	-5	MAX
		-621	450	-58406	-2845	-81436	6	MIN
		621	-872	-50132	10852	9203	-6	MAX
		621	-215	-56305	4730	-8172	-6	MIN
		621	778	-56339	-7626	63382	-5	MAX
		-621	-215	-50121	2666	-9199	5	MIN
		-621	-872	-56316	12916	-63377	5	MAX
		621	-544	-58372	9511	81441	-6	MIN
		-621	778	-56339	-7626	44979	6	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 11	474	-609	-1183	-56311	16731	45201	11	MIN
		609	-1183	-50126	14667	-8977	11	MAX
		-609	-852	-58360	13314	-81214	11	MIN
		609	1036	-50066	-12851	8981	-11	MAX
		-609	-852	-58360	13314	-81214	11	MIN
		609	-1183	-56311	16731	-45197	-11	MAX
		609	1036	-56250	-10787	-45197	-11	MIN
		609	1036	-56250	-10787	63159	-11	MAX
		-609	1036	-50066	-12851	8981	-11	MIN
		-609	-1183	-56311	16731	-63155	11	MAX
		609	706	-58324	-5994	81219	-11	MIN
		-609	1036	-56250	-10787	45202	11	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
SPALLA 1	2039	-318	-368	-16594	74	-38506	0	MIN
		318	-368	-12237	74	780	0	MAX
		-318	-368	-18023	74	17232	0	MIN
		318	0	-16594	0	-36947	0	MAX
		-318	0	-17985	0	-51081	0	MIN
		-318	0	-17985	0	49522	0	MAX
		318	0	-16543	0	38506	0	MIN
		-318	0	-16594	0	-38506	0	MAX
		318	0	-12237	0	780	0	MIN
		-318	-368	-12237	74	-780	0	MAX
		318	-368	-18023	74	51081	0	MIN
		318	-368	-12276	74	780	0	MAX

COMBINAZIONE SLU-A1 - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
SPALLA 2	2036	-320	368	-16602	-74	-38509	0	MIN
		-320	0	-12296	0	-783	0	MAX
		-320	368	-18033	-74	17229	0	MIN
		-320	368	-17977	-74	-51085	0	MAX
		-320	0	-17977	0	-51085	0	MIN
		320	368	-18033	-74	-49519	0	MAX
		320	0	-16537	0	38509	0	MIN
		320	368	-17977	-74	-49519	0	MAX
		320	0	-12231	0	783	0	MIN
		320	0	-12296	0	783	0	MAX
		320	368	-18033	-74	51085	0	MIN
		-320	0	-12240	0	-783	0	MAX

SLU - GEO

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 1	529	-531	802	-42166	-7726	-53670	-12	MIN
		531	-719	-42113	10261	-38630	12	MAX
		-531	482	-43905	-3360	-69054	-12	MIN
		-531	802	-36898	-9484	-7518	-12	MAX
		-531	-399	-43885	7067	-69054	-12	MIN
		-531	-719	-36845	8503	-7518	-12	MAX
		531	-719	-42113	10261	53673	12	MIN
		-531	802	-36898	-9484	-7518	-12	MAX
		531	-719	-36845	8503	7522	12	MIN
		531	-719	-42113	10261	-38630	12	MAX
		531	482	-43905	-3360	69057	12	MIN
		531	802	-42166	-7726	-38630	12	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 2	1189	-559	200	-34276	1073	11613	-9	MIN
		559	-700	-34280	4125	-42964	9	MAX
		-559	-250	-36034	3185	22923	9	MIN
		-559	752	-28973	-2541	-3188	-9	MAX
		-559	302	-35999	1329	-64724	-9	MIN
		-559	200	-34276	1073	42964	-9	MAX
		559	-148	-34245	2269	-11613	9	MIN
		-559	752	-28973	-2541	-3188	-9	MAX
		-559	752	-28973	-2541	-3188	-9	MIN
		559	-700	-34280	4125	-42964	9	MAX
		559	-250	-36034	3185	64724	9	MIN
		559	-148	-34245	2269	-42964	9	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 3	158	-544	-226	-43134	4945	-55116	-5	MIN
		-544	-305	-37829	4322	-8964	-5	MAX
		544	36	-44882	1830	70504	5	MIN
		544	298	-37851	-4215	8968	5	MAX
		-544	36	-44882	1830	-70500	-5	MIN
		-544	-305	-43097	6080	-55116	-5	MAX
		544	218	-43082	-1322	55120	5	MIN
