

S.S.131 "Carlo Felice"
 Completamento itinerario Sassari – Olbia.
 Potenziamento e messa in sicurezza S.S.131
 dal km 192+500 al km 209+500.
 2° Lotto dal km 202+000 al km 209+500

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA357

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Salvatore Frasca

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:




OPERE D'ARTE MAGGIORI
VI04 – VIADOTTO RIO OLIA 2

Relazione tecnica e di calcolo – Carreggiata destra




CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	CA357_P00VI04STRRE02_A			
DPCA0357	D 20	CODICE ELAB.	P00VI04STRRE02	A	—
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	GIU. 2021	F.SALUTE	G.PIAZZA	G.PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO


SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

INDICE


1	GENERALITA'	6
1.1	OGGETTO.....	6
1.2	VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA.....	6
1.2.1	<i>Vita Nominale V_n</i>	6
1.2.2	<i>Classi d'Uso</i>	6
1.2.3	<i>Periodo di Riferimento per l'azione sismica</i>	7
1.3	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	7
1.4	CONSIDERAZIONI SULLE METODOLOGIE COSTRUTTIVE.....	9
2	NORMATIVE E RIFERIMENTI.....	11
3	NORME TECNICHE.....	11
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO.....	12
4.1	CALCESTRUZZI	12
4.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i>	12
4.1.2	<i>Copriferrini nominali</i>	13
4.1.3	<i>Resistenze di progetto</i>	15
4.1.4	<i>Verifiche a fessurazione</i>	16
4.2	ACCIAIO IN BARRE PER CEMENTO ARMATO E RETI ELETTRISALDATE	18
4.2.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	18
4.2.2	<i>Resistenze di progetto</i>	18
4.3	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA	19
4.3.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	19
4.3.2	<i>Resistenze di progetto</i>	19
4.4	CONNETTORI A PIOLO TIPO NELSON.....	20
4.4.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	20
4.4.2	<i>Resistenze di progetto</i>	20
4.5	GIUNZIONI BULLONATE	20
4.5.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	20

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	


4.5.2	<i>Resistenze di progetto</i>	20
4.6	GIUNZIONI SALDATE	21
5	AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO	22
5.1	ELENCO DELLE AZIONI SUI PONTI STRADALI	22
5.2	ANALISI DEI CARICHI IMPALCATO CARREGGIATA	22
5.2.1	<i>Azioni permanenti - Peso proprio degli elementi strutturali – g1</i>	23
5.2.2	<i>Azioni permanenti - Carichi permanenti portati – g2</i>	23
5.2.3	<i>Azioni permanenti - Spinta delle terre in condizioni statiche – g3</i>	24
5.2.4	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Effetti reologici: ritiro e viscosità – ϵ_2 e ϵ_3</i>	24
5.2.5	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – ϵ_4</i>	27
5.2.6	<i>Azioni variabili da traffico - Carichi verticali comprensivi degli effetti dinamici – q1</i>	27
5.2.7	<i>Azioni variabili da traffico – Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione – q3</i>	30
5.2.8	<i>Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q4</i>	30
5.2.9	<i>Azioni di Neve e di Vento – q5</i>	30
5.2.10	<i>Azioni della temperatura – q7</i>	34
5.2.11	<i>Azioni sui parapetti e urto veicolo in svio – q8</i>	36
5.2.12	<i>Resistenze parassite dei vincoli – q9</i>	38
5.2.13	<i>Azioni sismiche – E</i>	38
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	43
5.3.1	<i>Combinazioni di carico in esercizio</i>	43
5.3.2	<i>Combinazioni di carico in fase sismica</i>	46
6	ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO	47
6.1	CRITERI DI CALCOLO	47
6.1.1	<i>Analisi globale</i>	47
6.1.2	<i>Analisi locali</i>	49
6.2	ANALISI STATICA GLOBALE	49
6.2.2	<i>Applicazione dei carichi al modello</i>	50
6.2.3	<i>Sollecitazioni di progetto</i>	51
6.3	VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI.....	63
6.3.1	<i>Verifiche di resistenza SLU</i>	63

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

6.3.2	Verifiche SLE "a respiro" delle anime	72
6.3.3	Verifiche agli SLE-RARA delle travi principali	73
6.3.4	Verifiche a fatica	76
6.3.5	Verifiche SLU delle saldature longitudinali	83
6.3.6	Verifiche delle connessioni a pioli.....	84
6.4	VERIFICHE SLE DI DEFORMABILITÀ DELLA STRUTTURA	86
6.5	VERIFICA DELLA SOLETTA IN C.A.	87
6.5.1	Verifica delle predalles in fase di autoportanza	88
6.5.2	Verifiche della soletta in esercizio (2° fase).....	94
7	ANALISI E VERIFICA DELLE SPALLE	129
7.1	ANALISI DELLA PALIFICATA	129
7.2	CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE	130
7.3	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE	131
7.4	DIMENSIONAMENTO DELLE SINGOLE MEMBRATURE DELLE SPALLE.....	140
7.4.1	Zattera di fondazione	140
7.4.2	Mensola posteriore	140
7.4.3	Muro frontale.....	140
7.4.4	Paraghiaia.....	140
7.4.5	Muri di risvolto.....	141
7.4.6	Verifiche di resistenza a taglio.....	142
8	VERIFICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E GIUNTI DI DILATAZIONE	143
8.1	APPARECCHI DI APPOGGIO	143
8.1.1	Carichi verticali trasmessi dall'impalcato	143
8.1.2	Carichi orizzontali trasmessi dall'impalcato	143
8.2	ESCURSIONI DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO E DEI GIUNTI DI DILATAZIONE.....	145
8.3	RIEPILOGO CARATTERISTICHE DI PROGETTO DISPOSITIVI DI VINCOLO E GIUNTI	146
9	VERIFICHE GEOTECNICHE SLU ED SLE DELLE FONDAZIONI SU PALI	148
9.1	CRITERI DI CALCOLO	148
9.1.1	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione	149

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

17	ALLEGATO 7 – SOTTOSTRUTTURE: SPALLA SPA	176
18	ALLEGATO 8 – SOTTOSTRUTTURE: SPALLA SPB	177
19	ALLEGATO 9 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI ASSIALI	178

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

1 GENERALITA'

1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche relative alle strutture del Viadotto "VI-04 – Viadotto Rio Olia 2" dalla progressiva km 3+272.31 alla progressiva km 3+332.31, previsto nell'ambito dei lavori di realizzazione della "S.S. 131 Carlo Felice – Completamento itinerario Sassari-Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 – 2° lotto dal km 202 al km 209+500".

Il viadotto è composto da 1 campata di luce pari a 60.0 m.

Le analisi relative alla carreggiata sinistra sono riportate nel seguente elaborato: "Relazione tecnica e di calcolo VI04 – Viadotto Rio Olia 2 - Carreggiata sinistra".

Le analisi e le verifiche statiche sono condotte conformemente al livello di Progettazione Definitiva di cui trattasi e mirano al dimensionamento degli elementi principali per consentirne una piena definizione dal punto di vista prestazionale ed economico (§art. 26 e 29 D.P.R. 5/10/2010, n°207).

Le analisi e le verifiche degli aspetti di dettaglio, saranno sviluppate nella successiva fase di Progettazione Esecutiva.

1.2 Vita Nominale di progetto, Classe d'uso e Periodo di Riferimento dell'opera

1.2.1 Vita Nominale V_N

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. (§ 2.4.1 NTC2018). Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 1.1 – Valori minimi della Vita nominale V_n di progetto per i diversi tipi di costruzioni


In accordo con la Committenza Anas è stato assunto:

- Vita Nominale di progetto: $V_N = 50$ anni (costruzioni con livelli di prestazione ordinari).

1.2.2 Classi d'Uso

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite (§2.4.2 NTC2018):

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Relativamente alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, delle opere di cui trattasi, vi si attribuisce:

- Classe d'Uso: **IV**;
- Coefficiente d'Uso: $C_U = 2.0$.

1.2.3 Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento, impiegato nella valutazione delle azioni sismiche risulta pari a:

- Periodo di Riferimento: $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2.0 = 100$ anni.

1.3 Descrizione delle opere

Il tracciato planimetrico dell'asse principale, nel tratto lungo il quale si inserisce l'opera si sviluppa **in clotoide**.


Il viadotto della carreggiata destra è composto da un impalcato (strada **Extraurbana principale di Categoria B**, ai sensi del DM2001), aventi larghezza pari a **11.25 m**.

La piattaforma stradale ha larghezza pari a **9.75 m**, fiancheggiata da elementi marginali costituiti da cordoli di larghezza **0.75 m** in dx e sx.

Gli impalcati sono a struttura mista acciaio-calcestruzzo, con sezione trasversale "aperta" costituita da **due** travi metalliche principali di altezza costante pari a **3.25 m**.

La distanza trasversale tra le travi è di **6.0 m**. Gli sbalzi laterali dell'impalcato hanno luci pari a **2.625 m** in sinistra ed in destra.

Le strutture in carpenteria metallica sono previste in acciaio autopatinabile (**COR-TEN**).

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

Le travi principali saranno realizzate mediante lamiere saldate.

Le anime delle travi principali saranno irrigidite da stiffners trasversali, composti da semplici piatti saldati, disposti in corrispondenza dei traversi.

Il graticcio d'impalcato è completato dai traversi, del tipo ad anima piena, posti in campata ed in corrispondenza degli allineamenti di appoggio. L'interasse tra i traversi è di 6.0 m. Anche i traversi hanno sezione a doppio T composta mediante lamiere saldate.

Per quanto attiene i collegamenti, i concetti delle travi principali saranno interamente saldati con saldature a Piena Penetrazione, mentre i collegamenti tra trasversi e travi principali saranno di tipo bullonato.

Le unioni bullonate previste per i collegamenti tra trasversi e travi principali saranno del tipo "AD ATTRITO", mentre le unioni relative ai controventi saranno "A TAGLIO".

I controventi a croce hanno esclusiva funzione di irrigidimento della struttura in fase di montaggio. Al termine della maturazione dei getti della soletta d'impalcato i controventi dovranno essere tassativamente rimossi.

La soletta di impalcato, solidarizzata alle travi principali, ha spessore costante pari a 31 cm. E' previsto l'impiego di lastre prefabbricate autoportanti (predalles) in c.a. di spessore pari a 7 cm tessute in direzione trasversale.

La solidarizzazione della soletta alla trave metallica sarà garantita tramite connettori a piolo tipo Nelson Ø22 con altezza di 220 mm.

Lo schema statico, con riferimento ai carichi verticali, è di trave ad 1 campata su 2 allineamenti di appoggio.

Nella figura seguente è riportata la sezione rappresentativa dell'impalcato:

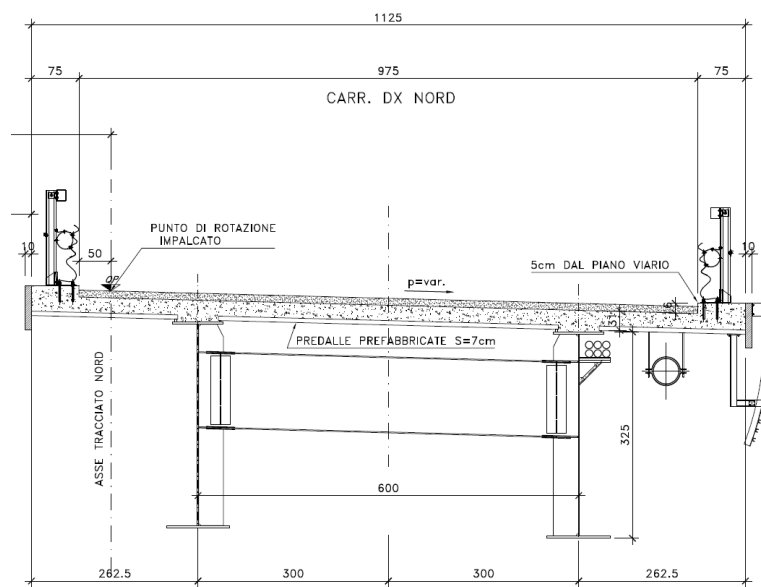



Figura 1.1. Sezione trasversale impalcato in campata

Lo schema di vincolo prevede l'adozione di apparecchi di appoggio in acciaio-teflon a disco elastomerico confinato.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

L'allineamento fisso per azioni orizzontali longitudinali è stato ubicato sulla spalla SPB.

Di contro, le azioni orizzontali trasversali vengono trasmesse a tutte le sottostrutture.

Alle estremità dell'impalcato sono previsti giunti di dilatazione in elastomero armato in corrispondenza della piattaforma carrabile e giunti di cordolo in corrispondenza degli elementi marginali.

Le spalle del ponte sono di tipo tradizionale con:

- **Spalla A:** muro frontale di altezza pari a **4.0** m con spessore del paramento frontale pari a **1.90** m;
- **Spalla B:** muro frontale di altezza pari a **2.75** m con spessore del paramento frontale pari a **2.90** m;
- paraghiaia di spessore **60** cm, debitamente arretrato rispetto alle travi d'impalcato in modo da garantire un varco di ampiezza adeguata alla manutenzione.

Per il dimensionamento dei muri d'ala prefabbricati e dei muri gettati in opera fra le spalle si rimanda alle relazioni di calcolo specifiche.

Le fondazioni delle spalle sono di tipo indiretto, costituite da zattere di spessore pari a **2.0** m con pali di diametro $\phi 1200$ in numero di:

- **4 x 3** per la spalla SPA e **4 x 2** per la spalla SPB.

Per il dimensionamento delle opere provvisorie necessarie alla realizzazione delle sottostrutture del ponte si rimanda alla relazione di calcolo relativa alle opere provvisorie.

1.4 Considerazioni sulle metodologie costruttive

La realizzazione dell'impalcato e delle sottostrutture relative al viadotto in oggetto è prevista in tre macrofasi.

Macrofase 1:

- Fase 1a: realizzazione delle paratie provvisorie di micropali per la Spalla A di entrambe le carreggiate e per la Spalla B della carreggiata destra;
- Fase 1b: realizzazione dello scavo di prima fase;


Macrofase 2:

- Fase 2a: realizzazione paratie di micropali delle pile della carreggiata sinistra;
- Fase 2b realizzazione dello scavo di seconda fase;
- Fase 2c: realizzazione delle sottostrutture pile lato carreggiata sinistra;
- Fase 2d: realizzazione delle sottostrutture delle carreggiata destra;

Macrofase 3:

- Fase 3a: realizzazione degli impalcati della carreggiata destra e sinistra;
- Fase 3b: completamento delle finiture delle carreggiate;

La struttura in carpenteria metallica sarà montata a terra per macroconci, successivamente varati in quota con l'ausilio di autogru di adeguata portata. Le travi principali di ciascun macroconco, saranno collegate alle porzioni già in opera mediante saldatura di testa a completa penetrazione.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	


La soletta in c.a. è prevista gettata in opera utilizzando coppelle prefabbricate autoportanti in c.a. contenenti le armature trasversali d'intradosso. Le coppelle sono provviste di aree libere in corrispondenza delle piattabande superiori delle travi, dove saranno posizionati i connettori a piolo.

Una volta disposte le coppelle sulla travata metallica si provvede alla posa dell'armatura integrativa e quindi al getto di completamento.

Le fasi di getto della soletta in direzione trasversale sono appresso dettagliate:

- Fase 1a: getto delle parti di soletta comprese tra le travi e degli sbalzi per 1.0 m dall'asse delle travi;
- Fase 1b: getto di completamento degli sbalzi.

In direzione longitudinale si effettueranno dapprima i getti delle zone di campata e successivamente i getti in corrispondenza delle pile. Successivamente, si provvederà alla realizzazione dei cordoli e delle finiture.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

2 NORMATIVE E RIFERIMENTI

Le analisi e le verifiche delle strutture sono state effettuate nel rispetto della seguente normativa vigente:

- [D_1]. DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>> (nel seguito indicate come NTC18).
- [D_2]. Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018, supplemento ordinario n° 5 alla G. U. n° 35 del 11/02/2019 (nel seguito indicate come CNTC18).
- [D_3]. Norma Europea UNI EN 206: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità (Dicembre 2016).
- [D_4]. Norma Italiana UNI 11104: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 (luglio 2016).


Altresì, ci si è riferiti agli Eurocodici secondo quanto specificato nel prosieguo della relazione.

Ulteriori riferimenti sono rappresentati dai seguenti documenti:

- [D_5]. Sètra – Eurocodes 3 and 4. Application to steel-concrete composite road bridges (july 2007).
- [D_6]. Sètra –Abaques pour la flexion locale de la dalle d'un bipoutre à entretois. Ouvrages d'art. (n.54 – mars 2007).

3 NORME TECNICHE

Il metodo di calcolo adottato è quello semiprobabilistico agli stati limite, con applicazione di coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni, variabili in ragione dello stato limite indagato.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO

4.1 Calcestruzzi

4.1.1 Caratteristiche ai fini della durabilità

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alle norme [D_3] e [D_4].

Relativamente alla scelta delle classi di esposizione, in accordo alla "Classificazione del livello di rischio di attacco del gelo per aree climatiche del territorio italiano" contenuta nell'appendice A alla norma [D_4], che attribuisce alla **Sardegna** un livello di rischio **Nullo**, è stata esclusa l'applicazione della classe XF (Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti), e conseguentemente della classe XD (corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare).

Analogamente è stata esclusa l'applicazione della classe XS (Corrosione indotta dai cloruri contenuti nell'acqua di mare).

Relativamente all'applicazione della classe XA (Attacco chimico da parte del terreno naturale e delle acque contenute nel terreno), le analisi chimiche eseguite su campioni di terreno e su acqua di falda ai sensi della norma UNI EN 206, hanno evidenziato acidità nei terreni e concentrazioni di CO₂ nell'acqua, tali da rientrare nei range illustrati nel prospetto 2 della norma [D_3].

Di seguito il prospetto di sintesi riportato nel report "Documentazione indagini ambientali", prodotto da TECNOIN (§4.4 – Attacco chimico del calcestruzzo).

Classe di esposizione per i terreni


Denominazione		Terreno				Classi di esposizione		
		\$02D_PZ (0-30)	\$12D_PZ CA1 (40-82,60 m)	\$18D_PZ (0-30)	\$18D_PZ (0-80)			
PARAMETRO	U. M.					XA1	XA2	XA3
Solfato (ione solfato)	mg/kg	112,84	112,06	125,39	28,60	2000-3000	2000-3000	12000-24000
Acidità	mL/kg	4	<5	340	<2	300	non incontrato	

Denominazione		Terreno				Classi di esposizione		
		\$22D (0-30)	\$26D_DH (2-3)	\$31HD CA3 (126-129,60 m)	Pz10D (0-2)			
PARAMETRO	U. M.					XA1	XA2	XA3
Solfato (ione solfato)	mg/kg	<0,5	28,40	120,72	<0,5	2000-3000	2000-3000	12000-24000
Acidità	mL/kg	<2	<2	<5	<2	300	non incontrato	

Classe di esposizione per le acque

Denominazione		Acqua			Classi di esposizioni		
		\$02D_PZ	\$13D_PZ	\$21D_PZ			
PARAMETRO	U. M.				XA1	XA2	XA3
Solfati (ione solfato)	mg/L	59,26	60,96	52,99	200-600	200-3000	3000-6000
pH	unità pH	7,51	7,54	7,65	5,5-8,5	4,5-5,5	4,0-4,5
Anidride carbonica (CO ₂)	mg/L	31,96	31,96	21,97	15-40	20-100	>100
Ammoniaca (ione ammonio)	mg/L	<0,4	<0,4	<0,4	15-30	30-50	60-100
Magnesio	mg/L	12,19	11,34	11,21	300-1000	1000-3000	>3000

Pertanto per le membrature di fondazione è prevista una classe di esposizione XA1.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Di seguito, per ciascun elemento viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, i range previsti per le dimensioni massime degli aggregati, la classe di consistenza, il valore massimo del rapporto acqua/cemento, il tipo di cemento da impiegare in funzione della parte d'opera e il contenuto minimo di cemento:

Di seguito, per ciascun elemento viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, i range previsti per le dimensioni massime degli aggregati, la classe di consistenza, il valore massimo del rapporto acqua/cemento, il tipo di cemento da impiegare in funzione della parte d'opera e il contenuto minimo di cemento:

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI (UNI EN 206-1 / UNI 11104)							
CALCESTRUZZO PER	Magrone di sottofondazione	Sottofondazioni - Pali trivellati e diaframmi	Fondazioni - Spalle e pile	Elevazioni - Spalle, pile e pulvini	Baggioli	Predalle prefabbricate	Getti in opera e cordoli marginali
Classe di resistenza (fck/Rck) (Mpa)	C12/15	C32/40	C32/40	C32/40	C35/45	C35/45	C35/45
Classe di esposizione ambientale	-	XC2 - AX1	XC2 - AX1	XC4	XC4	XC4	XC4
φ max inerti (mm)	Dupper	32	32	25	25	12	25
	Dlower	20	20	16	16	8	16
Classe di consistenza	-	S5	S4	S4	S5	S5	S5
Rapporto max acqua/cemento	-	0.5	0.5	0.5	0.45	0.45	0.45
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	150	340***	340** - ***	340**	360	360	360

Tabella 4.1 – Caratteristiche dei Calcestruzzi

* Cemento LH (Low Heat) a basso calore di idratazione.

** I contenuti di cemento indicati saranno verificati in sede di prequalifica, imponendo che il riscaldamento del calcestruzzo del nucleo in condizioni adiabatiche rispetti le seguenti condizioni:

- $\delta T_{3gg} \leq 35^\circ$ per getti di spessore non superiore a 2 m;
- $\delta T_{7gg} \leq 35^\circ$ per getti di spessore superiore a 2 m.

In ogni caso, dovrà essere garantito il rispetto delle classi di esposizione e resistenza sopra indicate.

*** cemento tipo SR resistente ai solfati secondo EN 197/1.

4.1.2 Copriferrini nominali

I valori minimi dello spessore dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferrino), ai fini della protezione delle armature dalla corrosione, sono riportati nella Tab. C4.1.IV delle circolari applicative §[D_2], nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tab. 4.1.IV delle NTC:


SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Tabella C4.1.IV - Copriferrini minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_0	ambiente	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

I valori della tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con Vita Nominale di 50 anni (tipo 2 della Tab. 2.4.1 delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (tipo 3 della citata Tab. 2.4.1), i valori della Tab. C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm.

Per la definizione del calcestruzzo nominale, ai valori minimi di copriferro vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

La tabella seguente illustra, i valori del calcestruzzo nominale, richiesti in base all'applicazione dei criteri sopra esposti e specializzati al caso in esame:

DETERMINAZIONE DEI COPRIFERRI NOMINALI SECONDO NTC2018

Dati generali relativi all'opera	Var	unità
Tipo di costruzione (1=temp. o provvisoria; 2 = prestazioni ordinarie; 3=prestazioni elevate)	TC	2
Vita nominale dell'opera	V_N	anni 50


Tabella C4.1.IV Copriferrini minimi in mm

ambiente	R_{ckmin}	R_{ck0}	barre da c.a.				cavi da c.a.p.			
			elementi a piastra		altri elementi		elementi a piastra		altri elementi	
			$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$
ordinario	30	45	15	20	20	25	25	30	30	35
aggressivo	37	50	25	30	30	35	35	40	40	45
molto ag.	45	55	35	40	40	45	5	50	50	50

Elemento	Sottofondazioni - Pali trivellati e diaframmi	Fondazioni - Spalle, pile e muri andatori	Elevazioni - Spalle e muri andatori	Elevazioni - Pile, pulvini e bagglioli	Solette Impalcato predalle	Soletta Impalcato getti in opera e cordoli marginali
Tipo di armatura (1=barre da c.a.; 2=cavi da c.a.p.)	1	1	1	1	1	1
Elemento a piastra	NO	SI	SI	NO	SI	SI
Classe di esposizione	XC2 - XA1	XC2 - XA1	XC4	XC4	XC4	XC4
Ambiente	aggressivo	aggressivo	aggressivo	aggressivo	aggressivo	aggressivo
Rck	Mpa 40	40	40	40	45	45
Check Rck min	OK	OK	OK	OK	OK	OK
copriferrino minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	mm 35	30	30	35	30	30
incremento Per $V_N=100$ (tipo di costruzione 3)	mm 0	0	0	0	0	0
elem. prefabbricato con ver. Copriferrini*	NO	NO	NO	NO	SI	NO
riduzione per produzioni con ver. Copriferrini	0	0	0	0	-5	0
Tolleranza di posa	mm 10	10	10	10	5	10
copriferrino nominale	mm 45	40	40	45	30	40

Tabella 4.2 – Valori dei copriferri nominali in base alle NTC2018

Relativamente alle predalle prefabbricate, trattandosi di elementi prodotti con sistemi sottoposti a controlli di qualità che comprendono la verifica dei copriferri, i valori minimi della Tab. C4.1.IV sono stati ridotti di 5 mm. Analogamente, per questi elementi le tolleranze di posa sono state limitate a 5 mm.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

I valori effettivamente adottati per i copriferri nominali di progetto tengono conto anche di criteri di uniformità e della volontà di garantire valori maggiori dei minimi di norma per superfici contro-terra e particolarmente per le opere di sottofondazione. In questo caso, si è fatto riferimento alla indicazione dell'EC2 (EN 1992-1-1), che fissa a 75 mm il valore da garantire per il copriferro di opere gettate direttamente contro il terreno:

Elemento		Sottofondazioni - Pali trivellati e diaframmi	Fondazioni - Spalle, pile e muri andatori	Elevazioni - Spalle e muri andatori	Elevazioni - Pile, pulvini e baggioli	Solette Impalcato pedalle	Soletta Impalcato getti in opera e cordoli marginali
copriferro nominale di progetto	mm	75	40	40	45	30	40

Tabella 4.3 – Valori dei copriferri nominali adottati in progetto

4.1.3 Resistenze di progetto


Calcestruzzo C32/40:

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	C32/40
Resistenza a compressione caratteristica cubica	R_{ck}	40
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	32
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	40.00
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	3.02
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	2.12
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	3.93
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.63
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	33346

STATI LIMITE ULTIMI	Var	
coefficiente γ_c	γ_c	1.50
coefficiente α_{cc}	α_{cc}	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	18.13
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.41

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	19.20
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	14.40
σ_t - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	2.52

ANCORAGGIO DELLE BARRE	Var	
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	3.18
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	2.22

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Calcestruzzo C35/45:

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	unità	C35/45
Resistenza a compressione caratteristica cubica	R_{ck}	Mpa	45
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	Mpa	35
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	Mpa	43.00
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	Mpa	3.21
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	Mpa	2.25
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	Mpa	4.17
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	3.85
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	34077

STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità	
coefficiente γ_c	γ_c		1.50
coefficiente α_{cc}	α_{cc}		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	Mpa	19.83
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	1.50

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	Mpa	21.00
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	Mpa	15.75
σ_t - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	Mpa	2.67

ANCORAGGIO DELLE BARRE	Var	unità	
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	Mpa	3.37
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	MPa	2.36

4.1.4 Verifiche a fessurazione

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:


Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame si considerano:

- Condizioni aggressive: per le verifiche a fessurazione della soletta, delle elevazioni di pile e spalle (classe di esposizione XC4) e per le verifiche a fessurazione delle fondazioni e delle sottofondazioni (classe di esposizione XA1).

La Tab. 4.1.IV stabilisce i criteri per la scelta degli stati limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali e del tipo di armatura:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Pertanto, nel caso in esame si ha:

- Verifiche a fessurazione – condizioni ambientali **Aggressive** – Armatura poco sensibile:
 - o Combinazione di azioni frequente: $w_k \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$
 - o Combinazione di azioni quasi permanente: $w_k \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

In alcuni casi, in accordo al par. §4.1.2.2.4.5, le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure sono state condotte senza calcolo diretto, verificando che la tensione di trazione dell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, sia contenuta entro i valori limite specificati nelle seguenti tabelle:


Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Diametro massimo ϕ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$	$w_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

Tabella C4.1.III - Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Spaziatura massima s delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$	$w_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

In rapporto a quanto specificato nelle precedenti tabelle è possibile individuare le tensioni limite dell'acciaio per ciascun diametro delle barre:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Tensioni limite in funzione diametro barre			
Diametro barre ϕ [mm]	Tensione max acciaio σ_s [Mpa]		
	$w_3=0.4\text{mm}$	$w_2=0.3\text{mm}$	$w_1=0.2\text{mm}$
40	160	114	93
36	180	137	111
32	200	160	129
30	207	171	138
28	213	183	147
26	220	194	156
24	227	204	164
22	233	213	173
20	240	222	182
18	260	231	191
16	280	240	200
14	300	260	220
12	320	280	240
10	360	320	260
8	360	360	280
6	360	360	320

4.2 Acciaio in barre per cemento armato e Reti Elettrosaldate


4.2.1 Qualità dell'acciaio

Acciaio in barre B450C in accordo a DM 17/01/2018 (Capitolo 11).

Le Reti Elettrosaldate (RES), potranno essere realizzate impiegando acciaio B450A con le limitazioni all'impiego previste nel capitolo 11 delle NTC2018.

4.2.2 Resistenze di progetto

Caratteristiche Acciaio per Calcestruzzo armato	Var	unità		
Qualità dell'acciaio			B450C	B450A
Tensione caratteristica di snervamento nominale	f_{yk}	Mpa	450	450
Tensione caratteristica a carico ultimo nominale	f_{tk}	Mpa	540	450
Modulo elastico	E_s	Mpa	210000	210000
diametro minimo della barra impiegabile	ϕ_{min}	mm	6	5
diametro massimo della barra impiegabile	ϕ_{max}	mm	40	10
STATI LIMITE ULTIMI				
	Var	unità		
coefficiente γ_s	γ_s		1.15	1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$	Mpa	391.3	391.3
STATI LIMITE DI ESERCIZIO				
	Var	unità		
$\sigma_{s,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{s,max}=0.8 f_{yk}$	Mpa	360.0	360.0

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

4.3 Acciaio per carpenteria metallica

4.3.1 Qualità dell'acciaio

La carpenteria metallica sarà realizzata in Acciaio del tipo autoprotetto (COR-TEN) delle seguenti caratteristiche:

Acciaio per strutture principali:

Elementi principali composti per saldatura o soggetti a saldatura:

- Acciaio **S355J0 W +N – UNI EN10025-5/2005** per spessori ≤ 20 mm;
- Acciaio **S355J2 W +N – UNI EN10025-5/2005** per spessori $20 \text{ mm} < t \leq$ di **40** mm;
- Acciaio **S355K2 W +N – UNI EN10025-5/2005** per spessori $t >$ di **40** mm.

Elementi non soggetti a saldature (angolari, profilati e piastre bullonate):


- Acciaio **S355J0 W+N – UNI EN10025-5/2005**.

Elementi non soggetti a saldature (angolari, profilati e piastre bullonate):

- Acciaio **S355J0 W+N – UNI EN10025-5/2005**.

4.3.2 Resistenze di progetto

Caratteristiche Acciaio da carpenteria metallica		Var	unità	UNI EN 10025
<u>Qualità dell'acciaio</u>				
Tensione caratteristica di snervamento	$t \leq 40 \text{ mm}$	f_{yk}	Mpa	355
Tensione caratteristica di rottura		f_{tk}	Mpa	510
Tensione caratteristica di snervamento	$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	f_{yk}	Mpa	335
Tensione caratteristica di rottura		f_{tk}	Mpa	510
Modulo elastico		Es	Mpa	210000
STATI LIMITE ULTIMI		Var	unità	
coeff. di sicurezza per resistenza delle sezioni γ_{m0}		γ_{m0}		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature γ_{m1}		γ_{m1}		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti γ_{m1}		γ_{m1}		1.10
coeff. di sicurezza per resistenza alla frattura, delle sez. Tese indebolite dai fori γ_{m2}		γ_{m2}		1.25
Resistenza plastica di calcolo		$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m0}$	Mpa	338.1
Resistenza all'instabilità delle membrature	$t \leq 40 \text{ mm}$	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m1}$	Mpa	338.1
Resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti		$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m1}$	Mpa	322.7
Resistenza alla frattura delle sez. Tese (indebolite dai fori)		$f_{yd}=0.9 f_{tk}/\gamma_{m2}$	Mpa	367.2
Resistenza plastica di calcolo		$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m0}$	Mpa	319.0
Resistenza all'instabilità delle membrature	$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m1}$	Mpa	319.0
Resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti		$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{m1}$	Mpa	304.5
Resistenza alla frattura delle sez. Tese (indebolite dai fori)		$f_{yd}=0.9 f_{tk}/\gamma_{m2}$	Mpa	408.0

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

4.4 Connettori a piolo tipo Nelson

4.4.1 Qualità dell'acciaio

Acciaio secondo UNI EN ISO 13918.

Acciaio **S235J2G3 + C450** o similare (ST37 – 3K DIN 50049).

4.4.2 Resistenze di progetto

CONNETTORI A PIOLO	Var	unità	
Qualità dell'acciaio			ex ST37-3K (S235J2+C)
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	Mpa	≥ 350
Tensione caratteristica di rottura	f_{uk}	Mpa	≥ 450
Allungamento percentuale a rottura	A	%	≥ 15
Strizione	St	%	≥ 50

4.5 Giunzioni bullonate

4.5.1 Qualità dell'acciaio

Tutte le giunzioni bullonate saranno realizzate con bulloneria da precarico ad Alta Resistenza (AR), conforme alla norma UNI EN 14399-1 e alle NTC2018 e recante marchiatura CE.

I bulloni avranno le seguenti caratteristiche:

- Viti di **Classe 10.9** secondo UNI EN 14399-4 e UNI EN ISO 898-1;
- Dadi **Classe 10** secondo UNI EN 14399-4 e UNI EN ISO 20898-2;
- Rondelle (rosette) secondo UNI EN 14399-6.


Le giunzioni bullonate dei collegamenti tra travi principali e trasversi saranno del tipo **ad attrito**.

Le giunzioni bullonate dei controventi a croce saranno del tipo **a taglio**.

In ogni caso i collegamenti bullonati devono essere a **serraggio controllato** con bulloni caratterizzati da classe k pari a **K₂** (bulloneria da precarico).

4.5.2 Resistenze di progetto

Classe di resistenza della vite				10.9
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{y,bk}$	Mpa		900
Tensione caratteristica di rottura	$f_{t,bk}$	Mpa		1000
STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità		
coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni γ_{m2}	γ_{m2}			1.25
Resistenza unitaria a taglio - gambo filettato della vite (A_{res}) $f_{v,Rd} = fac f_{t,bk} / \gamma_{m2}$	$f_{v,Rd}$	MPa		400
Resistenza unitaria a taglio - gambo NON filettato della vite (A) $f_{v,Rd} = 0.6 f_{t,bk} / \gamma_{m2}$	$f_{v,Rd}$	MPa		480
Resistenza unitaria a trazione - $f_{t,Rd} = 0.9 f_{t,bk} / \gamma_{m2}$	$f_{t,Rd}$	MPa		720
Unioni ad attrito - coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni a scorrimento SLU γ_{m3}	γ_{m3} SLU			1.25
Unioni ad attrito - coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni a scorrimento SLE γ_{m3}	γ_{m3} SLE			1.10
Unioni ad attrito - coefficiente γ_{m7} - Precarico dei bulloni ad Alta Resistenza	γ_{m7}			1.00
Unioni ad attrito - Forza unitaria di "precarico" $f_{p,Cd} = 0.7 f_{t,bk} / \gamma_{m7}$	$f_{p,Cd}$	MPa		700
Unioni ad attrito - coefficiente di attrito μ	μ			0.30
Unioni ad attrito - Resistenza unitaria allo scorrimento SLU $f_{s,Rd} = \mu f_{p,Cd} / \gamma_{m3}$	$f_{s,Rd}$ SLU	MPa		168
Unioni ad attrito - Resistenza unitaria allo scorrimento SLE $f_{s,Rd} = \mu f_{p,Cd} / \gamma_{m3}$	$f_{s,Rd}$ SLE	MPa		191


SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

4.6 Giunzioni saldate

Tutte le giunzioni per [l'assemblaggio dei conci delle travi principali](#), sia quelle da eseguire in officina che quelle da eseguire in cantiere, **saranno di tipo saldato a completa penetrazione di 1° classe.**

I procedimenti di saldatura, i materiali di apporto e i controlli dovranno essere conformi a quanto stabilito dalle NTC2018.

Le specifiche e la sequenza esecutiva delle saldature a completa penetrazione saranno concordate con l'I.I.S.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

5 AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO

5.1 Elenco delle azioni sui ponti stradali

Le azioni di progetto, in accordo con quanto previsto dal capitolo 5 "Ponti" delle NTC2018, vengono di seguito elencate:

Azioni permanenti:

- Peso proprio degli elementi strutturali: g1
- Carichi permanenti portati (pavimentazione, cordoli/marciapiedi, barriere acustiche (ove previste), barriere di sicurezza stradale, parapetti, finiture, sistema di smaltimento acque, attrezzature stradali, rinfianchi e simili) g2
- Altre azioni permanenti (spinta delle terre, spinte idrauliche, etc.) g3

Distorsioni e deformazioni impresse:

- Distorsioni e presollecitazioni di progetto: ε1
- Effetti reologici - ritiro: ε2
- Effetti reologici - viscosità: ε3
- Cedimenti vincolari: ε4

Azioni Variabili da traffico:

- Carichi verticali comprensivi degli effetti dinamici (Schemi di carico 1 ÷ 5): q1
- Incremento dinamico addizionale in presenza di discontinuità strutturale: q2
- Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione: q3
- Azione centrifuga: q4

Altre Azioni Variabili:

- Azioni di Neve e di Vento: q5
- Azioni idrodinamiche: q6
- Azioni della temperatura: q7
- Azioni sui parapetti e urto di veicolo in svio: q8
- Resistenze parassite dei vincoli: q9

Azioni sismiche:

E

Azioni eccezionali:

A


Nel prosieguo vengono analizzate solo le azioni prese in considerazione ai fini della progettazione delle strutture in esame.

5.2 Analisi dei carichi impalcato carreggiata

Nella determinazione dei valori delle azioni si è tenuto conto dei seguenti pesi unitari dei materiali:

- Strutture in cemento armato: $\gamma_{cls} = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- Strutture in acciaio: $\gamma_{acciaio} = 78.5 \text{ kN/m}^3$
- Pavimentazione: $\gamma_{pav} = 24.0 \text{ kN/m}^3$

Di seguito si riporta l'analisi delle azioni agenti sulle strutture con riferimento al loro valore caratteristico (k).

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

5.2.1 Azioni permanenti - Peso proprio degli elementi strutturali – g1

5.2.1.1 Peso proprio delle strutture d'impalcato

Nell'ambito dell'analisi globale delle travi principali d'impalcato, il peso proprio della carpenteria metallica è stato computato in automatico dal codice di calcolo utilizzato, a partire dalle aree degli elementi che rappresentano le travi principali, considerando un coefficiente maggiorativo pari a **1.36** che tiene conto dell'incidenza delle strutture secondarie (traversi, controventi, saldature, bullonature etc.).

Il peso proprio della soletta comprensiva delle predalle è pari a:

- Soletta in c.a.: $(11.25 \times 0.31) \times 25.0 = 87.2$ kN/ml

Tenendo conto dell'eccentricità della soletta rispetto al baricentro delle travi principali, il carico agente su ciascuna trave, generato dal peso della soletta, risulta pari a:

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Peso soletta in c.a.	kN/m	43.59	43.59

Nell'ambito dell'analisi delle sottostrutture è stato considerato il seguente peso proprio delle strutture di carpenteria metallica d'impalcato:

- Strutture in carpenteria metallica impalcato : $3.3 \times 11.25 = 37.1$ kN/ml

Si ottiene pertanto un peso proprio complessivo delle strutture d'impalcato pari a:

$$Pg1a = 37.1 + 87.2 = 124.3 \text{ kN/m}$$

5.2.1.2 Peso proprio delle sottostrutture e relative fondazioni

Il peso proprio delle spalle è stato computato nell'ambito delle rispettive analisi e verifiche, condotte con l'ausilio di specifici fogli di calcolo di Excel.

5.2.2 Azioni permanenti - Carichi permanenti portati – g2

5.2.2.1 Carichi permanenti agenti sulle strutture d'impalcato


Il peso della pavimentazione, comprensivo dello strato di impermeabilizzazione estradossale, è pari a:

$$g2,pav = 0.09 \times 24.0 = 2.16 \text{ kN/mq}$$

approssimando per eccesso, nelle analisi si considera il valore di **3.0** kN/mq.

E' stata presa in considerazione la configurazione di sezione trasversale d'impalcato con tubazioni di smaltimento, carter metallico e barriera integrata montata solo ove presente che determina il massimo carico verticale sulla singola trave principale ed è stata implementata nelle analisi globali delle strutture e sottostrutture d'impalcato.

Le analisi dei carichi permanenti portati relative all'impalcato sono di seguito illustrate:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Analisi dei carichi		p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)
cordolo sx	kN/m	3.75	-5.25	-19.69
cordolo dx	kN/m	3.75	5.25	19.69
pavimentazione	kN/m	29.25	0.00	0.00
guard-rail sx	kN/m	1.50	-5.38	-8.06
guard-rail dx	kN/m	1.50	5.38	8.06
barriera antirumore /parapetto sx	kN/m	0.50	-5.48	-2.74
barriera antirumore /parapetto dx	kN/m	0.50	5.48	2.74
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in sx	kN/m	0.00	-4.88	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in dx	kN/m	1.50	4.88	7.31
veletta sx + carter	kN/m	1.40	-5.63	-7.88
veletta dx	kN/m	2.90	5.63	16.31
Sommano		46.55	0.34	15.75

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
cordoli	kN/m	3.75	3.75
pavimentazione	kN/m	14.63	14.63
guard-rail	kN/m	1.50	1.50
barriere antirumore/parapetti	kN/m	0.50	0.50
Tubazione smaltimento acque di piattaforma	kN/m	-0.47	1.97
velette	kN/m	0.74	3.56
Totale permanenti portati	kN/m	20.65	25.90

5.2.2.2 Rinterro sulle spalle

Gli effetti del rinterro sono stati determinati considerando un peso specifico del terreno:

$$\gamma_{rin} = 18.0 \text{ kN/m}^3$$

5.2.3 Azioni permanenti - Spinta delle terre in condizioni statiche – g3

La spinta delle terre sulle spalle fondate su pali è stata valutata in esercizio con riferimento al coefficiente di spinta a riposo del terreno retrostante.

Sono stati considerati i seguenti parametri:

peso di volume del materiale da rilevato stradale: $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$

angolo d'attrito interno del rilevato stradale: $\phi = 35^\circ$

coefficiente di spinta a riposo : $K_0 = 1 - \text{sen } \phi = 0.426$

In condizioni sismiche, la spinta delle terre è stata valutata in accordo alla teoria di Mononobe-Okabe.

Il calcolo dei coefficienti di spinta è esplicitato nell'ambito delle verifiche delle spalle.


5.2.4 Distorsioni e deformazioni impresse - Effetti reologici: ritiro e viscosità – ϵ_2 e ϵ_3

5.2.4.1 Deformazione da ritiro a tempo infinito

La deformazione totale per ritiro si può esprimere come:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

Dove:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

- ϵ_{cs} è la deformazione totale per ritiro
- ϵ_{cd} è la deformazione per ritiro da essiccamento
- ϵ_{ca} è la deformazione per ritiro autogeno

La valutazione delle deformazioni sopra elencate è stata effettuata in accordo al punto §11.2.10.6 delle NTC2018 pervenendo ai seguenti valori:

Ritiro del calcestruzzo (ϵ_2)	var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	Ec	MPa	34077
spessore dei getti in opera	hc	m	0.24
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	m ²	2.700
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	11.63
coefficiente $h_0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	464
umidità relativa atmosfera	RH	%	75%
deformazione finale da ritiro per essiccamento	ϵ_c		0.00021
deformazione finale per ritiro autogeno	ϵ_{ca}		0.00006
deformazione totale finale per ritiro	ϵ_{cs}		0.00027

Gli effetti dovuti al ritiro iperstatico sono stati schematizzati attraverso le seguenti azioni equivalenti applicate alle estremità:


$$N_r = - \epsilon_{cs} \times A_c \times E_a / n_r$$

$$M_r = N_r \times z$$

Essendo:

- ϵ_{cs} la deformazione totale finale per ritiro;
- A_c l'area del calcestruzzo soggetta a ritiro;
- E_a modulo elastico dell'acciaio;
- n_r coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cla relativo alle azioni del ritiro.
- z distanza tra baricentro della soletta e baricentro della sezione composta relativo alle azioni di lungo termine dovute al ritiro.

Di seguito il dettaglio dei valori relativo al caso in esame:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Effetti dovuti al ritiro del calcestruzzo (ϵ_2)	var	unità	
distanza tra il baricentro della soletta in cls e il baricentro della sezione composta a tinf estremità sx	z	m	1.088
baricentro della sezione composta a tinf estremità dx	z	m	1.088
Forza assiale d'estremità	Ncr	kN	-9634.2
Momento flettente d'estremità sx	Mcrsx	kNm	10486.1
Momento flettente d'estremità dx	Mcrdx	kNm	10486.1
Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità sx	kN	-4817.1	-4817.1
Momento flettente d'estremità sx	kNm	5243.1	5243.1
Forza assiale d'estremità dx	kN	-4817.1	-4817.1
Momento flettente d'estremità dx	kNm	5243.1	5243.1

5.2.4.2 Coefficienti di omogeneizzazione acciaio-cls a lungo termine

Gli effetti del ritiro e della viscosità sono valutati mediante l'adozione di un modulo elastico del calcestruzzo corretto:

$$E_c^* = \frac{E_{c0}}{1 + \psi_L \cdot \phi(t, t_0)}$$

Dove:

E_{c0} è il modulo elastico del cls a 28 giorni;

ψ_L è un coefficiente correttivo dipendente dal tipo di azione che per la valutazione degli effetti isostatici ed iperstatici del ritiro vale 0.55 mentre per la valutazione degli effetti indotti dai carichi permanenti vale 1.10;

$\phi(t, t_0)$ è il coefficiente di viscosità definito in accordo alle tabelle 11.2.VI e 11.2.VII delle NTC2018 in funzione di t_0


t_0 è assunto pari ad 1 giorno per la valutazione degli effetti dovuti dal ritiro, mentre è assunto pari a 60 giorni per la valutazione degli effetti dovuti ai carichi permanenti.

Le caratteristiche geometriche-inerziali delle sezioni trasversali composte che schematizzano l'impalcato sono state definite omogeneizzando la soletta alla trave metallica. Per le azioni di lunga durata, sono stati definiti i rapporti modulati n_L in funzione del tipo di azione mediante la:

$$n_L = \frac{E_a}{E_c^*} = \frac{E_a}{\frac{E_{c0}}{1 + \psi_L \cdot \phi(t, t_0)}} = n_0 (1 + \psi_L \cdot \phi(t, t_0))$$

Avendo indicato con $n_0 = E_a / E_{c0}$ il rapporto modulare per azioni di breve durata.

In ultima analisi si ottiene:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Condizione di carico	Ψ_L	t_0 (giorni)	$\phi_c(\text{inf}, t_0)$	n_L
Ritiro	0.55	1	2.84	15.78
Carichi permanenti portati	1.10	60	1.32	15.09

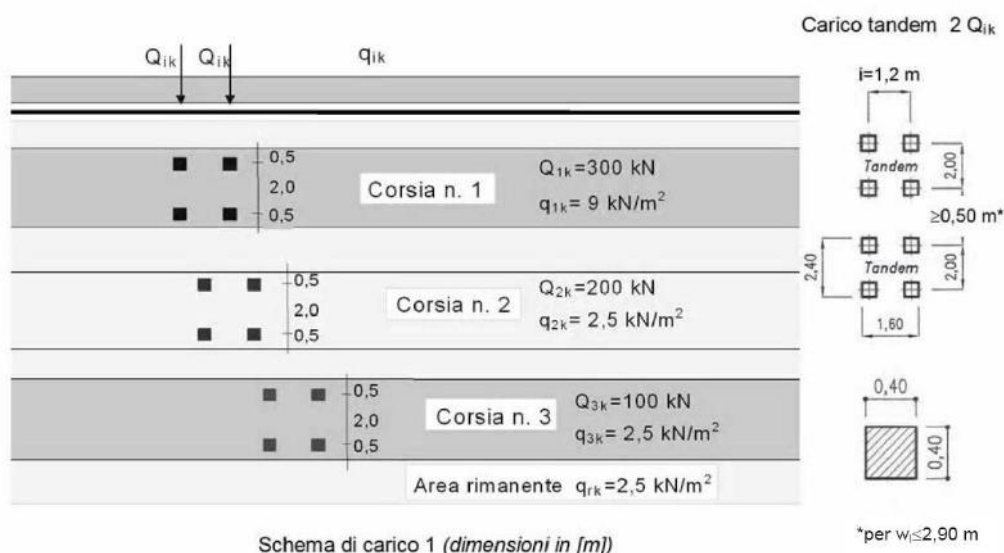
5.2.5 Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – ϵ_4

Trattandosi di impalcato a trave poggiate, gli effetti legati ai cedimenti degli appoggi sono nulli.

5.2.6 Azioni variabili da traffico - Carichi verticali compressivi degli effetti dinamici – q_1

I carichi variabili da traffico sono definiti dagli Schemi di Carico descritti nel punto 5.1.3.3.3 delle NTC2018.

Per le analisi globali finalizzate al dimensionamento delle strutture di impalcato e delle sottostrutture si è fatto riferimento allo Schema di Carico 1 costituito da carichi concentrati su due assi tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato nella seguente figura:




Si considera un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa.

Le intensità dei carichi concentrati e distribuiti considerate sono quelle richiamate nella Tab. 5.1.II delle NTC2018:

Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

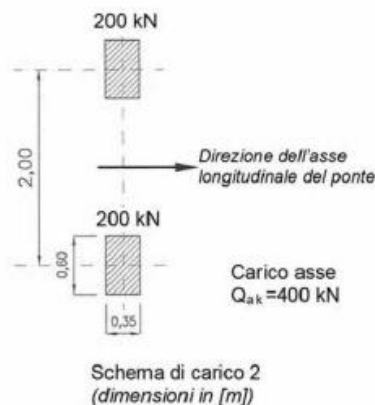
Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

I suddetti carichi mobili includono gli effetti dinamici.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Nel caso in esame, non essendo previsti marciapiedi, non è stato considerato lo Schema di carico 5, relativo alla folla, uniformemente distribuito di intensità pari a 5.0 kN/m².

Per le verifiche locali della soletta d'impalcato è stato considerato anche lo Schema di carico 2 costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0.60 m ed altezza 0.35 m, come mostrato nella figura seguente:



Questo schema è stato considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa.

Le larghezze w_l delle corsie convenzionali su una carreggiata ed il massimo numero (intero) possibile di tali corsie su di essa sono indicati nel prospetto seguente (fig. 5.1.1 e Tab. 5.1.I delle NTC2018):

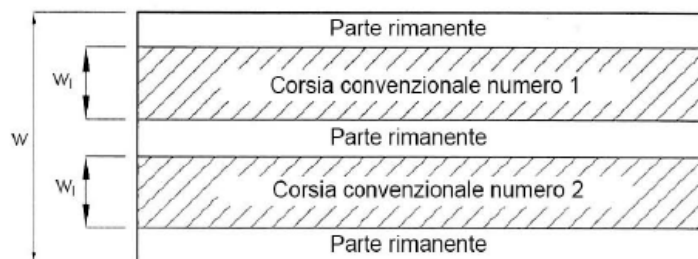



Fig. 5.1.1 - Esempio di numerazione delle corsie

Tab. 5.1.I - Numero e larghezza delle corsie

Larghezza della superficie carrabile "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40$ m	$n_l = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0$ m	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

5.2.6.1 Disposizione trasversale delle corsie convenzionali per analisi globali impalcato

La disposizione delle corsie convenzionali nella carreggiata è stata scelta in modo da ottenere la situazione più gravosa sulla singola trave principale esaminata.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Sono state esaminate le seguenti configurazioni:

- C1-sx: 1 colonna di carico (Corsia Numero 1), disposta a partire dal margine sinistro della carreggiata;
- C2-sx: 2 colonne di carico (Corsia Numero 1 e n.2), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata;
- C3-sx: 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata;
- C4-sx: 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3 e parte rimanente), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata;
- C1-dx: 1 colonna di carico (Corsia Numero 1), disposta a partire dal margine destro della carreggiata;
- C2-dx: 2 colonne di carico (Corsia Numero 1 e n.2), disposte a partire dal margine destro della carreggiata;
- C3-dx: 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine destro della carreggiata;
- C4-dx: 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3 e parte rimanente), disposte a partire dal margine destro della carreggiata.

La distribuzione dei carichi accidentali sulle travi è determinata risolvendo il sistema **isostatico** costituito dalla soletta d'impalcato appoggiata in corrispondenza delle travi e determinando le reazioni di appoggio.

Le tabella seguente sintetizza la ripartizione dei carichi mobili per le combinazioni da C1-sx a C4-sx (carichi mobili in SX):

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
1 colonna di carico (Q1k)	kN/m	318.75	-18.75
2 colonne di carico (Q1k + Q2k)	kN/m	431.25	68.75
3 colonne di carico (Q1k + Q2k + Q3k)	kN/m	437.50	162.50
1 colonna di carico (q1k)	kN/m	28.69	-1.69
2 colonne di carico (q1k + q2k)	kN/m	32.91	1.59
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)	kN/m	33.38	8.63
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)+ parte rimanente	kN/m	33.64	5.55
Veicoli LM2 per verifiche a fatica (asse corsia lenta)	kN/m	0.92	0.08


La ripartizione dei carichi mobili sulle travi per le combinazioni da C1-dx e C4-dx è la seguente:

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
1 colonna di carico (Q1k)	kN/m	-18.75	318.75
2 colonne di carico (Q1k + Q2k)	kN/m	68.75	431.25
3 colonne di carico (Q1k + Q2k + Q3k)	kN/m	162.50	437.50
1 colonna di carico (q1k)	kN/m	-1.69	28.69
2 colonne di carico (q1k + q2k)	kN/m	1.59	32.91
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)	kN/m	8.63	33.38
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)+ parte rimanente	kN/m	5.55	33.64
Veicoli LM2 per verifiche a fatica (asse corsia lenta)	kN/m	0.29	0.71

5.2.6.2 Disposizione trasversale delle corsie convenzionali per analisi globali sottostrutture

Per la determinazioni dei massimi effetti generati dai carichi mobili sulle sottostrutture, sono state esaminate le seguenti configurazioni:

- C1: impalcato impegnato da 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata, e carico distribuito q_{ik} sulla rimanente larghezza dell'impalcato, questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

- C2: impalcato impegnato da 2 colonne di carico (Corsia Numero 1 e n.2), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata, questa configurazione massimizza la coppia trasversale sulle sottostrutture;
- C3: impalcato impegnato da 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine destro della carreggiata, e carico distribuito q_{ik} sulla rimanente larghezza dell'impalcato, questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;
- C4: impalcato impegnato da 2 colonne di carico (Corsia Numero 1 e n.2), disposte a partire dal margine destro della carreggiata, questa configurazione massimizza la coppia trasversale sulle sottostrutture.

5.2.6.3 Disposizione longitudinale dei carichi mobili

In direzione longitudinale, i carichi sono stati applicati come suggerito dalle linee d'influenza in modo da ottenere gli effetti più sfavorevoli.

5.2.7 Azioni variabili da traffico – Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione – q3

L'azione longitudinale di frenamento o di accelerazione q₃ è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6 (2Q_{ik}) + 0.10 q_{ik} w_1 L \leq 900 \text{ kN}$$

La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione.

Nel caso in esame si ha:

$$q_3 = 522 \text{ kN}$$

5.2.8 Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q4

Nei ponti con asse curvo di raggio R (in metri), l'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico si valuta convenzionalmente come indicato nella Tab. 5.1.III delle NTC2018, essendo $Q_v = \sum_i 2Q_{ik}$ il carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte.

Il carico concentrato q₄, applicato a livello della pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte.

Tab. 5.1.III - Valori caratteristici delle forze centrifughe

Raggio di curvatura [m]	q ₄ [kN]
R < 200	0,2 Q _v
200 ≤ R ≤ 1500	40 Q _v /R
1500 ≤ R	0

Nel caso in esame si trascurano gli effetti della forza centrifuga.

5.2.9 Azioni di Neve e di Vento – q5

Il carico di neve, non concomitante con i carichi da traffico, non risulta in alcun modo dimensionante nel caso in esame e non viene preso in considerazione.

Le azioni da vento sono state valutate secondo quanto specificato nel par. 3.3 delle NTC2018.

L'azione del vento è stata assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte. Tale azione è stata considerata agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite.

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposte al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

Per il calcolo dei coefficienti di forma si è fatto riferimento alla UNI-ENV 1991-2-4/1997:

$$C_{f,x} = C_{fx,0} \cdot \Psi_{\lambda,x}$$

Dove:

$C_{fx,0}$ è il coefficiente di forma per snellezza infinita da determinarsi in base alle caratteristiche geometriche dell'impalcato ed al rapporto d/b in base alle figure sotto riportate:

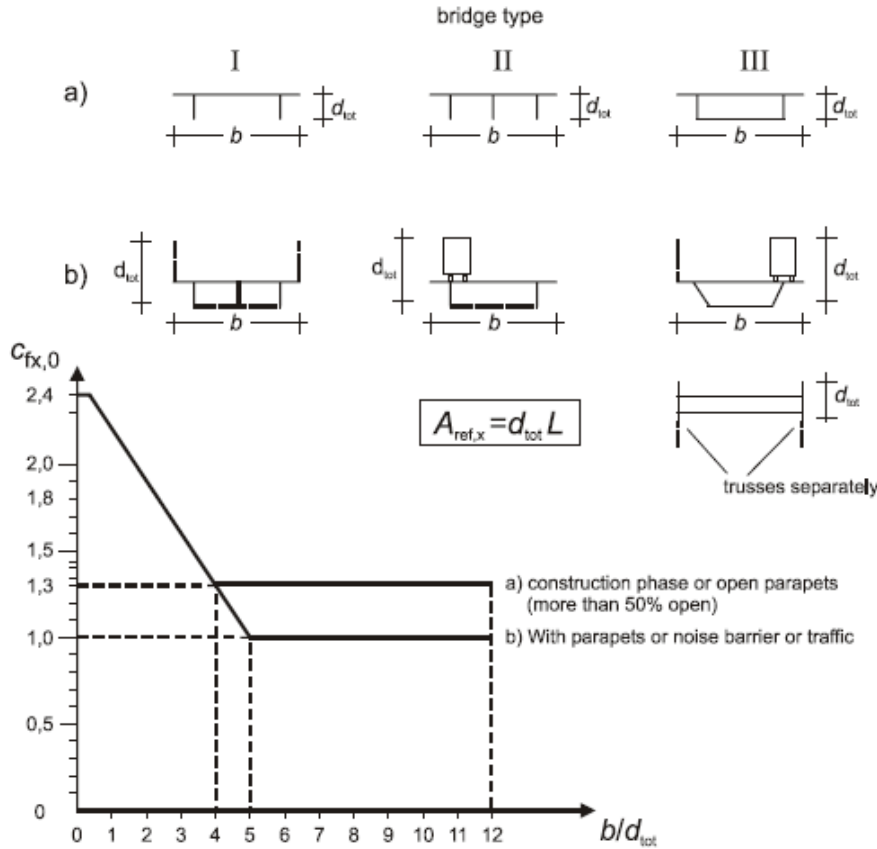



Figure 8.3 — Force coefficient for bridges, $C_{fx,0}$

Il valore del fattore di riduzione $\Psi_{\lambda,x}$ si ricava in funzione della snellezza effettiva λ e del rapporto di solidità ϕ dal grafico sottostante:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

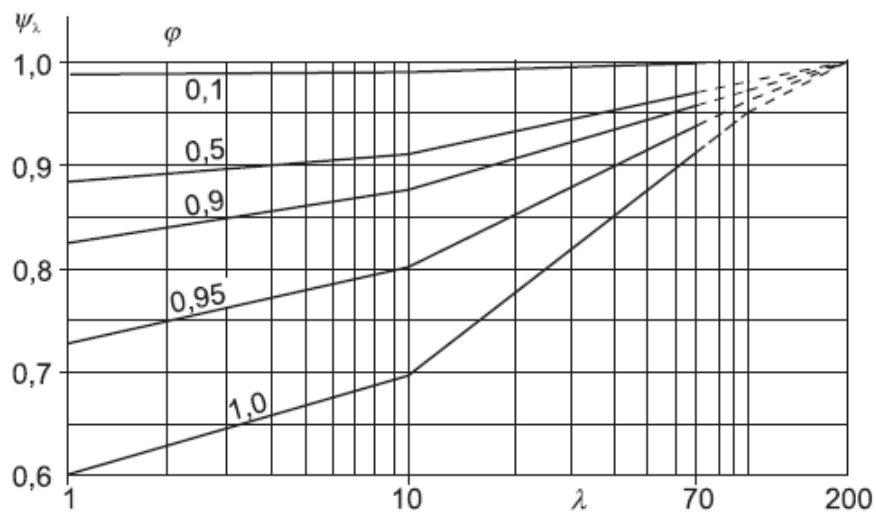




Figure 7.36 — Indicative values of the end-effect factor ψ_λ as a function of solidity ratio ϕ versus slenderness λ

Di seguito si riporta il calcolo delle azioni esercitate dal vento sulle strutture d'impalcato:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Effetti dovuti al Vento (q5)	var	unità	
parametro vb,0	vb0	m/sec	28
parametro a0	a0	m	500
parametro ka	ka	l/sec)	0.02
altitudine del viadotto s.l.m.	as	m	192
velocità di riferimento vb	vb	m/sec	28.0
pressione cinetica del vento	qb	kN/m2	0.49
Classe di rugosità del terreno			D
Categoria di esposizione del sito			II
coefficiente kr	kr		0.19
altezza di riferimento z0	z0	m	0.05
altezza di riferimento zmin	zmin	m	4.00
altezza dal suolo z	z	m	9.0
coefficiente di topografia	ct		1.0
coefficiente di esposizione ce(z)	ce		2.29
coefficiente dinamico cd	cd		1.00
coefficiente di forma cp impalcato scarico	cp1		1.77
coefficiente di forma cp impalcato carico	cp2		1.85
coefficiente di forma cp pile	cp3		1.20
pressione del vento impalcato scarico		kN/m2	1.98
pressione del vento impalcato carico		kN/m2	2.07
pressione del vento pile		kN/m2	1.34
Lunghezza complessiva impalcato	Ltot	m	61.2
altezza impalcato scarico	Hp1	m	5.76
Altezza impalcato carico	Hp2	m	6.67
Altezza centro di taglio	zg	m	3.41
Carichi dovuti al vento	qt (kN/m)	b (m)	Mt (kNm/m)
Impalcato scarico (braccio al baricentro impalcato)	11.4	0.53	6.0
Impalcato carico (braccio rispetto al baricentro impalcato)	13.8	0.07	1.0
Impalcato scarico (braccio rispetto agli appoggi)	11.4	2.88	32.9
Impalcato carico (braccio rispetto agli appoggi)	13.8	3.34	46.0

Carichi verticali agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Vento ad impalcato scarico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-1.00	1.00
Vento ad impalcato carico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-0.16	0.16
Vento ad impalcato scarico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-5.49	5.49
Vento ad impalcato carico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-7.67	7.67

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

5.2.10 Azioni della temperatura – q7

Le variazioni termiche agenti sulle strutture d'impalcato sono state adottate in accordo alla norma EN 1991-1-5.

Nell'analisi globale delle strutture d'impalcato e delle sottostrutture sono state considerate:

- una variazione termica positiva tra soletta e travi metalliche pari a $+10^{\circ}$;
- una variazione termica negativa tra soletta e travi metalliche pari a -10° .

La differenza di temperatura uniforme agente sulle strutture d'impalcato, considerata ai fini del dimensionamento dell'escursione longitudinale di dispositivi di appoggio e giunti di dilatazione, è stata valutata in base ai seguenti parametri:

Dati	Var	unità	SP
Distanza tra punto fisso e giunto di dilatazione	DL	m	60.00
Tipologia di impalcato	Type		2
Coefficiente di dilatazione termica	α		1.00E-05
Temperatura iniziale	T0		15
Temperatura massima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmax	[°]	41.43
Temperatura minima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmin	[°]	-7.59
altitudine del sito sul livello del mare	as	m	165
Zona climatica	Z		II
deformazione totale finale per ritiro	ϵ_{CS}		0.00015


La tipologia d'impalcato fa riferimento alla classificazione della EN 1991-1-5 (tipo 2 per impalcato a struttura mista acciaio-calcestruzzo).

La zona climatica fa riferimento alla zonizzazione del territorio nazionale di seguito illustrata:

- Al fine della valutazione della temperatura dell'aria all'ombra a quote diverse da quella del mare, il territorio italiano è suddiviso in 4 zone climatiche:
- zona I (Valle d'Aosta, Piemonte Lombardia, Emilia Romagna, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Trentino Alto Adige);
 - zona II (Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata);
 - zona III (Marche, Abruzzo, Molise, Puglia);
 - zona IV (Calabria, Sicilia).



Figura 5.1: Zonizzazione del territorio nazionale per valutazioni azioni climatiche

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

I valori delle temperature massime e minime all'ombra al livello del mare, sono state desunte dalle seguenti mappe:



Figura 5.2: Temperature dell'aria massime T_{max} (sx) e minime T_{min} (dx) dell'aria all'ombra al livello del mare

Gli effetti dovuti alle variazioni termiche differenziali sono stati schematizzati attraverso le seguenti azioni equivalenti applicate alle estremità:

Variazioni termiche positive:

$$N\Delta T+ = \alpha \Delta T \times A_c \times E_a / n_0$$

$$M\Delta T+ = - N\Delta T+ \times z$$


Variazioni termiche negative:

$$N\Delta T- = - \alpha \Delta T \times A_c \times E_a / n_0$$

$$M\Delta T- = N\Delta T+ \times z$$

Essendo:

- α il coefficiente di dilatazione termica;
- A_c l'area della soletta gettata in opera;
- E_a modulo elastico dell'acciaio;
- n_0 coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clt relativo alle azioni di breve termine.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

z distanza tra baricentro della soletta e baricentro della sezione composta relativo alle azioni di breve termine.

Di seguito il dettaglio dei valori relativo al caso in esame:

Effetti dovuti alle Variazioni termiche (q7)	var	unità	
variazione termica positiva	$\Delta T+$	°	10.0
variazione termica negativa	$\Delta T-$	°	-10.0
coefficiente di dilatazione termica	α		1.00E-05
coefficiente di omogeneizzazione a t0	n0		6.16
distanza tra il baricentro della soletta in cls e il baricentro della sezione composta a t0 estremità sx	z	m	0.699
baricentro della sezione composta a t0 estremità dx	z	m	0.699
Forza assiale d'estremità DT+	NcdT+	kN	9200.8
Momento flettente d'estremità sx	McdT+sx	kNm	-6433.1
Momento flettente d'estremità sx	McdT+dx	kNm	-6433.1
Forza assiale d'estremità DT-	NcdT-	kN	-9200.8
Momento flettente d'estremità sx	McdT-sx	kNm	6433.1
Momento flettente d'estremità sx	McdT-dx	kNm	6433.1

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità - DT+	kN	4600.4	4600.4
Momento flettente d'estremità sx	kNm	-3216.6	-3216.6
Momento flettente d'estremità dx	kNm	-3216.6	-3216.6
Forza assiale d'estremità - DT-	kN	-4600.4	-4600.4
Momento flettente d'estremità sx	kNm	3216.6	3216.6
Momento flettente d'estremità dx	kNm	3216.6	3216.6


5.2.11 Azioni sui parapetti e urto veicolo in svio – q8

Il sistema di forze orizzontali equivalenti all'effetto dell'azione d'urto sulla barriera di sicurezza stradale, secondo il paragrafo §5.1.3.10 delle NTC2018, può essere valutato alternativamente sulla base:

- delle risultanze sperimentali ottenute nel corso di prove d'urto al vero, su barriere della stessa tipologia e della classe di contenimento previste in progetto, mediante l'utilizzo di strumentazione idonea a registrare l'evoluzione degli effetti dinamici;
- del riconoscimento di equivalenza tra il sistema di forze e le azioni trasmesse alla struttura, a causa di urti su barriere della stessa tipologia e della classe di contenimento previste in progetto, laddove tale equivalenza risulti da valutazioni teoriche e/o modellazioni numerico-sperimentali;

In assenza delle suddette valutazioni, il sistema di forze orizzontali può essere determinato con riferimento alla resistenza caratteristica degli elementi strutturali principali coinvolti nel meccanismo d'insieme della barriera e deve essere applicato ad una quota h, misurata dal piano viario, pari alla minore delle dimensioni h1 e h2, dove h1 = (altezza della barriera - 0,10m) e h2 = 1,00 m.

La norma specifica altresì che nel dimensionamento degli elementi strutturali ai quali è collegata la barriera si deve tener conto della eventuale sovrapposizione delle zone di diffusione di tale sistema di forze, in funzione della geometria della barriera e delle sue condizioni di vincolo.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Per il dimensionamento dell'impalcato, le forze orizzontali così determinate devono essere amplificate di un fattore pari a 1.50, fermo restando che trattandosi di azione eccezionale, il coefficiente parziale di sicurezza per la combinazione di carico agli SLU per l'urto del veicolo in svio deve essere assunto unitario.

