

S.S. 554 "Cagliaritana"

Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000

Ex S.S.125 Orientale Sarda – Connessione tra la S.S.554 e la nuova S.S.554

PROGETTO DEFINITIVO

cod. CA352

PROGETTAZIONE: ATI VIA - LOTTI - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Francesco Nicchiarelli (Ord. Ing. Prov. Roma 14711)

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. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)

RESPONSABILE SIA:

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

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Francesco Corrias

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



MANDANTI:



OPERE D'ARTE MAGGIORI

VIADOTTI E PONTI

P003 – PONTE RIU SANTU SESTUTU

Relazione tecnica e di calcolo



CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	CA352_P00P003STRRE01_A			
DPCA0352	D 19	CODICE ELAB.	P00P003STRRE01	A	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	FEB.2020	F.SALUTE	G.PIAZZA	F.NICCHIARELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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.....	19
4.4.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	19
4.4.2	<i>Resistenze di progetto</i>	20
4.5	GIUNZIONI BULLONATE	20
4.5.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	20

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

4.5.2	<i>Resistenze di progetto</i>	20
4.6	GIUNZIONI SALDATE	20
5	AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO	22
5.1	ELENCO DELLE AZIONI SUI PONTI STRADALI.....	22
5.2	ANALISI DEI CARICHI	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>	25
5.2.4	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Effetti reologici: ritiro e viscosità – ε_2 e ε_3</i>	25
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> 31	
5.2.8	<i>Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q4</i>	32
5.2.9	<i>Azioni di Neve e di Vento – q5</i>	32
5.2.10	<i>Azioni della temperatura – q7</i>	36
5.2.11	<i>Azioni sui parapetti e urto veicolo in svio – q8</i>	39
5.2.12	<i>Resistenze parassite dei vincoli – q9</i>	42
5.2.13	<i>Azioni sismiche – E</i>	42
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	46
5.3.1	<i>Combinazioni di carico in esercizio</i>	46
5.3.2	<i>Combinazioni di carico in fase sismica</i>	49
6	ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO.....	50
6.1	CRITERI DI CALCOLO	50
6.1.1	<i>Analisi globale</i>	50
6.1.2	<i>Analisi locali</i>	52
6.2	ANALISI STATICA GLOBALE	52
6.2.1	<i>Caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni in fase di analisi</i>	52
6.2.2	<i>Applicazione dei carichi al modello</i>	53
6.2.3	<i>Sollecitazioni di progetto</i>	54
6.3	VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI.....	66

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

6.3.1	Verifiche di resistenza SLU	66
6.3.2	Verifiche SLE "a respiro" delle anime	75
6.3.3	Verifiche agli SLE-RARA delle travi principali	75
6.3.4	Verifiche a fatica	78
6.3.5	Verifiche SLU delle saldature longitudinali	85
6.3.6	Verifiche delle connessioni a pioli.....	86
6.4	VERIFICHE SLE DI DEFORMABILITÀ DELLA STRUTTURA	88
6.5	VERIFICA DELLA SOLETTA IN C.A.	90
6.5.1	Verifica delle predalles in fase di autoportanza.....	90
6.5.2	Verifiche della soletta in esercizio (2° fase).....	98
7	ANALISI E VERIFICA DELLE SPALLE	134
7.1	ANALISI DELLA PALIFICATA	134
7.2	CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE	135
7.3	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE	136
7.4	DIMENSIONAMENTO DELLE SINGOLE MEMBRATURE DELLE SPALLE.....	140
7.4.1	Zattera di fondazione - Mensola posteriore.....	140
7.4.2	Muro frontale.....	140
7.4.3	Paraghiaia.....	141
7.4.4	Muri di risvolto.....	142
7.4.5	Verifiche di resistenza a taglio.....	143
8	VERIFICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E GIUNTI DI DILATAZIONE	144
8.1	APPARECCHI DI APPOGGIO	144
8.1.1	Carichi verticali trasmessi dall'impalcato	144
8.1.2	Carichi orizzontali trasmessi dall'impalcato	144
8.2	ESCURSIONI DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO E DEI GIUNTI DI DILATAZIONE.....	146
8.3	RIEPILOGO CARATTERISTICHE DI PROGETTO DISPOSITIVI DI VINCOLO E GIUNTI	147
9	VERIFICHE GEOTECNICHE SLU ED SLE DELLE FONDAZIONI SU PALI	149
9.1	CRITERI DI CALCOLO	149
9.1.1	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione	150

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

9.1.2	Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico assiale di compressione	154
9.1.3	Verifiche SLU di collasso per sfilamento del palo singolo nei riguardi del carico assiale di trazione	154
9.1.4	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale	155
9.1.5	Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico trasversale	161
9.2	APPLICAZIONE AL CASO IN ESAME	164
9.2.1	Caratteristiche delle opere di fondazione su pali.....	164
9.2.2	Parametri geotecnici e stratigrafie di progetto.....	164
9.2.3	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione e di trazione (sfilamento).....	165
9.2.4	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale	165
10	DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018)	167
10.1	TIPO DI ANALISI SVOLTE.....	167
10.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	167
10.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO	167
10.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	167
10.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE	167
10.6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	167
11	ALLEGATO 1 – IMPALCATO - ANALISI STATICA GLOBALE – CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI ANALISI.....	169
12	ALLEGATO 2 – IMPALCATO ANALISI STATICA GLOBALE – CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI VERIFICA	170
13	ALLEGATO 3 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - SOLLECITAZIONI PER VERIFICHE SLU 171	
14	ALLEGATO 4 – IMPALCATO - VERIFICHE SLU TRAVI PRINCIPALI	172
15	ALLEGATO 5 – IMPALCATO - VERIFICA DELLE SALDATURE LONGITUDINALI DELLE TRAVI PRINCIPALI	173
16	ALLEGATO 6 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - VERIFICA DELLE CONNESSIONI A PIOLI	174
17	ALLEGATO 7 – SOTTOSTRUTTURE: SPALLA SPA	175

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

**18 ALLEGATO 8 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO
 LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI ASSIALI..... 176**

**19 ALLEGATO 9 –FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO
 LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI TRASVERSALI..... 177**

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

1 GENERALITA'

1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche relative alle strutture del Ponte "Ponte Riu Santu Sestutu" dalla progressiva km 3+938.25 alla progressiva km 3+960.25, previsto nell'ambito dei lavori di realizzazione della "S.S. 554 – "Cagliariatana" - Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)".

Il ponte è composto da 1 campata di luce pari a 22.0 m misurata in asse appoggi spalle. Sono previsti 2 impalcati separati, ciascuna a servizio di un senso di marcia.

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: $V_N = 100$ anni (costruzioni con livelli di prestazione elevati).

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):

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

- Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- 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: $V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2.0 = 200$ anni.

1.3 Descrizione delle opere

Il tracciato planimetrico dell'asse principale, nel tratto lungo il quale si inserisce l'opera, si sviluppa **lungo una curva circolare di raggio R=1500 m**.

L'impalcato relativo alla careggiata sinistra ha larghezza complessiva di **11.71 m**. La piattaforma stradale ha larghezza pari a **10.21 m** (strada **Extraurbana principale di Categoria B**, ai sensi del DM2001), ed è fiancheggiata da elementi marginali costituiti da cordoli di larghezza **0.75 m** in sx e dx.

L'impalcato relativo alla careggiata destra ha larghezza leggermente inferiore e pari a **11.26 m**. La piattaforma stradale ha larghezza pari a **9.76 m** ed è fiancheggiata da elementi marginali costituiti da cordoli di larghezza **0.75 m** in sx e dx.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

Gli impalcati sono a struttura mista acciaio-calcestruzzo, con sezione trasversale "aperta" costituita da due travi metalliche principali di altezza costante pari a **1.30** m.

La distanza trasversale tra le travi è pari a **6.50** m per l'impalcato sinistro e destro. Gli sbalzi laterali hanno luce massima pari a **2.61** m per l'impalcato sinistro e luce massima per l'impalcato destro pari a **2.38** in sx e dx.

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

Le travi principali saranno realizzate mediante lamiera saldate.

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

Il graticcio di ciascun 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 pari a **5.5** m. Anche i traversi hanno sezione a doppio T composta mediante lamiera saldate.

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

Le unioni bullonate previste per i collegamenti tra traversi 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 $\varnothing 22$ con altezza di **220** mm.

Lo schema statico, con riferimento ai carichi verticali, è di trave appoggiata allineamenti di appoggio.

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

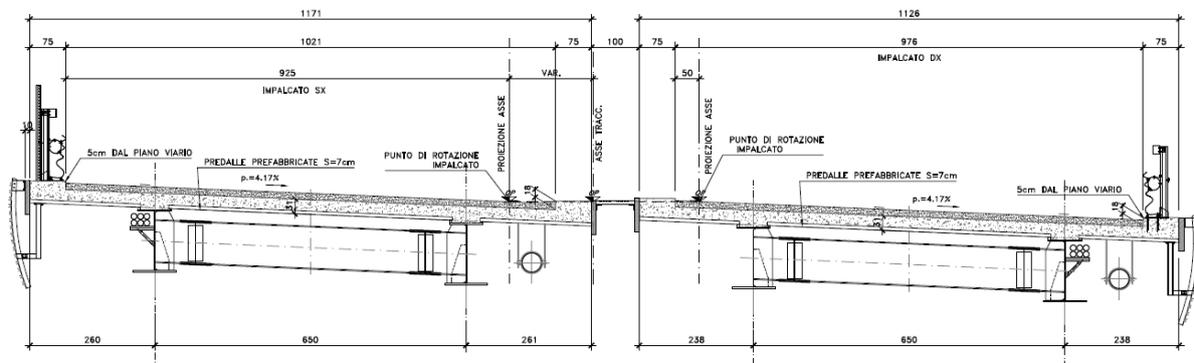


Figura 1.1. Sezione trasversale impalcato in campata

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

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

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 due spalle del ponte sono di tipo tradizionale con:

- muro frontale di altezza variabile da 3.85 m a 3.50 m per SPA e SPB e spessore pari a 2.80 m;
- paraghiaia di spessore 60 cm, debitamente arretrato rispetto alle travi d'impalcato in modo da garantire un varco di ampiezza adeguata alla manutenzione;

Le fondazioni sono di tipo indiretto, costituite da zattere di spessore pari a 2.0 m e palificate di pali trivellati di diametro $\phi 1200$ in numero di 14 (2 x 7) per ciascuna spalla.

1.4 Considerazioni sulle metodologie costruttive

La realizzazione delle sottostrutture non pone particolari problematiche.

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 macroconcio, saranno collegate alle porzioni già in opera mediante saldatura di testa a completa penetrazione.

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.

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

In direzione longitudinale si effettueranno dapprima i getti delle zone di campata e successivamente i getti in corrispondenza delle spalle.

Successivamente, si provvederà alla realizzazione dei cordoli e delle finiture.

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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 tenuto conto che il tracciato si sviluppa oltre 2 km dalla linea di costa è stata esclusa l'applicazione della classe XS (Corrosione indotta dai cloruri contenuti nell'acqua di mare).

Analogamente, 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).

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 concentrazioni di solfati (SO_4^{2-}) nelle acque di falda, 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 le acque

Denominazione		Acqua				Classi di esposizione		
		S01D-PZ	S08-PZ	S07-PZ	S09D-PZ	XA1	XA2	XA3
PARAMETRO	U. M.							
pH	unità pH	7,12	7,65	7,51	7,34	5.5-6.5	4.5-5.5	4.0-4.5
Magnesio	mg/L	66	66,00	67	59	300-1000	1000-3000	>3000
Ammoniacale (ione ammonio)	mg/L	2,25	2,76	3,21	2,49	15-30	30-60	60-100
Solfati (ione solfato)	mg/L	461	498	477	537	200-600	600-3000	3000-6000
Anidride carbonica (CO2)	mg/L	10	11,00	11	9	15-40	40-100	>100

Le concentrazioni di solfati rilevate in larga prevalenza permettono di definire per le membrature di fondazione una classe di esposizione XA1.

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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI (UNI EN 206-1 / UNI 11104)							
CALCESTRUZZO PER	Magrone	Sottofondazioni Pali trivellati e diaframmi	Fondazioni Spalle, pile e muri andatori *	Elevazioni Spalle, pile, pulvini e muri andatori *	Elevazioni Baggioli	Solette impalcato Predalle prefabbricate	Solette impalcato Getti in opera e cordoli marginali
Classe di resistenza (fck/Rck) (Mpa)	C12/15	C32/40	C32/4	C32/40	C35/45	C35/45	C35/45
Classe di esposizione ambientale	-	XC2-XA1	XC2-XA1	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	-	0.50	0.50	0.50	0.45	0.45	0.45
Tipo di cemento (secondo UNI EN 197-1)	-	CEM IV	CEM IV	CEM I÷V	CEM I÷V	CEM I÷V	CEM I÷V
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:

Tabella C4.1.IV - Copriferrini minimi in mm

C _{min}	C ₀	ambiente	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 ₀	C _{min} ≤C<C ₀	≥C ₀	C _{min} ≤C<C ₀	≥C ₀	C _{min} ≤C<C ₀	≥C ₀	C _{min} ≤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

S.S. 554 "Cagliariatana"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

I valori della tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con Vita Nominale di 5 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		3
Vita nominale dell'opera	V _N	anni	100

Tabella C4.1.IV Copriferri 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} ≥ R _{ck0}	R _{ckmin} ≤ R _{ck} ≤ R _{ck0}	R _{ck} ≥ R _{ck0}	R _{ckmin} ≤ R _{ck} ≤ R _{ck0}	R _{ck} ≥ R _{ck0}	R _{ckmin} ≤ R _{ck} ≤ R _{ck0}	R _{ck} ≥ R _{ck0}	R _{ckmin} ≤ R _{ck} ≤ 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 baggioli	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
R _{ck}	Mpa	40	40	40	45	45
Check R _{ck} min		OK	OK	OK	OK	OK
copriferro minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	mm	35	30	30	35	30
incremento Per V _n =100 (tipo di costruzione 3)	mm	10	10	10	10	10
elem. prefabbricato con ver. Copriferri*		NO	NO	NO	SI	NO
riduzione per produzioni con ver. Copriferri		0	0	0	-5	0
Tolleranza di posa		10	10	10	5	10
copriferro nominale	mm	55	50	50	55	50

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.

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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

Elemento	Sottofondazioni Pali trivellati e diaframmi	Fondazioni Spalle, pile e muri andatori	Elevazione Spalle e muri andatori	Elevazione Pile, pulvini e baggioli	Solette Impalcato predalle	Solette impalcato getti in opera e cordoli marginali
copriferro nominale di progetto	75	50	50	55	40	50

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	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** e delle **elevazioni delle spalle** (classe di esposizione **XC4**) e per le verifiche a fessurazione delle fondazioni e delle sottofondazioni (classe di esposizione **XA1**).

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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:

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: $w_k \leq w_2 = 0.3$ mm
 - o Combinazione di azioni quasi permanente: $w_k \leq w_1 = 0.2$ mm

In diversi 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)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ 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)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ 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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	Es	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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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
Qualità dell'acciaio				S355
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

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).

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

4.4.2 Resistenze di progetto

CONNETTORI A PIOLO	Var	unità	
Qualità dell'acciaio			ex ST37-3K (S235J2+)
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 traversi 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_{ybk}	Mpa		900
Tensione caratteristica di rottura	f_{tbk}	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}) $f_{v,Rd} = fac f_{tbk} / \gamma_{m2}$	$f_{v,Rd}$	MPa		400
Resistenza unitaria a taglio - gambo NON filettato della vite (A) $f_{v,Rd} = 0.6 f_{tbk} / \gamma_{m2}$	$f_{v,Rd}$	MPa		480
Resistenza unitaria a trazione - $f_{t,Rd} = 0.9 f_{tbk} / \gamma_{m2}$	$f_{t,Rd}$	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" $f_{p,Cd} = 0.7 f_{tbk} / \gamma_{m7}$	$f_{p,Cd}$	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

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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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

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).

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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 **1.95** che tiene conto dell'incidenza delle strutture secondarie (traversi, controventi, saldature, bullonature etc.).

Considerando la configurazione con massima larghezza relativa all'impalcato sinistro, il peso proprio della soletta comprensiva delle predelle è pari a:

- Soletta in c.a.: $(11.7 \times 0.31) \times 25.0 = 90.7$ kN/ml

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	45.38	45.38

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

- Strutture in carpenteria metallica impalcato : $2.0 \times 15.7 = 31.4$ kN/ml

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

$$Pg1a = 31.4 + 90.7 = 122.1 \text{ kN/m}$$

Allo stesso modo per l'impalcato destro si ottiene un valore leggermente inferiore.

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

Si considera un peso proprio della pavimentazione pari a **3.0** kN/mq.

Sono state prese in considerazione due configurazioni:

- la prima ($g2_{max_tr}$), relativa alla sezione trasversale d'impalcato, nella configurazione peggiore, con tubazioni di smaltimento e carter montate da un lato, determina il massimo carico verticale sulla singola trave principale ed è stata implementata nelle analisi globali delle strutture d'impalcato.
- la seconda ($g2_{max_spalle}$), corrisponde al massimo carico verticale complessivamente agente sulle spalle;

Le rispettive analisi dei carichi permanenti portati sono appresso illustrate:

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

G2max_tr:

<i>Analisi dei carichi</i>		p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)
cordolo sx	kN/m	3.75	-5.48	-20.55
cordolo dx	kN/m	3.75	5.48	20.55
pavimentazione	kN/m	30.63	0.00	0.00
guard-rail sx	kN/m	1.50	-5.61	-8.41
guard-rail dx	kN/m	1.50	5.61	8.41
barriera antirumore /parapetto sx	kN/m	0.00	-5.71	0.00
barriera antirumore /parapetto dx	kN/m	0.00	5.71	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in sx	kN/m	0.00	-5.11	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in dx	kN/m	1.50	5.11	7.66
veletta sx + carter	kN/m	2.90	-5.86	-16.98
veletta dx	kN/m	1.40	5.86	8.20
Sommano		46.93	-0.02	-1.13

Pertanto, i carichi agenti sulle due travi risultano pari a:

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
cordoli	kN/m	3.75	3.75
pavimentazione	kN/m	15.32	15.32
guard-rail	kN/m	1.50	1.50
barriere antirumore/parapetti	kN/m	0.00	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma	kN/m	-0.43	1.93
velette	kN/m	3.50	0.80
Totale permanenti portati	kN/m	23.64	23.29

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
cordoli	kN/m	3.66	3.85
pavimentazione	kN/m	16.67	17.53
guard-rail	kN/m	1.46	1.54
barriere antirumore/parapetti/reti	kN/m	-0.18	0.68
Tubazione smaltimento acque di piattaforma	kN/m	-0.41	1.91
velette + carter	kN/m	0.81	3.49
Totale permanenti portati	kN/m	22.00	29.00

G2max_spalle:

<i>Analisi dei carichi</i>		p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)	p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)
cordolo sx	kN/m	3.75	11.61	43.54	3.75	-1.10	-4.13
cordolo dx	kN/m	3.75	0.65	2.44	3.75	-11.61	-43.54
pavimentazione	kN/m	30.63	6.13	187.76	29.28	-6.36	-186.07
guard-rail sx	kN/m	1.50	11.74	17.60	1.50	-0.98	-1.46
guard-rail dx	kN/m	1.50	0.52	0.79	1.50	-11.74	-17.60
barriera antirumore /parapetto sx	kN/m	0.00	11.84	0.00	0.00	-0.88	0.00
barriera antirumore /parapetto dx	kN/m	0.00	0.42	0.00	0.00	-11.84	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in sx	kN/m	0.00	11.61	0.00	0.00	-1.10	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in dx	kN/m	1.50	0.65	0.97	1.50	-11.61	-17.42
veletta sx + carter metallico	kN/m	2.90	11.99	34.76	1.40	-0.73	-1.02
veletta dx + carter metallico	kN/m	1.40	0.27	0.38	2.90	-11.99	-34.76
Sommano		46.93	6.14	288.24	45.58	-6.71	-305.99

Il valore di eccentricità è riferito rispetto al baricentro della spalla.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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 : $K0 = 1 - \text{sen } \phi = 0.426$

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 – ε2 e ε3

5.2.4.1 Deformazione da ritiro a tempo infinito

La deformazione totale per ritiro si può esprimere come:

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

Dove:

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 (ε2)	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	2.810
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	12.29
coefficiente $h0 = 2 \times Ac / u$	h0	mm	457
umidità relativa atmosfera	RH	%	75%
deformazione finale da ritiro per essiccamento	εc		0.00021
deformazione finale per ritiro autogeno	εca		0.00006
deformazione totale finale per ritiro	εcs		0.00027

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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

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

$$M_r = N_r \times z$$

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-clc 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:

Effetti dovuti al ritiro del calcestruzzo ($\varepsilon 2$)	var	unità	
distanza tra il baricentro della soletta in clc e il baricentro della sezione composta a tinf estremità sx	z	m	0.446
baricentro della sezione composta a tinf estremità dx	z	m	0.446
Forza assiale d'estremità	N _{cr}	kN	-10041.6
Momento flettente d'estremità sx	M _{crsx}	kNm	4476.8
Momento flettente d'estremità dx	M _{crdx}	kNm	4476.8

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità sx	kN	-5020.8	-5020.8
Momento flettente d'estremità sx	kNm	2238.4	2238.4
Forza assiale d'estremità dx	kN	-5020.8	-5020.8
Momento flettente d'estremità dx	kNm	2238.4	2238.4

5.2.4.2 Coefficienti di omogeneizzazione acciaio-clc 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 clc 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;

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

$\phi(t, t_0)$ 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:

Condizione di carico	Ψ_L	t_0 (giorni)	$\phi_c(\text{inf}, t_0)$	n_L
Ritiro	0.55	1	2.84	15.79
Carichi permanenti portati	1.10	60	1.32	15.10

5.2.5 Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – ϵ_4

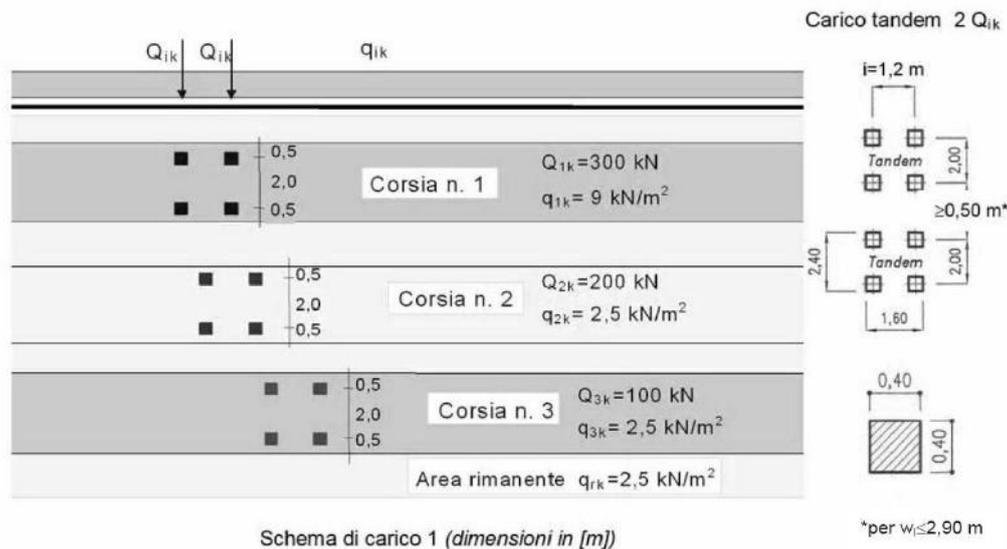
Trattandosi di impalcato a trave poggiate, gli effetti legati ai cedimenti degli appoggi sono nulli.

5.2.6 Azioni variabili da traffico - Carichi verticali comprensivi 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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	



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

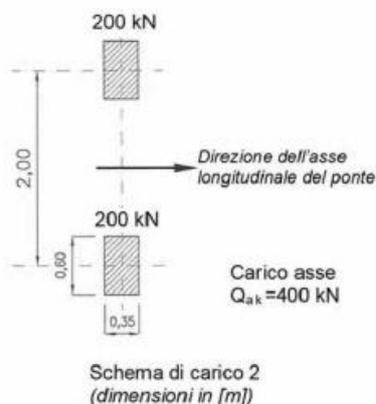
Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

I suddetti carichi mobili includono gli effetti dinamici.