		544	298	-43119	-2457	-37184	5	MAX
		-544	218	-37814	-3080	-8964	-5	MIN
		-544	-305	-43097	6080	37188	-5	MAX
		544	-44	-44846	2965	70504	5	MIN
		544	298	-40485	-3337	39445	5	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 4	113	-543	-41	-43437	2385	-55506	-1	MIN
		-543	-491	-38107	7279	-9354	-1	MAX
		543	204	-45193	-669	-10376	1	MIN
		543	449	-38169	-6653	9359	1	MAX
		-543	-246	-45130	5983	-70890	-1	MIN
		-543	-491	-43375	9037	-55506	-1	MAX
		543	-2	-43374	1756	55510	1	MIN
		543	449	-43437	-4895	-36793	1	MAX
		-543	-2	-38106	-2	-9354	-1	MIN
		-543	-491	-43375	9037	36797	-1	MAX
		543	204	-45193	-669	70894	1	MIN
		543	449	-38169	-6653	9359	1	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 5	68	-535	-133	-43540	3748	36900	3	MIN
		-535	-317	-38081	4734	-9252	3	MAX
		-535	101	-45294	843	-70788	3	MIN
		535	334	-38268	-4992	9256	-3	MAX
		-535	-83	-45103	3587	-70788	3	MIN
		535	-317	-43349	6492	-36896	-3	MAX
		535	150	-43345	-490	-36896	-3	MIN
		535	334	-43536	-3234	55408	-3	MAX
		535	150	-38077	-2248	9256	-3	MIN
		-535	-317	-43349	6492	-55404	3	MAX
		535	101	-45294	843	70792	-3	MIN
		-535	334	-43536	-3234	36900	3	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 6	23	-535	671	-43407	-8224	-55402	-1	MIN
		535	-594	-38186	8840	9255	1	MAX
		535	-370	-45215	7841	70790	1	MIN
		-535	671	-38139	-9982	-9250	-1	MAX
		-535	447	-45159	-4294	-70786	-1	MIN
		-535	-594	-40821	9718	-39726	-1	MAX
		535	-594	-43455	10598	55406	1	MIN
		-535	671	-43407	-8224	36902	-1	MAX
		-535	223	-38131	-3295	-9250	-1	MIN
		535	-594	-43455	10598	-36897	1	MAX
		535	-370	-45215	7841	70790	1	MIN
		535	671	-43407	-8224	55406	1	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 7	740	-556	32	-41560	1414	-53215	1	MIN
		556	-621	-36284	6442	7066	-1	MAX
		556	-294	-43312	5393	68602	-1	MIN
		-556	682	-36266	-7075	-7063	1	MAX
		-556	-294	-43312	5393	-68599	1	MIN
		556	32	-38926	535	-23411	-1	MAX
		556	29	-41527	1468	53218	-1	MIN
		-556	682	-41535	-5317	39088	1	MAX
		-556	29	-36259	-290	-7063	1	MIN
		556	-621	-41552	8200	-39086	-1	MAX
		556	355	-43287	-1338	68602	-1	MIN
		-556	29	-41527	1468	39088	1	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 8	807	-555	280	-41476	-1083	39227	3	MIN
		555	-382	-41470	5637	53079	-3	MAX
		555	-51	-43229	2863	68463	-3	MIN
		-555	392	-36165	-3987	-6925	3	MAX
		-555	-51	-43229	2863	-68460	3	MIN
		555	280	-41476	-1083	53079	-3	MAX
		555	-269	-41427	4492	-39225	-3	MIN
		-555	392	-36165	-3987	-6925	3	MAX
		-555	-269	-36159	2734	-6925	3	MIN
		555	-382	-41470	5637	53079	-3	MAX
		555	62	-43186	1718	68463	-3	MIN
		-555	-269	-36159	2734	-6925	3	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 9	1144	-559	-169	-34280	2360	11529	3	MIN
		559	-710	-28977	2502	-3273	3	MAX
		559	245	-36034	1483	64808	-3	MIN
		559	659	-29008	-2323	3273	-3	MAX
		-559	-296	-36000	3384	-64808	3	MIN
		559	118	-34242	1335	-42879	-3	MAX
		559	118	-34242	1335	-11529	-3	MIN
		559	659	-34276	-665	-42879	-3	MAX
		-559	118	-28974	-423	-3273	3	MIN
		-559	-710	-34245	4260	42879	3	MAX