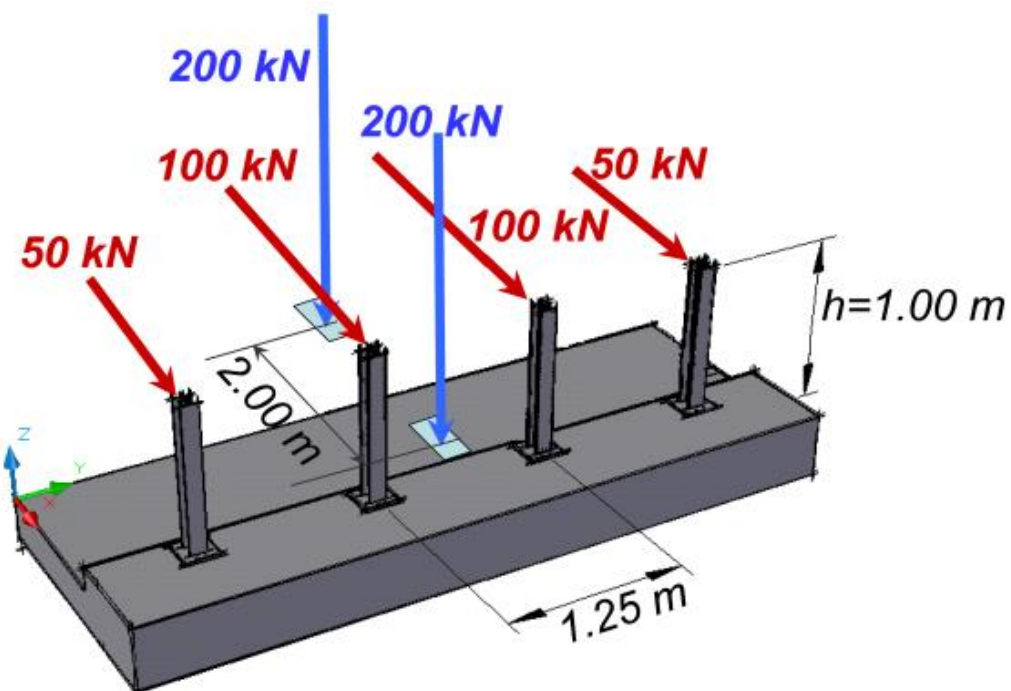
Nel caso in esame, è previsto l'impiego di barriere di fornitura Anas con classe di contenimento H3-BP.

La tabella seguente riporta il calcolo del momento trasmesso dal singolo montante delle barriere di sicurezza alle strutture di sostegno in funzione della classe di contenimento:

Azioni da urto di veicolo in svio	Var	unità	H2BP	H3BP	H4BP
Profilo montante	Prof		C160x120x40x5	C160x120x40x5	C160x120x40x5
Interasse montanti	im	m	2.25	1.50	1.50
Altezza barriera	hb	m	1.355	1.51	1.56
Altezza piastre di rinforzo alla base	hpr	m	0.20	0.20	0.20
Spessore piastra di base	spb	m	0.015	0.015	0.015
Sovralzo cordolo su piano viario	hc	m	0.05	0.05	0.05
Altezza punto di applicazione dal piano viario	hq8	m	1.00	1.00	1.00
distanza tra punto di applicazione e cerniera plastica	bp	m	0.735	0.735	0.735
Modulo plastico di resistenza	Wp	mm ³	144480	144480	144480
tensione di snervamento acciaio	fyk	MPa	275	275	275
Momento plastico	Mp	kNm	51.7	51.7	51.7
Forza orizzontale associata a Mp: $H_p = M_p/bp$	Hp	kN	70.3	70.3	70.3
Mtot = Mp + Hp x (hc + spb + hpr)	Mtot	kNm	70.3	70.3	70.3

Il valore della forze è sempre lo stesso atteso che il profilo previsto per i montanti delle barriere Anas ha sempre le stesse caratteristiche.

Trattandosi di opere di nuova realizzazione è apparso conveniente riferirsi alle forze e schemi di applicazione delle forze d'urto previste nel "Quaderno Anas n.1", per condizioni "ordinarie", che prevede l'applicazione di forze trasversali più elevate rispetto a quelle corrispondenti alla plasticizzazione dei montanti delle barriere Anas:




SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

Figura 5.3: Schema di carico globale da considerare nel caso di condizioni di progettazione "ordinarie"

La condizione di progettazione "ordinaria" è raggiunta se sono verificati i seguenti aspetti:

- **connessioni tra barriere e strutture:** si ipotizza l'installazione di barriere metalliche vincolate alla struttura per mezzo di connessioni pseudo-duttile, ossia in particolare mediante l'utilizzo di 3 o 4 tirafondi in acciaio per ciascuna piastra alla base dei montanti della barriera, ancorati chimicamente al calcestruzzo e meccanicamente alla piastra con bulloni serrati (alla coppia di serraggio stabilita dal manuale di installazione della barriera);
- **traffico stradale:** l'aliquota relativa ai veicoli pesanti è contenuta entro il 30% del flusso totale di traffico; le velocità praticate sono coerenti con la velocità di progetto della strada, per quanto riguarda i veicoli leggeri, e con i limiti legali di velocità per i veicoli pesanti;
- **configurazione geometrica della strada:** si fa riferimento a tratti stradali in rettilineo ed in orizzontale ovvero caratterizzati da andamento planimetrico e altimetrico della strada poco differente da tali condizioni.

Il sistema di forze equivalenti alle azioni causate da collisioni sugli elementi di sicurezza in condizioni di progettazione ordinaria prevede:

- **forze trasversali:** si assumono quattro forze orizzontali in corrispondenza dei montanti della barriera, il cui interasse è stabilito in 1.25 m; le due forze applicate ai paletti di estremità della zona considerata sono pari a 50kN e le altre due, applicate ai montanti interni, sono pari a 100kN. Tutte le forze agiscono trasversalmente ad un'altezza di 1.00 m dal piano viabile e sono dirette verso l'esterno dell'impalcato.
- **carichi verticali:** oltre al peso proprio della struttura, si considera lo Schema di Carico 2 previsto nelle NTC, costituito da due impronte di carico di dimensioni 0.35 x 0.60 m su ciascuna delle quali è applicata una forza di 200 kN; le impronte sono collocate longitudinalmente in mezz'area della zona di impalcato interessata dall'applicazione del suindicato carico orizzontale e trasversalmente una è posta all'estremità della piattaforma stradale mentre l'altra è distante 2.00 m da essa.


5.2.12 Resistenze parassite dei vincoli – q9

Le resistenze parassite dei vincoli sono state valutate assumendo per gli apparecchi di appoggio un coefficiente di attito pari al 3% dell'intensità dei carichi verticali dovuti al peso proprio ed ai permanenti portati. Sull'allineamento fisso per il rispetto delle condizioni di equilibrio, si esercita una reazione pari alla somma delle azioni parassite che si sviluppano in corrispondenza dei mobili, ma di segno opposto.

5.2.13 Azioni sismiche – E

5.2.13.1 Coordinate di riferimento e parametri sismici fondamentali

I parametri sismici fondamentali sono stati determinati per la regione Sardegna utilizzando la Tabella 2, in allegato alle NTC. Si ottengono i seguenti valori:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

TUTTE LE OPERE

Vita Nominale	$V_N =$	50	anni
Classe d'uso	$Cl =$	IV	
Coefficiente d'uso	$C.u. =$	2.0	
Periodo di riferimento	$V_R =$	100	anni

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
SLO	60	0.026	2.685	0.300
SLD	101	0.032	2.729	0.307
SLV	949	0.061	2.976	0.371
SLC	1950	0.072	3.061	0.393

L'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali e verticale, definiti in base al §3.2 delle NTC 2018.


5.2.13.2 Spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

Gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali sono definiti dalle espressioni seguenti:

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

In cui:

- T è il periodo di vibrazione;
- $S_e(T)$ è l'accelerazione spettrale orizzontale;
- a_g è l'accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido, determinata in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} ;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_S \times S_T$, essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tabella 5.1) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (Tabella 5.2);
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione $\eta = 10 / (5 + \xi) \geq 0,55$, dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \cdot T_C^*$ dove T_C^* è definito al § 3.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tabella 5.1);

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante e vale:
 $T_B = T_C / 3$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D = 4.0 \cdot (a_g/g) + 1.6$

Categoria sottosuolo	S_s	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 5.1 – Espressioni per S_s e C_C


Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 5.2 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Nel caso in esame si ha:

- Categoria di sottosuolo: **B**
- Categoria stratigrafica: **T1**

La figura seguente illustra gli spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali di progetto:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

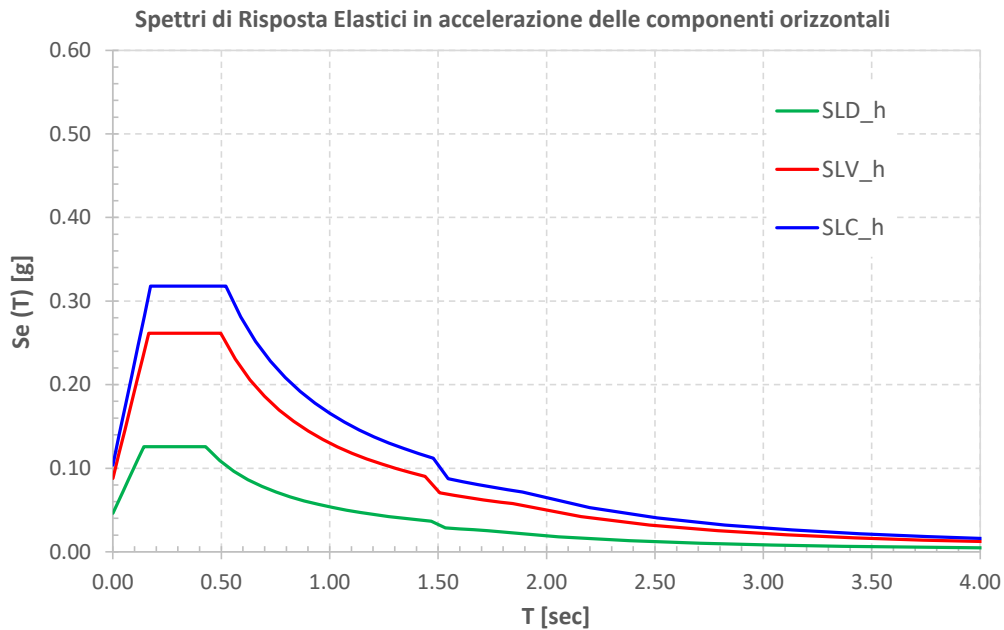


Figura 5.4 – Spettri elastici di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

La tabella seguente illustra i parametri caratteristici degli spettri di risposta.

STATO LIMITE	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [sec]	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]	S_s [-]	S_T [-]	S [-]	C_c [-]	d_g [m]	v_g [m/s]
SLD	0.032	2.729	0.307	0.143	0.428	1.728	1.20	1.20	1.44	1.39	0.008	0.031
SLV	0.061	2.976	0.371	0.166	0.497	1.844	1.20	1.20	1.44	1.34	0.020	0.069
SLC	0.072	3.061	0.393	0.174	0.521	1.888	1.20	1.20	1.44	1.33	0.025	0.085

Tabella 5.3 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta

5.2.13.3 Spettri di risposta in accelerazione della componente verticale

Gli spettri di risposta elastici della componente verticale sono definiti dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$


$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad [3.2.9]$$

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

In cui:

T è il periodo di vibrazione;

$S_{ve}(T)$ è l'accelerazione spettrale verticale;

F_v Il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione $F_v = 1.35 \times F_0 \times (a_g/g)^{0.5}$;

I valori di a_g , F_0 , S , η sono quelli precedentemente definiti per le componenti orizzontali del moto sismico; i valori di S_s , T_B , T_C e T_D , sono quelli riportati nella Tab. 3.2.VI delle NTC2018:

Tab. 3.2.VI - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

La figura seguente illustra gli spettri di risposta in accelerazione della componente verticale di progetto:

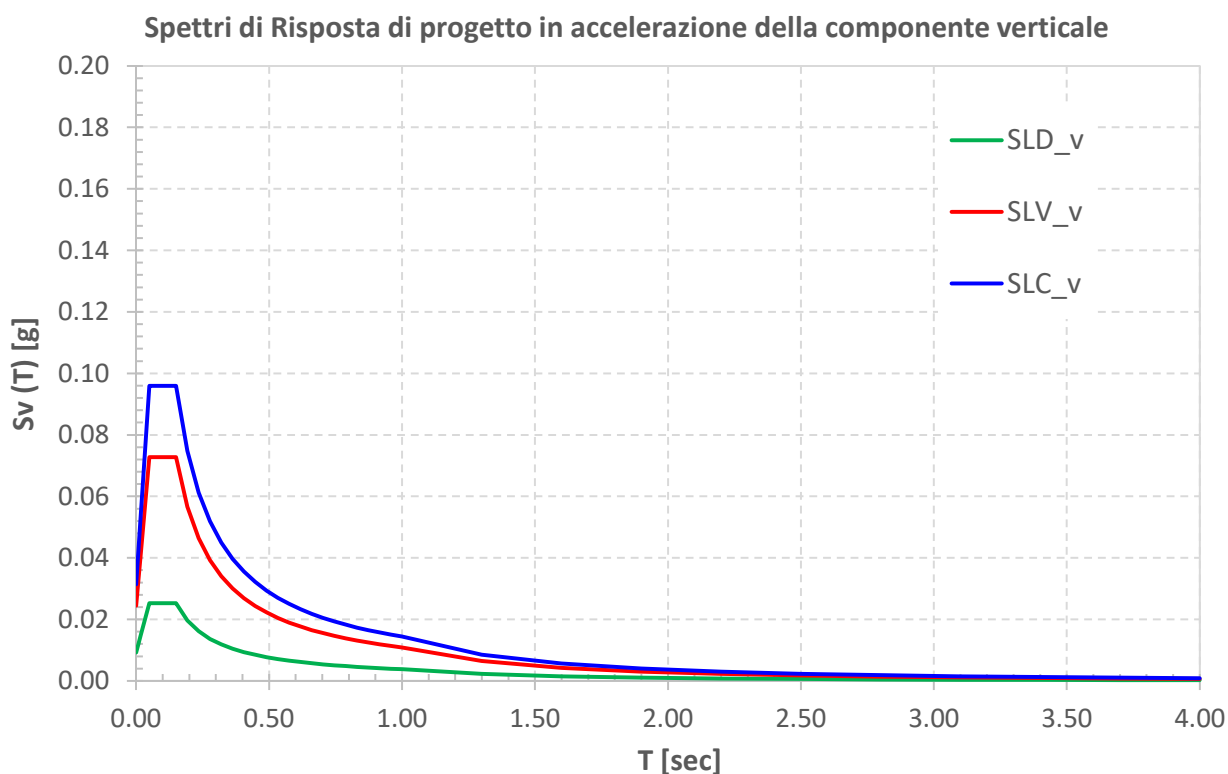



Figura 5.5 – Spettri elastici di risposta in accelerazione della componente verticale

La tabella seguente illustra i parametri caratteristici degli spettri di risposta.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

STATO LIMITE	a_g [g]	F_0 [-]	F_V [-]	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]	S_S [-]	S_T [-]	S [-]
SLD	0.032	2.729	0.659	0.050	0.150	1.000	1.00	1.20	1.20
SLV	0.061	2.976	0.993	0.050	0.150	1.000	1.00	1.20	1.20
SLC	0.072	3.061	1.110	0.050	0.150	1.000	1.00	1.20	1.20

Tabella 5.4 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta

5.2.13.4 Masse sismiche

In accordo al punto §5.1.3.12 delle NTC2018, Per determinare gli effetti delle azioni sismiche sulle strutture si è fatto riferimento alle sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti portati, considerando nullo il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai carichi da traffico.

5.3 Combinazioni di Carico

5.3.1 Combinazioni di carico in esercizio


Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, sono state considerate le combinazioni di cui ai gruppi di azioni 1, 2a e 2b della tabella 5.1.IV delle NTC2018:

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
Gruppo di azioni	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5kN/m ²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

La tabella 5.1.V fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche SLU:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.


⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Nel caso in esame, essendo i carichi permanenti non strutturali compitamente definiti sono stati adottati gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} per le diverse categorie di azioni sono riportati nella tabella 5.1.VI delle NTC2018:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combi- nazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequent)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

5.3.1.1 Combinazioni per verifiche strutture d'impalcato

Le combinazioni di carico adottate per le verifiche di resistenza agli SLU sono le seguenti:

- $F_d = 1.35 \times G_1 + 1.35 \times G_2 + 1.2 \times \varepsilon_2 + 1.2 \times \varepsilon_4 + 1.35 Q_1 + 1.50 \times 0.60 \times q_{7b} + 1.50 \times 0.6 \times q_5;$
- $F_d = 1.35 \times G_1 + 1.35 \times G_2 + 1.2 \times \varepsilon_4 + 1.35 Q_1 + 1.50 \times 0.60 \times q_{7a} + 1.50 \times 0.6 \times q_5;$

Le combinazioni di carico adottate per le verifiche di resistenza agli SLE-Rara sono le seguenti:


- $F_d = G_1 + G_2 + \varepsilon_2 + \varepsilon_4 + Q_1 + 0.60 \times q_{7b} + 0.6 \times q_5;$
- $F_d = G_1 + G_2 + \varepsilon_4 + Q_1 + 0.60 \times q_{7a} + 0.6 \times q_5;$

Le combinazioni di carico adottate per le verifiche di resistenza agli SLE-FRequente sono le seguenti:

- $F_d = G_1 + G_2 + \varepsilon_2 + \varepsilon_4 + \varepsilon_4 + 0.75 \times Q_{1C} + 0.40 \times Q_{1D} + 0.50 \times q_{7b};$
- $F_d = G_1 + G_2 + \varepsilon_4 + 0.75 \times Q_{1C} + 0.40 \times Q_{1D} + 0.50 \times q_{7a}$

Dove:

- G_1 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai pesi propri;
- G_2 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai permanenti portati;
- ε_2 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute al ritiro;
- ε_4 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai cedimenti dei vincoli (ove previsti);

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

- Q_{7a} sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alla variazione termica positiva;
- Q_{7b} sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alla variazione termica negativa;
- Q₁ sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alle azioni variabili da traffico (C carichi concentrati – D carichi distribuiti – F folla);
- Q₅ sono le caratteristiche della sollecitazione dovute al vento.

5.3.1.2 Combinazioni per sottostrutture

Si rimanda ai capitoli relativi ai dimensionamento delle spalle.

5.3.2 Combinazioni di carico in fase sismica

La risposta della struttura è stata calcolata per sisma agente in direzione orizzontale trasversale e longitudinale ed in direzione verticale.

Sono state considerate le seguenti combinazioni:

$$E_I = E_{EI} \pm 0.30 E_{Et} \pm 0.30 E_{Ev}$$

$$E_t = 0.30 E_{EI} \pm E_{Et} \pm 0.30 E_{Ev}$$

$$E_v = 0.30 E_{EI} \pm 0.30 E_{Et} \pm E_{Ev}$$

Essendo:

E_{EI} Azione sismica in direzione orizzontale longitudinale;


E_{Et} Azione sismica in direzione orizzontale trasversale;

E_{Ev} Azione sismica in direzione verticale.

Le azioni sismiche sono state combinate con i carichi permanenti secondo la seguente espressione:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Nelle verifiche di resistenza delle strutture d'impalcato è omessa la combinazione sismica in quanto non dimensionante.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

6 ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO

6.1 Criteri di calcolo

6.1.1 Analisi globale

6.1.1.1 Definizione del modello di calcolo

L'impalcato ha uno [schema statico di trave appoggiata](#) con luci pari agli interassi delle spalle misurati sull'asse stradale.

L'analisi strutturale è condotta [su una singola trave principale](#), sottoposta al peso proprio, ai sovraccarichi permanenti, alle distorsioni, all'aliquota dei carichi mobili che discende dalla ripartizione trasversale dei carichi ed alle azioni del vento.

La trave è discretizzata in conci di sezione costante, in modo da tener conto delle variazioni geometriche e della fessurazione della soletta.

La trave è stata vincolata rigidamente in corrispondenza degli allineamenti delle spalle.

6.1.1.2 Caratteristiche geometrico-inerziali in fase di analisi

L'analisi è stata condotta per fasi distinte per tenere conto dell'evoluzione dello schema statico e dell'evoluzione delle caratteristiche geometrico-inerziali della struttura nel tempo. In particolare, sono stati analizzati i seguenti modelli:

1. *Modello 1*: In cui le caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni sono ottenute considerando la sola struttura metallica. Con questo modello si valutano gli effetti dovuti ai pesi propri. Per quanto attiene l'impalcato il peso proprio è quello complessivo relativo alla carpenteria metallica, al peso delle predalles ed al peso del getto di completamento della soletta in c.a.;
2. *Modello 2*: In cui sono considerate le caratteristiche geometrico-inerziali della sezione composta costituita dalle travi metalliche e dalla soletta in c.a. omogeneizzata all'acciaio mediante il rapporto modulare $n_L = n_{inf}$. Con questo modello si valutano gli effetti dovuti alle azioni di lunga durata: i carichi permanenti.
3. *Modello 3*: In cui sono considerate le caratteristiche geometrico-inerziali della sezione composta costituita dalle travi metalliche e dalla soletta in c.a. omogeneizzata all'acciaio mediante il rapporto modulare $n_L = n_0$. Con questo modello si valutano gli effetti dovuti alle azioni di breve durata o impulsive: Azioni variabili da traffico, Vento.

Nei modelli 2 e 3 si è tenuto conto della riduzione di rigidità della sezione composta in prossimità degli appoggi interni per la fessurazione della soletta, trascurando il contributo inerziale del calcestruzzo su un tratto di lunghezza pari al 15% delle luci delle campate adiacenti e considerando comunque il contributo inerziale delle armature presenti entro la soletta collaborante.

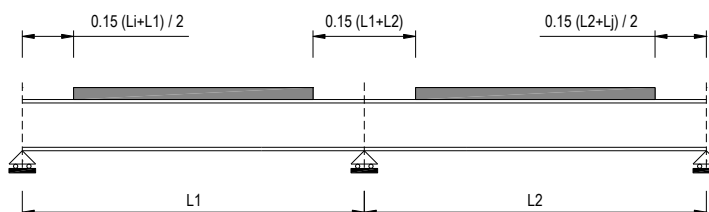



Figura 6.1. Modellazione degli effetti dovuti alla fessurazione

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

6.1.1.3 Larghezze collaboranti in fase di analisi e di verifica

Le larghezze collaboranti della soletta da considerare in fase di verifica delle sezioni composte sono state determinate come precisato nel par. §4.3.2.3 delle NTC2018.

La larghezza efficace b_{eff} della soletta è stata determinata con l'espressione:

$$b_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2}$$

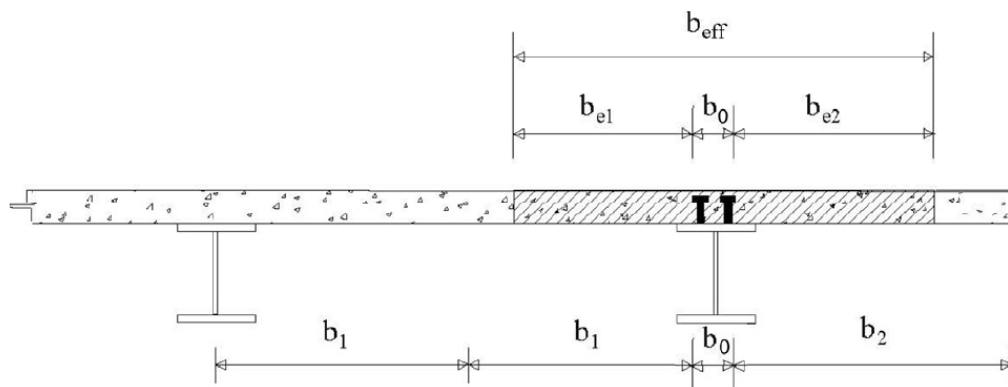


Fig. 4.3.1. - Definizione della larghezza efficace b_{eff} e delle aliquote b_{ei}

dove:

b_0 è la distanza tra gli assi dei connettori;

b_{ei} è il valore della larghezza collaborante da ciascun lato della sezione composta pari al minimo tra b_i e $L_e/8$;

L_e nelle travi poggiate è la luce della trave, nelle travi continue è la distanza indicata nella fig. 4.3.2. delle NTC2018:

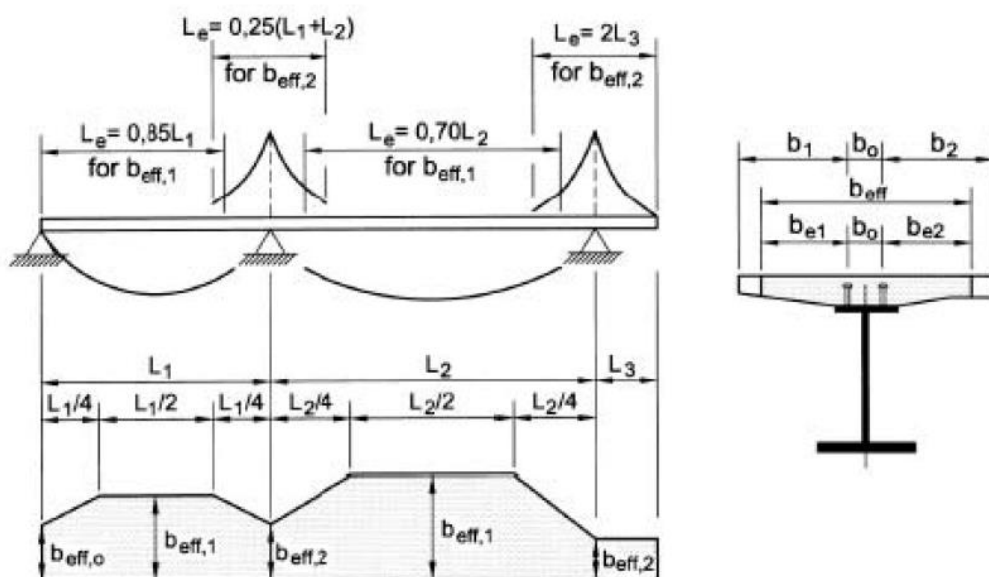



Fig. 4.3.2 - Larghezza efficace, b_{eff} e luci equivalenti, L_e per le travi continue

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Per gli appoggi di estremità la formula diviene:

$$b_{eff} = \beta_1 b_{e1} + \beta_2 b_{e2}$$

dove:

$$\beta_i = (0.55 + 0.25 L_e/b_{ei}) \leq 1.0$$

In fase di analisi è stata considerata una larghezza efficace costante sull'intera lunghezza di ogni campata e pari al valore ottenuto in mezzzeria (b_{eff1}) così come esposto in precedenza.

6.1.2 Analisi locali

Il calcolo della soletta è stato effettuato mediante un modello agli elementi finiti che la schematizza attraverso elementi tipo SHELL, vincolate in semplice appoggio in corrispondenza delle travi principali.

6.2 Analisi statica globale

L'analisi statica globale della trave continua è stata condotta con l'ausilio del noto programma agli elementi finiti SAP2000®.

La figura seguente illustra la geometria del modello di calcolo:




Figura 6.2. Geometria del modello di calcolo

6.2.1.1 Caratteristiche geometrico-inerziali in fase di analisi

In allegato si riepilogano le caratteristiche geometriche-inerziali delle sezioni che compongono le sezioni d'impalcato considerate in fase di analisi.

I simboli corrispondono allo schema seguente:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

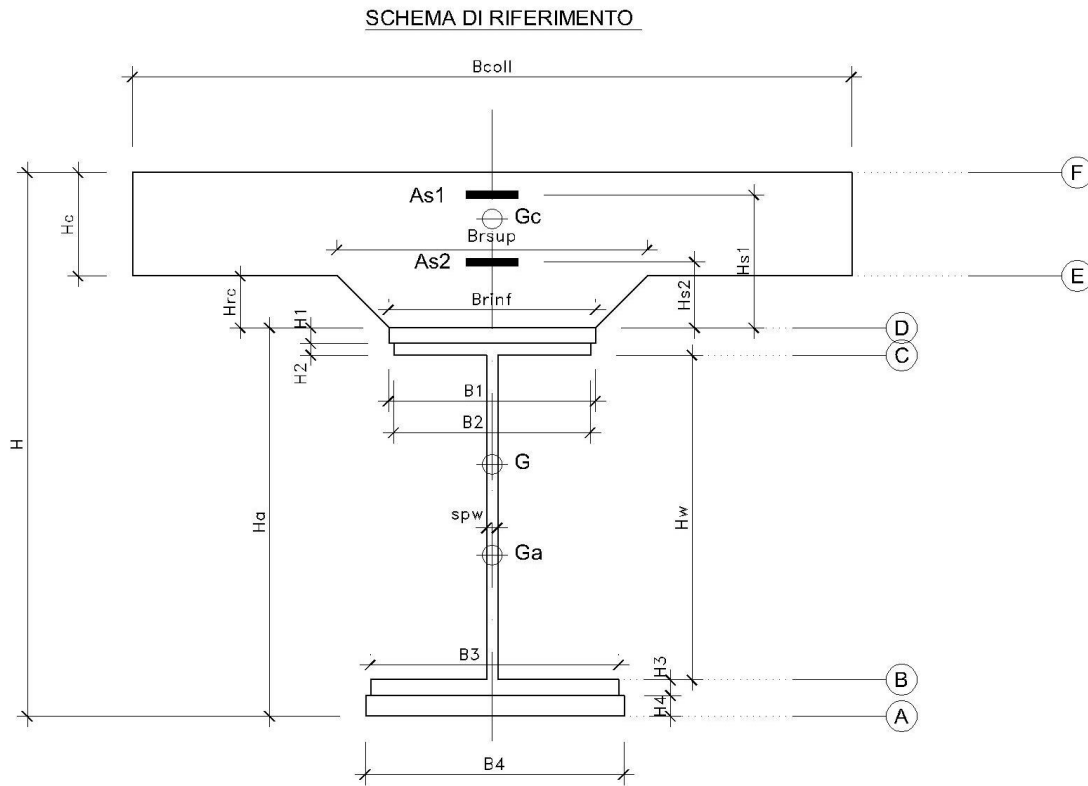


Figura 6.3. Schema di riferimento per la valutazione delle caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni delle travi d'impalcato

6.2.2 Applicazione dei carichi al modello

6.2.2.1 Peso proprio della struttura (Load G1) – fase 1

Il peso proprio della carpenteria metallica dell'impalcato è stato computato in automatico dal codice di calcolo utilizzato a partire dalle aree degli elementi che rappresentano le travi principali, considerando il coefficiente maggiorativo specificato al par. 5.2.1 che tiene conto dell'incidenza delle strutture secondarie (traversi, controventi, saldature, bullonature etc.).

Il peso proprio della soletta, specificato al par. 5.2.1, è stato applicato quale carico uniformemente distribuito agli elementi che schematizzano la trave.

6.2.2.2 Carichi permanenti portati (Load G2) – fase 2


I carichi permanenti portati, specificato al par. 5.2.2, sono stati applicati quali carichi uniformemente distribuiti sugli elementi che schematizzano la trave.

6.2.2.3 Cedimenti vincolari (Load CED1, CED2, CED3 – Involuppi Comb: CED) – fase 2

Trattandosi di impalcato a trave poggiata, gli effetti legati ai cedimenti degli appoggi sono nulli.

6.2.2.4 Ritiro (LOAD RIT) - fase 2

Gli effetti dovuti alle azioni isostatiche non sono applicati al modello ma sono conteggiati direttamente in fase di verifica delle sezioni. Gli effetti del ritiro iperstatico, trattandosi di impalcato a trave poggiata, sono nulli.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

6.2.2.5 Carichi mobili verticali (MOVE MVDX, MVSX) – fase 3

L'applicazione dei treni di carico nel modello avviene attraverso un apposito modulo del programma di calcolo che permette di valutare gli effetti in termini di sollecitazioni e deformazioni dovuti a uno o più treni di carico viaggianti lungo linee di carico (lanes) prefissate, che nel caso in esame corrispondono [all'asse della trave](#).

In particolare, è stato utilizzato l'apposito modulo del programma di calcolo che permette di valutare gli effetti in termini di sollecitazioni e deformazioni dovuti ad un treno di carico viaggiante lungo la struttura.

Sono stati considerati i seguenti treni di carico viaggiante relativi alla trave complessivamente più sollecitata:

- V2018-C: Carichi concentrati dello Schema di carico 1
- V2018-D: Carichi distribuiti dello Schema di carico 1

6.2.2.6 Variazioni termiche (LOAD DT+, DT-) - fase 3

Gli effetti dovuti alle azioni isostatiche non sono applicati al modello ma sono conteggiati direttamente in fase di verifica delle sezioni. Gli effetti iperstatici dalle variazioni termiche tra soletta e struttura metallica, trattandosi di impalcati a trave poggiate, sono nulli.

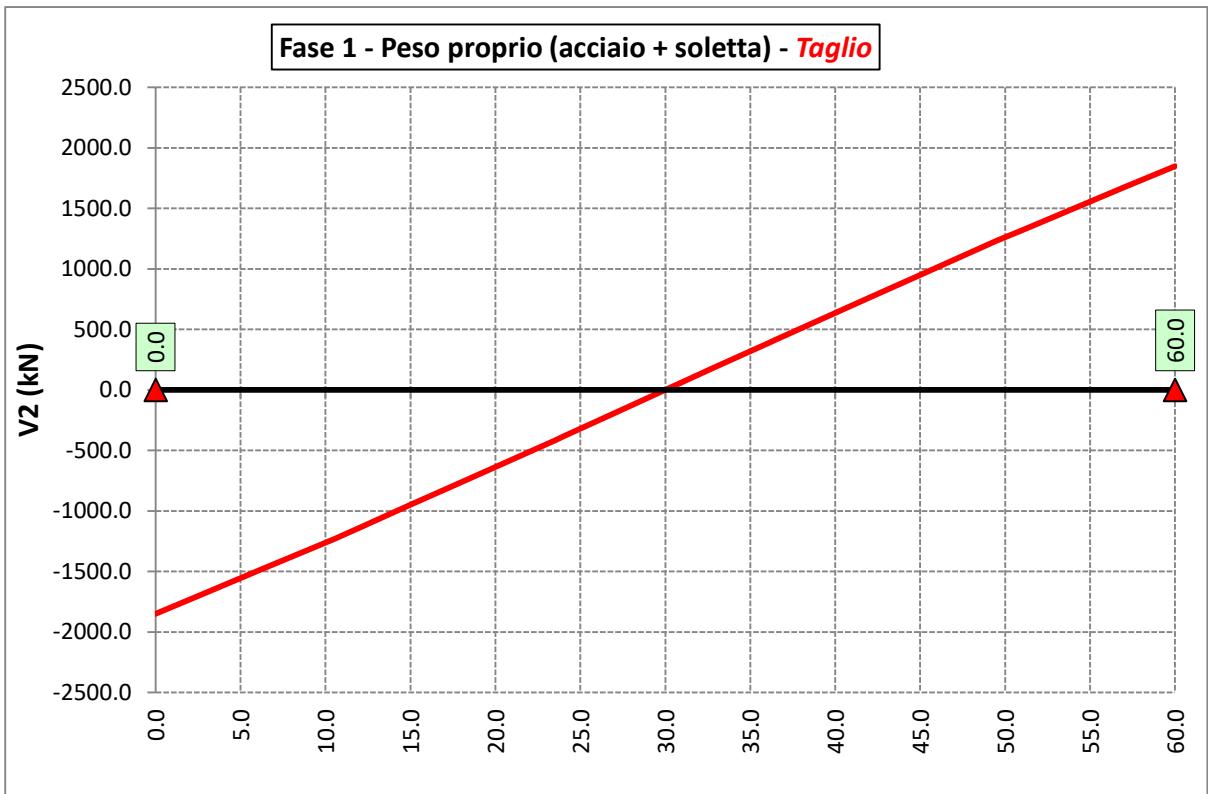
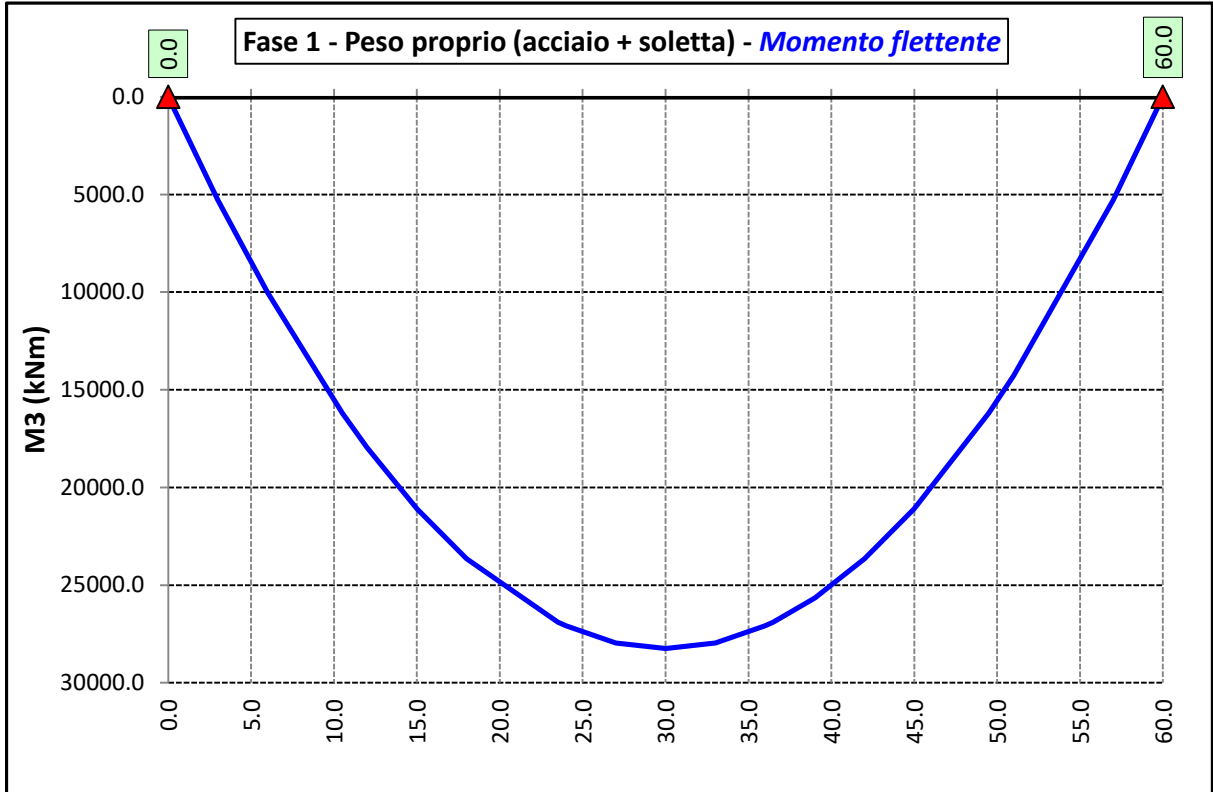
6.2.2.7 Vento trasversale (LOAD Q5-TR, Q5-APP) - fase 3

Le azioni dovute al vento, specificate al par. 5.2.9, sono state applicate quali carichi verticali uniformemente distribuiti sugli elementi che schematizzano la trave.

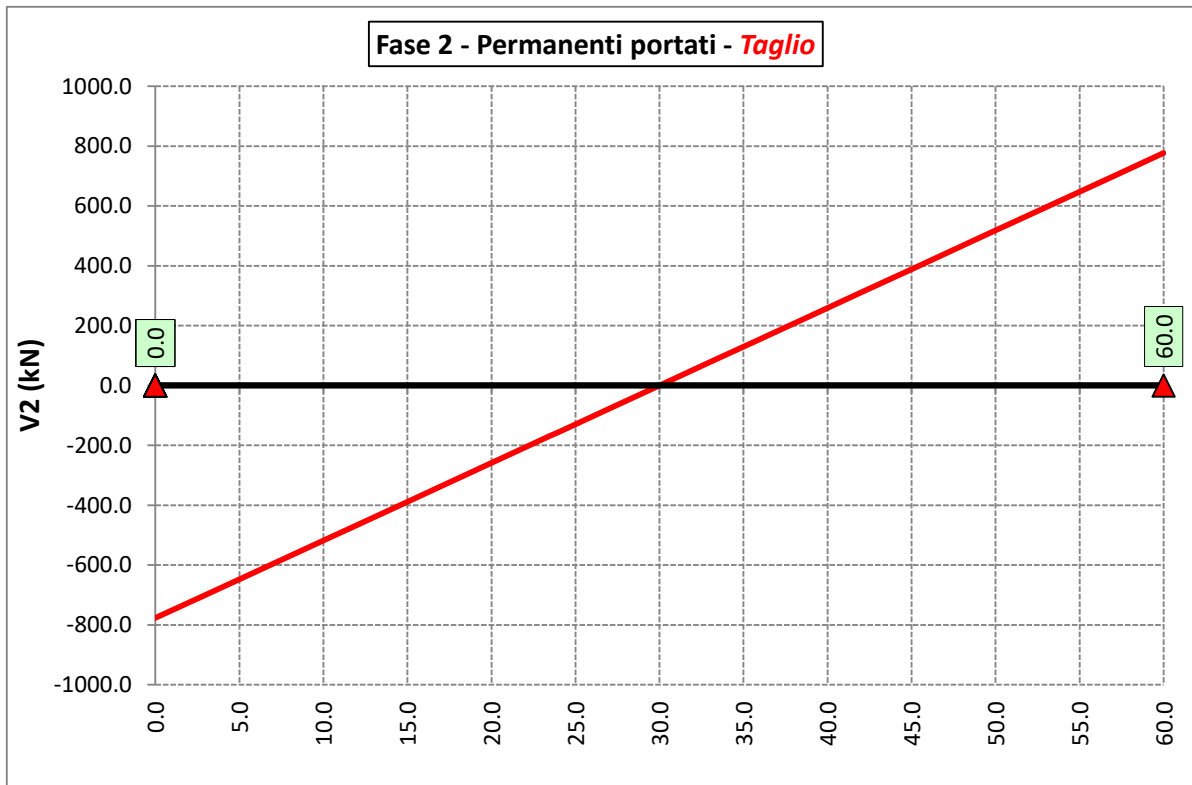
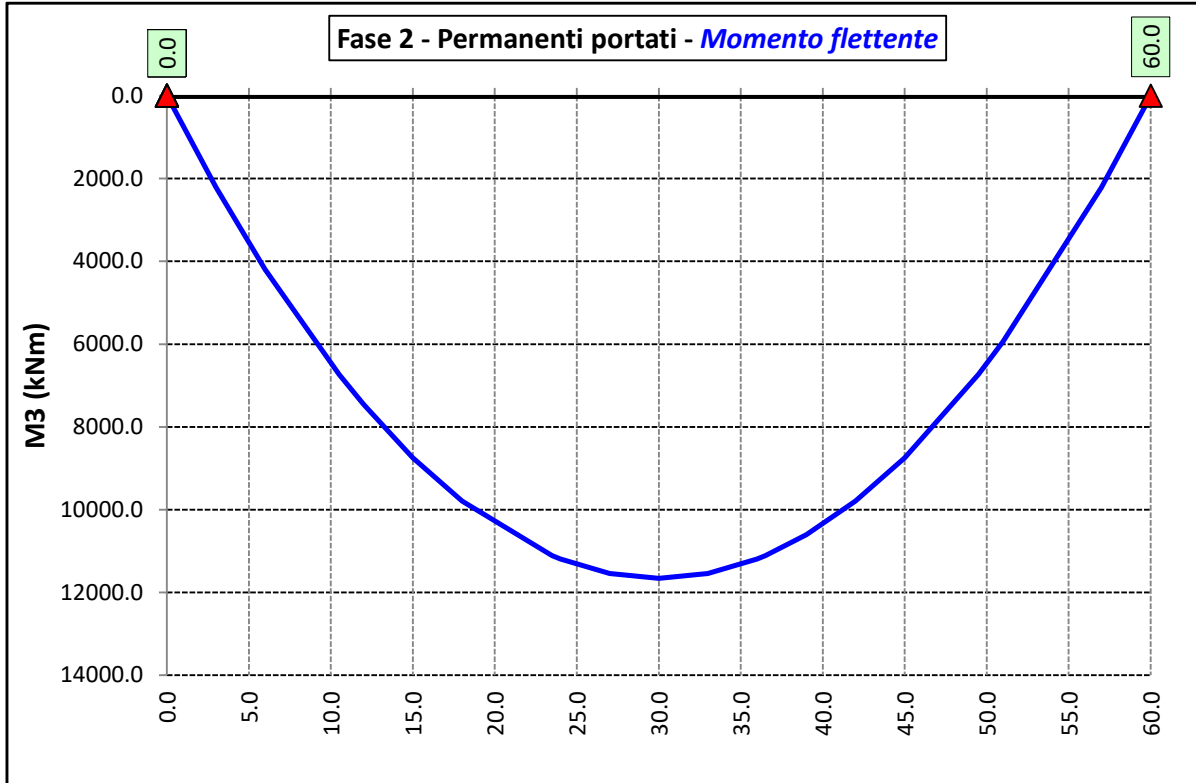
6.2.3 Sollecitazioni di progetto

Le figure seguenti rappresentano le sollecitazioni agenti sulla trave principale maggiormente sollecitata, in termini di Momento flettente M3 e sforzo di taglio V2 per ciascuna condizione di carico esaminata.

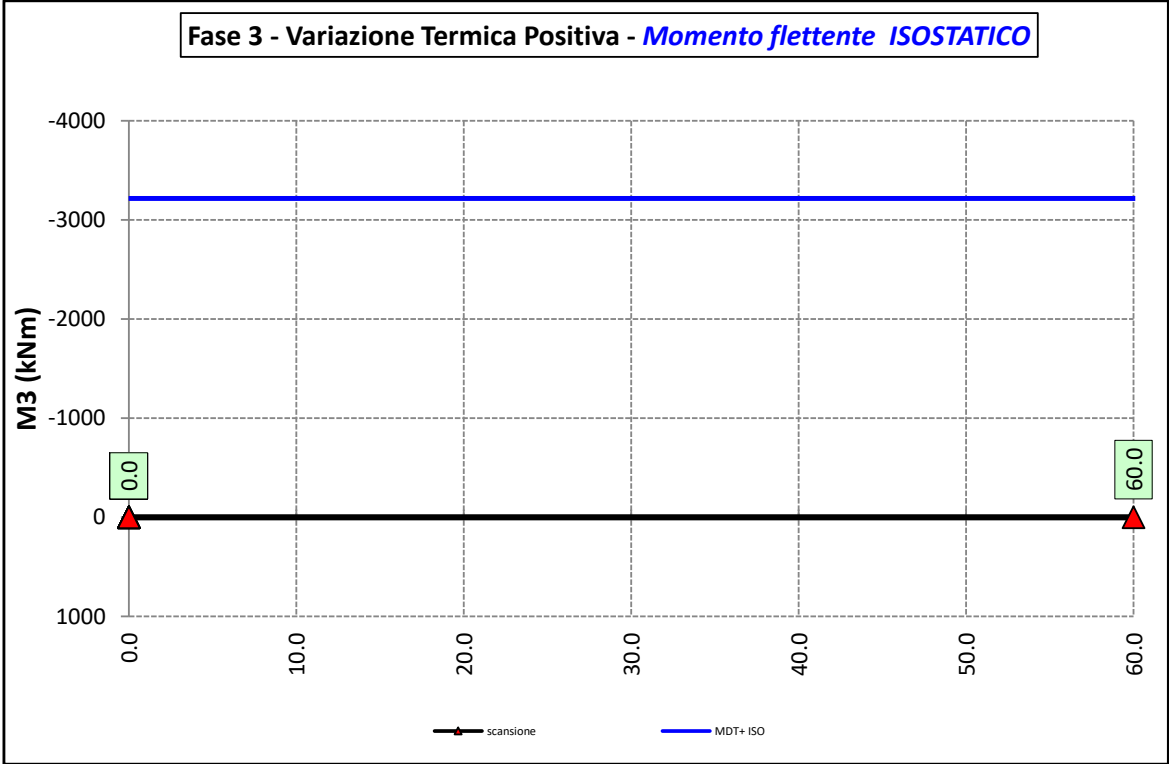
6.2.3.1 Peso proprio (acciaio + soletta) – Modello 1



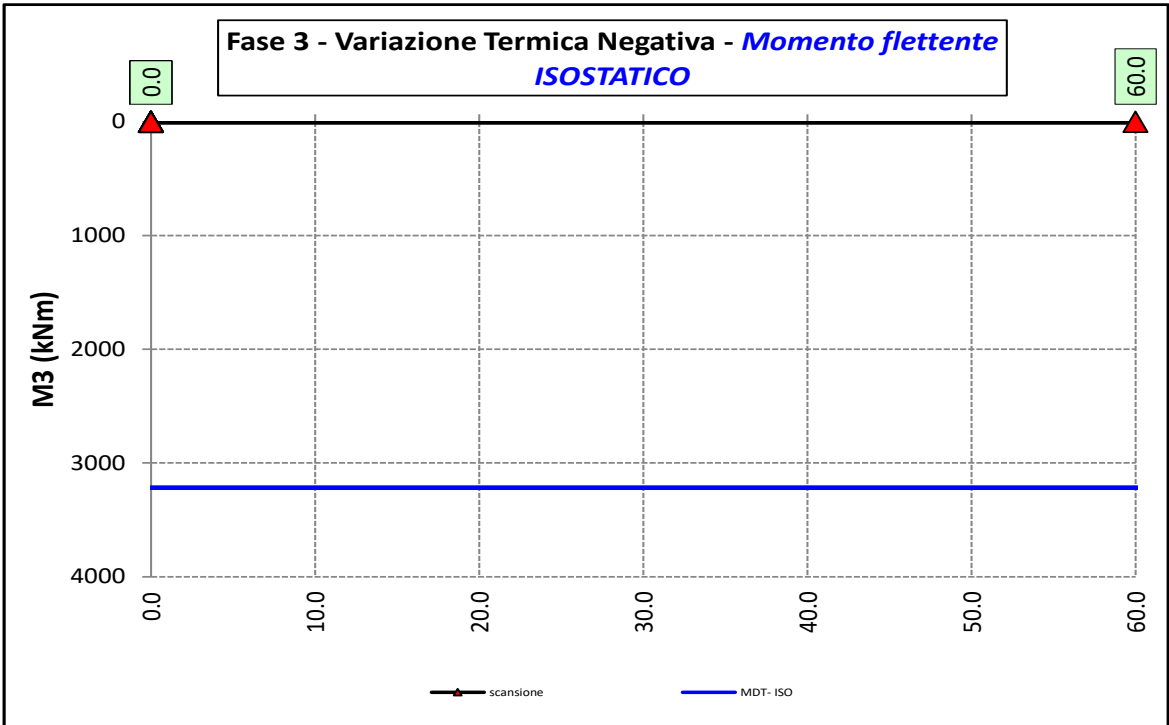
6.2.3.2 Permanenti portati – Modello 2




6.2.3.3 Variazioni termiche positive ($\Delta T+$) - Modello 3

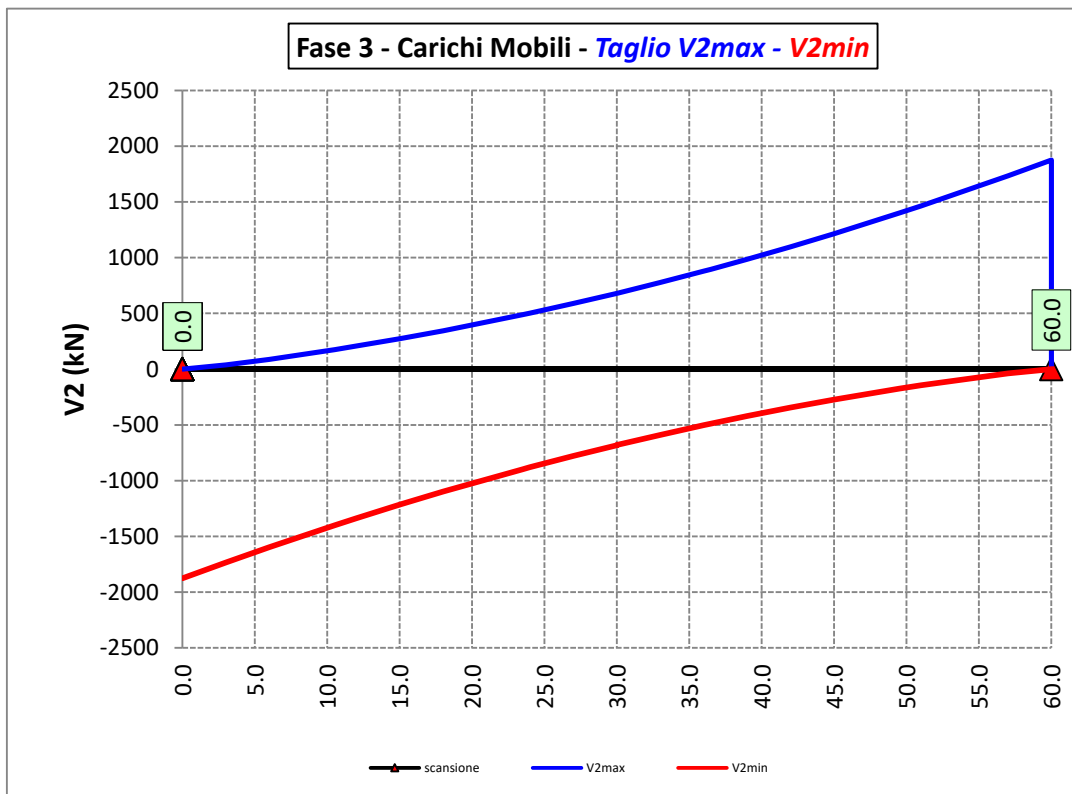
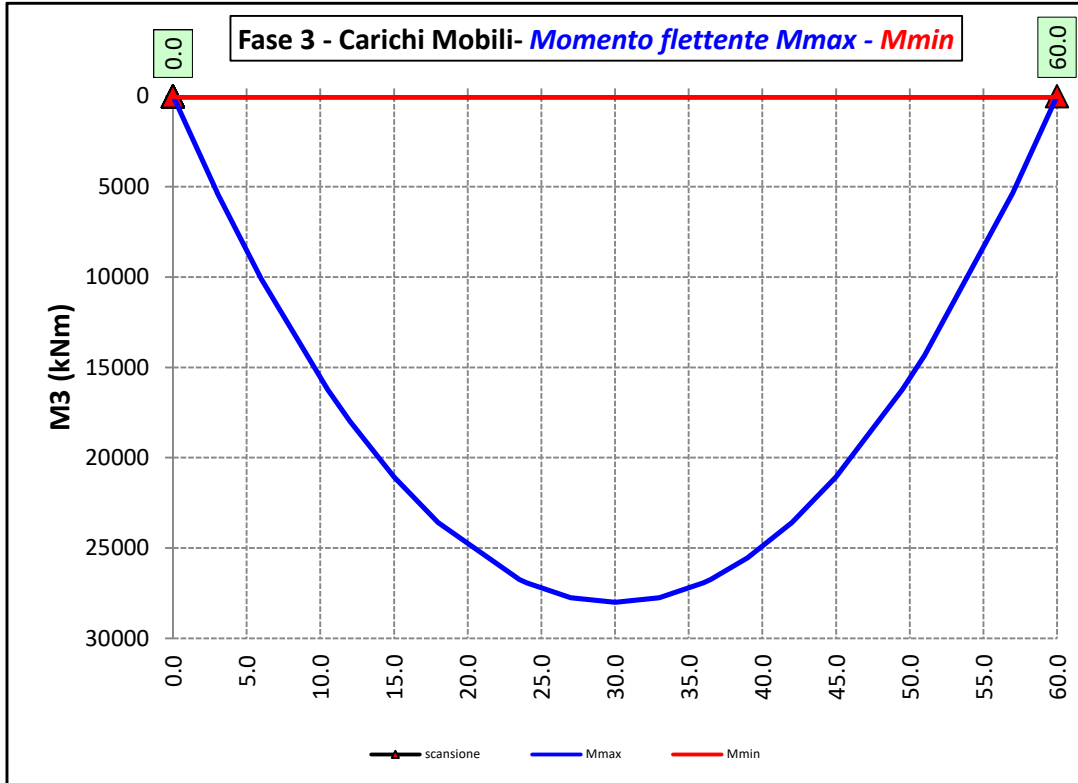


6.2.3.4 Variazioni termiche negative ($\Delta T-$) - Modello 3

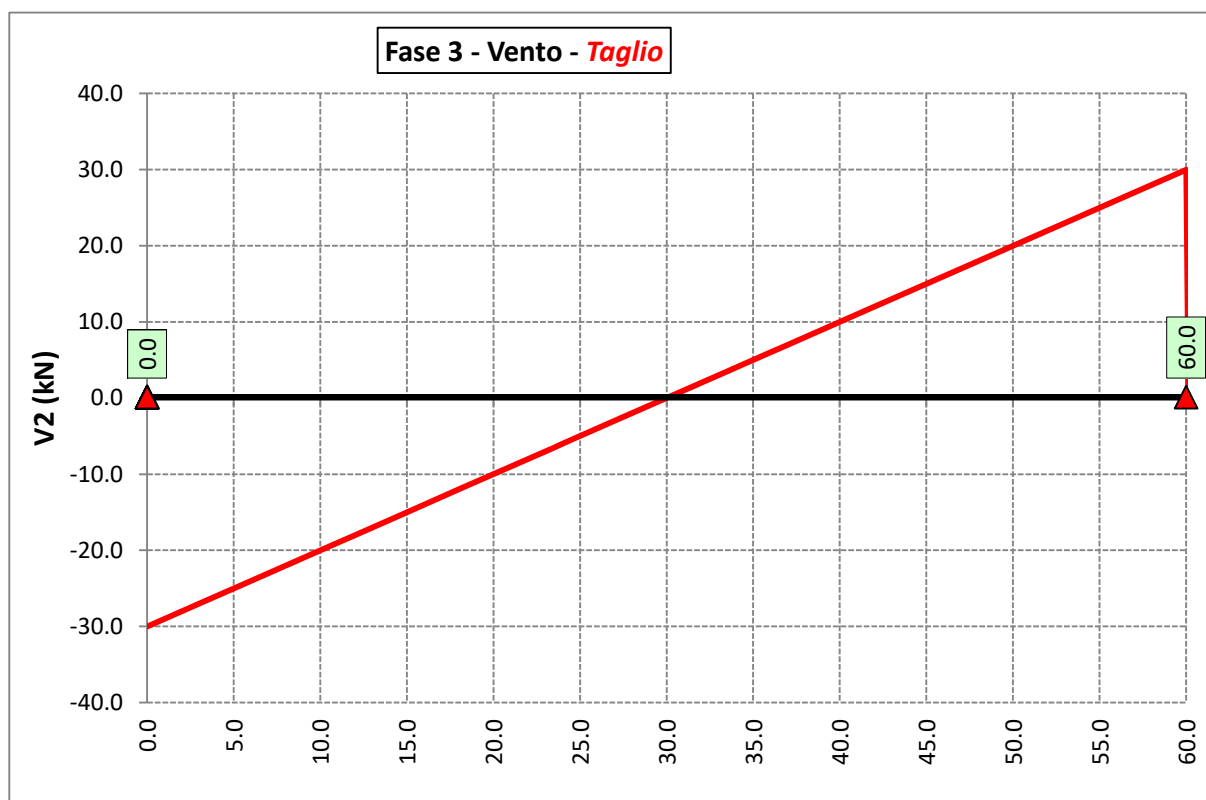
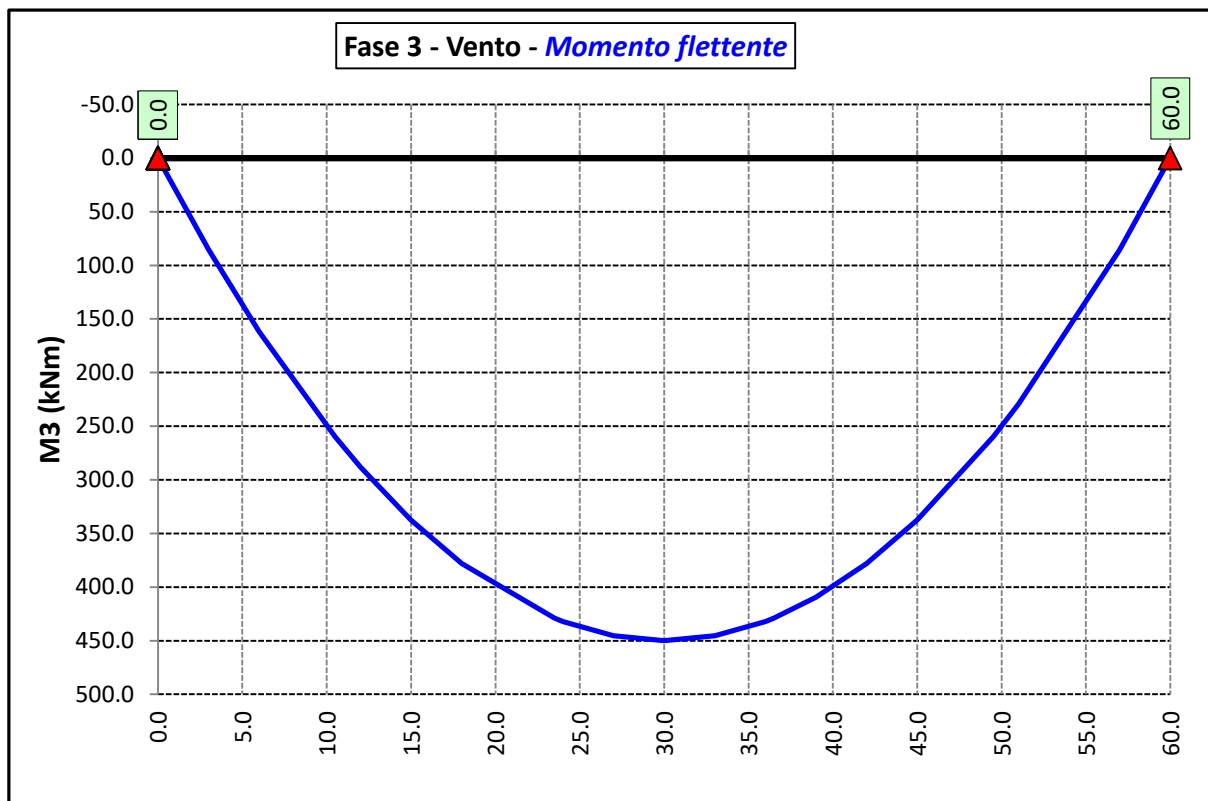


SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

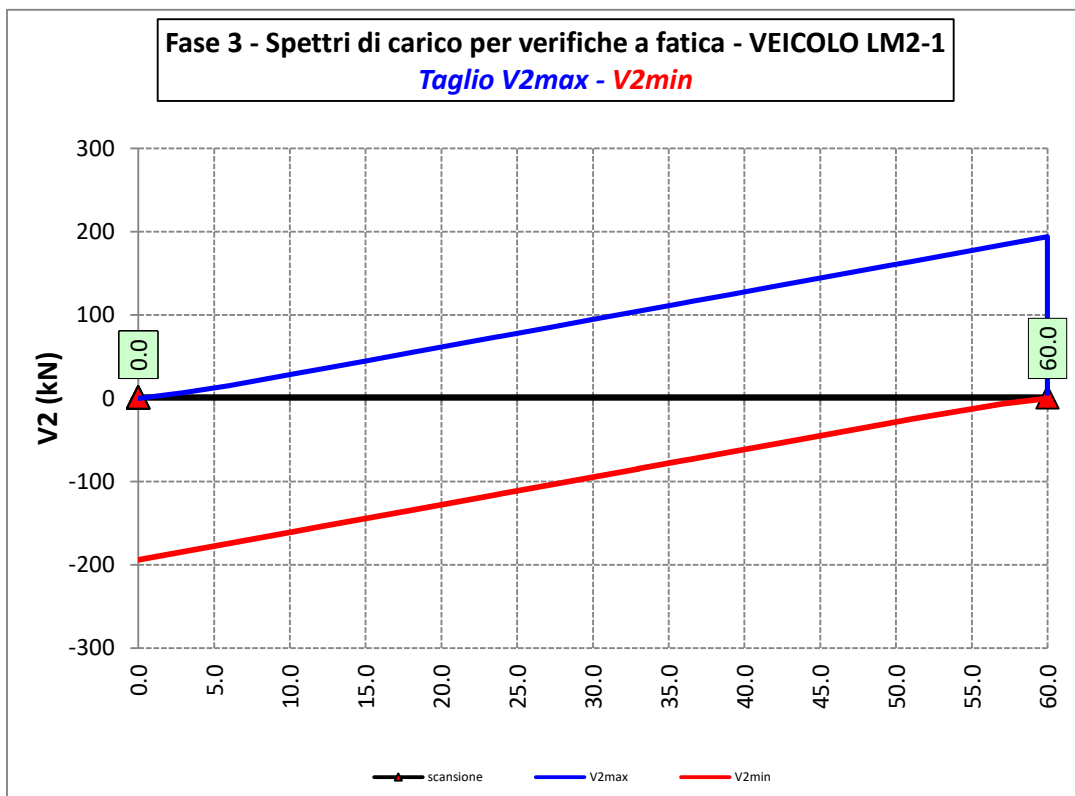
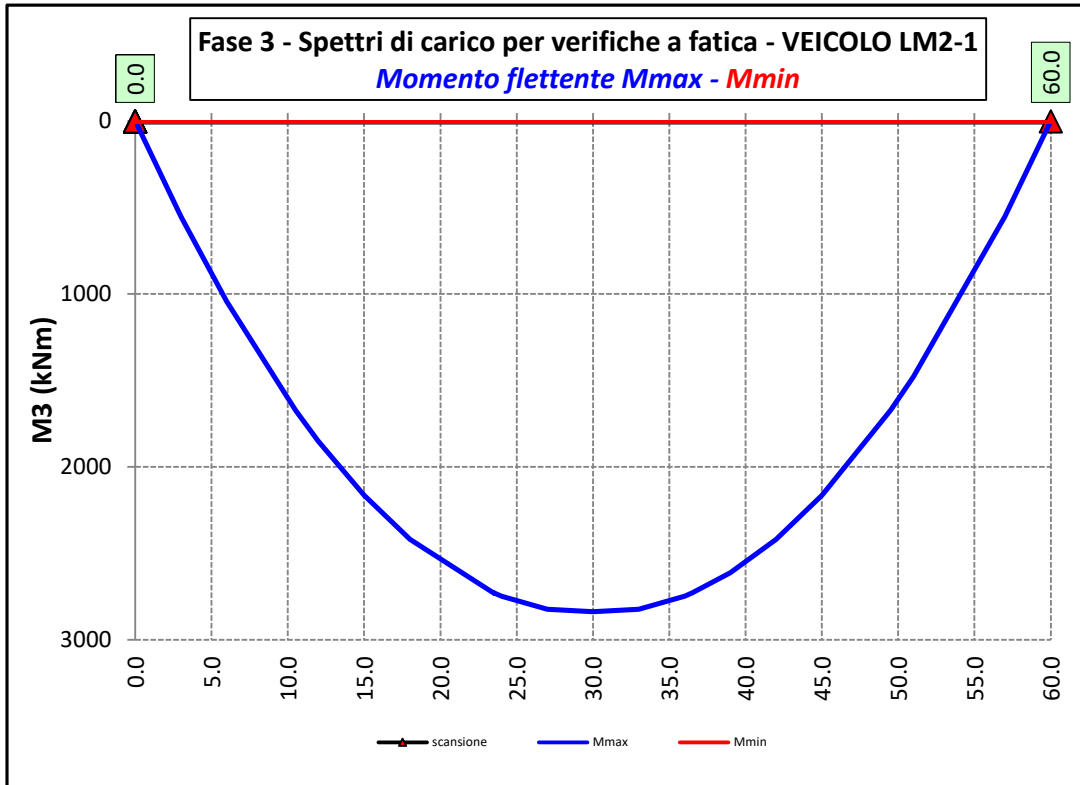
6.2.3.5 Azioni variabili da traffico (Inviluppi) – Modello 3

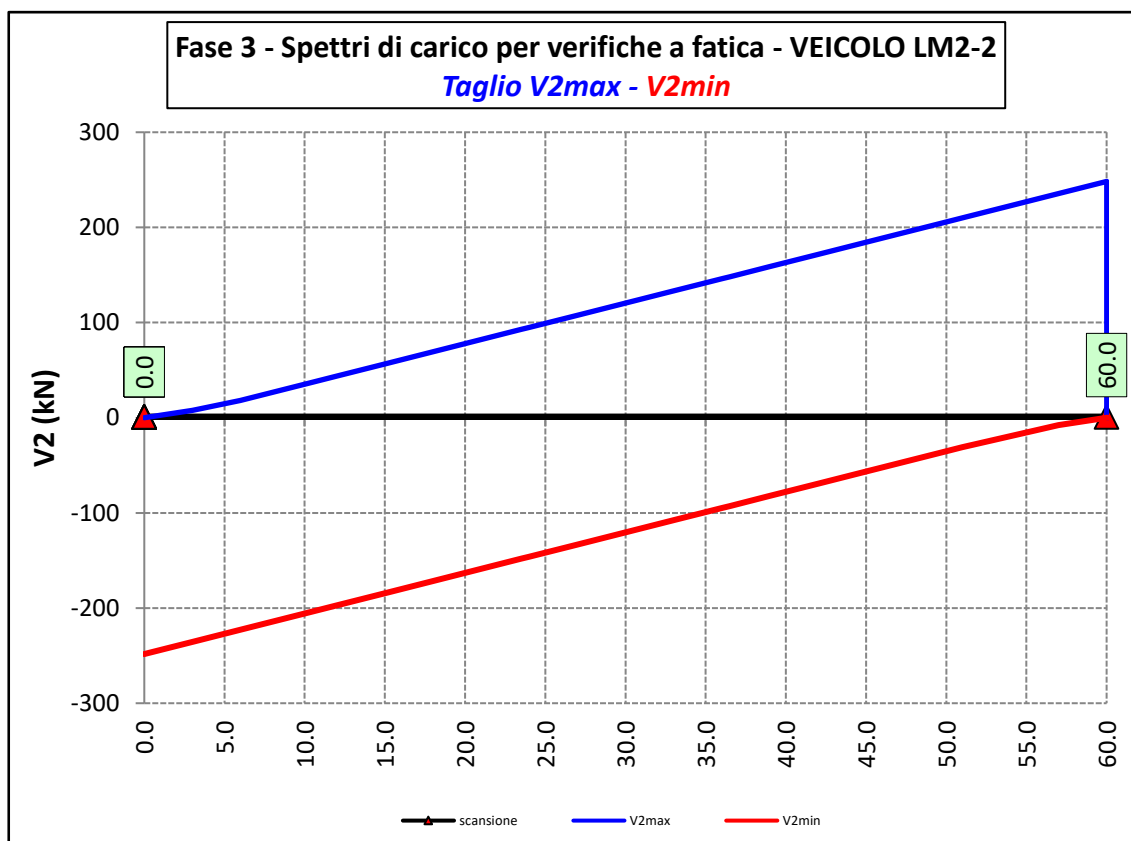
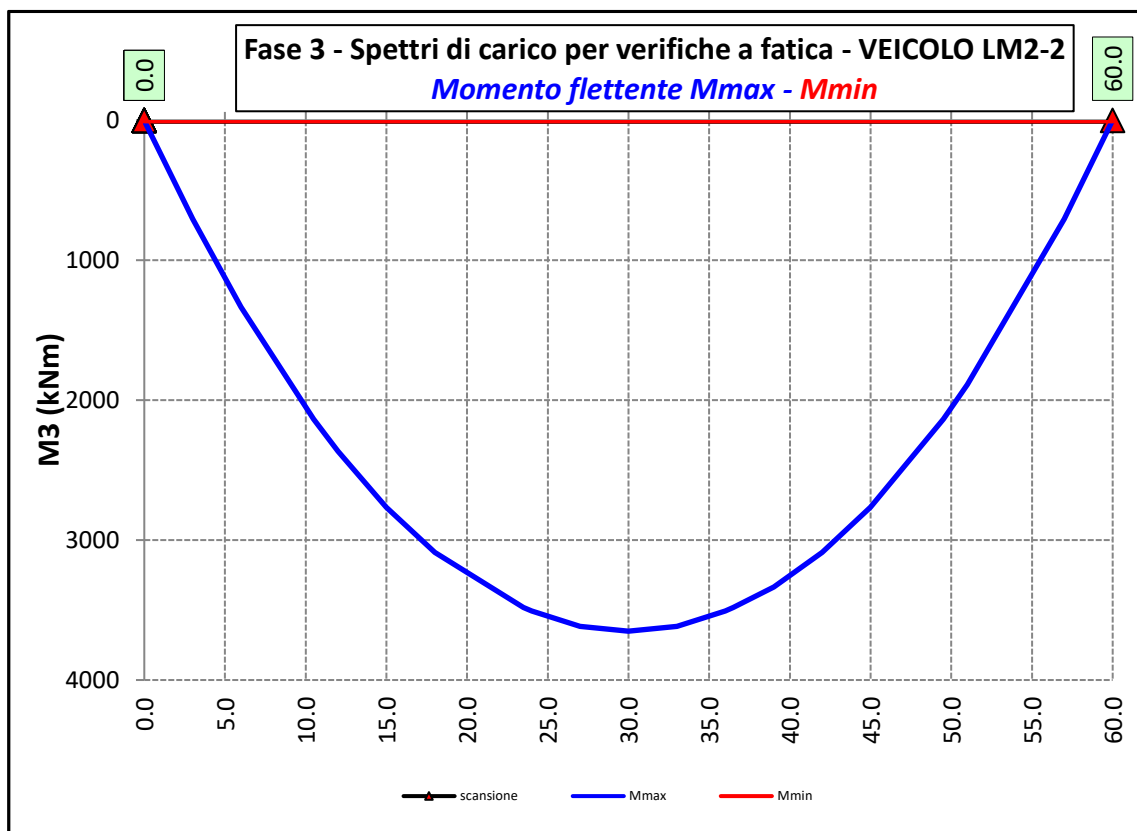