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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	



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

Le larghezze w_i 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):

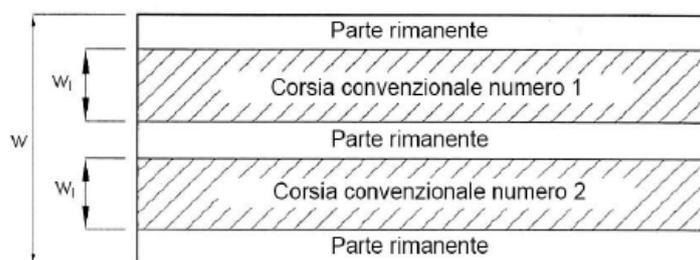


Fig. 5.1.1 - Esempio di numerazione delle corsie

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]
$w < 5,40 \text{ m}$	$n_l = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0 \text{ m}$	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

Nel caso in esame, di piattaforma carrabile complessivamente larga 10.2 m, si determinano 3 corsie di larghezza pari a 3.0 m per l'impalcato sinistro e 3 corsie per l'impalcato destro.

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.

Sono state esaminate le seguenti configurazioni:

- C1-sx: 1 colonna di carico (Corsia Numero 1), disposta a partire dal margine sinistro della carreggiata;

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

- 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: 4 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: 4 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 due travi è determinata risolvendo il sistema isostatico costituito dalla soletta d'impalcato appoggiata in corrispondenza delle due travi e determinando le reazioni di appoggio.

Le tabella seguente sintetizza la ripartizione dei carichi mobili sulle due travi per le combinazioni dei carichi mobili in **SX** per l'impalcato sinistro:

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
1 colonna di carico (Q1k)	kN/m	316.38	-16.38
2 colonne di carico (Q1k + Q2k)	kN/m	435.00	65.00
3 colonne di carico (Q1k + Q2k + Q3k)	kN/m	448.15	151.85
1 colonna di carico (q1k)	kN/m	28.47	-1.47
2 colonne di carico (q1k + q2k)	kN/m	32.92	1.58
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)	kN/m	33.91	8.09
Carico della folla su singolo marciiede	kN/m	0.00	0.00
Carico della folla su doppio marciiede	kN/m	0.00	0.00
Veicoli LM2 per verifiche a fatica (asse corsia lenta)	kN/m	0.73	0.27

La ripartizione dei carichi mobili sulle due travi per le combinazioni dei carichi mobili in destra è perfettamente simmetrica.

Date le dimensioni leggermente inferiori della piattaforma stradale, si omettono i risultati delle analisi per l'impalcato destro.

Come è possibile evincere, gli effetti più gravosi per la singola trave, sono relativi al caso di piattaforma impegnata da tre colonne di carico (vedi Figura 5.1) relativamente alla trave sinistra dell'impalcato sinistro.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

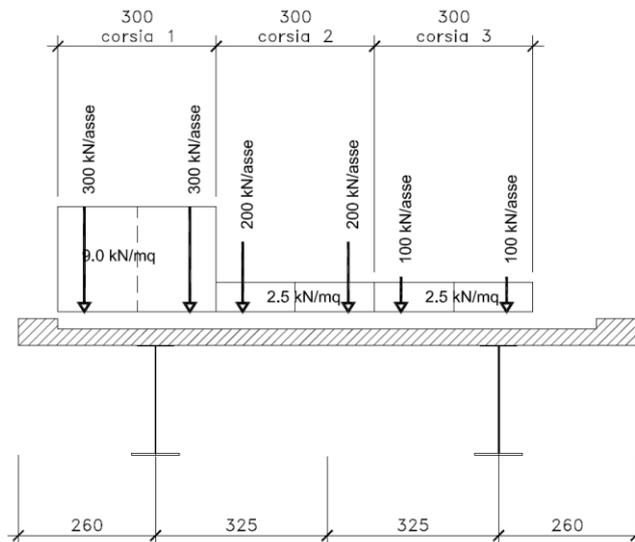


Figura 5.1. Disposizione trasversale carichi mobili per analisi globale travi principali impalcato

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:

- N_{max-sx} : impalcato sx 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 e sull'impalcato dx; questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;
- $M_{tmax-sx}$: impalcato sx impegnato da 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e e n.3), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata; questa configurazione massimizza la coppia trasversale sulle sottostrutture;
- N_{max-dx} : impalcato dx 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 e sull'impalcato sx; questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;
- $M_{tmax-dx}$: impalcato impegnato da 2 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), 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 – q_3

L'azione longitudinale di frenamento o di accelerazione q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1:

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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:

$$q_3 = 423.5 \text{ kN}$$

Corrispondente ad un'azione orizzontale uniformemente distribuita sulla lunghezza dell'impalcato modellata (L=22 m), pari a:

$$q_3 = 19.3 \text{ kN/m}$$

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]
$R < 200$	$0,2 Q_v$
$200 \leq R \leq 1500$	$40 Q_v/R$
$1500 \leq R$	0

Nel caso in esame, il ponte ricade lungo una curva circolare di raggio $R=1500 \text{ m}$, per cui si ha:

$$q_4 = 0 \text{ kN}$$

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:

$$c_{f,x} = c_{f,x,0} \cdot \psi_{\lambda,x}$$

Dove:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

$C_{fx,0}$ 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:

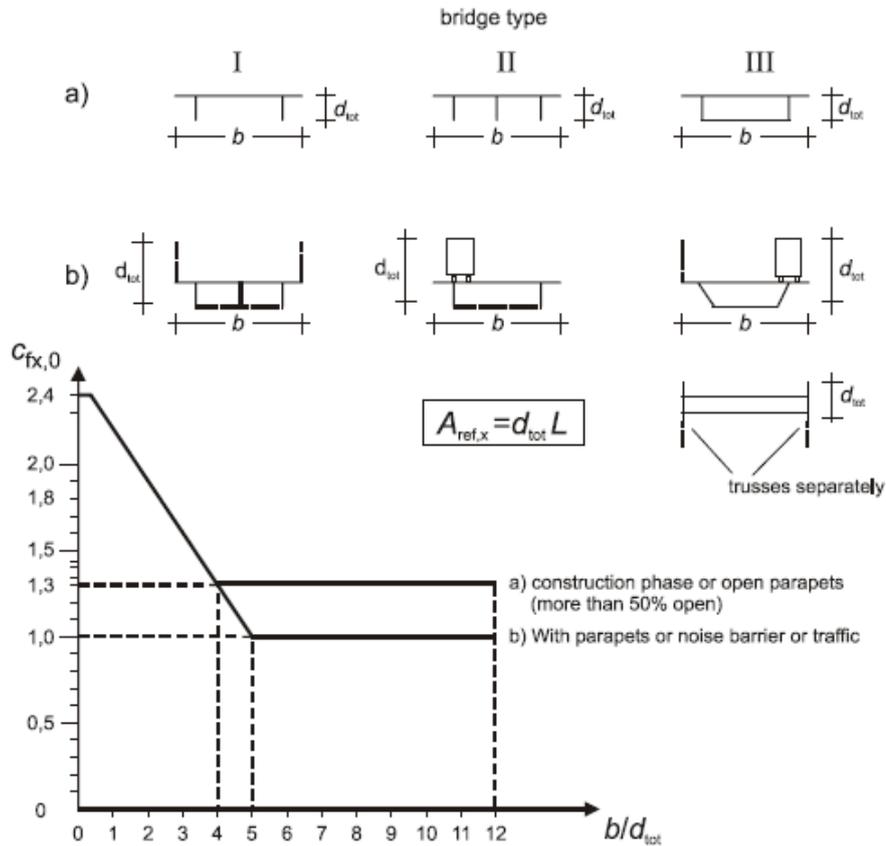


Figure 8.3 — Force coefficient for bridges, $C_{fx,0}$

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:

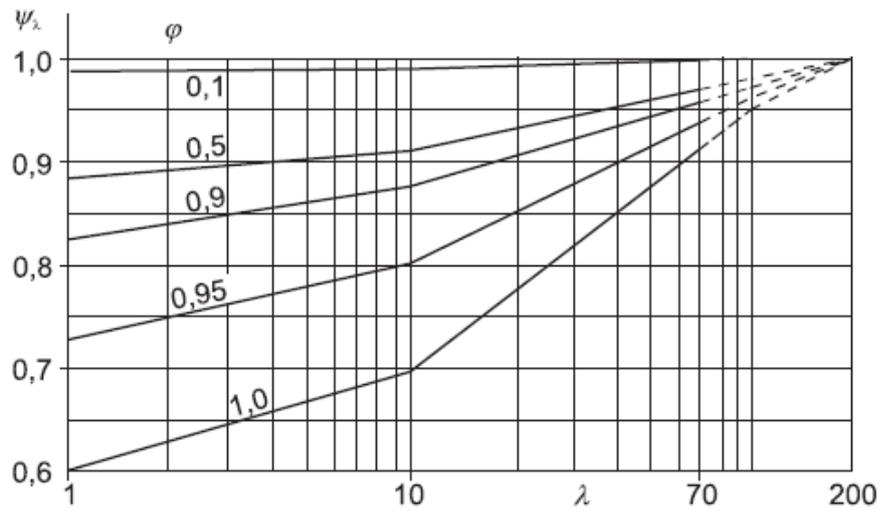


Figure 7.36 — Indicative values of the end-effect factor ψ_λ as a function of solidity ratio φ versus slenderness λ

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

Effetti dovuti al Vento (q5)	var	unità	
parametro vb,0	vb0	m/sec	28
parametro a0	a0	m	750
parametro ka	ka	l/sec)	0.4
altitudine del viadotto s.l.m.	as	m	20
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	10.0
coefficiente di topografia	ct		1.0
coefficiente di esposizione ce(z)	ce		2.35
coefficiente dinamico cd	cd		1.00
coefficiente di forma cp impalcato scarico	cp1		1.46
coefficiente di forma cp impalcato carico	cp2		1.63
coefficiente di forma cp pile	cp3		1.20
pressione del vento impalcato scarico		kN/m2	1.68
pressione del vento impalcato carico		kN/m2	1.87
pressione del vento pile		kN/m2	1.38
Lunghezza complessiva impalcato	Ltot	m	23.2
altezza impalcato scarico	Hp1	m	3.81
Altezza impalcato carico	Hp2	m	4.72
Altezza centro di taglio	zg	m	1.46
Carichi dovuti al vento	qt (kN/m)	b (m)	Mt (kNm/m)
Impalcato scarico (braccio al baricentro impalcato)	6.4	0.45	2.9
Impalcato carico (braccio rispetto al baricentro impalcato)	8.8	0.91	8.0
Impalcato scarico (braccio rispetto agli appoggi)	6.4	1.91	12.2
Impalcato carico (braccio rispetto agli appoggi)	8.8	2.36	20.9

I momenti Mt determinano i seguenti carichi verticali sulle due travi:

Carichi verticali agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Vento ad impalcato scarico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-0.44	0.44
Vento ad impalcato carico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-1.23	1.23
Vento ad impalcato scarico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-1.87	1.87
Vento ad impalcato carico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-3.21	3.21

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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°;
- 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	23.50
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	25
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:

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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 5.2: Zonizzazione del territorio nazionale per valutazioni azioni climatiche

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	



Figura 5.3: 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.

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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	0.266
baricentro della sezione composta a t0 estremità dx	z	m	0.266
Forza assiale d'estremità DT+	NcdT+	kN	9577.0
Momento flettente d'estremità sx	McdT+sx	kNm	-2548.2
Momento flettente d'estremità sx	McdT+dx	kNm	-2548.2
Forza assiale d'estremità DT-	NcdT-	kN	-9577.0
Momento flettente d'estremità sx	McdT-sx	kNm	2548.2
Momento flettente d'estremità sx	McdT-dx	kNm	2548.2

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità - DT+	kN	4788.5	4788.5
Momento flettente d'estremità sx	kNm	-1274.1	-1274.1
Momento flettente d'estremità dx	kNm	-1274.1	-1274.1
Forza assiale d'estremità - DT-	kN	-4788.5	-4788.5
Momento flettente d'estremità sx	kNm	1274.1	1274.1
Momento flettente d'estremità dx	kNm	1274.1	1274.1

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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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.

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: Hp = Mp/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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

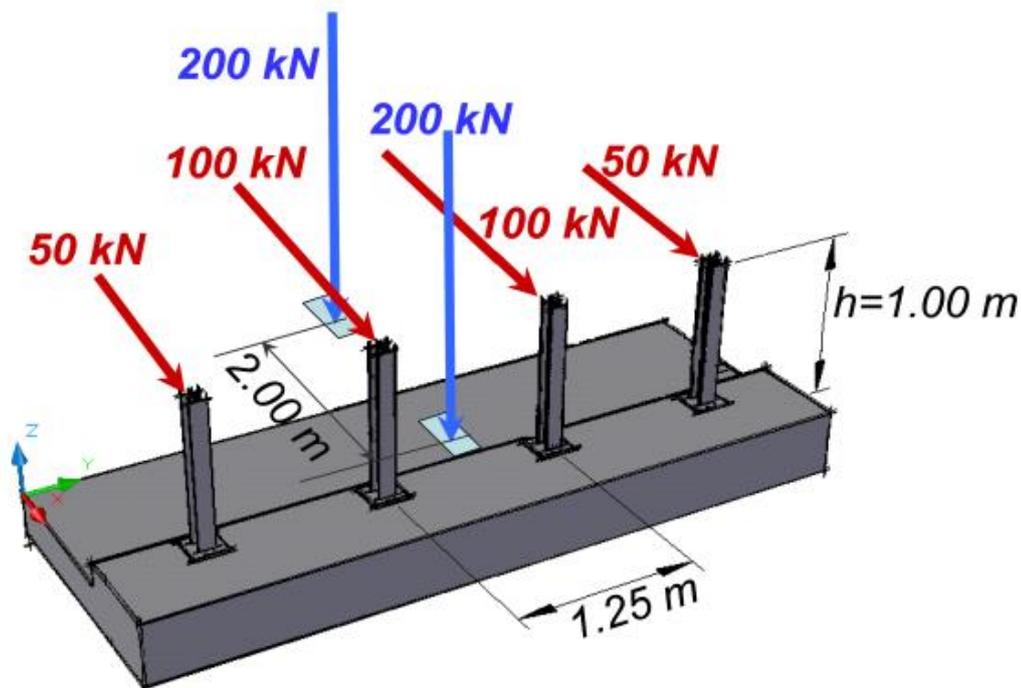


Figura 5.4: Schema di carico globale da considerare nel caso di condizioni di progettazione "ordinarie"

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 ordinarie 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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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:

Vita Nominale	$V_N =$	100	anni
Classe d'uso	$Cl =$	IV	
Coefficiente d'uso	$C.u. =$	2.0	
Periodo di riferimento $V_R =$		200	anni

PARAMETRI SISMICI

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_C [s]
SLO	120	0.035	2.743	0.313
SLD	201	0.040	2.837	0.320
SLV	1898	0.073	3.076	0.404
SLC	3899	0.085	3.145	0.416

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 elastici in accelerazione delle componenti orizzontali

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

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

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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;
- 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: $T_D = 4.0 \times (a_g/g) + 1.6$

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

Nel caso in esame si ha:

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

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

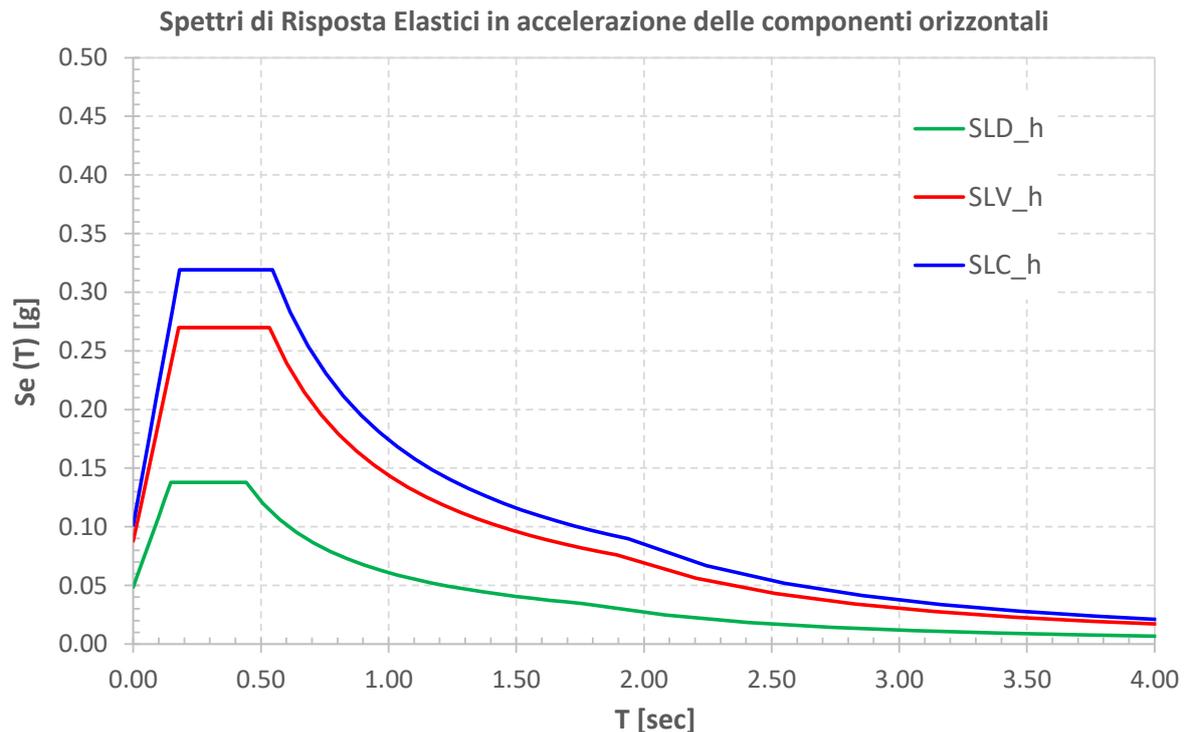


Figura 5.5 – Spettri elastici di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

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	0.040	2.837	0.320	0.147	0.442	1.762	1.20	1.00	1.20	1.38	0.009	0.034
SLV	0.073	3.076	0.404	0.178	0.533	1.892	1.20	1.00	1.20	1.32	0.022	0.073
SLC	0.085	3.145	0.416	0.182	0.545	1.938	1.20	1.00	1.20	1.31	0.026	0.087

Tabella 5.3 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta elastici

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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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

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

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

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

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:

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

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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

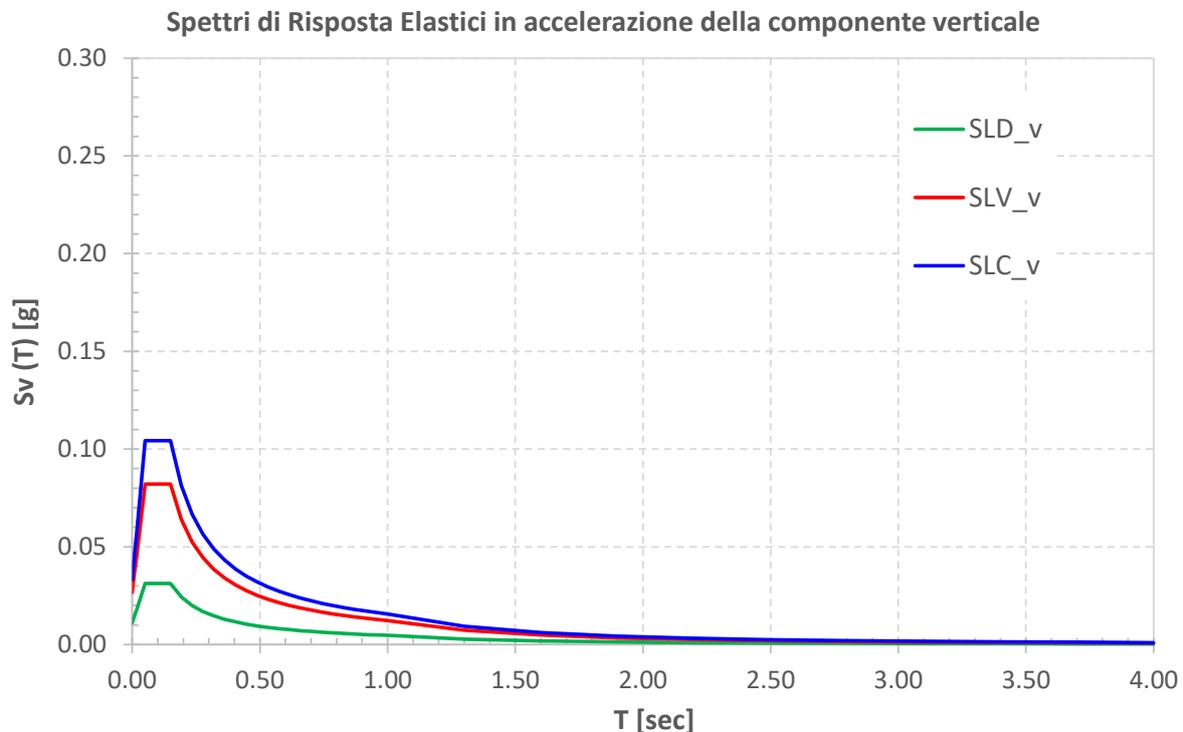


Figura 5.6 – Spettri elastici di risposta in accelerazione della componente verticale

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

STATO LIMITE	a_g [g]	F_0 [-]	F_V [-]	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]	S_s [-]	S_T [-]	S [-]
SLD	0.040	2.837	0.771	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00
SLV	0.073	3.076	1.123	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00
SLC	0.085	3.145	1.234	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00

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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	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:

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

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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:

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 permanent)
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:

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

$$6. Fd = G_1 + G_2 + \varepsilon_4 + 0.75 \times Q_{1C} + 0.40 \times Q_{1D} + 0.50 \times q_{7a}$$

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);
- q_{7a} sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alla variazione termica positiva;
- q_{7b} sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alla variazione termica negativa;
- Q_1 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alle azioni variabili da traffico (C carichi concentrati – D carichi distribuiti – F folla);
- Q_5 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute al vento.

5.3.1.2 Combinazioni per sottostrutture

Si rimanda ai capitoli relativi al 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:

$$E_l = E_{E_l} \pm 0.30 E_{E_t} \pm 0.30 E_{E_v}$$

$$E_t = 0.30 E_{E_l} \pm E_{E_t} \pm 0.30 E_{E_v}$$

$$E_v = 0.30 E_{E_l} \pm 0.30 E_{E_t} \pm E_{E_v}$$

Essendo:

E_{E_l} Azione sismica in direzione orizzontale longitudinale;

E_{E_t} Azione sismica in direzione orizzontale trasversale;

E_{E_v} 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.

S.S. 554 "Cagliaritano" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</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.

Nello specifico, in considerazione dell'analisi dei carichi precedentemente illustrata, avendo assunto le medesime caratteristiche geometriche per le travi d'impalcato di entrambi gli impalcati, le verifiche faranno riferimento alla trave principale sinistra dell'impalcato sinistro, leggermente più caricata rispetto alle altre.