		559	245	-36034	1483	64808	-3	MIN
		-559	-169	-29011	602	-3273	3	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 10	413	-538	95	-39796	-299	22504	5	MIN
		538	-733	-37134	9119	-7973	5	MAX
		538	375	-44181	-2320	-11759	-5	MIN
		538	655	-37152	-8151	7976	-5	MAX
		-538	375	-44181	-2320	-69508	5	MIN
		538	-733	-37134	9119	7976	-5	MAX
		538	-173	-42392	3904	-6825	-5	MIN
		538	655	-42420	-6393	54128	-5	MAX
		-538	-173	-37124	2146	-7973	5	MIN
		-538	-733	-42402	10878	-54124	5	MAX
		538	-453	-44153	7977	69512	-5	MIN
		-538	655	-42420	-6393	38179	5	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 11	474	-528	-992	-42402	14057	38372	10	MIN
		528	-992	-37134	12299	-7780	10	MAX
		-528	-710	-44148	11146	-69316	10	MIN
		528	870	-37083	-10785	7783	-10	MAX
		-528	-710	-44148	11146	-69316	10	MIN
		528	-992	-42402	14057	-38368	-10	MAX
		528	870	-42351	-9027	-38368	-10	MIN
		528	870	-42351	-9027	53935	-10	MAX
		528	870	-37083	-10785	7783	-10	MIN
		-528	-992	-42402	14057	-53932	10	MAX
		528	588	-44117	-4944	69319	-10	MIN
		-528	870	-42351	-9027	38372	10	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
SPALLA 1	2039	-276	-273	-12773	55	-32813	0	MIN
		276	-273	-9062	55	676	0	MAX
		-276	-273	-13990	55	14668	0	MIN
		276	0	-12773	0	-31462	0	MAX
		-276	0	-13959	0	-43525	0	MIN
		-276	0	-13959	0	42174	0	MAX
		276	0	-12731	0	32813	0	MIN
		-276	0	-12773	0	-32813	0	MAX
		276	0	-9062	0	676	0	MIN
		-276	-273	-9062	55	-676	0	MAX
		276	-273	-13990	55	43525	0	MIN
		276	-273	-9094	55	676	0	MAX

COMBINAZIONE SLU-A2 (GEO) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
SPALLA 2	2036	-277	273	-12780	-55	-32816	0	MIN
		-277	0	-9112	0	-678	0	MAX
		-277	273	-13999	-55	14665	0	MIN
		-277	273	-13952	-55	-43528	0	MAX
		-277	0	-13952	0	-43528	0	MIN
		277	273	-13999	-55	-42171	0	MAX
		277	0	-12725	0	32816	0	MIN
		277	273	-13952	-55	-42171	0	MAX
		277	0	-9057	0	678	0	MIN
		277	0	-9112	0	678	0	MAX
		277	273	-13999	-55	43528	0	MIN
		-277	0	-9065	0	-678	0	MAX

Sisma - SLV

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 1	529	-5947	-2236	-37062	-21211	-77850	-839	MIN
		-1784	-7452	-37508	-70703	-23358	-254	MAX
		-1784	-7452	-37508	-70703	-23358	-254	MIN
		-1784	-7452	-37508	-70703	-23358	-254	MAX
		-5947	-2236	-37062	-21211	-77850	-839	MIN
		-5947	-2236	-37062	-21211	-77850	-839	MAX
		5947	2236	-36679	21211	77853	839	MIN
		1784	7452	-36232	70703	23361	254	MAX
		1784	7452	-36232	70703	23361	254	MIN
		1784	7452	-36232	70703	23361	254	MAX
		5947	2236	-36679	21211	77853	839	MIN
		5947	2236	-36679	21211	77853	839	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 2	1189	-6508	-2487	-29438	-8388	-32618	-810	MIN
		-1953	-8290	-30474	-27961	-9788	-246	MAX
		-1953	-8290	-30474	-27961	-9788	-246	MIN
		-1953	-8290	-30474	-27961	-9788	-246	MAX
		-6508	-2487	-29438	-8388	-32618	-810	MIN
		-6508	-2487	-29438	-8388	-32618	-810	MAX
		6508	2487	-28550	8388	32618	810	MIN
		1953	8290	-27514	27961	9788	246	MAX
		1953	8290	-27514	27961	9788	246	MIN
		1953	8290	-27514	27961	9788	246	MAX
		6508	2487	-28550	8388	32618	810	MIN