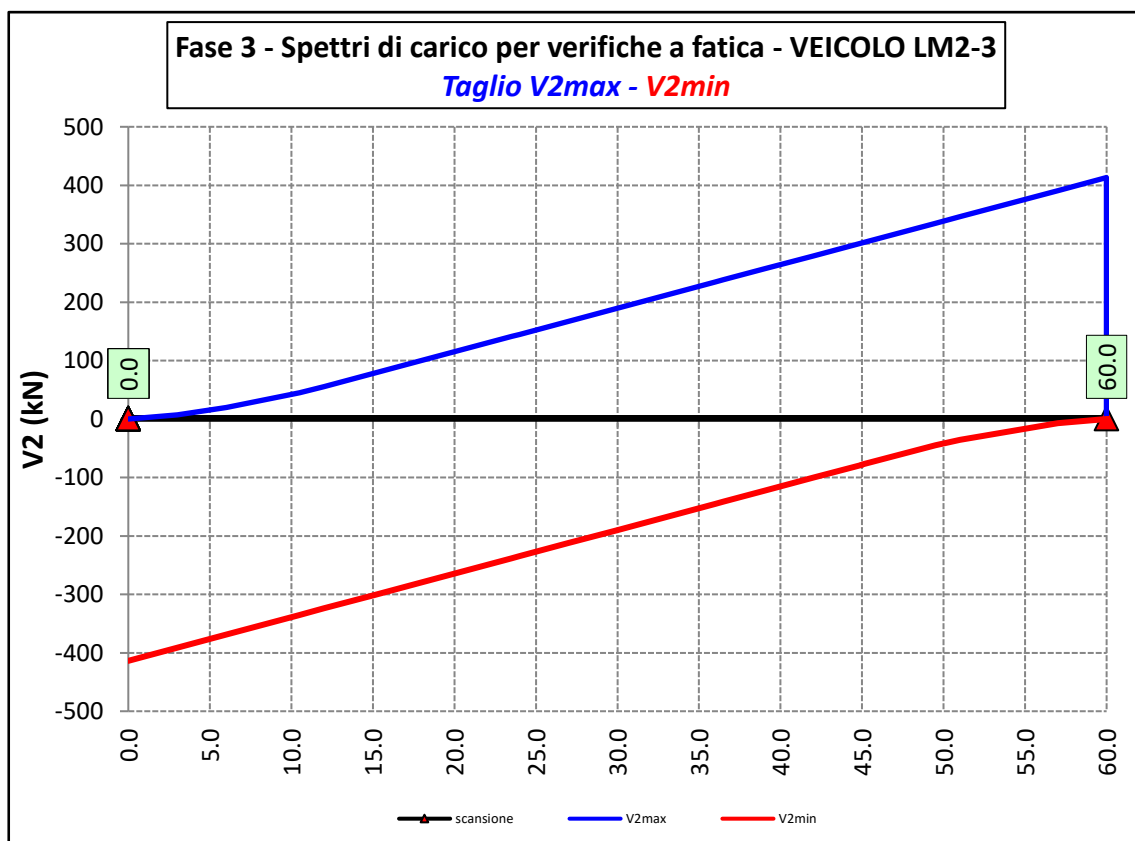
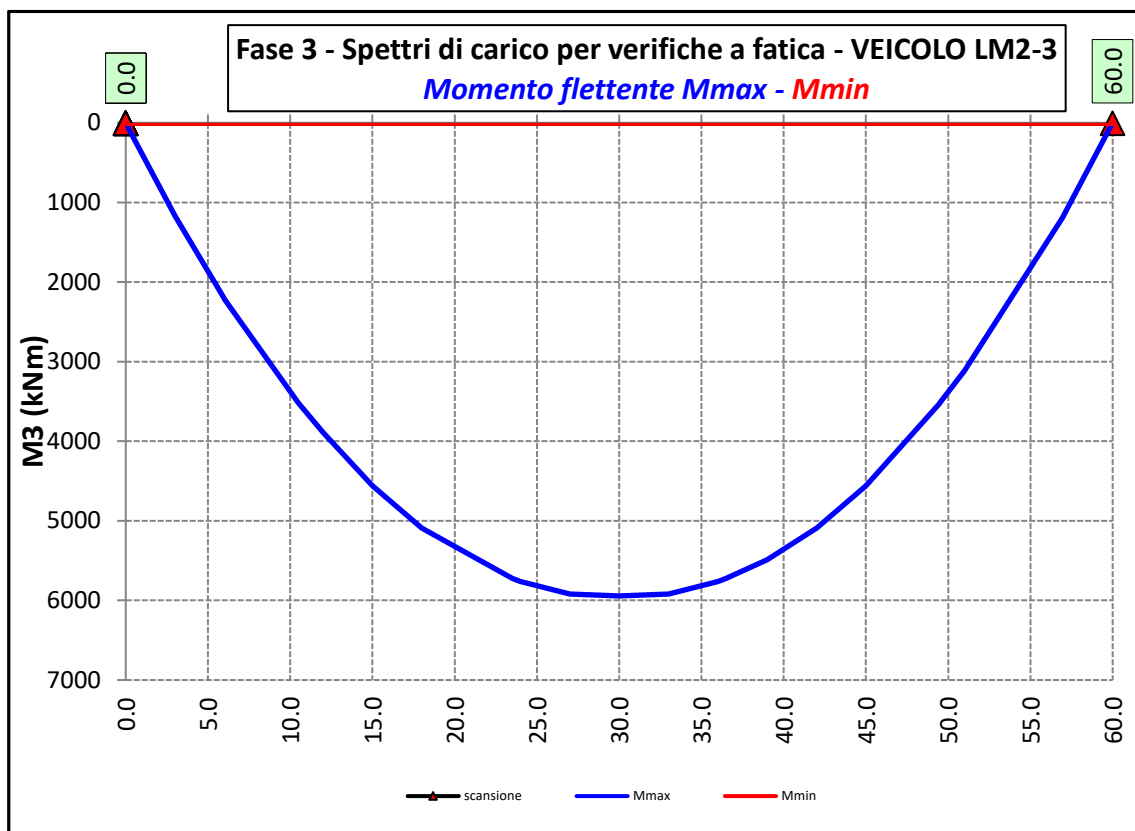
6.2.3.6 Vento – Modello 3

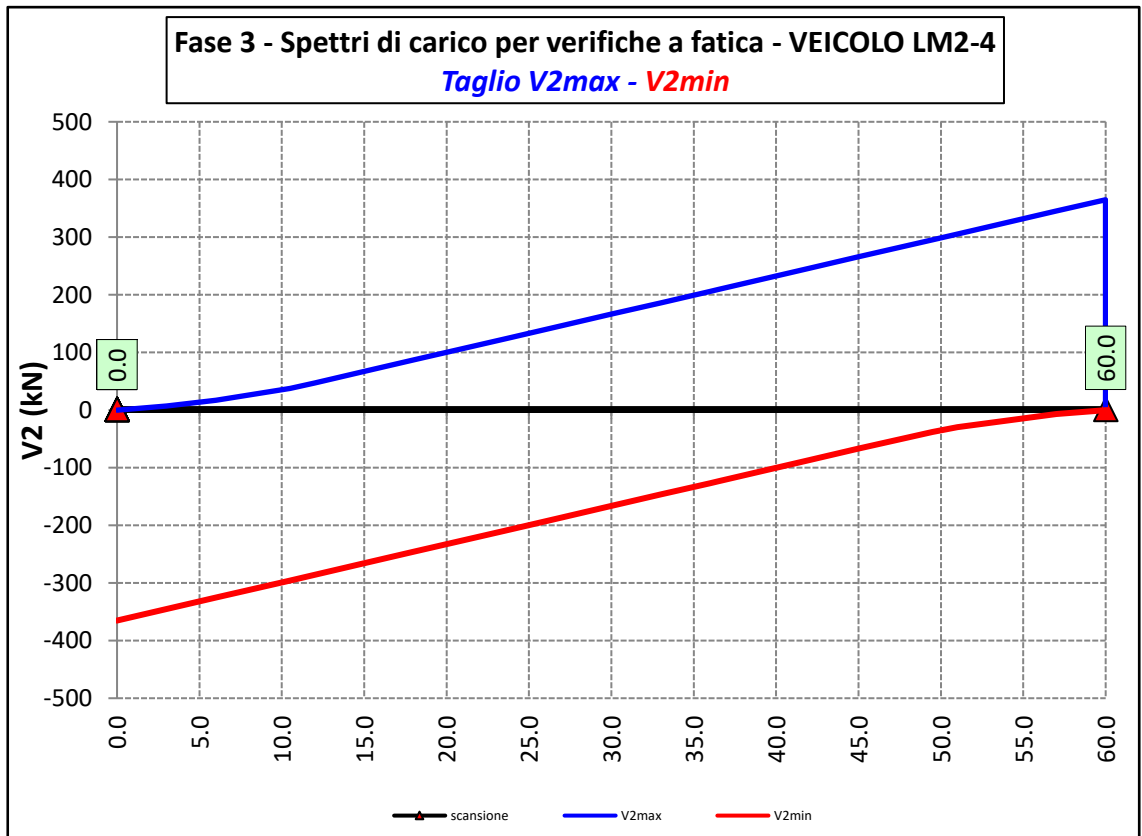
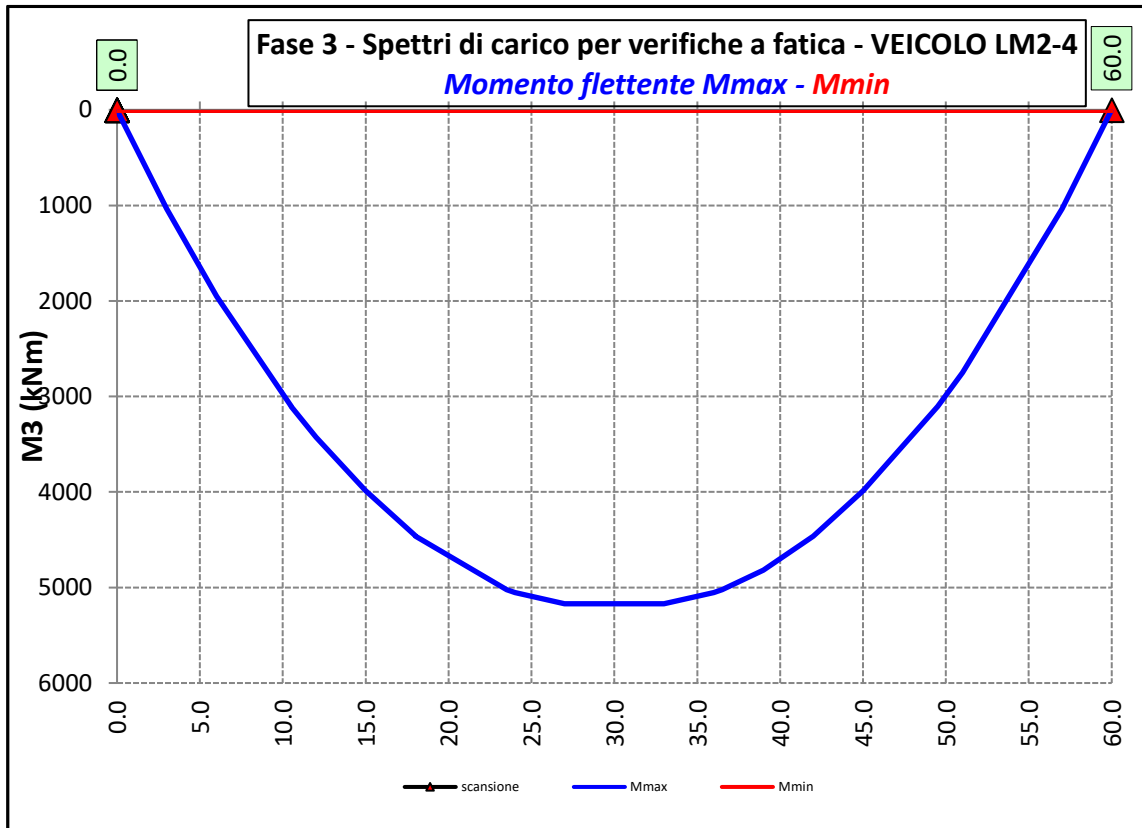


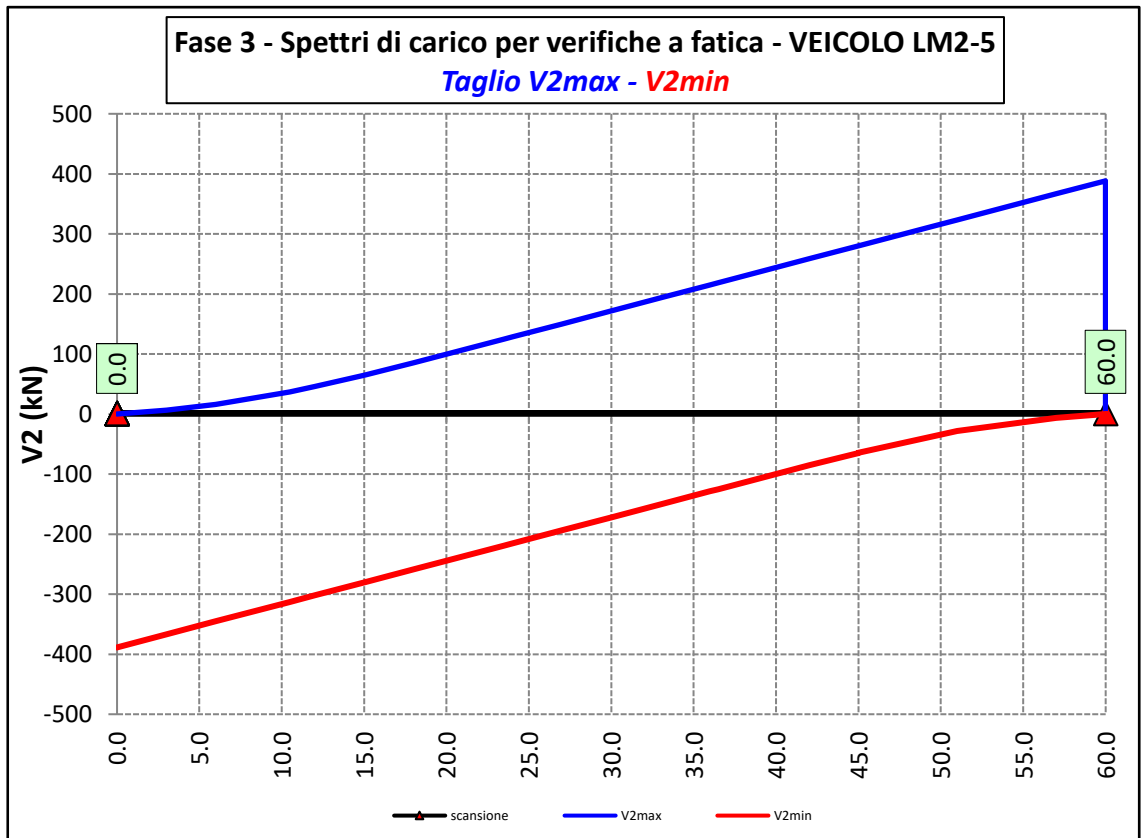
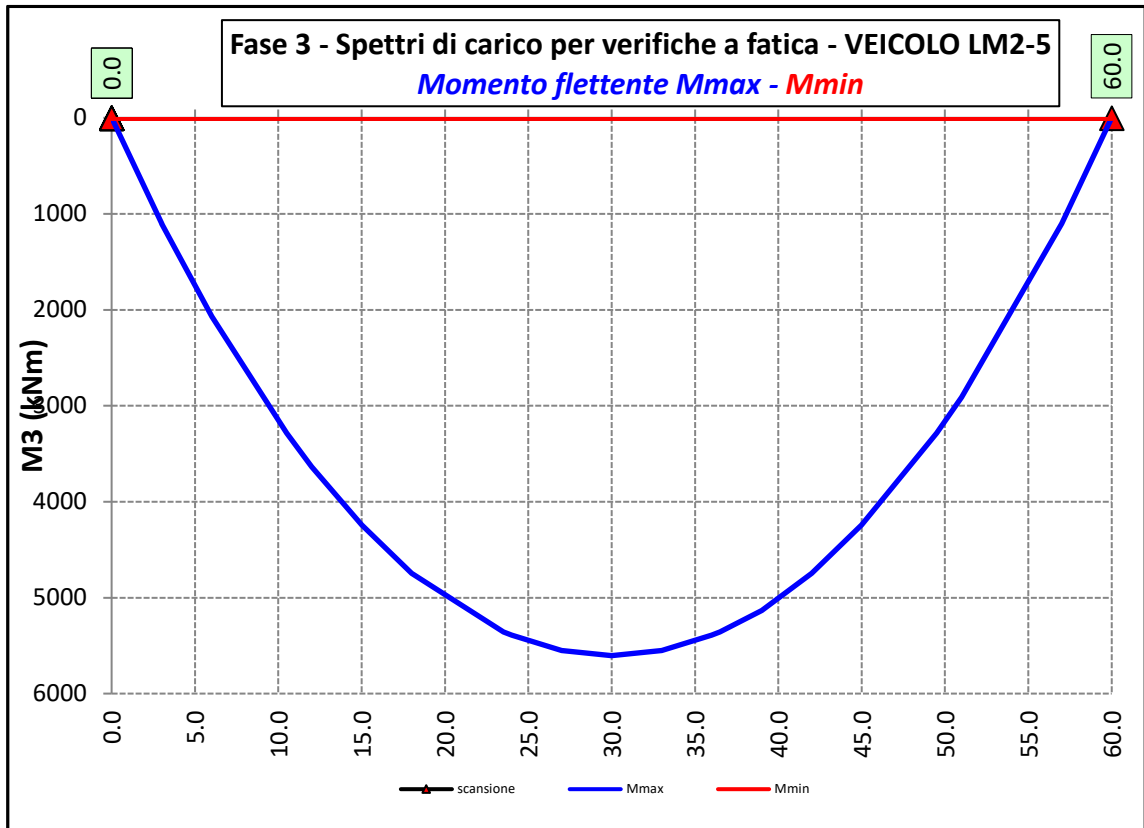
6.2.3.7 Spettri di carico per verifiche a fatica – Modello 3

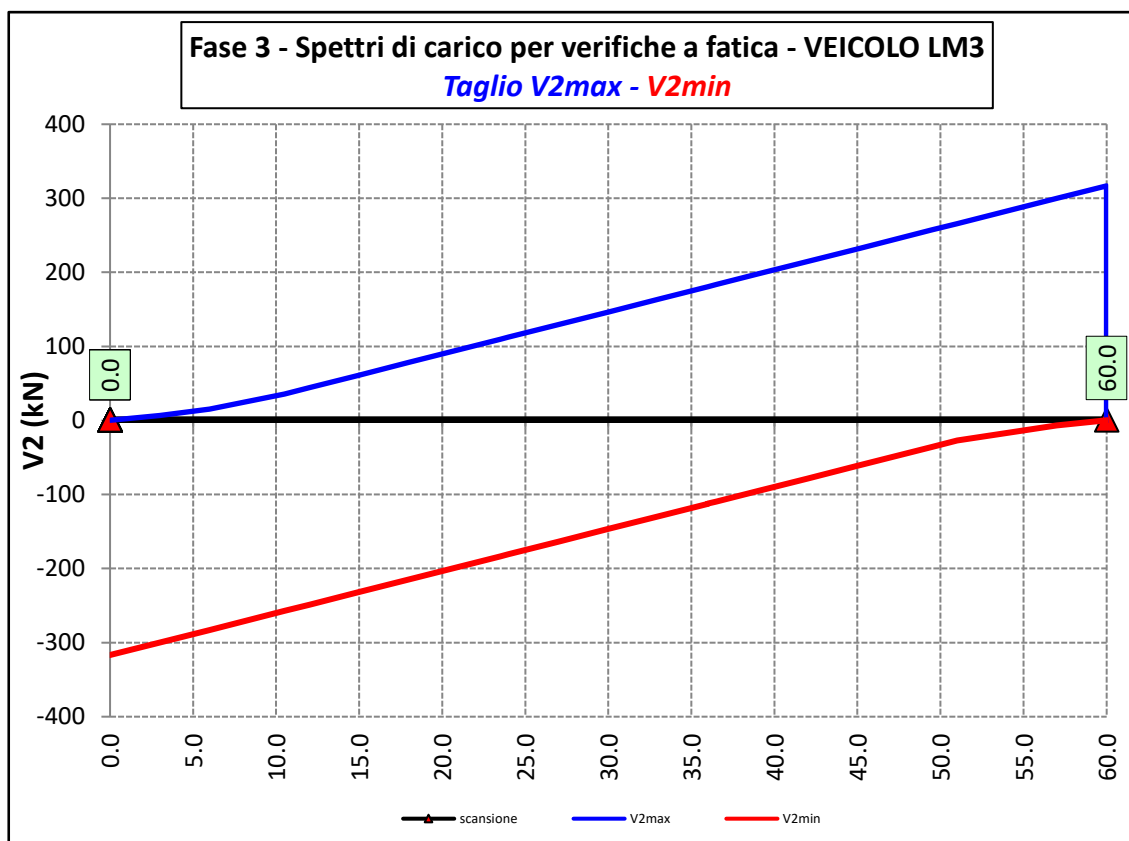
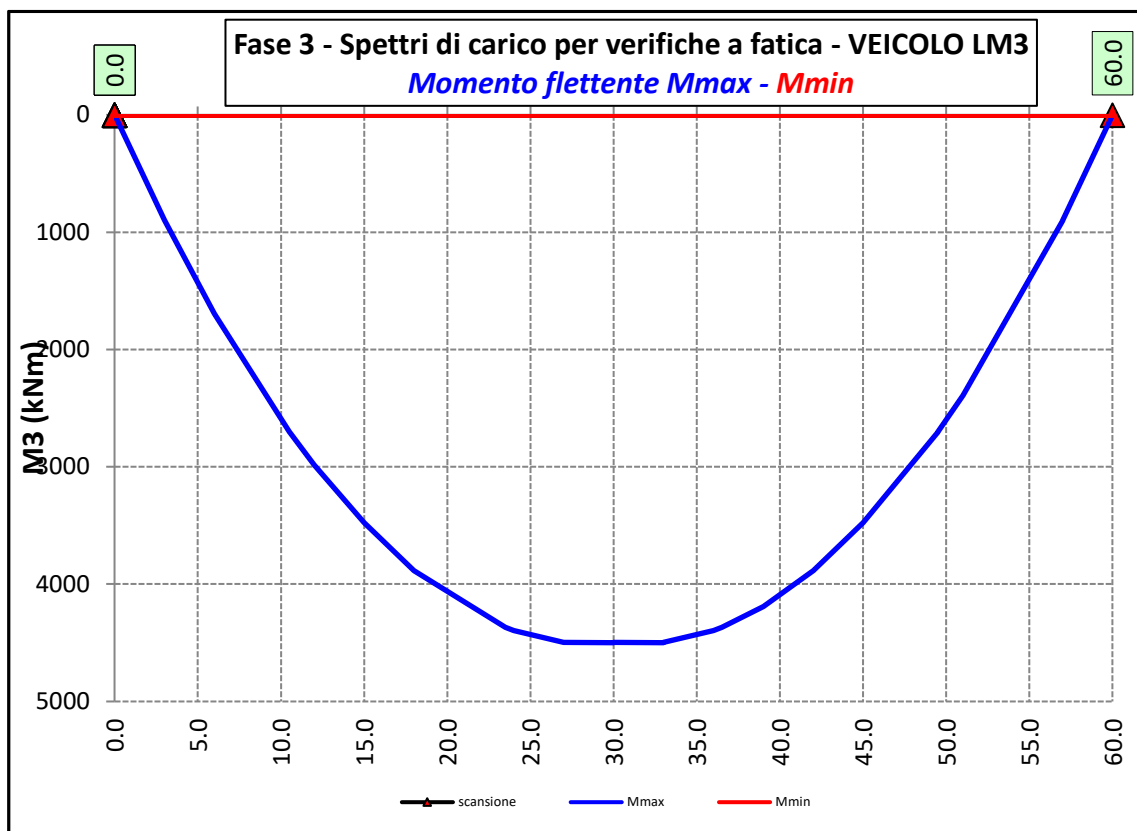













SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

6.3 Verifiche delle travi principali

6.3.1 Verifiche di resistenza SLU

6.3.1.1 Classificazione delle sezioni resistenti

In base al par. 4.2.3.1 delle NTC2018 le sezioni trasversali degli elementi strutturali in acciaio si classificano in funzione della loro capacità rotazionale C_θ definita come:

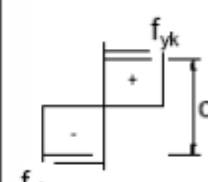
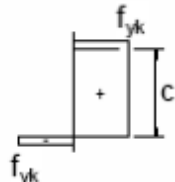
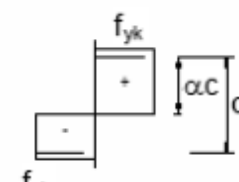
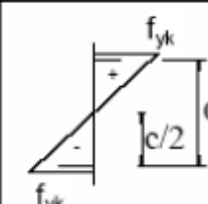
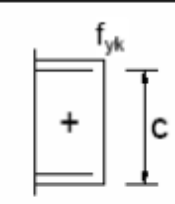
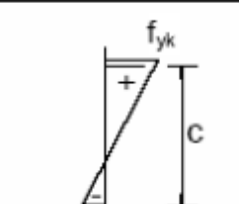
$$C_\theta = \vartheta_r / \vartheta_y - 1$$

Essendo ϑ_r e ϑ_y le curvature corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento. Si distinguono le seguenti classi di sezioni:

- Classe 1: quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico di cui al §4.2.3.2 senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\theta \geq 3$;
- Classe 2: quando la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\theta \geq 1,5$;
- Classe 3: quando nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico;
- Classe 4: quando, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace.

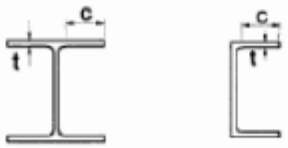

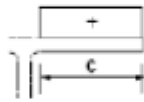


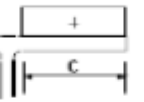
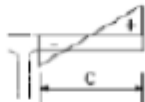
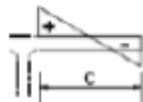
Le sezioni di classe 1 e 2 si definiscono compatte, quelle di classe 3 moderatamente snelle e quelle di classe 4 snelle. Per i casi più comuni delle forme delle sezioni e delle modalità di sollecitazione, le Tab. 4.2.III, 4.2.IV e 4.2.IV delle NTC2018, di seguito riportate, forniscono indicazioni per la classificazione delle sezioni:


Tab. 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

		Parti interne compresse				
		Inflessione intorno all'asse		Inflessione intorno all'asse		
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$	quando $\psi > -1: c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1: c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$			
$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

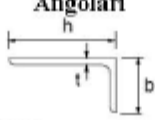
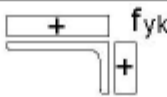

*) $\psi \leq -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\varepsilon_y > f_{yk}/E$

Tab. 4.2.IV - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Piattabande esterne						
 Profilati laminati a caldo			 Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione	Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione				
		Con estremità in compressione		Con estremità in trazione		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_e}$ Per k_e vedere EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Tab. 4.2.V - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Angolari 																			
Riferirsi anche alle piattabande esterne (v. Tab 4.2.II) Non si applica agli angoli in contatto continuo con altri componenti																			
Classe	Sezione in compressione																		
Distribuzione delle tensioni sulla sezione (compressione positiva)																			
3	$h/t \leq 15\varepsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\varepsilon$																		
Sezioni Tubolari 																			
Classe	Sezione inflessa e/o compressa																		
1	$d/t \leq 50\varepsilon^2$																		
2	$d/t \leq 70\varepsilon^2$																		
3	$d/t \leq 90\varepsilon^2$ (Per $d/t > 90 \varepsilon^2$ vedere EN 1993-1-6)																		
$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>f_{yk}</td> <td>235</td> <td>275</td> <td>355</td> <td>420</td> <td>460</td> </tr> <tr> <td>ε</td> <td>1,00</td> <td>0,92</td> <td>0,81</td> <td>0,75</td> <td>0,71</td> </tr> <tr> <td>ε^2</td> <td>1,00</td> <td>0,85</td> <td>0,66</td> <td>0,56</td> <td>0,51</td> </tr> </table>	f_{yk}	235	275	355	420	460	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71	ε^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51
f_{yk}	235	275	355	420	460														
ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71														
ε^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51														

La classe di una sezione composta corrisponde al valore di classe più alto tra quelli degli elementi componenti.


Il sistema di classificazione utilizzato per le travi in acciaio vale anche per le sezioni composte. La classe di una sezione composta è la più alta classe tra quella degli elementi in acciaio compressi che la compongono.

È possibile che una sezione trasversale con anima in classe 3 e flange in classe 1 o 2, venga riclassificata in classe 2 equivalente come definito in EN 1993-2.

6.3.1.2 Resistenza alla flessione

Le sezioni in classe 1 o 2 possono essere verificate utilizzando sia la loro resistenza a flessione plastica che elastica. Le sezioni di classe 3 possono attingere alla sola resistenza elastica, o eventualmente essere riclassificate in classe 2 equivalente e poi verificate con la resistenza a flessione plastica. Le sezioni in classe 4 attingono alla sola resistenza elastica, ma utilizzando la sola sezione trasversale efficace, ridotta per tener conto dell'instabilità. Tutti i metodi di verifica sono basati sulle ipotesi di:

- conservazione delle sezioni piane (connessione rigida)
- perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo;
- resistenza a trazione del calcestruzzo trascurabile.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Per le sezioni di classe 1 e 2 le verifiche a pressoflessione agli SLU sono state condotte controllando che il momento di progetto M_{Ed} sia minore del momento resistente plastico di progetto, ridotto per effetto dello sforzo normale di progetto $M_{NR,d}$, ovvero in termini adimensionali verificando che:

$$\eta_{1,plast} = \frac{M_{Ed}}{M_{NR,d}} \leq 1,0$$

Per le sezioni di classe 3 e 4 la verifica a pressoflessione è condotta in campo elastico verificando che le tensioni normali nelle fibre estreme della sezione risultino non superiori alle resistenze tensionali di progetto. Per le sezioni di classe 4 si tiene conto degli effetti dell'instabilità locale nella definizione delle proprietà efficaci della sezione trasversale, secondo le indicazioni dell'EN 1993-1-5. Anche in questo caso i risultati delle verifiche sono presentati in forma adimensionale, controllando che risulti:

$$\eta_{1,elast} \leq 1,0$$

6.3.1.3 Resistenza al taglio

La resistenza di progetto a taglio è definita considerando il solo contributo fornito dall'anima $V_{bw,Rd}$, e trascurando a favore di sicurezza il contributo fornito dalle flange $V_{bf,Rd}$ di entità estremamente ridotta:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} \leq \frac{\eta \cdot f_{yk} \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

Tenuto conto del rapporto h_w/t_w che caratterizza le travi di ponte, si ricade nella seguente fattispecie, relativa ad anime dotate di irrigidimenti verticali:

$$\frac{h_w}{t_w} \geq \frac{31\varepsilon}{\eta} \cdot \sqrt{k_\tau}$$

Pertanto, la resistenza al taglio dell'anima deve essere valutata in termini di resistenza all'instabilità:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw}}{\gamma_{M1} \cdot \sqrt{3}} h_w \cdot t_w$$


dove:

$\eta = 1,20$ per gradi di acciaio inferiori a S460;

h_w e t_w sono rispettivamente l'altezza e lo spessore dell'anima;

γ_{M1} è il fattore parziale di sicurezza assunto pari a 1.10;

χ_w è un fattore di resistenza all'instabilità dell'anima a taglio fornito dalla seguente tabella in funzione del parametro di snellezza adimensionale $\bar{\lambda}_w$:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

	Rigid end post	Non-rigid end post
$\bar{\lambda}_w < 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83/\bar{\lambda}_w$	$0,83/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37/(0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83/\bar{\lambda}_w$

Tabella 6.1 – Fattore χ_w di resistenza all'instabilità dell'anima a taglio

$$\bar{\lambda}_w = 0.76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}}$$

Dove:

$$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t_w^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot h_w^2}$$

Per anime dotate di irrigidimenti trasversali e senza irrigidimenti longitudinali, il fattore di k_τ è fornito dalle seguenti espressioni in funzione del rapporto tra l'interasse degli irrigidimenti trasversali a e l'altezza dell'anima h_w :

per $a / h_w \geq 1$:

$$k_\tau = 5.34 + 4.0 \cdot \left(\frac{h_w}{a}\right)^2$$

per $a / h_w < 1$:

$$k_\tau = 4.0 + 5.34 \cdot \left(\frac{h_w}{a}\right)^2$$

La verifica è posta in forma adimensionale come rapporto tra le azioni sollecitanti e la capacità resistente:

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0$$

dove V_{Ed} è la sollecitazione tagliante di progetto.

6.3.1.4 Interazione taglio-momento flettente

Per valori di $\bar{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} \leq 0.50$ non è necessario controllare l'interazione tra le sollecitazioni normali e tangenziali.

Per valori di $\bar{\eta}_3 > 0.50$ superiori:

- per sezioni di classe 1 e 2 la tensione di snervamento dell'anima, considerata nel calcolo del momento resistente plastico della sezione, viene ridotta in accordo alla norma EN 1994-2;
- Per sezioni di classe 3 e 4 si adotta la seguente espressione del dominio di resistenza:

$$\bar{\eta}_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{Pl,Rd}}\right) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2 \leq 1,0$$

in cui:

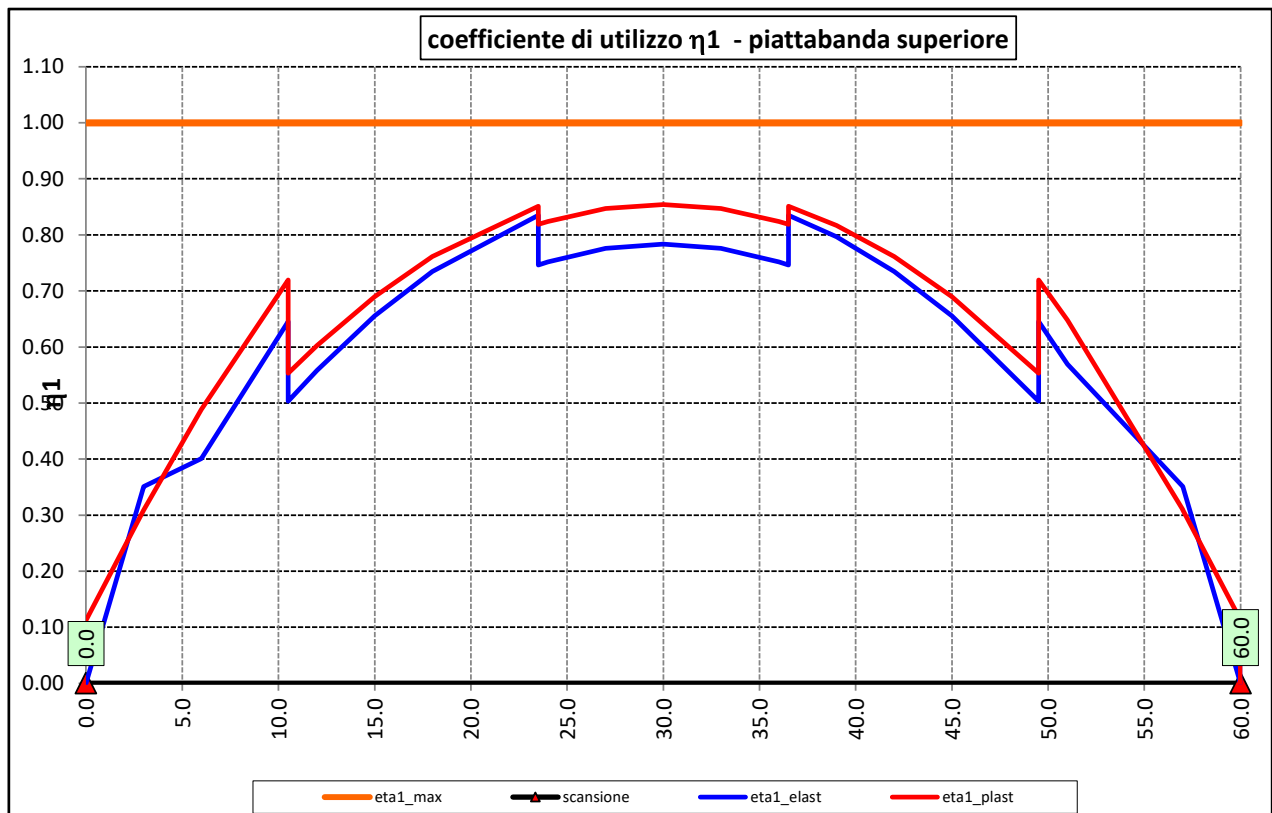
$M_{f,Rd}$ è il momento resistente di progetto delle sole flange efficaci;

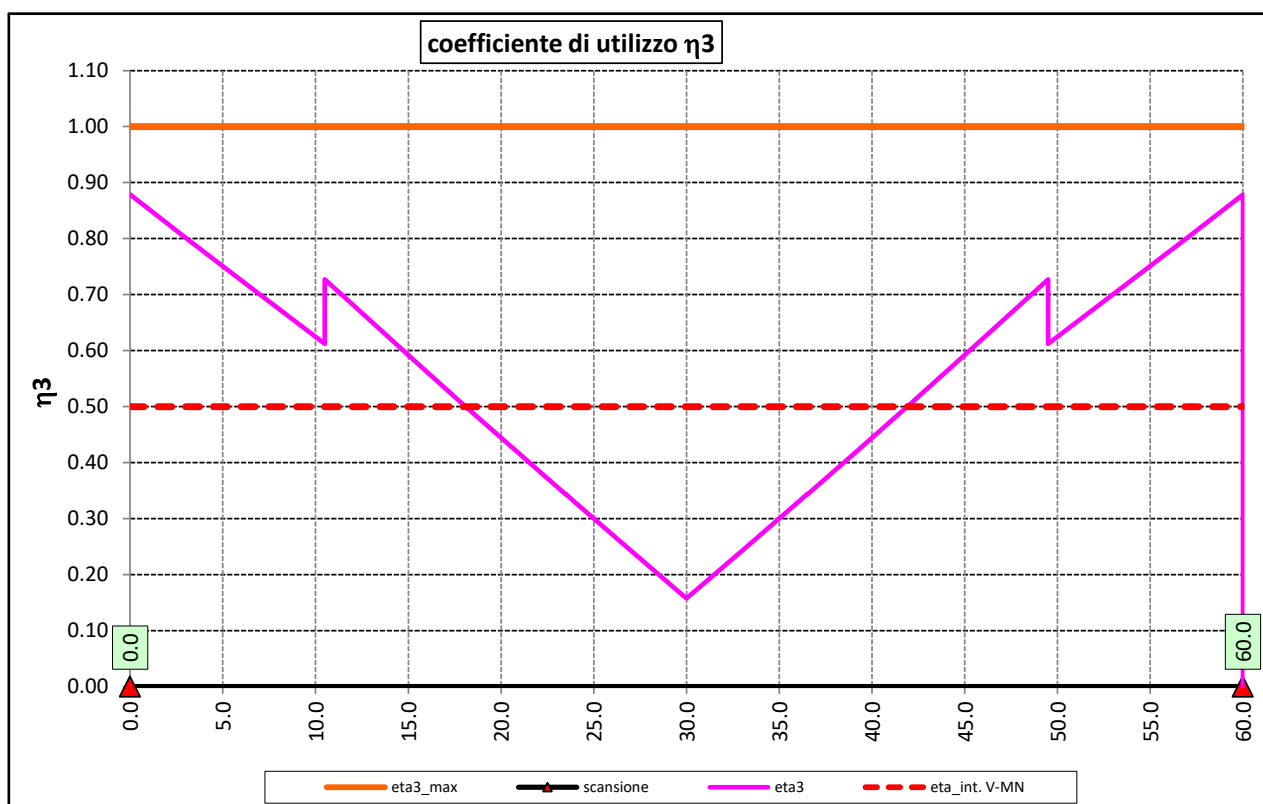
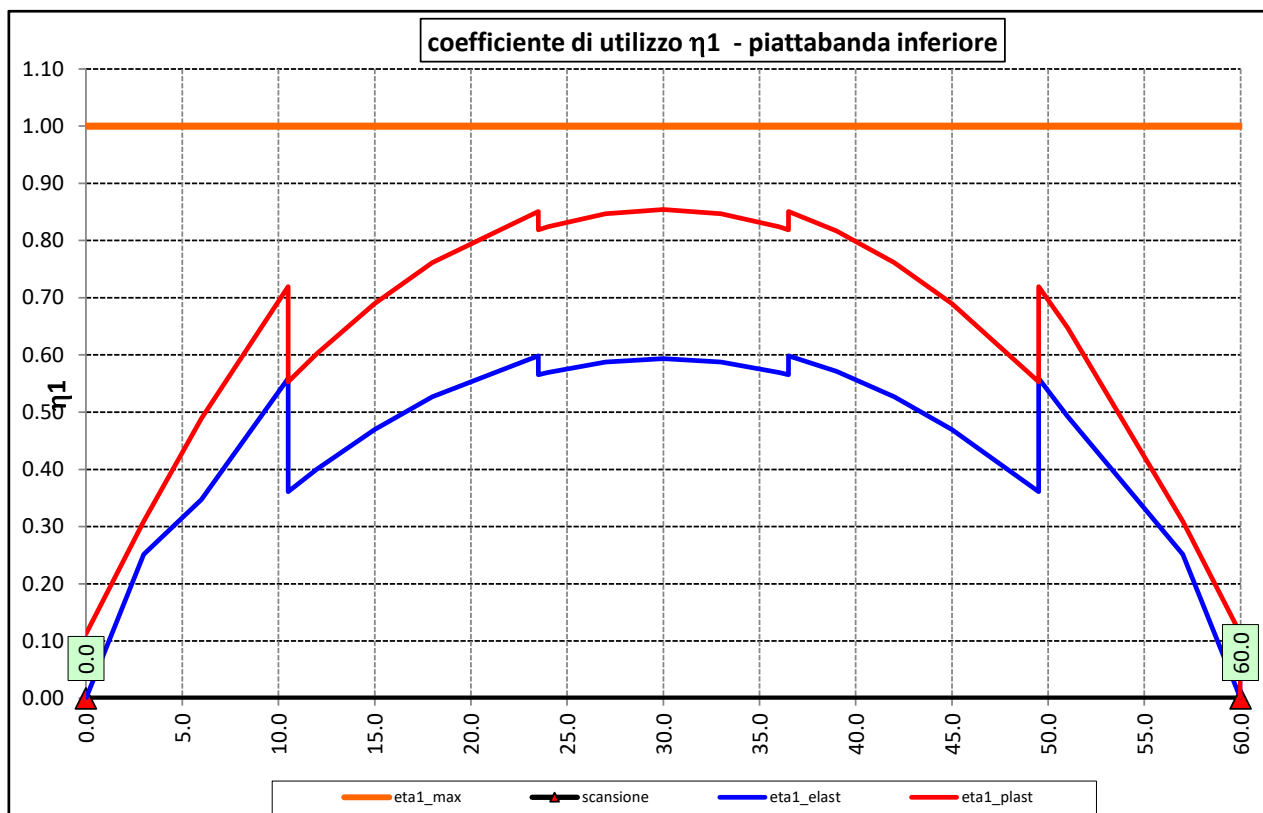
$M_{Pl,Rd}$ è la resistenza plastica della sezione trasversale composta dall'area effettiva delle flange e dall'intera anima senza tener conto della classe di quest'ultima;

$$\bar{\eta}_1 = \frac{M_{Ed}}{M_{Pl,Rd}}$$


6.3.1.5 Risultati verifiche travi principali agli SLU per pressoflessione, taglio e interazione taglio-momento

Si riportano nel seguito le rappresentazioni grafiche delle verifiche per l'inviluppo delle combinazioni di carico precedentemente individuate, che come è possibile evincere sono tutte soddisfatte.





Per quanto attiene la soletta (fibra F) è stato verificato che:

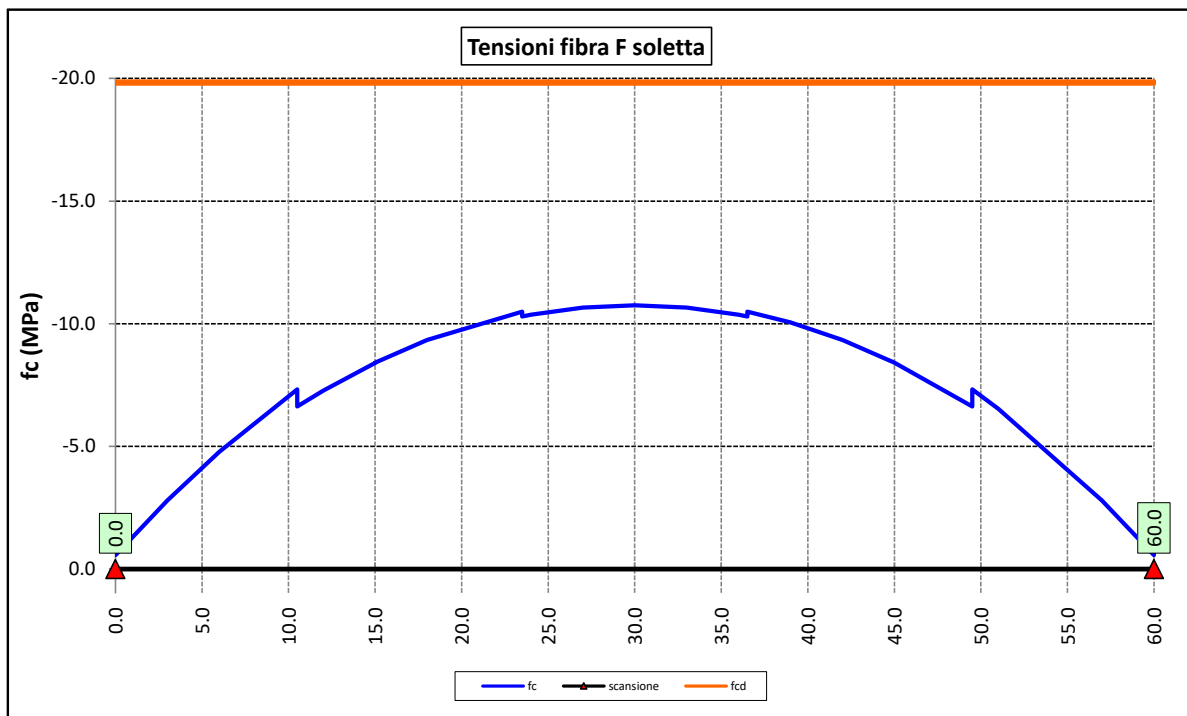
SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	


$$f_{Ed} \leq f_{ck} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$$

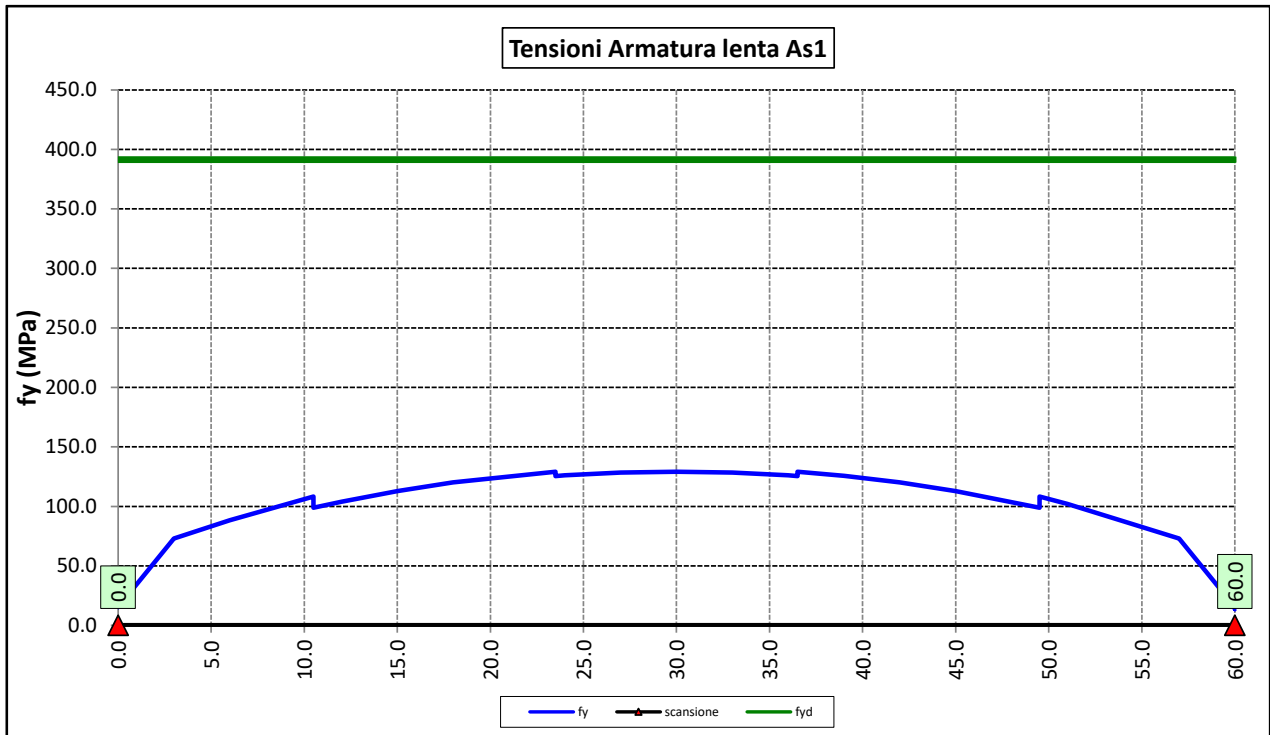
Per le armature longitudinali della soletta (fibra As1) è stato verificato che:

$$f_{Ed} \leq f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$$

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche svolte in forma grafica. Per ciascuna fibra si riportano i valori delle tensioni di calcolo di progetto ed i valori delle resistenze di progetto.



SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	



Come è possibile evincere le verifiche sono sempre soddisfatte.

6.3.2 Verifiche SLE "a respiro" delle anime

La verifica è condotta con riferimento alla norma prEN 1993-2: 2006 relativa al progetto dei ponti in acciaio.

La snellezza dell'anima deve essere limitata per evitare fenomeni di "respiro" ovvero deformazioni laterali fuori dal piano che possono arrecare danneggiamenti per fatica, nella zona di collegamento fra anima e piattabande.

La verifica a respiro può essere trascurata per i pannelli d'anima senza irrigidimenti longitudinali o per pannelli secondari di anime irrigidite, dove è soddisfatto il seguente criterio:

$$b/t \leq 30 + 4,0 L \leq 300 \quad (\text{per ponti stradali})$$

dove L è la lunghezza della campata in m, ma non inferiore a 20 m.


Se la disposizione precedente non è soddisfatta la verifica "a respiro" risulta soddisfatta se:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma} \cdot \sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1 \cdot \tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau} \cdot \sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

dove:

$\sigma_{x,Ed,ser}$ e $\tau_{x,Ed,ser}$ sono le tensioni calcolate per la combinazione di carico frequente;

k_{σ} e k_{τ} sono i coefficienti di imbozzamento in campo elastico;

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

$$\sigma_E = 190000 \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 \text{ [MPa]};$$

b è l'altezza del pannello d'anima.

Nel caso in esame la verifica può essere trascurata essendo sempre soddisfatta la seguente relazione:

$$b/t \leq 30 + 4,0 L \leq 300$$

6.3.3 Verifiche agli SLE-RARA delle travi principali

Le verifiche agli SLE sono effettuate per la combinazione caratteristica (rara), controllando siano soddisfatte le seguenti relazioni:

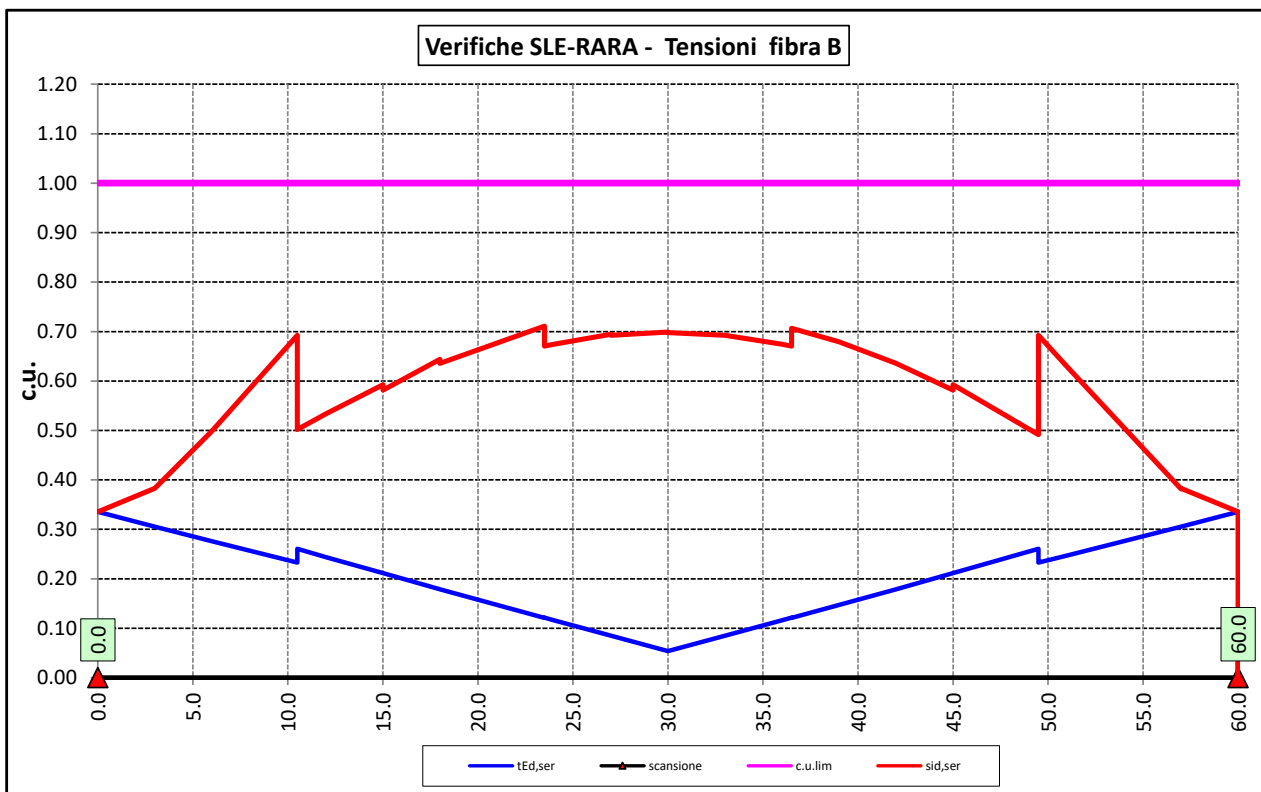
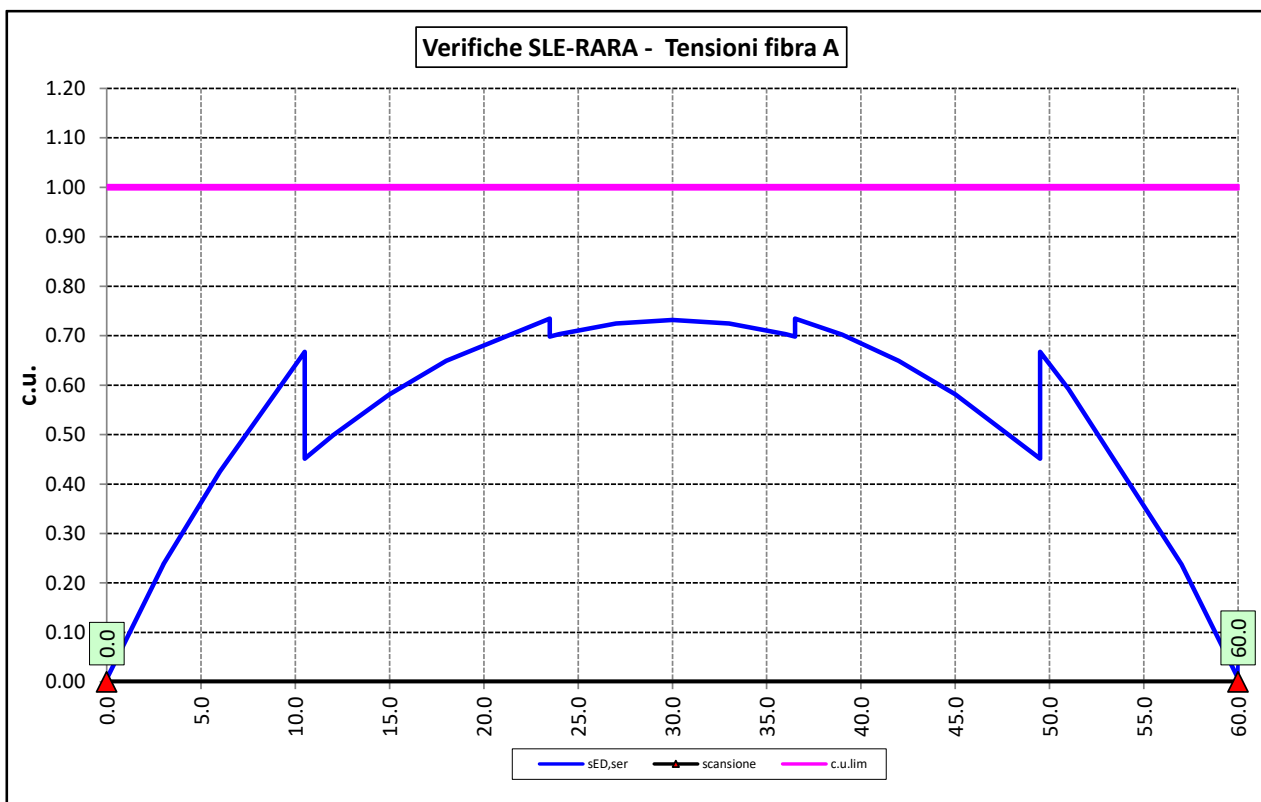
$$\frac{\sigma_{Ed,ser}}{f_{yk} / \gamma_{M,ser}} \leq 1$$

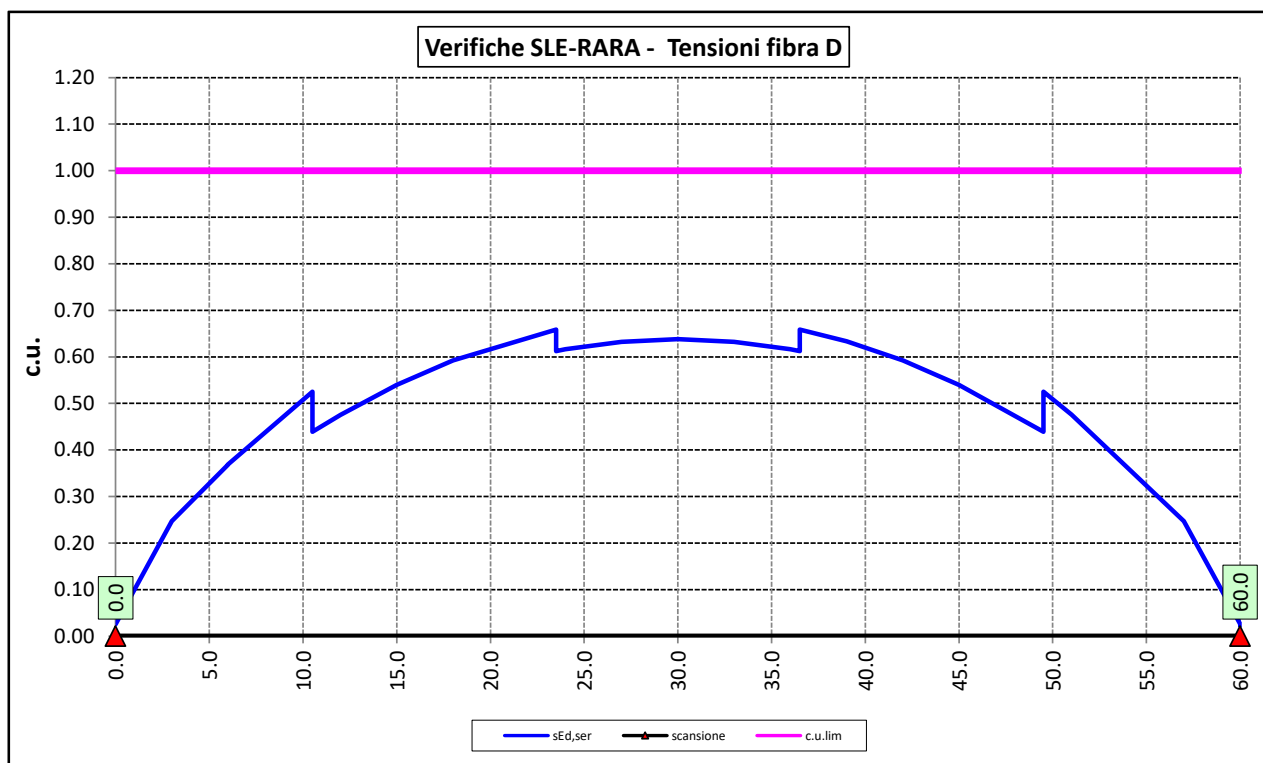
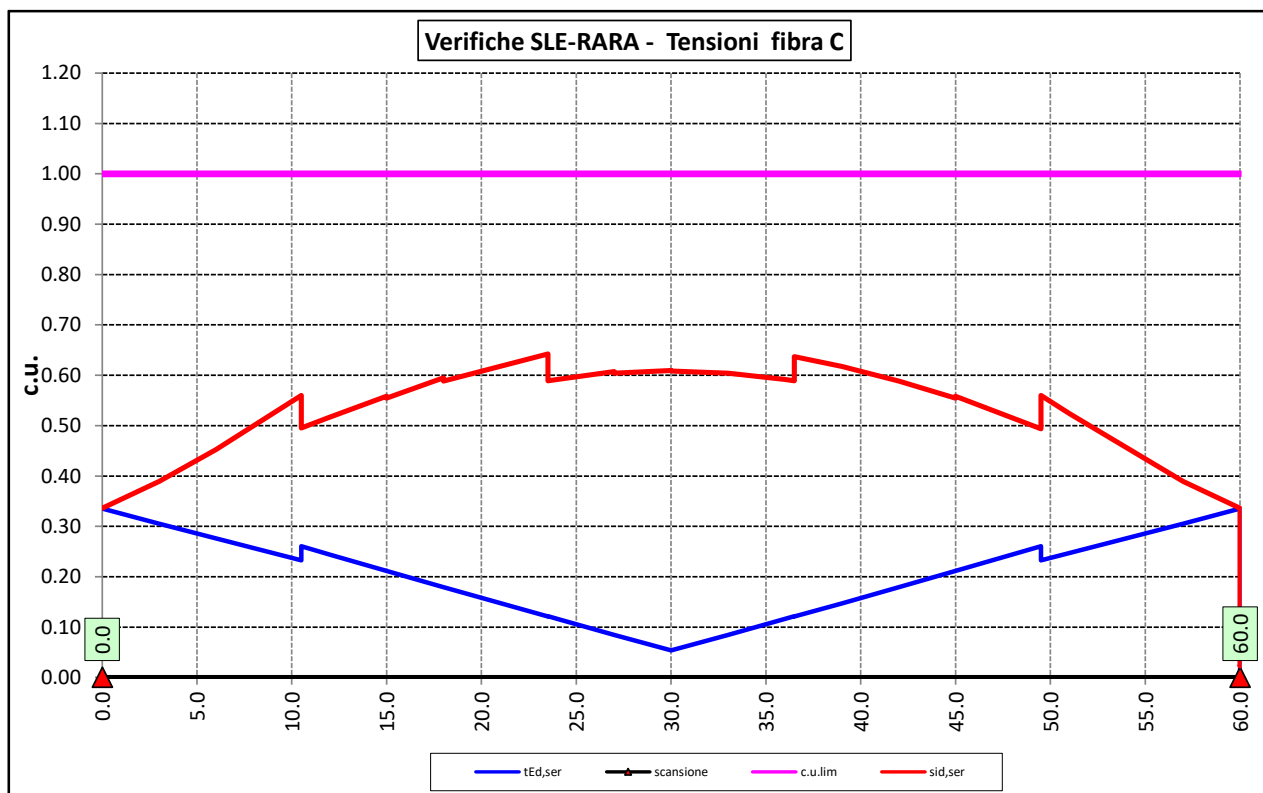
$$\frac{\tau_{Ed,ser}}{f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser})} \leq 1$$


$$\frac{\sqrt{\sigma_{Ed,ser}^2 + 3\tau_{Ed,ser}^2}}{f_{yk} / \gamma_{M,ser}} \leq 1$$

Il coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{M,ser}$ è stato assunto come raccomandato in EN 1993-2:2006 (EC3-2) pari a 1.

Le tensioni sono state valutate nelle fibre esterne delle piattabande e dell'anima. Di seguito si presentano i risultati delle verifiche svolte in forma grafica:





SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

6.3.4 Verifiche a fatica

I ponti a sezione composta sono soggetti ad azioni dinamiche variabili nel tempo, e possono manifestare, in tempi più o meno lunghi, problemi legati alla fatica, con conseguente limitazione della funzionalità in esercizio e, nelle situazioni più critiche, il collasso della struttura.

L'esecuzione delle verifiche di resistenza a fatica dei componenti degli impalcati metallici o a sezione composta prevede l'individuazione dei dettagli maggiormente sensibili e la loro classificazione in base alle curve S-N, nonché alla scelta del relativo coefficiente parziale di sicurezza γ_{Mf} . Il coefficiente γ_{Mf} dipende sia dalla accessibilità per l'ispezione, sia dall'entità delle conseguenze delle crisi per fatica dell'elemento o della struttura. Si possono utilizzare due diversi approcci progettuali:

- *criterio del danneggiamento accettabile per strutture poco sensibili alla rottura per fatica.*
- *criterio della vita utile a fatica per strutture sensibili alla rottura per fatica.*

Criteri di valutazione	Conseguenze moderate (γ_{Mf})	Conseguenze significative (γ_{Mf})
Danneggiamento accettabile	1,00	1,15
Vita utile a fatica (Safe Life)	1,15	1,35

Tabella 6.2. Coefficienti parziali γ_{Mf}

La verifica a fatica può essere condotta controllando che i valori massimi dei delta di tensione sulla struttura siano inferiori ai limiti di fatica per i diversi dettagli costruttivi (verifica per "Vita Illimitata") oppure controllando che, per un definito numero di cicli di tensione, la struttura possa subire delta di tensione in grado di creare danneggiamento ma con effetto complessivo non significativo nella vita di progetto dell'opera (verifica a "Danneggiamento").