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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

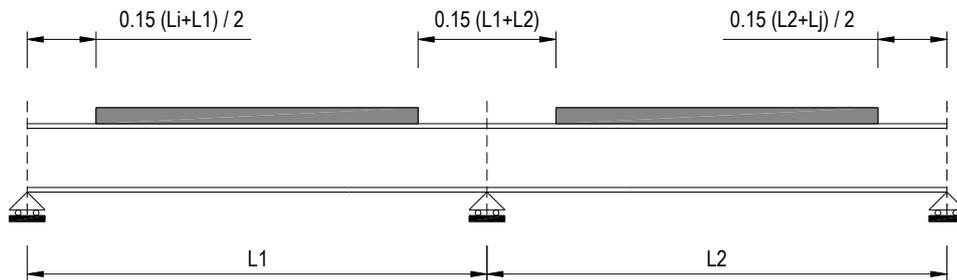


Figura 6.1. Modellazione degli effetti dovuti alla fessurazione

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:

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

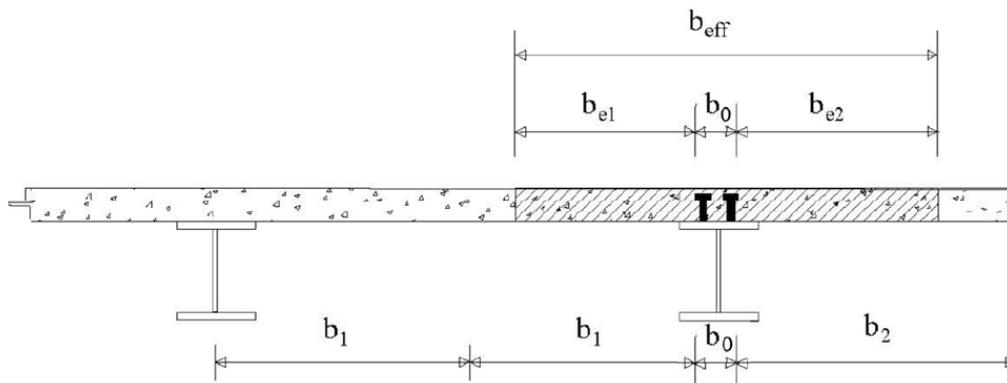


Fig. 4.3.1. - Definizione della larghezza efficace b_{eff} e delle aliquote b_{ei}

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:

S.S. 554 "Cagliariatana"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

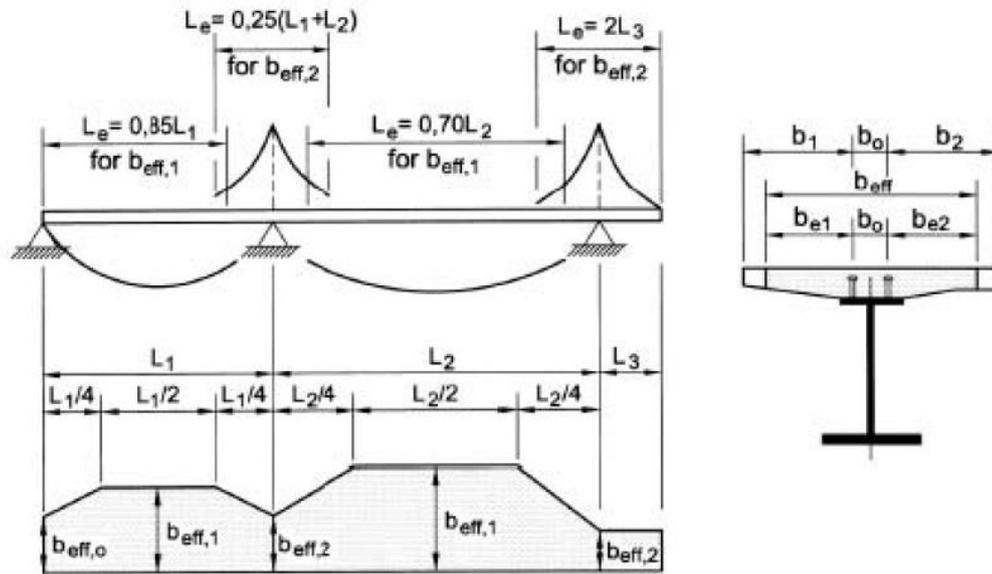


Fig. 4.3.2 - Larghezza efficace, b_{eff} e luci equivalenti, L_e per le travi continue

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 SAP2000P®.

La figura seguente illustra la geometria del modello di calcolo:



Figura 6.2. Geometria del modello di calcolo

6.2.1 Caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni 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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

I simboli corrispondono allo schema seguente

SCHEMA DI RIFERIMENTO

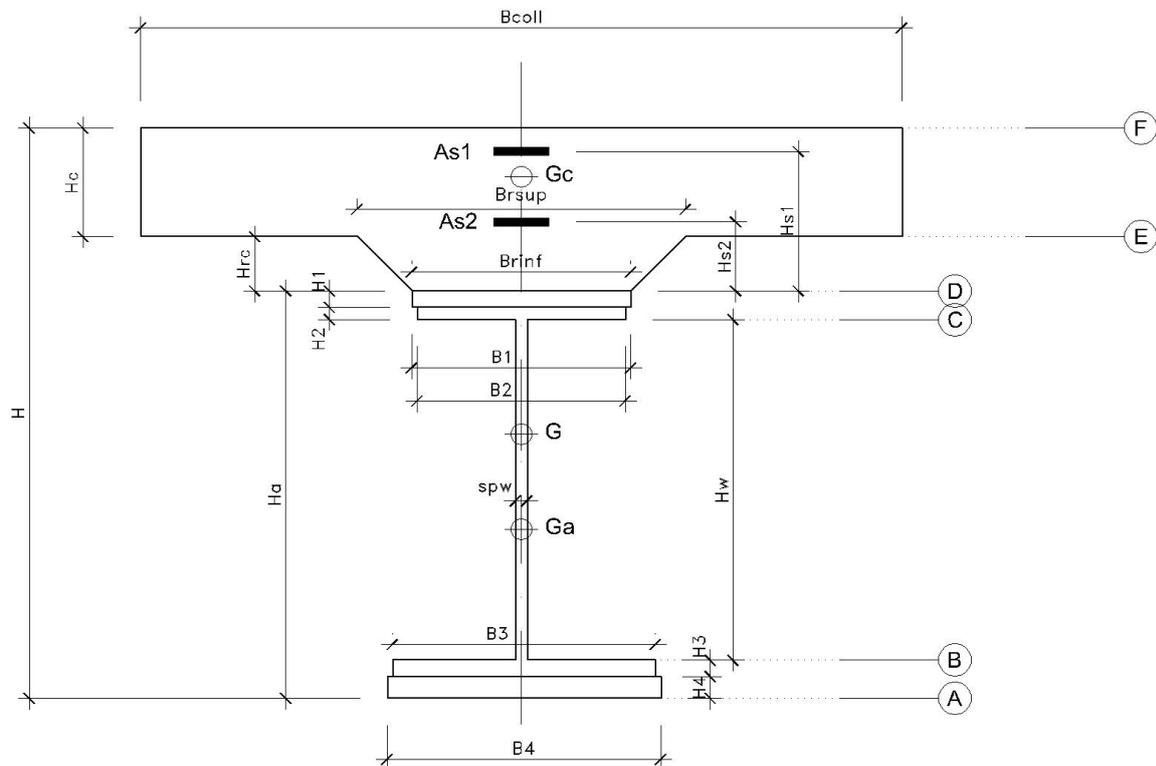


Figura 6.3. Schema di riferimento per la valutazione delle caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni delle travi d'impalcato

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. 5.2.1.1 che tiene conto dell'incidenza delle strutture secondarie (traversi, controventi, saldature, bullonature etc.).

Il peso proprio della soletta, specificato al par. 5.2.1.1, 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. 5.2.2.1, 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 poggiate, gli effetti legati ai cedimenti degli appoggi sono nulli.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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 impalcati a trave poggiate, sono nulli.

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.

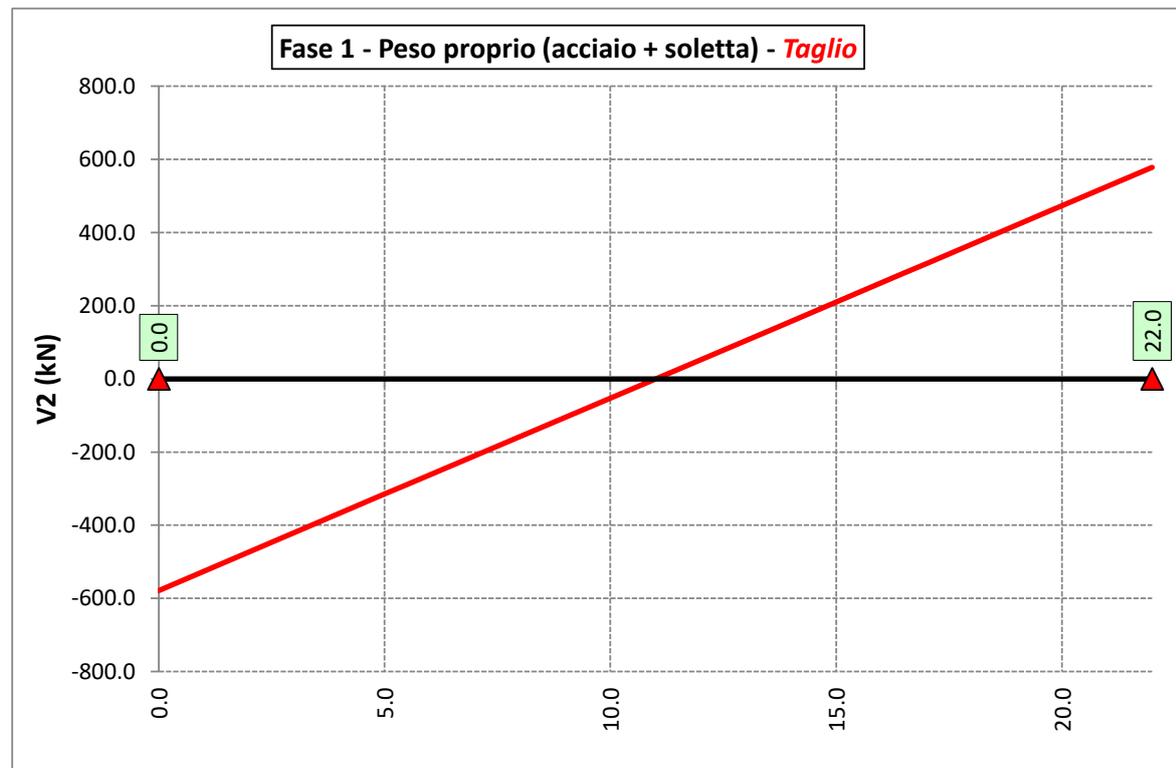
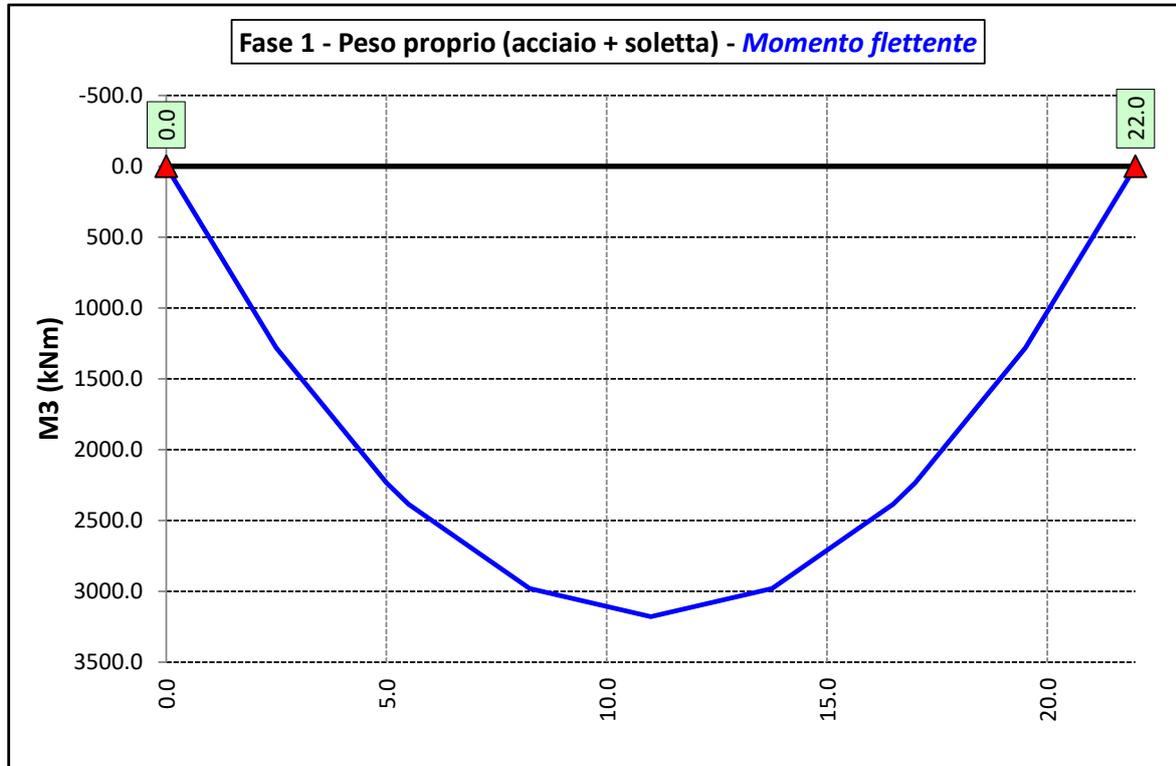
6.2.2.7 Vento trasversale (LOAD Q5-TR, Q5-APP) - fase 3

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.

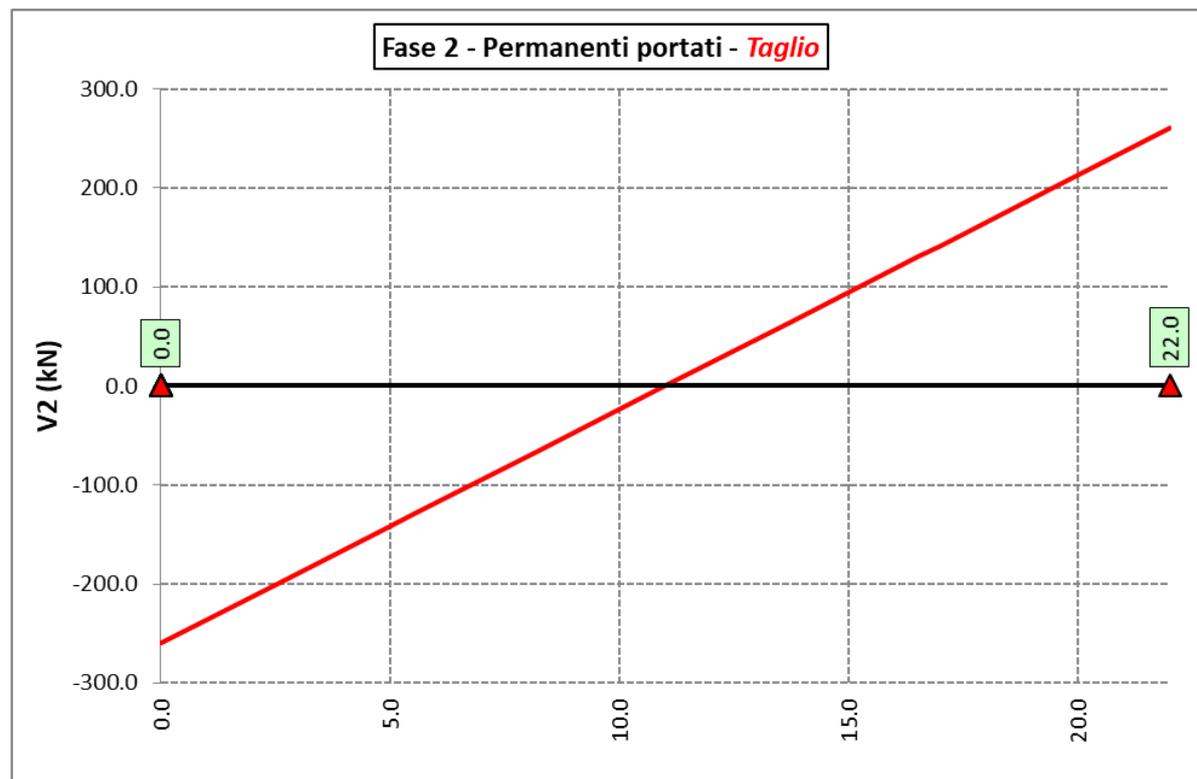
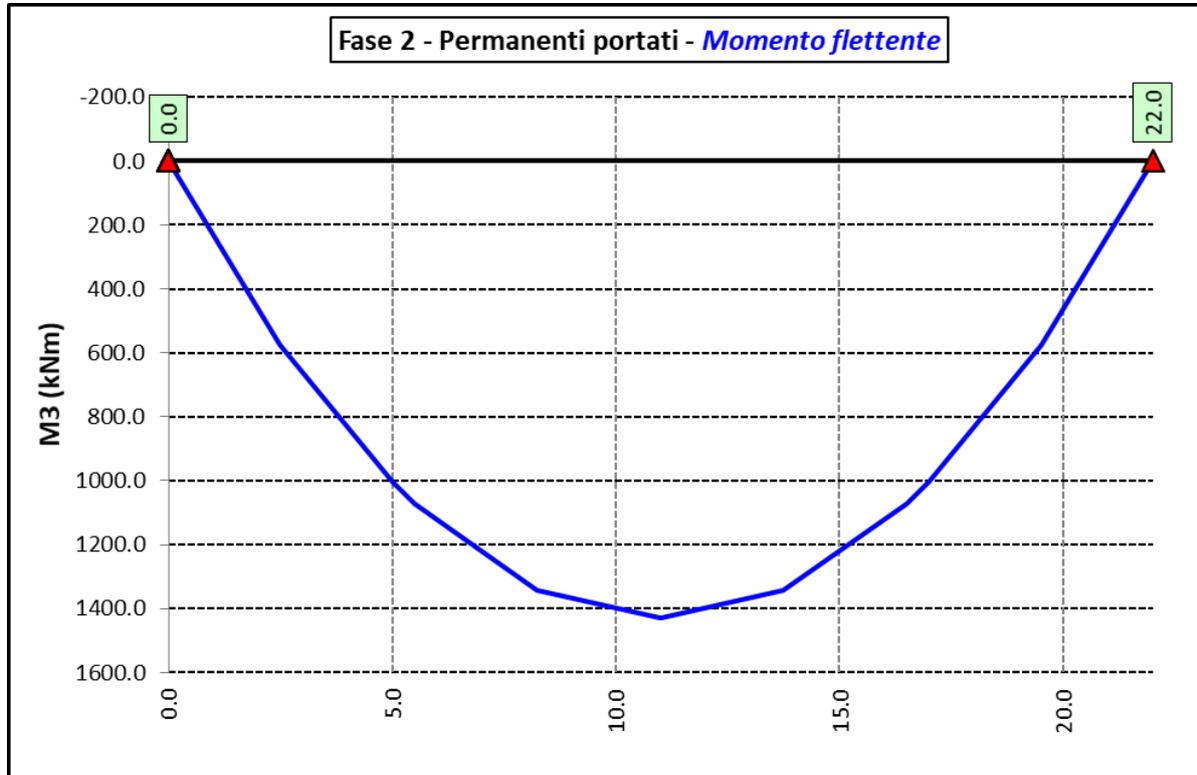
6.2.3 Sollecitazioni di progetto

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:

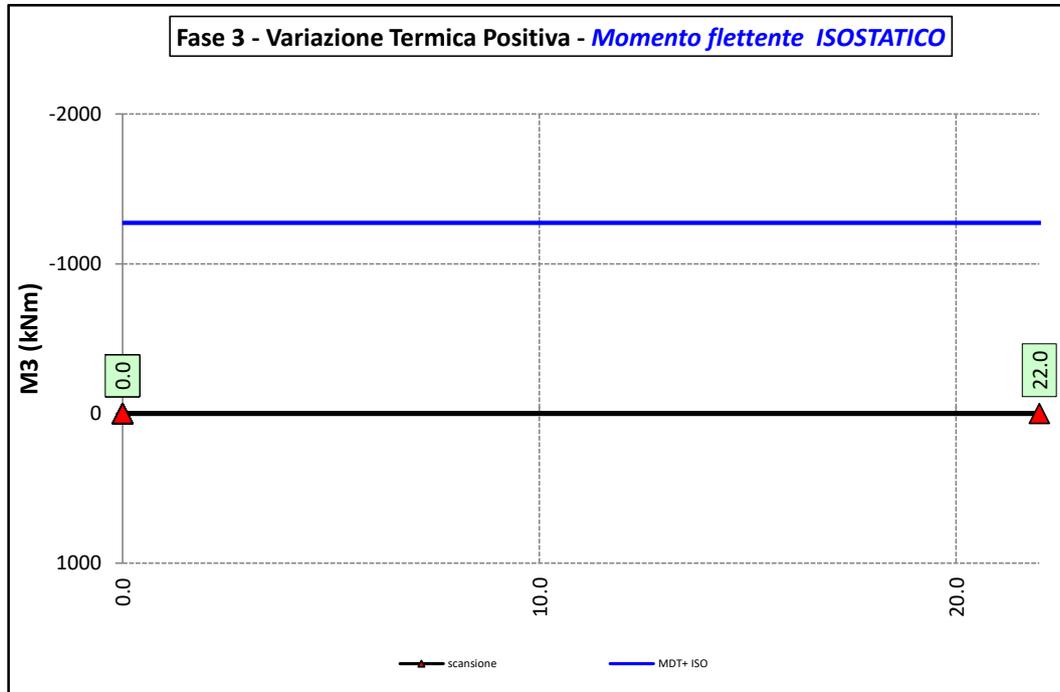
6.2.3.1 Peso proprio (acciaio + soletta) – Modello 1