		6508	2487	-28550	8388	32618	810	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 3	158	-6835	-1435	-38277	-17884	-104630	-671	MIN
		-2050	-4783	-39294	-59614	-31391	-204	MAX
		-2050	-4783	-39294	-59614	-31391	-204	MIN
		-2050	-4783	-39294	-59614	-31391	-204	MAX
		-6835	-1435	-38277	-17884	-104630	-671	MIN
		-6835	-1435	-38277	-17884	-104630	-671	MAX
		6835	1435	-37406	17884	104634	671	MIN
		2050	4783	-36390	59614	31395	204	MAX
		2050	4783	-36390	59614	31395	204	MIN
		2050	4783	-36390	59614	31395	204	MAX
		6835	1435	-37406	17884	104634	671	MIN
		6835	1435	-37406	17884	104634	671	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 4	113	-7084	-1339	-38599	-17401	-113345	-644	MIN
		-2125	-4464	-39668	-58004	-34005	-195	MAX
		-2125	-4464	-39668	-58004	-34005	-195	MIN
		-2125	-4464	-39668	-58004	-34005	-195	MAX
		-7084	-1339	-38599	-17401	-113345	-644	MIN
		-7084	-1339	-38599	-17401	-113345	-644	MAX
		7084	1339	-37682	17401	113349	644	MIN
		2125	4464	-36613	58004	34010	195	MAX
		2125	4464	-36613	58004	34010	195	MIN
		2125	4464	-36613	58004	34010	195	MAX
		7084	1339	-37682	17401	113349	644	MIN
		7084	1339	-37682	17401	113349	644	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 5	68	-7130	-1267	-38656	-17024	-114381	-286	MIN
		-2139	-4222	-39799	-56747	-34315	-88	MAX
		-2139	-4222	-39799	-56747	-34315	-88	MIN
		-2139	-4222	-39799	-56747	-34315	-88	MAX
		-7130	-1267	-38656	-17024	-114381	-286	MIN
		-7130	-1267	-38656	-17024	-114381	-286	MAX
		7130	1267	-37675	17024	114385	286	MIN
		2139	4222	-36532	56747	34320	88	MAX
		2139	4222	-36532	56747	34320	88	MIN
		2139	4222	-36532	56747	34320	88	MAX
		7130	1267	-37675	17024	114385	286	MIN
		7130	1267	-37675	17024	114385	286	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 6	23	-6935	-1440	-38726	-17903	-111297	-1406	MIN
		-2080	-4799	-40034	-59675	-33391	-425	MAX
		-2080	-4799	-40034	-59675	-33391	-425	MIN
		-2080	-4799	-40034	-59675	-33391	-425	MAX
		-6935	-1440	-38726	-17903	-111297	-1406	MIN
		-6935	-1440	-38726	-17903	-111297	-1406	MAX
		6935	1440	-37605	17903	111302	1406	MIN
		2080	4799	-36297	59675	33395	425	MAX
		2080	4799	-36297	59675	33395	425	MIN
		2080	4799	-36297	59675	33395	425	MAX
		6935	1440	-37605	17903	111302	1406	MIN
		6935	1440	-37605	17903	111302	1406	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 7	740	-6680	-2384	-36842	-20437	-78535	-195	MIN
		-2004	-7947	-38160	-68124	-23563	-61	MAX
		-2004	-7947	-38160	-68124	-23563	-61	MIN
		-2004	-7947	-38160	-68124	-23563	-61	MAX
		-6680	-2384	-36842	-20437	-78535	-195	MIN
		-6680	-2384	-36842	-20437	-78535	-195	MAX
		6680	2384	-35712	20437	78538	195	MIN
		2004	7947	-34393	68124	23565	61	MAX
		2004	7947	-34393	68124	23565	61	MIN
		2004	7947	-34393	68124	23565	61	MAX
		6680	2384	-35712	20437	78538	195	MIN
		6680	2384	-35712	20437	78538	195	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 8	807	-6059	-3016	-36788	-22482	-69846	-341	MIN
		-1818	-10054	-38196	-74939	-20956	-106	MAX
		-1818	-10054	-38196	-74939	-20956	-106	MIN
		-1818	-10054	-38196	-74939	-20956	-106	MAX