I modelli di carico da utilizzarsi per la verifica a fatica degli impalcati stradali sono:

- il modello di carico LM1 costituito da dallo schema di carico 1, ma con valori dei carichi concentrati ridotti del 30 % e carichi distribuiti ridotti del 70 % (utilizzabile per verifiche a vita illimitata)

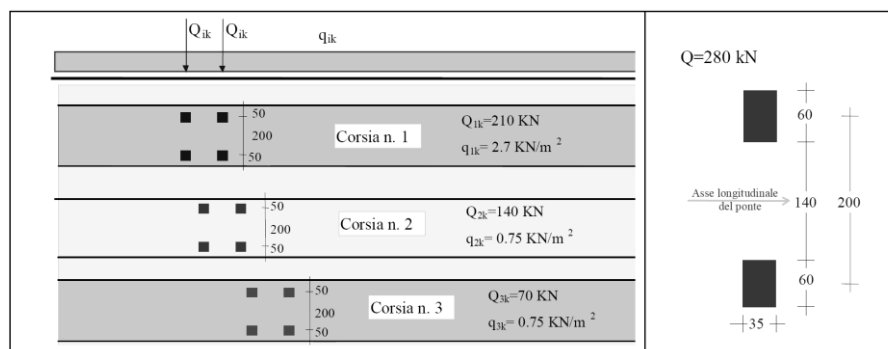


Figura 6.4. Modello di carico a fatica LM1

- il modello di carico LM2 costituito da un set di veicoli con ingombro geometrico e peso definiti (utilizzabile per verifiche a vita illimitata)

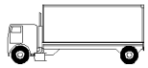

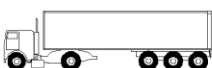


SAGOMA del VEICOLO		Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
		4,5	90	A
			190	B
		4,20	80	A
		1,30	140	B
			140	B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120	C
			120	C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140	B
			140	B
		4,80	90	A
		3,60	180	B
		4,40	120	C
		1,30	110	C
			110	C

Figura 6.5. Modello di carico a fatica LM2

- il modello di carico LM3, che si compone di un veicolo convenzionale dal peso complessivo di 480 kN (utilizzabile per verifiche a danneggiamento)

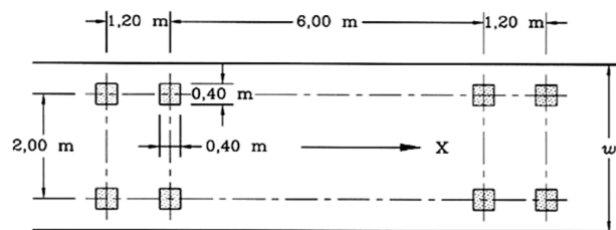



Figura 6.6. Modello di carico a fatica LM3 (4 assi da 120 kN)

- il modello di carico LM4 costituito da un set di veicoli con ingombro geometrico e peso definiti (utilizzabile per verifiche a danneggiamento)

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

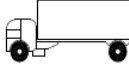
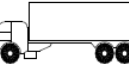

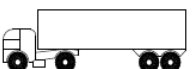

Sagoma del veicolo	Tipo di pneumatico (Tab.5.1-IX)	Interassi [m]	Valori equivalenti dei carichi asse [kN]	Composizione del traffico		
				Lunga percorrenza	Media percorrenza	Traffico locale
	A B	4,50	70 130	20,0	40,0	80,0
	A B B	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0
	A B C C C	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90 90	50,0	30,0	5,0
	A B B B	3,40 6,00 1,80	70 140 90 90	15,0	15,0	5,0
	A B C C C	4,80 3,60 4,40 1,30	70 130 90 80 80	10,0	5,0	5,0

Figura 6.7. Modello di carico a fatica LM4

Le verifiche a fatica per vita illimitata sono condotte, per dettagli caratterizzati da limite di fatica ad ampiezza costante ($\Delta\sigma_D$), controllando che il massimo delta di tensione $\Delta\sigma_{\max} = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$ indotto nel dettaglio stesso dallo spettro di carico significativo risulti minore del limite di fatica del dettaglio stesso. Ai fini del calcolo del $\Delta\sigma_{\max}$ si possono impiegare, in alternativa, i modelli di carico di fatica 1 e 2, disposti sul ponte nelle due configurazioni che determinano la tensione massima e minima, rispettivamente, nel dettaglio considerato.


$$\gamma_F \cdot \Delta\sigma_{\max} \leq \frac{\Delta\sigma_D}{\gamma_{Mf}}$$

Le Circolari applicative delle NTC2018 (§[D_2]), definiscono le diverse categorie di dettaglio ed i valori dei delta di tensione resistenti ($\Delta\sigma_D$) per $5 \cdot 10^6$ cicli di carico.

Le verifiche a danneggiamento consistono nel verificare che nel dettaglio considerato lo spettro di carico produca un danneggiamento $D \leq 1$. Il danneggiamento D è valutato mediante la legge di Palmgren-Miner, considerando la curva S-N caratteristica del dettaglio e la vita nominale dell'opera.

$$D = \sum_{i=1}^p D_i = \sum_{i=1}^p \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

Tali verifiche sono condotte considerando lo spettro di tensione indotto nel dettaglio dal modello di fatica semplificato n. 3, o, in alternativa, dallo spettro di carico equivalente costituente il modello di fatica n. 4.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

In alcuni casi è possibile ricondurre la verifica a danneggiamento alla determinazione del delta di tensione equivalente $\Delta\sigma_E$ mediante una serie di coefficienti λ , opportunamente calibrati, funzione della luce della campata, del volume di traffico atteso, della vita di progetto dell'opera e della simultaneità di più veicoli lenti nella carreggiata:

$$\Delta\sigma_E = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \cdot \varphi_{fat} \cdot [\sigma_{FLM,max} - \sigma_{FLM,min}] = \lambda \cdot \varphi_{fat} \cdot \Delta\sigma_{max}$$

con $\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{max}$. Per l'applicazione del metodo si può far riferimento a EN 1994-2.

Il coefficiente dinamico equivalente φ_{fat} per ponti stradali è assunto diverso dall'unità solo nelle prossimità dei giunti di dilatazione. In definitiva, si conduce la verifica a danneggiamento controllando che risulti:

$$\gamma_F \cdot \Delta\sigma_E(\lambda) \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

Le Circolari applicative delle NTC2018 (§[D_2]), definiscono le diverse categorie di dettaglio ed i valori dei delta di tensione resistenti ($\Delta\sigma_C$) per $2 \cdot 10^6$ cicli di carico ad ampiezza costante.

6.3.4.1 Verifica a vita illimitata

Le verifiche a fatica sono state eseguite con il **metodo a vita illimitata** utilizzando il **carico LM2** in conformità al D.M. 14/01/2018 (carichi di progetto e coefficienti di sicurezza), ed alle indicazioni riportate della Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 2 Febbraio 2009, n. 617, relative alle metodologie ed i particolari costruttivi (par. C.4.2.4.1.4.).


La verifica è poi condotta con il **criterio della vita utile** (Safe Life) assumendo $\gamma_{Mf} = 1.35$.

Il carico LM2 è stato applicato secondo le indicazioni contenute al p.to 4.6.3 dell' Eurocodice ENV 1991-2 il quale precisa che i singoli veicoli che compongono l'LM2 devono essere fatti transitare separatamente lungo il ponte.


Il massimo delta di tensione $\Delta\sigma_{max}$ in ogni sezione sarà pari al valore massimo dei cinque $\Delta\sigma$ dovuti a ciascuno dei veicoli che formano l'LM2.

Ciascun veicolo percorre il ponte da spalla a spalla posizionato trasversalmente in asse alla corsia di marcia lenta della sezione stradale.

Sono stati considerati i particolari da fatica riportati nella tabella seguente:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

	Descrizione del Particolare	$\Delta\sigma_c$ (Mpa)		$\Delta\sigma_D$ (Mpa)		Size Effect
		2·10 ⁶ cicli		5·10 ⁶ cicli (1)		
1	Irrigidimento verticale o montante del traverso in semplice piatto saldato sulle piattabande	80		59		NO
2	Contropiastra saldata alla piattabanda inferiore in corrispondenza degli appoggi per compensazione pendenza longitudinale e collegamento apparecchi di appoggio	56		41,3		NO
3	Terminazione impilaggio con taglio della piattabanda impilata a 90°	56		41,3		NO
4	Arco di scarico sull' anima per consentire l' esecuzione della giunzione saldata di testa delle piattabande	71		52,3		NO
5	Saldatura di testa delle piattabande con $T_{min} \leq 25$ mm e particolare della saldatura conforme a quello indicato nelle tavole di progetto (2). T_{min} = spessore minimo delle piattabande da unire	90		66,3		NO (3)
6	Saldatura di testa delle piattabande con $T_{min} > 25$ mm e particolare della saldatura conforme a quello indicato nelle tavole di progetto (4). T_{min} = spessore minimo delle piattabande da unire	Tmin	$\Delta\sigma_c$	Tmin	$\Delta\sigma_D$	SI (5)
		25	112	25	83	
		30	108	30	80	
		35	105	35	77	
		40	102	40	75	
		45	100	45	73	
		50	98	50	72	
		55	96	55	71	
		60	94	60	69	
		65	93	65	68	
		70	91	70	67	
		75	90	75	66	
		80	89	80	65	
		85	88	85	65	
		90	87	90	64	
		95	86	95	63	
		100	85	100	63	

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

7	Saldatura di testa delle anime a piena penetrazione tra elementi di spessore differente con assi allineati con <u>Tmin ≤ 25 mm</u> Tmin = spessore minimo delle anime da unire	71	52,3	NO (3)
---	---	----	------	--------

1. $\Delta\sigma_D = 0,737 \times \Delta\sigma_C$
2. Sovraspessore di saldatura non superiore al 10% della larghezza del cordone
3. Per spessori inferiori a 25 mm non è necessario tener conto dell' effetto dello spessore su $\Delta\sigma_C$
4. Saldatura molata a raso
5. Per spessori superiori a 25 mm è necessario tener conto dell' effetto dello spessore su $\Delta\sigma_C$ secondo la relazione $\Delta\sigma_{C,rid}(Tmin) = \Delta\sigma_C(25\text{ mm}) \times K_s$; $K_s = (25 / Tmin)^{0,2}$

Dall'esame della tabella precedente risulta che, con i particolari costruttivi previsti in progetto, la saldatura di testa delle piattabande (anche per spessori considerevoli) presenta un $\Delta\sigma_C$ sempre superiore al particolare n° 7 (Saldatura di testa delle anime a piena penetrazione).

Analogamente, il particolare n°4 (Arco di scarico sull' anima per consentire l'esecuzione della giunzione saldata di testa delle piattabande), presenta un $\Delta\sigma$ uguale al particolare n° 7 (Saldatura di testa delle anime a piena penetrazione).

Pertanto per la verifica a fatica nelle sezioni in cui è prevista la giunzione di testa dei conci sono stati utilizzati i particolari n° 4-7.

Per quanto riguarda i coefficienti γ sono stati utilizzati i seguenti valori:

- $\gamma_F = 1$
- $\gamma_{Mf} = 1,35$ (Coeff. di sicurezza per la verifica a fatica)

Nel seguito sono rappresentati in forma grafica i risultati ottenuti e le verifiche effettuate.

Nelle due figure seguenti sono rappresentate le verifiche a fatica.

Su ciascun grafico sono riportate due curve che rappresentano:

- Il diagramma dell' involucro dei $\Delta\sigma$ (in Mpa) dovuti ai cinque veicoli che formano il carico LM2 ($\Delta\sigma_E$).
- Il diagramma dei $\Delta\sigma$ "Resistenti ridotti" ($\Delta\sigma_{R,rid}$) pari al valore dei $\Delta\sigma_D$ riportati nella tabella divisi per il coeff. $\gamma_{Mf} = 1,35$.

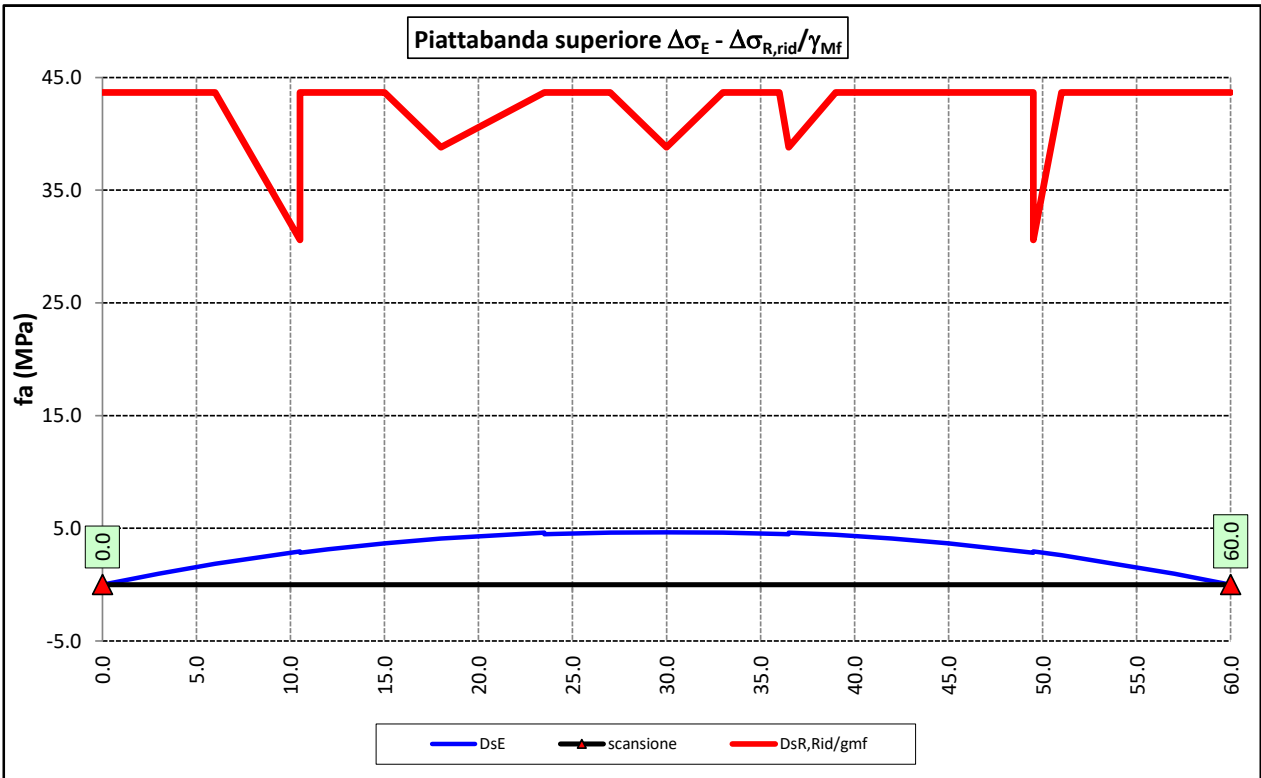
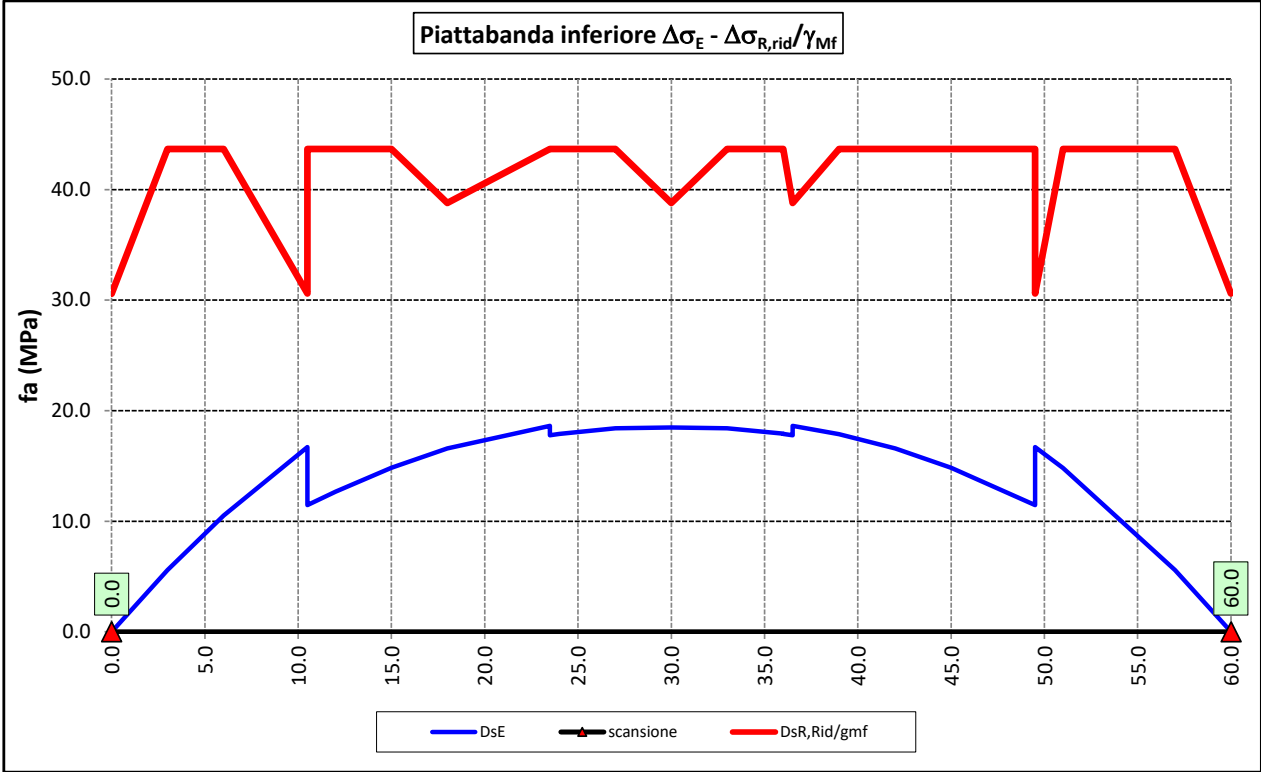
Tale grafico è stato costruito usando come retta di riferimento il valore del particolare n° 1 (presente ad interasse di circa 7 m lungo tutto lo sviluppo della struttura) per il quale si ha:


$$\Delta\sigma_{R,rid} = \Delta\sigma_D / 1,35 = 59/1,35 = 43,7 \text{ Mpa.}$$

I "picchi" verso il basso, rispetto a questa retta di riferimento, rappresentano i seguenti particolari:

- Particolare 2 (contropiastra) $\Delta\sigma_{R,rid} / \gamma_{MF} = 41,3/1,35 = 30,6 \text{ Mpa}$
- Particolare 3 (terminazione impilaggio) $\Delta\sigma_{R,rid} / \gamma_{MF} = 41,3/1,35 = 30,6 \text{ Mpa}$
- Particolare 7 (saldatura di testa delle anime di spessore non superiore a 25 mm) $\Delta\sigma_{R,rid} / \gamma_{MF} = 52,3/1,35 = 38,8 \text{ Mpa}$

Come è possibile evincere tutte le verifiche sono soddisfatte.



SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

6.3.5 Verifiche SLU delle saldature longitudinali

I cordoni d'angolo delle saldature flangia superiore – anima (fibra C) ed anima – flangia inferiore (fibra B) sono stati verificati agli SLU ed allo stato limite di fatica.

Per quanto attiene le verifiche di resistenza SLU, devono essere rispettate simultaneamente le seguenti condizioni (par. 4.2.8.4):

$$\sqrt{\tau_{//}^2 + n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2} \leq \beta_1 f_{yk}$$

$$|n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 f_{yk}$$

Con β_1 e β_2 forniti dalla seguente tabella in funzione del grado di acciaio:

Tabella 4.2.XIV Valori dei coefficienti β_1 e β_2

	S235	S275 - S355	S420 - S460
β_1	0,85	0,70	0,62
β_2	1,0	0,85	0,75

Essendo:

$\tau_{//}$ la tensione tangenziale agente nella sezione di gola parallela all'asse del cordone di saldatura.

n_{\perp} la tensione normale agente nella sezione di gola perpendicolare all'asse del cordone di saldatura;

Nel calcolo della n_{\perp} per il cordone a livello della flangia superiore si tiene conto del peso della soletta, del carico permanente e dell'azione di una ruota dell'asse di carico tandem di schema 1 (Q=150 kN - lunghezza dell'impronta 40 cm), diffusa a 45° nello spessore della pavimentazione e della soletta.


Per quanto riguarda la verifica a fatica, è stata condotta una verifica a **vita illimitata** secondo il criterio della **vita utile a fatica**, ipotizzando **conseguenze significative** della rottura; ciò conduce ad un coefficiente parziale di sicurezza pari a $\gamma_{Mf} = 1,35$.

Il valore del delta di tensione tangenziale resistente è definito, tramite l'applicazione del coefficiente parziale di sicurezza γ_{Mf} , a partire dal delta di tensione resistente per 2×10^6 cicli (classe del dettaglio $\Delta\tau_C = 80$ MPa), secondo la seguente relazione:

$$\Delta\tau_R = \frac{\Delta\tau_L}{\gamma_{Mf}} = \frac{0,457 \cdot \Delta\tau_C}{\gamma_{Mf}} = \frac{0,457 \cdot 80}{1,35} = 27 \text{ MPa}$$

In allegato si riportano gli esiti delle verifiche effettuate.

La dimensione dei cordoni d'angolo delle saldature è riportata nelle tabelle allegate e negli elaborati grafici.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

6.3.6 Verifiche delle connessioni a pioli

Si adottano pioli tipo Nelson di altezza 220 mm e diametro 22 mm.

La resistenza di calcolo a taglio SLU del singolo connettore, valutata secondo le espressioni di cui al punto 4.3.4.3.1.2 delle NTC2018 è:

Resistenza dei connettori	Var	unità	
resistenza a rottura dell'acciaio del piolo	ft	Mpa	450
coefficiente di resistenza parziale	γ_v		1.25
Diametro del piolo	d	mm	22
altezza del piolo	hsc	mm	220
resistenza a compressione cilindrica cls soletta	fck	Mpa	35
Modulo elastico cls soletta	Ec	Mpa	34077
coefficiente alpha	α		1.0
Resistenza del piolo (componente acciaio)	$P_{RD,a}$	kN	109.5
Resistenza del piolo (componente cls)	$P_{RD,c}$	kN	122.6
Resistenza del piolo SLU (min ($P_{RD,a}; P_{RD,c}$))	$P_{RD,SLU}$	kN	109.5

Agli SLE si considera la seguente resistenza dei connettori:

Coefficiente Ks	Ks		0.75
Resistenza del piolo SLE ($k_s \times Prd$)	$P_{RD,SLE}$	kN	82.1

Le verifiche nei confronti dello Stato Limite Ultimo di fatica sono effettuate "a danneggiamento" controllando che sia:

- nelle zone in cui la piattabanda superiore risulta compressa:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2} \leq \Delta\tau_C / \gamma_{Mf,s} \quad \text{controllo sul delta di tensione tangenziale } \Delta\tau$$

Con:

$$\Delta\tau_{E,2} \quad \text{delta di tensione equivalente sul piolo;}$$


$$\Delta\tau_C \quad \text{valore di riferimento della resistenza a fatica del piolo pari a 90 MPa;}$$

$$\gamma_{Ff} \quad \text{fattore di sicurezza parziale sui carichi pari ad 1.0;}$$

$$\gamma_{Mf,s} \quad \text{fattore di sicurezza parziale sul materiale costituente il piolo posto pari a 1.15.}$$

- nelle zone in cui la piattabanda superiore risulta tesa:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2} \leq \Delta\tau_C / \gamma_{Mf,s} \quad \text{controllo sul delta di tensione tangenziale } \Delta\tau$$

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C \cdot \gamma_{Mf}} + \frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C \cdot \gamma_{Mf,s}} \leq 1,3 \quad \text{controllo sull'interazione fra } \Delta\tau \text{ e } \Delta\sigma$$

Con:

$\Delta\sigma_{E,2}$ intervallo di tensioni agenti sulla piattabanda superiore;

$\Delta\sigma_C$ valore di riferimento della resistenza a fatica della piattabanda superiore pari a **80 MPa**.

Il delta di tensione equivalente sul piolo è pari a:

$$\Delta\tau_{E,2} = \lambda_v \cdot \Delta\tau$$

con λ_v è il fattore di danneggiamento equivalente per la connessione a pioli e $\Delta\tau$ intervallo di tensioni tangenziali prodotte dal carico da fatica.

Pertanto si ha:

Dati per verifiche a fatica - Danneggiamento equivalente	Var		unità
Classe di resistenza a fatica per pioli (scorrimento)	$\Delta\tau_c$	Mpa	90.0
Classe di resistenza a fatica della piat. Sup. per effetto saldatura pioli	$\Delta\sigma_c$	Mpa	80.0
Coefficiente parziale amplificativo dei carichi	γ_{Ff}		1.00
Coefficiente di resistenza parziale (verifica al danneggiamento)	γ_{Mf}		1.15
Resistenza di calcolo a fatica pioli Dtr_rid	$\Delta\tau_c / (\gamma_{Mf} \times \gamma_{Ff})$	Mpa	78.3
Resistenza di calcolo a piattabanda superiore Dse_rid	$\Delta\sigma_c / (\gamma_{Mf} \times \gamma_{Ff})$	Mpa	69.6


Il calcolo dei fattori lambda e lambda v fornisce i seguenti risultati:

Fattori lambda - Danneggiamento equivalente	Var		unità
tipo di traffico:	percorrenza		lunga
Vita di progetto del ponte	t_{ld}	anni	100
Peso lordo medio degli autocarri sulla corsia lenta	Qm1	kN	445
numero di veicoli di massa superiore a 10 ton transitanti sulla	Nobs		5.0E+05
fattore che tiene conto del volume di traffico lambda 2	λ_2		0.927
fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte	λ_3		1.00
fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie	λ_4		1.00
fattore lambda v 1	λ_{v1}		1.55
fattore che tiene conto del volume di traffico lambda v 2	λ_{v2}		0.927
fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte	λ_{v3}		1.00
fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie	λ_{v4}		1.00
fattore lambda v	λ_v		1.437

Infine, si è tenuto conto delle azioni concentrate alle estremità dovute a ritiro e variazioni termiche.

I connettori sono stati disposti ad interasse costante pari a **200 mm** lungo l'asse delle travi principali.

I risultati delle verifiche svolte sono riportati in allegato.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

6.4 Verifiche SLE di deformabilità della struttura

E' stato verificato che la somma delle deflessioni dovute ai carichi permanenti fosse inferiore di 1/150 della luce delle campate.

Inoltre, è stato effettuato un controllo delle deflessioni generate in fase di esercizio dai carichi mobili, verificando che queste risultano sempre non maggiori di 1/500 la luce delle campate.

I risultati a delle verifiche svolte sono riepilogati nella seguente tabella:

Nodo	Progr (m)	peso proprio				Totale permanenti	Luce campate (m)	1/150 L	Verifica	Carichi mobili - C	Carichi mobili - D	Carichi mobili - F	Carichi mobili		1/500 L	Verifica	Controfreccia teorica
		fg1 (m)	fg2 (m)	fr (m)	fperm (m)								fq1 (m)	fct-t (m)			
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	60.000	-0.400	OK!	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.120	OK!	0.000		
2	3.00	-0.025	-0.005	0.000	-0.030	60.000	-0.400	OK!	-0.004	-0.005	0.000	-0.009	-0.120	OK!	0.033		
3	6.00	-0.049	-0.010	0.000	-0.060	60.000	-0.400	OK!	-0.007	-0.011	0.000	-0.018	-0.120	OK!	0.064		
4	10.50	-0.081	-0.017	0.000	-0.098	60.000	-0.400	OK!	-0.012	-0.018	0.000	-0.030	-0.120	OK!	0.106		
5	12.00	-0.091	-0.019	0.000	-0.110	60.000	-0.400	OK!	-0.013	-0.020	0.000	-0.033	-0.120	OK!	0.118		
6	15.00	-0.108	-0.023	0.000	-0.130	60.000	-0.400	OK!	-0.016	-0.024	0.000	-0.040	-0.120	OK!	0.140		
7	18.00	-0.122	-0.026	0.000	-0.148	60.000	-0.400	OK!	-0.018	-0.027	0.000	-0.045	-0.120	OK!	0.159		
8	23.50	-0.140	-0.030	0.000	-0.171	60.000	-0.400	OK!	-0.021	-0.031	0.000	-0.053	-0.120	OK!	0.184		
9	24.00	-0.142	-0.030	0.000	-0.172	60.000	-0.400	OK!	-0.022	-0.031	0.000	-0.053	-0.120	OK!	0.185		
10	27.00	-0.147	-0.031	0.000	-0.178	60.000	-0.400	OK!	-0.022	-0.033	0.000	-0.055	-0.120	OK!	0.192		
11	30.00	-0.148	-0.032	0.000	-0.180	60.000	-0.400	OK!	-0.023	-0.033	0.000	-0.056	-0.120	OK!	0.194		
12	33.00	-0.147	-0.031	0.000	-0.178	60.000	-0.400	OK!	-0.022	-0.033	0.000	-0.055	-0.120	OK!	0.192		
13	36.00	-0.142	-0.030	0.000	-0.172	60.000	-0.400	OK!	-0.022	-0.031	0.000	-0.053	-0.120	OK!	0.185		
14	36.50	-0.140	-0.030	0.000	-0.171	60.000	-0.400	OK!	-0.021	-0.031	0.000	-0.053	-0.120	OK!	0.184		
15	39.00	-0.133	-0.029	0.000	-0.162	60.000	-0.400	OK!	-0.020	-0.030	0.000	-0.050	-0.120	OK!	0.174		
16	42.00	-0.122	-0.026	0.000	-0.148	60.000	-0.400	OK!	-0.018	-0.027	0.000	-0.045	-0.120	OK!	0.159		
17	45.00	-0.108	-0.023	0.000	-0.130	60.000	-0.400	OK!	-0.016	-0.024	0.000	-0.040	-0.120	OK!	0.140		
18	49.50	-0.081	-0.017	0.000	-0.098	60.000	-0.400	OK!	-0.012	-0.018	0.000	-0.030	-0.120	OK!	0.106		
19	51.00	-0.071	-0.015	0.000	-0.086	60.000	-0.400	OK!	-0.010	-0.016	0.000	-0.026	-0.120	OK!	0.093		
20	57.00	-0.025	-0.005	0.000	-0.030	60.000	-0.400	OK!	-0.004	-0.005	0.000	-0.009	-0.120	OK!	0.033		
21	60.00	0.000	0.000	0.000	0.000	60.000	-0.400	OK!	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.120	OK!	0.000		

La figura seguente fornisce evidenza dei risultati ottenuti:

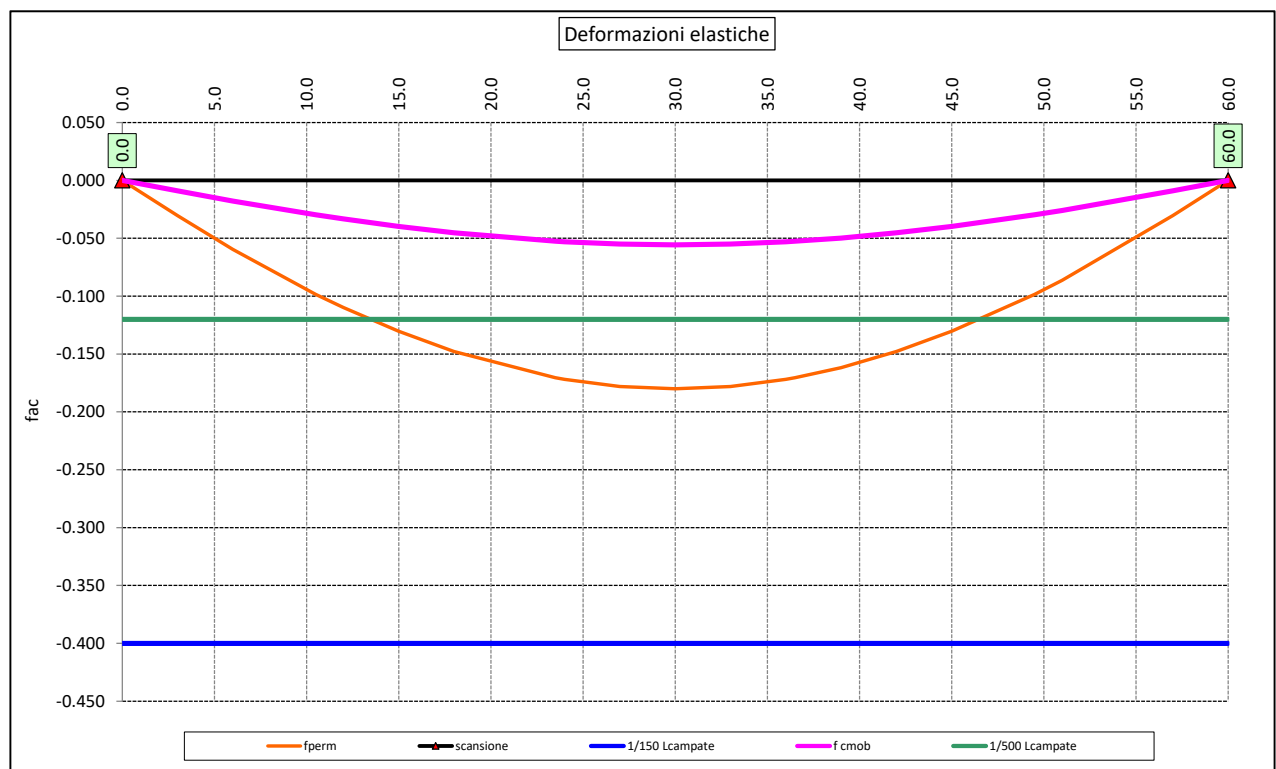



Figura 6.8. Travi principali – Verifiche di deformabilità

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Le deflessioni delle travi dovute ai carichi permanenti saranno recuperate mediante opportune controfreccie di montaggio. La contro freccia teorica f_{Cf} è stabilita pari a:

$$f_{Cf} = f_{G1} + f_{G2} + f_{rit} + 25\% f_{Cmob}$$

essendo:

f_{G1} : la deflessione dovuta ai pesi propri;

f_{G2} : la deflessione dovuta ai permanenti portati;

f_{rit} : la deflessione dovuta al ritiro iperstatico;

f_{Cmob} : la deflessione dovuta ai carichi mobili.

La figura seguente riporta l'andamento della contro freccia teorica in base alla quale sarà costruita la controfreccia di montaggio:

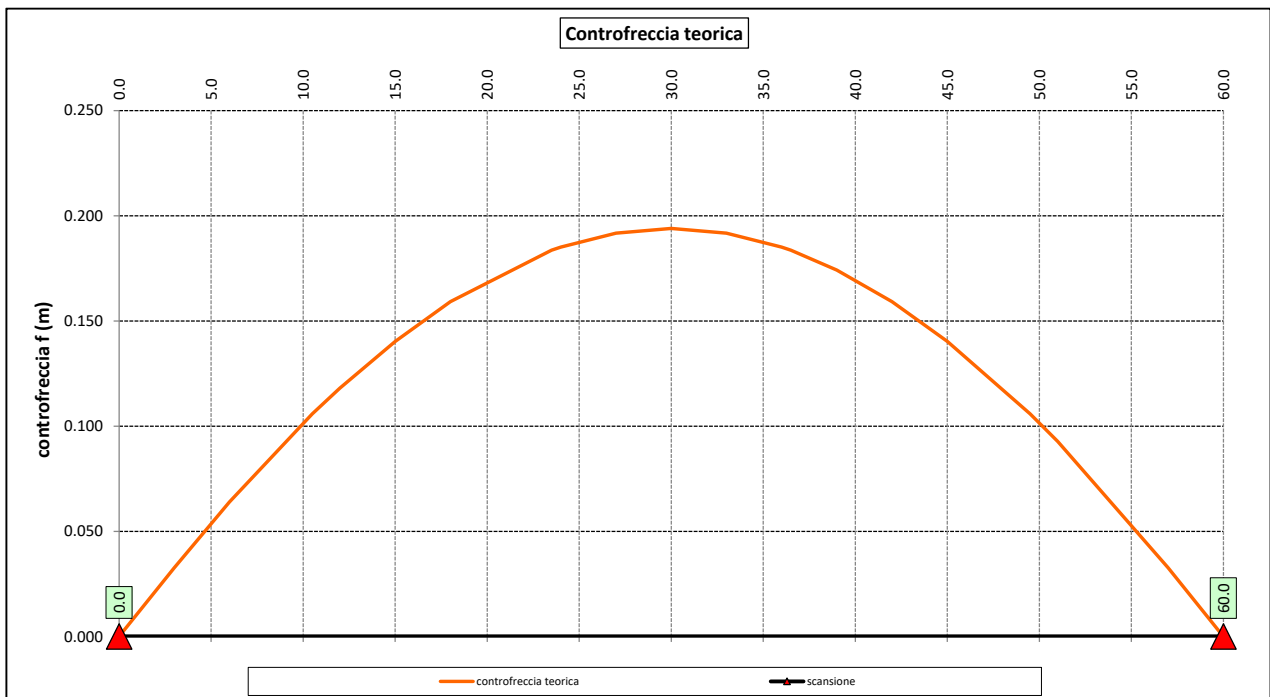


Figura 6.9. Travi principali – controfreccia teorica


6.5 Verifica della Soletta in c.a.

Si prevede che il getto della soletta avvenga su predalle di altezza pari a 7 cm tessute in direzione trasversale all'asse dell'impalcato ed appoggiate sulle ali superiori delle travi principali.

Il getto della soletta dovrà tassativamente avvenire in due fasi in direzione trasversale:

1. dapprima si eseguirà il getto della soletta nella parte centrale compresa tra le travi principali, comprendendo il getto degli sbalzi per 1,00 m dall'asse delle travi. I suddetti getti avverranno secondo questa successione:
 - a. getto di due fasce di larghezza pari a 2,00 m a cavallo delle travi principali;
 - b. completamento del getto della campata compresa tra le travi principali.

N.B. non è richiesta alcuna maturazione dei getti nel passaggio tra la fase 1a e la fase 1b.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

2. successivamente avverrà il completamento della soletta con il getto delle zone rimanenti degli sbalzi. Il getto di seconda fase potrà avvenire solo dopo che il getto di prima fase avrà raggiunto la resistenza di 25 Mpa.

Infine si provvederà a realizzare il getto dei cordoli.

In direzione longitudinale i getti andranno effettuati dapprima i getti delle zone di campata e successivamente i getti delle zone a cavallo delle spalle.

Nel prosieguo sono presentate le verifiche delle predalle in fase di autoportanza e quelle dell'intera soletta in esercizio.

6.5.1 Verifica delle predalles in fase di autoportanza

Le predalle, di larghezza pari a 2.40 m, saranno armate con tralicci di tipo HD Baustrada 12/16/10 h=205 mm posti ad interasse corrente di 40 cm (n.6 tralicci). Sulla campata interna saranno disposti ulteriori 5 tralicci di rinforzo per ciascuna predalla.

In fase di calcolo è stato considerato un sovraccarico accidentale dovuto ai mezzi d'opera pari a 1.0 kN/m².

Le predalle sono interrotte in corrispondenza delle piattabande superiori delle travi principali per consentire l'alloggiamento dei connettori.

La verifica delle sezioni viene effettuata in mezzeria per la campata interna ed in corrispondenza dell'incastro dello sbalzo.

In accordo alle fasi di getto, si considerano 3 schemi di carico:

1. Peso proprio predalla + getto in corrispondenza della campata interna + peso dei mezzi d'opera posizionati in corrispondenza della campata interna compresa tra le travi metalliche. In questa fase si verifica il traliccio in corrispondenza della sezione di mezzeria (massimo momento positivo). A favore di sicurezza si trascura il contributo stabilizzante offerto dal peso dei getti di completamento sugli sbalzi eseguiti in fase 1a.
2. Peso proprio predalla + getto dello sbalzo per 1.00 m dall'asse della trave principale + peso dei mezzi d'opera su tutta la lunghezza dello sbalzo. Si verifica il traliccio in corrispondenza dell'incastro dello sbalzo.
3. Peso proprio predalla e della veletta di bordo + peso completamento del getto dello sbalzo + peso dei mezzi d'opera. In questa fase si verifica il traliccio in corrispondenza della sezione a 1.00 m dall'asse della trave di bordo.


Di seguito si illustrano i criteri di calcolo e verifica e successivamente i risultati delle verifiche effettuate per il caso in esame.

6.5.1.1 Criteri di calcolo e verifica

Gli sforzi normali massimi di trazione/compressione N_{Ed} , agenti sui correnti dei tralicci per verifiche SLU di resistenza a trazione e instabilità a compressione, sono determinati dividendo il momento flettente di calcolo agli SLU per il braccio delle forze interne h_u , pari alla distanza verticale tra il corrente superiore e inferiore.

Gli sforzi normali massimi di compressione agenti sulle diagonali dei tralicci si ottengono dividendo il massimo taglio di calcolo V_{max} nella sezione considerata, per il seno dell'angolo α , formato dalla diagonale con l'asse dei correnti nel piano longitudinale, e per il coseno dell'angolo β , formato dalla diagonale con l'asse verticale nel piano trasversale.

Verifica di resistenza dei correnti tesi

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$c.m. = \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1.0$$

La resistenza a trazione $N_{t,Rd}$ dei correnti tesi è pari a:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_M}$$

essendo:

- A_s l'area totale dei correnti tesi;
- f_{yk} la tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio dei correnti;
- γ_M è il coefficiente di sicurezza pari a **1.15** per acciaio **B450C**.

Verifica all'instabilità dei correnti compressi

Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$c.m. = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0$$

La resistenza all'instabilità $N_{b,Rd}$ delle aste compresse dei tralicci è stata valutata in accordo al paragrafo §4.2.4.1.3.1 delle NTC2018:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_s f_{yk}}{\gamma_M}$$

Essendo:

- A_s l'area totale dei correnti compressi;
- f_{yk} la tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio dei correnti;
- γ_M è il coefficiente di sicurezza pari a **1.15** per acciaio **B450C**.
- χ il coefficiente di riduzione dello sforzo normale a compressione fornito dalla seguente espressione:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$


dove:

$$\Phi = 0.5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} + 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

α è il fattore di imperfezione assunto pari a **0.49** in accordo alla tab. Tab 4.2.VI;

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_{yk}}{N_{cr}}}$$

è la snellezza adimensionale;

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L_0^2}$$

è il carico critico euleriano, dipendente dalle proprietà della sezione lorda e dalla

lunghezza libera di inflessione dell'asta $L_0 = \beta L$;

$\beta = 1.0$ nel caso dei correnti e $\beta = 0.9$ nel caso delle diagonali dei tralicci.

L è la lunghezza dell'asta; nel caso dei correnti è pari alla distanza che intercorre tra due successivi nodi dei tralicci in direzione longitudinale, mentre nel caso delle diagonali è pari alla lunghezza effettiva della diagonale.


6.5.1.2 Verifica della predalla in mezzeria della campata tra le travi

A favore di sicurezza, ai fini dell'autoportanza si trascura il contributo offerto dalle armature integrative disposte all'interno delle predalle, e si considerano le sole armature dei tralicci.

DATI GEOMETRICI SOLETTA IN C.A.		Var	unità				
Interasse tra le travi	it	mm	6000				
Lunghezza dello sbalzo sx rispetto ad asse trave	Ls_sx	mm	2625				
Larghezza asola sulla piattabanda superiore sx	Bas_sx	mm	700				
Distanza tra asse trave sx e asse appoggio predalla	Dap_sx	mm	400				
Lunghezza dello sbalzo dx rispetto ad asse trave	Ls_dx	mm	2625				
Larghezza asola sulla piattabanda superiore dx	Bas_dx	mm	700				
Distanza tra asse trave dx e asse appoggio predalla	Dap_dx	mm	400				
Altezza complessiva soletta in campata - per carichi	hs1c	mm	310				
Altezza complessiva soletta in campata - per verifiche	hs2	mm	310				
Luce di calcolo della predalla in campata	ls	mm	5200				
DATI PERMANENTI PORTATI		Var	unità				
DATI GEOMETRICI PREDALLE		Var	unità				
n. tralicci per dalla	nt		11				
altezza traliccio	ht	mm	205				
Sezione corrente		n	ϕ	A	At	di	l
			mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralicci	1	16	201	2212	227	35387	
Armatura inferiore tralicci	2	12	226	2488	36	22393	
Armatura inferiore nella dalla	0	0		0	30	0	
spessore predalla in agli sbalzi per carichi		mm	70				
spessore predalla in campata per carichi		mm	70				
spessore predalla in campata per verifiche		mm	70				
larghezza predalla		mm	2400				


CALCOLI STATICI

FASE 1 - POSA IN OPERA DALLE, GETTO DI COMPLETAMENTO						
ANALISI DEI CARICHI		B	H	γ	p	p
		m	m	kN/mc	kN/mq	kN/ml
peso proprio predalla agli sbalzi	g1a	2.40	0.07	25.0		4.20
peso proprio predalla in campata	g1b	2.40	0.070	25.0		4.20
peso proprio getto di completamento	g1c	2.40	0.240	25.0		14.40
peso mezzi d'opera	q	2.40			1.00	2.40

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE	Var	unità		
Reazione all'appoggio sx - permanenti	RA-p	kN	57.92	
ascissa taglio nullo	x_V(0)	m	2.60	
Momento massimo in campata - permanenti	Mmax_p	kNm	44.83	
Momento massimo in campata - accidentali	Mmax_q	kNm	8.11	
Taglio massimo all'appoggio - permanenti	Vmax_p	kN	48.36	
Taglio massimo all'appoggio - accidentali	Vmax_q	kN	6.24	
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	γ_g		1.30	
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	γ_q		1.50	
Verifiche SLU - Momento flettente in mezzeria	Mmax	kNm	70.5	
Verifiche SLU - Taglio massimo all'appoggio	Vmax	kNm	72.2	
VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI	Var	unità		
altezza del traliccio	ht	m	0.191	
Momento flettente	Mmax	kNm	70.45	
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	62.4	
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	11.8	
Sforzo massimo nei correnti	Nmax1	kN	368.9	
Verifica dei correnti compressi	Var	unità	cor traliccio	
n. correnti	nc		11	
Diametro corrente compresso	ϕ	mm	16	
Area corrente compresso	A	mmq	201	
Momento d'inerzia corrente compresso	Ix	mm4	3217	
raggio d'inerzia corrente	isup	m	0.0040	
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.20	
coefficiente beta	β		1.00	
snellezza	λ		50.0	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	166690	
snellezza adimensionale	λ_*		0.74	
fattore di imperfezione alpha	α		0.49	
coefficiente Φ	Φ		0.90	
coefficiente χ	χ		0.70	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	607	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.61	< 1.0
Verifica dei correnti tesi	Var	unità	inferiori	
A correnti	A	mmq	2488	
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	974	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.38	< 1.0
VERIFICA DIAGONALI	Var	unità		
altezza del traliccio	ht	m	0.191	
n. diagonali	nd		22	
Taglio massimo	Vmax	kN	72.23	
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	62.4	
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	11.8	
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	83.3	
Diametro diagonale	ϕ	mm	10.0	
Area diagonale	A	mmq	79	
Momento d'inerzia diagonale	Ix	mm4	491	
raggio d'inerzia diagonale	isup	m	0.0025	
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.22	
coefficiente beta	β		0.90	
snellezza	λ		79.3	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	25887	
snellezza adimensionale	λ_*		1.17	
fattore di imperfezione alpha	α		0.49	
coefficiente Φ	Φ		1.42	
coefficiente χ	χ		0.45	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	304	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.27	< 1.0

Come è possibile evincere tutte le verifiche di resistenza ed instabilità delle aste dei tralci sono soddisfatte.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

6.5.1.3 Verifica della predalle tralicciate in corrispondenza degli sbalzi

Il calcolo viene svolto in due fasi, la prima corrisponde al getto della prima parte dello sbalzo, la seconda al getto di completamento. A favore di sicurezza, ai fini dell'autoportanza si trascura il contributo offerto dalle armature integrative disposte all'interno delle predalle, e si considerano le sole armature dei tralicci.

DATI GEOMETRICI SOLETTA IN C.A.	Var	unità	
Altezza complessiva soletta alla estremità inc. sbalzo	hss1	mm	310
Altezza complessiva soletta alla estremità libera sbalzo	hss2	mm	310
Luce dello sbalzo rispetto all'asse della trave	ls	mm	2625
Inclinazione del getto in opera - intradosso	incl		0.000
Larghezza asola sulla piattabanda superiore	Lasol	mm	700
Distanza tra asse trave e asse appoggio predalla	Dap	mm	400
Estensione del getto di prima fase dall'asse della trave	Lg1	mm	1000

DATI GEOMETRICI PREDALLE	Var	unità	
n. tralicci per dalla	nt		6
altezza traliccio all'incastro	ht	mm	205

Sezione corrente

	n	φ	A	At	di	I
		mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralicci	1	16	201	1206	227	19302
Armatura inferiore tralicci	2	12	226	1357	36	12215
Armatura di rinforzo nella dalla	0	0		0	30	0

Altezza complessiva predalla alla estremità libera	mm	70
Altezza complessiva predalla alla estremità inc. sbalzo	mm	70
larghezza lastra	mm	2400
coefficiente di omogeneizzazione		10
Area lastra	mm2	16800

Caratteristiche geometrico-inerziali

	Var	unità	
Area totale	At	mm2	19364
Momento statico rispetto al lembo inferiore	Mstat	mm3	910704
Y baricentro rispetto al lembo inferiore	Yg	mm	47
Momento d'inerzia dalla tralicciata	It	mm4	48561353

Sezione asolata d'estremità


	n	φ	A	At	di	I
		mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralicci	1	16	201	1206	227	19302
Armatura inferiore tralicci	2	12	226	1357	36	12215

Caratteristiche geometrico-inerziali


	Var	unità	
Area totale	At	mm2	2564
Momento statico rispetto al lembo inferiore	Mstat	mm3	322704
Y baricentro rispetto al lembo inferiore	Yg	mm	126
Momento d'inerzia	It	mm4	23330739

CALCOLI STATICI

FASE 1 - POSA IN OPERA DALLE, GETTO DI PRIMA FASE						
ANALISI DEI CARICHI		B	H	γ	p	p
		m	m	kN/mc	kN/mq	kN/ml
peso proprio dalla (costante)	g1a	2.40	0.07	25.0		4.20
peso proprio predalla (variabile)	g1b	2.40	0.00	25.0		0.00
peso proprio getto di completamento (costante)	g1c	2.40	0.24	25.0		14.40
peso proprio getto di completamento (variabile)	g1d	2.40	0.00	25.0		0.00
peso mezzi d'opera	p3	2.40			1.00	2.40
		B (m)	H (m)	L (m)	p (kN/ml)	P (kN)
peso della veletta	P4	2.40			1.40	3.36

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE		Var	unità	
Momento massimo all'incastro - permanenti	Mmax-p	kNm	20.46	
Momento massimo all'incastro - accidentali	Mmax-q	kNm	5.94	
Taglio massimo - permanenti	Vmax-p	kN	21.35	
Taglio massimo - accidentali	Vmax-q	kN	5.34	
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	γ_g		1.30	
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	γ_q		1.50	
Verifiche SLU - Momento flettente all'incastro	Mmax	kNm	35.5	
Verifiche SLU - Taglio massimo all'incastro	Vmax	kNm	35.8	
VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI		Var	unità	
altezza del traliccio all'incastro	ht	m	0.187	
Momento flettente	Mmax	kNm	35.51	
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	61.9	
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.1	
Sforzo massimo nei correnti del traliccio	Nmax	kN	189.9	
Verifica dei correnti compressi in corrispondenza asola		Var	unità	cor traliccio
Sforzo normale nei correnti inferiori	Nmax_i	kN	190	
n. correnti	nc		12	
Diametro corrente compresso	ϕ	mm	12	
Area corrente compresso	A	mmq	113	
Momento d'inerzia corrente compresso	I	mm4	1018	
raggio d'inerzia corrente	isup	m	0.0030	
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.20	
coefficiente beta	β		1.00	
snellezza	λ		67	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	52742	
snellezza adimensionale	λ_*		0.98	
fattore di imperfezione alpha	α		0.49	
coefficiente Φ	Φ		1.17	
coefficiente χ	χ		0.55	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	292	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.65	< 1.0
Verifica dei correnti compressi (sezione corrente)		Var	unità	inferiori
A correnti	A	mmq	1357	
Resistenza a compressione dell'armatura compressa	Nc,Rd	kN	531	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.36	< 1.0
Verifica dei correnti tesi		Var	unità	superiori
A correnti	A	mmq	1206	
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	472	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.40	< 1.0
VERIFICA DIAGONALI		Var	unità	
altezza del traliccio	ht	m	0.191	
n. diagonali	nd		12	
Taglio massimo	Vmax	kN	35.76	
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	61.9	
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.1	
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	41.1	
Diametro diagonale	ϕ	mm	10	
Area diagonale	A	mmq	79	
Momento d'inerzia diagonale	I	mm4	491	
raggio d'inerzia diagonale	isup	m	0.0025	
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.22	
coefficiente beta	β		0.90	
snellezza	λ		79	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	26102	
snellezza adimensionale	λ_*		1.16	
fattore di imperfezione alpha	α		0.49	
coefficiente Φ	Φ		1.41	
coefficiente χ	χ		0.45	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	167	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.25	< 1.0


SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

FASE 1 - GETTO DI SECONDA FASE						
ANALISI DEI CARICHI		B	H	γ	p	p
		m	m	kN/mc	kN/mq	kN/ml
peso proprio dalla (costante)	p1a	2.40	0.07	25.0		4.20
peso proprio predalla (variabile)	p1b	2.40	0.0	25.0		0.00
peso proprio getto di completamento (costante)	p2a	2.40	0.24	25.0		14.40
peso proprio getto di completamento (variabile)	p2b	2.40	0.00	25.0		0.00
peso mezzi d'opera	p3	2.40			1.00	2.40
		B (m)	H (m)	L (m)	p (kN/ml)	P (kN)
peso della veletta	P4	2.40			1.40	3.36
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE		Var	unità			
Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase - permanenti	Mmax-p	kNm	30.02			
Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase - accidentali	Mmax-q	kNm	3.17			
Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase - permanenti	Vmax-p	kN	33.59			
Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase - accidentali	Vmax-q	kN	3.90			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	γ_g		1.30			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	γ_q		1.50			
Verifiche SLU - Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase	Mmax1	kNm	43.78			
Verifiche SLU - Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase	Vmax1	kN	49.51			
VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI ALL'ESTREMITA' DEL GETTO		Var	unità			
altezza del traliccio	ht	m	0.191			
Momento flettente	Mmax	kNm	43.78			
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	62.4			
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	8.9			
Sforzo massimo nei correnti del traliccio	Nmax	kN	229.2			
Verifica dei correnti tesi		Var	unità	superiori		
A correnti	A	mmq	1206			
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	472			
coefficiente di utilizzo	c.u		0.49	< 1.0		
VERIFICA DIAGONALI		Var	unità			
altezza del traliccio	ht	m	0.191			
n. diagonali	nd		12			
Taglio massimo	Vmax	kN	49.51			
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	62.4			
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	8.9			
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	56.6			
Diametro diagonale	ϕ	mm	10			
Area diagonale	A	mmq	79			
Momento d'inerzia diagonale	I	mm4	491			
raggio d'inerzia diagonale	isup	m	0.0025			
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.22			
coefficiente beta	β		0.90			
snellezza	λ		78.6			
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	26372			
snellezza adimensionale	λ_{-}		1.16			
fattore di imperfezione alpha	α		0.49			
coefficiente Φ	Φ		1.40			
coefficiente χ	χ		0.45			
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	168			
coefficiente di utilizzo	c.u		0.34	< 1.0		

Come è possibile evincere tutte le verifiche di resistenza ed instabilità delle aste dei tralci sono soddisfatte.

6.5.2 Verifiche della soletta in esercizio (2° fase)

Le sollecitazioni agenti sulla soletta in esercizio sono state determinate attraverso un calcolo agli elementi finiti (SAP2000P), in cui la soletta è schematizzata con elementi SHELL.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

L'altezza degli elementi shell è pari a 31 cm.

Per tenere conto della altezza effettivamente collaborante in direzione longitudinale, pari a 24 cm, sono state opportunamente ridotte le rigidezze flessionali e taglianti in questa direzione secondo i seguenti rapporti:

$$\text{fac_r_llong} = t^3 / t_t^3 = 0.24^3 / 0.31^3 = 0.464$$

$$\text{fac_r_Along} = t_l / t_t = 0.24 / 0.31 = 0.77$$

La soletta è semplicemente appoggiata in corrispondenza delle travi principali.

La figura seguente illustra il modello utilizzato per il calcolo della soletta:

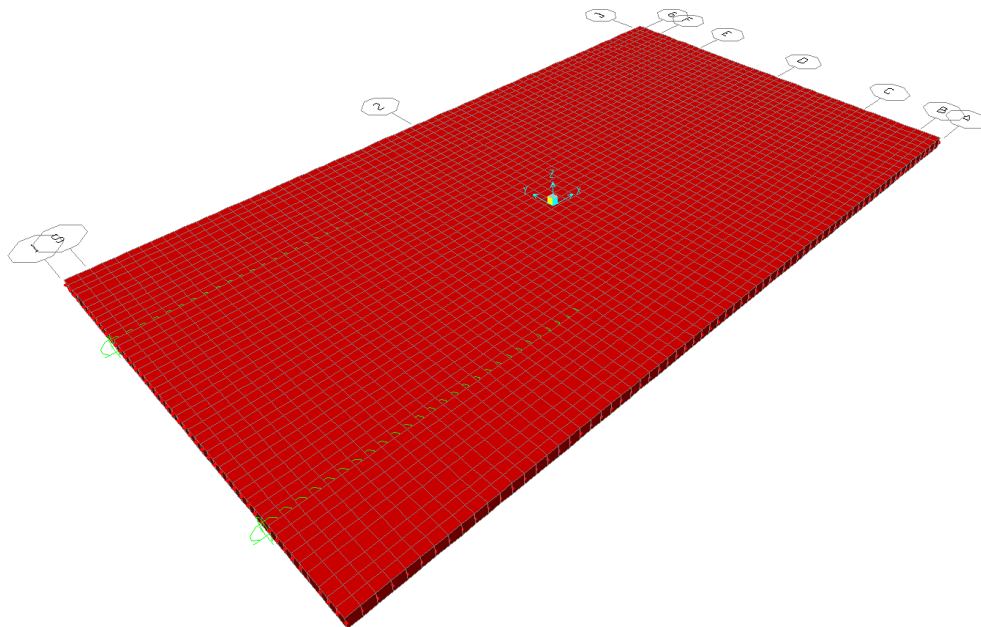



Figura 6.10. Modello di calcolo soletta – vista estrusa del modello agli elementi finiti

6.5.2.1 Analisi dei carichi agenti sulla soletta

I carichi di progetto considerati sono i seguenti:

- peso proprio della soletta 25.0 × 0.31 = 7.75 kNm⁻²
- peso proprio di ciascuno dei cordoli 25.0 × 0.20 = 5.00 kNm⁻²
- peso della pavimentazione stradale = 3.00 kNm⁻²
- peso della barriera di sicurezza integrata = 3.00 kNm⁻¹
- peso della barriera di sicurezza = 1.50 kNm⁻¹
- peso di ciascuna rete di protezione = 0.50 kNm⁻¹
- peso tubazioni smaltimento acque di piattaforma = 1.50 kNm⁻¹
- peso di ciascuna veletta di bordo e carter metallico = 2.90 kNm⁻¹

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

I carichi mobili Q_{1k} e q_{1k} (schema di carico 1 di cui al paragrafo 5.1.3.3.5 delle NTC2018) sono disposti come da schemi successivi in modo da massimizzare le sollecitazioni.

Le sollecitazioni sono state determinate per le seguenti disposizioni longitudinali dei carichi tandem:

- carichi disposti nella generica sezione corrente dell'impalcato;
- carichi disposti in prossimità della testata dell'impalcato.

Per ognuna di tali disposizioni i carichi sono stati disposti trasversalmente sull'impalcato nelle configurazioni di carico illustrate nelle figure seguenti:

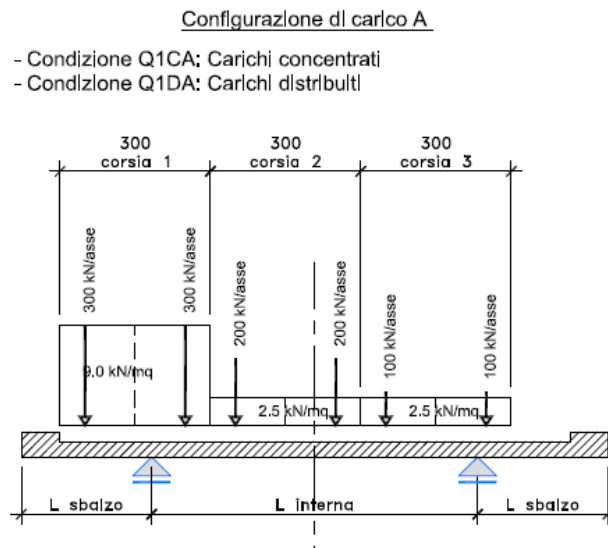
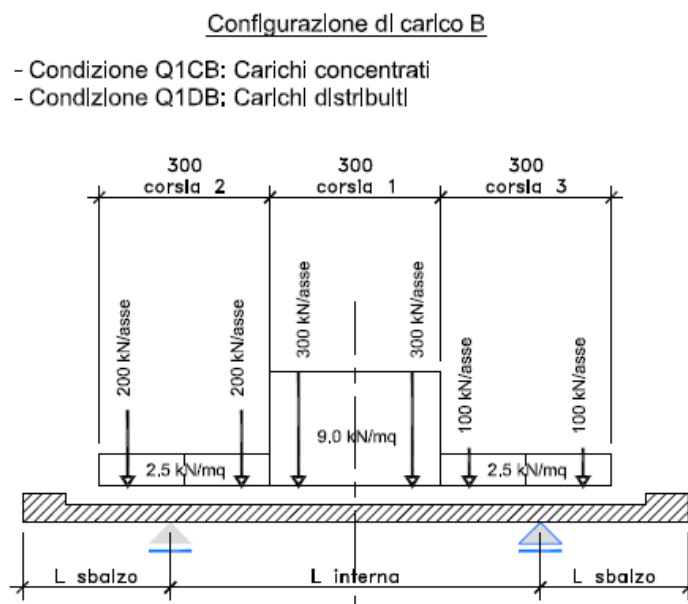


Figura 6.11. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione A




SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

Figura 6.12. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione B

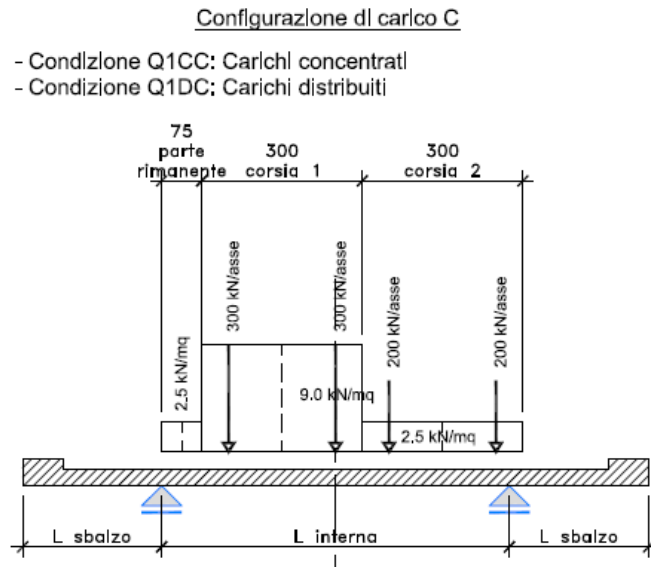


Figura 6.13. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione C

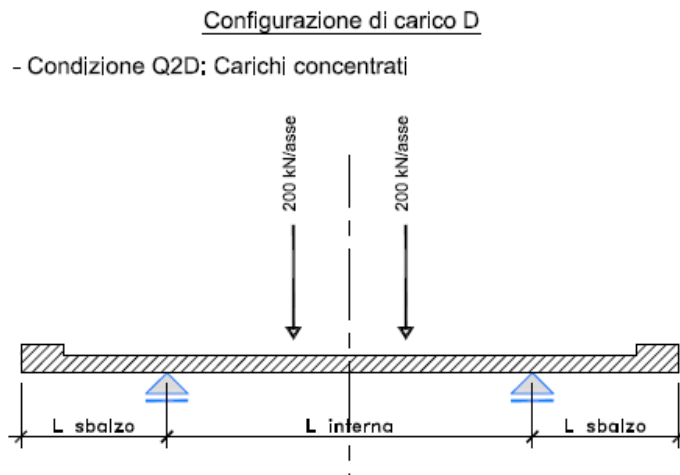



Figura 6.14. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione D

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

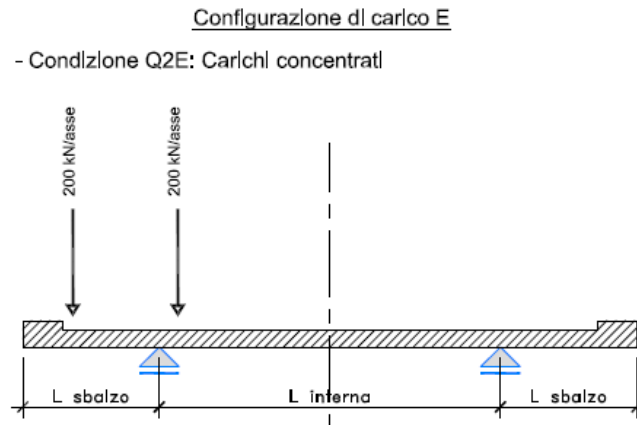


Figura 6.15. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione E

In accordo a quanto prescritto al paragrafo 5.1.3.4 delle NTC 2018 i carichi mobili applicati in corrispondenza della testata sono stati amplificati attraverso un coefficiente dinamico addizionale per tener conto delle discontinuità strutturali rappresentate dai giunti di dilatazione. Detto coefficiente è pari a **1.3** secondo quanto indicato al 4.3.3 degli Eurocodici (EC1 – Parte 2).

In entrambi i casi è stata considerata una condizione di carico eccezionale nella quale alle forze orizzontali d'urto esercitate dal veicolo in svio, esplicitate al par. 5.2.11, agenti alla quota di **1 m** sopra il piano stradale (LOAD Q8), è associato un carico verticale isolato costituito dallo Schema di Carico 2, posizionato in adiacenza al sicurvia come prescritto ai paragrafi 5.1.3.10 e 3.6.3.3.2 delle NTC 2018.

6.5.2.2 Combinazioni di carico

Sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

Inviluppo delle condizioni di carico relative alle Azioni variabili da traffico:


ENVEMOB1 che fornisce l'inviluppo di tutte le condizioni di carico relative ai carichi mobili precedentemente definite, prese con coefficienti parziali unitari;

ENVEMOB2 che fornisce l'inviluppo di tutte le condizioni di carico relative ai carichi mobili precedentemente definite, prese con coefficienti parziali pari a 0.75 per i carichi concentrati e a 0.40 per i carichi distribuiti.