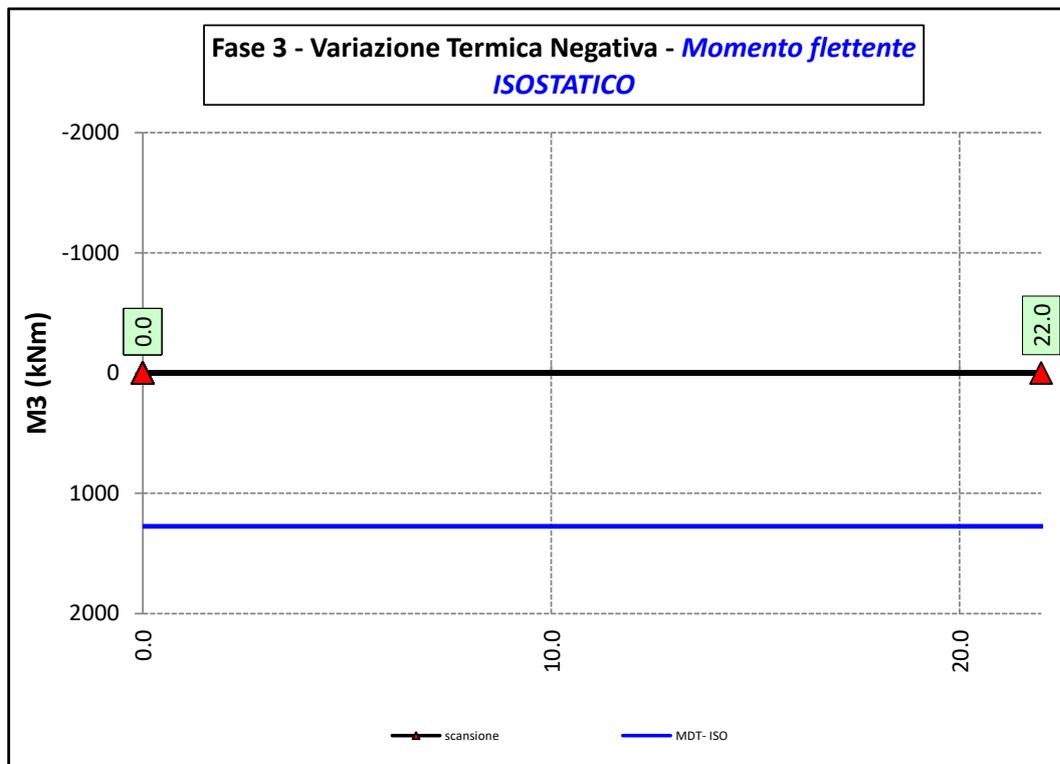
6.2.3.2 Permanenti portati – Modello 2



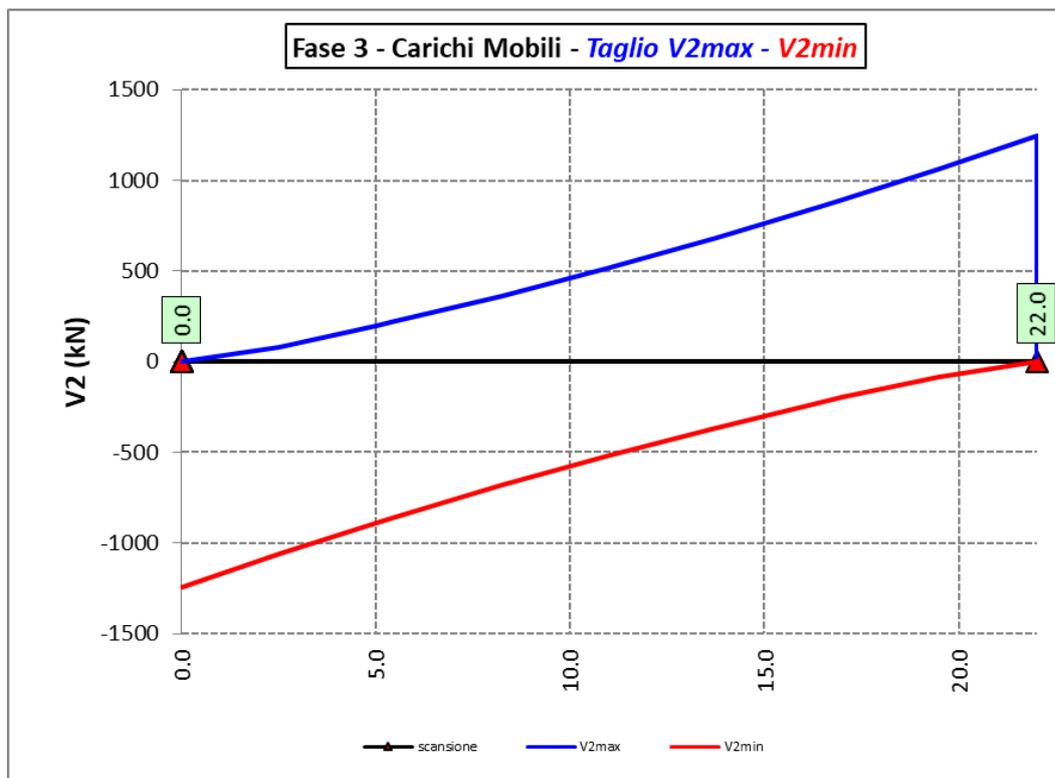
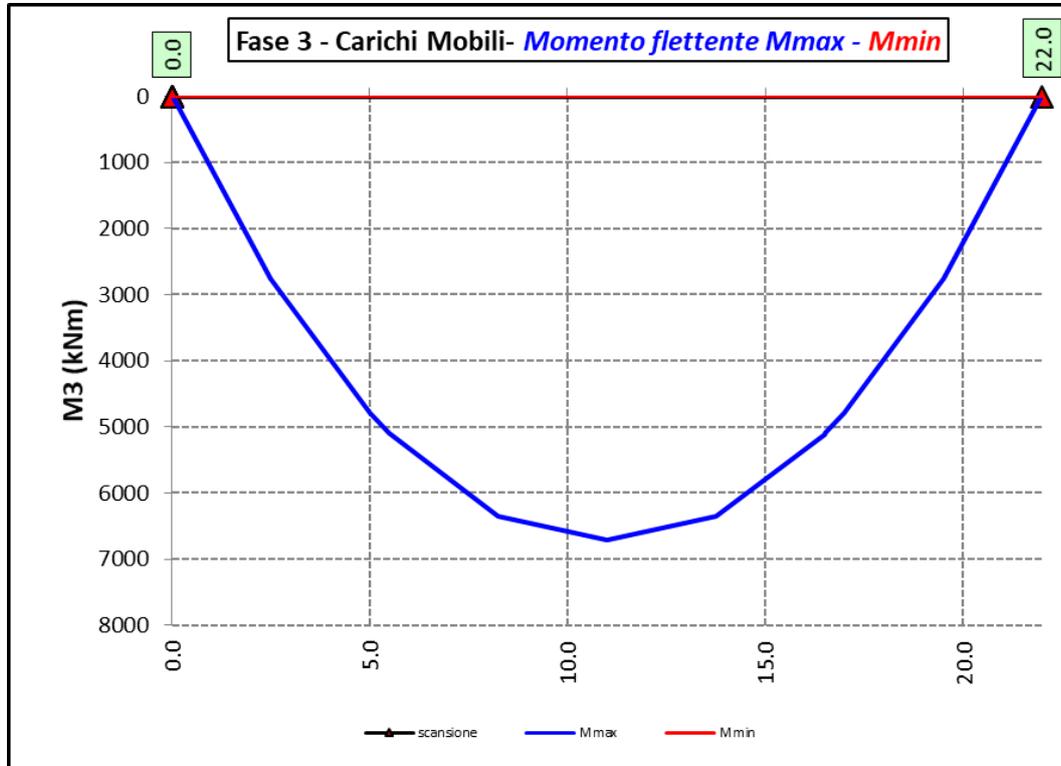
6.2.3.3 Variazioni termiche positive ($\Delta T+$) - Modello 3



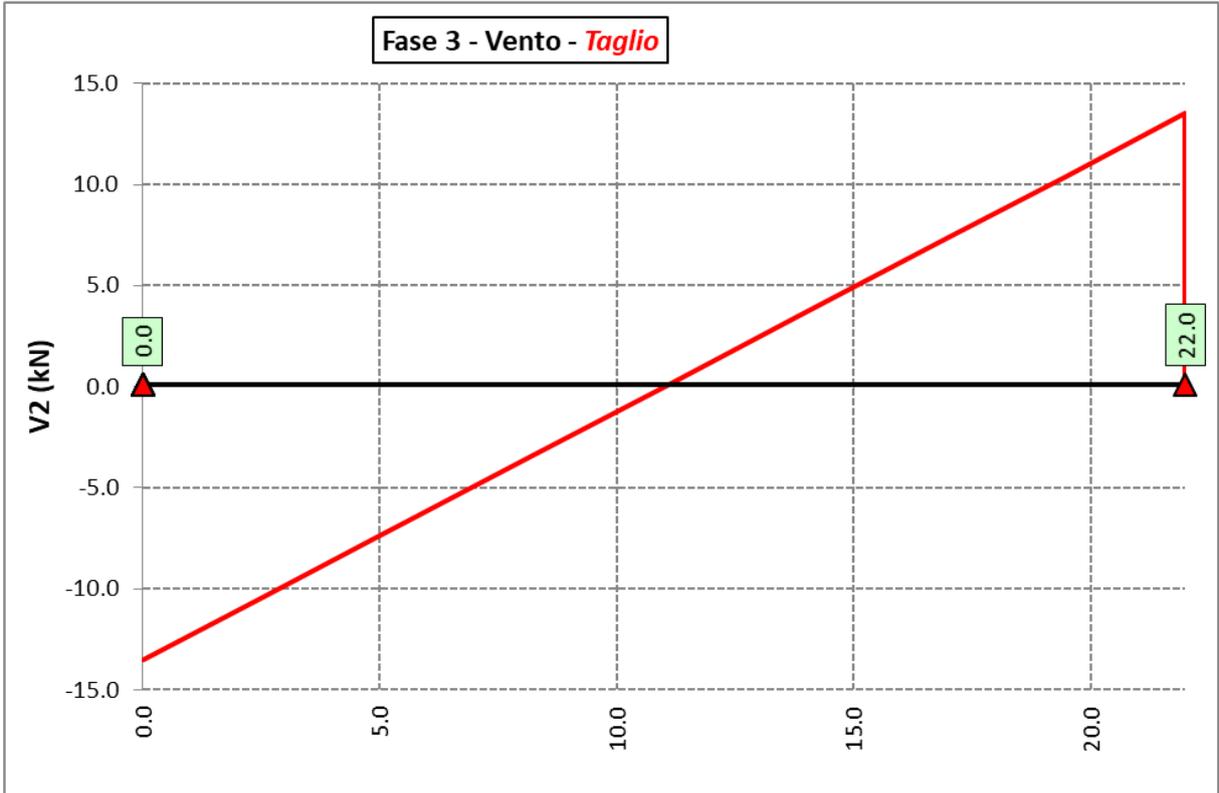
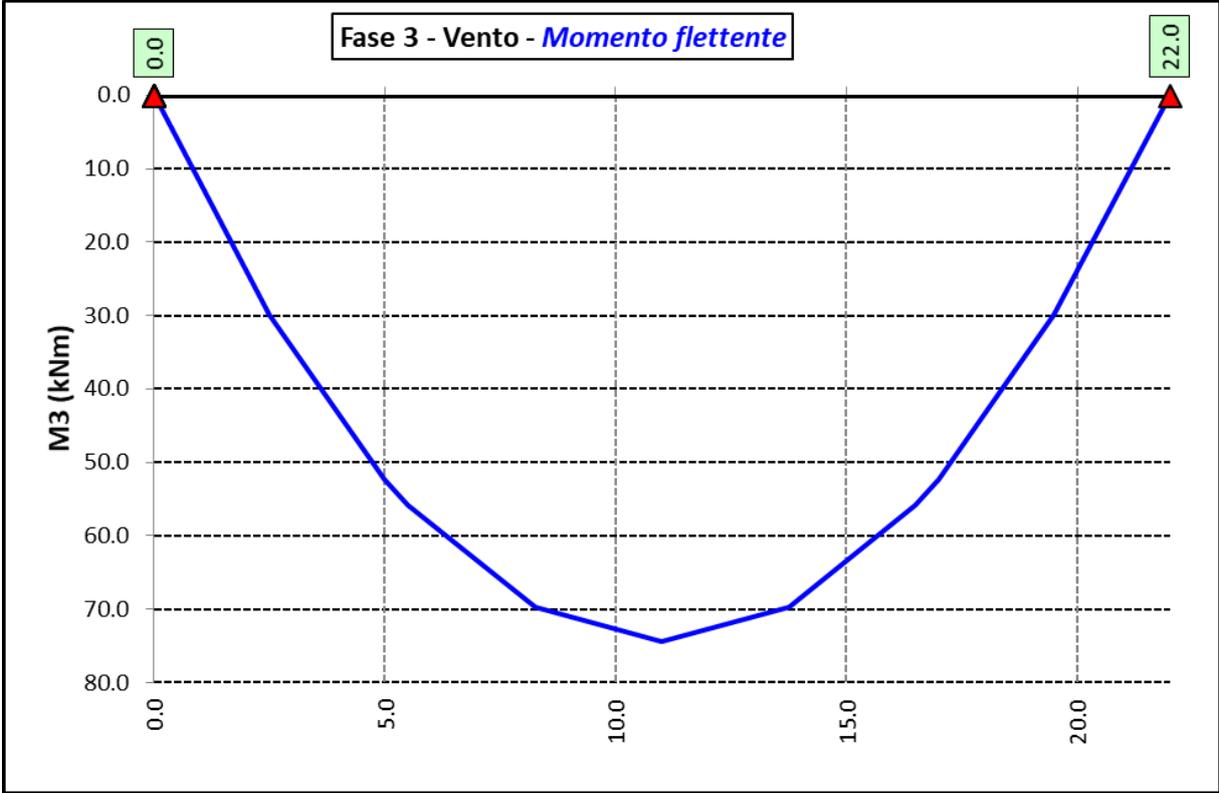
6.2.3.4 Variazioni termiche negative ($\Delta T-$) - Modello 3



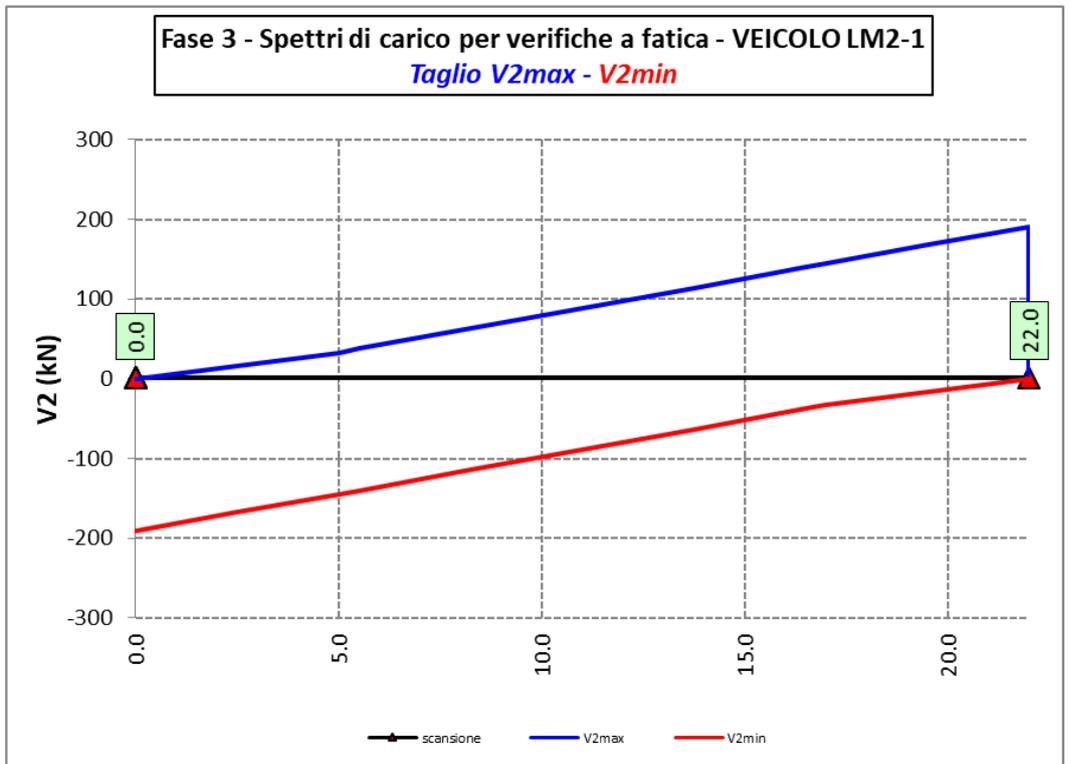
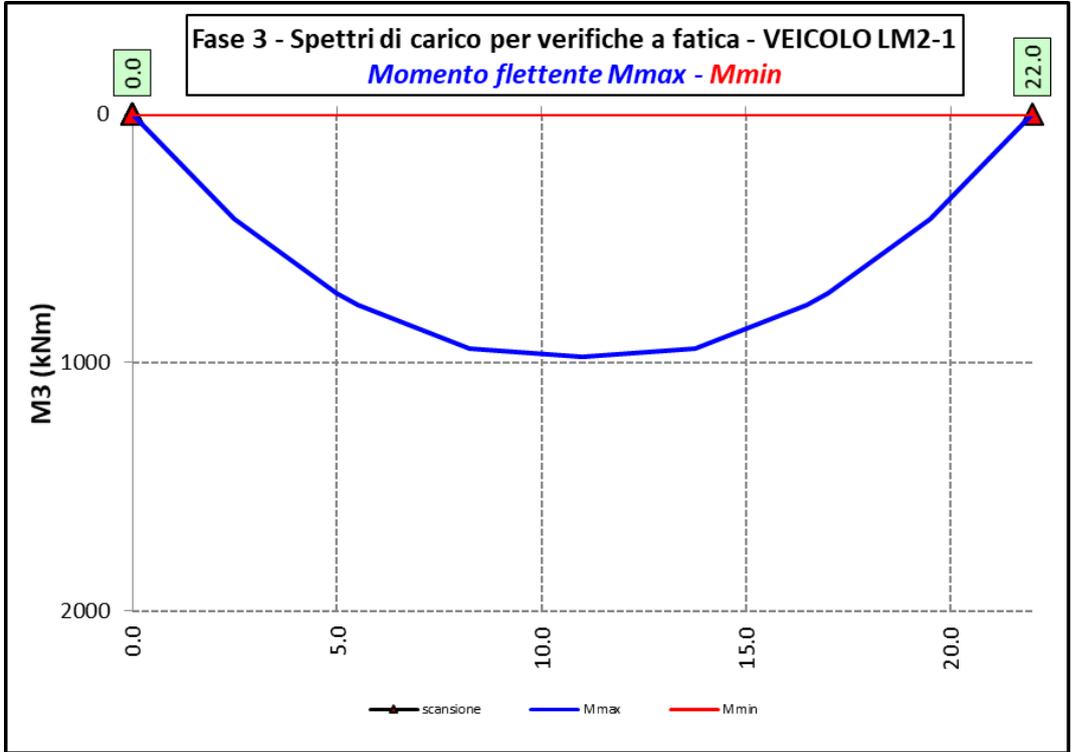
6.2.3.5 Azioni variabili da traffico (Inviluppi) – Modello 3

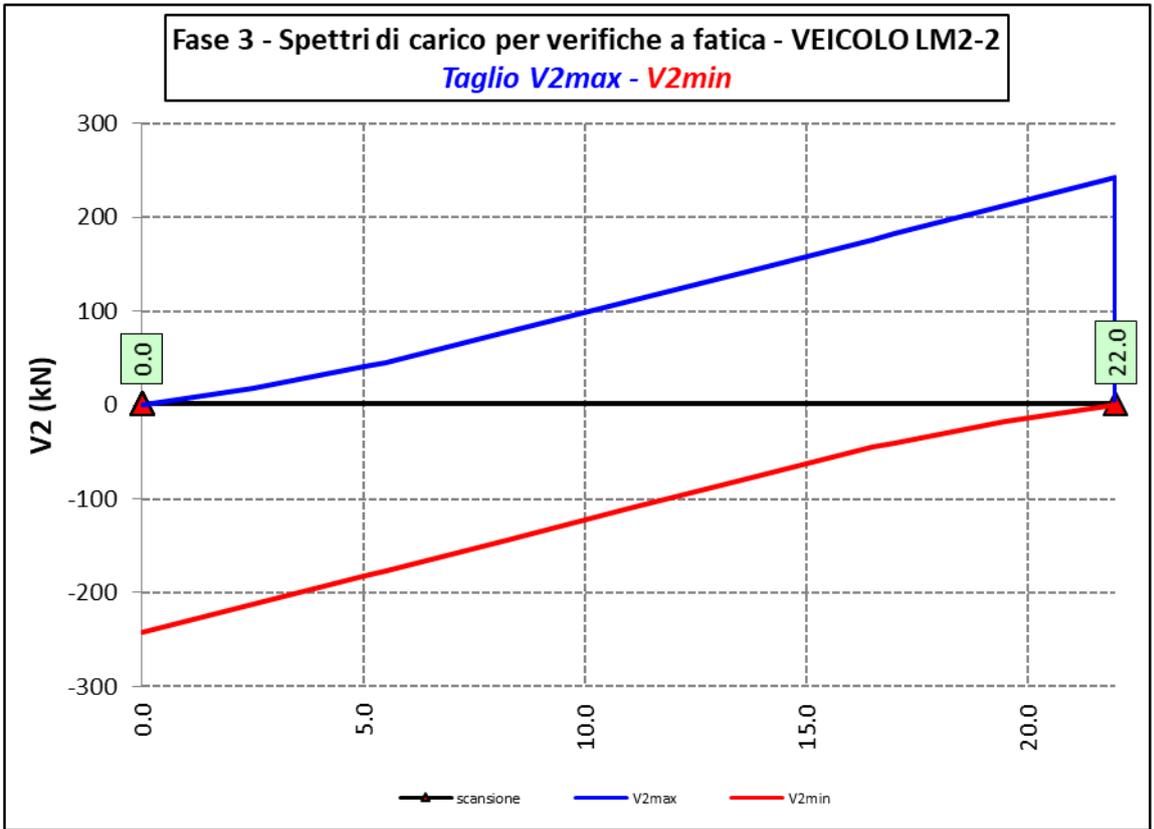
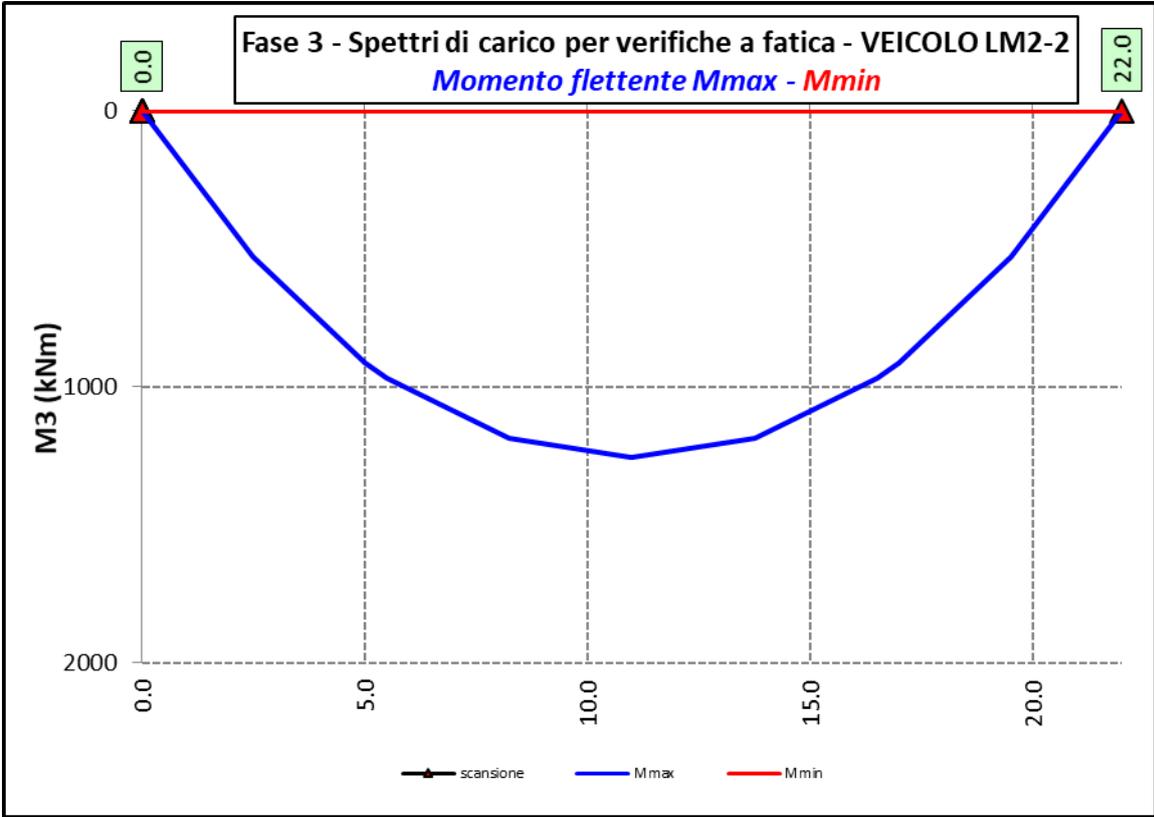