		-6059	-3016	-36788	-22482	-69846	-341	MIN
		-6059	-3016	-36788	-22482	-69846	-341	MAX
		6059	3016	-35582	22482	69848	341	MIN
		1818	10054	-34175	74939	20959	106	MAX
		1818	10054	-34175	74939	20959	106	MIN
		1818	10054	-34175	74939	20959	106	MAX
		6059	3016	-35582	22482	69848	341	MIN
		6059	3016	-35582	22482	69848	341	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 9	1144	-5332	-2468	-29748	-8683	-27498	-454	MIN
		-1600	-8226	-31508	-28943	-8253	-139	MAX
		-1600	-8226	-31508	-28943	-8253	-139	MIN
		-1600	-8226	-31508	-28943	-8253	-139	MAX
		-5332	-2468	-29748	-8683	-27498	-454	MIN
		-5332	-2468	-29748	-8683	-27498	-454	MAX
		5332	2468	-28240	8683	27498	454	MIN
		1600	8226	-26480	28943	8253	139	MAX
		1600	8226	-26480	28943	8253	139	MIN
		1600	8226	-26480	28943	8253	139	MAX
		5332	2468	-28240	8683	27498	454	MIN
		5332	2468	-28240	8683	27498	454	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 10	413	-4586	-1850	-37548	-19591	-62992	-502	MIN
		-1376	-6165	-38488	-65303	-18901	-153	MAX
		-1376	-6165	-38488	-65303	-18901	-153	MIN
		-1376	-6165	-38488	-65303	-18901	-153	MAX
		-4586	-1850	-37548	-19591	-62992	-502	MIN
		-4586	-1850	-37548	-19591	-62992	-502	MAX
		4586	1850	-36741	19591	62995	502	MIN
		1376	6165	-35800	65303	18904	153	MAX
		1376	6165	-35800	65303	18904	153	MIN
		1376	6165	-35800	65303	18904	153	MAX
		4586	1850	-36741	19591	62995	502	MIN
		4586	1850	-36741	19591	62995	502	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
PILA 11	474	-3952	-1967	-37326	-20132	-53923	-556	MIN
		-1186	-6558	-37836	-67106	-16185	-170	MAX
		-1186	-6558	-37836	-67106	-16185	-170	MIN
		-1186	-6558	-37836	-67106	-16185	-170	MAX
		-3952	-1967	-37326	-20132	-53923	-556	MIN
		-3952	-1967	-37326	-20132	-53923	-556	MAX
		3952	1967	-36888	20132	53926	556	MIN
		1186	6558	-36378	67106	16189	170	MAX
		1186	6558	-36378	67106	16189	170	MIN
		1186	6558	-36378	67106	16189	170	MAX
		3952	1967	-36888	20132	53926	556	MIN
		3952	1967	-36888	20132	53926	556	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
SPALLA 1	2039	-2796	-273	-9189	55	-5006	0	MIN
		-839	-273	-9440	55	-1505	0	MAX
		-839	-273	-9440	55	-1505	0	MIN
		-839	0	-9440	0	-1505	0	MAX
		-2796	0	-9189	0	-5006	0	MIN
		-2796	0	-9189	0	-5006	0	MAX
		2796	0	-8975	0	5006	0	MIN
		839	0	-8724	0	1505	0	MAX
		839	0	-8724	0	1505	0	MIN
		839	-273	-8724	55	1505	0	MAX
		2796	-273	-8975	55	5006	0	MIN
		2796	-273	-8975	55	5006	0	MAX

COMBINAZIONE SLV (Sisma) - RIFERIMENTO GLOBALE								
Nodo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		
(-)	Longitudinale	Trasversale	Verticale	Trasversale	Longitudinale	Torcente		
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)		
SPALLA 2	2036	-1791	273	-9204	-55	-3212	0	MIN
		-537	0	-9487	0	-975	0	MAX
		-537	273	-9487	-55	-975	0	MIN
		-537	273	-9487	-55	-975	0	MAX
		-1791	0	-9204	0	-3212	0	MIN
		-1791	273	-9204	-55	-3212	0	MAX
		1791	0	-8960	0	3212	0	MIN
		537	273	-8677	-55	975	0	MAX
		537	0	-8677	0	975	0	MIN
		537	0	-8677	0	975	0	MAX
		1791	273	-8960	-55	3212	0	MIN
		1791	0	-8960	0	3212	0	MAX