Combinazioni per verifiche SLU:

- $SLU1 = 1.35 \times G1 + 1.35 \times G2 + 1.35 \times ENVEMOB1;$
- $SLU2 = 1.0 \times G1 + 1.0 \times G2 + 1.0 \times Q2E + 1.0 \times Q8;$

L'inviluppo delle suddette combinazioni è determinato con la combinazione:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

- ENVESLU;

Combinazioni per verifiche SLE-RARA:

$$\text{ENVSLER} = 1.0 \times G1 + 1.0 \times G2 + 1.0 \times \text{ENVEMOB1}$$

Combinazioni per verifiche SLE-FREQUENTE:

$$\text{ENVSLEF} = 1.0 \times G1 + 1.0 \times G2 + 1.0 \times \text{ENVEMOB2}$$

Combinazioni per verifiche SLE-QUASI PERMANENTE:

$$\text{SLE-QP} = 1.0 \times G1 + 1.0 \times G2$$

6.5.2.3 Caratteristiche della sollecitazione per verifiche di resistenza e fessurazione

Le figure seguenti illustrano le mappe delle caratteristiche della sollecitazioni per verifiche SLU ed SLE:

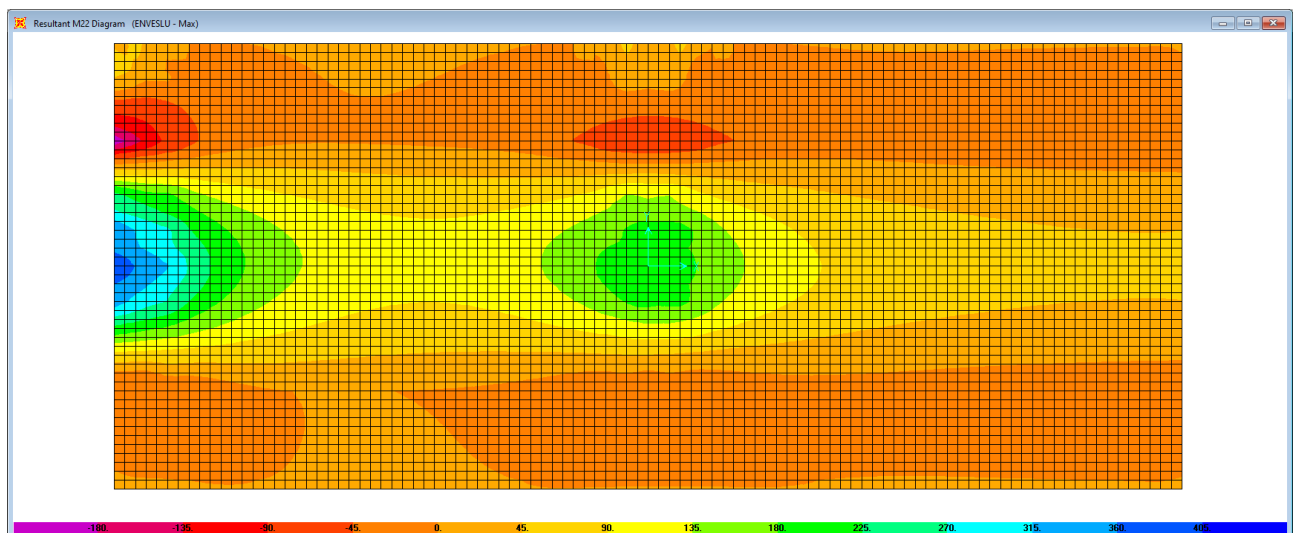


Figura 6.16. Combinazione ENVESLU – M22 max

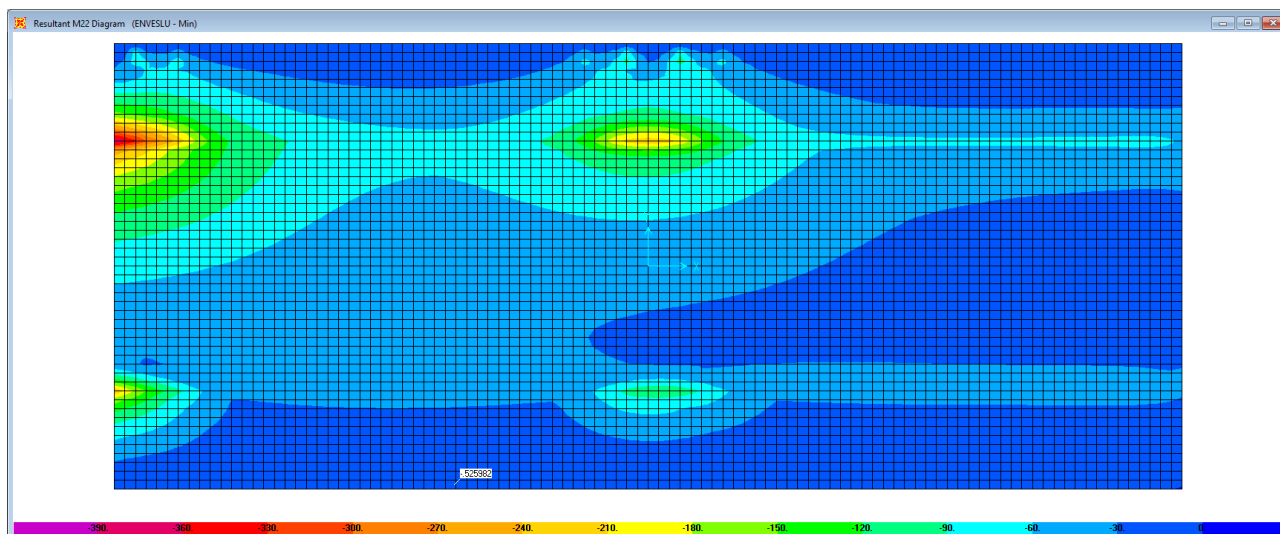


Figura 6.17. Combinazione ENVESLU – M22 min

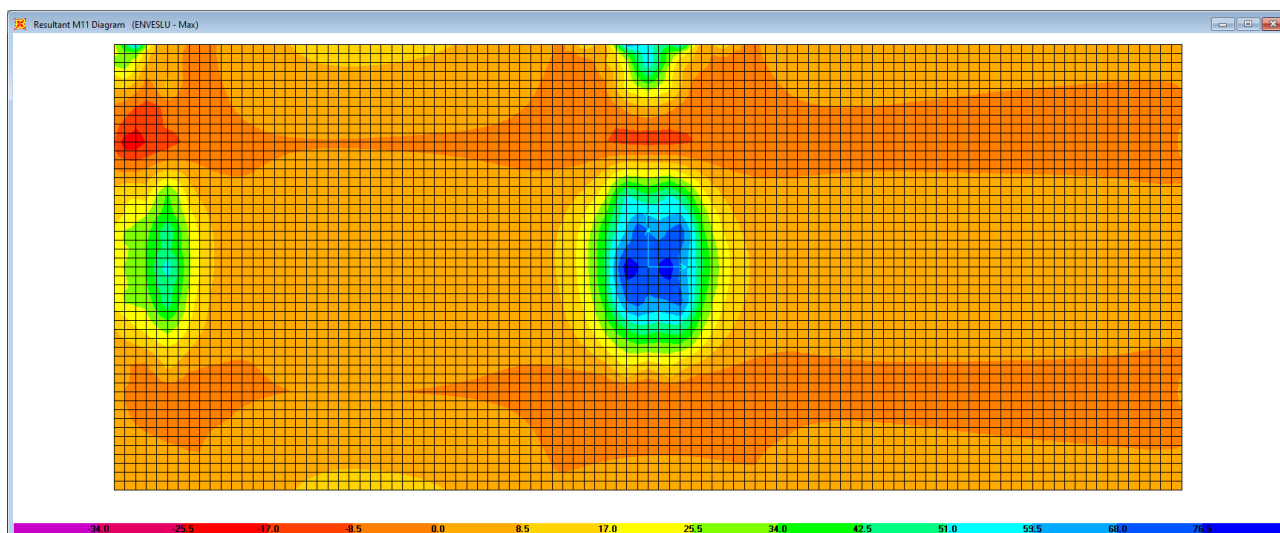


Figura 6.18. Combinazione ENVESLU – M11 max

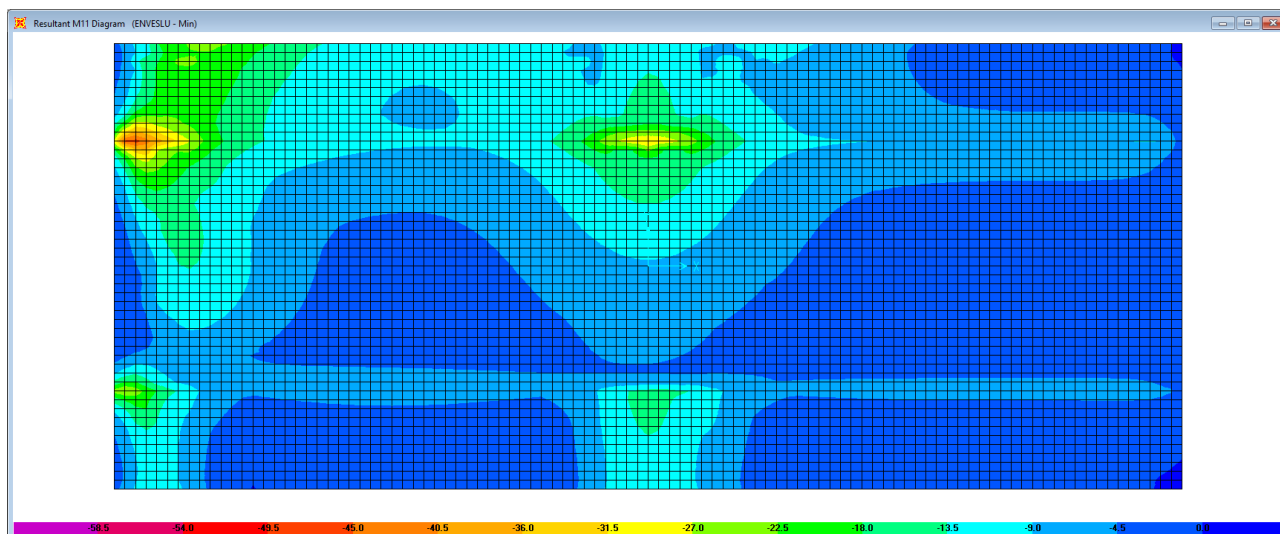


Figura 6.19. Combinazione ENVESLU – M11 min

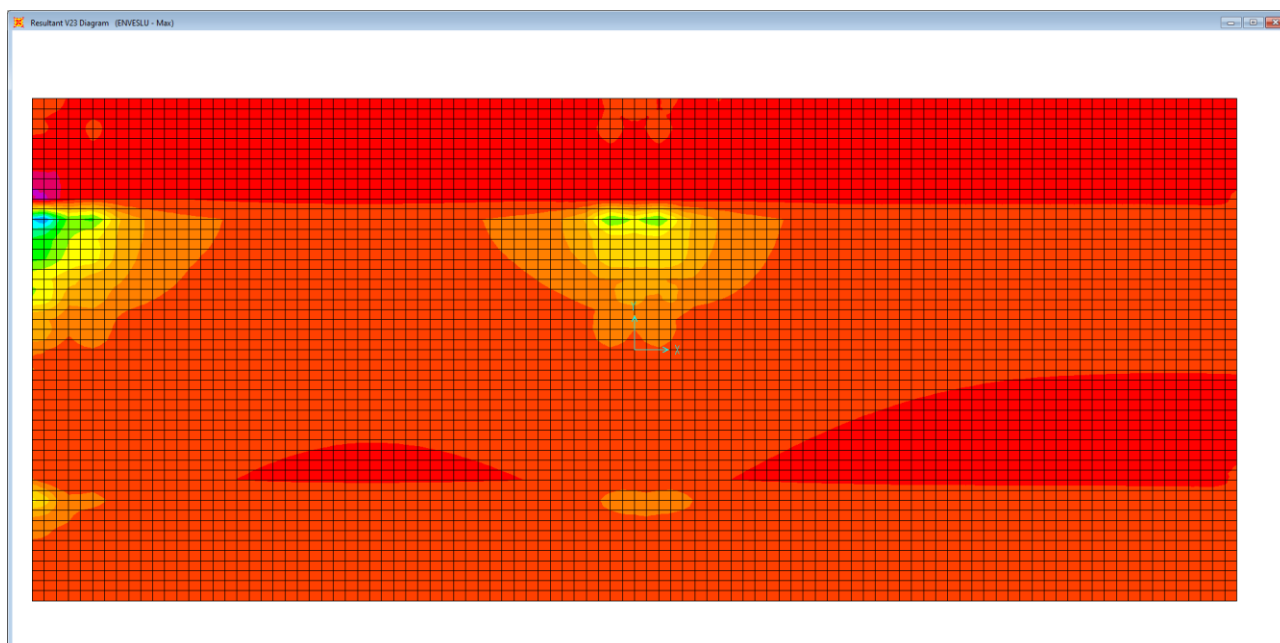


Figura 6.20. Combinazione ENVESLU – V23 max

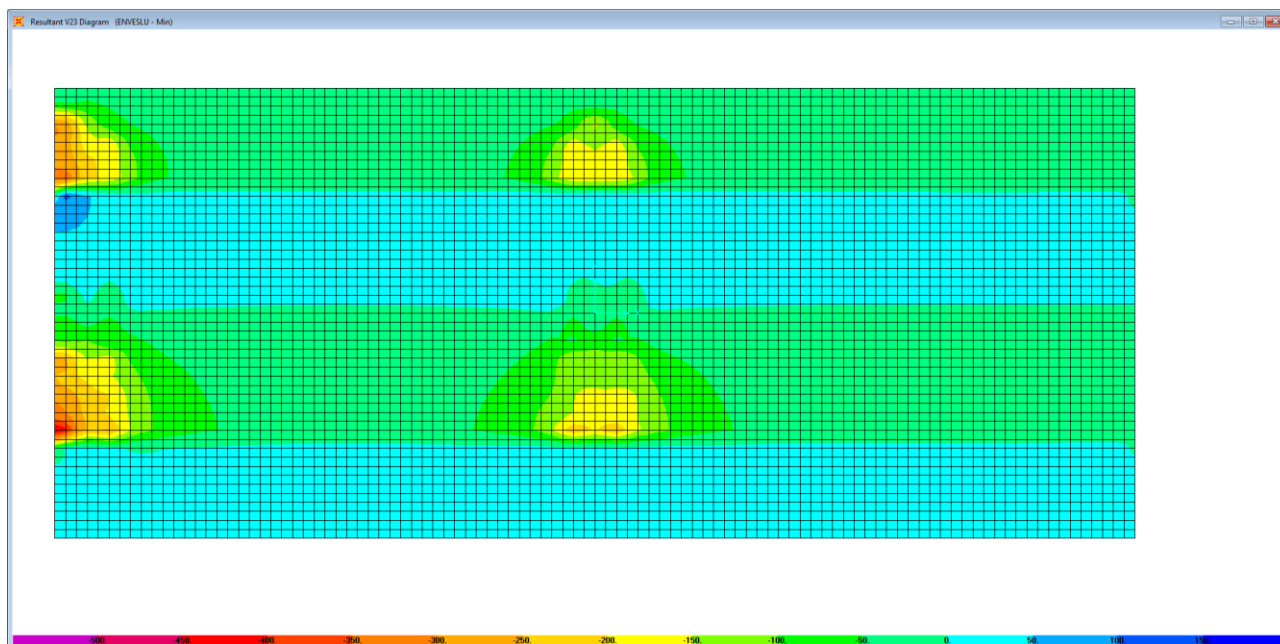


Figura 6.21. Combinazione ENVESLU – V23 min

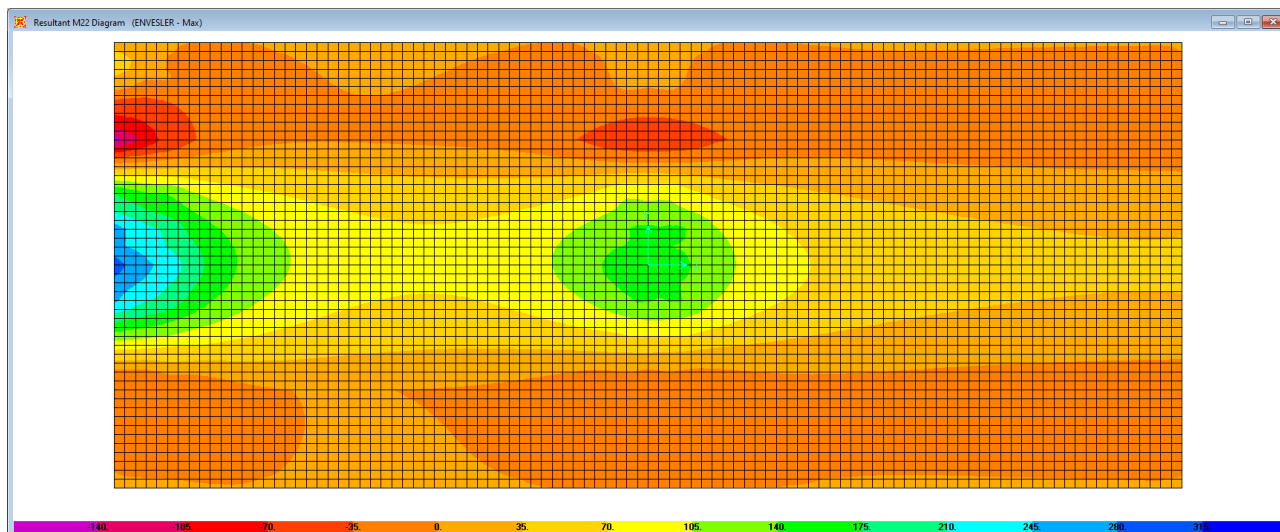


Figura 6.22. Combinazione ENVESLER – M22 max

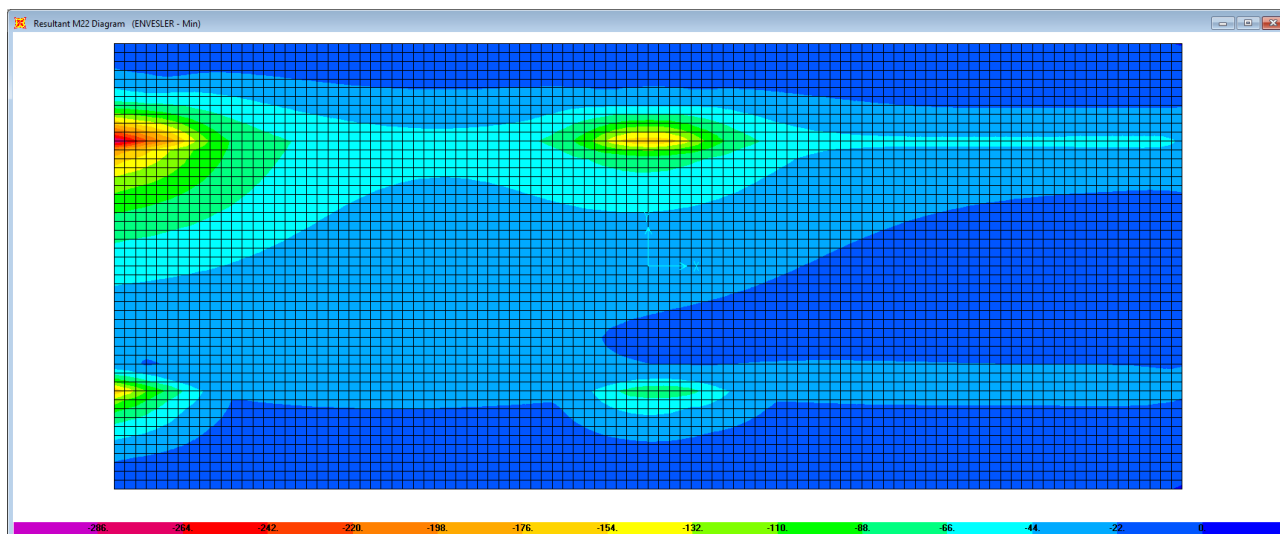


Figura 6.23. Combinazione ENVESLER – M22 min

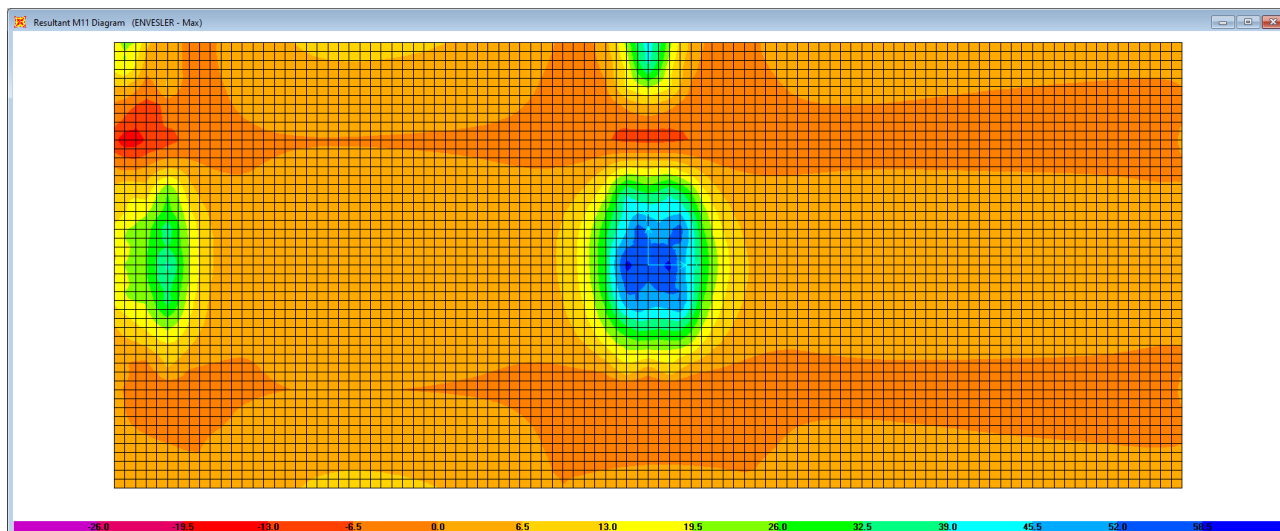


Figura 6.24. Combinazione ENVESLER – M11 max

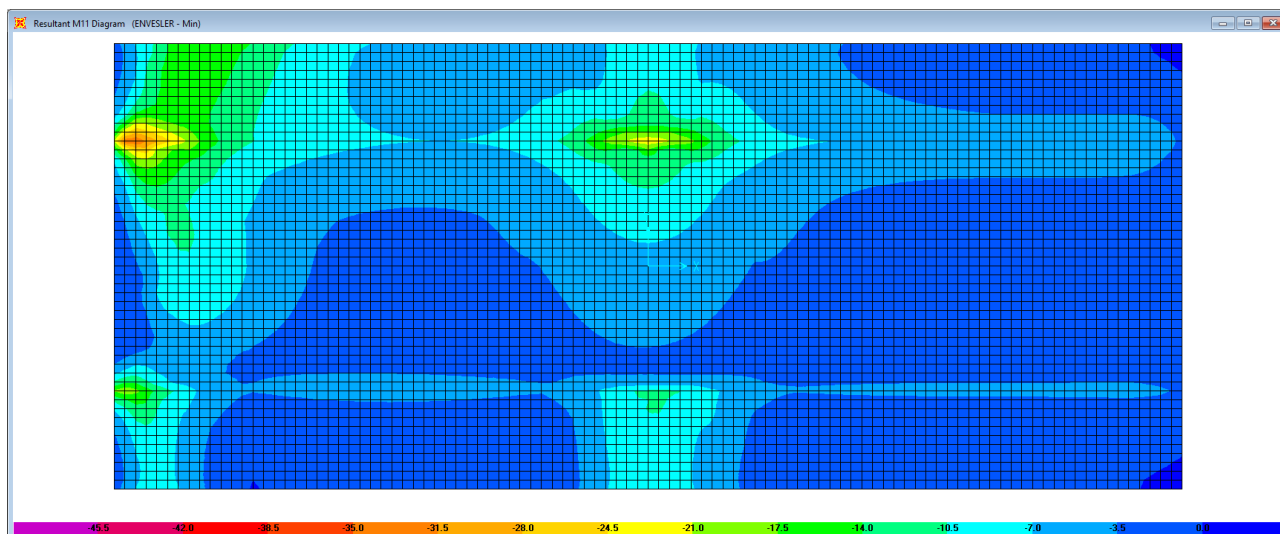


Figura 6.25. Combinazione ENVESLER – M11 min

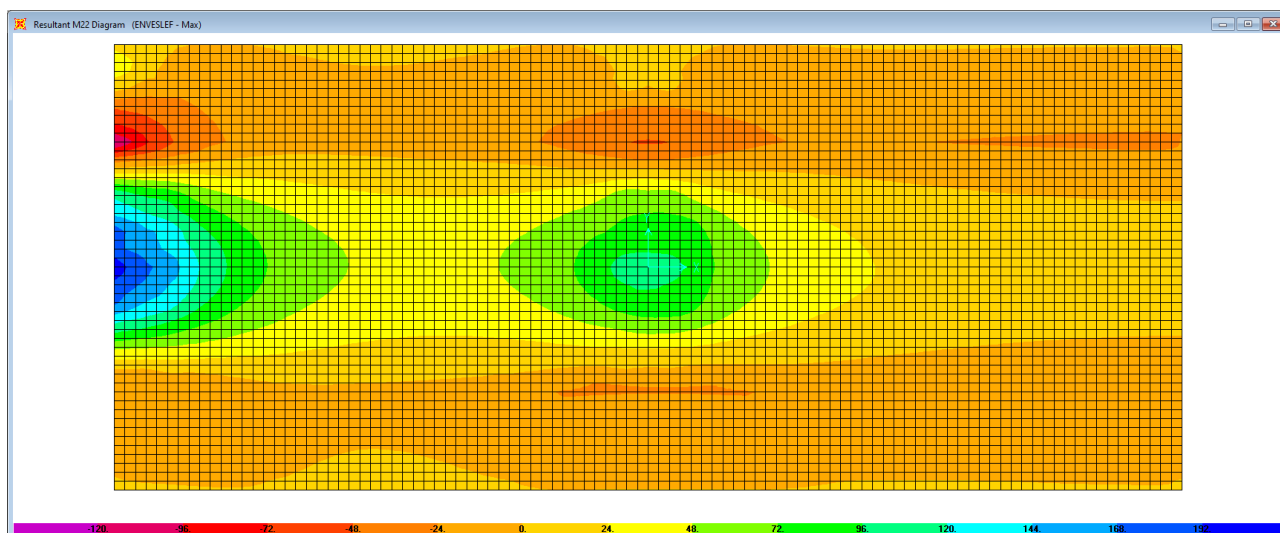


Figura 6.26. Combinazione ENVESLER – M22 max

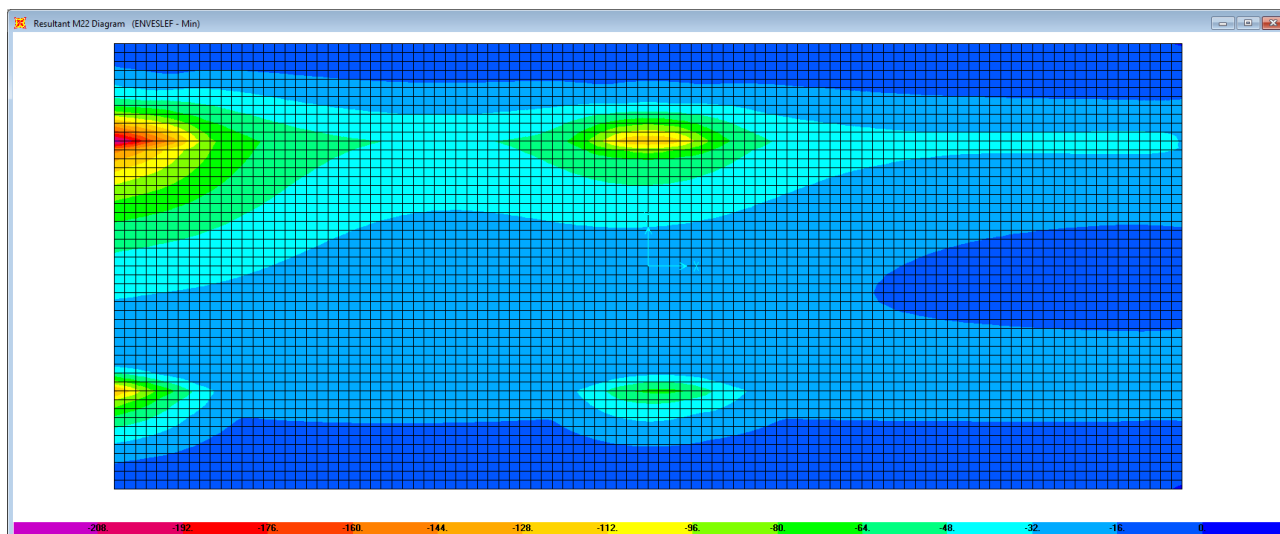


Figura 6.27. Combinazione ENVESLEF – M22 min

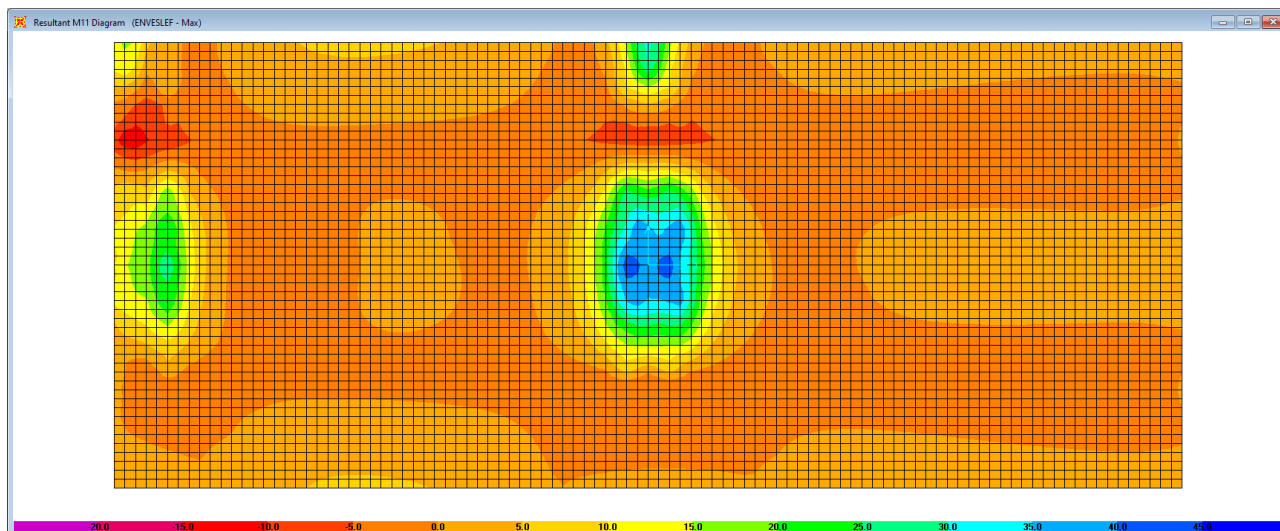


Figura 6.28. Combinazione ENVESLEF – M11 max

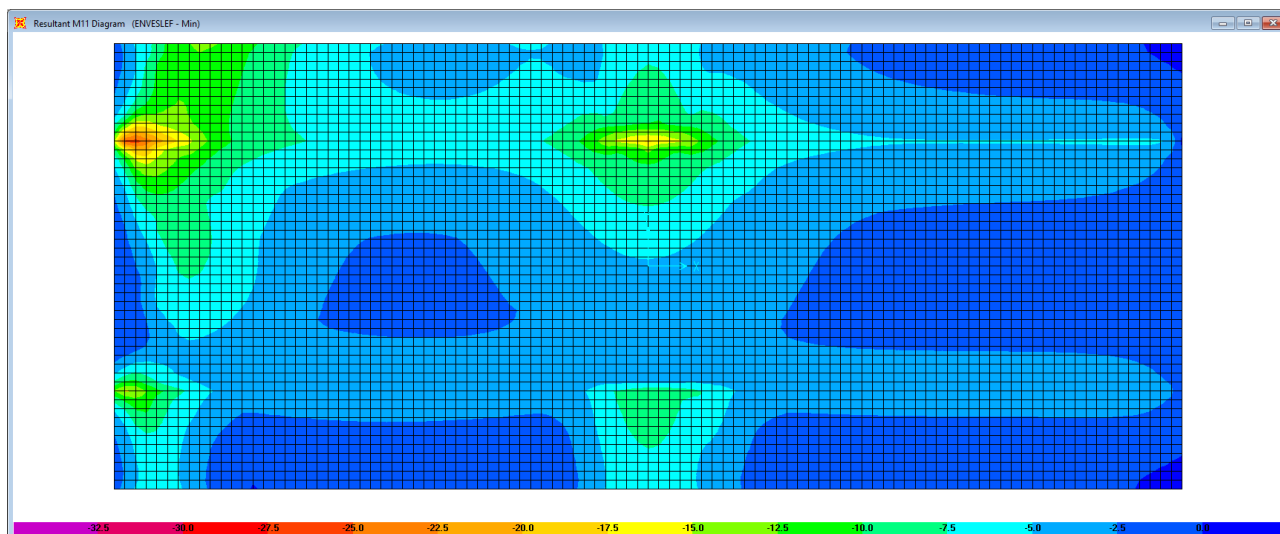


Figura 6.29. Combinazione ENVESLEF – M11 min

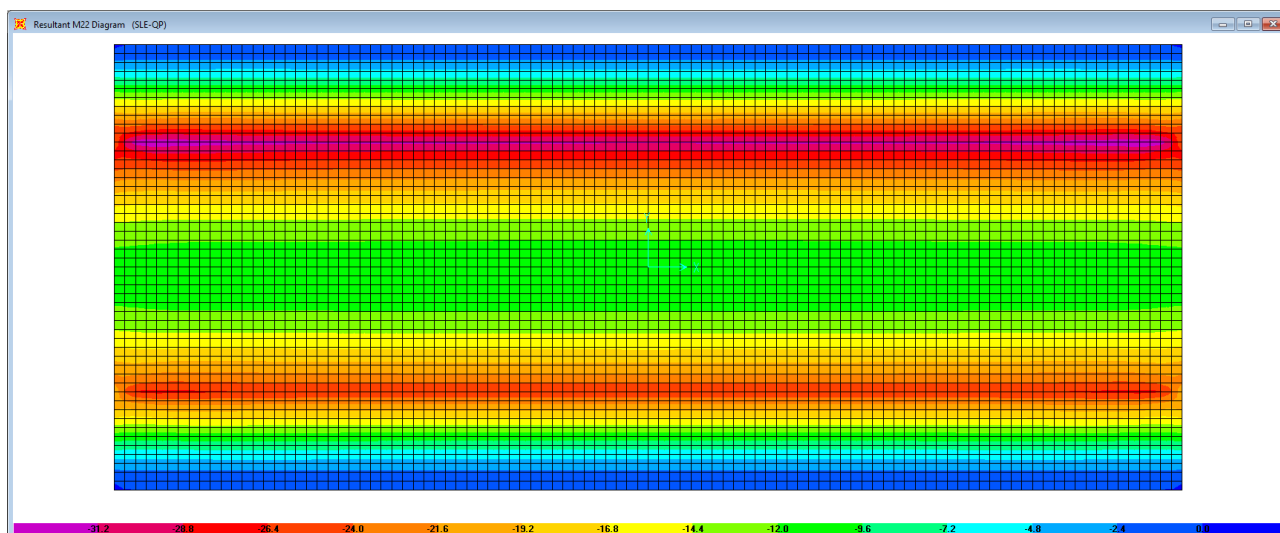



Figura 6.30. Combinazione SLE-QP – M22

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

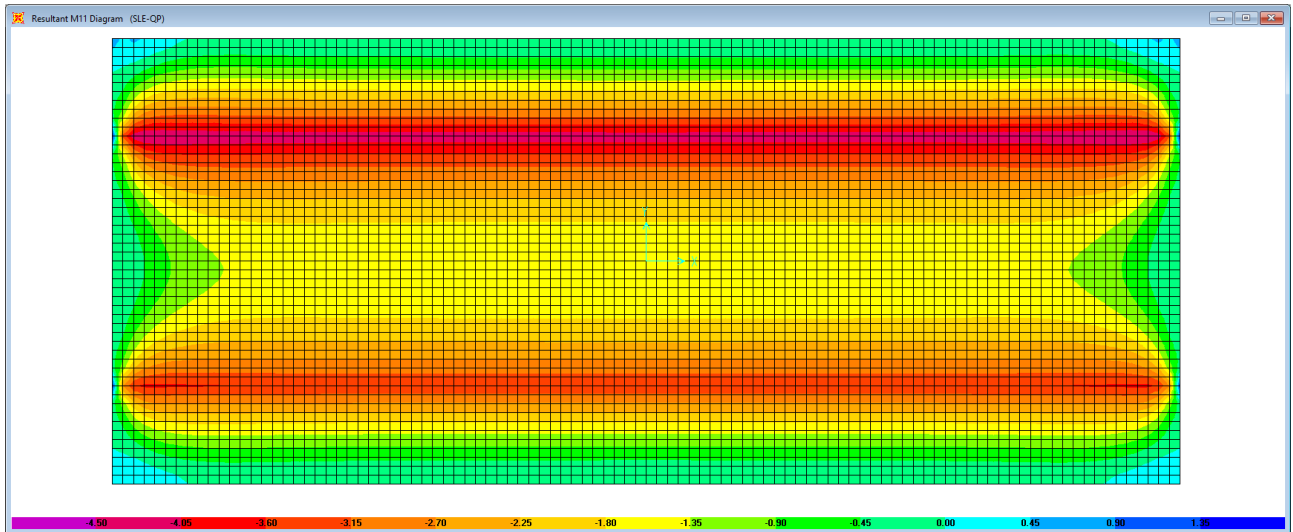


Figura 6.31. Combinazione SLE-QP – M11

Le tabelle seguenti riepilogano le caratteristiche della sollecitazione per verifiche SLU ed SLE:

Caratteristiche della sollecitazione per sezione di larghezza unitaria

	Sezione corrente					Sezione di testata				
	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]
Verifiche SLU	225	-210	80	-30	315	398.0	-395	55	-62	628.2
Verifiche SLE-RARA	165	-170	61	-22		295.0	-293	35	-46	
Verifiche SLE-FR	106	-128	44	-17		204.0	-220	30	-35	
Verifiche SLE-QP	1	-33	2	-5		1	-33	2	-5	


Caratteristiche della sollecitazione per sezione di larghezza predalla B (m) = 2.40

	Sezione corrente					Sezione di testata				
	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]
Verifiche SLU	540.0	-504.0			756.0	955.2	-948.0			1507.7
Verifiche SLE-RARA	396.0	-408.0				708.0	-703.2			
Verifiche SLE-FR	254.4	-307.2				489.6	-528.0			
Verifiche SLE-QP	2.4	-79.2				2.4	-79.2			

6.5.2.4 Verifiche di resistenza e fessurazione

Le verifiche a flessione semplice delle sezioni in c.a. sono state effettuate con il software RCSEC® prodotto da Geostru.

Le verifiche agli SLU ed SLE sono state effettuate trascurando il contributo offerto dai tralicci.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Sezione corrente – Campata – Verifiche in direzione trasversale (M22+)

Si considera una sezione di larghezza pari a quella delle predalle (B = 2.40 m).

L'altezza della sezione è pari a 31 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da 23 ϕ 20 (nella predalla).

L'armatura in zona compressa è costituita da ϕ 20/20.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C35/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-120.0	0.0
2	-120.0	31.0
3	120.0	31.0
4	120.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam ϕ [mm]
1	-110.0	4.5	20
2	110.0	4.5	20
3	-110.0	23.0	20
4	110.0	23.0	20


DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 ϕ Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
1	1	2	21	20
2	3	4	10	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	540.00	0.00	0.00	0.00

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	396.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	254.00 (164.78)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2.40 (164.78)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate


Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata		
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)		
Mx Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia		
My Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia		
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)		
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia		
My Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia		
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000		
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa		

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	630.25	0.00	0.00	665.06	0.00	1.232	72.3(12.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00257	-120.0	31.0	-0.00016	-110.0	23.0	-0.00861	-110.0	4.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000456957	-0.010665654	0.289	0.801

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $\beta_1 \cdot \beta_2$


N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	11.86	-120.0	31.0	-245.4	100.0	4.5	2400	72.3	10.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.61	-120.0	31.0	-157.4	100.0	4.5	2400	72.3	10.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e_1 + e_2) / (2 \cdot e_1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \beta_{12} \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-4.9	0	0.125	20	35	0.5790.00043	(0.00030)	1230.091	(0.30)	164.78	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.07	-120.0	31.0	-1.5	100.0	4.5	2400	72.3	10.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	0.0	0	0.125	20	35-2355.9660	0.00000	(0.00000)	1230.001	(0.20)	164.78	0.00

Sezione corrente – Sbalzo – Verifiche in direzione trasversale (M22-)

Si considera una sezione di larghezza pari a quella delle predalle (B = 2.40 m).

L'altezza della sezione di verifica è pari a 31 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da $\phi 20/20 + \phi 24/20$

L'armatura in zona compressa è costituita da 11 $\phi 20$ (nella predalla).

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C35/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-120.0	0.0
2	-120.0	31.0
3	120.0	31.0
4	120.0	0.0


DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-110.0	4.5	20
2	110.0	4.5	20
3	-115.0	23.0	20
4	105.0	23.0	20
5	-105.0	23.0	24
6	115.0	23.0	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen. N°Barra Ini. N°Barra Fin. N°Barre Ø

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

1	1	2	9	20
2	3	4	10	20
3	5	6	10	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-504.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-408.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA


N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-307.00 (-163.61)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-79.00 (-163.61)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.5 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-681.15	3.05	0.00	-711.21	1.88	1.411	92.0(12.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00312	120.0	0.0	0.00127	110.0	4.5	-0.00799	-115.0	23.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA


a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000549	-0.000493793	0.003434100	0.305	0.821

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	13.48	120.0	0.0	-231.9	-115.0	23.0	2400	92.0	10.0	1.00

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	10.14	120.0	0.0	-174.5	-115.0	23.0	2400	92.0	10.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	$= 1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e \text{ sm} * srm$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-6.3	0	0.125	22	40	0.7160.00059	(0.00033)	1290.130	(0.30)	-163.61	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.61	120.0	0.0	-44.9	-115.0	23.0	2400	92.0	10.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-1.6	0	0.125	22	40	-1.1450.00009	(0.00009)	1290.019	(0.20)	-163.61	0.00

Sezione corrente – Verifiche in direzione longitudinale (M11+)

Si considera una sezione di larghezza unitaria.


L'altezza della sezione di verifica è pari a **28** cm, ovvero ci si riferisce al giunto tra due predelle successive in cui ha senso investigare i fenomeni di fessurazione in direzione longitudinale.

L'armatura in zona tesa e compressa è costituita da $\phi 20/20$.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C35/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	28.0
3	50.0	28.0

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

4 50.0 0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.0	20
2	40.0	6.0	20
3	-40.0	22.0	20
4	40.0	22.0	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	20
2	3	4	3	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA


N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	61.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

1	0.00	44.00 (50.99)	0.00 (0.00)
---	------	---------------	-------------

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2.00 (50.99)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	117.81	0.00	0.00	130.08	0.00	1.626	15.7(4.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO


ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00474	-50.0	28.0	-0.00062	-40.0	22.0	-0.01161	-40.0	6.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
--------	---	---	---	-----	--------

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

1 0.000000000 0.000686605 -0.015724948 0.232 0.730

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.33	-50.0	28.0	-204.1	20.0	6.0	1000	15.7	16.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.29	-50.0	28.0	-147.2	20.0	6.0	1000	15.7	16.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
 S1 Esito della verifica
 S2 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
 k2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
 k3 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 Ø = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
 Cf Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
 Psi Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm = $1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{fctm}/\text{S}2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
 srm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
 wk Distanza media tra le fessure [mm]
 MX fess. Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot \text{sm} \cdot \text{srm}$. Valore limite tra parentesi
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]


Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-2.9	0	0.125	20	50	-0.3430.00028 (0.00028)		1960.093 (0.30)		50.99	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.24	-50.0	28.0	-6.7	20.0	6.0	1000	15.7	16.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-0.1	0	0.125	20	50-323.9980.00001 (0.00001)			1960.004 (0.20)		50.99	0.00

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

In testata, in virtù delle minori larghezze di ripartizione si determinano condizioni di sollecitazioni più gravose. Si prevede una fascia di armatura rinforzata per un'estensione di circa 3 m dai giunti di estremità.

Sezione testata – Campata – Verifiche in direzione trasversale (M22+)

Si considera una sezione di larghezza pari a quella delle predalle (B = 2.40 m).

L'altezza della sezione è pari a 31 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da 23 ϕ 20 (nella predalla) + ϕ 20/20 (nel getto in opera).

L'armatura in zona compressa è costituita da ϕ 20/20.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C35/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-120.0	0.0
2	-120.0	31.0
3	120.0	31.0
4	120.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-110.0	4.5	20
2	110.0	4.5	20
3	-110.0	23.0	20
4	110.0	23.0	20
5	-110.0	8.2	24
6	110.0	8.2	24


DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	21	20
2	3	4	10	20
3	5	6	21	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	955.20	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	708.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	490.00 (197.39)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		


N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2.40 (197.39)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1058.92	0.00	0.00	1233.28	0.00	1.291	176.3(12.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.00032	-120.0	31.0	0.00159	-110.0	23.0	-0.00283	-110.0	4.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000239016	-0.003909486	0.553	1.000

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$


N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	18.77	120.0	31.0	-249.3	100.0	4.5	2040	176.3	3.7	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	12.99	-120.0	31.0	-172.5	100.0	4.5	2040	176.3	3.7	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Psi = $1 - \text{Beta}12^*(\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12^*(\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12^*(\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e \text{ sm} * \text{srm}$. Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-8.3	0	0.125	22	35	0.8380.00069	(0.00033)	900.106	(0.30)	197.39	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.06	-120.0	31.0	-0.8	100.0	4.5	2040	176.3	3.7	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	0.0	0	0.125	22	35-3381.3390	0.00000	(0.00000)	900.000	(0.20)	197.39	0.00

Sezione di testata – Sbalzo – Verifiche in direzione trasversale (M22-)

Si considera una sezione di larghezza pari a quella delle predalle (B = 2.40 m).

L'altezza della sezione di verifica è pari a 31 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da $\phi 20/20 + 2\phi 24/20$ accoppiati.

L'armatura in zona compressa è costituita da $11\phi 20$ (nella predalla).

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO


Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C35/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-120.0	0.0
2	-120.0	31.0
3	120.0	31.0
4	120.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-110.0	4.5	20
2	110.0	4.5	20
3	-115.0	23.0	20
4	105.0	23.0	20
5	-105.0	23.0	33.9
6	115.0	23.0	33.9

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	9	20
2	3	4	10	20
3	5	6	10	33.9

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-948.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-703.20	0.00


COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-528.00 (-177.71)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-79.20 (-177.71)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-990.46	142.77	0.00	-1061.29	-4.73	1.120	146.3(12.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00074	120.0	0.0	0.00210	110.0	4.5	-0.00393	-115.0	23.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA


a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000001511	-0.000307764	0.003318711	0.471	1.000

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1									

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

1 S 20.82 120.0 0.0 -262.0 -115.0 23.0 306 12.2

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	15.63	120.0	0.0	-196.7	-115.0	23.0	306	12.2

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [eq.(7.8)EC2] Tra parentesi: valore minimo dell'eq.(7.9) = $0.6 S_{max} / E_s$
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Valore calcolato [mm] dell'apertura fessure = $sr \max \cdot (e \text{ sm} - e \text{ cm})$ [eq.(7.8)]. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1-S	-0.00164	0	0.500	28.8	40	0.00056 (0.00056)	2590.146 (0.30)	-177.71	0.00	

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.34	120.0	0.0	-29.5	-115.0	23.0	306	12.2

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1-S	-0.00025	0	0.500	28.8	40	0.00008 (0.00008)	2590.022 (0.20)	-177.71	0.00	

Sezione di testata – Verifiche in direzione longitudinale (M11-)

Si considera una sezione di larghezza unitaria.


L'altezza della sezione di verifica è pari a 24 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da $\phi 20/20$.

L'armatura in zona compressa è costituita da $\phi 20/20$.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C35/45
N°vertice:	X [cm] Y [cm]

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

1	-50.0	0.0
2	-50.0	24.0
3	50.0	24.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	2.0	20
2	40.0	2.0	20
3	-40.0	18.0	20
4	40.0	18.0	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	20
2	3	4	3	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-62.00	0.00	0.00	0.00


COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-46.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-35.00 (-39.93)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-5.00 (-39.93)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 1.0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-98.35	0.00	0.00	-102.15	0.00	1.648	15.7(3.9)


METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01113	-50.0	0.0	0.00066	-40.0	2.0	-0.02209	40.0	18.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001421929	0.003500000	0.137	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.23	-50.0	0.0	-183.2	20.0	18.0	900	15.7	16.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.74	-50.0	0.0	-139.4	20.0	18.0	900	15.7	16.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm										
S1	Esito della verifica										
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata										
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata										
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata										
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica										
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff										
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa										
e sm	$= 1 - \text{Beta}12 * (\text{Ssr} / \text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{fctm} / \text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{Mfess} / \text{M})^2$ [B.6.6 DM96]										
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * \text{Ss} / \text{Es}$ è tra parentesi										
wk	Distanza media tra le fessure [mm]										
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e \text{ sm} * \text{srm}$. Valore limite tra parentesi										
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]										
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]										


Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-2.9	0	0.125	20	50	-0.3010.00027	(0.00027)	1890.085	(0.30)	-39.93	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.68	-50.0	0.0	-19.9	20.0	18.0	900	15.7	16.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-0.4	0	0.125	20	50	-30.8840.00004	(0.00004)	1890.012	(0.20)	-39.93	0.00

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Verifiche a taglio in direzione trasversale (V23)


Si considera una sezione di larghezza pari a quella delle predalle $B = 2.40$ m.

L'armatura a taglio è costituita dalle diagonali dei tralicci $\phi 10/10$, posizionati sugli sbalzi a passo 40 cm.

La resistenza a taglio risulta pari a:

Dati	Var	unità	
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	45
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	35
Coefficiente parziale γ_c	γ_c		1.50
Coefficiente parziale α_{cc}	α_{cc}		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	19.8
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3
Caratteristiche geometriche sezione			
Altezza	H	m	0.31
Larghezza	B	m	2.40
Area calcestruzzo	Ac	m ²	0.74
Larghezza anima	bw	m	2.40
copriferro	c	m	0.072
altezza utile della sezione	d	m	0.24
Compressione agente nella sezione			
Sforzo normale di calcolo	N _{Ed}	kN	0.0
Elementi con armature trasversali resistenti al taglio			
<i>Verifica del conglomerato</i>			
Resistenza a taglio del conglomerato	V _{Rcd}	kN	3398.6
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>			
diámetro staffe	fsw	mm	10
passo staffe	scp	m	0.10
numero di bracci	nb		12
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	942
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	deg	60
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	θ	deg	20.8
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	kPa	0
coefficiente alpha	α_c		1.00
Resistenza a "taglio trazione"	V _{Rsd}	kN	2196.0
Resistenza a "taglio compressione"	V _{Rcd}	kN	2063.5
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	2063.5

La verifica è soddisfatta essendo $V_{Rd} \gg V_{Edu}$.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

7 ANALISI E VERIFICA DELLE SPALLE

Le analisi e verifiche delle spalle sono state effettuate attraverso l'implementazione di specifici fogli di calcolo di excel.

I tabulati di calcolo sono riportati in allegato.

Le analisi riportate fanno riferimento sia alla Spalla SPA che alla Spalla SPB.

7.1 Analisi della palificata

Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione delle spalle è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrorso, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato posto lungo la direzione trasversale al ponte), a livello dell'intradosso del plinto stesso, asse x parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato ed asse z diretto verso il basso.

Le azioni orizzontali (F_x ed F_y) e verticali (F_z) si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi. Si indicheranno inoltre con M_x i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse x (momenti trasversali) e con M_y (momenti longitudinali) i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse y. I momenti si assumono positivi se di senso antiorario rispetto all'asse-momento cui si riferiscono.

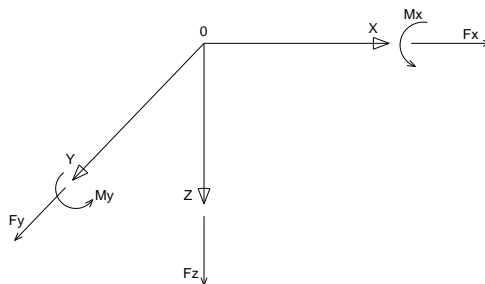


Figura 7.1. Sistema di riferimento


Le azioni trasmesse al baricentro della palificata, sono state determinate con riferimento alle singole condizioni di carico elementari e successivamente combinate.

I coefficienti moltiplicativi delle singole condizioni elementari, relativi alle combinazioni di carico SLU ed SLE considerate sono chiaramente illustrati nei tabulati.

Le azioni trasmesse dall'impalcato sono valutate in asse appoggi, alla quota di intradosso delle travi; successivamente vengono calcolate le azioni elementari al baricentro della palificata considerando i contributi dovuti al trasporto.

Le forze d'inerzia agenti sulla massa della spalla e del terreno presenti sulla zattera di fondazione sono state determinate considerando un'accelerazione pari ad $a_g \times S$, in virtù dell'elevata rigidità della spalla.

La risoluzione della palificata è stata effettuata nell'ipotesi di plinto di fondazione rigido. Pertanto, Le azioni risultanti in testa ai pali risultano pari a:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

$$N_i = \frac{F_z}{n_p} \pm Mx \cdot \frac{y_{pi}}{\sum_i y_{pi}^2} \pm My \cdot \frac{x_{pi}}{\sum_i x_{pi}^2}$$

$$V_{xi} = \frac{F_x}{n_p}$$

$$V_{yi} = \frac{F_y}{n_p}$$

$$V = \sqrt{V_{xi}^2 + V_{yi}^2}$$

Essendo:

F_x, F_y, F_z, M_x, M_y azioni e coppie risultanti al baricentro della palificata, determinate con analisi globale;

N_i, V_{xi}, V_{yi}, V_i azioni assiale e orizzontali agenti in testa al palo iesimo;

n_p numero di pali della palificata;

x_{pi}, y_{pi} coordinate del palo iesimo rispetto al baricentro della palificata.

Di seguito si riepilogano gli involuipi delle azioni massime e minime agenti in testa ai pali di fondazione:

Spalla SPA:

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI		ENV	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	4051	4051	2518	2997	2742	2200
Azione assiale minima	Nmin	1133	1659	1133	1238	1361	1465
Azione trasversale massima	Vmax	774	774	467	575	550	477

Spalla SPB:

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI		ENV	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	4229	4229	3118	3126	2777	2235
Azione assiale minima	Nmin	671	1501	671	1118	1466	1557
Azione trasversale massima	Vmax	1041	1041	813	773	658	562

7.2 Caratteristiche della sollecitazione per verifiche pali di fondazione


Per il calcolo delle sollecitazioni agenti sui pali è stato ipotizzato un modello di palo immerso in suolo alla Winkler, caratterizzato da costante di reazione orizzontale k_h costante con la profondità.

Nell'ipotesi di palo incastrato in sommità, il momento massimo viene attinto all'incastro con il plinto di fondazione e vale:

$$M_{max} = V_i \times (L_0 + H)/2$$

Essendo L_0 la lunghezza elastica del palo pari a:

$$L_0 = [4 \times E_p \times I_p / E_s]^{0.25}$$

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

- Ep il modulo di elasticità del palo;
- Ip il momento d'inerzia del palo;
- Es Modulo di reazione orizzontale del terreno costante con la profondità, relativo agli strati superficiali, pari a:
 $E_s = 1.5 k_h d$;
- H l'eventuale altezza non collaborante del palo di fondazione.

La costante di reazione orizzontale è stata assunta per il terreno **CB (calcarei bioclastici)** pari a $k_h = 100000$ kN/m³.

LUNGHEZZA LIBERA D'INFLESSIONE PALI DI FONDAZIONE

Modulo di elasticità normale del calcestruzzo/malta	Ec	Mpa	33346
Modulo di elasticità normale dell'acciaio	Ea	Mpa	210000
Modulo di Poisson del terreno	v		0.30
Diametro del palo	Dp	m	1.20
Momento d'inerzia della sezione omogeneizzata al cls	Ip	m ⁴	0.1018
Kt Costante di reazione orizzontale (Vesic)	kt	kN/mc	100000
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	2.95

Le caratteristiche della sollecitazione prese in conto per le verifiche dei pali di fondazione sono le seguenti:

Spalla SPA:

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SUI PALI				SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	4051	2518	2997	2742	2200	
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	1659	1133	1238	1361	1465	
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	1141	688	847	811	704	
Momento AMPLIFICATO DEL 20%	Mmax_1a	kNm	1369	826	1016	973	844	
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	774	467	575	550	477	

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA		SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata		35149	22287
Carico verticale medio agente sui pali		2929	1857

Spalla SPB:

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SUI PALI				SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	4229	3118	3126	2777	2235	
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	1501	671	1118	1466	1557	
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	1534	1198	1139	969	828	
Momento AMPLIFICATO DEL 20%	Mmax_1a	kNm	1841	1438	1367	1163	993	
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	1041	813	773	658	562	

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA		SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata		24359	15214
Carico verticale medio agente sui pali		3045	1902


7.3 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione

I pali di fondazione delle spalle saranno armati come segue:

Spalla SPA:

I pali di fondazione delle spalle saranno armati come segue:

- Armature longitudinali: **24φ24**

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

- Armature trasversali: spirale $\phi 12/10$.

Di seguito si riportano le verifiche a pressoflessione e taglio relative alla testa del palo.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C32/40

Raggio circ.: 60.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	50.1	24	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA


N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	4051.00	1369.00	0.00	774.00	0.00
2	1659.00	1369.00	0.00	774.00	0.00
3	2929.00	1369.00	0.00	774.00	0.00
4	2518.00	826.00	0.00	467.00	0.00
5	1133.00	826.00	0.00	467.00	0.00
6	1857.00	826.00	0.00	467.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

1	2997.00	1016.00	0.00
2	1238.00	1016.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2742.00	973.00 (1329.27)	0.00 (0.00)
2	1361.00	973.00 (948.32)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2200.00	844.00 (1254.21)	0.00 (0.00)
2	1465.00	844.00 (1017.57)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.7 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.5 cm


METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	4051.00	2617.49	0.00	4051.19	3151.93	0.00	2.302	-----
2	S	1659.00	1920.23	0.00	1659.05	2532.92	0.00	1.850	-----
3	S	2929.00	2306.63	0.00	2929.02	2895.17	0.00	2.115	-----
4	S	2518.00	2185.66	0.00	2518.05	2783.63	0.00	3.370	-----
5	S	1133.00	1749.03	0.00	1133.11	2366.37	0.00	2.865	-----
6	S	1857.00	1982.86	0.00	1857.07	2592.27	0.00	3.138	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00066	0.0	60.0	0.00270	0.0	50.1	-0.00540	0.0	-50.1
2	0.00350	-0.00209	0.0	60.0	0.00242	0.0	50.1	-0.00846	0.0	-50.1
3	0.00350	-0.00122	0.0	60.0	0.00259	0.0	50.1	-0.00660	0.0	-50.1
4	0.00350	-0.00148	0.0	60.0	0.00254	0.0	50.1	-0.00716	0.0	-50.1
5	0.00350	-0.00254	0.0	60.0	0.00234	0.0	50.1	-0.00944	0.0	-50.1
6	0.00350	-0.00194	0.0	60.0	0.00245	0.0	50.1	-0.00814	0.0	-50.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue


N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000080871	-0.001352277	----	----
2	0.000000000	0.000108647	-0.003018832	----	----
3	0.000000000	0.000091708	-0.002002496	----	----
4	0.000000000	0.000096805	-0.002308298	----	----
5	0.000000000	0.000117507	-0.003550393	----	----
6	0.000000000	0.000105744	-0.002844651	----	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio di progetto [kN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proiettata sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	774.00	3417.25	1875.89	92.5	109.6	21.80°	1.198	9.5	23.0(0.0)
2	S	774.00	2967.99	1923.54	94.9	102.9	21.80°	1.081	9.3	23.0(0.0)
3	S	774.00	3220.65	1893.61	93.4	107.2	21.80°	1.143	9.4	23.0(0.0)
4	S	467.00	3139.65	1903.32	93.9	105.9	21.80°	1.123	5.6	23.0(0.0)
5	S	467.00	2867.76	1933.86	95.4	101.3	21.80°	1.055	5.6	23.0(0.0)
6	S	467.00	3023.16	1913.34	94.4	104.4	21.80°	1.091	5.6	23.0(0.0)

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	8.25	0.0	0.0	-55.5	0.0	-50.1	1394	22.6	13.1	1.00
2	S	8.96	0.0	0.0	-172.2	0.0	-50.1	1855	31.7	13.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.92	0.0	0.0	-58.6	0.0	-50.1	1476	22.6	13.1	1.00
2	S	8.49	0.0	0.0	-149.5	0.0	-50.1	1855	31.7	13.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * sm * srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-2.7	0	0.125	24	87	-0.8660.00011 (0.00011)		2780.053 (0.30)		1329.27	0.00
2-S	-3.7	0	0.125	24	87	0.0500.00028 (0.00028)		2700.131 (0.30)		948.32	0.00


COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.91	0.0	0.0	-59.3	0.0	-50.1	1707	31.7	13.1	0.50
2	S	7.22	0.0	0.0	-106.4	0.0	-50.1	1855	31.7	13.1	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-2.4	0	0.125	24	87	-0.1040.00011 (0.00011)		2650.051 (0.20)		1254.21	0.00
2-S	-3.0	0	0.125	24	87	0.2730.00020 (0.00020)		2700.093 (0.20)		1017.57	0.00

Spalla SPB:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

I pali di fondazione delle spalle saranno armati come segue:

- Armature longitudinali: 24 ϕ 24
- Armature trasversali: spirale ϕ 12/10.

Di seguito si riportano le verifiche a pressoflessione e taglio relative alla testa del palo.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C32/40

Raggio circ.: 60.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	50.1	24	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale


ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	4229.00	1841.00	0.00	1041.00	0.00
2	1501.00	1841.00	0.00	1041.00	0.00
3	3045.00	1841.00	0.00	1041.00	0.00
4	3118.00	1438.00	0.00	813.00	0.00
5	671.00	1438.00	0.00	813.00	0.00
6	1902.00	1438.00	0.00	813.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	3126.00	1367.00	0.00
2	1118.00	1367.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2777.00	1163.00 (1184.96)	0.00 (0.00)
2	1466.00	1163.00 (922.57)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2235.00	993.00 (1145.36)	0.00 (0.00)
2	1557.00	993.00 (981.87)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO


Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.7 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.5 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	4229.00	2664.31	0.00	4229.24	3189.20	0.00	1.732	-----
2	S	1501.00	1869.53	0.00	1501.20	2485.09	0.00	1.350	-----
3	S	3045.00	2340.11	0.00	3045.05	2925.84	0.00	1.589	-----
4	S	3118.00	2360.96	0.00	3118.24	2944.96	0.00	2.048	-----
5	S	671.00	1593.29	0.00	671.30	2205.37	0.00	1.534	-----
6	S	1902.00	1996.99	0.00	1902.06	2605.66	0.00	1.812	-----

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00058	0.0	60.0	0.00271	0.0	50.1	-0.00524	0.0	-50.1
2	0.00350	-0.00221	0.0	60.0	0.00240	0.0	50.1	-0.00873	0.0	-50.1
3	0.00350	-0.00115	0.0	60.0	0.00261	0.0	50.1	-0.00645	0.0	-50.1
4	0.00350	-0.00110	0.0	60.0	0.00261	0.0	50.1	-0.00636	0.0	-50.1
5	0.00350	-0.00305	0.0	60.0	0.00224	0.0	50.1	-0.01052	0.0	-50.1
6	0.00350	-0.00190	0.0	60.0	0.00246	0.0	50.1	-0.00807	0.0	-50.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue


N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000079382	-0.001262932	----	----
2	0.000000000	0.000111062	-0.003163700	----	----
3	0.000000000	0.000090351	-0.001921042	----	----
4	0.000000000	0.000089519	-0.001871155	----	----
5	0.000000000	0.000127305	-0.004138323	----	----
6	0.000000000	0.000105096	-0.002805756	----	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio di progetto [kN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proiettata sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1041.00	3442.02	1875.89	92.5	109.6	21.80°	1.206	12.8	23.0(0.0)
2	S	1041.00	2946.83	1923.54	94.9	102.9	21.80°	1.073	12.5	23.0(0.0)
3	S	1041.00	3236.59	1893.61	93.4	107.2	21.80°	1.149	12.7	23.0(0.0)

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

4	S	813.00	3246.63	1893.61	93.4	107.2	21.80°	1.152	9.9	23.0(0.0)
5	S	813.00	2742.73	1954.56	96.4	97.9	21.80°	1.033	9.6	23.0(0.0)
6	S	813.00	3029.25	1913.34	94.4	104.4	21.80°	1.093	9.8	23.0(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	11.33	0.0	0.0	-120.3	0.0	-50.1	1855	31.7	13.1	1.00
2	S	12.27	0.0	0.0	-282.9	0.0	-50.1	1855	31.7	13.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	9.60	0.0	0.0	-95.4	0.0	-50.1	1855	31.7	13.1	1.00
2	S	10.23	0.0	0.0	-192.7	0.0	-50.1	1855	31.7	13.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]


Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-3.6	0	0.125	24	87	-0.0380.00018	(0.00018)	2700.084	(0.30)	1184.96	0.00
2-S	-4.6	0	0.125	24	87	0.3710.00037	(0.00037)	2700.169	(0.30)	922.57	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	8.25	0.0	0.0	-89.6	0.0	-50.1	1855	31.7	13.1	0.50
2	S	8.58	0.0	0.0	-138.4	0.0	-50.1	1855	31.7	13.1	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1-S	-3.1	0	0.125	24	87	0.3350.00017	(0.00017)	2700.078	(0.20)	1145.36	0.00
2-S	-3.7	0	0.125	24	87	0.5110.00034	(0.00026)	2700.155	(0.20)	981.87	0.00

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

Come è possibile evincere tutte le verifiche agli SLU ed SLE sono soddisfatte.

7.4 Dimensionamento delle singole membrature delle spalle

Il dimensionamento delle singole membrature è stato effettuato attraverso la risoluzione di schemi locali appresso dettagliati.

In tutti i casi, le verifiche a fessurazione sono state effettuate per via indiretta confrontando le tensioni agenti sull'acciaio con le tensioni ammissibili funzione dell'aggressività dell'ambiente e del diametro delle barre adottate.

I risultati delle verifiche sono riportate tra gli allegati.

Come è possibile evincere tutte le verifiche sono soddisfatte.

7.4.1 Zattera di fondazione

Il dimensionamento della mensola anteriore della zattera di fondazione è stato effettuato con riferimento allo schema di mensola tozza (tirante-puntone), sollecitata dalla reazione del palo maggiormente caricato (palo di spigolo).

7.4.2 Mensola posteriore

La verifica della mensola posteriore della zattera di fondazione è stata eseguita con riferimento al modello di trave a mensola soggetta al peso proprio ed al peso del rinterro, e soggetta alle azioni stabilizzanti trasmesse dai pali di fondazione.

7.4.3 Muro frontale


Il dimensionamento del muro frontale è stato effettuato considerando il modello di trave a mensola incastrata alla quota di estradosso della zattera di fondazione.

Le analisi e le verifiche sono relative ad una sezione di larghezza unitaria.

Per semplicità ed a favore di sicurezza, le verifiche del muro frontale sono state condotte a flessione semplice trascurando il contributo stabilizzante offerto dallo sforzo normale.

7.4.4 Paraghiaia

La verifica del Paraghiaia è stata effettuata considerando le sollecitazioni derivanti dal peso proprio, dalla spinta delle terre, dalle spinte esercitate dal sovraccarico accidentale sul terrapieno, da un asse di carico Qik da 300 kN supposto agente in testa al paraghiaia e da una forza di frenatura convenzionale pari a 180 kN (60% di Qik) sempre applicata in testa al paraghiaia (vedi figura seguente).

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

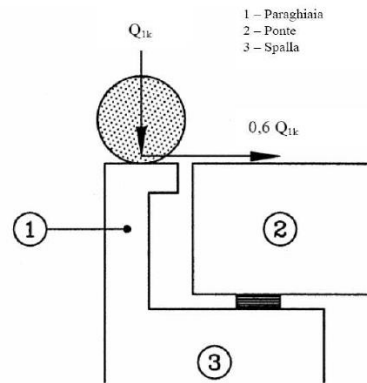


Figura 7.2. Carichi da traffico su muri paraghiaia

Inoltre, sono state valutate le sollecitazioni relative alla fase sismica, generate dalle forze inerziali, dall'incremento di spinta delle terre e dalle azioni direttamente trasmesse dal ritegno longitudinale.

La spinta delle terre in condizioni di esercizio, è stata valutata con riferimento al coefficiente di spinta a riposo K_0 .

Conformemente alle circolari alle NTC2018 (§C.5.1.3.3.5.1), il sovraccarico accidentale da traffico è costituito dal carico Q_{1k} supposto distribuito su un impronta di 3.0×2.20 .

Questo carico è stato supposto diffuso a 30° lungo il terrapieno fino alla base del paraghiaia.

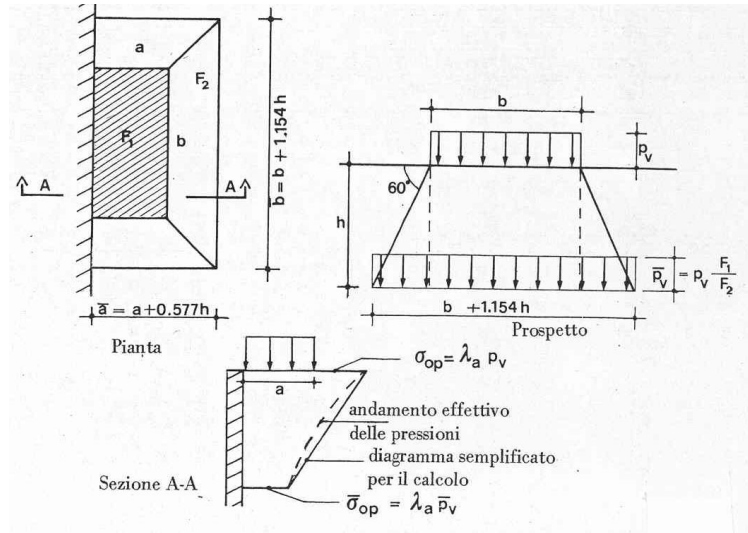



Figura 7.3. Schema di diffusione del sovraccarico accidentale.

La pressione dovuta al sovraccarico quindi decresce come indicato nella sezione A-A di Figura 7.3 interessando però una larghezza sempre maggiore di paraghiaia. Considerando il contributo di una sola colonna di carico, la larghezza collaborante di muro è pari a $(b + 1.154h + 2.00)$.

7.4.5 Muri di risvolto

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

Il calcolo è relativo al muro di maggiore altezza. Lo schema di calcolo adottato è quello di piastre rettangolari incastrate alla base in corrispondenza della zattera di fondazione e su un lato in corrispondenza del muro frontale. I muri sono soggetti alla spinta delle terre, alle spinte dovute ai sovraccarichi accidentali sul terrapieno in esercizio, ed alle forze inerziali ed all'incremento di spinta delle terre in fase sismica.

Il calcolo delle sollecitazioni generate dalla spinta delle terre, dal sovraccarico accidentale, ipotizzato presente a livello del piano viario, e dal sisma, è stato effettuato utilizzando le tabelle proposte da R. Bares nel testo "Calcolo di Lastre e Piastre con la teoria elastica lineare" (vedi Tab. 1.41 – 1.97). Il calcolo della spinta delle terre è stato condotto con riferimento al coefficiente di spinta a riposo k_0 .

Nel caso in cui è presente una bandiera all'estremità verticale libera del muro si considerano i momenti orizzontali trasmessi al muro di risvolto, valutati con schema di trave a mensola:

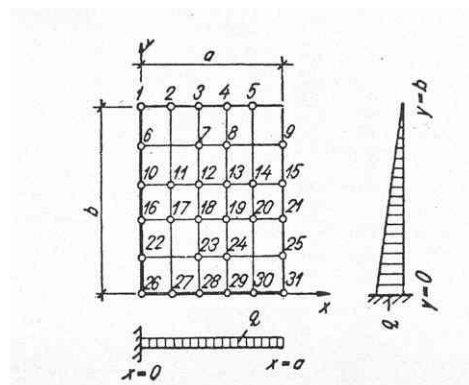


Figura 7.4. Schema di calcolo piastra e punti notevoli (Carico variabile linearmente con la profondità).

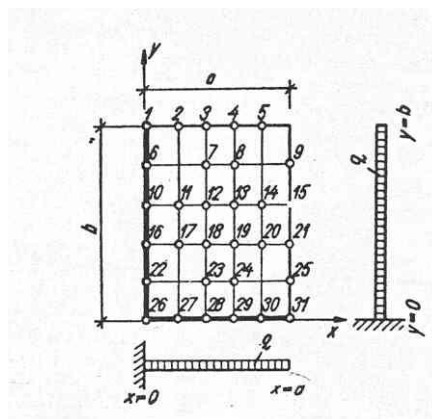



Figura 7.5. Schema di calcolo piastra e punti notevoli (Carico uniformemente ripartito).

7.4.6 Verifiche di resistenza a taglio

Le verifiche a taglio sono state condotte per tutte le membrature, ad eccezione delle mensole anteriori delle spalle, caratterizzate da comportamento a mensola tozza.

I tagli di calcolo sono stati confrontati con le resistenze delle singole membrature, valutate in assenza di specifiche armature trasversali; laddove la verifica fornisce esito negativo, sono state dimensionate le armature trasversali in grado di garantire la soddisfazione delle verifiche.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

8 VERIFICHE DISPOSITIVI DI APOGGIO E GIUNTI DI DILATAZIONE

8.1 Apparecchi di appoggio

8.1.1 Carichi verticali trasmessi dall'impalcato

I carichi verticali sono stati valutati con i specifici modelli di calcolo utilizzati per il dimensionamento dell'impalcato.