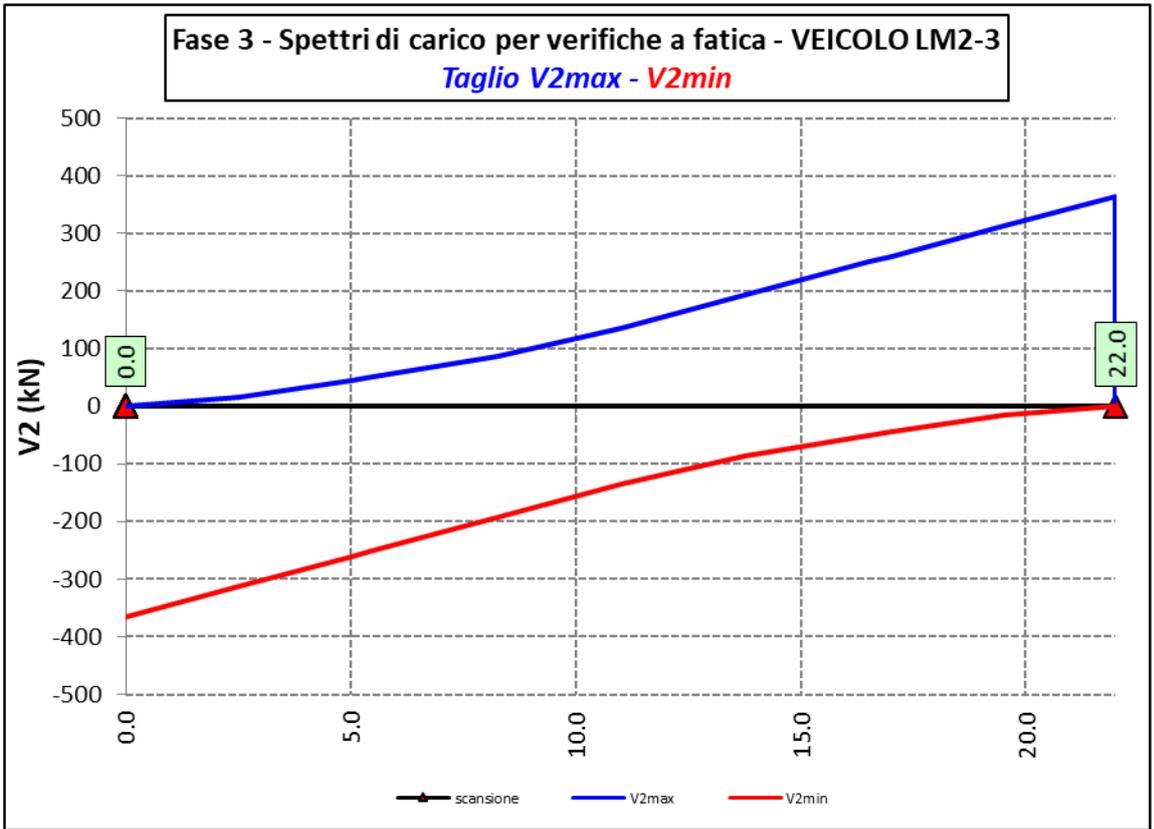
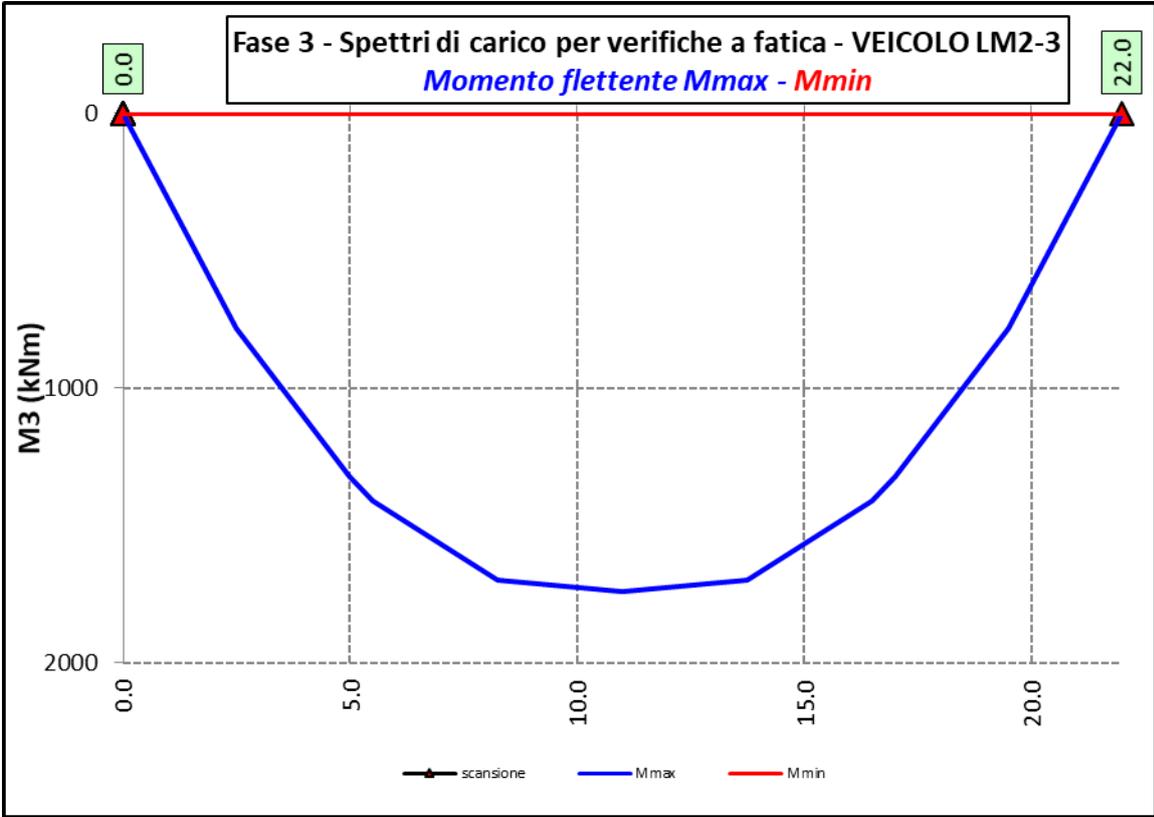
6.2.3.6 Vento – Modello 3

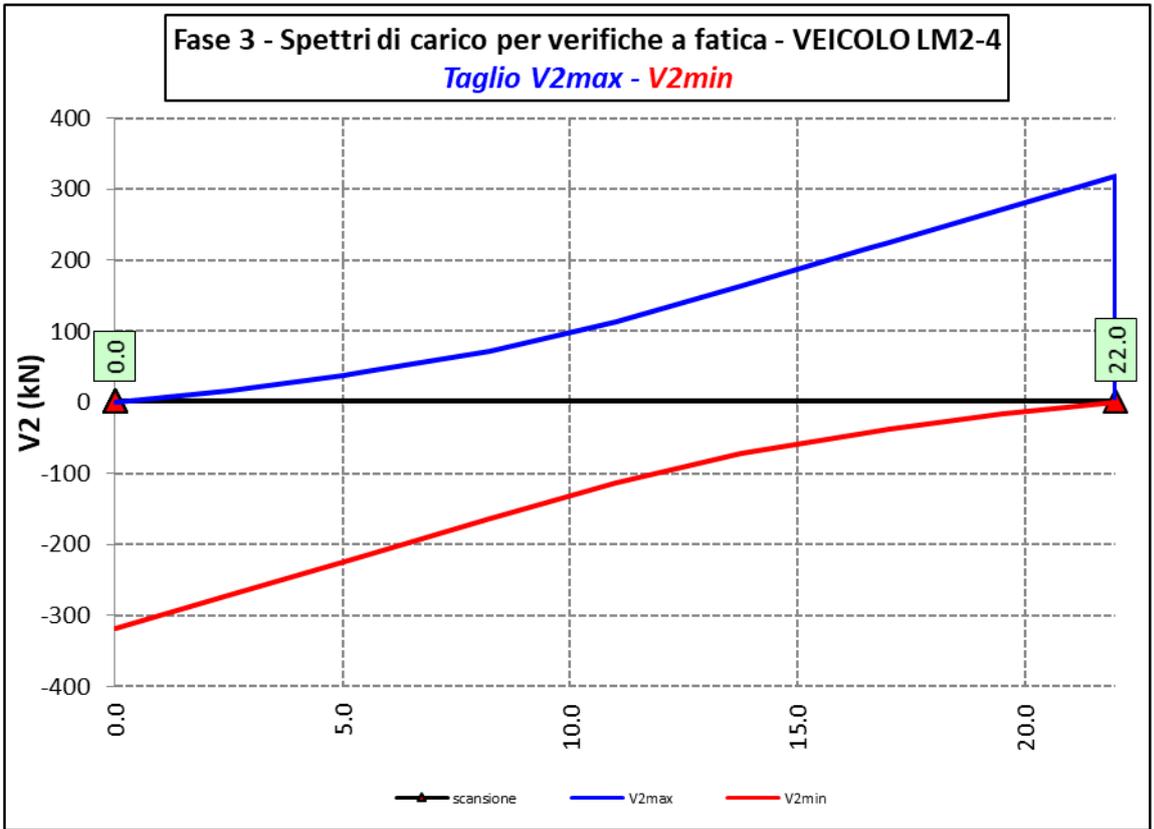
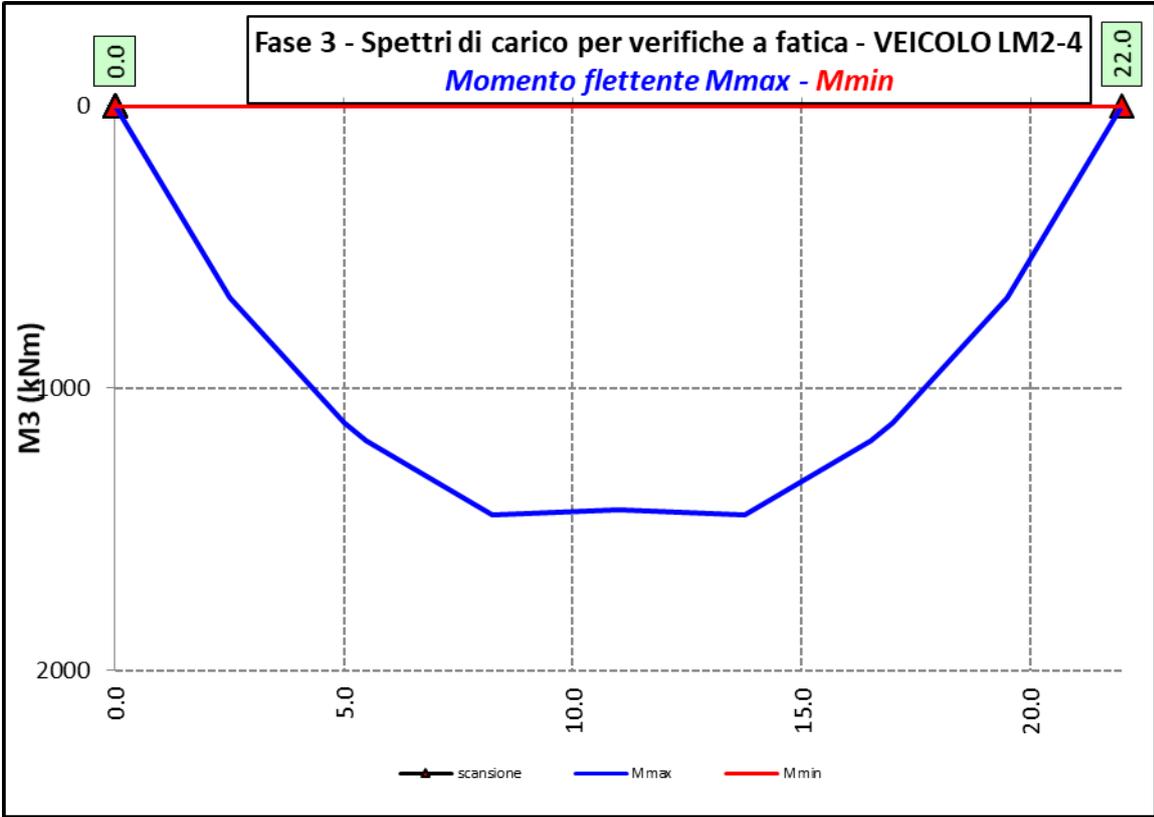


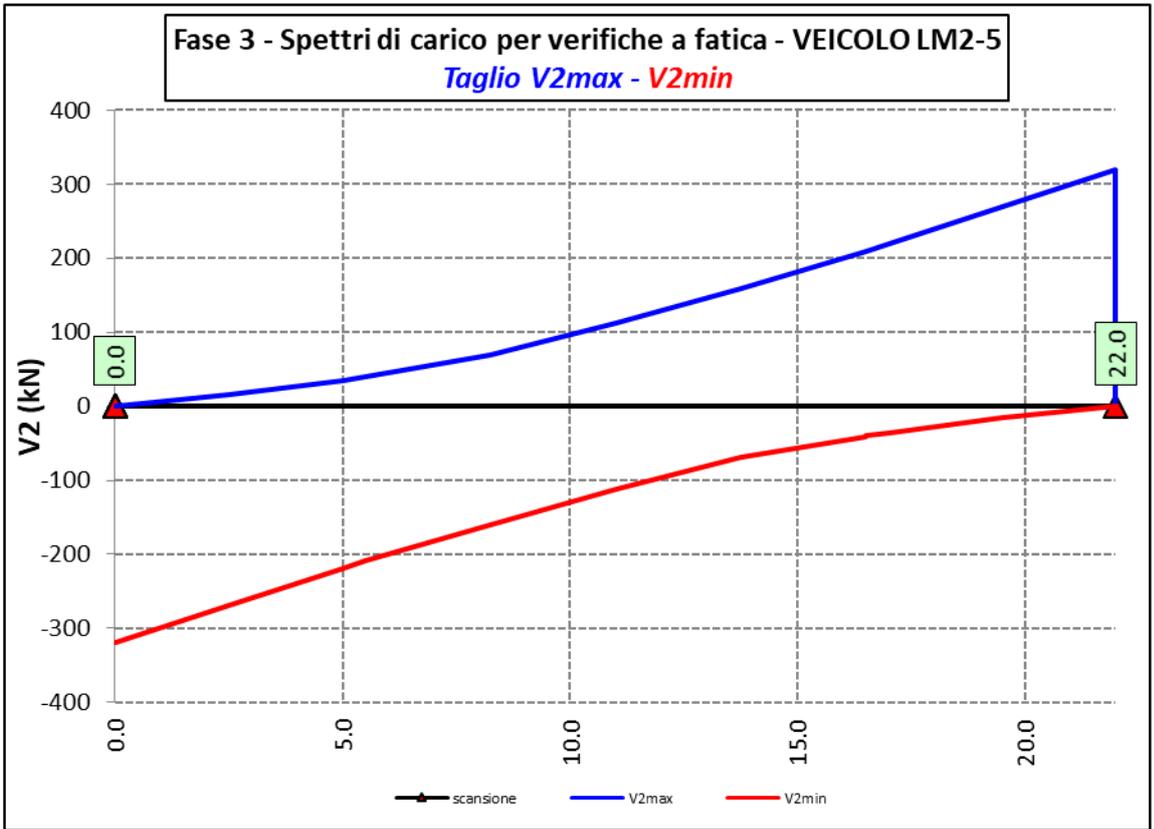
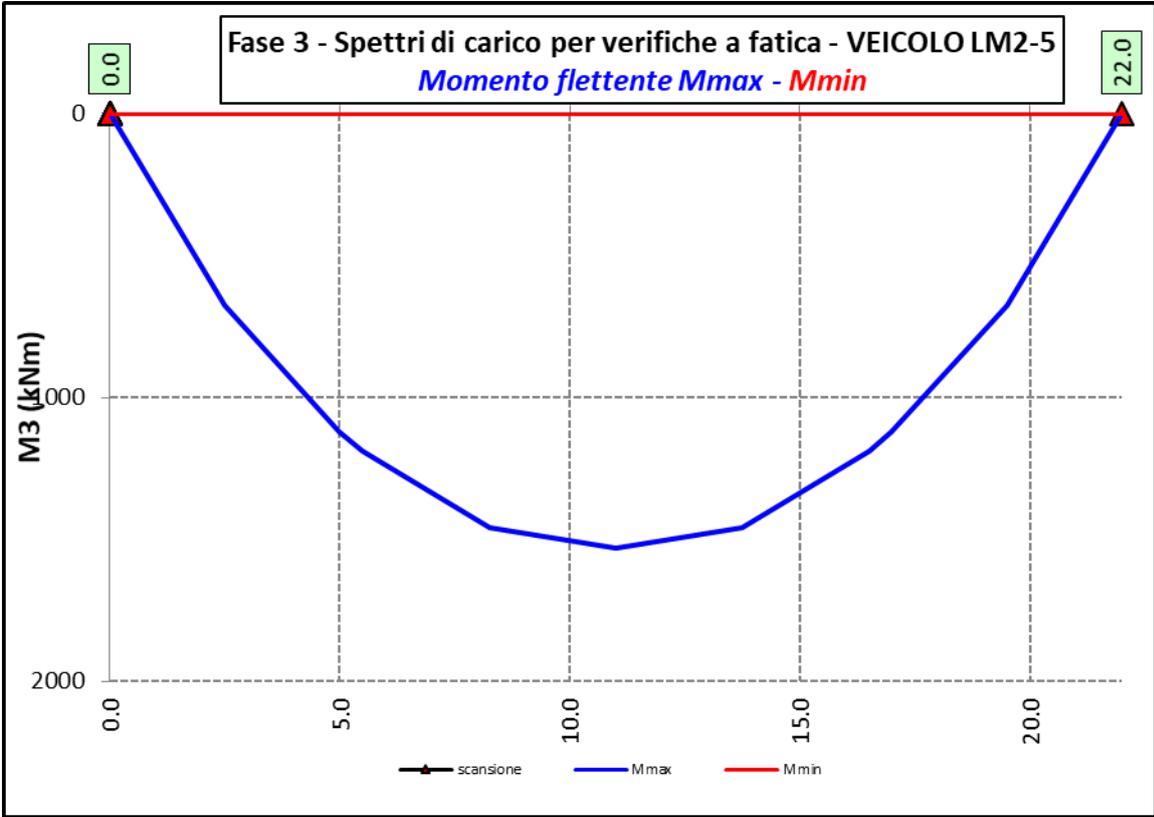
6.2.3.7 Spettri di carico per verifiche a fatica – Modello 3

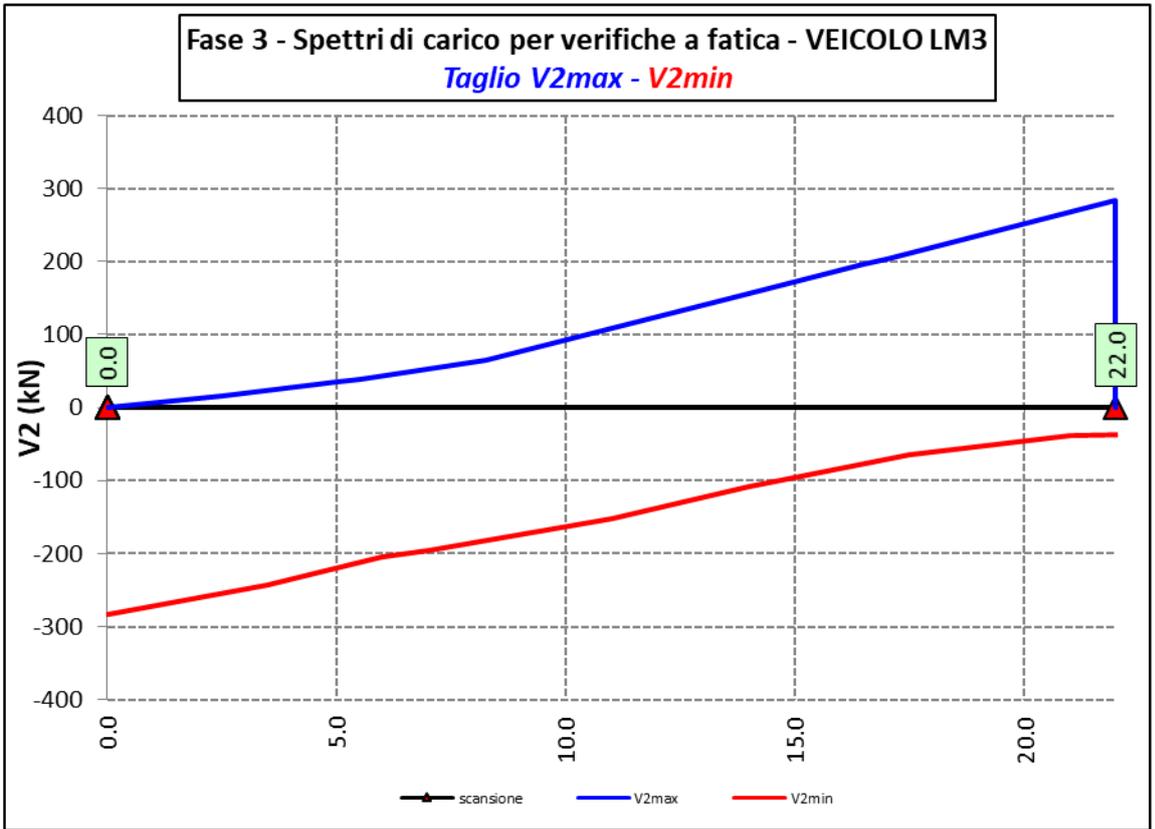
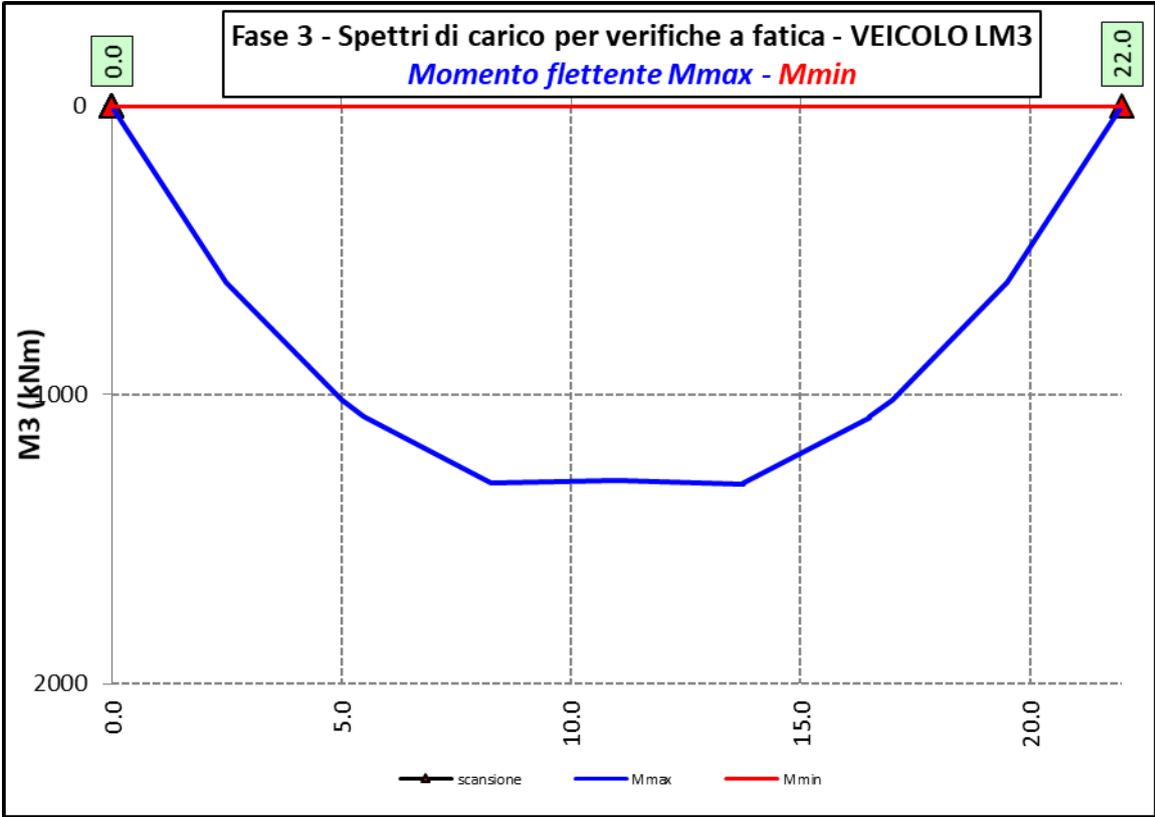












S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

Ai fini delle verifiche statiche delle travi principali agli SLU sono state considerate le combinazioni di carico illustrate al paragrafo 5.3.

In allegato si riporta il riepilogo delle caratteristiche della sollecitazione per verifiche SLU.