Di seguito si riepilogano i carichi verticali trasmessi agli appoggi per ciascuna azione elementare, e la successiva combinazione secondo quanto precedentemente illustrato:

Carichi trasmessi agli appoggi - Condizioni di carico elementari

Condizione n.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili Max	Carichi mobili Min
SPA	1849.0	777.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	230.1	1875.3	0.0
SPB	1849.0	777.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	230.1	1875.3	0.0

Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni

Fattori moltiplicativi										
Combinazione n.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SLE-QP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
SLE-RARA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00
SLU-STR	1.35	1.35	1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	0.90	1.35	1.35
SLU-SIS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLE-FREQ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.75	0.75

Carichi trasmessi agli appoggi

Combinazione SLE-QP											MAX	MIN
Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano
SPA	1849.0	777.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2626.0	2626.0
SPB	1849.0	777.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2626.0	2626.0

Combinazione SLE-RARA

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano
SPA	1849.0	777.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	138.1	1875.3	0.0	4639.3	2487.9
SPB	1849.0	777.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	138.1	1875.3	0.0	4639.3	2487.9

Combinazione SLU-STR

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano
SPA	2496.1	1049.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	207.1	2531.6	0.0	6283.8	3338.0
SPB	2496.1	1049.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	207.1	2531.6	0.0	6283.8	3338.0

Combinazione SLU-SIS

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano
SPA	1849.0	777.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2626.0	2626.0
SPB	1849.0	777.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2626.0	2626.0


Combinazione SLE-FREQ

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano
SPA	1849.0	777.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1406.5	0.0	4032.4	2626.0
SPB	1849.0	777.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1406.5	0.0	4032.4	2626.0

I carichi verticali sono ampiamente compatibili con le resistenze Fzd dei dispositivi di appoggio previsti.

8.1.2 Carichi orizzontali trasmessi dall'impalcato


I carichi orizzontali sono stati valutati con lo specifico foglio di calcolo utilizzato per il dimensionamento delle sottostrutture.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

I carichi massimi SLU sugli appoggi reagenti alle azioni orizzontali, sono relativi alla combinazione sismica.

Di seguito si riepilogano i carichi orizzontali longitudinali e trasversali trasmessi agli appoggi per ciascuna azione elementare significativa, e la successiva combinazione secondo quanto precedentemente illustrato:


CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI TRASMESSI AGLI APPARECCHI DI APPOGGIO						
Carichi trasmessi agli appoggi - Condizioni di carico elementari						
Condizione n.		1	2	3		
VL	Allineamenti	Sisma	Sisma	Forze		
		trasversale	longitudinale	Parassite		
interno	SPA			79.0		
	SPB		1173	79.0		
	SPA			79.0		
	SPB		1173	79.0		
esterno	SPA			79.0		
	SPB		1173	79.0		
	Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni					
	Fattori moltiplicativi					
Combinazione n.						
SLU-SIS X		0.30	1.00	1.00		
Carichi trasmessi agli appoggi						
Combinazione SLU-SIS X						
	Allineamenti	Sisma	Sisma	Forze		
		trasversale	longitudinale	Parassite	Sommano	
interno	SPA	0.0	0.0	79.0	79.0	
	SPB	0.0	1173.2	79.0	1252.2	
esterno	SPA	0.0	0.0	79.0	79.0	
	SPB	0.0	1173.2	79.0	1252.2	

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI TRASMESSI AGLI APPARECCHI DI APPOGGIO						
Carichi trasmessi agli appoggi - Condizioni di carico elementari						
Condizione n.		1	2	3		
VT	Allineamenti	Sisma	Sisma	Forze		
		trasversale	longitudinale	Parassite		
interno	SPA	385.0				
	SPB	385.0				
esterno	SPA					
	SPB					
Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni						
Fattori moltiplicativi						
Combinazione n.		1	2	3		
SLU-SIS Y		1.00	0.30	1.00		
Carichi trasmessi agli appoggi						
Combinazione SLU-SIS Y						
Allineamenti		Sisma	Sisma	Forze	Somma	
		trasversale	longitudinale	Parassite	o	
interno	SPA	385.0	0.0	0.0	385.0	
	SPB	385.0	0.0	0.0	385.0	
esterno	SPA	0.0	0.0	0.0	0.0	
	SPB	0.0	0.0	0.0	0.0	

8.2 Escursioni degli apparecchi di appoggio e dei giunti di dilatazione

Le escursioni longitudinali dell'impalcato considerate per il dimensionamento di apparecchi di appoggio e giunti di dilatazione fanno riferimento alla norma EN 1991-1-5. In particolare, si considera una variazione termica aggiuntiva di $\pm 20^\circ$:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Dati	Var	unità	SP
Distanza tra punto fisso e giunto di dilatazione	DL	m	60.00
Tipologia di impalcato	Type		2
Coefficiente di dilatazione termica	α		1.00E-05
Temperatura iniziale	T0		15
Temperatura massima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmax	[°]	41.43
Temperatura minima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmin	[°]	-7.59
altitudine del sito sul livello del mare	as	m	165
Zona climatica	Z		II
deformazione totale finale per ritiro	ϵ_{CS}		0.00015

Risultati	Var	unità	
Temperatura massima dell'aria all'ombra alla quota as	Tmax	[°]	41.1
Temperatura minima dell'aria all'ombra alla quota as	Tmin	[°]	-8.5
Temperatura massima del ponte	Te,max	[°]	45.1
Temperatura minima del ponte	Te,min	[°]	-4.5
Massima variazione termica in contrazione: $DTN,con = T0 - Te,min$	$\Delta TN,con$	[°]	19.5
Massima variazione termica in espansione: $DTN,exp = Te,max - T0$	$\Delta TN,exp$	[°]	30.1
Variazione termica complessiva: $DTn = Te,max - Te,min$	ΔTN	[°]	49.6
Massima variazione termica in contrazione per scorrimenti appoggi e giunti:	$\Delta TN,con_g$	[°]	39.5
Massima variazione termica in espansione per scorrimenti appoggi e giunti:	$\Delta TN,exp_g$	[°]	50.1

Massima contrazione longitudinale per ritiro	$\Delta rit,con$	mm	-9
Massimo contrazione longitudinale per var. termica uniforme	$\Delta lmax,con$	mm	-24
escursione complessiva di contrazione	$\Delta lmax,con$	mm	-33
Massima espansione longitudinale per var. termica uniforme	$\Delta lmax,exp$	mm	30
escursione complessiva longitudinale	$\Delta ltot$	mm	63
escursione complessiva longitudinale di progetto	$\Delta ltot$	mm	100

In accordo alla normativa EN 1337 si adotta per gli apparecchi di appoggio una corsa minima di 100 mm in direzione longitudinale.

8.3 Riepilogo caratteristiche di progetto dispositivi di vincolo e giunti

Di seguito si riepilogano le caratteristiche di progetto prescritte per gli apparecchi di appoggio e per i giunti di dilatazione:

LEGENDA

APPARECCHI DI APPOGGIO IN ACCIAIO-TEFLON A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO


VF	APPARECCHIO FISSO
VUT	APPARECCHIO UNI TRASVERSALE
VUL	APPARECCHIO UNI LONGITUDINALE
VM	APPARECCHIO MOBILE

CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI APPARECCHI DI APPOGGIO

N_{sd} SLU	MASSIMO CARICO VERTICALE SLU
V_l SLU	MASSIMO CARICO ORIZZONTALE LONGITUDINALE SLU
V_t SLU	MASSIMO CARICO ORIZZONTALE TRASVERSALE SLU
S_{long}	SCORRIMENTO IN DIREZIONE LONGITUDINALE
S_{trasv}	SCORRIMENTO IN DIREZIONE TRASVERSALE

CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI GIUNTI DI DILATAZIONE

S_{long} tot	SCORRIMENTO COMPLESSIVO IN DIREZIONE LONGITUDINALE
S_{trasv} tot	SCORRIMENTO COMPLESSIVO IN DIREZIONE TRASVERSALE
B_{cord_sx} o B_{cord_sx}	LARGHEZZA DEL GIUNTO DI DILATAZIONE DI CORDOLO O MARCIAPIEDE IN CORRISPONDENZA ELEMENTO MARGINALE SX O INTERNO
B_{piat}	LARGHEZZA DEL GIUNTO DI DILATAZIONE IN ELASTOMERO ARMATO DA DISPORRE IN CORRISPONDENZA PIATTAFORMA STRADALE
B_{cord_dx} o B_{cord_est}	LARGHEZZA DEL GIUNTO DI DILATAZIONE DI CORDOLO O MARCIAPIEDE IN CORRISPONDENZA ELEMENTO MARGINALE DX O ESTERNO

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	


VI04 - VIADOTTO E32 - CARREGGIATA DESTRA (DIR. SASSARI)

APPARECCHI DI APPOGGIO IN ACCIAIO-TEFLON A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO

Allineamento	Tip	TRAVI INTERNE						TRAVI ESTERNE						
		N _s sl _u [kN]	VI SLU [kN]	Vt SLU [kN]	S _{long} ± [mm]	S _{trasv} ± [mm]	rot [rad]	Tip	N _s sl _u [kN]	VI SLU [kN]	Vt SLU [kN]	S _{long} ± [mm]	S _{trasv} ± [mm]	rot [rad]
SPA	VUL	7000		700	50		0.010	VM	7000			50	25	0.010
SPB	VF	7000	2000	2000			0.010	VUT	7000	2000			25	0.010

GIUNTI DI DILATAZIONE

Allineamento	S _{long} tot [mm]	S _{trasv} tot [mm]	B _{cord_int} [m]	B _{piat} [m]	B _{cord_est} [m]
SPA	100	50	0.75	9.75	0.75
SPB	100	50	0.75	9.75	0.75

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

9 VERIFICHE GEOTECNICHE SLU ED SLE DELLE FONDAZIONI SU PALI

In accordo alle NTC2018 le verifiche SLU di tipo geotecnico (GEO) delle fondazioni su pali sono state effettuate con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione $E_d \leq R_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- Collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali;
- Collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- Collasso per carico limite di sfilamento del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
- Collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi trasversali;
- Collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
- Stabilità globale.

Le verifiche di stabilità globale vengono effettuate esclusivamente nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali, mentre vengono omesse per fondazioni che ricadono su aree in piano o a pendenza estremamente modesta.

Le verifiche SLU di tipo strutturale (STR) sono illustrate nei capitoli relativi alle sottostrutture.

Relativamente agli stati limite di esercizio (SLE) è stata effettuata una stima del cedimento del palo singolo e della palificata soggetti a carichi verticali.

9.1 Criteri di Calcolo

Le verifiche di stabilità globale vengono effettuate seguendo l'Approccio 1 con la combinazione dei coefficienti parziali (A2, M2, R2) definiti dalle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle NTC2018:


Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Le altre verifiche agli stati limite ultimi finalizzate al dimensionamento geotecnico (carico limite della palificatane nei riguardi dei carichi assiali, trasversali e di sfilamento), sono state effettuate riferendosi all'Approccio 2 con i gruppi parziali A1, M1, R3 definiti dalle tabelle 6.2.I, 6.2.II, precedentemente illustrate, 6.4.II e 6.4.VI:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale γ	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

^o da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

9.1.1 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione

Deve essere:

$$Fcd \leq Rcd$$

Dove:

Fcd è il carico assiale di compressione assunto in progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

Rcd la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$$Rcd = Rbd + Rsd - Wp$$

Essendo:

$Rbd = Rbk / \gamma_b$ la resistenza alla base di progetto;


$Rsd = Rsk / \gamma_s$ la resistenza laterale di progetto;

Wp il peso del palo alleggerito;

γ_b, γ_s coefficienti di sicurezza parziali da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali, forniti dalla Tab. 6.4.II delle NTC2018 precedentemente illustrata;

$Rbk = \text{Min} [(Rbc, cal)_{media} / \xi_3; (Rbc, cal)_{min} / \xi_4]$ la resistenza alla punta caratteristica;

$Rsk = \text{Min} [(Rsc, cal)_{media} / \xi_3; (Rsc, cal)_{min} / \xi_4]$ la resistenza laterale caratteristica;

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

ξ_3, ξ_4 coefficienti di riduzione che dipendono dal numero di verticali indagate, determinati in base alla Tab. 6.4.IV delle NTC2018:

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

$R_{b,cal}$ ed $R_{s,cal}$ rappresentano le resistenze alla base e laterale di calcolo del palo valutate con la seguenti espressioni:

$R_{b,cal} = qb Ap$ la resistenza alla punta e:

$R_{s,cal} = \sum^n_i qs_i Ai$ la resistenza laterale

i è lo strato i esimo attraversato dal palo ed n il numero totale degli strati.

9.1.1.1 Unità a comportamento coesivo (Argille e limi)

La verifica è effettuata in termini di tensioni totali.

La resistenza unitaria alla base viene determinata attraverso la seguente espressione:

$$qb = \sigma_v + 9 cu$$

essendo σ_v la tensione verticale totale alla quota della base del palo e cu la coesione non drenata del terreno di fondazione alla base.

Relativamente alla resistenza laterale, il valore di qs_i viene determinato come:

$$qs_i = \alpha_i cu_i$$

Essendo:


α un coefficiente riduttivo della coesione non drenata cu , variabile secondo quanto suggerito da AGI (1984) per pali trivellati:

Tipo di palo	Valori di cu [kPa]	Valori di α
Trivellato	$cu < 25$	0.9
	$25 \leq cu < 50$	0.8
	$50 \leq cu < 75$	0.6
	$cu \geq 75$	0.4

Tabella 9.1 – Valori di α (AGI 1984)

9.1.1.2 Unità a comportamento incoerente (Sabbie, Sabbie limose e Ghiaie)

La verifica è effettuata in termini di tensioni efficaci.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Per pali trivellati di grande diametro la resistenza unitaria alla base viene determinata attraverso la seguente espressione:

$$q_b = Nq^* \times \sigma_v'$$

Nq^* è il coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere di un cedimento alla base del palo pari a $(0.06 - 0.1) D$ valutato secondo Berezantzev (1965), e σ_v' la tensione verticale alla base del palo in termini di tensioni efficaci.

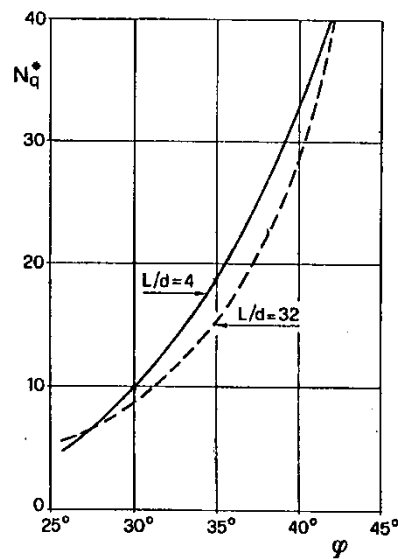


Figura 9.1 – Coefficienti Nq^* (Berezantzev, 1965), corrispondenti all'insorgere delle deformazioni plastiche alla base

In ogni caso è stato assunto per q_b un valore limite $q_{b,max}$ pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione [Gwizdala (1984), Reese&O'Neill (1988) e Matsui (1993)]:

$$q_{b,max1} = (N_{spt})_m \times \alpha_N \text{ (kPa)}$$

Essendo:

α_N un coefficiente empirico pari a:

$$\alpha_N = 150 \text{ per ghiaie} \quad \alpha_N = 120 \text{ per sabbie} \quad \alpha_N = 85 \text{ per sabbie limose}$$

$(N_{spt})_m$ Il valore di N_{spt} medio su un tratto pari a $1.5 D$ al di sopra e al di sotto della base del palo.


e dalla seguente tabella:

$$q_{b,max2} = 7500 \text{ per ghiaie} \quad q_{b,max2} = 5800 \text{ per sabbie} \quad q_{b,max2} = 4300 \text{ per sabbie limose}$$

La resistenza unitaria laterale $q_{s,i}$ viene determinato in accordo a Reese e O'Neill (1988) e O'Neill&Hassan (1994) come:

$$q_{s,i} = \sigma_v'_m \beta(z) \leq q_{s,max}$$

essendo:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

σ'_m il valore della tensione verticale determinata alla quota media dello strato considerato;

β coefficiente empirico;

$q_{s,max}$ tensione tangenziale ultima consigliabile.

In accordo a Reese e O'Neill (1988) e O'Neill&Hassan (1994) al coefficiente empirico β possono essere assegnati i seguenti valori:

$1.2 \geq \beta = 1.5 - 0.42 z^{0.34} \geq 0.25$ per i depositi sabbiosi

$1.8 \geq \beta = 2.0 - 0.15 z^{0.75} \geq 0.25$ per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi

In accordo a Reese & Wright (1977) nel caso di pali trivellati a fango, il valore di $q_{s,max}$ è ricavabile dalle seguenti espressioni:

$q_{s,max} = 3 \times N_{spt}$ (kPa) per $N_{spt} \leq 53$

$q_{s,max} = 142 + 0,32 \times N_{spt}$ (kPa) per $N_{spt} > 53$

9.1.1.3 Unità rocciose

Per pali trivellati di grande diametro in roccia, il Canadian Foundation Manual (1978) suggerisce questa espressione per la portata ammissibile alla base:

$$q_{b,amm} = K_{sp} \times q_u$$

con:

$$K_{sp} = \frac{3 + c/B}{10 \cdot \sqrt{1 + 300 \cdot \frac{\delta}{c}}}$$

Dove:

K_{sp} coefficiente empirico compreso tra 0.1 e 0.4, che dipende dalla spaziatura e include un fattore di sicurezza pari a 3;


q_u valore medio della resistenza a compressione monoassiale della matrice rocciosa (determinata su campioni di roccia intatta);

c spaziatura delle discontinuità;

δ apertura delle discontinuità;

B diametro del palo.

Poulos e Davis in "Analisi e progettazione di fondazioni su pali, 1980", sulla base dei dati empirici forniti da Thorne (1977), suggeriscono una pressione massima ammissibile alla punta dell'ordine di $0.3 q_{um}$ (resistenza monoassiale alla compressione) che sembrerebbe abbastanza prudente per quasi tutte le argilliti rigonfie. Anche in questo caso, il riferimento alle soluzioni teoriche mostra che, tali valori, generalmente, implicano un coefficiente di sicurezza di almeno 3 per le rocce fratturate o con fratture a brevi intervalli, e 12 o più per rocce integre.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Sulla base di quanto sopra, la resistenza unitaria alla base è stata assunta pari a:

$$qb_{amm} = 3 K x q_u$$

dove K è un coefficiente cautelativamente assunto pari a 0.20, sulla scorta di quanto precedentemente espresso.

La resistenza unitaria laterale q_s , per pali trivellati in roccia, viene determinata impiegando l'espressione suggerita da Horvath e Kenney (1989):

$$q_s = 6.656 \cdot \sqrt{q_u} \quad (kPa)$$

9.1.2 Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico assiale di compressione

L'interasse tra i pali è fissato ad un valore non minore di tre volte il loro diametro.

La resistenza ai carichi verticali $R_{cd,gr}$ del gruppo di pali viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{cd,gr} = \eta n R_{cd}$$

In cui:

η è l'efficienza del gruppo di pali;

n Il numero complessivo di pali del gruppo.

R_{cd} la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo definito in accordo a quanto illustrato nel paragrafo 9.1.1.

Per palificate in terreni incoerenti e interassi usuali (non minori di tre volte il diametro dei pali), l'efficienza è sempre maggiore dell'unità e nel progetto viene assunta pari ad uno. In questi casi, la verifica di collasso per carico limite del palo singolo è certamente più gravosa di quella relativa al gruppo che, pertanto, viene omessa.

Per palificate in terreni coesivi, l'efficienza del gruppo di pali risulta minore dell'unità.

Il valore dell'efficienza è stato determinato attraverso la nota formula empirica di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 m n}$$

In cui:

d diametro dei pali;

i interasse tra i pali;


m numero di file di pali;

n numero di pali per ciascuna fila.

La verifica si ritiene soddisfatta se:

$$N_{max\ SLU} \leq R_{cd,gr}$$

Dove:

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

$N_{max\ SLU}$ è il massimo carico verticale agli SLU-STR o SLV agente sulla palificata.

9.1.3 Verifiche SLU di collasso per sfilamento del palo singolo nei riguardi del carico assiale di trazione

Deve essere:

$$F_{td} \leq R_{td}$$

Dove:

F_{td} è il carico assiale di trazione assunto in progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

R_{td} la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$$R_{cd} = 0.7 R_{sd} + W_p$$

Essendo:

$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$ la resistenza laterale di progetto;

W_p il peso del palo alleggerito;

γ_b, γ_s coefficienti di sicurezza parziali da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali, forniti dalla Tab. 6.4.II delle NTC2018 precedentemente illustrata;

R_{sk} la resistenza laterale caratteristica, valutata secondo quanto illustrato al paragrafo 9.1.1.

Come è possibile evincere per le verifiche a carichi di trazione si assume una resistenza laterale pari al 70% della corrispondente valutata per pali in compressione.

9.1.4 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale

Deve essere:

$$F_{tr,d} \leq R_{tr,d}$$


Dove:

$F_{tr,d}$ è il carico orizzontale di progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

$R_{tr,d}$ la Resistenza di progetto ai carichi orizzontali allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$$R_{tr,d} = R_{tr,k} / \gamma_T$$

γ_T coefficiente di sicurezza parziale per le verifiche agli stati limite ultimi di apli soggetti a carichi trasversali, fornito dalla Tab. 6.4.VI delle NTC2018, precedentemente illustrata;

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

$R_{tr,k} = \text{Min} [(R_{tr,cal})_{media} / \xi_3; (R_{tr,cal})_{min} / \xi_4]$ la resistenza laterale caratteristica ai carichi orizzontali allo SLU;

ξ_3, ξ_4 coefficienti di riduzione che dipendono dal numero di verticali indagate, determinati in base alla Tab. 6.4.IV delle NTC2018:

$R_{tr,cal}$ rappresenta la resistenza di calcolo del palo ai carichi orizzontali H_{lim} valutata in accordo alla teoria proposta da Broms (1984).

Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

- Terreno omogeneo;
- Comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico;
- la forma del palo è ininfluente e l'interazione palo-terreno è determinata solo dalla dimensione caratteristica D della sezione del palo (il diametro per sezioni circolari, il lato per sezioni quadrate, etc.) misurata normalmente alla direzione del movimento;
- il palo ha comportamento rigido-perfettamente plastico, cioè si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

Questa ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione M_y del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua indefinitamente con momento costante.

In accordo alla condizione di vincolo dei pali nei plinti di fondazione, il palo è considerato impedito di ruotare in testa.

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili meccanismi di rottura sono riportati nella figura seguente e sono solitamente indicati come "palo corto", "intermedio" e "lungo".

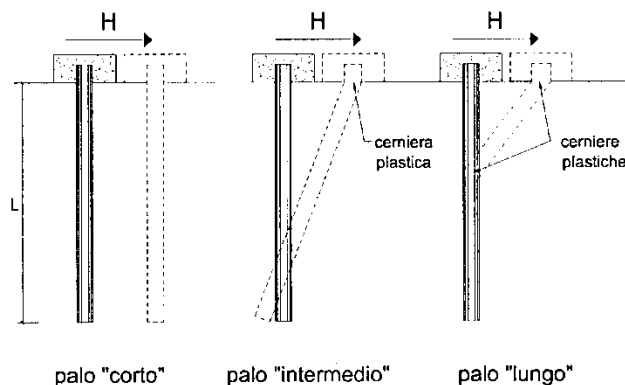



Figura 9.2 – meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984).

9.1.4.1 Unità a comportamento coesivo

Il diagramma di distribuzione della resistenza p offerta dal terreno lungo il fusto del palo è quello riportato nella figura seguente (a). Broms adotta al fine delle analisi una distribuzione semplificata (b) con reazione nulla fino a $1.5 D$ e costante con valore $9 c_u D$ per profondità maggiori.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

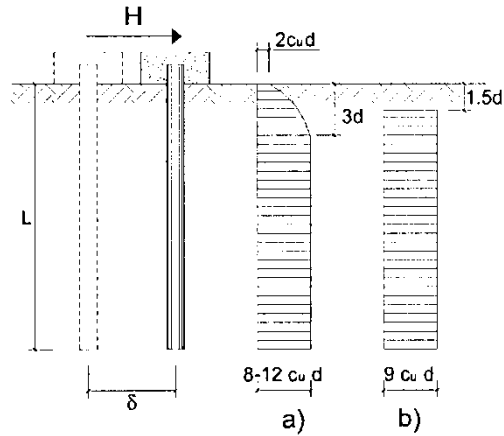


Figura 9.3 – distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984).

Nella figura seguente si riportano gli schemi di calcolo per i tre meccanismi di rottura precedentemente illustrati:

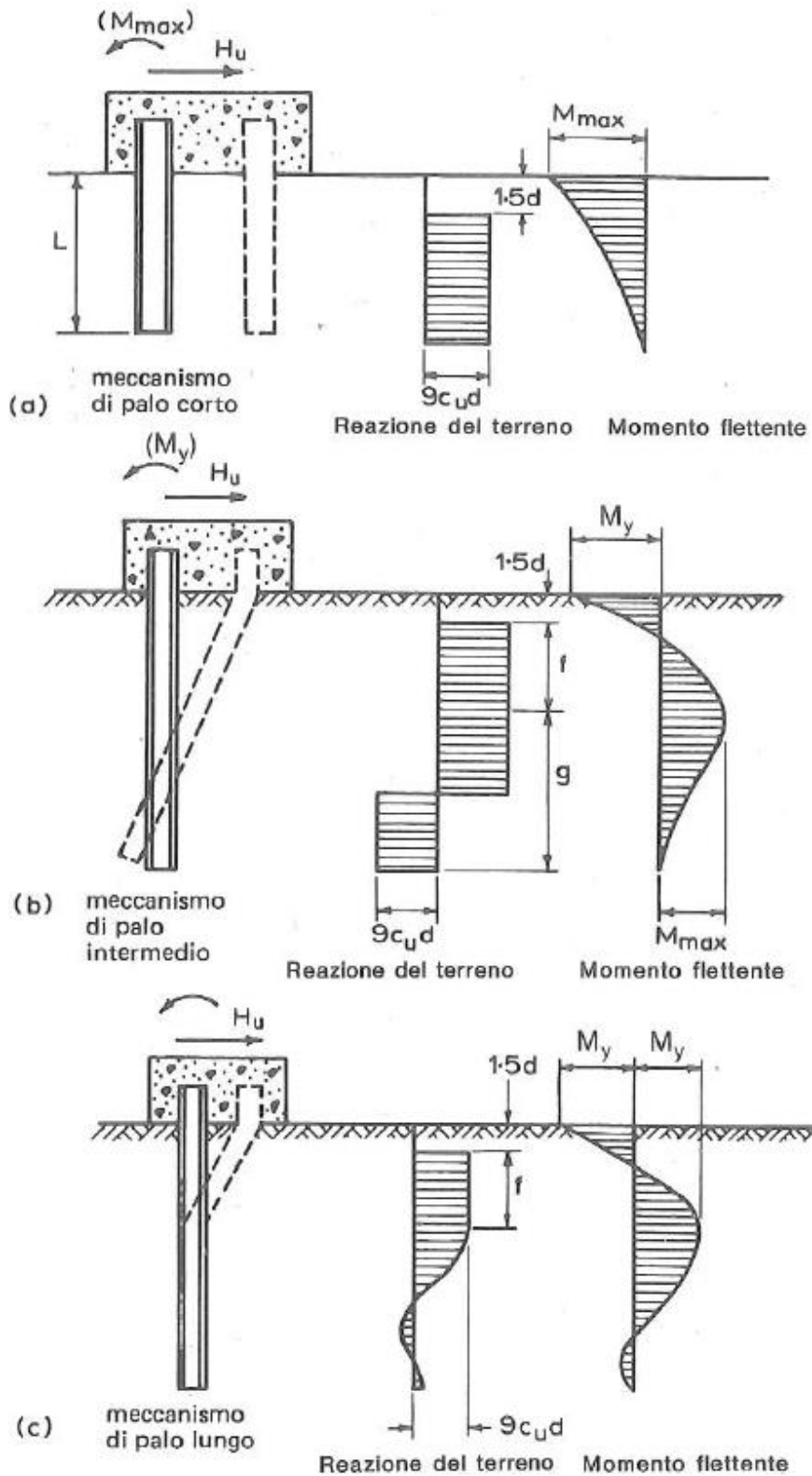



Figura 9.4 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni coesivi (Broms, 1984).

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Facendo ricorso a semplici equazioni di equilibrio ed imponendo la formazione di una cerniera plastica nelle sezioni che raggiungono un momento pari a M_y , è possibile calcolare il carico limite orizzontale corrispondente ai tre meccanismi di rottura:

$$H \lim = 9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right) \quad \text{palo corto}$$

$$H \lim = -9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right) + 9c_u D^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u D^3} + 4.5} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H \lim = -13.5c_u D^2 + c_u D^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u D^3}} \quad \text{palo lungo}$$

Nel caso di palo scalzato (ove presente) e per il caso di palo lungo, il valore di $H \lim$ si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H \lim = 9c_u D \times (f - 1.5D)$$

$$H \lim \times (d_s + f) - 4.5c_u D (f - 1.5D)^2 - 2M_y = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna

d_s l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna

9.1.4.2 Unità a comportamento incoerente

Per un terreno incoerente si assume che la resistenza opposta dal terreno alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità con legge:


$$p = 3 k_p \gamma z D$$

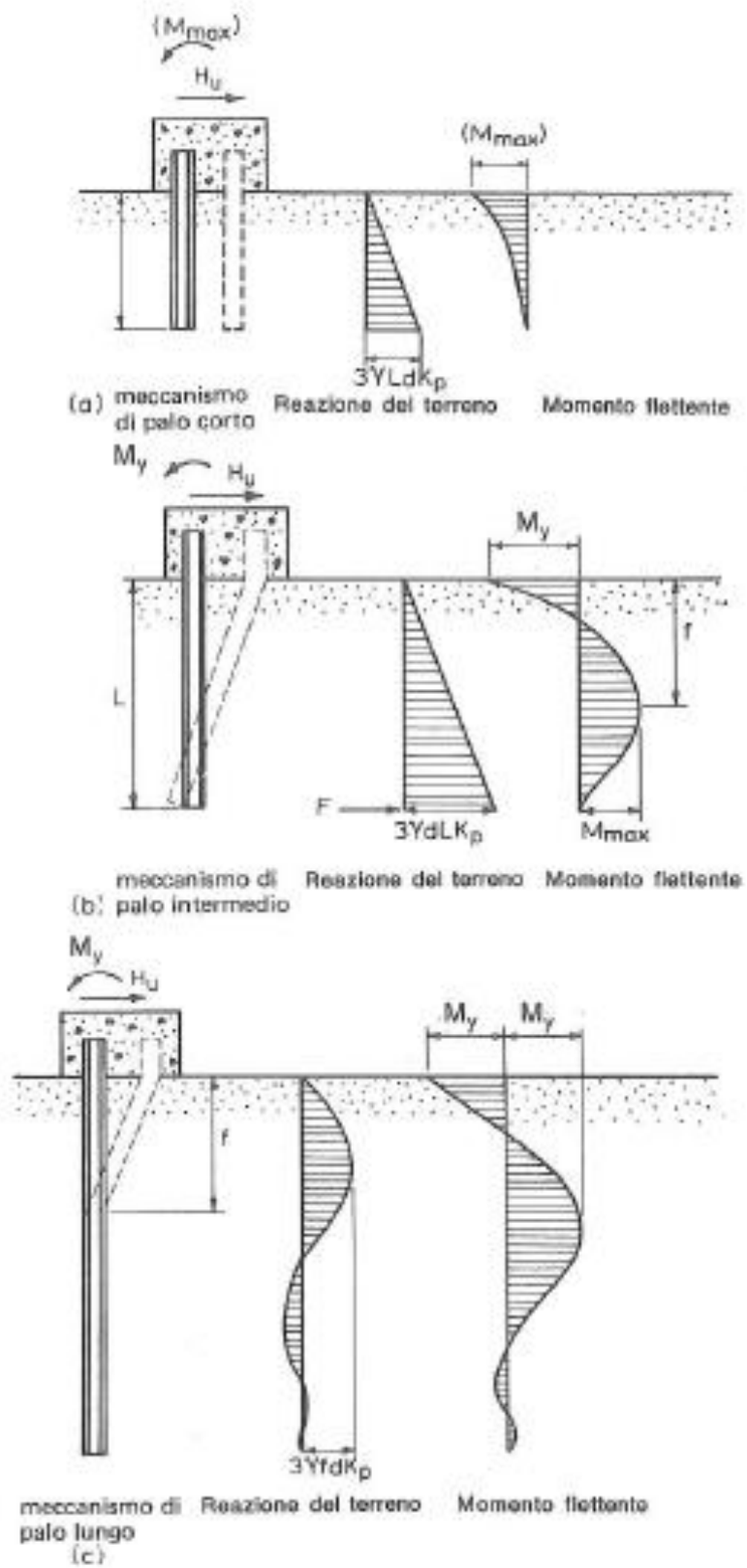
essendo:

k_p il coefficiente di spinta passiva;

z la profondità da piano campagna;

γ il peso di volume del terreno, nel caso in cui il terreno sia sotto falda si assume γ' .

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	




SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Figura 9.5 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni incoerenti (Broms, 1984).

I valori del carico limite corrispondenti ai diversi meccanismi di rottura sono di seguito riportati:

$$H \text{ lim} = 1.5k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D} \right)^2 \quad \text{palo corto}$$

$$H \text{ lim} = \frac{1}{2} k_p \gamma D^3 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{My}{L} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H \text{ lim} = k_p \gamma D^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{My}{k_p \gamma D^4} \right)^2} \quad \text{palo lungo}$$

Nel caso di palo scalzato (ove presente) e per il caso di palo lungo, il valore di H_{lim} si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H \text{ lim} = 1.5k_p \gamma D f^2$$

$$f^3 + 1.5Df^2 - \left(\frac{2M_y}{\gamma k_p D} \right) = 0$$

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna

d_s l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna

9.1.5 Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico trasversale

La resistenza ai carichi trasversali $R_{cd,gr}$ del gruppo di pali viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{tr,dgr} = \eta n R_{tr,d1}$$


In cui:

η_{tr} è l'efficienza del gruppo di pali;

n Il numero complessivo di pali del gruppo.

$R_{tr,d1}$ la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo definito in accordo a quanto illustrato nel paragrafo 9.1.1, per un valore del momento di plasticizzazione corrispondente allo sforzo normale medio agente sui pali della palificata

Il carico limite orizzontale di un gruppo può essere notevolmente inferiore alla somma dei valori relativi ai singoli pali; l'efficienza di un gruppo di pali rispetto ai carichi orizzontali è sempre inferiore all'unità.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

Dalle "raccomandazioni sui pali di fondazione" AGI, 1984, si riporta quanto segue:

"Sulla base dei risultati sperimentali disponibili sembra che l'efficienza tenda all'unità per un interasse fra i pali del gruppo pari a cinque volte il diametro dei pali; per interasse minore, l'efficienza diminuisce fino a 0.5."

È possibile anche affermare che risulta più vantaggioso disporre il gruppo di pali normalmente alla direzione della forza orizzontale ovvero, a parità di numero di pali di un gruppo rettangolare resiste meglio se la forza orizzontale agisce parallelamente al lato corto.

Per il caso di interesse, relativo a pali disposti ad interasse non minore di 3 diametri si ritiene possibile considerare $\eta_{tr} = 80\%$.

Nel caso di gruppo di pali soggetti ad azioni orizzontali possono manifestarsi le due seguenti tipologie di interazione:

- interazione tra pali in linea, caricati in direzione parallela alla fila (Figura 9.6 - Schema A);
- interazione tra pali affiancati, caricati in direzione perpendicolare alla fila (Figura 9.9 - Schema B).

L'interazione del primo tipo si esplica in una diminuzione delle caratteristiche meccaniche del terreno retrostante il palo di testa della fila, con conseguente incremento degli spostamenti dei pali retrostanti.

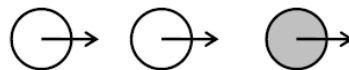


Figura 9.6 – Schema A – Pali in linea

Studi sperimentali condotti sull'argomento hanno mostrato che l'interazione dipende principalmente dalla posizione relativa dei pali. Molti autori (Dunnivant & O'Neill, 1986) raccomandano fattori di riduzione distinti per pali frontali e pali retrostanti. Tali fattori sono dati in funzione della spaziatura tra i pali nella direzione del carico.

I fattori di riduzione per pali frontali possono essere ricavati dalle indicazioni fornite in Figura 9.7.

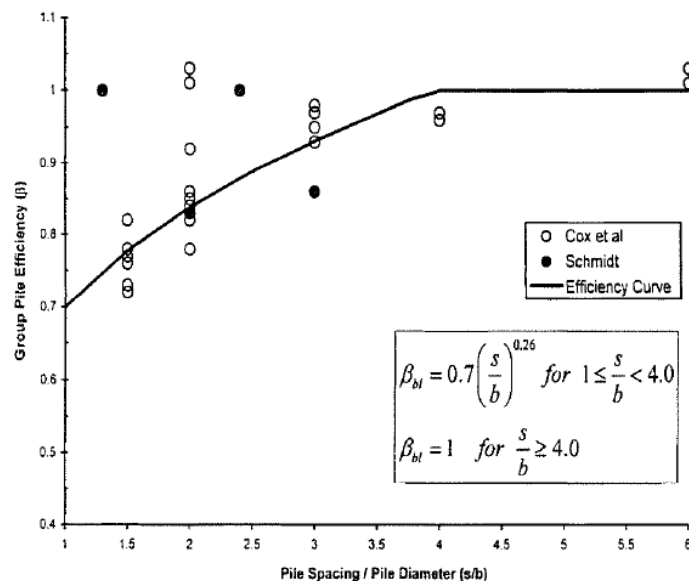


Figura 9.7 – Fattori di riduzione per pali disposti parallelamente alla direzione di carico – Pali frontali

I fattori di riduzione per pali retrostanti possono essere ricavati dalle indicazioni fornite in Figura 9.8.

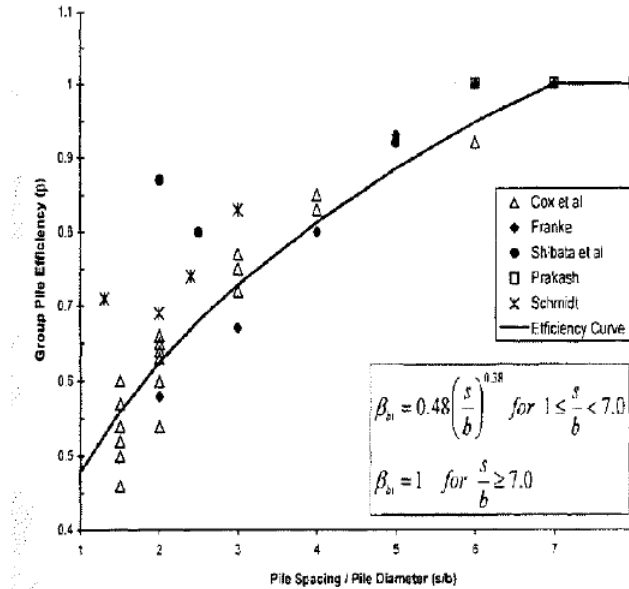


Figura 9.8 – Fattori di riduzione per pali disposti parallelamente alla direzione di carico – Pali retrostanti

L'interazione del secondo tipo si esplica invece con un incremento degli spostamenti del palo centrale per effetto della presenza dei pali laterali.

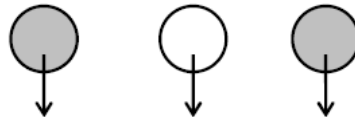


FIGURA 6-12: SCHEMA B – PALI AFFIANCATI

Figura 9.9 – Schema B – Pali affiancati

Tale riduzione di "p" in funzione del rapporto s/D (s = interasse dei pali, D = diametro del palo) può essere ricavata dalle indicazioni fornite in Figura 9.10.

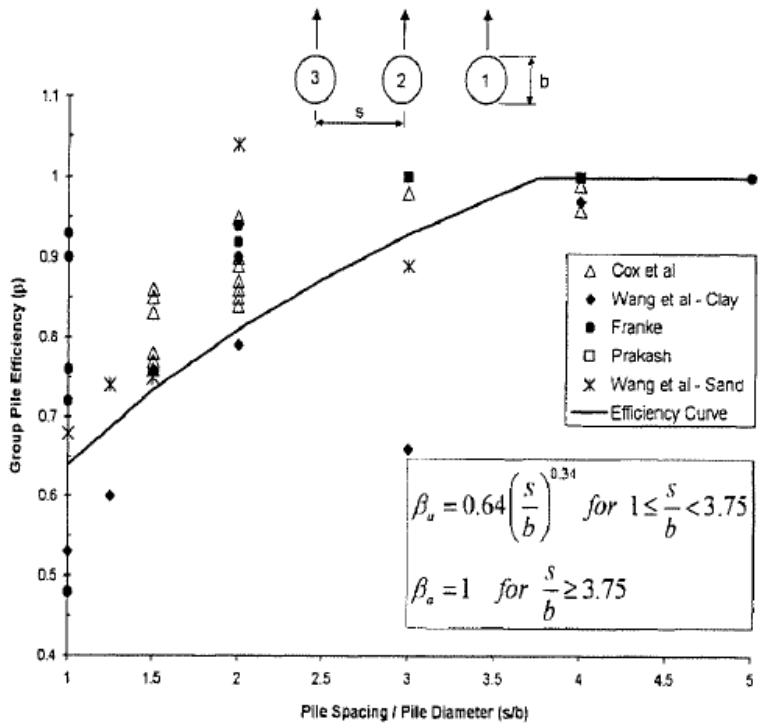


Figura 9.10 – Fattori di riduzione per pali disposti su file perpendicolari alla direzione del carico

Con riferimento alle geometrie maggiormente ricorrenti per i sistemi di fondazione profondi, gli incrementi medi delle sollecitazioni lungo i pali a causa degli effetti gruppo sono dell'ordine del 10-20%.

Nel caso in esame si considera un incremento massimo delle sollecitazioni sul palo singolo pari al 20%.

9.1.6 Verifiche SLE - Cedimenti del palo isolato

Il calcolo dei cedimenti del palo singolo è stato effettuato in accordo al metodo proposto da Poulos.

Il terreno viene assunto omogeneo con modulo di Young e coefficiente di Poisson costanti.

Il metodo distingue due casi:

- floating pile, ovvero "palo sospeso";
- end bearing, ovvero palo ammorsato su un terreno più rigido.

Per entrambi i casi, il cedimento in testa al palo può essere stimato con sufficiente accuratezza, nell'ipotesi di palo deformabile in un semispazio elastico, attraverso la seguente relazione:


$$w_1 = \frac{PI}{E_s d}$$

nella quale:

w_1 cedimento del palo isolato;

P carico assiale applicato;

floating pile = $I_0 \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_v$;

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

- I_0 = $I_0 \cdot R_K \cdot R_b \cdot R_v$;
 I_0 fattore di influenza (per un palo rigido in un semispazio elastico per $\nu = 0.5$)
 R_K fattore correttivo che tiene conto della compressibilità del palo;
 R_h fattore correttivo che tiene conto della profondità (finita) del substrato rigido;
 R_b fattore correttivo caso End Bearing funzione del rapporto L/d e E_b/E_s ;
 R_v fattore correttivo del coefficiente di Poisson;
 h altezza totale dello strato di terreno;
 E_s modulo elastico del terreno (assunto un valore pari alla media pesata secondo lo spessore degli strati attraversati dal palo).

Di seguito si riporta il significato dei simboli per i parametri delle correlazioni grafiche:

- d_b diametro del palo alla base;
- d diametro del palo in testa;
- L lunghezza del palo;
- K rapporto tra i moduli di elasticità del materiale costituente il palo e del terreno.

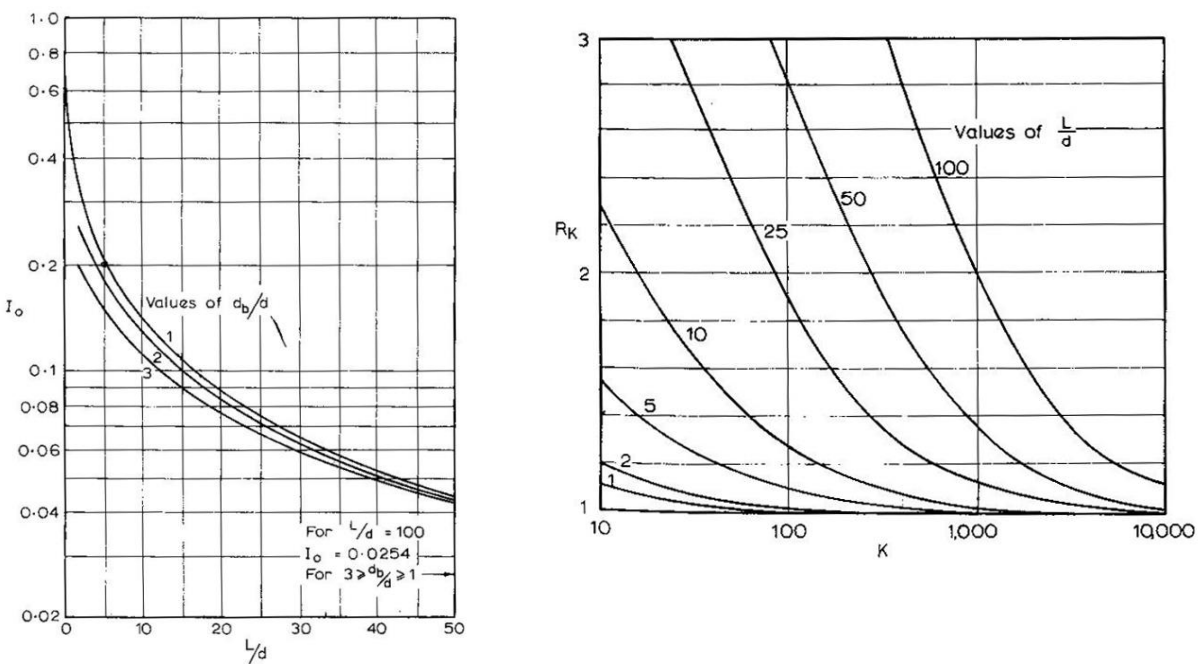


Figura 9.11 – fattori correttivi I_0 ed R_K

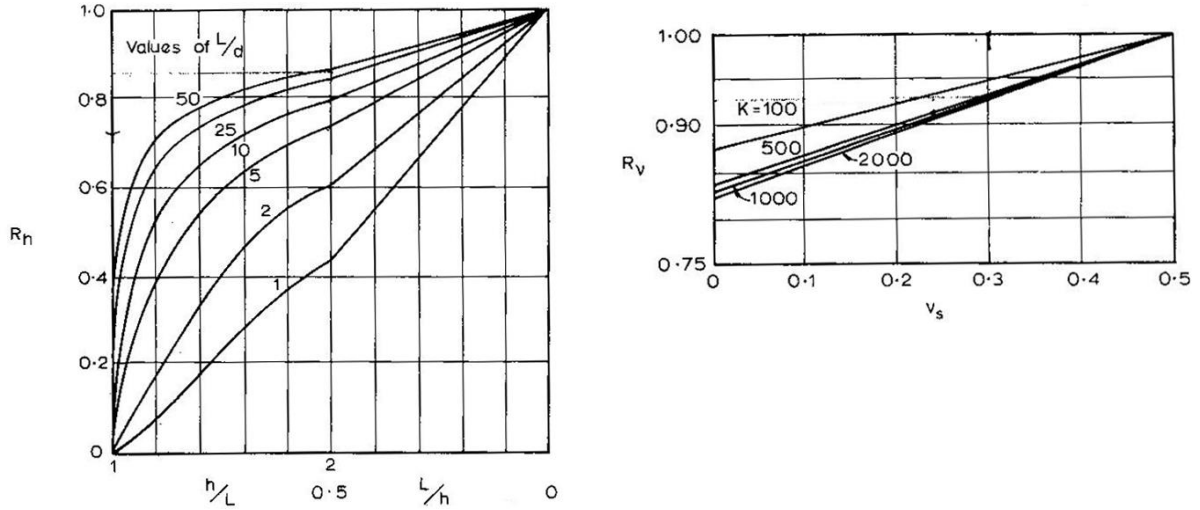


Figura 9.12 – fattori correttivi R_h ed R_v

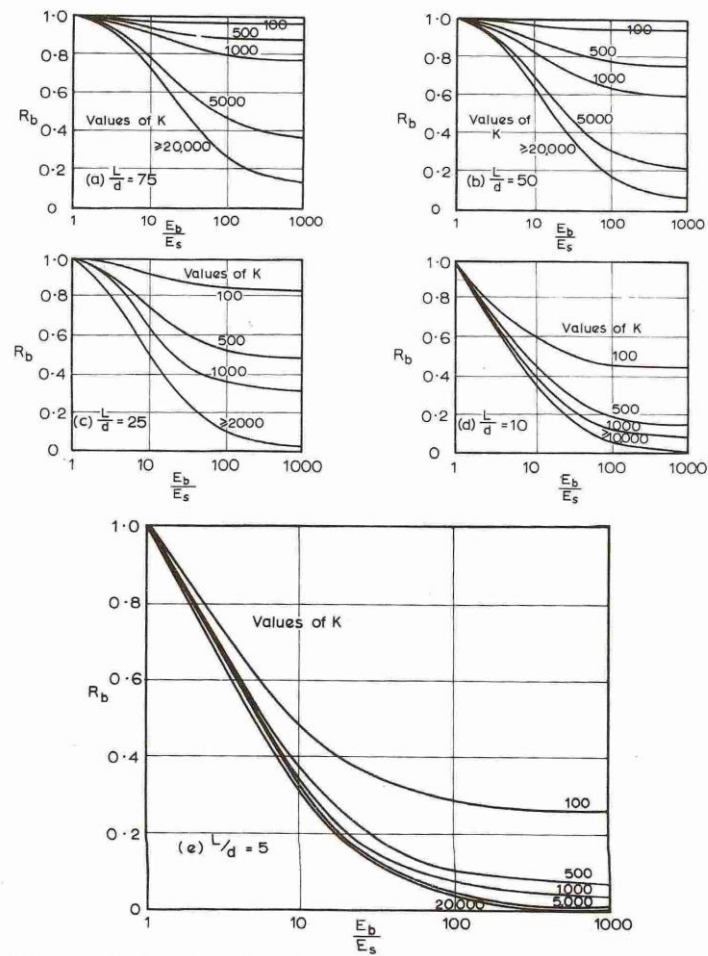



Figura 9.13 - fattore correttivo R_b : caso end-bearing

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

9.1.7 Verifiche SLE - Cedimenti della palificata

Il calcolo dei cedimenti della palificata viene effettuato a partire dal cedimento del palo singolo w_1 valutato a parità di carico medio per palo, attraverso la seguente espressione suggerita da AGI (1984), relativa al caso di pali trivellati:

$$w = w_1 \left(\frac{0.6B}{0.3B + 0.3} \right)^2$$

In cui B è la dimensione minima in pianta della palificata espressa in metri.

9.2 Applicazione al caso in esame

Si omettono le verifiche di stabilità globale delle fondazioni su pali del viadotto, che ricadono su aree in piano o a pendenza estremamente modesta.

9.2.1 Caratteristiche delle opere di fondazione su pali

Le fondazioni delle spalle sono di tipo indiretto su pali trivellati $\phi 1200$, collegati in testa da rigide zattere di fondazione di altezza pari a 2.0 m.

Per le spalle sono previsti pali disposti secondo una maglia rettangolare (Spalla A 21: 5 x 3 e Spalla B 5 x 2), garantendo una distanza minima tra gli assi dei pali pari a 3.60 m (3D).

9.2.2 Parametri geotecnici e stratigrafie di progetto

Di seguito si riepilogano le stratigrafie ed i parametri geotecnici di progetto impiegati nel dimensionamento delle fondazioni su pali.

Inoltre, è indicato il numero delle verticali indagate, utile al dimensionamento dei pali.

VIADOTTO: **VI04** Numero delle verticali indagate spinte a profondità utile al dimensionamento dei pali **1**

Allineamento: **SPALLE**

Profondità falda da piano di campagna **zw** m **-**

STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO
* da intradosso fondazione

Strato n.	Da [m]	A [m]	Unità	PARAMETRI DI RESISTENZA						VALORI MINIMI					
				γ_{med} [kPa]	$q_{u,med}$ [kPa]	$c_{u,med}$ [kPa]	c'_{med} [kPa]	ϕ'_{med} [°]	NSPT	γ_{min} [kPa]	$q_{u,min}$ [kPa]	$c_{u,min}$ [kPa]	c'_{min} [kPa]	ϕ'_{min} [°]	NSPT
1	0.00	40.00	CB	20.1	12200					18.0	8900				


Tabella 9.2 – Stratigrafie e parametri geotecnici per il progetto delle fondazioni

Per tutti gli allineamenti che sono interessati per i primi metri dalla presenza del terreno roccioso, nel caso in esame l'unità identificata con "CB", si omettono le verifiche per carico limite trasversale dei pali in considerazione delle caratteristiche del terreno.

9.2.3 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo e della palificata nei riguardi del carico assiale di compressione e di trazione (sfilamento)

In allegato si riportano le curve Resistenza di progetto R_{cd} – Lunghezza del palo (L_p), che consentono il dimensionamento della lunghezza del palo in funzione dei carichi di progetto F_{cd} .

I valori di F_{cd} , F_{td} e $F_{cd,gr}$ considerati nelle verifiche, sono quelli illustrati nei capitoli relativi alle sottostrutture.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA357	Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra	

La tabelle seguenti illustrano i risultati delle verifiche effettuate in termini di coefficienti di utilizzo, dati dal rapporto tra le azioni agenti e le resistenze di calcolo; affinché le verifiche siano soddisfatte è necessario che il valore del coefficiente di utilizzo sia non maggiore di uno.

RIEPILOGO RISULTATI			PARAMETRI MEDI			PARAMETRI MINIMI			ENV			PALI SOGGETTI A TRAZIONE				
Stratigrafia	Allineamenti	Lp [m]	Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Rcd [kN]	Edc [kN]	c.u. %	Rtd [kN]	Rtd [kN]	Rtd [kN]	Edt [kN]	c.u. %
STR1	SPA DX	8.0	11341	3607	14904	9687	2632	12255	12255	4051	33%	7983	6844	6844	0	0%
	SPB DX	8.0	11341	3607	14904	9687	2632	12255	12255	4229	35%	7983	6844	6844	0	0%


Tabella 9.3 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali di compressione e di trazione (sfilamento)

RIEPILOGO RISULTATI						MEDI	MINIMI	ENV		
Stratigrafia	Allineamenti	D [m]	i [m]	npali	η (%)	Rcd,gr med [kN]	Rcd,gr min [kN]	Rcd,gr [kN]	Edc [kN]	c.u. %
STR1	SPA DX	1.20	3.60	12	71%	126953	104387	104387	35149	34%
	SPB DX	1.20	3.60	8	74%	88706	72938	72938	24359	33%

Tabella 9.4 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali di compressione

9.2.4 Verifiche SLE - Cedimenti del palo singolo e della palificata

Nel caso in esame, date le elevate caratteristiche di rigidità delle formazioni di interesse, gli abbassamenti delle fondazioni indirette su pali sono da ritenersi trascurabili e pertanto non prese in considerazione.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

10 DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018)

10.1 Tipo di analisi svolte

Le analisi strutturali e le verifiche per il dimensionamento delle strutture sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato ricorrendo a modelli piani in cui gli elementi strutturali sono stati schematizzati come elementi monodimensionali di tipo "beam".

I vincoli esterni sono costituiti da semplici appoggi.

Le sollecitazioni sismiche sono calcolate attraverso analisi dinamica lineare.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui le opere saranno soggette.

10.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

ANALISI STRUTTURALE

Nome del Software: SAP2000 14 Advanced

Produttore CSI Computer & Structures, Inc 1995 University Avenue Berkley, CA

Licenza concessa a VIA INGEGNERIA s.r.l. – Licenza N° S15307

10.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori del software contiene esaurienti descrizioni delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati con l'individuazione dei campi d'impiego.

10.4 Modalità di presentazione dei risultati


Le relazioni di calcolo strutturale presentano i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. Le relazioni di calcolo illustrano in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

10.5 Informazioni generali sull'elaborazione

Il codice di calcolo SAP2000 consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.


10.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, il Progettista delle Strutture asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

<p>SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500</p>		
<p>CA357</p>	<p><i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i></p>	

**11 ALLEGATO 1 – IMPALCATO - ANALISI STATICA GLOBALE –
 CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI ANALISI**

LAVORO: SS131- L=60.0 m - 2 TRAVI

Analisi della struttura - Caratteristiche geometrico-inerziali sezioni

Rck = 45 Mpa
 n0 = 6.16
 ninf = 15.09
 nrit = 15.78


eps= 0.81 (c/t)max= 11.39

eps= 0.81 (c/t)max= 11.39

Sez	n.travi impalcato	Larghezza soletta impalcato	Dis.trave-asse impalcato	soletta	Piattabanda superiore								Anima		Piattabanda inferiore								Soletta in c.a. - larghezza collaborante										
					B1 (m)	H1 (m)	B2 (m)	H2 (m)	Beq (m)	Htot (m)	c/t	Classe	spw (m)	Hw (m)	B3 (m)	H3 (m)	B4 (m)	H4 (m)	Beq (m)	Htot (m)	c/t	Classe	Int tr sx (m)	bconn (m)	Int tr dx (m)	tipo campata	Lcampata (m)	b1 (m)	b2 (m)	bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Brsup (m)
1	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.000	0.000	0.800	0.040	9.725	<4	0.022	3.170	0.000	0.000	1.000	0.040	1.000	0.040	12.225	4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
2	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.000	0.000	0.800	0.040	9.725	<4	0.022	3.170	0.000	0.000	1.000	0.040	1.000	0.040	12.225	4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
3	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.000	0.000	0.800	0.040	9.725	<4	0.022	3.170	0.000	0.000	1.000	0.040	1.000	0.040	12.225	4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
4	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.020	0.767	0.060	6.222	<4	0.020	3.115	0.900	0.035	1.000	0.040	0.953	0.075	6.222	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
5	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.020	0.767	0.060	6.222	<4	0.020	3.115	0.900	0.035	1.000	0.040	0.953	0.075	6.222	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
6	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.020	0.767	0.060	6.222	<4	0.020	3.115	0.900	0.035	1.000	0.040	0.953	0.075	6.222	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
7	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.020	0.767	0.060	6.222	<4	0.020	3.115	0.900	0.035	1.000	0.040	0.953	0.075	6.222	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
8	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.030	0.757	0.070	5.265	<4	0.020	3.100	0.900	0.040	1.000	0.040	0.950	0.080	5.813	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
9	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.030	0.757	0.070	5.265	<4	0.020	3.100	0.900	0.040	1.000	0.040	0.950	0.080	5.813	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
10	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.030	0.757	0.070	5.265	<4	0.020	3.100	0.900	0.040	1.000	0.040	0.950	0.080	5.813	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
11	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.030	0.757	0.070	5.265	<4	0.020	3.100	0.900	0.040	1.000	0.040	0.950	0.080	5.813	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
12	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.030	0.757	0.070	5.265	<4	0.020	3.100	0.900	0.040	1.000	0.040	0.950	0.080	5.813	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
13	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.030	0.757	0.070	5.265	<4	0.020	3.100	0.900	0.040	1.000	0.040	0.950	0.080	5.813	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
14	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.020	0.767	0.060	6.222	<4	0.020	3.115	0.900	0.035	1.000	0.040	0.953	0.075	6.222	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
15	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.020	0.767	0.060	6.222	<4	0.020	3.115	0.900	0.035	1.000	0.040	0.953	0.075	6.222	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
16	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.020	0.767	0.060	6.222	<4	0.020	3.115	0.900	0.035	1.000	0.040	0.953	0.075	6.222	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
17	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.700	0.020	0.767	0.060	6.222	<4	0.020	3.115	0.900	0.035	1.000	0.040	0.953	0.075	6.222	<4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
18	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.000	0.000	0.800	0.040	9.725	<4	0.022	3.170	0.000	0.000	1.000	0.040	1.000	0.040	12.225	4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
19	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.000	0.000	0.800	0.040	9.725	<4	0.022	3.170	0.000	0.000	1.000	0.040	1.000	0.040	12.225	4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640
20	2	11.250	3.000	reagente	0.800	0.040	0.000	0.000	0.800	0.040	9.725	<4	0.022	3.170	0.000	0.000	1.000	0.040	1.000	0.040	12.225	4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640

Analisi della struttura - Caratteristiche geometrico inerziali

Sez	Armatura soletta in c.a.				Trave isolata							Trave composta - n=ninf.					Trave composta - n=nrit.					Trave composta - n=n0										
	Brinf (m)	A (mq)	yGc (m)	Ix (m4)	As1 (mq)	Hs1 (m)	As2 (mq)	Hs2 (m)	As (mq)	yGs (m)	Ixs (m4)	Ha (m)	Aa (mq)	yGa (m)	Ixa (m4)	Iya (m4)	Ja (m4)	Ai (mq)	yGi (m)	Ixi (m4)	Iyi (m4)	Ji (m4)	Ar (mq)	yGr (m)	Ixr (m4)	Iyr (m4)	Jr (m4)	A0 (mq)	yG0 (m)	Ix0 (m4)	Iy0 (m4)	J0 (m4)
1	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1417	1.534	0.242721	0.005043	0.000050	0.251743	2.364	0.466532	2.224038	0.000053	0.247749	2.347	0.461854	2.183264	0.000053	0.38567	2.736	0.56756	3.591179	0.000101
2	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1417	1.534	0.242721	0.005043	0.000050	0.251743	2.364	0.466532	2.224038	0.000053	0.247749	2.347	0.461854	2.183264	0.000053	0.38567	2.736	0.56756	3.591179	0.000101
3	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1417	1.534	0.242721	0.005043	0.000050	0.251743	2.364	0.466532	2.224038	0.000053	0.247749	2.347	0.461854	2.183264	0.000053	0.38567	2.736	0.56756	3.591179	0.000101
4	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1798	1.404	0.339227	0.00774	0.000061	0.289803	2.174	0.620678	2.569275	0.000065	0.285809	2.157	0.614217	2.528501	0.000065	0.42373	2.573	0.767023	3.936416	0.000113
5	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1798	1.404	0.339227	0.00774	0.000061	0.289803	2.174	0.620678	2.569275	0.000065	0.285809	2.157	0.614217	2.528501	0.000065	0.42373	2.573	0.767023	3.936416	0.000113
6	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1798	1.404	0.339227	0.00774	0.000061	0.289803	2.174	0.620678	2.569275	0.000065	0.285809	2.157	0.614217	2.528501	0.000065	0.42373	2.573	0.767023	3.936416	0.000113
7	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1798	1.404	0.339227	0.00774	0.000061	0.289803	2.174	0.620678	2.569275	0.000065	0.285809	2.157	0.614217	2.528501	0.000065	0.42373	2.573	0.767023	3.936416	0.000113
8	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1910	1.437	0.368330	0.00833	0.000072	0.301003	2.166	0.64695	2.670664	0.000076	0.297009	2.149	0.640413	2.62989	0.000075	0.43493	2.557	0.79686	4.037806	0.000124
9	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1910	1.437	0.368330	0.00833	0.000072	0.301003	2.166	0.64695	2.670664	0.000076	0.297009	2.149	0.640413	2.62989	0.000075	0.43493	2.557	0.79686	4.037806	0.000124
10	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1910	1.437	0.368330	0.00833	0.000072	0.301003	2.166	0.64695	2.670664	0.000076	0.297009	2.149	0.640413	2.62989	0.000075	0.43493	2.557	0.79686	4.037806	0.000124
11	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1910	1.437	0.368330	0.00833	0.000072	0.301003	2.166	0.64695	2.670664	0.000076	0.297009	2.149	0.640413	2.62989	0.000075	0.43493	2.557	0.79686	4.037806	0.000124
12	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1910	1.437	0.36833	0.00833	0.000072	0.301003	2.166	0.646950	2.670664	0.000076	0.297009	2.149	0.640413	2.62989	0.000075	0.43493	2.557	0.79686	4.037806	0.000124
13	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1910	1.437	0.368330	0.00833	0.000072	0.301003	2.166	0.64695	2.670664	0.000076	0.297009	2.149	0.640413	2.62989	0.000075	0.43493	2.557	0.79686	4.037806	0.000124
14	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1798	1.404	0.339227	0.00774	0.000061	0.289803	2.174	0.620678	2.569275	0.000065	0.285809	2.157	0.614217	2.528501	0.000065	0.42373	2.573	0.767023	3.936416	0.000113
15	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1798	1.404	0.339227	0.00774	0.000061	0.289803	2.174	0.620678	2.569275	0.000065	0.285809	2.157	0.614217	2.528501	0.000065	0.42373	2.573	0.767023	3.936416	0.000113
16	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1798	1.404	0.339227	0.00774	0.000061	0.289803	2.174	0.620678	2.569275	0.000065	0.285809	2.157	0.614217	2.528501	0.000065	0.42373	2.573	0.767023	3.936416	0.000113
17	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1798	1.404	0.339227	0.00774	0.000061	0.289803	2.174	0.620678	2.569275	0.000065	0.285809	2.157	0.614217	2.528501	0.000065	0.42373	2.573	0.767023	3.936416	0.000113
18	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.2600	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1417	1.534	0.242721	0.005043	0.000050	0.251743	2.364	0.466532	2.224038	0.000053	0.247749	2.347	0.461854	2.183264	0.000053	0.38567	2.736	0.56756	3.591179	0.000101
19	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.260	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1417	1.534	0.242721	0.005043	0.000050	0.251743	2.364	0.466532	2.224038	0.000053	0.247749	2.347	0.461854	2.183264	0.000053	0.38567	2.736	0.56756	3.591179	0.000101
20	0.640	1.3948	0.185	0.007540043	0.008796	0.260	0.008796	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1417	1.534	0.242721	0.005043	0.000050	0.251743	2.364	0.466532	2.224038	0.000053	0.247749	2.347	0.461854	2.183264	0.000053	0.38567	2.736	0.56756	3.591179	0.000101


<p>SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500</p>		
<p>CA357</p>	<p><i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i></p>	

**12 ALLEGATO 2 – IMPALCATO - ANALISI STATICA GLOBALE –
 CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI VERIFICA**

LAVORO: SS131- L=60.0 m - 2 TRAVI
Verifica della struttura - Caratteristiche geometrico-inerziali sezioni interamente reagenti

Rcd = 45 Mpa
n0 = 6.16
ninf = 15.09
nrit = 15.78

Sez	FRAME				X campata		Larghezza soletta impalcato	Dis. trav. asse impalcato	soletta	Plattabanda superiore				Anima				Plattabanda inferiore				Soletta in c.a. - larghezza collaborante										Armatura soletta in c.a.						Trave isolat																				
	LOC (m)	Progr (m)	n_campata	n_travi impalcato	n_campata	n_travi impalcato				B1 (m)	H1 (m)	B2 (m)	H2 (m)	Beq (m)	Htot (m)	c/t	Classe	spw (m)	Hw (m)	B3 (m)	H3 (m)	B4 (m)	H4 (m)	Beq (m)	Htot (m)	c/t	Classe	Int tr sx (m)	bconn (m)	Int tr dx (m)	tipo campata	Lsx (m)	Lcampata	Ldx (m)	b1 (m)	b2 (m)	bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Brsup (m)	Brinf (m)	A (mq)	yGc (m)	ix (m4)	As1 (mq)	As1 (mq)	As2 (mq)	As2 (mq)	As (mq)	yGs (m)	ixs (m4)	Hg (m)	Aa (mq)	yGa (m)	ixaa (m4)	Iya (m4)	Ja (m4)	Aw (mq)
1	1.000	0.000	0.000	1	0.000	2	11.25	3.000	reagente	0.800	0.040	0.000	0.000	0.800	0.040	10.000	<4	0.022	3.170	0.000	0.000	1.000	0.040	1.000	0.040	1.000	0.040	12.225	4	5.250	0.360	6.000	ca	60.000	2.445	2.820	5.625	0.240	0.070	0.640	0.640	1.3948	0.185	0.00754	0.0088	0.260	0.009	0.080	0.017593	0.170	0.000142503	3.250	0.1417	1.534	0.242721	0.005043	0.000050	0.069740


<p>SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500</p>		
<p>CA357</p>	<p><i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i></p>	

13 ALLEGATO 3 – IMPALCATO– TRAVI PRINCIPALI - SOLLECITAZIONI PER VERIFICHE SLU

LAVORO: SS131- L=60.0 m - 2 TRAVI
RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE - VERIFICHE SLU

Coefficienti parziali verifiche SLU (STR)


Table with columns for Frame, Loc, Progr, weight (M, V), ported (M, V), and various dynamic loads (Cedimenti, Mmax, Mmin, Mmax, Mmin, Azione del vento, Ritiro: Effetti isotastici, Ritiro: effetti iperstatici, Var.Term.: Effetti isotastici, V.T.: effetti iperstatici). Rows represent different structural configurations.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

14 ALLEGATO 4 – IMPALCATO - VERIFICHE SLU TRAVI PRINCIPALI

LAVORO: SS131- L=60.0 m - 2 TRAVI
Verifica di resistenza sezioni in Classe 4

Sez	INVILUPPI										
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	$\eta_{1,inf}$	$\eta_{1,sup}$	$\eta_{1,inf}$ grafico	$\eta_{1,sup}$ grafico	$\eta_{1,plast}$	η_1	η_3	η_{1_inter}
1	1.000	0.000	0.000	0.01	0.04	0.00	0.00	0.11	0.11	0.88	0.76
2	1.000	3.000	3.000	0.31	0.35	0.25	0.35	0.31	0.35	0.80	0.00
3	2.000	0.000	3.000	0.31	0.35	0.25	0.35	0.31	0.35	0.80	0.00
4	2.000	3.000	6.000	0.56	0.50	0.35	0.40	0.49	0.49	0.73	0.00
5	3.000	0.000	6.000	0.56	0.50	0.35	0.40	0.49	0.49	0.72	0.00
6	3.000	4.500	10.500	0.89	0.71	0.56	0.65	0.72	0.72	0.61	0.00
7	4.000	0.000	10.500	0.59	0.59	0.36	0.50	0.55	0.55	0.73	0.00
8	4.000	1.500	12.000	0.65	0.64	0.40	0.56	0.60	0.60	0.68	0.00
9	5.000	0.000	12.000	0.65	0.64	0.40	0.56	0.60	0.60	0.68	0.00
10	5.000	3.000	15.000	0.76	0.72	0.47	0.66	0.69	0.69	0.59	0.00
11	6.000	0.000	15.000	0.76	0.72	0.47	0.66	0.69	0.69	0.59	0.00
12	6.000	3.000	18.000	0.85	0.79	0.53	0.73	0.76	0.76	0.50	0.00
13	7.000	0.000	18.000	0.85	0.79	0.53	0.73	0.76	0.76	0.50	0.00
14	7.000	5.500	23.500	0.96	0.88	0.60	0.83	0.85	0.85	0.34	0.00
15	8.000	0.000	23.500	0.92	0.81	0.57	0.75	0.82	0.82	0.34	0.00
16	8.000	0.500	24.000	0.92	0.82	0.57	0.75	0.82	0.82	0.33	0.00
17	9.000	0.000	24.000	0.92	0.82	0.57	0.75	0.82	0.82	0.33	0.00
18	9.000	3.000	27.000	0.95	0.84	0.59	0.78	0.85	0.85	0.24	0.00
19	10.000	0.000	27.000	0.95	0.84	0.59	0.78	0.85	0.85	0.24	0.00
20	10.000	3.000	30.000	0.96	0.85	0.59	0.78	0.85	0.85	0.16	0.00
21	11.000	0.000	30.000	0.96	0.85	0.59	0.78	0.85	0.85	0.16	0.00
22	11.000	3.000	33.000	0.95	0.84	0.59	0.78	0.85	0.85	0.24	0.00
23	12.000	0.000	33.000	0.95	0.84	0.59	0.78	0.85	0.85	0.24	0.00
24	12.000	3.000	36.000	0.92	0.82	0.57	0.75	0.82	0.82	0.33	0.00
25	13.000	0.000	36.000	0.92	0.82	0.57	0.75	0.82	0.82	0.33	0.00
26	13.000	0.500	36.500	0.92	0.81	0.57	0.75	0.82	0.82	0.34	0.00
27	14.000	0.000	36.500	0.96	0.88	0.60	0.83	0.85	0.85	0.34	0.00
28	14.000	2.500	39.000	0.92	0.85	0.57	0.80	0.82	0.82	0.42	0.00
29	15.000	0.000	39.000	0.92	0.85	0.57	0.80	0.82	0.82	0.42	0.00
30	15.000	3.000	42.000	0.85	0.79	0.53	0.73	0.76	0.76	0.50	0.00
31	16.000	0.000	42.000	0.85	0.79	0.53	0.73	0.76	0.76	0.50	0.00
32	16.000	3.000	45.000	0.76	0.72	0.47	0.66	0.69	0.69	0.59	0.00
33	17.000	0.000	45.000	0.76	0.72	0.47	0.66	0.69	0.69	0.59	0.00
34	17.000	4.500	49.500	0.59	0.59	0.36	0.50	0.55	0.55	0.73	0.00
35	18.000	0.000	49.500	0.89	0.71	0.56	0.65	0.72	0.72	0.61	0.00
36	18.000	1.500	51.000	0.79	0.64	0.49	0.57	0.65	0.65	0.65	0.00
37	19.000	0.000	51.000	0.79	0.64	0.49	0.57	0.65	0.65	0.65	0.00
38	19.000	6.000	57.000	0.31	0.35	0.25	0.35	0.31	0.35	0.80	0.00
39	20.000	0.000	57.000	0.31	0.35	0.25	0.35	0.31	0.35	0.80	0.00
40	20.000	3.000	60.000	0.01	0.04	0.00	0.00	0.11	0.11	0.88	0.76

<p>SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500</p>		 <p>anas GRUPPO FS ITALIANE</p>
<p>CA357</p>	<p><i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i></p>	


15 ALLEGATO 5 – IMPALCATO - VERIFICA DELLE SALDATURE LONGITUDINALI DELLE TRAVI PRINCIPALI

LAVORO: SS131- L=60.0 m - 2 TRAVI
Verifica delle saldature longitudinali

Verifica saldature longitudinali	Var	unità	
resistenza a snervamento dell'acciaio delle anime	f_y	Mpa	355
Coefficiente beta 1	β_1		0.70
Coefficiente beta 2	β_2		0.85
Calcolo delle azioni per effetti locali			
peso proprio soletta	Qc1	kN/ml	43.6
permanenti portati	Qc2	kN/ml	25.9
Carico accidentale fattorizzato per verifiche SLU	Qik	kN	150
larghezza di diffusione in dir. longitudinale	Ld	m	1.24
Carico accidentale distribuito	Qik		121.0
Fattore parziale per verifiche SLU	γ_c		1.35
Carico complessivo fattorizzato	Qtot		257.1
Classe di resistenza a fatica per saldature longitudinali			
Coefficiente di resistenza parziale	$\Delta\tau_c$	Mpa	80.0
resistenza di calcolo a fatica	γ_{Mf}		1.35
	$\Delta\tau_c/\gamma_{Mf}$	Mpa	27.1

Sez	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	X lato (m)	a gola (m)	Vde (kN)	VERIFICHE SLU								VERIFICHE A FATICA						
							fibra B			fibra C					fibra B				fibra C		
							Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver SLU	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	σ_{per} (Mpa)	sid (Mpa)	Ver SLU	ΔVde (kN)	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver fat	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver fat
1	1.000	0.000	0.000	0.011	0.008	6103.8	0.24957	97.92	OK!	0.22354	87.71	16.53	89.3	OK!	413.4	0.24957	6.63	OK!	0.25200	6.70	OK!
2	1.000	3.000	3.000	0.011	0.008	5566.7	0.24957	89.31	OK!	0.22354	79.99	16.53	81.7	OK!	398.3	0.24957	6.39	OK!	0.25200	6.45	OK!
3	2.000	0.000	3.000	0.011	0.008	5566.5	0.24957	89.30	OK!	0.22354	79.99	16.53	81.7	OK!	398.3	0.24957	6.39	OK!	0.25200	6.45	OK!
4	2.000	3.000	6.000	0.011	0.008	5036.2	0.24957	80.80	OK!	0.22354	72.37	16.53	74.2	OK!	388.7	0.24957	6.24	OK!	0.25200	6.30	OK!
5	3.000	0.000	6.000	0.011	0.008	5036.0	0.24957	80.79	OK!	0.22354	72.37	16.53	74.2	OK!	388.7	0.24957	6.24	OK!	0.25200	6.30	OK!
6	3.000	4.500	10.500	0.011	0.008	4253.1	0.24957	68.23	OK!	0.22354	61.12	16.53	63.3	OK!	380.1	0.24957	6.10	OK!	0.25200	6.16	OK!
7	4.000	0.000	10.500	0.010	0.007	4252.9	0.28827	86.69	OK!	0.24634	74.08	18.18	76.3	OK!	380.1	0.28827	7.75	OK!	0.22304	5.99	OK!
8	4.000	1.500	12.000	0.010	0.007	3987.1	0.28827	81.27	OK!	0.24634	69.45	18.18	71.8	OK!	379.5	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
9	5.000	0.000	12.000	0.010	0.007	3987.1	0.28827	81.27	OK!	0.24634	69.45	18.18	71.8	OK!	379.5	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
10	5.000	3.000	15.000	0.010	0.007	3460.7	0.28827	70.54	OK!	0.24634	60.28	18.18	63.0	OK!	379.6	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
11	6.000	0.000	15.000	0.010	0.007	3460.5	0.28827	70.54	OK!	0.24634	60.28	18.18	63.0	OK!	379.5	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
12	6.000	3.000	18.000	0.010	0.007	2940.9	0.28827	59.95	OK!	0.24634	51.23	18.18	54.4	OK!	379.6	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
13	7.000	0.000	18.000	0.010	0.007	2940.7	0.28827	59.94	OK!	0.24634	51.23	18.18	54.4	OK!	379.5	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
14	7.000	5.500	23.500	0.010	0.007	2005.7	0.28827	40.88	OK!	0.24634	34.94	18.18	39.4	OK!	379.6	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
15	8.000	0.000	23.500	0.010	0.007	2005.5	0.28848	40.91	OK!	0.25600	36.30	18.18	40.6	OK!	379.5	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
16	8.000	0.500	24.000	0.010	0.007	1920.9	0.28848	39.18	OK!	0.25600	34.77	18.18	39.2	OK!	379.5	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
17	9.000	0.000	24.000	0.010	0.007	1920.9	0.28848	39.18	OK!	0.25600	34.77	18.18	39.2	OK!	379.5	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
18	9.000	3.000	27.000	0.010	0.007	1416.9	0.28848	28.90	OK!	0.25600	25.65	18.18	31.4	OK!	379.6	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
19	10.000	0.000	27.000	0.010	0.007	1416.7	0.28848	28.90	OK!	0.25600	25.64	18.18	31.4	OK!	379.5	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
20	10.000	3.000	30.000	0.010	0.007	919.5	0.28848	18.76	OK!	0.25600	16.65	18.18	24.6	OK!	379.6	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
21	11.000	0.000	30.000	0.010	0.007	919.3	0.28848	18.75	OK!	0.25600	16.64	18.18	24.6	OK!	379.5	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
22	11.000	3.000	33.000	0.010	0.007	1416.7	0.28848	28.90	OK!	0.25600	25.64	18.18	31.4	OK!	379.6	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
23	12.000	0.000	33.000	0.010	0.007	1416.7	0.28848	28.90	OK!	0.25600	25.64	18.18	31.4	OK!	379.5	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
24	12.000	3.000	36.000	0.010	0.007	1920.8	0.28848	39.18	OK!	0.25600	34.77	18.18	39.2	OK!	379.6	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
25	13.000	0.000	36.000	0.010	0.007	1920.9	0.28848	39.18	OK!	0.25600	34.77	18.18	39.2	OK!	379.5	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
26	13.000	0.500	36.500	0.010	0.007	2005.5	0.28848	40.91	OK!	0.25600	36.30	18.18	40.6	OK!	379.5	0.28848	7.74	OK!	0.21531	5.78	OK!
27	14.000	0.000	36.500	0.010	0.007	2005.5	0.28827	40.88	OK!	0.24634	34.93	18.18	39.4	OK!	379.5	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
28	14.000	2.500	39.000	0.010	0.007	2427.8	0.28827	49.49	OK!	0.24634	42.29	18.18	46.0	OK!	379.5	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!

Sez	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	X lato (m)	a gola (m)	Vde (kN)	VERIFICHE SLU								VERIFICHE A FATICA						
							fibra B			fibra C					fibra B			fibra C			
							Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver SLU	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	σper (Mpa)	sid (Mpa)	Ver SLU	ΔVde (kN)	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver fat	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver fat
29	15.000	0.000	39.000	0.010	0.007	2427.8	0.28827	49.49	OK!	0.24634	42.29	18.18	46.0	OK!	379.5	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
30	15.000	3.000	42.000	0.010	0.007	2940.7	0.28827	59.94	OK!	0.24634	51.22	18.18	54.4	OK!	379.6	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
31	16.000	0.000	42.000	0.010	0.007	2940.7	0.28827	59.94	OK!	0.24634	51.23	18.18	54.4	OK!	379.5	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
32	16.000	3.000	45.000	0.010	0.007	3460.4	0.28827	70.54	OK!	0.24634	60.28	18.18	63.0	OK!	379.6	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
33	17.000	0.000	45.000	0.010	0.007	3460.5	0.28827	70.54	OK!	0.24634	60.28	18.18	63.0	OK!	379.5	0.28827	7.74	OK!	0.22304	5.99	OK!
34	17.000	4.500	49.500	0.010	0.007	4252.8	0.28827	86.69	OK!	0.24634	74.08	18.18	76.3	OK!	380.1	0.28827	7.75	OK!	0.22304	5.99	OK!
35	18.000	0.000	49.500	0.011	0.008	4252.9	0.24957	68.23	OK!	0.22354	61.11	16.53	63.3	OK!	380.1	0.24957	6.10	OK!	0.25200	6.16	OK!
36	18.000	1.500	51.000	0.011	0.008	4512.2	0.24957	72.39	OK!	0.22354	64.84	16.53	66.9	OK!	381.7	0.24957	6.12	OK!	0.25200	6.18	OK!
37	19.000	0.000	51.000	0.011	0.008	4512.2	0.24957	72.39	OK!	0.22354	64.84	16.53	66.9	OK!	381.7	0.24957	6.12	OK!	0.25200	6.18	OK!
38	19.000	6.000	57.000	0.011	0.008	5566.4	0.24957	89.30	OK!	0.22354	79.99	16.53	81.7	OK!	398.3	0.24957	6.39	OK!	0.25200	6.45	OK!
39	20.000	0.000	57.000	0.011	0.008	5566.5	0.24957	89.30	OK!	0.22354	79.99	16.53	81.7	OK!	398.3	0.24957	6.39	OK!	0.25200	6.45	OK!
40	20.000	3.000	60.000	0.011	0.008	6103.8	0.24957	97.92	OK!	0.22354	87.71	16.53	89.3	OK!	413.4	0.24957	6.63	OK!	0.25200	6.70	OK!

<p>SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500</p>		
<p>CA357</p>	<p><i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i></p>	

**16 ALLEGATO 6 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - VERIFICA DELLE
 CONNESSIONI A PIOLI**

LAVORO: SS131- L=60.0 m - 2 TRAVI

Verifica delle piolature

Table with columns: Var, unità, values. Includes rows for resistance of connectors (resistenza a rottura dell'acciaio del piolo, coefficiente di resistenza parziale, etc.)

Table with columns: Azioni concentrate alle estremità, kN, Ritiro, Var.Ter.+ Var.Ter.-. Includes rows for Sforzo normale, yG-yGc, yG-yGa, etc.

Table with columns: Var, unità, values. Includes rows for resistance of the pier (componente acciaio/cls), SLU (min(PRD,a;PRD,c)), KS, and SLE (ks x Prd).

Table with columns: Fattori lambda - Danneggiamento equivalente, Var, unità. Includes rows for traffic type, project life, average weight, etc.

Table with columns: Dati per verifiche a fatica - Danneggiamento equivalente, Var, unità. Includes rows for fatigue resistance class, partial amplification coefficient, etc.

Table with columns: Resistenza di calcolo a fatica pioli Dtr_rid, Resistenza di calcolo a piattabanda superiore Dse_rid, Δtc/(γMf x γFf), Mpa, values.

coeff. Par. 1.20, coeff. Par. 0.90, coeff. Par. 0.90

Large table with columns: Verifiche SLU, Cedimenti vincolari, Ritiro, Var. Ter.+, Var. Ter.-, Carichi mobili, Combinazioni, Involuppi. Includes rows for various pier sections (Sez 1-34) with detailed load and resistance data.

Table with columns: Cedimenti vincolari, Permanenti portati, Ced1, Ced2. Contains specific settlement and permanent load data for pier sections.

coeff. Par. 1.00 coeff. Par. 0.60 coeff. Par. 0.60


Modello di carico di fatica

LM3

Verifiche SLE																	Verifiche a Fatica						Risultati					
Ritiro		Var. Ter.+		Var. Ter.-		Carichi mobili				Combinazioni				Involuppi		λ1	λmax	λ	ΔτE	ΔσE	ΔτE/Δτ_rid ≤1.0	ΔσE/Δσ_rid ≤1.0	Interazione ≤1.3	c.u.	FS_max	Status	Condizione Dominante	
azioni alle estremità	iperstatico	azioni alle estremità	iperstatico	azioni alle estremità	iperstatico	CMmax	CMmin	CVmax	CVmin	Vento	C1 Mmax	C2 Mmax	C1 Vmax	C2 Vmax	Sd													c.u.
Sdrit_cod e (kN)	Sdrit3 (kN)	SdDT+_code (kN)	SdDT+3 (kN)	SdDT-_code (kN)	SdDT-3 (kN)	SdCMmax (kN)	SdCMmin (kN)	SdCVmax (kN)	SdCVmin (kN)	Sdq5 (kN)	SdC1 (kN)	SdC2 (kN)	SdC1 (kN)	SdC2 (kN)	Sd (kN)	c.u.	λ1	λmax	λ	ΔτE	ΔσE	ΔτE/Δτ_rid ≤1.0	ΔσE/Δσ_rid ≤1.0	Interazione ≤1.3	c.u.	FS_max	Status	Condizione Dominante
128.4	0.0	-46.4	0.0	46.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-562.7	-5.4	-26.3	-247.7	-589.0	-810.3	810.3	0.49	0.00	0.00	0.00	18.0	0.0	0.23	0.00	0.23	0.23	0.50	OK!	Res.SLU
59.9	0.0	-21.7	0.0	21.7	0.0	-519.3	0.0	11.2	-520.1	-4.9	-618.8	-722.1	-619.6	-722.9	722.9	0.44	0.00	0.00	0.00	17.4	0.0	0.22	0.00	0.22	0.22	0.45	OK!	Res.SLU
59.9	0.0	-21.7	0.0	21.7	0.0	-519.3	0.0	11.2	-520.0	-4.9	-618.8	-722.1	-619.5	-722.8	722.8	0.44	0.00	0.00	0.00	17.4	0.0	0.22	0.00	0.22	0.22	0.45	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-475.9	0.0	26.6	-479.0	-4.3	-636.9	-636.9	-639.9	-639.9	639.9	0.39	0.00	0.00	0.00	16.9	0.0	0.22	0.00	0.22	0.22	0.39	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-475.9	0.0	26.6	-478.9	-4.3	-636.8	-636.8	-639.9	-639.9	639.9	0.39	0.00	0.00	0.00	16.9	0.0	0.22	0.00	0.22	0.22	0.39	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-410.8	0.0	52.6	-420.1	-3.5	-541.6	-541.6	-550.9	-550.9	550.9	0.34	0.00	0.00	0.00	16.6	0.0	0.21	0.00	0.21	0.21	0.34	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-375.0	0.0	48.0	-383.5	-3.2	-490.8	-490.8	-499.3	-499.3	499.3	0.41	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.41	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-355.2	0.0	56.6	-366.2	-3.0	-462.1	-462.1	-473.2	-473.2	473.2	0.38	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.39	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-355.2	0.0	56.6	-366.2	-3.0	-462.1	-462.1	-473.2	-473.2	473.2	0.38	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.39	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-315.6	0.0	74.8	-332.9	-2.5	-404.7	-404.7	-422.0	-422.0	422.0	0.34	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.35	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-195.7	0.0	74.8	-332.8	-2.5	-284.9	-284.9	-421.9	-421.9	421.9	0.34	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.35	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-276.0	0.0	94.4	-300.8	-2.0	-347.3	-347.3	-372.1	-372.1	372.1	0.30	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.31	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-156.1	0.0	94.4	-300.8	-2.0	-227.4	-227.4	-372.1	-372.1	372.1	0.30	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.31	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-203.3	0.0	133.9	-245.7	-1.1	-241.9	-241.9	-284.3	-284.3	284.3	0.23	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.26	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-81.8	0.0	131.2	-240.8	-1.0	-119.1	-119.1	-278.1	-278.1	278.1	0.23	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-75.3	0.0	134.9	-236.1	-1.0	-109.8	-109.8	-270.5	-270.5	270.5	0.22	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-75.3	0.0	134.9	-236.1	-1.0	-109.8	-109.8	-270.5	-270.5	270.5	0.22	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-154.0	0.0	158.2	-208.8	-0.5	-171.2	-171.2	-226.0	-226.0	226.0	0.18	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-36.5	0.0	158.2	-208.8	-0.5	-53.7	-53.7	-226.0	-226.0	226.0	0.18	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-115.1	0.0	182.8	-182.8	0.0	0.0	0.0	182.8	182.8	182.8	0.15	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	182.8	-182.8	0.0	2.3	2.3	182.8	182.8	182.8	0.15	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.5	0.0	208.8	-158.2	0.5	53.7	53.7	226.0	226.0	226.0	0.18	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.5	0.0	208.8	-158.2	0.5	53.7	53.7	226.0	226.0	226.0	0.18	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.3	0.0	236.1	-135.0	1.0	109.7	109.7	270.5	270.5	270.5	0.22	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.3	0.0	236.1	-134.9	1.0	109.8	109.8	270.5	270.5	270.5	0.22	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.8	0.0	240.8	-131.2	1.0	119.1	119.1	278.1	278.1	278.1	0.23	0.00	0.00	0.00	19.8	0.0	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83.5	0.0	245.7	-133.9	1.1	122.1	122.1	284.3	284.3	284.3	0.23	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.26	OK!	Fatica
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116.5	0.0	270.2	-115.3	1.5	170.0	170.0	323.6	323.6	323.6	0.26	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.26	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116.5	0.0	270.2	-115.3	1.5	170.0	170.0	323.6	323.6	323.6	0.26	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.26	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	156.1	0.0	300.8	-94.4	2.0	227.4	227.4	372.1	372.1	372.1	0.30	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.26	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	156.1	0.0	300.8	-94.4	2.0	227.4	227.4	372.1	372.1	372.1	0.30	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.26	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	195.7	0.0	332.8	-74.8	2.5	284.8	284.8	421.9	421.9	421.9	0.34	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.26	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	315.6	0.0	332.8	-74.8	2.5	404.7	404.7	421.9	421.9	421.9	0.34	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.26	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	255.1	0.0	383.4	-48.0	3.2	371.0	371.0	499.3	499.3	499.3	0.41	0.00	0.00	0.00	20.2	0.0	0.26	0.00	0.26	0.26	0.26	OK!	Res.SLU

Verifiche SLU																															
				Cedimenti vincolari		Ritiro		Var. Ter.+		Var. Ter.-		Carichi mobili				Combinazioni				Involuppi		Cedimenti vincolari									
				permanenti portati	Ced1	Ced2	azioni alle estremità	iperstatico	azioni alle estremità	iperstatico	azioni alle estremità	iperstatico	CMmax	CMmin	CVmax	CVmin	Vento	C1 Mmax	C2 Mmax	C1 Vmax	C2 Vmax	Involuppi		permanenti portati	Ced1	Ced2					
Sez	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Sx/lx (m-1)	Sx/lx (m-1)	Sx/lx (m-1)	passo pioli (m)	n. effettivo pioli per fila	Sd2 (kN)	Sdced1 (kN)	Sdced2 (kN)	Sdrit_cod e (kN)	Sdrit3 (kN)	SdDT+_code (kN)	SdDT+3 (kN)	SdDT-_code (kN)	SdDT-3 (kN)	SdCMmax (kN)	SdCMmin (kN)	SdCVmax (kN)	SdCVmin (kN)	Sdq5 (kN)	SdC1 (kN)	SdC2 (kN)	SdC1 (kN)	SdC2 (kN)	Sd (kN)	c.u.	Sd2 (kN)	Sdced1 (kN)	Sdced2 (kN)
35	18.000	0.000	49.500	0.25200	0.24925	0.30004	0.20	4	171.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	554.5	0.0	567.1	-71.0	5.3	731.6	731.6	744.1	744.1	744.1	0.34	127.3	0.0	0.0
36	18.000	1.500	51.000	0.25200	0.24925	0.30004	0.20	4	185.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	583.8	0.0	593.0	-58.8	5.7	774.6	774.6	783.7	783.7	783.7	0.36	137.1	0.0	0.0
37	19.000	0.000	51.000	0.25200	0.24925	0.30004	0.20	4	185.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	583.8	0.0	593.0	-58.8	5.7	774.6	774.6	783.7	783.7	783.7	0.36	137.1	0.0	0.0
38	19.000	6.000	57.000	0.25200	0.24925	0.30004	0.20	4	237.9	0.0	0.0	-71.9	0.0	32.5	0.0	-32.5	0.0	523.8	0.0	702.0	-15.2	7.3	664.6	801.5	842.8	979.7	979.7	0.45	176.2	0.0	0.0
39	20.000	0.000	57.000	0.25200	0.24925	0.30004	0.20	4	237.9	0.0	0.0	-71.9	0.0	32.5	0.0	-32.5	0.0	701.0	0.0	702.1	-15.2	7.3	841.8	978.7	842.8	979.8	979.8	0.45	176.2	0.0	0.0
40	20.000	3.000	60.000	0.25200	0.24925	0.30004	0.20	4	264.3	0.0	0.0	-154.1	0.0	69.7	0.0	-69.7	0.0	759.6	0.0	759.6	0.0	8.1	808.3	1101.7	808.3	1101.7	1101.7	0.50	195.8	0.0	0.0

Verifiche SLE																	Verifiche a Fatica							Risultati				
Ritiro		Var. Ter.+		Var. Ter.-		Carichi mobili				Combinazioni				Inviluppi														
azioni alle estremità	iperstatico	azioni alle estremità	iperstatico	azioni alle estremità	iperstatico	CMmax	CMmin	CVmax	CVmin	Vento	C1 Mmax	C2 Mmax	C1 Vmax	C2 Vmax	Sd (kN)	c.u.	λ_1	λ_{max}	λ	$\Delta\tau E$	$\Delta\sigma E$	$\frac{\Delta\tau E}{\Delta\tau_{rid}} \leq 1.0$	$\frac{\Delta\sigma E}{\Delta\sigma_{rid}} \leq 1.0$	Interazione ≤ 1.3	c.u.	FS_max	Status	Condizione Dominante
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	410.8	0.0	420.0	-52.6	3.5	541.6	541.6	550.8	550.8	550.8	0.34	0.00	0.00	0.00	16.6	0.0	0.21	0.00	0.21	0.21	0.34	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	432.5	0.0	439.3	-43.6	3.8	573.3	573.3	580.1	580.1	580.1	0.35	0.00	0.00	0.00	16.6	0.0	0.21	0.00	0.21	0.21	0.36	OK!	Res.SLU
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	432.5	0.0	439.3	-43.6	3.8	573.3	573.3	580.1	580.1	580.1	0.35	0.00	0.00	0.00	16.6	0.0	0.21	0.00	0.21	0.21	0.36	OK!	Res.SLU
-59.9	0.0	21.7	0.0	-21.7	0.0	388.0	0.0	520.0	-11.3	4.9	487.5	590.8	619.5	722.8	722.8	0.44	0.00	0.00	0.00	17.4	0.0	0.22	0.00	0.22	0.22	0.45	OK!	Res.SLU
-59.9	0.0	21.7	0.0	-21.7	0.0	519.3	0.0	520.0	-11.2	4.9	618.8	722.1	619.5	722.8	722.8	0.44	0.00	0.00	0.00	17.4	0.0	0.22	0.00	0.22	0.22	0.45	OK!	Res.SLU
-128.4	0.0	46.4	0.0	-46.4	0.0	562.7	0.0	562.7	0.0	5.4	589.0	810.3	589.0	810.3	810.3	0.49	0.00	0.00	0.00	18.0	0.0	0.23	0.00	0.23	0.23	0.50	OK!	Res.SLU

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 GRUPPO FS ITALIANE
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

17 ALLEGATO 7 – SOTTOSTRUTTURE: SPALLA SPA

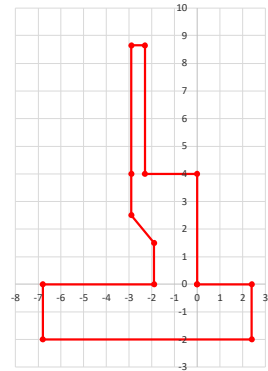
LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX

Dati e risoluzione della palificata

Caratteristiche geometriche elevazione

N.B. Origine mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Lx sup (m)	Lx inf (m)	Ly (m)	h (m)	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)
Paragliaia - 1	0.60	0.60	10.76	4.65	-2.30	0.00	4.00
Muro frontale - 2	2.90	2.90	10.76	1.50	0.00	0.00	2.50
Muro frontale - 3	2.90	1.90	10.76	1.00	0.00	0.00	1.50
Muro frontale - 4	1.90	1.90	10.76	1.50	0.00	0.00	0.00
Muro risvolto posteriore sx - 1	3.90	3.90	0.60	4.78	-2.90	-5.08	4.00
Muro risvolto posteriore sx - 2	3.90	3.90	0.60	1.50	-2.90	-5.08	2.50
Muro risvolto posteriore sx - 3	3.90	4.90	1.00	1.00	-1.90	-4.88	1.50
Muro risvolto posteriore sx - 4	4.90	4.90	1.00	1.50	-1.90	-4.88	0.00
Muro risvolto posteriore dx - 1	3.90	3.90	0.60	4.52	-2.90	5.08	4.00
Muro risvolto posteriore dx - 2	3.90	3.90	0.60	1.50	-2.90	5.08	2.50
Muro risvolto posteriore dx - 3	3.90	4.90	1.00	1.00	-1.90	4.88	1.50
Muro risvolto posteriore dx - 4	4.90	4.90	1.00	1.50	-1.90	4.88	0.00
Cordolo risvolto sx	3.90	3.90	0.35	0.50	-2.90	-4.61	8.53
Cordolo risvolto dx	3.90	3.90	0.35	0.50	-2.90	4.61	8.27
Orecchia sx - 1	3.50	3.50	0.60	0.70	-6.80	-5.08	8.08
Orecchia sx - 2	3.50	0.00	0.60	2.33	-6.80	-5.08	5.75
Orecchia dx - 1	3.50	3.50	0.60	0.70	-6.80	5.08	7.82
Orecchia dx - 2	3.50	0.00	0.60	2.33	-6.80	5.08	5.49



Caratteristiche geometriche fondazione

N.B. Origine mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Lx (m)	Ly (m)	h (m)	Disx (m)	Disy (m)
Zattera di fondazione	9.20	12.80	2.00	-2.40	0.00

Caratteristiche geometriche complessive muro frontale (Paragliaia+Muro frontale)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Hfron	m	8.65
Altezza complessiva elevazione	Afron	m	12.39
Area sezione trasversale	Vfron	mc	133.32
Volume c.a.	Xg fron	m	-1.55
Xbaricentro	Yg fron	m	0.00
Ybaricentro	Zg fron	m	3.13
Zbaricentro	Lxinf/2	m	0.95
Dis. spigolo ant. Baric. spiccato			

Caratteristiche geometriche complessive elevazione (Paragliaia+Muro frontale+muri risvolto +Cordoli risvolto+Orecchie+Velette+Speroni)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Vele	mc	194.80
Volume c.a.	Xg ele	m	-2.65
Xbaricentro	Yg ele	m	-0.02
Ybaricentro	Zg ele	m	3.48
Zbaricentro			

Caratteristiche geometriche complessive fondazione

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Descrizione	Vfon	mc	235.52
Volume c.a.	Xg fon	m	-4.60
Xbaricentro	Yg fon	m	0.00
Ybaricentro	Zg fon	m	1.00
Zbaricentro			

Note:

- Lx sup: lunghezza in direzione x della faccia superiore
- Lx inf: lunghezza in direzione y della faccia inferiore
- h: altezza del parallelepipedo
- Dx: distanza in dir. X tra faccia anteriore e faccia muro frontale
- Dy: distanza in dir. Y tra mezzeria parallelepipedo e mezzeria muro frontale
- Dz: distanza in dir. Z tra faccia inferiore e spiccato muro frontale
- Disx: Disassamento in dir. X mezzeria faccia anteriore muro frontale rispetto a mezzeria faccia anteriore zattera di fondazione
- Disy: Disassamento in dir. Y mezzeria faccia anteriore muro frontale rispetto a mezzeria faccia anteriore zattera di fondazione

Caratteristiche terreno di rinterro a tergo spalla

Descrizione	fir	deg	35.0
Angolo d'attrito	γ	kN/mc	18.0
peso di volume	ka		0.271
Coefficiente di spinta attiva (Rankine)	k0		0.426
Coefficiente di spinta a riposo	Tip spinta		2
Condizioni di spinta: 1 - attiva; 2 - riposo	K		0.426
Coefficiente di spinta di calcolo			

Caratteristiche geometriche complessive rinterro

Descrizione	Lx sup (m)	Lx inf (m)	Ly (m)	h (m)	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)
Rinterro - 1	3.90	3.90	9.56	4.65	-2.90	0.00	4.00
Rinterro - 2	3.90	3.90	9.56	1.50	-2.90	0.00	2.50
Rinterro - 3	3.90	4.90	8.76	1.00	-1.90	0.00	1.50
Rinterro - 4	4.90	4.90	8.76	1.50	-1.90	0.00	0.00

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Descrizione	Vrin	mc	332.23
Volume rinterro	Xg rin	m	-7.07
Xbaricentro	Yg rin	m	0.00
Ybaricentro	Zg rin	m	6.22
Zbaricentro			

Dati sovraccarico terrapieno

Descrizione	Q	kN/mq	20.0
sovraccarico			

AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Rispetto al baricentro della palificata

Peso proprio spalla			
Peso proprio spalla	Fzg1	kN	10758
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-2209
Momento trasversale	Mxg1	kNm	77.3
Peso terreno su fondazione			
Peso rinterro	Fzg2	kN	5980
Momento longitudinale	Myg2	kNm	-14754
Momento trasversale	Mxg2	kNm	0.0
Spinta statica del terreno			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	5572
Momento longitudinale	Myg3	kNm	19780
Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	1163
Carico verticale	Fzg3	kN	746
Momento longitudinale	Myg3	kNm	4215
Azioni sismiche			
parametri sismici			
Categoria di suolo fondazione	Cat		B
Fattore Ss			1.20
Fattore St			1.0
Fattore S	S		1.20
Valore di ag/g	ag/g		0.061
fattore bm	βm		1.00
Coefficiente sismico orizzontale	kh		0.073

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX

Dati e risoluzione della palificata

Coefficiente sismico verticale	kv	0.037	
Struttura che ammette spostamenti: 1 - si; 2 - no	Tip_spost	1	
Spinte del terreno in caso sismico (Mononobe-Okabe) - ipotesi struttura che ammette spostamenti (q6.1)			
angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del paramento	ψ	deg	90
angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del terrapieno	β	deg	0
angolo d'attrito terra-muro	δ	deg	0
Altezza del terrapieno	H	m	10.65
peso specifico del terreno	γ^*	kN/mc	18.0
tangente teta a= kh/(1+kv)	tan θ a		0.071
angolo teta a	θ a	deg	4.0
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-a		0.310
tangente teta b= kh/(1-kv)	tan θ b		0.076
angolo teta b	θ b	deg	4.3
coefficiente di spinta attiva Ka-b	Ka-b		0.313
Spinta totale del terreno -a	Ed-a	kN	4199.3
Spinta totale del terreno -b	Ed-b	kN	3942.7
Spinta massima in caso sismico	Ed	kN	4199.3
altezza di applicazione	H	kN	5.33
Momento longitudinale	MyDP	kNm	22362
Spinte complessive del terreno in caso sismico di calcolo			
Condizioni di spinta adottate: Struttura che ammette spostamenti (Mononobe - Okabe)			
Spinta del terreno	Es	kN	4199
Momento longitudinale	MyEs	kNm	22362
Forze inerziali			
<i>Sisma longitudinale</i>			
Forza orizzontale longitudinale	FxE.2x	kN	1225
Momento longitudinale	MyE.2x	kNm	5108
<i>Sisma trasversale</i>			
Forza orizzontale trasversale	FyE.2y	kN	1225
Momento trasversale	MxE.2y	kNm	5108
<i>Sisma verticale</i>			
Forza verticale	FzE.2z	kN	-613
Momento longitudinale	MyE.2z	kNm	621
Momento trasversale	MxE.2z	kNm	3

K0 statica e Mononobe-Okabe Sismica - OK

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Altezza appoggi + baggioli + muro frontale + fondazioni	6.75				
Distanza asse appoggi - asse fondazione	1.20				
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1a	Peso proprio impalcato	0	0	3823	0
g2a	Perm. portati - impalcato	0	0	1431	-502
e4	Cedimenti differenziali - MAX	0	0	0	0
e2	ritiro	0	0	0	0
q1a	CMOB-Nmax - sx	0	0	2549	3674
q1b	CMOB-Mtmax - sx	0	0	2061	5064
q1c	CMOB-Nmax - dx	0	0	3299	-3674
q1d	CMOB-Mtmax - dx	0	0	2061	-5064
q3	Frenatura	0	0	0	0
q4a	Forza centrifuga Nmax	0	0	0	0
q4b	Forza centrifuga Mtmax	0	0	0	0
q5a	Vento Impalcato scarico	0	354	0	1017
q5b	Vento Impalcato carico	0	436	0	1471
q7a	Var. termica positiva	0	0	0	0
q7b	Var. termica negativa	0	0	0	0
q9	Resistenze passive vincoli	158	0	0	0
Ex	Sisma longitudinale	0	0	0	0
Ey	Sisma trasversale	0	385	0	1310
Ez	Sisma verticale	0	0	318	0

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

Coordinate baricentro pali	=	4.60	coordinata x		
x	=	0.00	coordinata y		
y	=	0.00	coordinata z		
z	=				
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1a	Peso proprio impalcato	0	0	3823	-4587
g1b-sp	Peso proprio spalla	0	0	10758	2209
g2a	Perm. portati - impalcato	0	0	1431	-502
g2b-sp	Perm. portati - Rinterro	0	0	5980	-1717
g3-sp	spinta statiche del terreno	5572	0	0	14754
e4	Cedimenti differenziali - MAX	0	0	0	-19780
e2	ritiro	0	0	0	0
q1a	CMOB-Nmax - sx	0	0	2549	3674
q1b	CMOB-Mtmax - sx	0	0	2061	5064
q1c	CMOB-Nmax - dx	0	0	3299	-3673
q1d	CMOB-Mtmax - dx	0	0	2061	-5063
q1e-sp	carico vert. Da traffico sul rilevato	1163	0	746	-4215
q3	Frenatura	0	0	0	0
q4a	Forza centrifuga Nmax	0	0	0	0
q4b	Forza centrifuga Mtmax	0	0	0	0
q5a	Vento Impalcato scarico	0	354	0	3404
q5b	Vento Impalcato carico	0	436	0	4413
q7a	Var. termica positiva	0	0	0	0
q7b	Var. termica negativa	0	0	0	0
q9	Resistenze passive vincoli	158	0	0	-1064
Ex	Sisma longitudinale	0	0	0	0
Ey	Sisma trasversale	0	385	0	3906
Ez	Sisma verticale	0	0	318	-382
E.1x-sp	spinta del terreno in fase sismica	4199	0	0	-22362
E.2x-sp	Forze inerziali longitudinali spalla	1225	0	0	-5108
E.2y-sp	Forze inerziali trasversali spalla	0	1225	0	5108
E.2z-sp	Forze inerziali verticali spalla	0	0	-613	-621

COMBINAZIONI DI CARICO

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

					q1										q3					
g1a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1b-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX

Calcolo e verifica zattera di fondazione

MENSOLA ANTERIORE

Modello di calcolo:

Tirante - puntone

Dati	var	unità	
Altezza della mensola	h	m	2.00
numero di file che caricano la mensola	np		1
distanza tra palo 1° fila e sezione di incastro	a1	m	1.40
distanza tra palo 2° fila e sezione di incastro	a2	m	
copriferro	c	m	0.145
larghezza puntone	b	m	2.80
larghezza collaborante	bt	m	2.80
resistenza a compressione caratteristica cls	Rck	Mpa	40
resistenza a compressione caratteristica cls	fck	Mpa	32
resistenza di calcolo cls	fcd	Mpa	18.1
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
altezza della mensola ridotta	d	m	1.86
lunghezza del tirante 1° palo	l1	m	1.77
fattore lambda ($l1 / 0.9d$) = arctan ψ	$\lambda 1$		1.06
lunghezza del tirante 2° palo	l2	m	0.37
fattore lambda ($l2 / 0.9d$) = arctan ψ	$\lambda 2$		0.22
fattore c (1.0 no staffe - 1.5 staffe)	c		1.0
Classe di esposizione	CIE		XA1
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Armatura mensola anteriore	passo	n.barre	ϕ	c	As
sezione di larghezza pari a bt	cm	bt/pass	mm	m	mmq
primo strato dal basso	20	14	26	0.079	7433
secondo strato dal basso	20	14	26	0.145	7433
terzo strato dal basso	20	14	26	0.211	7433
quarto strato dal basso	0	0	26	0.277	0
Armatura effettivamente disposta			26	0.145	22299

VERIFICA SLU

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	Asmin	Nmax
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	mmq	kN
SLU-STR	4051.0	0.0	774.1	4641.6	11862	6378.9
SLU-SIS	2517.6	0.0	466.9	2870.5	7336	3944.9
				4641.6	11862	6378.9

Armatura effettivamente adottata	As	mmq	22299	OK!
Resistenza del tirante	Rt	kN	8725.7	
Coefficiente di utilizzo lato acciaio	c.u.acc		53%	OK!
Resistenza del puntone	Rc	kN	25842.3	
Coefficiente di utilizzo lato calcestruzzo	c.u.cls		25%	OK!

VERIFICA SLE-CARATTERISTICA

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	σ_s
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	Mpa
SLE-CARATTERISTICA	2996.6	0.0	574.7	3435.7	154

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX

Calcolo e verifica zattera di fondazione

Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		43%	OK!

VERIFICA SLE-FREQUENTE

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	σ_s
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	Mpa
SLE-FREQUENTE	2742.4	0.0	550.1	3168.3	142

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
Tensione limite ammissibile per barre f	σ_{slim}	MPa	194.3	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		73%	OK!

VERIFICA SLE-QUASI PERMANENTE

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	σ_s
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	Mpa
SLE-QUASI PERMANENTE	2200.2	0.0	477.4	2578.0	116

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1
Tensione limite ammissibile per barre f	σ_{slim}	MPa	155.6	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		74%	OK!

MENSOLA POSTERIORE

Modello di calcolo:

Trave a mensola

Dati	var	unità	
Altezza della mensola	h	m	2.00
distanza tra palo 1° fila posteriore e sezione di incastro	a1	m	3.90
distanza tra palo 2° fila posteriore e sezione di incastro	a2	m	0.30
distanza tra palo 3° fila posteriore e sezione di incastro	a3	m	
distanza tra palo 4° fila posteriore e sezione di incastro	a4	m	
larghezza sezione di calcolo	b	m	3.60
resistenza a compressione caratteristica cls	Rck	Mpa	40
resistenza di calcolo cls	fcd	Mpa	18.1
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XA1
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Armatura superiore mensola posteriore	passo	n.barre	ϕ	c	As
sezione di larghezza unitaria	cm	1.0/pass	mm	m	mmq
primo strato dall'alto	10	10	26	0.079	5309
secondo strato dall'alto	0	0	26	0.145	0
terzo strato dall'alto	0	0	26	0.211	0
quarto strato dall'alto	0	0	26	0.277	0
Armatura effettivamente disposta			26	0.079	5309

Armatura inferiore mensola posteriore	passo	n.barre	ϕ	c	As
sezione di larghezza unitaria	cm	1.0/pass	mm	m	mmq

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e verifica zattera di fondazione

primo strato dal basso	20	5	26	0.079	2655
secondo strato dal basso	0	0	26	0.145	0
terzo strato dal basso	0	0	26	0.211	0
quarto strato dal basso	0	0	26	0.277	0
Armatura effettivamente disposta			26	0.079	2655

VERIFICA SLU	fac	p kN/ml	V kN	M kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera (SLU-STR)	1.35	243.0	1191	2917.2
sollecitazioni dovute al peso del rinterro (SLU-STR)	1.35	756.7	3708	9084.2
sommano			4898.5	12001.4
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera (SLU-SIS)	1.0	180.0	882	2160.9
sollecitazioni dovute al peso del rinterro (SLU-SIS)	1.0	560.5	2747	6729.0
sommano			3628.5	8889.9

sollecitazioni dovute ai pali	R1 kN	R2 kN	R3 kN	R4 kN	V kN	M kNm
SLU-STR (MIN)	-1658.8	-2365.8	0.0	0.0	-4025	-7179.1
SLU-STR (MAX)	-2362.1	-3196.0	0.0	0.0	-5558	-10171.1
SLU-SIS (MIN)	-1133.0	-1588.8	0.0	0.0	-2722	-4895.4
SLU-SIS (MAX)	-2133.9	-2076.5	0.0	0.0	-4210	-8945.4

sollecitazioni risultanti	V kN	M kNm
SLU-STR (MIN)	874	4822
SLU-STR (MAX)	-660	1830
SLU-SIS (MIN)	907	3995
SLU-SIS (MAX)	-582	-55

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria	V kN/m	M kNm/m
SLU-STR (MIN)	243	1340
SLU-STR (MAX)	183	508
SLU-SIS (MIN)	252	1110
SLU-SIS (MAX)	162	-15

Armatura minima superiore richiesta	Afs_min	mmq/ml	1980	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq/ml	5309	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	3592	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		37%	OK!
Armatura minima inferiore	Afs_min	mmq/ml	22.8	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq/ml	2655	OK!
Momento Resistente	MR_inf	kNm/ml	-1796	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		1%	OK!

VERIFICA SLE-CARATTERISTICA	fac	p kN/ml	V kN	M kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera	1.0	180.0	882	2160.9

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e verifica zattera di fondazione

sollecitazioni dovute al peso del rinterro	1.0	560.5	2747	6729.0
sommano			3628.5	8889.9

sollecitazioni dovute ai pali	R1 kN	R2 kN	R3 kN	R4 kN	V kN	M kNm
SLE-CARATTERISTICA (MIN)	-1238.3	-1766.1	0.0	0.0	-3004	-5359.1
SLE-CARATTERISTICA (MAX)	-1732.0	-2359.2	0.0	0.0	-4091	-7462.5

sollecitazioni risultanti	V kN	M kNm
SLE-CARATTERISTICA (MIN)	624	3531
SLE-CARATTERISTICA (MAX)	-463	1427

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria	V kN/m	M kNm/m
SLE-CARATTERISTICA (MIN)	173	981
SLE-CARATTERISTICA (MAX)	129	396

Tasso di lavoro armature superiori	σ_{sup}	Mpa	107	
Tasso di lavoro armature inferiori	σ_{inf}	Mpa	0	
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo arm.superiori- Stato limite limit. tensioni	c.u.		30%	OK!
coefficiente di utilizzo arm.inferiori- Stato limite limit. tensioni	c.u.		0%	OK!

VERIFICA SLE-FREQUENTE	fac	p kN/ml	V kN	M kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera	1.0	180.0	882	2160.9
sollecitazioni dovute al peso del rinterro	1.0	560.5	2747	6729.0
sommano			3628.5	8889.9

sollecitazioni dovute ai pali	R1 kN	R2 kN	R3 kN	R4 kN	V kN	M kNm
SLE-FREQUENTE (MIN)	-1360.9	-1799.8	0.0	0.0	-3161	-5847.3
SLE-FREQUENTE (MAX)	-1609.4	-2175.9	0.0	0.0	-3785	-6929.4

sollecitazioni risultanti	V kN	M kNm
SLE-FREQUENTE (MIN)	468	3043
SLE-FREQUENTE (MAX)	-157	1960

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria	V kN/m	M kNm/m
SLE-FREQUENTE (MIN)	130	845
SLE-FREQUENTE (MAX)	44	545

Tasso di lavoro armature superiori	σ_{sup}	Mpa	92	
Tasso di lavoro armature inferiori	σ_{inf}	Mpa	0	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e verifica zattera di fondazione

Tensione limite ammissibile per barre f	26.0	(arm.sup)	σ_{slim}	MPa	194.3	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure			c.u.		47%	OK!
Tensione limite ammissibile per barre f	26.0	(arm.sup)	σ_{slim}	MPa	194.3	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure			c.u.		0%	OK!

VERIFICA SLE-QUASI PERMANENTE

	fac	p kN/ml	V kN	M kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera	1.0	180.0	882	2160.9
sollecitazioni dovute al peso del rinterro	1.0	560.5	2747	6729.0
sommano			3628.5	8889.9

sollecitazioni dovute ai pali	R1 kN	R2 kN	R3 kN	R4 kN	V kN	M kNm
SLE-QUASI PERMANENTE (MIN)	-1465.1	-1818.7	0.0	0.0	-3284	-6259.5
SLE-QUASI PERMANENTE (MAX)	-1492.9	-1846.6	0.0	0.0	-3340	-6376.5

sollecitazioni risultanti

	V kN	M kNm
SLE-QUASI PERMANENTE (MIN)	345	2630
SLE-QUASI PERMANENTE (MAX)	289	2513

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria

	V kN/m	M kNm/m
SLE-QUASI PERMANENTE (MIN)	96	731
SLE-QUASI PERMANENTE (MAX)	80	698

Tasso di lavoro armature superiori	sfsup	Mpa	80		
Tasso di lavoro armature inferiori	sfinf	Mpa	0		
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1	
Tensione limite ammissibile per barre f	26.0	(arm.sup)	σ_{slim}	MPa	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure			c.u.	51%	OK!
Tensione limite ammissibile per barre f	26.0	(arm.sup)	σ_{slim}	MPa	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure			c.u.	0%	OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e Verifica muro frontale

Dati	var	unità	
spessore muro frontale	smur	m	1.90
resistenza di calcolo acciaio armatura	f _{yd}	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

AZIONI TRASMESSE DAL MURO FRONTALE

Peso proprio spalla			
Peso proprio spalla	Fz _{g1}	kN	310
Momento longitudinale	My _{g1}	kNm	-186
Spinta statica del terreno			
Spinta in direzione longitudinale	Fx _{g3}	kN	287
Momento longitudinale	My _{g3}	kNm	828
Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato			
Spinta in direzione longitudinale	Fx _{g3}	kN	74
Momento longitudinale	My _{g3}	kNm	319
Azioni sismiche			
parametri sismici			
Categoria di suolo fondazione	Cat		B
Fattore S _s			1.20
Fattore S _t			1.00
Fattore S	S		1.20
Valore di ag/g	ag/g		0.061
fattore b _m	β _m		1.00
Coefficiente sismico orizzontale	kh		0.073
Coefficiente sismico verticale	kv		0.037

Struttura che ammette spostamenti: 1 - si; 2 - no	Tip_spost	1
---	-----------	---

K0 statica e Mononobe-Okabe Sismica - OK
Spinte del terreno in caso sismico (Mononobe-Okabe) - ipotesi struttura che ammette spostamenti (q6.1)

angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del paramento	ψ	deg	90
angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del terrapieno	β	deg	0
angolo d'attrito terra-muro	δ	deg	0
Altezza del terrapieno	H	m	8.65
peso specifico del terreno	γ*	kN/mc	18.0
tangente teta a= kh/(1+kv)	tanθ _a		0.071
angolo teta a	θ _a	deg	4.039
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-a		0.310
tangente teta b= kh/(1-kv)	tanθ _b		0.076
angolo teta b	θ _b	deg	4.345
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-b		0.313

Spinta totale del terreno -a	Ed-a	kN	216.4
Spinta totale del terreno -b	Ed-b	kN	203.2
Spinta massima in caso sismico	Ed	kN	216.4
altezza di applicazione	H	m	4.3
Momento longitudinale	MyDP	kNm	936.0

Spinta massima in caso sismico

Spinte del terreno in caso sismico Wood) - ipotesi struttura che non ammette spostamenti (q6.1)

Incremento di spinta del terreno	DP	kN	99
altezza di applicazione	H	m	4.3
Momento longitudinale	MyDP	kNm	426

Spinte complessive del terreno in caso sismico di calcolo

Condizioni di spinta adottate: Struttura che ammette spostamenti (Mononobe - Okabe)			
Spinta del terreno	Es	kN	216
Momento longitudinale	MyEs	kNm	936

Forze inerziali (q6.2)

Sisma longitudinale			
Forza orizzontale longitudinale	Fx _{q6.2x}	kN	23
Momento longitudinale	My _{q6.2x}	kNm	71

Sisma verticale			
Forza verticale	Fz _{q6.2z}	kN	-11
Momento longitudinale	My _{q6.2z}	kNm	7

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Altezza appoggi + muro frontale	4.75
Distanza asse appoggi - asse muro frontale	0.00

	Fx [kN]	Fz [kN]
g1a	0	355
g2a	0	133
e4	0	0
e2	0	0
q1a	0	237
q1b	0	192
q1c	0	307
q1d	0	192
q3	0	0
q7a	0	0
q7b	0	0
q9	15	0
Ex	0	0
Ez	0	30

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e Verifica muro frontale

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO MURO FRONTALE

		Fx	Fz	My
		[kN]	[kN]	[kNm]
g1a	Peso proprio impalcato	0	355	0
g1-sp	Peso proprio spalla	0	310	186
g2a	Perm. portati - impalcato	0	133	0
g3-sp	g3-sp	287	0	-828
e4	Cedimenti differenziali - MAX	0	0	0
e2	ritiro	0	0	0
q1a	CMOB-Nmax - sx	0	237	0
q1b	CMOB-Mtmax - sx	0	192	0
q1c	CMOB-Nmax - dx	0	307	0
q1d	CMOB-Mtmax - dx	0	192	0
q1e-sp	carico vert. Da traffico sul rilevato	74	0	-319
q3	Frenatura	0	0	0
q7a	Var. termica positiva	0	0	0
q7b	Var. termica negativa	0	0	0
q9	Resistenze passive vincoli	15	0	-70
Ex	Sisma longitudinale	0	0	0
Ez	Sisma verticale	0	30	0
E.1x-sp	spinta del terreno in fase sismica	216	0	-936
E.2x-sp	Forze inerziali longitudinali spalla	23	0	-71
E.2z-sp	Forze inerziali verticali spalla	0	-11	-7

COMBINAZIONI DI CARICO

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

	S.L.U.															
	q1								q3							
g1a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e4	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e2	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
q7a	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
q7b	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90
q1a	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01
q1e-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Ex	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.1x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2z-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q9	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

	S.L.U.								S.L.V.			
	e3				Ex				Ez			
g1a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
g2a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00
e4	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00
q7a	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7b	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
q1a	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00
q1e-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ex	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.30	0.30
Ez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	-0.30	1.00	-1.00
E.1x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.30	0.30
E.2x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.30	0.30
E.2z-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	-0.30	1.00	-1.00
q9	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00

	S.L.E.car											
	q1						q3					
g1a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g1-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g2a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g3-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
q7a	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
q7b	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
q1a	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.75
q1e-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75	0.75
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ex	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.1x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2z-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e Verifica muro frontale

	S.L.E.car							
	e3							
g1a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g1-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g2a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g3-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
q7a	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
q7b	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
q1a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75
q1e-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ex	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.1x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2z-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

	S.L.freq				S.L.U.				S.L.qp				
g1a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g1-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g2a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g3-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
q7a	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00
q7b	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
q1a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1e-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ex	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.1x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2z-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

SOLLECITAZIONI ALLO SPICCATO DEL MURO FRONTALE NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

	S.L.U.								S.L.U.							
	q1				q1				q3				q3			
Fx	505	505	505	505	505	505	505	505	480	480	480	480	480	480	480	480
Fz	1397	1397	1336	1336	1491	1491	1336	1336	1317	1317	1271	1271	1388	1388	1271	1271
My	-1382	-1382	-1382	-1382	-1382	-1382	-1382	-1382	-1274	-1274	-1274	-1274	-1274	-1274	-1274	-1274

	S.L.U.				S.L.U.				S.L.V.		S.L.V.	
	q7				q7				E.x		E.z	
Fx	480	480	480	480	480	480	480	480	254	254	86	86
Fz	1317	1317	1271	1271	1388	1388	1271	1271	804	793	816	780
My	-1274	-1274	-1274	-1274	-1274	-1274	-1274	-1274	-893	-889	-193	-179

	S.L.E.car								S.L.E.car							
	q1				q1				q3				q3			
Fx	376	376	376	376	376	376	376	376	357	357	357	357	357	357	357	357
Fz	1035	1035	990	990	1105	1105	990	990	976	976	942	942	1028	1028	942	942
My	-1031	-1031	-1031	-1031	-1031	-1031	-1031	-1031	-951	-951	-951	-951	-951	-951	-951	-951

	S.L.E.car				S.L.E.car			
	q7				q7			
Fx	357	357	357	357	357	357	357	357
Fz	976	976	942	942	1028	1028	942	942
My	-951	-951	-951	-951	-951	-951	-951	-951

	S.L.E.freq				S.L.E.freq				S.L.E.qp		S.L.E.qp	
Fx	357	357	357	357	357	357	357	357	302	302		
Fz	976	976	942	942	1028	1028	942	942	798	798		
My	-951	-951	-951	-951	-951	-951	-951	-951	-712	-712		

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX**Calcolo e Verifica muro frontale**

Armatura zona tesa muro frontale	passo	n.barre	ϕ	c	As
sezione di larghezza unitaria	cm	1.0/pass	mm	m	mmq
primo strato	10	10	26	0.081	5309
secondo strato	10	10	26	0.137	5309
Armatura effettivamente disposta			26	0.109	10619

VERIFICHE AGLI SLU	Var	unità		
Momento di calcolo SLU	MEd_SLU	kNm/ml	1382	
Momento di calcolo SLV	MEd_SLV	kNm/ml	893	
Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	2190	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	10619	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	6698	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		21%	OK!
Taglio di calcolo SLU	VEd_SLU	kN/ml	505	
Taglio di calcolo SLV	VEd_SLV	kN/ml	254	
VERIFICHE AGLI SLE-CAR				
Tasso di lavoro armature in zona tesa	σ_s	Mpa	60	
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		17%	OK!
VERIFICHE AGLI SLE-FR				
Tasso di lavoro armature in zona tesa	σ_s	Mpa	56	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
Tensione limite ammissibile per barre f 26.0	σ_{slim}	MPa	194	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		29%	OK!
VERIFICHE AGLI SLE-QP				
Tasso di lavoro armature in zona tesa	σ_s	Mpa	42	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1
Tensione limite ammissibile per barre f 26.0	σ_{slim}	MPa	156	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		27%	OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e Verifica del muro paraghiaia

Dati	var	unità	
Altezza paraghiaia	h	m	4.78
spessore paraghiaia	spar	m	0.60
spessore pavimentazione	spav	m	0.10
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Effetti dovuti al sovraccarico accidentale

larghezza dell'impronta del carico Qik in sommità	b1	m	3.20
lunghezza dell'impronta di carico Qik in sommità	a1	m	2.40
larghezza dell'impronta del carico Qik alla base	b2	m	8.72
lunghezza dell'impronta di carico Qik alla base	a2	m	5.16
pressione orizzontale dovuta al carico Qik in sommità	sh1	kPa	33.3
pressione orizzontale dovuta al carico Qik alla base	sh2	kPa	5.7
pressione orizzontale dovuta al carico qik distribuito	shd	kPa	3.8
Taglio alla base complessivo	Vmax	kNm	513.1
Momento alla base complessivo	Mmax	kNm	1334.9

Effetti dovuti al carico Qik sul paraghiaia

larghezza dell'impronta di carico Qik in sommità	b1	m	2.6
larghezza dell'impronta di carico alla base	b2	m	12.16
Carico verticale in testa al paraghiaia	Qik	kN	300
Azione orizzontale in testa al paraghiaia	H	kN	180

Sollecitazioni alla base del paraghiaia

Condizione	N kN	V kN	M kNm
Peso proprio	71.7	0.0	0.0
Spinta statica del terreno	0.0	87.7	139.7
Spinta dovuta al carico Qik	0.0	58.8	153.1
Carico Qik sul paraghiaia	24.7	14.8	72.2
Sisma - forze inerziali	0.0	5.2	12.5
Spinta sismica del terreno	0.0	63.8	152.4

Armatura zona tesa paraghiaia

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/passso	φ mm	c m	As mmq
primo strato	10	10	20	0.076	3142
secondo strato	0	0	20	0.126	0
Armatura effettivamente disposta			20	0.076	3142

VERIFICHE SLU

Condizione di carico	fattori parziali per azioni	
	SLU-STR	SLU-SIS
Peso proprio	1.00	1.00
Spinta statica del terreno	1.35	0.00
Spinta dovuta al carico Qik	1.35	0.00
Carico Qik sul paraghiaia	1.35	0.00
Sisma - forze inerziali	0.00	1.00
Spinta sismica del terreno	0.00	1.00

Combinazioni SLU-STR

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLU-STR	105.0	217.8	492.8
SLU-SIS	71.7	69.0	164.9

Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	2671	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	3142	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	580	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		85%	OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e Verifica del muro paraghiaia

VERIFICHE SLE-RARA

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-RARA		
Peso proprio	1.00		
Spinta statica del terreno	1.00		
Spinta dovuta al carico Qik	1.00		
Carico Qik sul paraghiaia	1.00		
Sisma - forze inerziali	0.00		
Spinta sismica del terreno	0.00		

Combinazioni SLE-RARA

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLE-RARA	96.4	161.3	365.1

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **246**

Tensione massima ammissibile $\sigma_{s,max}$ MPa 360
 coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni c.u. **68%** OK!

VERIFICHE SLE-FREQUENTE

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-FRE		
Peso proprio	1.00		
Spinta statica del terreno	1.00		
Spinta dovuta al carico Qik	0.75		
Carico Qik sul paraghiaia	0.75		
Sisma - forze inerziali	0.00		
Spinta sismica del terreno	0.00		

Combinazioni SLE-FREQUENTE

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLE-FRE	90.2	142.9	308.7

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **208**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile w_{lim} mm 0.30 w2
 Tensione limite ammissibile per barre f 20.0 σ_{slim} MPa **222**
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **94%** OK!

VERIFICHE SLE-QUASI PERMANENTE

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-QP		
Peso proprio	1.00		
Spinta statica del terreno	1.00		
Spinta dovuta al carico Qik	0.00		
Carico Qik sul paraghiaia	0.00		
Sisma - forze inerziali	0.00		
Spinta sismica del terreno	0.00		

Combinazioni SLE-QUASI PERMANENTE

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLE-QP	71.7	87.7	139.7

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **94**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile w_{lim} mm 0.20 w1
 Tensione limite ammissibile per barre f 20.0 σ_{slim} MPa **182**
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **52%** OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e Verifica dei muri di risvolto

Dati	var	unità	
Altezza muro di risvolto	h	m	8.78
larghezza muro di risvolto	a	m	4.90
spessore muro di risvolto	s	m	1.00
coefficiente gamma	γ		0.56
spessore pavimentazione	spav	m	0.10
resistenza di calcolo acciaio armatura	f _{yd}	MPa	391
Muro con bandiera	band		si
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Momento massimo orizzontale: $M_x = fac_x * q * a^2$

Momento massimo verticale: $M_y = fac_y * q * h^2$

N.B. i coefficienti fac_x e fac_y sono ricavati da: "Calcolo di lastre e piastre" - Richard Bares - Ed. CittàStudi

Effetti dovuti alla spinta delle terre

pressione orizzontale alla base	q	kN/mq	67.4
direzione orizzontale	γ	0.500	0.750
coefficiente fac _x	fac _{Mx}	0.134	0.082
coefficiente fac _{Vx}	fac _{Vx}	0.462	0.318

Momento flettente in direzione orizzontale	M _{xmax}	kNm	196.6
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	M _{xband}	kNm	26.3
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	V _{xmax}	kN	141.5
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	V _{xband}	kN	21.4

pressione orizzontale alla base	q	kN/mq	67.4
direzione verticale	γ	0.50	0.75
coefficiente fac _y	fac _{My}	0.055	0.090
coefficiente fac _{Vy}	fac _{Vy}	0.483	0.551

Momento flettente in direzione verticale	M _y max	kNm	325.9
Sforzo di taglio in direzione verticale	V _y max	kN	294.9

Effetti dovuti ai sovraccarichi accidentali

larghezza dell'impronta del carico Q _{ik} in sommità	b ₁	m	2.40
lunghezza dell'impronta di carico Q _{ik} in sommità	a ₁	m	3.10
larghezza dell'impronta del carico Q _{ik} alla base	b ₂	m	7.47
lunghezza dell'impronta di carico Q _{ik} alla base	a ₂	m	8.17
pressione orizzontale dovuta al carico Q _{ik} in sommità	sh ₁	kPa	34.4
pressione orizzontale dovuta al carico Q _{ik} alla base	sh ₂	kPa	4.2

pressione orizzontale di calcolo	q	kN/mq	19.3
direzione orizzontale	γ	0.50	0.75
coefficiente fac _x	fac _{Mx}	0.351	0.295
coefficiente fac _{Vx}	fac _{Vx}	1.105	1.183

Momento flettente in direzione orizzontale	M _x max	kNm	156.6
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	M _{xband}	kNm	25.5
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	V _x max	kN	106.2
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	V _{xband}	kN	18.4

pressione orizzontale di calcolo	q	kN/mq	19.3
direzione verticale	γ	0.50	0.75
coefficiente fac _y	fac _{My}	0.430	0.351
coefficiente fac _{Vy}	fac _{Vy}	1.114	1.043

Momento flettente in direzione verticale	M _y max	kNm	611.8
Sforzo di taglio in direzione verticale	V _y max	kN	185.9

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e Verifica dei muri di risvolto
Effetti dovuti al sisma

forza inerziale	q1	kN/mq	1.83	
incremento di spinta delle terre	q2	kN/mq	11.6	
pressione orizzontale di calcolo	q	kN/mq	13.4	
direzione orizzontale	γ	0.50	0.75	0.56
coefficiente facx	facMx	0.351	0.295	0.34
coefficiente facVx	facVx	1.105	1.183	1.12

Momento flettente in direzione orizzontale	Mxmax	kNm	108.8
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	Mxband	kNm	15.2
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	Vxmax	kN	73.7
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	Vxband	kN	11.0

direzione verticale	γ	0.50	0.75	0.56
coefficiente facx	facMy	0.430	0.351	0.411
coefficiente facVy	facVy	1.114	1.043	1.098

Momento flettente in direzione verticale	Mymax	kNm	424.9
Sforzo di taglio in direzione verticale	Vymax	kN	129.1

Riepilogo sollecitazioni sul muro

Condizione	Mx kNm	My kNm	Vx kN	Vy kN
Spinta del terreno	222.9	325.9	163.0	294.9
Spinta sovraccarichi accidentali	182.1	611.8	124.5	185.9
Spinta dovuta al sisma	124.0	424.9	84.7	129.1

Armatura zona tesa - dir. Orizzontale

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/pass	ϕ mm	c m	As mmq
primo strato	10	10	20	0.062	3142
secondo strato	10	10	20	0.112	3142
Armatura effettivamente disposta			20	0.087	6283

Armatura zona tesa - dir. Verticale

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/pass	ϕ mm	c m	As mmq
primo strato	10	10	24	0.084	4524
secondo strato	10	10	24	0.138	4524
Armatura effettivamente disposta			24	0.111	9048

VERIFICHE SLU

Condizione di carico	fattori parziali per azioni	
	SLU-STR	SLU-SIS
Spinta del terreno	1.35	1.00
Spinta sovraccarichi accidentali	1.35	0.00
Spinta dovuta al sisma	0.00	1.00

Combinazioni SLU-STR

Combinazione	Mx kNm	My kNm	Vx kN	Vy kN
SLU-STR	546.8	1265.9	388.1	649.1
SLU-SIS	346.9	750.8	247.7	424.1

Armatura minima richiesta in dir. Orizzontale	Afh_min	mmq/ml	1700	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	6283	OK!
Momento Resistente dir. Orizzontale	MR_h	kNm/ml	2020	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		27%	OK!
Armatura minima richiesta in dir. Verticale	Afh_min	mmq/ml	4043	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	9048	OK!
Momento Resistente dir. Verticale	MR_v	kNm/ml	2833	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		45%	OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Calcolo e Verifica dei muri di risvolto

VERIFICHE SLE-RARA

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-RARA		
Spinta del terreno		1.00	
Spinta sovraccarichi accidentali		1.00	
Spinta dovuta al sisma		0.00	
Combinazioni SLE-RARA	Mx	My	
Combinazione	kNm	kNm	
SLE-RARA	405.0	937.7	
Tasso di lavoro armature orizzontali	σ_{sh}	Mpa	78
Tasso di lavoro armature verticali	σ_{sv}	Mpa	130
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360
coefficiente di utilizzo armature orizzontali - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		22% OK!
coefficiente di utilizzo armature verticali - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		36% OK!

VERIFICHE SLE-FREQUENTE

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-FRE		
Spinta del terreno		1.00	
Spinta sovraccarichi accidentali		0.75	
Spinta dovuta al sisma		0.00	
Combinazioni SLE-FREQUENTE	Mx	My	
Combinazione	kNm	kNm	
SLE-FRE	359.5	784.8	
Tasso di lavoro armature orizzontali	σ_{sh}	Mpa	70
Tasso di lavoro armature verticali	σ_{sv}	Mpa	108
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30 w2
Tensione limite ammissibile per barre f 20.0 (arm.orizzontale)	σ_{slim}	MPa	222
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		31% OK!
Tensione limite ammissibile per barre f 24.0 (arm.verticale)	σ_{slim}	MPa	204
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		53% OK!

VERIFICHE SLE-QUASI PERMANENTE

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-QP		
Spinta del terreno		1.00	
Spinta sovraccarichi accidentali		0.00	
Spinta dovuta al sisma		0.00	
Combinazioni SLE-QUASI PERMANENTE	Mx	My	
Combinazione	kNm	kNm	
SLE-QP	222.9	325.9	
Tasso di lavoro armature orizzontali	σ_{sh}	Mpa	43
Tasso di lavoro armature verticali	σ_{sv}	Mpa	45
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20 w1
Tensione limite ammissibile per barre f 20.0 (arm.orizzontale)	σ_{slim}	MPa	182
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		24% OK!
Tensione limite ammissibile per barre f 24.0 (arm.verticale)	σ_{slim}	MPa	164
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		27% OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Verifica bandiera muri di risvolto

Dati	var	unità	
Altezza bandiera - parte a lunghezza costante	h1	m	0.70
Altezza bandiera - parte a lunghezza variabile	h2	m	2.33
spessore bandiera	sban	m	0.60
lunghezza bandiera	Lban	m	3.50
copriferro	c	m	0.06
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Effetti dovuti alla spinta delle terre

pressione alla base della parte a lunghezza costante	sht1	kPa	5.37
pressione alla base della parte a lunghezza variabile	sht2	kPa	23.26
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vt1	kN	6.58
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Mt1	kNm	11.52
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vt2	kN	58.37
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Mt2	kNm	68.10

Effetti dovuti al sovraccarico accidentale

sovraccarico accidentale sul piano viario	q	kPa	20
pressione dovuta al sovraccarico accidentale	sq	kPa	8.53
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vq1	kN	20.89
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Mq1	kNm	36.57
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vq2	kN	34.77
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Mq2	kNm	40.57

Effetti dovuti al sisma

spinta inerziale unitaria	ss1	kPa	1.10
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vs1	kN	2.69
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Ms1	kNm	4.71
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vs2	kN	4.48
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Ms2	kNm	5.22
incremento di spinta del terreno unitario	ss2	kPa	3.99
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vs3	kN	9.78
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Ms3	kNm	17.12
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vs4	kN	16.28
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Ms4	kNm	18.99

Sollecitazioni all'incastro della bandiera

Condizione	V kN	M kNm
Spinta delle terre	21.4	26.3
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	18.4	25.5
Sisma - forze inerziali	2.4	3.3
Sisma - incremento di spinta delle terre	8.6	11.9

Armatura orizzontale zona tesa orecchia

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/passi	φ mm	c m	As mmq
primo strato	20	5	16	0.058	1005
secondo strato	0	0	16	0.104	0
Armatura effettivamente disposta			16	0.058	1005

VERIFICHE SLU

Condizione di carico	fattori parziali per azioni	
	SLU-STR	SLU-SIS
Spinta delle terre	1.35	1.00
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	1.35	0.00
Sisma - forze inerziali	0.00	1.00
Sisma - incremento di spinta delle terre	0.00	1.00

Combinazioni SLU-STR

Combinazione	V kN	M kNm
SLU-STR	53.7	69.8
SLU-SIS	32.4	41.5

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Verifica bandiera muri di risvolto

Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	366	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	1005	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	192	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		36%	OK!