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:

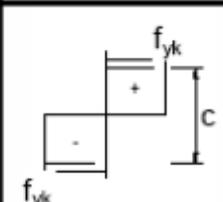
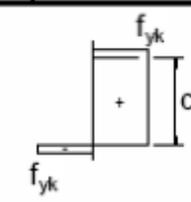
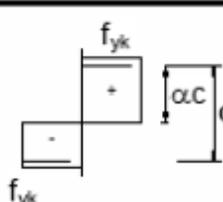
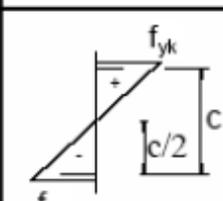
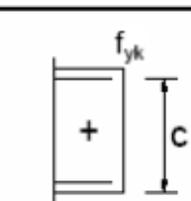
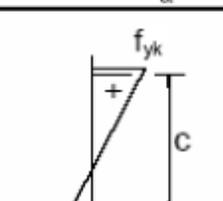
- Classe 1: quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico di cui al §4.2.3.2 senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità 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:

CA352

Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu

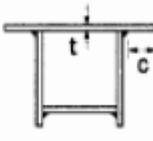
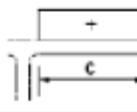
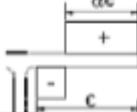
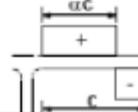
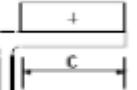
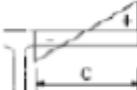
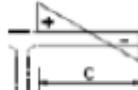
Tab. 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

		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 $\varepsilon_y > f_{yk}/E$

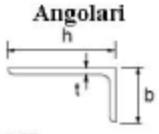
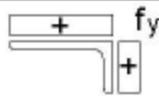
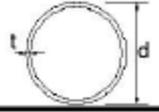
S.S. 554 "Cagliariatana"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	$c/t \leq 9\epsilon$		$c/t \leq \frac{9e}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9e}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\epsilon$		$c/t \leq \frac{10e}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10e}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
	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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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)					
$\varepsilon = \sqrt{235 / f_{yk}}$	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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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 $\bar{\lambda}_w$:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

	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:

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

- 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:

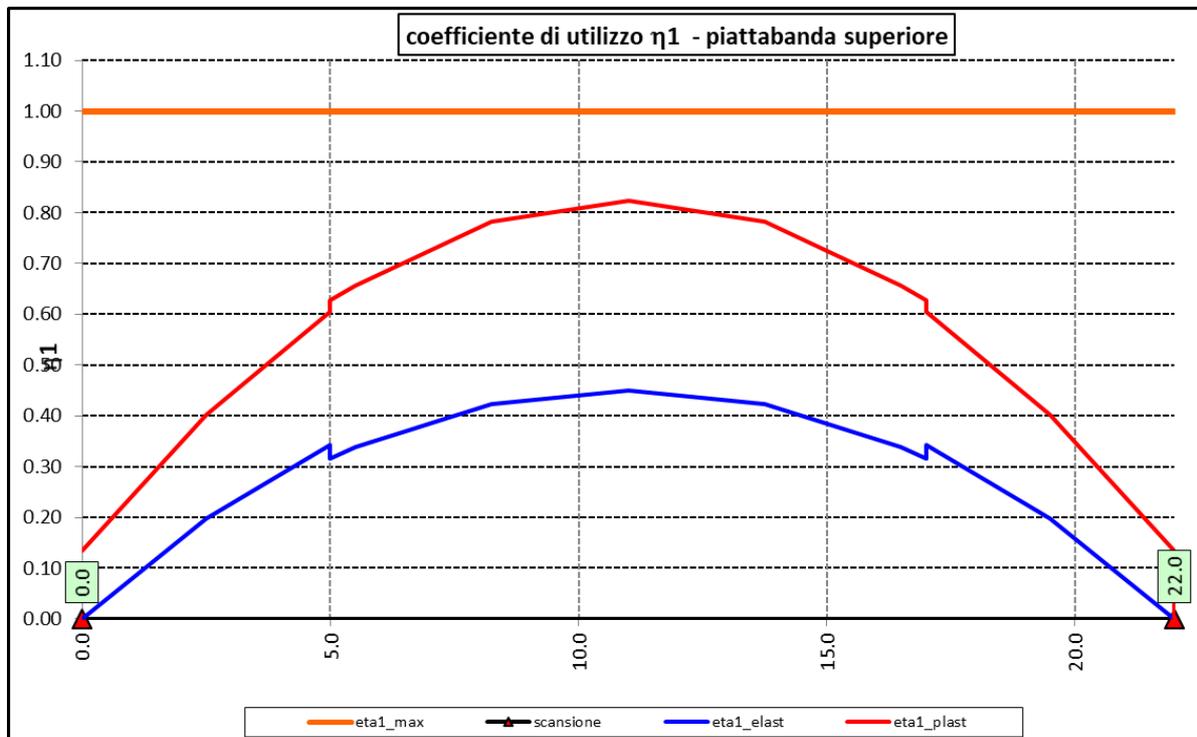
$M_{f,Rd}$ è il momento resistente di progetto delle sole flange efficaci;

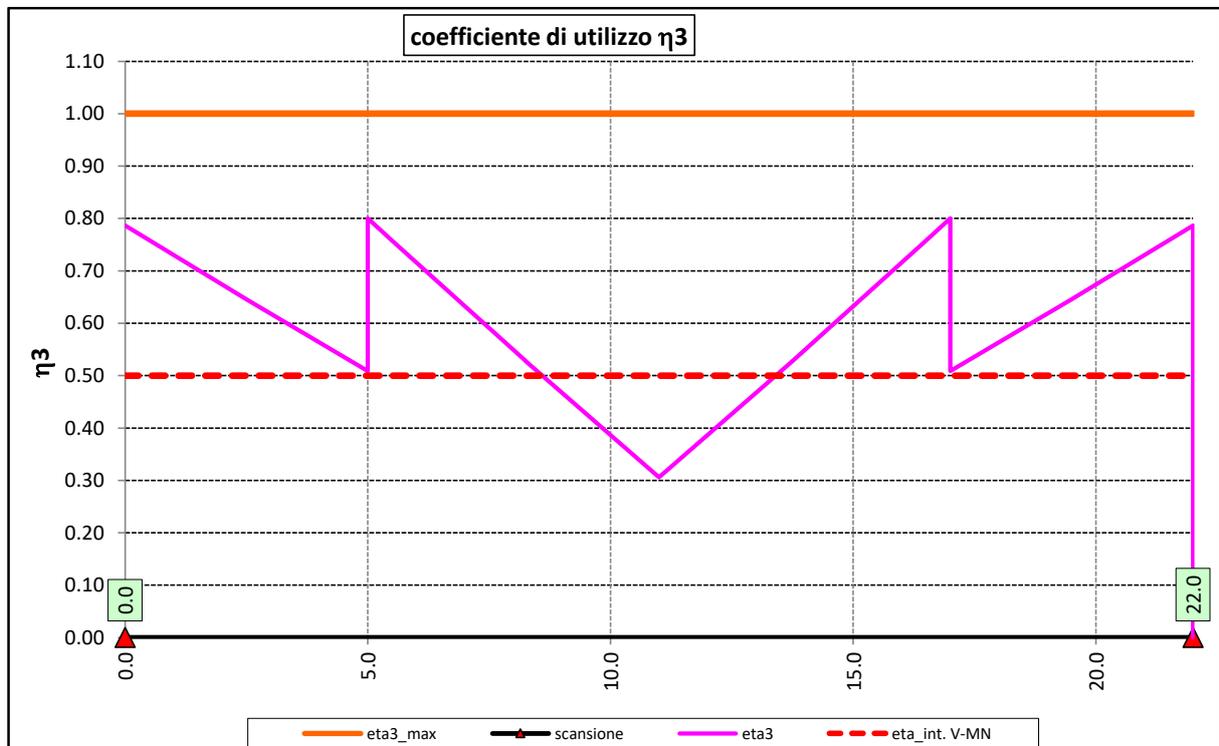
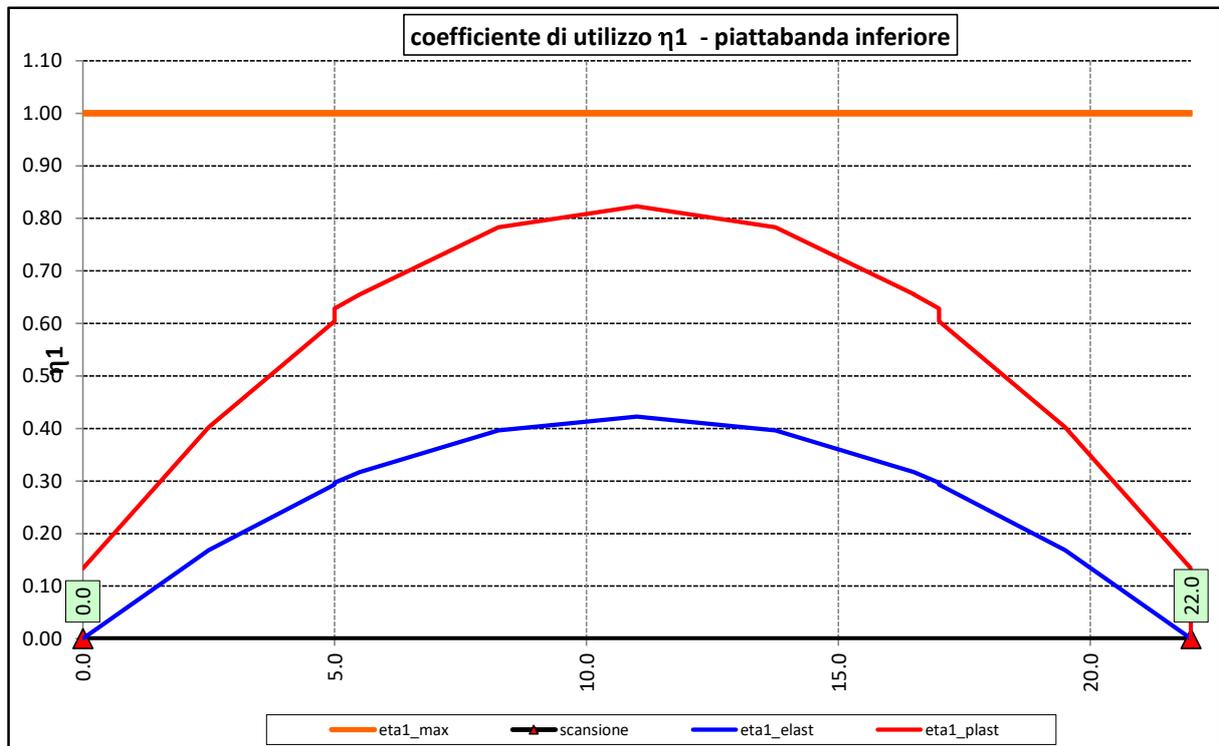
$M_{Pl,Rd}$ è la resistenza plastica della sezione trasversale composta dall'area effettiva delle flange e dall'intera anima senza tener conto della classe di quest'ultima;

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

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'involuppo delle combinazioni di carico precedentemente individuate, che come è possibile evincere sono tutte soddisfatte.





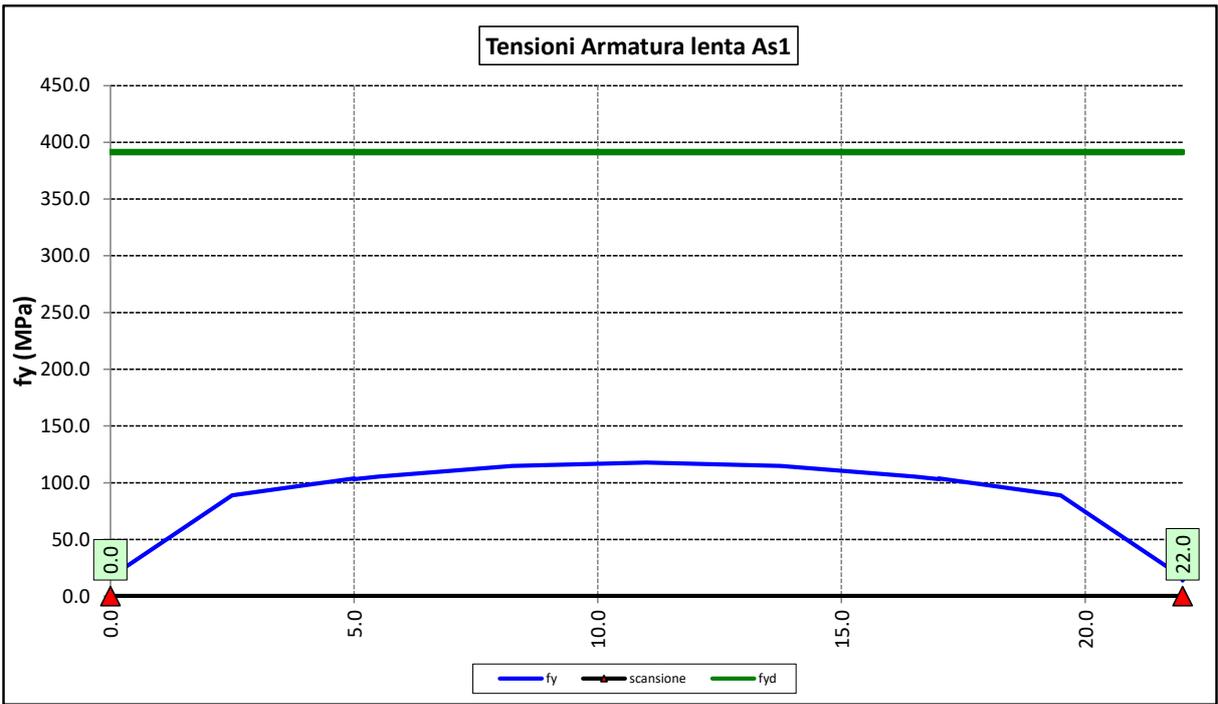
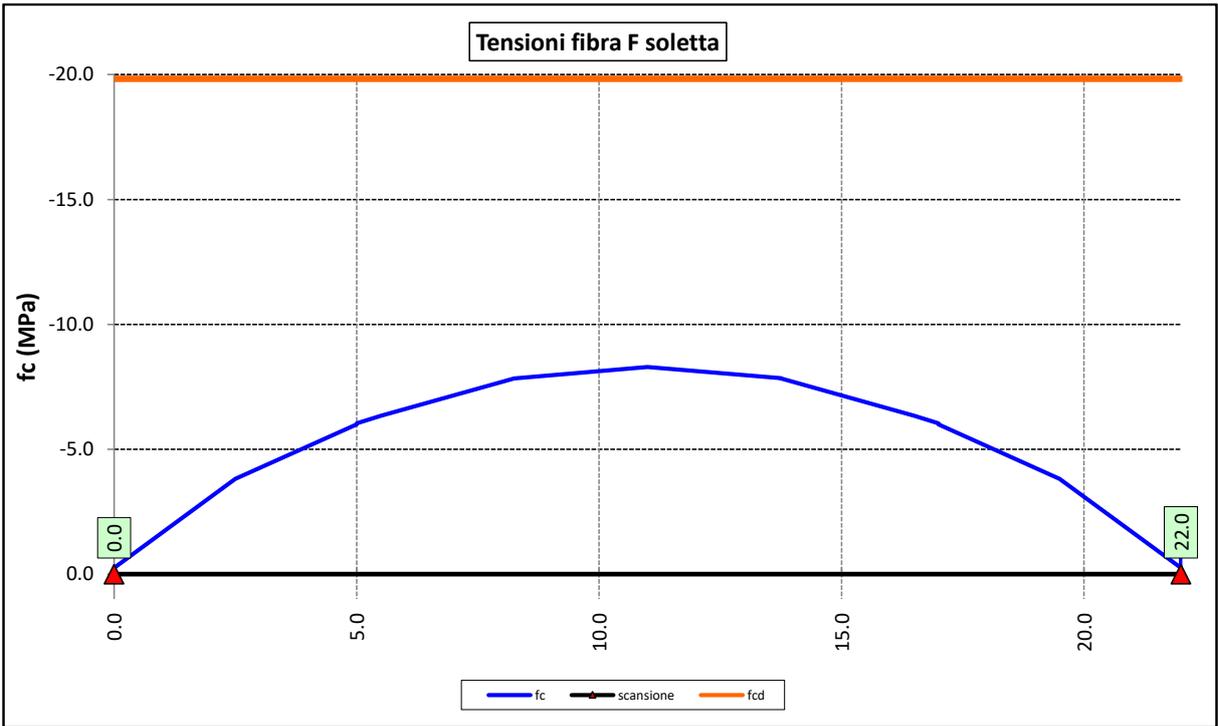
Per quanto attiene la soletta (fibra F) è stato verificato che:

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

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.



S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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;

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

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:

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

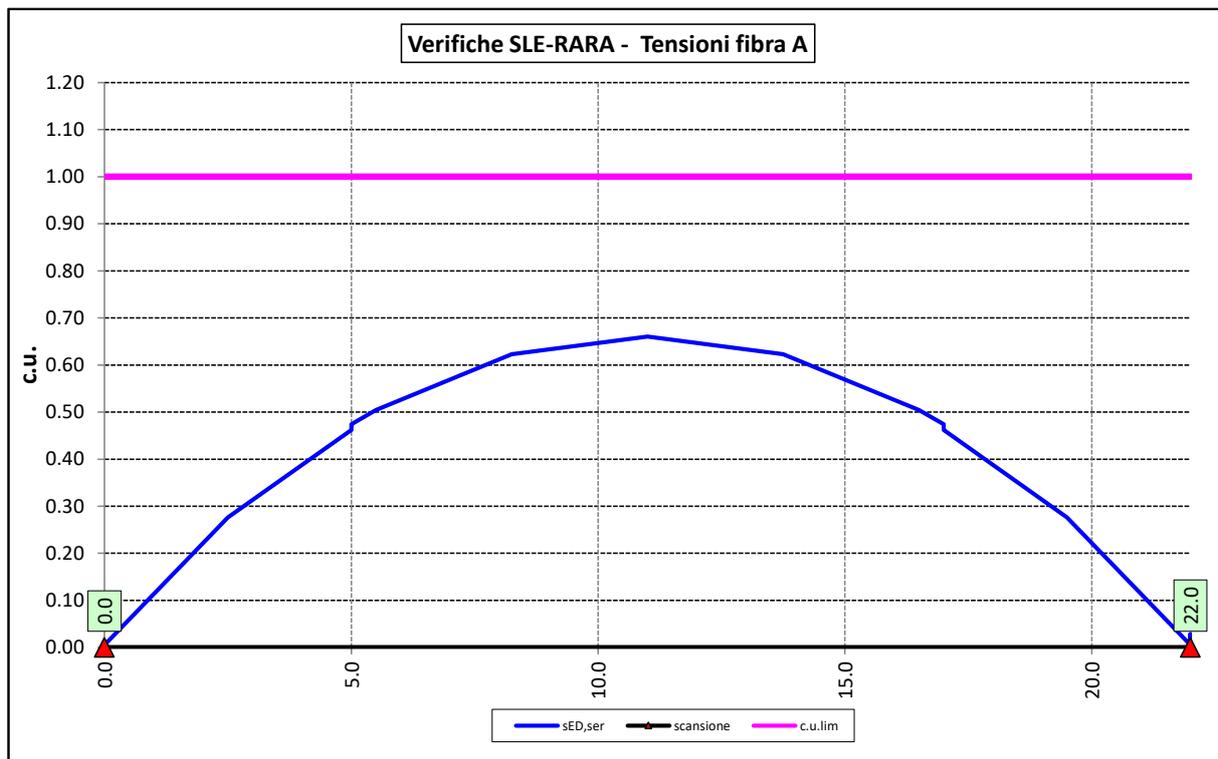
$$\frac{\tau_{Ed,ser}}{f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser})} \leq 1$$

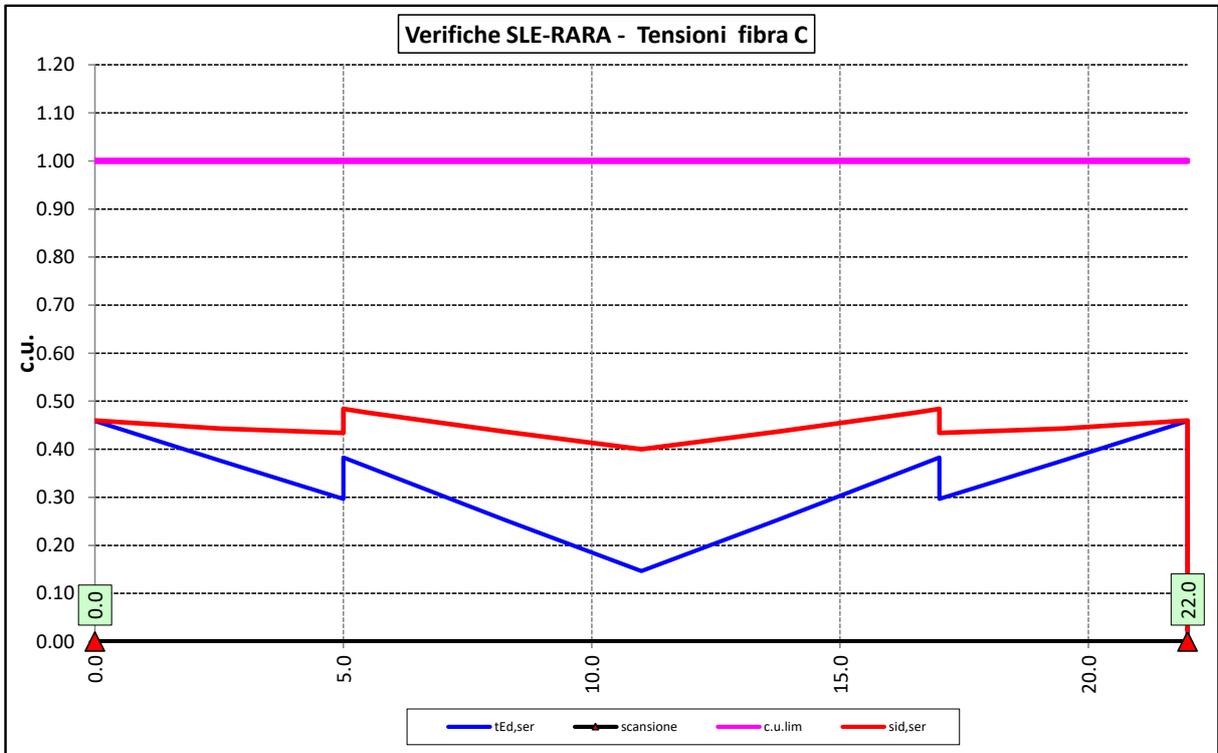
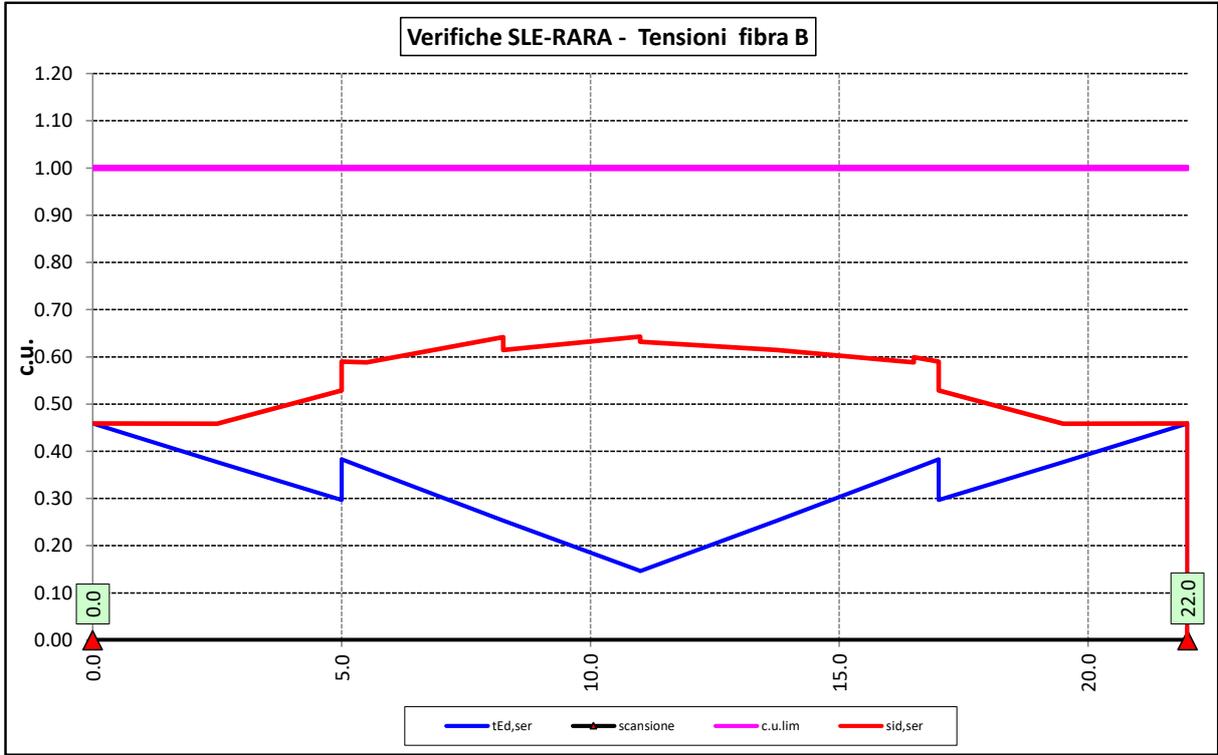
S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