VERIFICHE SLE-RARA

Condizione di carico	fattori parziali per azioni SLE-RARA	
Spinta delle terre	1.00	
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	1.00	
Sisma - forze inerziali	0.00	
Sisma - incremento di spinta delle terre	0.00	

Combinazioni SLE-RARA	V	M
Combinazione	kN	kNm
SLE-RARA	39.8	51.7

Tasso di lavoro armature superiori	σ_s	Mpa	105	
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		29%	OK!

VERIFICHE SLE-FREQUENTE

Condizione di carico	fattori parziali per azioni SLE-FRE	
Spinta delle terre	1.00	
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	0.75	
Sisma - forze inerziali	0.00	
Sisma - incremento di spinta delle terre	0.00	

Combinazioni SLE-FREQUENTE	V	M
Combinazione	kN	kNm
SLE-FRE	35.2	45.4

Tasso di lavoro armature superiori	σ_s	Mpa	93	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
Tensione limite ammissibile per barre f	σ_{slim}	MPa	240	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		39%	OK!

VERIFICHE SLE-QUASI PERMANENTE


Condizione di carico	fattori parziali per azioni SLE-QP	
Spinta delle terre	1.00	
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	0.00	
Sisma - forze inerziali	0.00	
Sisma - incremento di spinta delle terre	0.00	

Combinazioni SLE-QUASI PERMANENTE	V	M
Combinazione	kN	kNm
SLE-QP	21.4	26.3

Tasso di lavoro armature superiori	σ_s	Mpa	54	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1
Tensione limite ammissibile per barre f	σ_{slim}	MPa	200	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		27%	OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPA DX
Verifiche SLU per sollecitazioni taglianti

			Zattera - Mensola posteriore	Mfron	Paraghiaia	Mrisv_h	Mrisv_v
Sollecitazioni di calcolo	Var	unità					
Taglio di calcolo	V_{Ed}	kN	251.9	504.8	217.8	388.1	649.1
Dati	Var	unità					
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	40	40	40	40	40
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	32	32	32	32	32
Coefficiente parziale γ_c	γ_c		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale α_{cc}	α_{cc}		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3
Caratteristiche geometriche sezione							
Altezza (porre = 0 in caso di sezione circolare)	H	m	2.00	1.90	0.60	0.60	1.00
Larghezza/ Diametro	B	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m ²	2.00	1.90	0.60	0.60	1.00
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.079	0.109	0.076	0.087	0.111
altezza utile della sezione	d	m	1.92	1.79	0.52	0.51	0.89
Compressione agente nella sezione							
Sforzo normale di calcolo	N _{Ed}	kN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio							
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	Asl	mmq	5309	10619	3142	6283	9048
Coefficiente k	k	m	1.32	1.33	1.62	1.62	1.47
vmin	vmin		0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_1		0.00276	0.00593	0.00600	0.01225	0.01018
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	Mpa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	630.5	764.8	272.3	339.7	502.3
			OK	OK	OK	N.V.	N.V.
Elementi con armature trasversali resistenti al taglio							
<i>Verifica del conglomerato</i>							
Resistenza a taglio del conglomerato	V _{Rcd}	kN	10450.2	9743.0	2850.6	2790.7	4836.2
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>							
diametro staffe	fsw	mm	24	12	10	12	12
passo staffe	scp	m	1.20	0.40	0.40	0.20	0.20
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	1131	283	196	283	283
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	deg	90	90	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	θ	deg	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	kPa	0	0	0	0	0
coefficiente alpha	α_c		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza a "taglio trazione"	V _{Rsd}	kN	1594.1	1114.7	226.5	638.6	1106.6
Resistenza a "taglio compressione"	V _{Rcd}	kN	5405.0	5039.2	1474.4	1443.4	2501.3
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	1594.1	1114.7	226.5	638.6	1106.6
			OK	OK	OK	OK	OK

<p>SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500</p>		
<p>CA357</p>	<p><i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i></p>	

18 ALLEGATO 8 – SOTTOSTRUTTURE: SPALLA SPB

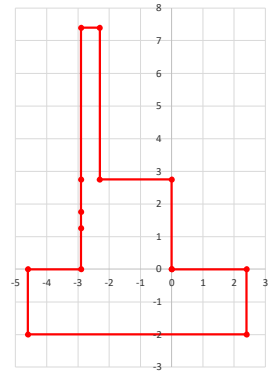
LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX

Dati e risoluzione della palificata

Caratteristiche geometriche elevazione

N.B. Origine mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Lx sup (m)	Lx inf (m)	Ly (m)	h (m)	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)
Paragliaia - 1	0.60	0.60	10.76	4.65	-2.30	0.00	2.75
Muro frontale - 2	2.90	2.90	10.76	1.00	0.00	0.00	1.75
Muro frontale - 3	2.90	2.90	10.76	0.50	0.00	0.00	1.25
Muro frontale - 4	2.90	2.90	10.76	1.25	0.00	0.00	0.00
Muro risolto posteriore sx - 1	1.70	1.70	0.60	4.77	-2.90	-5.08	2.75
Muro risolto posteriore sx - 2	1.70	1.70	0.60	1.00	-2.90	-5.08	1.75
Muro risolto posteriore sx - 3	1.70	1.70	0.60	0.50	-2.90	-5.08	1.25
Muro risolto posteriore sx - 4	1.70	1.70	0.60	1.25	-2.90	-5.08	0.00
Muro risolto posteriore dx - 1	1.70	1.70	0.60	4.52	-2.90	5.08	2.75
Muro risolto posteriore dx - 2	1.70	1.70	0.60	1.00	-2.90	5.08	1.75
Muro risolto posteriore dx - 3	1.70	1.70	0.60	0.50	-2.90	5.08	1.25
Muro risolto posteriore dx - 4	1.70	1.70	0.60	1.25	-2.90	5.08	0.00
Cordolo risolto sx	1.70	1.70	0.00	0.00	-2.90	-4.78	7.52
Orecchia risolto dx	1.70	1.70	0.00	0.00	-2.90	4.78	7.27
Orecchia sx - 1	0.00	0.00	0.60	0.00	-4.60	-5.08	7.52
Orecchia sx - 2	0.00	0.00	0.60	0.00	-4.60	-5.08	7.52
Orecchia dx - 1	0.00	0.00	0.60	0.00	-4.60	5.08	7.27
Orecchia dx - 2	0.00	0.00	0.60	0.00	-4.60	5.08	7.27



Caratteristiche geometriche fondazione

N.B. Origine mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Lx (m)	Ly (m)	h (m)	Disx (m)	Disy (m)
Zattera di fondazione	7.00	12.80	2.00	-2.40	0.00

Caratteristiche geometriche complessive muro frontale (Paragliaia+Muro frontale)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Hfron	m	7.40
Altezza complessiva elevazione	Afron	mq	10.76
Area sezione trasversale	Vfron	mc	115.80
Volume c.a.	Xg fron	m	-1.75
Xbaricentro	Yg fron	m	0.00
Ybaricentro	Zg fron	m	2.33
Zbaricentro	Lxinf/2	m	1.45
Dis. spigolo ant. Baric. spiccato			

Caratteristiche geometriche complessive elevazione (Paragliaia+Muro frontale+muri risolto +Cordoli risolto+Orecchie+Valette+Speroni)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Vele	mc	130.88
Volume c.a.	Xg ele <td>m</td> <td>-1.98</td>	m	-1.98
Xbaricentro	Yg ele <td>m</td> <td>-0.01</td>	m	-0.01
Ybaricentro	Zg ele <td>m</td> <td>2.49</td>	m	2.49
Zbaricentro			

Caratteristiche geometriche complessive fondazione

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Descrizione	Vfon	mc	179.20
Volume c.a.	Xg fon	m	-3.50
Xbaricentro	Yg fon	m	0.00
Ybaricentro	Zg fon	m	1.00
Zbaricentro			

Note:

- Lx sup: lunghezza in direzione x della faccia superiore
- Lx inf: lunghezza in direzione y della faccia inferiore
- h: altezza del parallelepipedo
- Dx: distanza in dir. X tra faccia anteriore e faccia muro frontale
- Dy: distanza in dir. Y tra mezzeria parallelepipedo e mezzeria muro frontale
- Dz: distanza in dir. Z tra faccia inferiore e spiccato muro frontale
- Disx: Disassamento in dir. X mezzeria faccia anteriore muro frontale rispetto a mezzeria faccia anteriore zattera di fondazione
- Disy: Disassamento in dir. Y mezzeria faccia anteriore muro frontale rispetto a mezzeria faccia anteriore zattera di fondazione

Caratteristiche terreno di rinterro a tergo spalla

Descrizione	fir	deg	35.0
Angolo d'attrito	γ	kN/mc	18.0
peso di volume	ka		0.271
Coefficiente di spinta attiva (Rankine)	k0		0.426
Coefficiente di spinta a riposo	Tip spinta		2
Condizioni di spinta: 1 - attiva; 2 - riposo	K		0.426
Coefficiente di spinta di calcolo			

Caratteristiche geometriche complessive rinterro

Descrizione	Lx sup (m)	Lx inf (m)	Ly (m)	h (m)	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)
Rinterro - 1	1.70	1.70	9.56	4.65	-2.90	0.00	2.75
Rinterro - 2	1.70	1.70	9.56	1.00	-2.90	0.00	1.75
Rinterro - 3	1.70	1.70	9.56	0.50	-2.90	0.00	1.25
Rinterro - 4	1.70	1.70	9.56	1.25	-2.90	0.00	0.00

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Descrizione	Vrin	mc	120.18
Volume rinterro	Xg rin	m	-6.15
Xbaricentro	Yg rin	m	0.00
Ybaricentro	Zg rin	m	5.70
Zbaricentro			

Dati sovraccarico terrapieno

Descrizione	Q	kN/mq	20.0
sovraccarico			

AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Rispetto al baricentro della palificata

Peso proprio spalla			
Peso proprio spalla	Fzg1	kN	7752
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-2875
Momento trasversale	Mxg1	kNm	32.4
Peso terreno su fondazione			
Peso rinterro	Fzg2	kN	2163
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-5733
Momento trasversale	Mxg1	kNm	0.0
Spinta statica del terreno			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	4336
Momento longitudinale	Myg3	kNm	13579
Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	1026
Carico verticale	Fzg3	kN	325
Momento longitudinale	Myg3	kNm	3956
Azioni sismiche			
parametri sismici			
Categoria di suolo fondazione	Cat		B
Fattore Ss			1.20
Fattore St			1.0
Fattore S	S		1.20
Valore di ag/g	ag/g		0.061
fattore βm	βm		1.00
Coefficiente sismico orizzontale	kh		0.073

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX

Dati e risoluzione della palificata

Coefficiente sismico verticale	kv	0.037	
Struttura che ammette spostamenti: 1 - si; 2 - no	Tip_spost	1	
Spinte del terreno in caso sismico (Mononobe-Okabe) - ipotesi struttura che ammette spostamenti (q6.1)			
angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del paramento	ψ	deg	90
angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del terrapieno	β	deg	0
angolo d'attrito terra-muro	δ	deg	0
Altezza del terrapieno	H	m	9.40
peso specifico del terreno	γ^*	kN/mc	18.0
tangente teta a= kh/(1+kv)	tan θ a		0.071
angolo teta a	θ a	deg	4.0
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-a		0.310
tangente teta b= kh/(1-kv)	tan θ b		0.076
angolo teta b	θ b	deg	4.3
coefficiente di spinta attiva Ka-b	Ka-b		0.313
Spinta totale del terreno -a	Ed-a	kN	3268.0
Spinta totale del terreno -b	Ed-b	kN	3068.2
Spinta massima in caso sismico	Ed	kN	3268.0
altezza di applicazione	H	kN	4.70
Momento longitudinale	MyDP	kNm	15351
Spinte complessive del terreno in caso sismico di calcolo			
Condizioni di spinta adottate: Struttura che ammette spostamenti (Mononobe - Okabe)			
Spinta del terreno	Es	kN	3268
Momento longitudinale	MyEs	kNm	15351
Forze inerziali			
<i>Sisma longitudinale</i>			
Forza orizzontale longitudinale	FxE.2x	kN	726
Momento longitudinale	MyE.2x	kNm	2306
<i>Sisma trasversale</i>			
Forza orizzontale trasversale	FyE.2y	kN	726
Momento trasversale	MxE.2y	kNm	2306
<i>Sisma verticale</i>			
Forza verticale	FzE.2z	kN	-363
Momento longitudinale	MyE.2z	kNm	315
Momento trasversale	MxE.2z	kNm	1

K0 statica e Mononobe-Okabe Sismica - OK

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Altezza appoggi + baggioli + muro frontale + fondazioni	5.50				
Distanza asse appoggi - asse fondazione	0.10				
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1a	Peso proprio impalcato	0	0	3823	0
g2a	Perm. portati - impalcato	0	0	1431	-502
e4	Cedimenti differenziali - MAX	0	0	0	0
e2	ritiro	0	0	0	0
q1a	CMOB-Nmax - sx	0	0	2549	3674
q1b	CMOB-Mtmax - sx	0	0	2061	5064
q1c	CMOB-Nmax - dx	0	0	2549	-3674
q1d	CMOB-Mtmax - dx	0	0	2061	-5064
q3	Frenatura	917	0	0	0
q4a	Forza centrifuga Nmax	0	0	0	0
q4b	Forza centrifuga Mtmax	0	0	0	0
q5a	Vento Impalcato scarico	0	415	0	1401
q5b	Vento Impalcato carico	0	436	0	1471
q7a	Var. termica positiva	0	0	0	0
q7b	Var. termica negativa	0	0	0	0
q9	Resistenze passive vincoli	158	0	0	0
Ex	Sisma longitudinale	2346	0	0	0
Ey	Sisma trasversale	0	385	0	1310
Ez	Sisma verticale	0	0	318	0

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

Coordinate baricentro pali	=	3.50	coordinata x		
x	=	0.00	coordinata y		
y	=	0.00	coordinata z		
z	=				
	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1a	Peso proprio impalcato	0	0	3823	-382
g1b-sp	Peso proprio spalla	0	0	7752	2875
g2a	Perm. portati - impalcato	0	0	1431	-143
g2b-sp	Perm. portati - Rinterro	0	0	2163	5733
g3-sp	spinta statiche del terreno	4336	0	0	-13579
e4	Cedimenti differenziali - MAX	0	0	0	0
e2	ritiro	0	0	0	0
q1a	CMOB-Nmax - sx	0	0	2549	3674
q1b	CMOB-Mtmax - sx	0	0	2061	5064
q1c	CMOB-Nmax - dx	0	0	2549	-3674
q1d	CMOB-Mtmax - dx	0	0	2061	-5063
q1e-sp	carico vert. Da traffico sul rilevato	1026	0	325	-3956
q3	Frenatura	917	0	0	-5044
q4a	Forza centrifuga Nmax	0	0	0	0
q4b	Forza centrifuga Mtmax	0	0	0	0
q5a	Vento Impalcato scarico	0	415	0	3684
q5b	Vento Impalcato carico	0	436	0	3868
q7a	Var. termica positiva	0	0	0	0
q7b	Var. termica negativa	0	0	0	0
q9	Resistenze passive vincoli	158	0	0	-867
Ex	Sisma longitudinale	2346	0	0	-12905
Ey	Sisma trasversale	0	385	0	3425
Ez	Sisma verticale	0	0	318	-32
E.1x-sp	spinta del terreno in fase sismica	3268	0	0	-15351
E.2x-sp	Forze inerziali longitudinali spalla	726	0	0	-2306
E.2y-sp	Forze inerziali trasversali spalla	0	726	0	2306
E.2z-sp	Forze inerziali verticali spalla	0	0	-363	0

COMBINAZIONI DI CARICO

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

					q1	S.L.U.								q3				
g1a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1b-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX

Dati e risoluzione della palificata

PALO																	
1	1	1880	1880	1880	1880	1457	1457	1370	1370	1945	1945	1944	1944	1393	1393	1305	1305
2	1	1753	1753	1724	1724	1612	1612	1554	1554	1775	1775	1745	1745	1591	1591	1532	1532
3	1	1626	1626	1568	1568	1767	1767	1738	1738	1605	1605	1546	1546	1788	1788	1759	1759
4	1	1499	1499	1412	1412	1922	1922	1921	1921	1434	1434	1347	1347	1986	1986	1986	1986
5	2	2832	2832	2828	2828	2409	2409	2318	2318	2897	2897	2893	2893	2345	2345	2254	2254
6	2	2705	2705	2672	2672	2564	2564	2502	2502	2727	2727	2694	2694	2543	2543	2481	2481
7	2	2578	2578	2516	2516	2719	2719	2686	2686	2557	2557	2495	2495	2741	2741	2708	2708
8	2	2451	2451	2360	2360	2874	2874	2870	2870	2387	2387	2296	2296	2939	2939	2934	2934
Nmax		2832	2832	2828	2828	2874	2874	2870	2870	2897	2897	2893	2893	2939	2939	2934	2934
Nmin		1499	1499	1412	1412	1457	1457	1370	1370	1434	1434	1347	1347	1393	1393	1305	1305
TAGLIO																	
taglio Vx		658	658	658	658	658	658	658	658	658	658	658	658	658	658	658	658
taglio Vy		33	33	33	33	-33	-33	-33	-33	55	55	55	55	-54	-54	-54	-54
V		659	659	659	659	659	659	659	659	660	660	660	660	660	660	660	660

S.L.E.car																	
CARICO ASSIALE																	
PALO																	
q7																	
1	1	1880	1880	1880	1880	1457	1457	1370	1370								
2	1	1753	1753	1724	1724	1612	1612	1554	1554								
3	1	1626	1626	1568	1568	1767	1767	1738	1738								
4	1	1499	1499	1412	1412	1922	1922	1921	1921								
5	2	2832	2832	2828	2828	2409	2409	2318	2318								
6	2	2705	2705	2672	2672	2564	2564	2502	2502								
7	2	2578	2578	2516	2516	2719	2719	2686	2686								
8	2	2451	2451	2360	2360	2874	2874	2870	2870								
Nmax		2832	2832	2828	2828	2874	2874	2870	2870								
Nmin		1499	1499	1412	1412	1457	1457	1370	1370								
TAGLIO																	
taglio Vx		658	658	658	658	658	658	658	658								
taglio Vy		33	33	33	33	-33	-33	-33	-33								
V		659	659	659	659	659	659	659	659								

S.L.freq																	
CARICO ASSIALE																	
PALO																	
q1																	
q7																	
q5																	
S.L.qp																	
1	1	1783	1783	1783	1783	1554	1554	1466	1466	1557	1557	1588	1526	1557	1557		
2	1	1721	1721	1691	1691	1644	1644	1586	1586	1571	1571	1581	1561	1571	1571		
3	1	1658	1658	1600	1600	1735	1735	1705	1705	1585	1585	1575	1595	1585	1585		
4	1	1596	1596	1508	1508	1825	1825	1825	1825	1599	1599	1568	1630	1599	1599		
5	2	2736	2736	2731	2731	2506	2506	2415	2415	2193	2193	2224	2163	2193	2193		
6	2	2673	2673	2640	2640	2597	2597	2534	2534	2207	2207	2218	2197	2207	2207		
7	2	2610	2610	2548	2548	2687	2687	2654	2654	2221	2221	2211	2232	2221	2221		
8	2	2548	2548	2457	2457	2777	2777	2773	2773	2235	2235	2205	2266	2235	2235		
Nmax		2736	2736	2731	2731	2777	2777	2773	2773	2235	2235	2224	2266	2235	2235		
Nmin		1596	1596	1508	1508	1554	1554	1466	1466	1557	1557	1568	1526	1557	1557		
TAGLIO																	
taglio Vx		658	658	658	658	658	658	658	658	562	562	562	562	562	562		
taglio Vy		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	-10	0	0		
V		658	658	658	658	658	658	658	658	562	562	562	562	562	562		

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI		ENV	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	4229	4229	3118	3126	2777	2235
Azione assiale minima	Nmin	671	1501	671	1118	1466	1557
Azione trasversale massima	Vmax	1041	1041	813	773	658	562

LUNGHEZZA LIBERA D'INFLSSIONE PALI DI FONDAZIONE

Modulo di elasticità normale del calcestruzzo/malta	Ec	Mpa	33346
Modulo di elasticità normale dell'acciaio	Ea	Mpa	210000
Modulo di Poisson del terreno	v		0.30
Diametro del palo	Dp	m	1.20
Momento d'inerzia della sezione omogeneizzata al cls	Ip	m4	0.1018
Kt Costante di reazione orizzontale (Vesic)	kt	kN/mc	100000
Lunghezza libera d'inflessione	LO	m	2.95

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SUI PALI		SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	4229	3118	3126	2777
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	1501	671	1118	1466
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	1534	1198	1139	969
Momento AMPLIFICATO DEL 20%	Mmax_1a	kNm	1841	1438	1367	1163
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	1041	813	773	658

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA		SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata		24359	15214
Carico verticale medio agente sui pali		3045	1902

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX

Calcolo e verifica zattera di fondazione

MENSOLA ANTERIORE

Modello di calcolo:

Tirante - puntone

Dati	var	unità	
Altezza della mensola	h	m	2.00
numero di file che caricano la mensola	np		1
distanza tra palo 1° fila e sezione di incastro	a1	m	1.40
distanza tra palo 2° fila e sezione di incastro	a2	m	
copriferro	c	m	0.145
larghezza puntone	b	m	2.80
larghezza collaborante	bt	m	2.80
resistenza a compressione caratteristica cls	Rck	Mpa	40
resistenza a compressione caratteristica cls	fck	Mpa	32
resistenza di calcolo cls	fcd	Mpa	18.1
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
altezza della mensola ridotta	d	m	1.86
lunghezza del tirante 1° palo	l1	m	1.77
fattore lambda ($l1 / 0.9d$) = arctan ψ	λ_1		1.06
lunghezza del tirante 2° palo	l2	m	0.37
fattore lambda ($l2 / 0.9d$) = arctan ψ	λ_2		0.22
fattore c (1.0 no staffe - 1.5 staffe)	c		1.0
Classe di esposizione	CIE		XA1
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Armatura mensola anteriore	passo	n.barre	ϕ	c	As
sezione di larghezza pari a bt	cm	bt/passi	mm	m	mmq
primo strato dal basso	20	14	26	0.079	7433
secondo strato dal basso	20	14	26	0.145	7433
terzo strato dal basso	20	14	26	0.211	7433
quarto strato dal basso	0	0	26	0.277	0
Armatura effettivamente disposta			26	0.145	22299

VERIFICA SLU

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	Asmin	Nmax
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	mmq	kN
SLU-STR	4228.6	0.0	1041.1	5078.1	12977	6978.8
SLU-SIS	3117.8	0.0	813.3	3789.9	9685	5208.3
				5078.1	12977	6978.8

Armatura effettivamente adottata	As	mmq	22299	OK!
Resistenza del tirante	Rt	kN	8725.7	
Coefficiente di utilizzo lato acciaio	c.u.acc		58%	OK!
Resistenza del puntone	Rc	kN	25842.3	
Coefficiente di utilizzo lato calcestruzzo	c.u.cls		27%	OK!

VERIFICA SLE-CARATTERISTICA

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	σ_s
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	Mpa
SLE-CARATTERISTICA	3126.3	0.0	773.2	3757.9	169

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX

Calcolo e verifica zattera di fondazione

Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		47%	OK!

VERIFICA SLE-FREQUENTE

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	σ_s
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	Mpa
SLE-FREQUENTE	2777.4	0.0	657.8	3309.5	148

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
Tensione limite ammissibile per barre f	σ_{slim}	MPa	194.3	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		76%	OK!

VERIFICA SLE-QUASI PERMANENTE

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	σ_s
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	Mpa
SLE-QUASI PERMANENTE	2235.2	0.0	561.7	2695.7	121

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1
Tensione limite ammissibile per barre f	σ_{slim}	MPa	155.6	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		78%	OK!

MENSOLA POSTERIORE

Modello di calcolo:

Tirante-puntone

Dati	var	unità	
Altezza della mensola	h	m	2.00
numero di file che caricano la mensola	np		1
distanza tra palo 1° fila e sezione di incastro	a1	m	0.70
distanza tra palo 2° fila e sezione di incastro	a2	m	
copriferro	c	m	0.112
larghezza puntone	b	m	2.30
larghezza collaborante	bt	m	2.30
resistenza a compressione caratteristica cls	Rck	Mpa	40
resistenza a compressione caratteristica cls	fck	Mpa	32
resistenza di calcolo cls	fc'd	Mpa	18.1
resistenza di calcolo acciaio armatura	fy'd	MPa	391
altezza della mensola ridotta	d	m	1.89
lunghezza del tirante 1° palo	l1	m	1.08
fattore lambda ($l1 / 0.9d$) = arctan ψ	λ_1		0.63
lunghezza del tirante 2° palo	l2	m	0.38
fattore lambda ($l2 / 0.9d$) = arctan ψ	λ_2		0.22
fattore c (1.0 no staffe - 1.5 staffe)	c		1.0
Classe di esposizione	CIE		XA1
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Armatura mensola posteriore	passo	n.barre	ϕ	c	As
sezione di larghezza unitaria	cm	bt/pass	mm	m	mmq

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX

Calcolo e verifica zattera di fondazione

primo strato dall'alto	20	11	26	0.079	5840
secondo strato dall'alto	20	11	26	0.145	5840
terzo strato dall'alto	0	0	26	0.211	0
quarto strato dall'alto	0	0	26	0.277	0
Armatura effettivamente disposta			26	0.112	11680

VERIFICA SLU

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	P1max kN	P2max kN	Hmax kN	Tmax kN	Asmin mmq	Nmax kN
SLU-STR	2717.5	0	1041.1	2592.1	6624	4839.9
SLU-SIS	2023.3	0	813.3	1968.1	5030	3674.8
				2592.1	6624	4839.9

Armatura effettivamente adottata	As	mmq	11680	OK!
Resistenza del tirante	Rt	kN	4570.6	
Coefficiente di utilizzo lato acciaio	c.u.acc		57%	OK!
Resistenza del puntone	Rc	kN	26599.0	
Coefficiente di utilizzo lato calcestruzzo	c.u.cls		18%	OK!

VERIFICA SLE-CARATTERISTICA

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	P1max kN	P2max kN	Hmax kN	Tmax kN	σ_s Mpa
SLE-CARATTERISTICA	1997.4	0	773.2	1913.2	164

Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		45%	OK!

VERIFICA SLE-FREQUENTE

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	P1max kN	P2max kN	Hmax kN	Tmax kN	σ_s Mpa
SLE-FREQUENTE	1825.2	0	657.8	1699.6	76

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
Tensione limite ammissibile per barre f	σ_{slim}	MPa	194.3	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		39%	OK!

VERIFICA SLE-QUASI PERMANENTE

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	P1max kN	P2max kN	Hmax kN	Tmax kN	σ_s Mpa
SLE-QUASI PERMANENTE	1598.9	0	561.7	1474.3	66

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1
Tensione limite ammissibile per barre f	σ_{slim}	MPa	155.6	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		43%	OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX
Calcolo e Verifica muro frontale

Dati	var	unità	
spessore muro frontale	smur	m	2.90
resistenza di calcolo acciaio armatura	f _{yd}	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

AZIONI TRASMESSE DAL MURO FRONTALE
Peso proprio spalla

Peso proprio spalla	Fzg1	kN	269
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-80

Spinta statica del terreno

Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	210
Momento longitudinale	Myg3	kNm	517

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato

Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	63
Momento longitudinale	Myg3	kNm	233

Azioni sismiche

parametri sismici			
Categoria di suolo fondazione	Cat		B
Fattore S _s			1.20
Fattore S _t			1.00
Fattore S	S		1.20
Valore di ag/g	ag/g		0.061
fattore b _m	β _m		1.00
Coefficiente sismico orizzontale	kh		0.073
Coefficiente sismico verticale	kv		0.037

Struttura che ammette spostamenti: 1 - si; 2 - no	Tip_spost		1
---	-----------	--	---

K0 statica e Mononobe-Okabe Sismica - OK
Spinte del terreno in caso sismico (Mononobe-Okabe) - ipotesi struttura che ammette spostamenti (q6.1)

angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del paramento	ψ	deg	90
angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del terrapieno	β	deg	0
angolo d'attrito terra-muro	δ	deg	0
Altezza del terrapieno	H	m	7.40

peso specifico del terreno	γ*	kN/mc	18.0
tangente teta a= kh/(1+kv)	tanθ _a		0.071
angolo teta a	θ _a	deg	4.039
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-a		0.310
tangente teta b= kh/(1-kv)	tanθ _b		0.076
angolo teta b	θ _b	deg	4.345
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-b		0.313

Spinta totale del terreno -a	Ed-a	kN	158.2
Spinta totale del terreno -b	Ed-b	kN	148.5
Spinta massima in caso sismico	Ed	kN	158.2
altezza di applicazione	H	m	3.7
Momento longitudinale	MyDP	kNm	584.9

Spinta massima in caso sismico

Spinte del terreno in caso sismico Wood) - ipotesi struttura che non ammette spostamenti (q6.1)

Incremento di spinta del terreno	DP	kN	72
altezza di applicazione	H	m	3.7
Momento longitudinale	MyDP	kNm	266

Spinte complessive del terreno in caso sismico di calcolo

Condizioni di spinta adottate:

Struttura che ammette spostamenti (Mononobe - Okabe)

Spinta del terreno	Es	kN	158
Momento longitudinale	MyEs	kNm	585

Forze inerziali (q6.2)
Sisma longitudinale

Forza orizzontale longitudinale	Fxq6.2x	kN	20
Momento longitudinale	Myq6.2x	kNm	46

Sisma verticale

Forza verticale	Fzq6.2z	kN	-10
Momento longitudinale	Myq6.2z	kNm	3

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Altezza appoggi + muro frontale	3.50
Distanza asse appoggi - asse muro frontale	0.00

	Fx [kN]	Fz [kN]
g1a	0	355
g2a	0	133
e4	0	0
e2	0	0
q1a	0	237
q1b	0	192
q1c	0	237
q1d	0	192
q3	85	0
q7a	0	0
q7b	0	0
q9	15	0
Ex	218	0
Ez	0	30

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX
Calcolo e Verifica muro frontale

	S.L.E.car							
	e3							
g1a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g1-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g2a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g3-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
q7a	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
q7b	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
q1a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75
q1e-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ex	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.1x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2z-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

	S.L.freq				S.L.qp			
g1a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g1-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g2a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g3-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
q7a	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
q7b	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
q1a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00
q1e-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ex	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.1x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2z-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

SOLLECITAZIONI ALLO SPICCATO DEL MURO FRONTALE NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

	S.L.U.								S.L.U.							
	q1				q1				q3				q3			
Fx	386	386	386	386	386	386	386	386	480	480	480	480	480	480	480	480
Fz	1342	1342	1281	1281	1342	1342	1281	1281	1262	1262	1216	1216	1262	1262	1216	1216
My	-967	-967	-967	-967	-967	-967	-967	-967	-1291	-1291	-1291	-1291	-1291	-1291	-1291	-1291

	S.L.U.				S.L.V.				S.L.V.					
	q7				E.x				E.z					
Fx	365	365	365	365	365	365	365	365	411	411	133	133	133	133
Fz	1262	1262	1216	1216	1262	1262	1216	1216	763	751	777	738	777	738
My	-888	-888	-888	-888	-888	-888	-888	-888	-1366	-1364	-392	-386	-392	-386

	S.L.E.car								S.L.E.car							
	q1				q1				q3				q3			
Fx	288	288	288	288	288	288	288	288	357	357	357	357	357	357	357	357
Fz	994	994	949	949	994	994	949	949	935	935	901	901	935	935	901	901
My	-722	-722	-722	-722	-722	-722	-722	-722	-962	-962	-962	-962	-962	-962	-962	-962

	S.L.E.car							
	q7							
Fx	272	272	272	272	272	272	272	272
Fz	935	935	901	901	935	935	901	901
My	-663	-663	-663	-663	-663	-663	-663	-663

	S.L.E.freq				S.L.E.qp			
Fx	272	272	272	272	272	272	272	272
Fz	935	935	901	901	935	935	901	901
My	-663	-663	-663	-663	-663	-663	-663	-663

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX**Calcolo e Verifica muro frontale**

Armatura zona tesa muro frontale	passo	n.barre	ϕ	c	As
sezione di larghezza unitaria	cm	1.0/pass	mm	m	mmq
primo strato	10	10	26	0.081	5309
secondo strato	0	0	26	0.137	0
Armatura effettivamente disposta			26	0.081	5309

VERIFICHE AGLI SLU	Var	unità		
Momento di calcolo SLU	MEd_SLU	kNm/ml	1291	
Momento di calcolo SLV	MEd_SLV	kNm/ml	1366	
Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	1376	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	5309	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	5271	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		26%	OK!
Taglio di calcolo SLU	VEd_SLU	kN/ml	480	
Taglio di calcolo SLV	VEd_SLV	kN/ml	411	

VERIFICHE AGLI SLE-CAR				
Tasso di lavoro armature in zona tesa	σ_s	Mpa	71	
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		20%	OK!

VERIFICHE AGLI SLE-FR				
Tasso di lavoro armature in zona tesa	σ_s	Mpa	49	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
Tensione limite ammissibile per barre f 26.0	σ_{slim}	MPa	194	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		25%	OK!

VERIFICHE AGLI SLE-QP				
Tasso di lavoro armature in zona tesa	σ_s	Mpa	36	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1
Tensione limite ammissibile per barre f 26.0	σ_{slim}	MPa	156	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		23%	OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX
Calcolo e Verifica del muro paraghiaia

Dati	var	unità	
Altezza paraghiaia	h	m	4.77
spessore paraghiaia	spar	m	0.60
spessore pavimentazione	spav	m	0.10
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Effetti dovuti al sovraccarico accidentale

larghezza dell'impronta del carico Qik in sommità	b1	m	3.20
lunghezza dell'impronta di carico Qik in sommità	a1	m	2.40
larghezza dell'impronta del carico Qik alla base	b2	m	8.71
lunghezza dell'impronta di carico Qik alla base	a2	m	5.15
pressione orizzontale dovuta al carico Qik in sommità	sh1	kPa	33.3
pressione orizzontale dovuta al carico Qik alla base	sh2	kPa	5.7
pressione orizzontale dovuta al carico qik distribuito	shd	kPa	3.8
Taglio alla base complessivo	Vmax	kNm	511.9
Momento alla base complessivo	Mmax	kNm	1328.8

Effetti dovuti al carico Qik sul paraghiaia

larghezza dell'impronta di carico Qik in sommità	b1	m	2.6
larghezza dell'impronta di carico alla base	b2	m	12.14
Carico verticale in testa al paraghiaia	Qik	kN	300
Azione orizzontale in testa al paraghiaia	H	kN	180

Sollecitazioni alla base del paraghiaia

Condizione	N kN	V kN	M kNm
Peso proprio	71.6	0.0	0.0
Spinta statica del terreno	0.0	87.3	138.8
Spinta dovuta al carico Qik	0.0	58.8	152.6
Carico Qik sul paraghiaia	24.7	14.8	72.2
Sisma - forze inerziali	0.0	5.2	12.5
Spinta sismica del terreno	0.0	63.5	151.4

Armatura zona tesa paraghiaia

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/passso	φ mm	c m	As mmq
primo strato	10	10	20	0.076	3142
secondo strato	10	10	20	0.126	3142
Armatura effettivamente disposta			20	0.101	6283

VERIFICHE SLU

Condizione di carico	fattori parziali per azioni	
	SLU-STR	SLU-SIS
Peso proprio	1.00	1.00
Spinta statica del terreno	1.35	0.00
Spinta dovuta al carico Qik	1.35	0.00
Carico Qik sul paraghiaia	1.35	0.00
Sisma - forze inerziali	0.00	1.00
Spinta sismica del terreno	0.00	1.00

Combinazioni SLU-STR

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLU-STR	104.9	217.3	490.9
SLU-SIS	71.6	68.7	163.9

Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	2794	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	6283	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	1104	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		44%	OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX
Calcolo e Verifica del muro paraghiaia

VERIFICHE SLE-RARA

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-RARA		
Peso proprio	1.00		
Spinta statica del terreno	1.00		
Spinta dovuta al carico Qik	1.00		
Carico Qik sul paraghiaia	1.00		
Sisma - forze inerziali	0.00		
Spinta sismica del terreno	0.00		

Combinazioni SLE-RARA

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLE-RARA	96.3	160.9	363.6

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **129**

Tensione massima ammissibile $\sigma_{s,max}$ MPa 360
 coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni c.u. **36%** **OK!**

VERIFICHE SLE-FREQUENTE

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-FRE		
Peso proprio	1.00		
Spinta statica del terreno	1.00		
Spinta dovuta al carico Qik	0.75		
Carico Qik sul paraghiaia	0.75		
Sisma - forze inerziali	0.00		
Spinta sismica del terreno	0.00		

Combinazioni SLE-FREQUENTE

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLE-FRE	90.1	142.5	307.4

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **109**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile w_{lim} mm 0.30 w2
 Tensione limite ammissibile per barre f 20.0 σ_{slim} MPa **222**
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **49%** **OK!**

VERIFICHE SLE-QUASI PERMANENTE

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-QP		
Peso proprio	1.00		
Spinta statica del terreno	1.00		
Spinta dovuta al carico Qik	0.00		
Carico Qik sul paraghiaia	0.00		
Sisma - forze inerziali	0.00		
Spinta sismica del terreno	0.00		

Combinazioni SLE-QUASI PERMANENTE

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLE-QP	71.6	87.3	138.8

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **49**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile w_{lim} mm 0.20 w1
 Tensione limite ammissibile per barre f 20.0 σ_{slim} MPa **182**
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **27%** **OK!**

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX
Calcolo e Verifica dei muri di risvolto

Dati	var	unità	
Altezza muro di risvolto	h	m	7.52
larghezza muro di risvolto	a	m	1.70
spessore muro di risvolto	s	m	0.60
coefficiente gamma	γ		0.23
spessore pavimentazione	spav	m	0.10
resistenza di calcolo acciaio armatura	f _{yd}	MPa	391
Muro con bandiera	band		no
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Momento massimo orizzontale: $M_x = fac_x * q * a^2$

Momento massimo verticale: $M_y = fac_y * q * h^2$

N.B. i coefficienti fac_x e fac_y sono ricavati da: "Calcolo di lastre e piastre" - Richard Bares - Ed. CittàStudi

Effetti dovuti alla spinta delle terre

	q	kN/mq	57.7
pressione orizzontale alla base			
direzione orizzontale	γ	0.125	0.250
coefficiente fac _x	fac _{Mx}	0.294	0.240
coefficiente fac _{Vx}	fac _{Vx}	0.771	0.690

Momento flettente in direzione orizzontale	M _{xmax}	kNm	41.8
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	M _{xband}	kNm	0.0
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	V _{xmax}	kN	69.2
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	V _{xband}	kN	0.0

direzione verticale	γ	0.13	0.25	0.23
coefficiente fac _y	fac _{My}	0.007	0.022	0.02
coefficiente fac _{Vy}	fac _{Vy}	0.271	0.423	0.394

Momento flettente in direzione verticale	M _y max	kNm	62.8
Sforzo di taglio in direzione verticale	V _y max	kN	171.0

Effetti dovuti ai sovraccarichi accidentali

larghezza dell'impronta del carico Q _{ik} in sommità	b ₁	m	2.40
lunghezza dell'impronta di carico Q _{ik} in sommità	a ₁	m	3.10
larghezza dell'impronta del carico Q _{ik} alla base	b ₂	m	6.74
lunghezza dell'impronta di carico Q _{ik} alla base	a ₂	m	7.44
pressione orizzontale dovuta al carico Q _{ik} in sommità	sh ₁	kPa	34.4
pressione orizzontale dovuta al carico Q _{ik} alla base	sh ₂	kPa	5.1

pressione orizzontale di calcolo

	q	kN/mq	19.7
--	---	-------	------

direzione orizzontale	γ	0.13	0.25	0.23
coefficiente fac _x	fac _{Mx}	0.499	0.482	0.48
coefficiente fac _{Vx}	fac _{Vx}	1.010	1.055	1.047

Momento flettente in direzione orizzontale	M _{xmax}	kNm	27.7
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	M _{xband}	kNm	0.0
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	V _{xmax}	kN	35.1
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	V _{xband}	kN	0.0

direzione verticale	γ	0.13	0.25	0.23
coefficiente fac _x	fac _{My}	0.008	0.030	0.026
coefficiente fac _{Vy}	fac _{Vy}	0.312	0.572	0.522

Momento flettente in direzione verticale	M _y max	kNm	29.2
Sforzo di taglio in direzione verticale	V _y max	kN	77.5

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX
Calcolo e Verifica dei muri di risvolto
Effetti dovuti al sisma

forza inerziale	q1	kN/mq	1.10	
incremento di spinta delle terre	q2	kN/mq	9.9	
pressione orizzontale di calcolo	q	kN/mq	11.0	
direzione orizzontale	γ	0.13	0.25	0.23
coefficiente facx	facMx	0.499	0.482	0.48
coefficiente facVx	facVx	1.010	1.055	1.05

Momento flettente in direzione orizzontale	Mxmax	kNm	15.4
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	Mxband	kNm	0.0
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	Vxmax	kN	19.6
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	Vxband	kN	0.0

direzione verticale	γ	0.13	0.25	0.23
coefficiente facx	facMy	0.008	0.030	0.026
coefficiente facVy	facVy	0.312	0.572	0.522

Momento flettente in direzione verticale	Mymax	kNm	16.3
Sforzo di taglio in direzione verticale	Vymax	kN	43.2

Riepilogo sollecitazioni sul muro

Condizione	Mx kNm	My kNm	Vx kN	Vy kN
Spinta del terreno	41.8	62.8	69.2	171.0
Spinta sovraccarichi accidentali	27.7	29.2	35.1	77.5
Spinta dovuta al sisma	15.4	16.3	19.6	43.2

Armatura zona tesa - dir. Orizzontale

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/pass	ϕ mm	c m	As mmq
primo strato	10	10	20	0.062	3142
secondo strato	0	0	20	0.112	0
Armatura effettivamente disposta			20	0.062	3142

Armatura zona tesa - dir. Verticale

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/pass	ϕ mm	c m	As mmq
primo strato	10	10	24	0.084	4524
secondo strato	0	0	24	0.138	0
Armatura effettivamente disposta			24	0.084	4524

VERIFICHE SLU

Condizione di carico	fattori parziali per azioni	
	SLU-STR	SLU-SIS
Spinta del terreno	1.35	1.00
Spinta sovraccarichi accidentali	1.35	0.00
Spinta dovuta al sisma	0.00	1.00

Combinazioni SLU-STR

Combinazione	Mx kNm	My kNm	Vx kN	Vy kN
SLU-STR	93.7	124.3	140.9	335.5
SLU-SIS	57.2	79.1	88.8	214.2

Armatura minima richiesta in dir. Orizzontale	Afh_min	mmq/ml	495	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	3142	OK!
Momento Resistente dir. Orizzontale	MR_h	kNm/ml	595	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		16%	OK!
Armatura minima richiesta in dir. Verticale	Afh_min	mmq/ml	684	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	4524	OK!
Momento Resistente dir. Verticale	MR_v	kNm/ml	822	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		15%	OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX
Calcolo e Verifica dei muri di risvolto
VERIFICHE SLE-RARA

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-RARA		
Spinta del terreno		1.00	
Spinta sovraccarichi accidentali		1.00	
Spinta dovuta al sisma		0.00	
Combinazioni SLE-RARA	Mx	My	
Combinazione	kNm	kNm	
SLE-RARA	69.4	92.0	
Tasso di lavoro armature orizzontali	σ_{sh}	Mpa	46
Tasso di lavoro armature verticali	σ_{sv}	Mpa	44
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360
coefficiente di utilizzo armature orizzontali - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		13% OK!
coefficiente di utilizzo armature verticali - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		12% OK!

VERIFICHE SLE-FREQUENTE


Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-FRE		
Spinta del terreno		1.00	
Spinta sovraccarichi accidentali		0.75	
Spinta dovuta al sisma		0.00	
Combinazioni SLE-FREQUENTE	Mx	My	
Combinazione	kNm	kNm	
SLE-FRE	62.5	84.7	
Tasso di lavoro armature orizzontali	σ_{sh}	Mpa	41
Tasso di lavoro armature verticali	σ_{sv}	Mpa	40
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30 w2
Tensione limite ammissibile per barre f 20.0 (arm.orizzontale)	σ_{slim}	MPa	222
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		18% OK!
Tensione limite ammissibile per barre f 24.0 (arm.verticale)	σ_{slim}	MPa	204
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		20% OK!

VERIFICHE SLE-QUASI PERMANENTE

Condizione di carico	fattori parziali per azioni		
	SLE-QP		
Spinta del terreno		1.00	
Spinta sovraccarichi accidentali		0.00	
Spinta dovuta al sisma		0.00	
Combinazioni SLE-QUASI PERMANENTE	Mx	My	
Combinazione	kNm	kNm	
SLE-QP	41.8	62.8	
Tasso di lavoro armature orizzontali	σ_{sh}	Mpa	27
Tasso di lavoro armature verticali	σ_{sv}	Mpa	30
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20 w1
Tensione limite ammissibile per barre f 20.0 (arm.orizzontale)	σ_{slim}	MPa	182
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		15% OK!
Tensione limite ammissibile per barre f 24.0 (arm.verticale)	σ_{slim}	MPa	164
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		18% OK!

LAVORO: SS131 OSSI - VI04 - SPALLA SPB DX
 Verifiche SLU per sollecitazioni taglianti

Sollecitazioni di calcolo	Var	unità	Mfron	Paraghiaia	Mrsv_h	Mrsv_v
Taglio di calcolo	V_{Ed}	kN	479.8	217.3	140.9	335.5
Dati						
	Var	unità				
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	40	40	40	40
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	32	32	32	32
Coefficiente parziale γ_c	γ_c		1.50	1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale α_{cc}	α_{cc}		0.85	0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	18.1	18.1	18.1	18.1
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3	391.3
Caratteristiche geometriche sezione						
Altezza (porre = 0 in caso di sezione circolare)	H	m	2.90	0.60	0.60	0.60
Larghezza/ Diametro	B	m	1.00	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m ²	2.90	0.60	0.60	0.60
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.081	0.101	0.062	0.084
altezza utile della sezione	d	m	2.82	0.50	0.54	0.52
Compressione agente nella sezione						
Sforzo normale di calcolo	N _{Ed}	kN	0.0	0.0	0.0	0.0
Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio						
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata						
	Asl	mmq	5309	6283	3142	4524
Coefficiente k	k	m	1.27	1.63	1.61	1.62
vmin	vmin		0.3	0.4	0.4	0.4
rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_1		0.00188	0.01259	0.00584	0.00877
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	Mpa	0.00	0.00	0.00	0.00
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	779.6	335.2	275.8	305.3
			OK	OK	OK	N.V.
Elementi con armature trasversali resistenti al taglio						
<i>Verifica del conglomerato</i>						
Resistenza a taglio del conglomerato	V _{Rcd}	kN	15335.4	2714.6	2926.7	2807.0
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>						
diametro staffe	fsw	mm	12	10	12	12
passo staffe	scp	m	0.40	0.20	0.20	0.20
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5	2.5
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	283	196	283	283
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	deg	90	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	θ	deg	21.8	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	kPa	0	0	0	0
coefficiente alpha	α_c		1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza a "taglio trazione"	V _{Rsd}	kN	1754.5	431.3	669.7	642.3
Resistenza a "taglio compressione"	V _{Rcd}	kN	7931.7	1404.0	1513.7	1451.8
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	1754.5	431.3	669.7	642.3
			OK	OK	OK	OK

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA357	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI04 Viadotto Rio Olia 2 – Carreggiata destra</i>	

19 ALLEGATO 9 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI ASSIALI

LAVORO: SS131 OSSI **OPERA: VI04 DX** **ALLINEAMENTI: SPALLE - PILE**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

Il valore di progetto Rod della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ3; (Rbc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ3; (Rsc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γ _R	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
		1	2	3
Base	γ _b	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ _s	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ _{st}	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γ_{cls} - γ_{nat}) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c<0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali

Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu

Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <= 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci

Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev⁽¹⁾:
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)

In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x α_N con:
 α_N = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella

Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa

Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1,20 >= β = 1,50 - 0,42 z^{0,34} >= 0,25 per i depositi sabbiosi
 1,80 >= β = 2,0 - 0,15 z^{0,75} >= 0,25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.20
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	3.77
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	50
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	3.00

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

Tensione totale in testa palo	kPa	σ _{vi}	60.3
Tensione efficace in testa palo	kPa <td>σ'_{vi}</td> <td>60.3</td>	σ' _{vi}	60.3

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	R3
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	1
coefficiente ξ	1.70

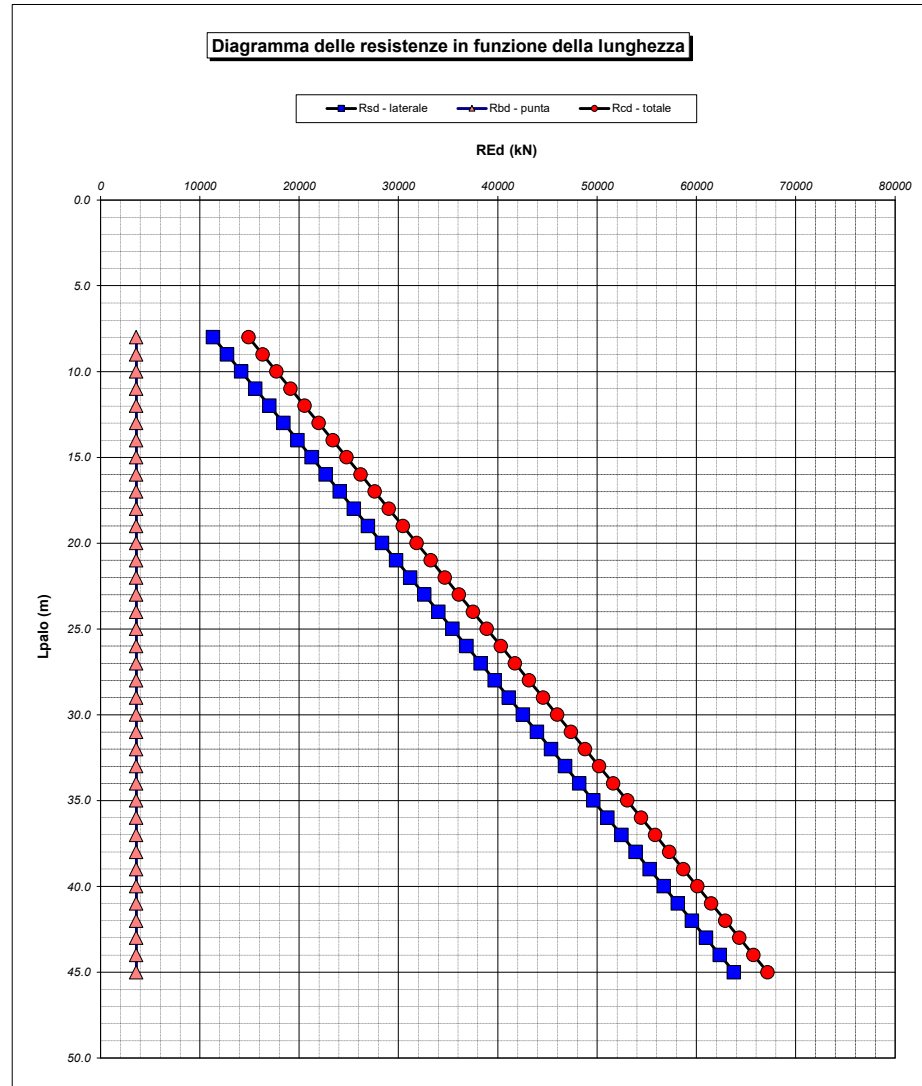
STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.) **COMBINAZIONE M1**

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa	Nspt base
1	CB	0.0	50.0	R	12200		1.00	1.00	12200.0	0.0	20.1		735			7320	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: SS131 OSSI
 OPERA: VI04 DX
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE

ALLINEAMENTI: SPALLE - PILE
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI



RESISTENZA A COMPRESIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ecd (kN)	c.u.c	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
SPA DX	8.0	11341	3607	14904	4051	27%	7983	0	0%
SPB DX	8.0	11341	3607	14904	4229	28%	7983	0	0%

RESISTENZA A COMPRESIONE A COMPRESIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo $R_{cd,gr}$ viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{cd,gr} = n_{pali} \times \eta \times R_{cd}$$

in cui:

n_{pali} :

η

R_{cd}

è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η è la resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse- Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali

diametro dei pali

numero di file

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	n_{pali}	m	n	η	$R_{cd,gr}$ (kN)	$E_{cd,gr}$ (kN)	c.u.gr
SPA DX	1.20	3.60	12	3	4	0.71	126953	35149	28%
SPB DX	1.20	3.60	8	2	4	0.74	88706	24359	27%

LAVORO: SS131 OSSI OPERA: VI04 DX ALLINEAMENTI: SPALLE - PILE
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MINIMI

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γ_b: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γ_s: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ₃; (Rbc,cal)_{min} / ξ₄] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ₃; (Rsc,cal)_{min} / ξ₄] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo allgerrito

Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γ _R	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ _b	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ _s	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ _{st}	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γ_{cls} - γ_{nat}) A_p Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c>0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali
Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σ_v + 9 c_u
Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci
Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev⁽¹⁾:
 qb = Nq* x σ'_v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)
 In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x α_N con:
 α_N = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizzdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella
 Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa
Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'_v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.25 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.20
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	3.77
peso specifico del palo	kN/m ³	γ _p	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	50.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	3.00

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

Tensione totale in testa palo	kPa	σ _{vi}	54.0
Tensione efficace in testa palo	kPa	σ' _{v1}	54.0

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γ _b	1.35
coefficiente γ _s	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MINIMI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	1
coefficiente ξ	1.70

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

COMBINAZIONE M1

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa	Nspt base
1	CB	0.0	50.0	R	8900.0		1.00	1.00	8900.0	0.0	18.0		628			5340	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	

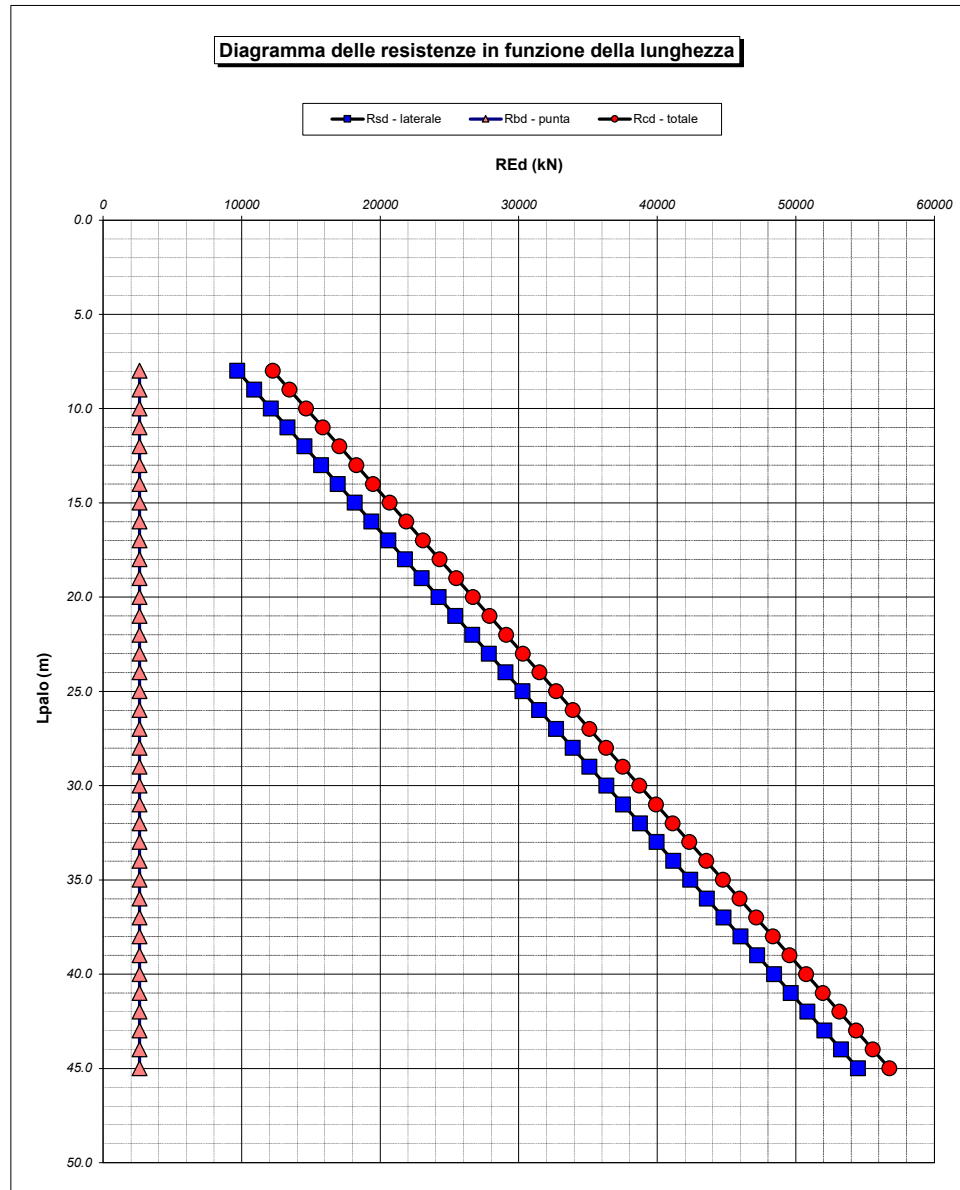
Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: SS131 OSSI
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE

OPERA: VI04 DX

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

SPALLE - PILE
 MINIMI



RESISTENZA A COMPRESIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
SPA DX	8.0	9687	2632	12255	4051	33%	6844	0	0%
SPB DX	8.0	9687	2632	12255	4229	35%	6844	0	0%

RESISTENZA A COMPRESIONE A COMPRESIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{cd,gr} = n_{pali} \times \eta \times R_{cd}$$

in cui:

n_{pali} :

η

R_{cd} è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η è la resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse- Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

interasse tra i pali

d

diametro dei pali

m

numero di file

n

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	n_{pali}	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
SPA DX	1.20	3.60	12	3	4	0.71	104387	35149	34%
SPB DX	1.20	3.60	8	2	4	0.74	72938	24359	33%

LAVORO: SS131 OSSI **OPERA: VI04 DX** **ALLINEAMENTI: SPALLE - PILE**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

Il valore di progetto Rod della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ3; (Rbc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ3; (Rsc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γ _R	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
		1	2	3
Base	γ _b	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ _s	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ _{st}	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γ_{cls} - γ_{nat}) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c<0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali

Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu

Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <= 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci

Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev⁽¹⁾:
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)

In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x α_N con:
 α_N = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose
 [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)]
 e dalla seguente tabella

Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa

Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1,20 >= β = 1,50 - 0,42 z^{0,34} >= 0,25 per i depositi sabbiosi
 1,80 >= β = 2,0 - 0,15 z^{0,75} >= 0,25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.20
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	3.77
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	50
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	3.00

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

Tensione totale in testa palo	kPa	σ _{vi}	60.3
Tensione efficace in testa palo	kPa	σ' _{vi}	60.3

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	R3
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MEDI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	1
coefficiente ξ	1.70

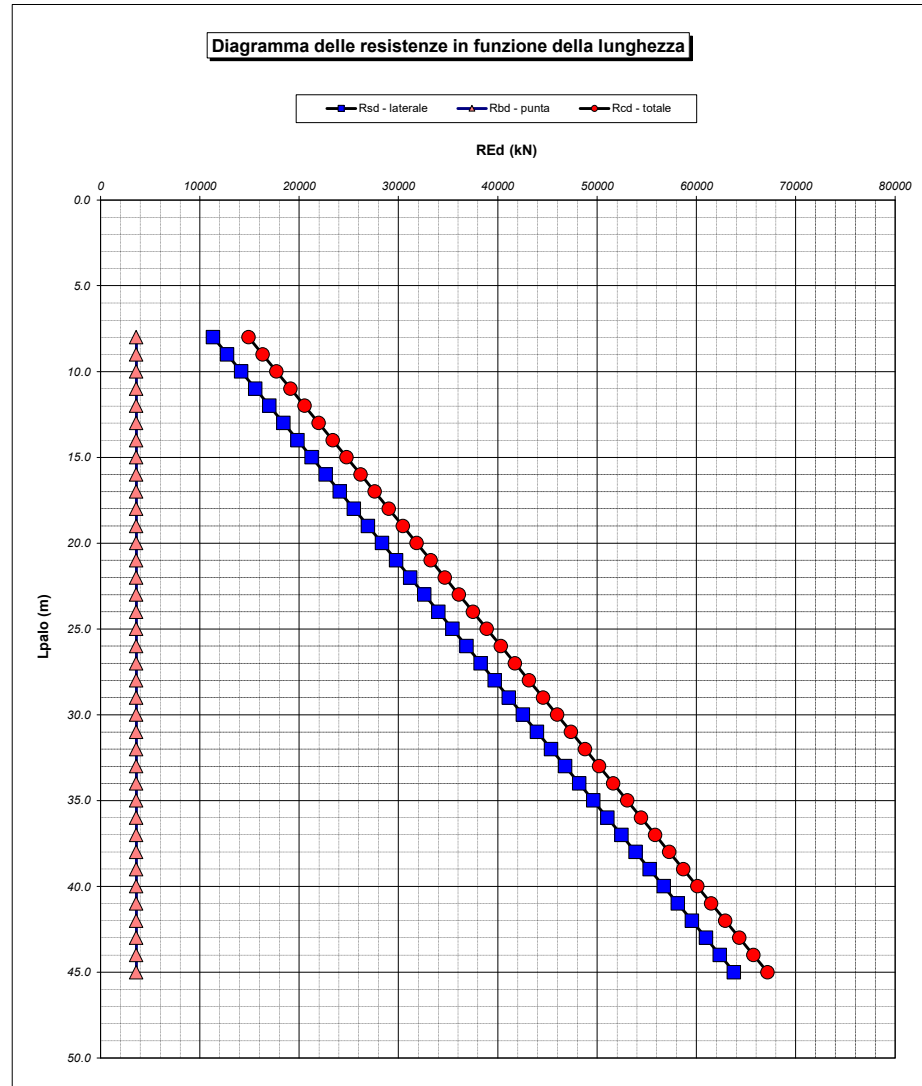
STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.) **COMBINAZIONE M1**

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa	Nspt base
1	CB	0.0	50.0	R	12200		1.00	1.00	12200.0	0.0	20.1		735			7320	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: SS131 OSSI
 OPERA: VI04 DX
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE

ALLINEAMENTI: SPALLE - PILE
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI



RESISTENZA A COMPRESIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ecd (kN)	c.u.c (%)	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t (%)
SPA DX	8.0	11341	3607	14904	4051	27%	7983	0	0%
SPB DX	8.0	11341	3607	14904	4229	28%	7983	0	0%

RESISTENZA A COMPRESIONE A COMPRESIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{cd,gr} = n_{pali} \times \eta \times R_{cd}$$

in cui:

n_{pali}:

η

R_{cd}

è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η è la resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse- Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali

diametro dei pali

numero di file

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	n _{pali}	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr (%)
SPA DX	1.20	3.60	12	3	4	0.71	126953	35149	28%
SPB DX	1.20	3.60	8	2	4	0.74	88706	24359	27%

LAVORO: SS131 OSSI OPERA: VI04 DX ALLINEAMENTI: SPALLE - PILE
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MINIMI

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb; Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs; Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ3; (Rbc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ3; (Rsc,cal)_{min} / ξ4] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qb; Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs; Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo allgerito

Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γ _R	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ _b	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ _s	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ _{st}	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γ_{cls} - γ_{nat}) A_p Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c>0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali

Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu

Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci

Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev⁽¹⁾:
 qb = Nq* x σ'v con:

Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)

In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x α_N con:

α_N = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose
 [Gwizzdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)]
 e dalla seguente tabella

Ghiaie:	qb,max = 7500 kPa
Sabbie:	qb,max = 5800 kPa
Sabbie limose:	qb,max = 4300 kPa

Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.25 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):

qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.20
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	3.77
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

Tensione totale in testa palo	kPa	σ _{vi}	54.0
Tensione efficace in testa palo	kPa	σ' _{v1}	54.0

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	50.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	3.00

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	MINIMI
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	1
coefficiente ξ	1.70

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

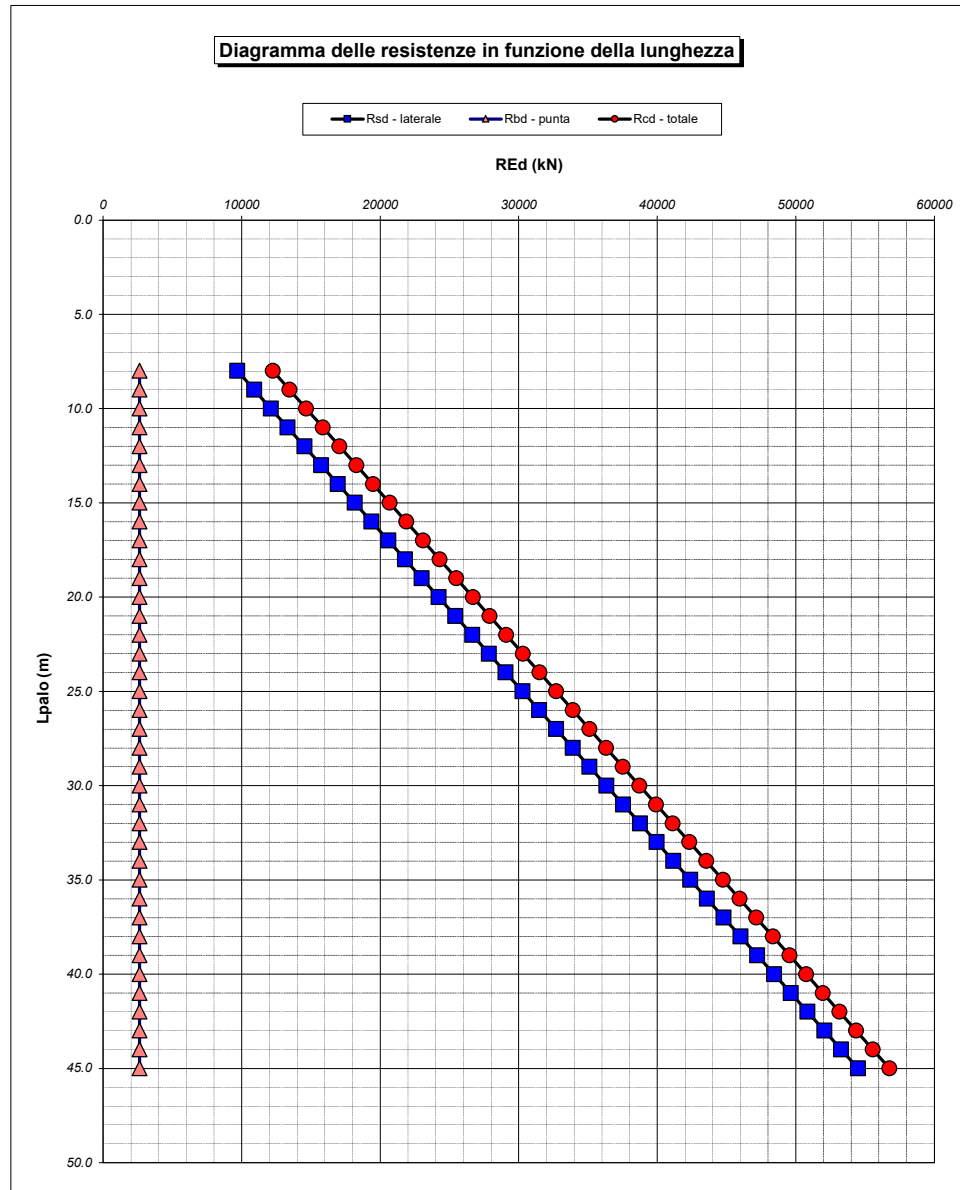
Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa	Nspt base
1	CB	0.0	50.0	R	8900.0		1.00	1.00	8900.0	0.0	18.0		628			5340	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: SS131 OSSI
 OPERA: VI04 DX
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

SPALLE - PILE
 MINIMI



RESISTENZA A COMPRESIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
SPA DX	8.0	9687	2632	12255	4051	33%	6844	0	0%
SPB DX	8.0	9687	2632	12255	4229	35%	6844	0	0%

RESISTENZA A COMPRESIONE A COMPRESIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo $R_{cd,gr}$ viene determinata in base alla seguente espressione:
 $R_{cd,gr} = n_{pali} \times \eta \times R_{cd}$

in cui:
 n_{pali} :
 η
 R_{cd} è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η è la resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione. Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:
 i : interasse tra i pali
 d : diametro dei pali
 m : numero di file
 n : numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA									
ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
SPA DX	1.20	3.60	12	3	4	0.71	104387	35149	34%
SPB DX	1.20	3.60	8	2	4	0.74	72938	24359	33%