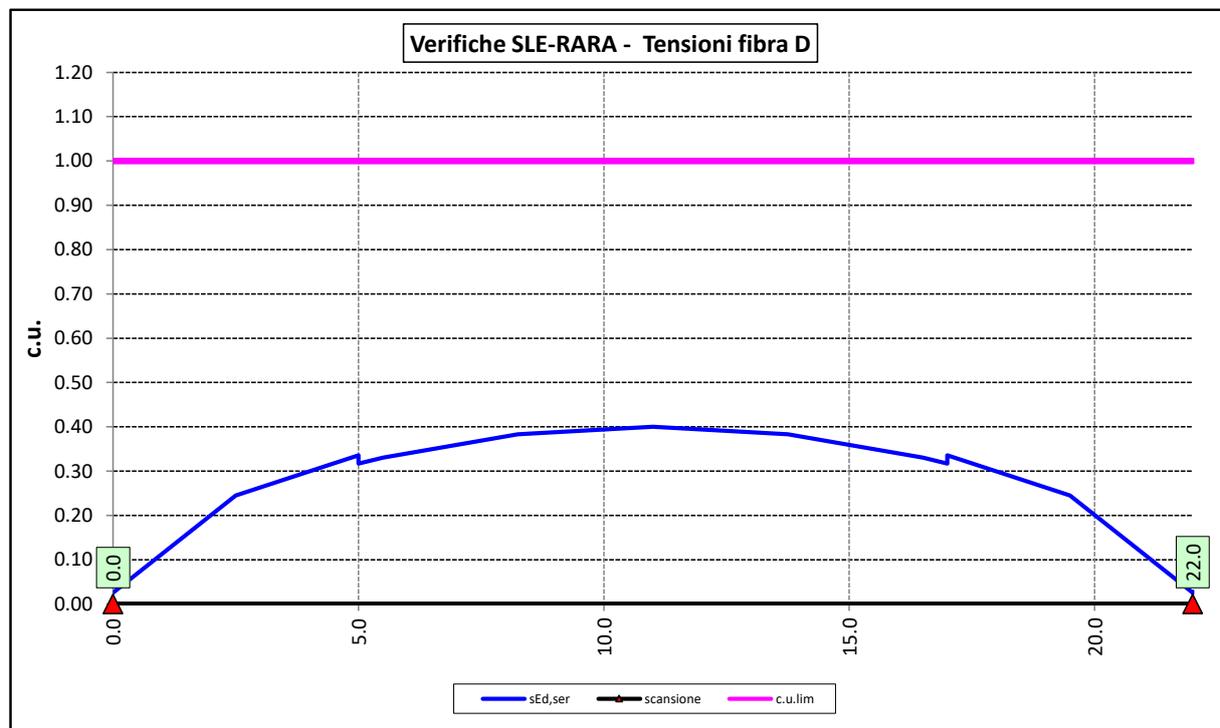
$$\frac{\sqrt{\sigma_{Ed,ser}^2 + 3\tau_{Ed,ser}^2}}{f_{yk} / \gamma_{M,ser}} \leq 1$$

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:







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.*

Criteria 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)

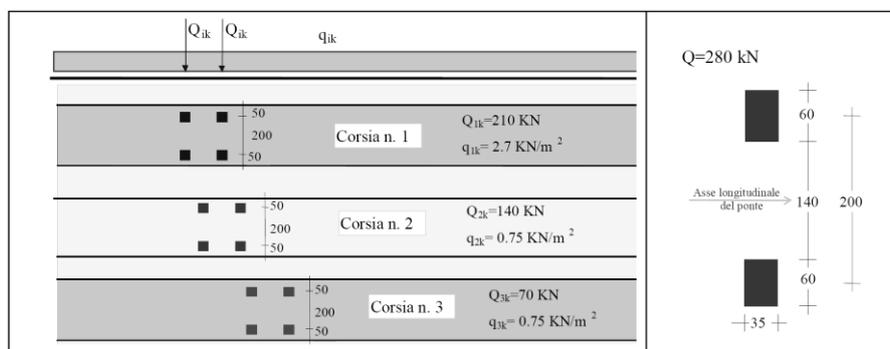
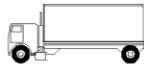
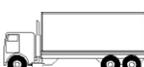
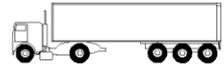
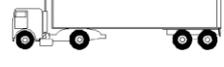


Figura 6.4. Modello di carico a fatica LM1

- 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
		1,30	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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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)

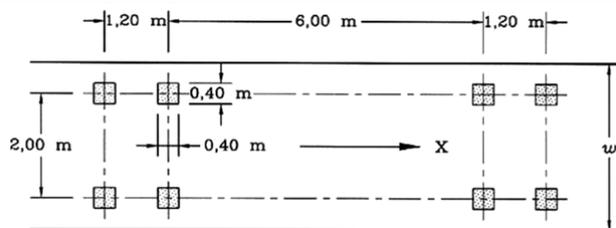


Figura 6.6. Modello di carico a fatica LM3 (4 assi da 120 kN)

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

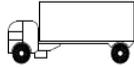
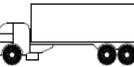
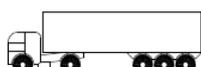
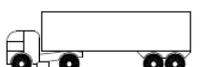
Sagoma del veicolo	Tipo di pneumatico (Tab.5.1-IX)	Interassi [m]	Valori equivalenti dei carichi asse [kN]	Composizione del traffico		
				Lunga percorrenza	Media percorrenza	Traffico locale
	A B	4,50	70 130	20,0	40,0	80,0
	A B B	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0
	A B C C	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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

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.

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 $\gamma_{Mf} = 1.35$.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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 viadotto.

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:

	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 <u>Tmin ≤ 25 mm</u> e particolare della saldatura conforme a quello indicato nelle tavole di progetto (2). Tmin = spessore minimo delle piattabande da unire	90		66,3		NO (3)
6	Saldatura di testa delle piattabande con <u>Tmin > 25 mm</u> e particolare della saldatura conforme a quello indicato nelle tavole di progetto (4). Tmin = 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			

S.S. 554 "Cagliariatana"		
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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

1. $\Delta\sigma_D = 0,737 \times \Delta\sigma_C$
2. Sovrasspessore 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 anima 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 anima 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 5 m lungo tutto lo sviluppo della struttura) per il quale si ha:

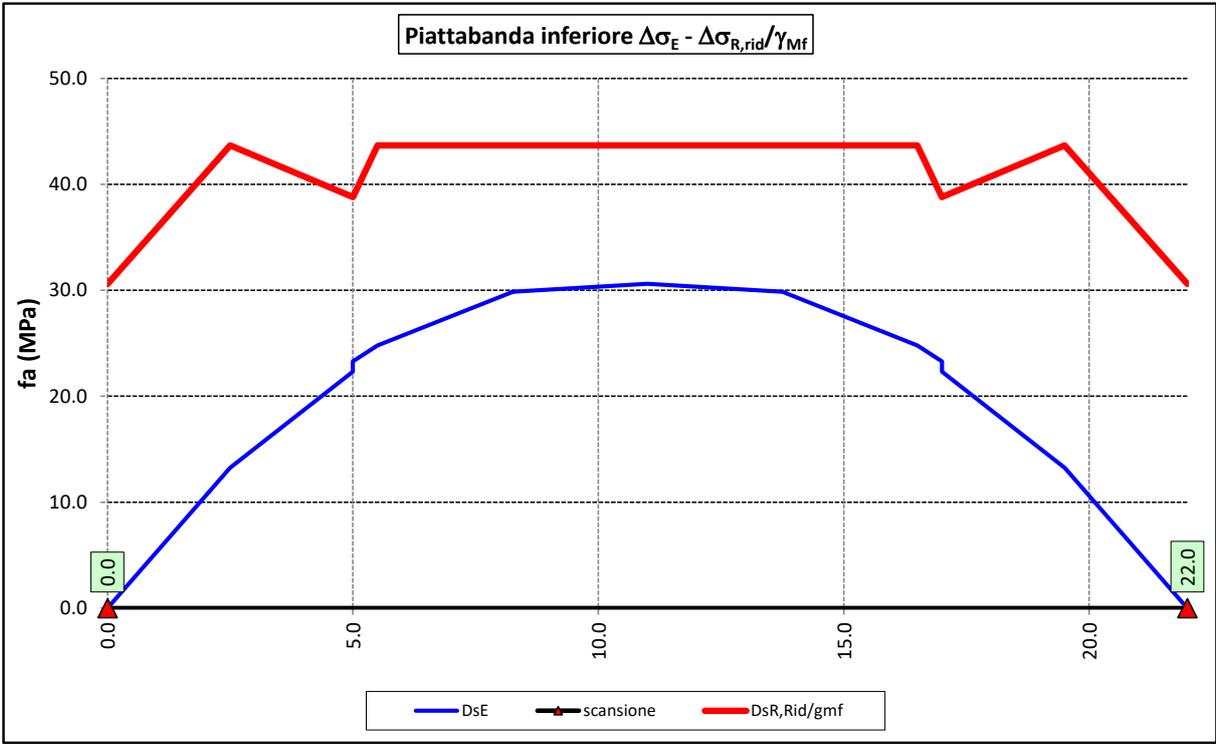
$$\Delta\sigma_{R,rid} = \Delta\sigma_D / 1,35 = 59/1,35 = 43,7 \text{ Mpa.}$$

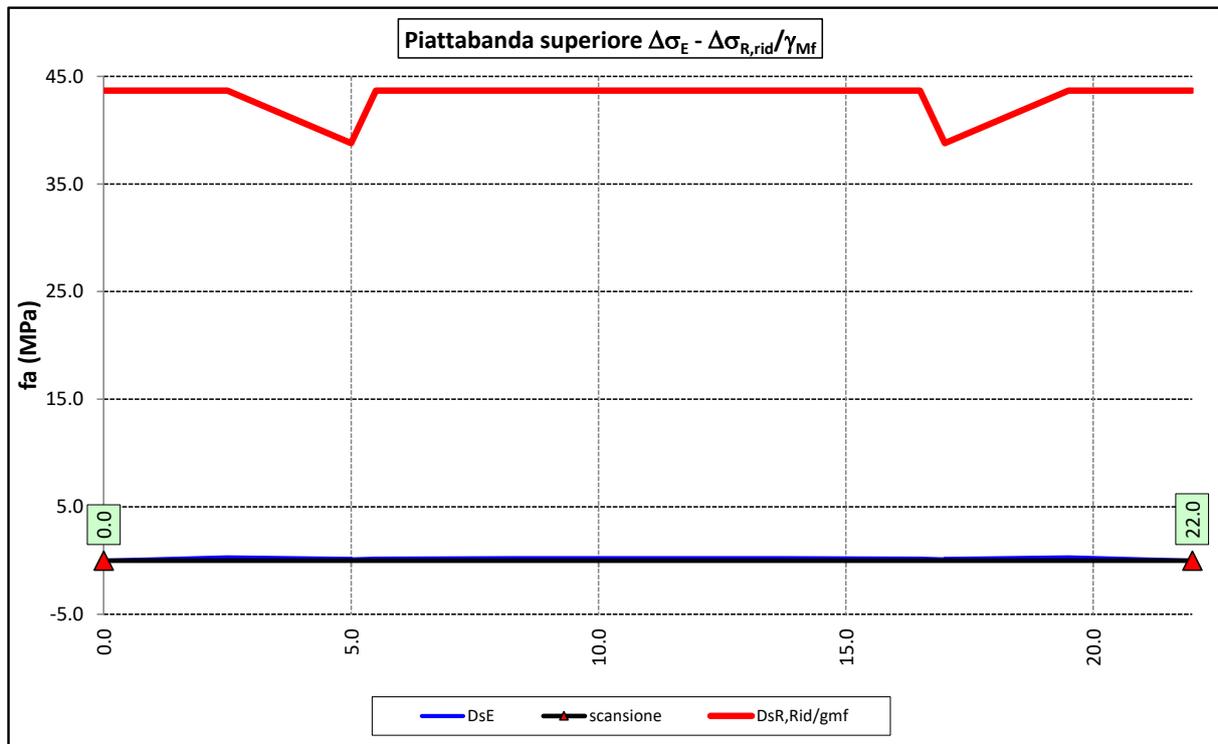
I "picchi" verso il basso, rispetto a questa retta di riferimento, rappresentano i seguenti particolari:

- 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.





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 cordole di saldatura.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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.

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:

S.S. 554 "Cagliaritano" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

Coefficiente Ks	Ks	0.75
Resistenza del piolo SLE (ks x 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:

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

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

γ_{Ff} fattore di sicurezza parziale sui carichi pari ad 1.0;

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

- nelle zone in cui la piattabanda superiore risulta tesa:

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

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

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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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 pi	$\Delta\sigma_c$	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_{td}	anni	100
Peso lordo medio degli autocarri sulla corsia lenta	Q_{m1}	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.

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	permanenti portati	Ritiro iperstatico	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)	L (m)									
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	22.000	-0.147	OK!	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.044	OK!	0.000
2	2.50	-0.011	-0.002	0.000	-0.013	22.000	-0.147	OK!	-0.005	-0.002	0.000	-0.007	-0.044	OK!	0.015
3	5.00	-0.021	-0.004	0.000	-0.025	22.000	-0.147	OK!	-0.009	-0.005	0.000	-0.013	-0.044	OK!	0.028
4	5.50	-0.023	-0.004	0.000	-0.027	22.000	-0.147	OK!	-0.009	-0.005	0.000	-0.014	-0.044	OK!	0.030
5	8.25	-0.029	-0.005	0.000	-0.035	22.000	-0.147	OK!	-0.012	-0.006	0.000	-0.019	-0.044	OK!	0.039
6	11.00	-0.032	-0.006	0.000	-0.037	22.000	-0.147	OK!	-0.013	-0.007	0.000	-0.020	-0.044	OK!	0.042
7	13.75	-0.029	-0.005	0.000	-0.035	22.000	-0.147	OK!	-0.012	-0.006	0.000	-0.019	-0.044	OK!	0.039
8	16.50	-0.023	-0.004	0.000	-0.027	22.000	-0.147	OK!	-0.009	-0.005	0.000	-0.014	-0.044	OK!	0.030
9	17.00	-0.021	-0.004	0.000	-0.025	22.000	-0.147	OK!	-0.009	-0.005	0.000	-0.013	-0.044	OK!	0.028
10	19.50	-0.011	-0.002	0.000	-0.013	22.000	-0.147	OK!	-0.005	-0.002	0.000	-0.007	-0.044	OK!	0.015
11	22.00	0.000	0.000	0.000	0.000	22.000	-0.147	OK!	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.044	OK!	0.000

La figura seguente fornisce evidenza dei risultati ottenuti:

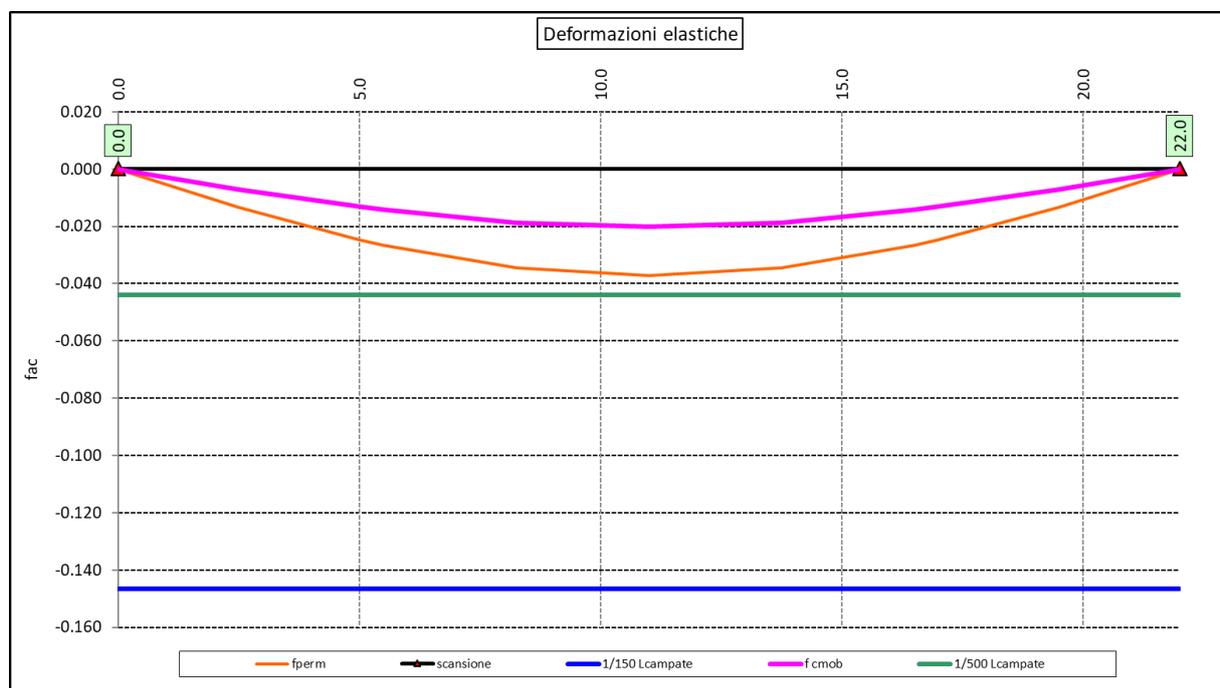


Figura 6.8. Travi principali – Verifiche di deformabilità

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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

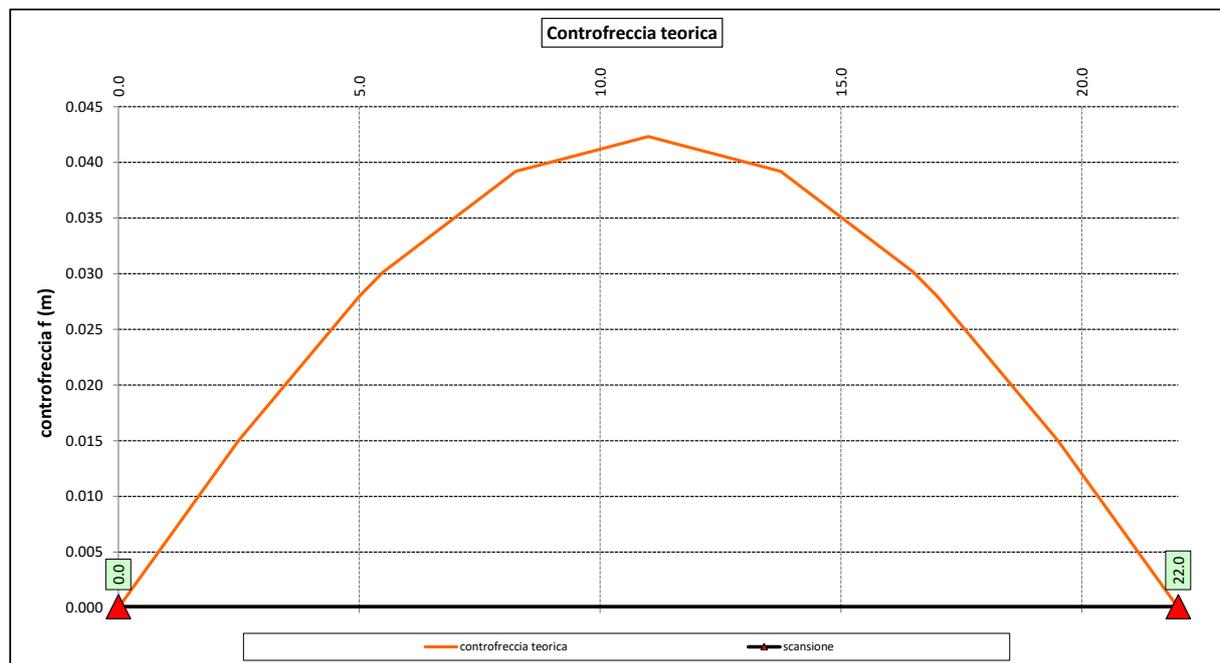


Figura 6.9. Travi principali – controfreccia teorica

6.5 Verifica della Soletta in c.a.

Si prevede che il getto della soletta avvenga su predelle 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 due 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.
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 d'appoggio.

Nel prosieguo sono presentate le verifiche delle predelle in fase di autoportanza e quelle dell'intera soletta in esercizio, con riferimento all'impalcato della carreggiata sinistra .

6.5.1 Verifica delle predelles in fase di autoportanza

Le predelle, di larghezza pari a 2.40 m, saranno armate con tralicci di tipo HD Baustrada 12/16/10 h=195 mm posti ad interasse corrente di 40 cm (n.6 tralicci). Sulla campata interna saranno disposti ulteriori 5 tralicci di rinforzo per ciascuna predella.

S.S. 554 "Cagliaritana"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

In fase di calcolo è stato considerato un sovraccarico accidentale dovuto ai mezzi d'opera pari a **0.75** kN/m².

Le predelle 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 tralici 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 tralici 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

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;

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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:

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

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:

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

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;

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

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.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

6.5.1.2 Verifica della predalla in mezzeria della campata tra le travi

DATI GEOMETRICI SOLETTA IN C.A.	Var	unità					
Interasse tra le travi	it	mm	6500				
Lunghezza dello sbalzo sx rispetto ad asse trave	Ls_sx	mm	2600				
Larghezza asola sulla piattabanda superiore sx	Bas_sx	mm	540				
Distanza tra asse trave sx e asse appoggio predalla	Dap_sx	mm	310				
Lunghezza dello sbalzo dx rispetto ad asse trave	Ls_dx	mm	2600				
Larghezza asola sulla piattabanda superiore dx	Bas_dx	mm	540				
Distanza tra asse trave dx e asse appoggio predalla	Dap_sx	mm	310				
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	5880				
DATI PERMANENTI PORTATI			Var	unità			
DATI GEOMETRICI PREDALLE			Var	unità			
n. trallicci per dalla	nt		11				
altezza traliccio	ht	mm	195				
Sezione corrente	n	ϕ	A	At	di	I	
		mm	mmq	mmq	mm	mm ⁴	
Armatura superiore trallicci	1	16	201	2212	227	35387	
Armatura inferiore trallicci	2	12	226	2488	46	22393	
Armatura inferiore nella dalla	0	0		0	40	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				

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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			0.75	1.80
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE		Var	unità			
Reazione all'appoggio sx - permanenti	RA-p	kN	64.47			
ascissa taglio nullo	x_V(0)	m	2.94			
Momento massimo in campata - permanenti	Mmax_p	kNm	63.31			
Momento massimo in campata - accidentali	Mmax_q	kNm	7.78			
Taglio massimo all'appoggio - permanenti	Vmax_p	kN	54.68			
Taglio massimo all'appoggio - accidentali	Vmax_q	kN	5.29			
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	94.0			
Verifiche SLU - Taglio massimo all'appoggio	Vmax	kNm	79.0			
VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI		Var	unità			
altezza del traliccio	ht	m	0.181			
Momento flettente	Mmax	kNm	93.97			
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	61.1			
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	12.5			
Sforzo massimo nei correnti	Nmax1	kN	519.2			
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		0.85		< 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		0.53		< 1.0	
VERIFICA DIAGONALI						
altezza del traliccio	ht	m	0.181			
n. diagonali	nd		22			
Taglio massimo	Vmax	kN	79.03			
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	61.1			
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	12.5			
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	92.5			
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	0.21			
coefficiente beta	β		0.90			
snellezza	λ		76.2			
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	28006			
snellezza adimensionale	λ_{-}		1.12			
fattore di imperfezione alpha	α		0.49			
coefficiente Φ	Φ		1.36			
coefficiente χ	χ		0.47			
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	319			
coefficiente di utilizzo	c.u		0.29		< 1.0	

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

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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.

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	2600			
Inclinazione del getto in opera - intradosso	incl		0.000			
Larghezza asola sulla piattabanda superiore	Lasol	mm	540			
Distanza tra asse trave e asse appoggio predalla	Dap	mm	310			
Estensione del getto di prima fase dall'asse della trave	Lg1	mm	1000			
DATI GEOMETRICI PREDALLE	Var	unità				
n. tralici per dalla	nt		6			
altezza traliccio all'incastro	ht	mm	195			
Sezione corrente	n	ϕ	A	At	di	I
		mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralici	1	16	201	1206	227	19302
Armatura inferiore tralici	2	12	226	1357	46	12215
Armatura di rinforzo nella dalla	0	0		0	40	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	924276			
Y baricentro rispetto al lembo inferiore	Yg	mm	48			
Momento d'inerzia dalla tralicciata	It	mm4	48388114			
Sezione asolata d'estremità	n	ϕ	A	At	di	I
		mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralici	1	16	201	1206	227	19302
Armatura inferiore tralici	2	12	226	1357	46	12215
Armatura inferiore nella dalla	0	20	0	0	40	0
Caratteristiche geometrico-inerziali	Var	unità				
Area totale	At	mm2	2564			
Momento statico rispetto al lembo inferiore	Mstat	mm3	336276			
Y baricentro rispetto al lembo inferiore	Yg	mm	131			
Momento d'inerzia	It	mm4	20954896			

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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			0.75	1.80
		B (m)	H (m)	L (m)	p (kN/ml)	P (kN)
peso della veletta	P4	2.40			2.00	4.80
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE		Var	unità			
Momento massimo all'incastro - permanenti	Mmax-p	kNm	25.43			
Momento massimo all'incastro - accidentali	Mmax-q	kNm	4.72			
Taglio massimo - permanenti	Vmax-p	kN	24.35			
Taglio massimo - accidentali	Vmax-q	kN	4.12			
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	40.1			
Verifiche SLU - Taglio massimo all'incastro	Vmax	kNm	37.8			
VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI		Var	unità			
altezza del traliccio all'incastro	ht	m	0.177			
Momento flettente	Mmax	kNm	40.14			
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	60.5			
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.6			
Sforzo massimo nei correnti del traliccio	Nmax	kN	226.8			
Verifica dei correnti compressi in corrispondenza asol:		Var	unità	cor traliccio	in	
Sforzo normale nei correnti inferiori	Nmax_i	kN	227			
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'inflexione	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	0.78 < 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	0.43 < 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	0.48 < 1.0				

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

VERIFICA DIAGONALI

altezza del traliccio	ht	m	0.181	
n. diagonali	nd		12	
Taglio massimo	Vmax	kN	37.84	
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	60.5	
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.6	
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	44.1	
Diametro diagonale	ϕ	mm	10	
Area diagonale	A	mm ²	79	
Momento d'inerzia diagonale	I	mm ⁴	491	
raggio d'inerzia diagonale	isup	m	0.0025	
Lunghezza libera d'inflexione	L0	m	0.21	
coefficiente beta	β		0.90	
snellezza	λ		76	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	28251	
snellezza adimensionale	λ_*		1.12	
fattore di imperfezione alpha	α		0.49	
coefficiente Φ	Φ		1.35	
coefficiente χ	χ		0.47	
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	175	
coefficiente di utilizzo	c.u		0.25	< 1.0

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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			0.75	1.80
		B (m)	H (m)	L (m)	p (kN/ml)	P (kN)
peso della veletta	P4	2.40			2.00	4.80

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE	Var	unità	
Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase - permanenti	Mmax-p	kNm	31.49
Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase - accidentali	Mmax-q	kNm	2.30
Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase - permanenti	Vmax-p	kN	34.56
Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase - accidentali	Vmax-q	kN	2.88
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	44.39
Verifiche SLU - Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase	Vmax1	kN	49.25

VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI ALL'ESTREMITA' DEL GETTO	Var	unità	
altezza del traliccio	ht	m	0.181
Momento flettente	Mmax	kNm	44.39
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	61.1
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.4
Sforzo massimo nei correnti del traliccio	Nmax	kN	245.3
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		0.52 < 1.0

VERIFICA DIAGONALI			
altezza del traliccio	ht	m	0.181
n. diagonali	nd		12
Taglio massimo	Vmax	kN	49.25
angolo alpha nel piano longitudinale del traliccio	alp	deg	61.1
angolo beta nel piano trasversale del traliccio	bet	deg	9.4
Sforzo massimo nelle diagonali	Nmax	kN	57.0
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	0.21
coefficiente beta	β		0.90
snellezza	λ		75.5
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	28588
snellezza adimensionale	λ_*		1.11
fattore di imperfezione alpha	α		0.49
coefficiente Φ	Φ		1.34
coefficiente χ	χ		0.48
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	176
coefficiente di utilizzo	c.u		0.32 < 1.0

Come è possibile evincere tutte le verifiche di resistenza ed instabilità delle aste dei tralicci 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.

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 rigidzze flessionali e taglianti in questa direzione secondo i seguenti rapporti:

$$\text{fac_r_lLong} = t_l^3 / t^3 = 0.24^3 / 0.31^3 = 0.464$$

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

La soletta è semplicemente appoggiata in corrispondenza delle travi principali.

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

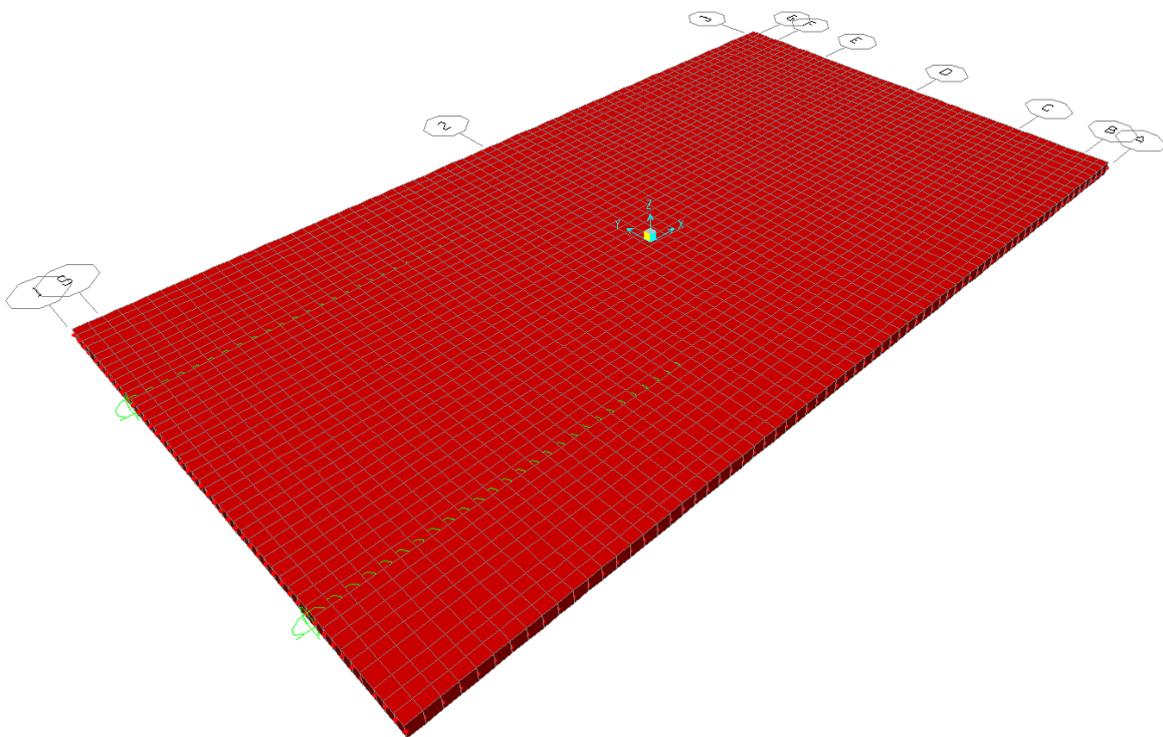


Figura 6.10. Modello di calcolo soletta – vista estrusa del modello agli elementi finiti

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 di ciascuna 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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

- peso di ciascuna veletta di bordo = 1.4 kNm⁻¹
- peso del carter = 1.5 kNm⁻¹

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:

Configurazione di carico A

- Condizione Q1CA: Carichi concentrati
- Condizione Q1DA: Carichi distribuiti

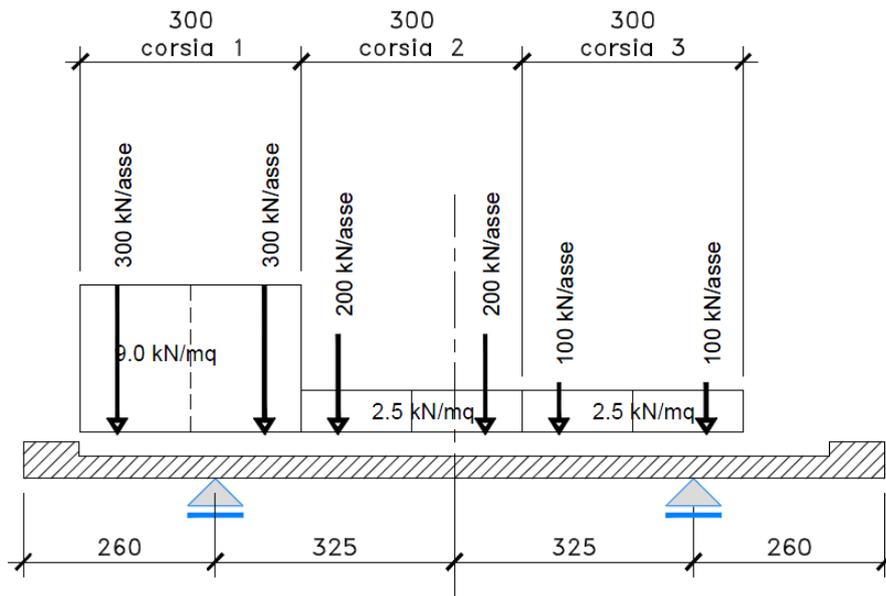


Figura 6.11. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione A

Configurazione di carico B

- Condizione Q1CB: Carichi concentrati
- Condizione Q1DB: Carichi distribuiti

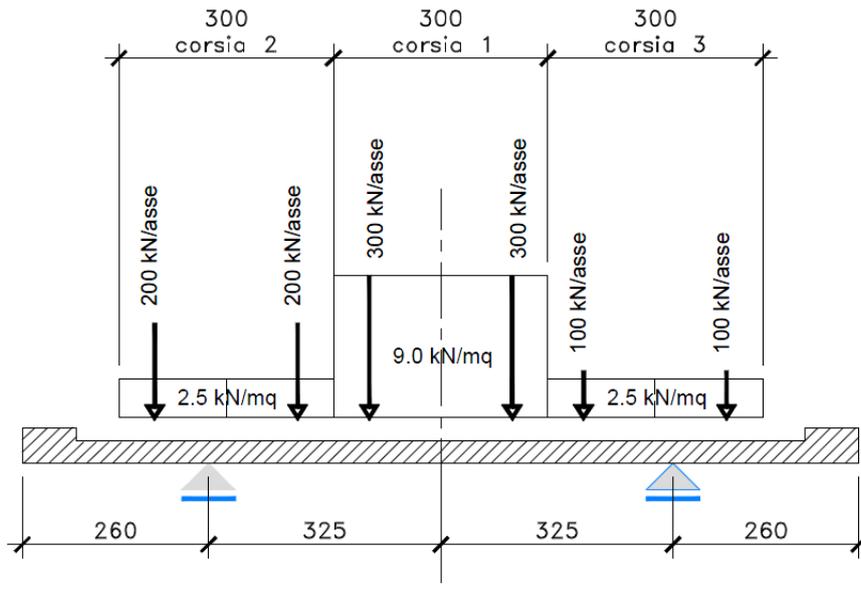


Figura 6.12. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione B

Configurazione di carico C

- Condizione Q1CC: Carichi concentrati
- Condizione Q1DC: Carichi distribuiti

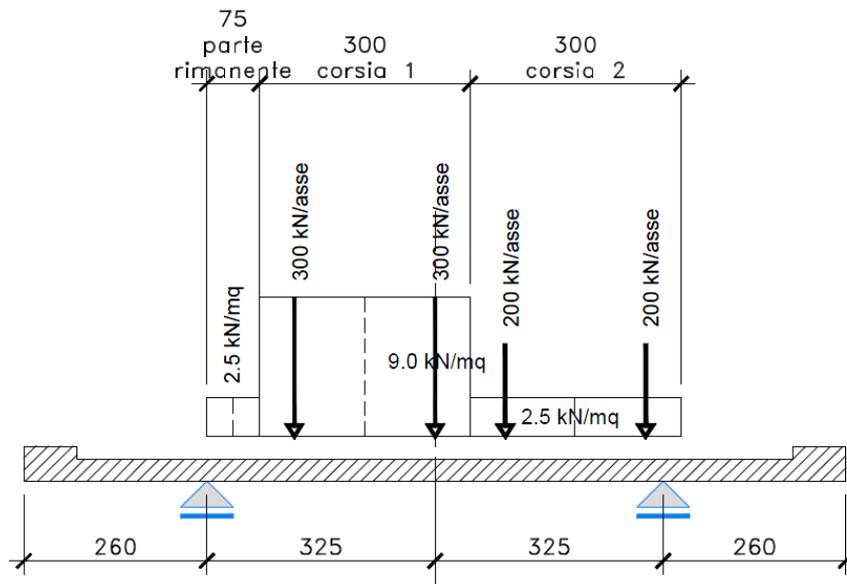


Figura 6.13. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione C

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

Configurazione di carico D

- Condizione Q2D: Carichi concentrati

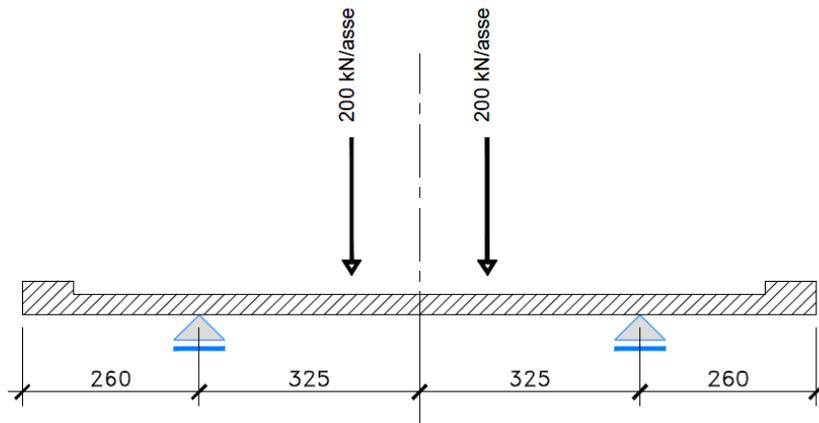


Figura 6.14. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione D

Configurazione di carico E

- Condizione Q2E: Carichi concentrati

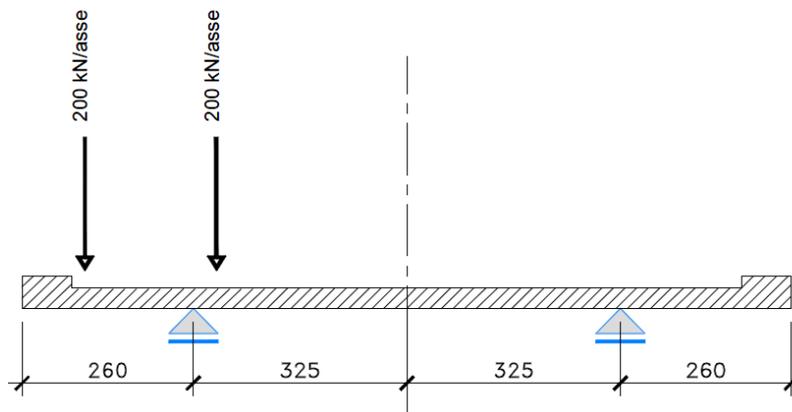


Figura 6.15. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione E

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).

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

E' stata inoltre 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:

- ENVESLU;

Combinazioni per verifiche SLE-RARA:

ENVSLER = $1.0 \times G1 + 1.0 \times G2 + 1.0 \times ENVEMOB1$

Combinazioni per verifiche SLE-FREQUENTE:

ENVSLEF = $1.0 \times G1 + 1.0 \times G2 + 1.0 \times ENVEMOB2$

Combinazioni per verifiche SLE-QUASI PERMANENTE:

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:

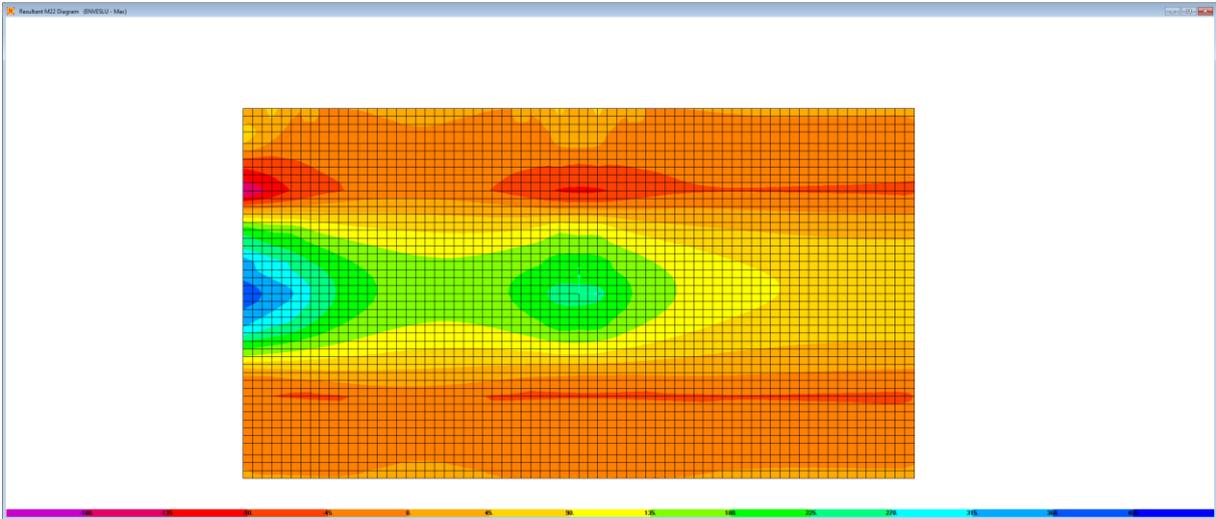


Figura 6.16. Combinazione ENVESLU – M22 max

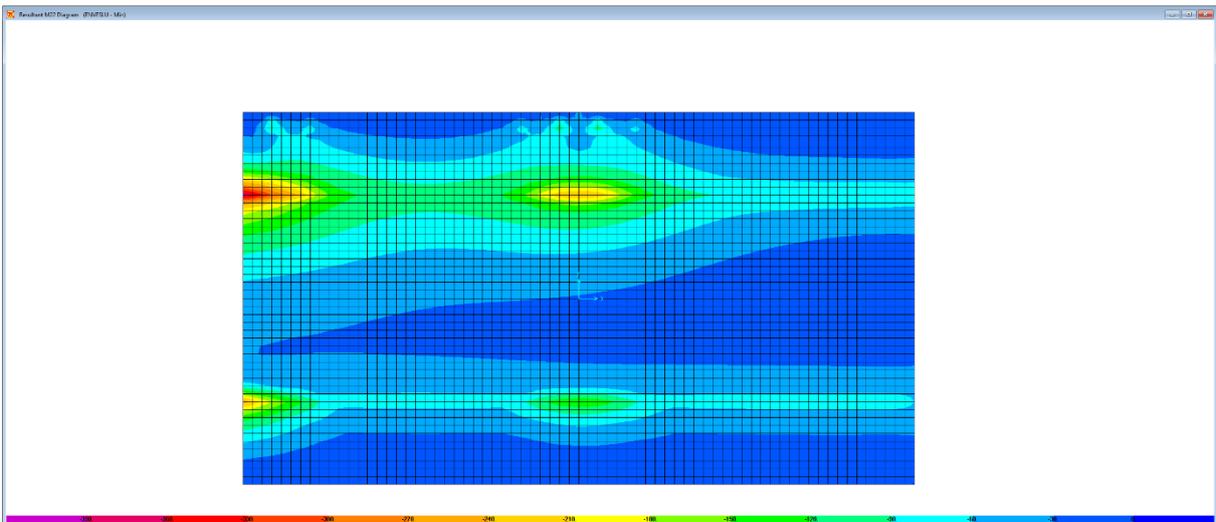


Figura 6.17. Combinazione ENVESLU – M22 min

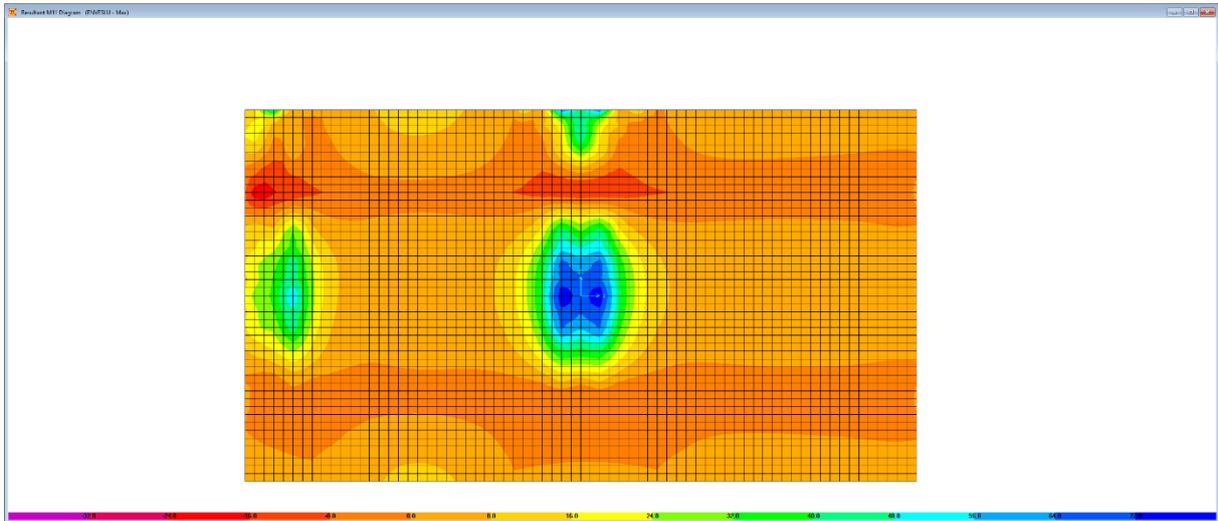


Figura 6.18. Combinazione ENVELU – M11 max

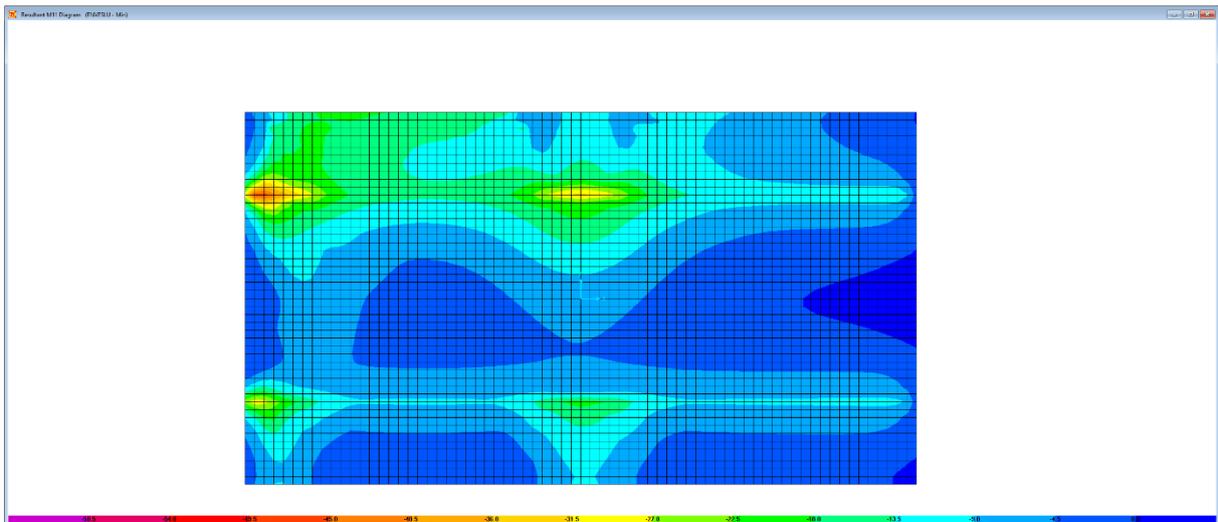


Figura 6.19. Combinazione ENVELU – M11 min

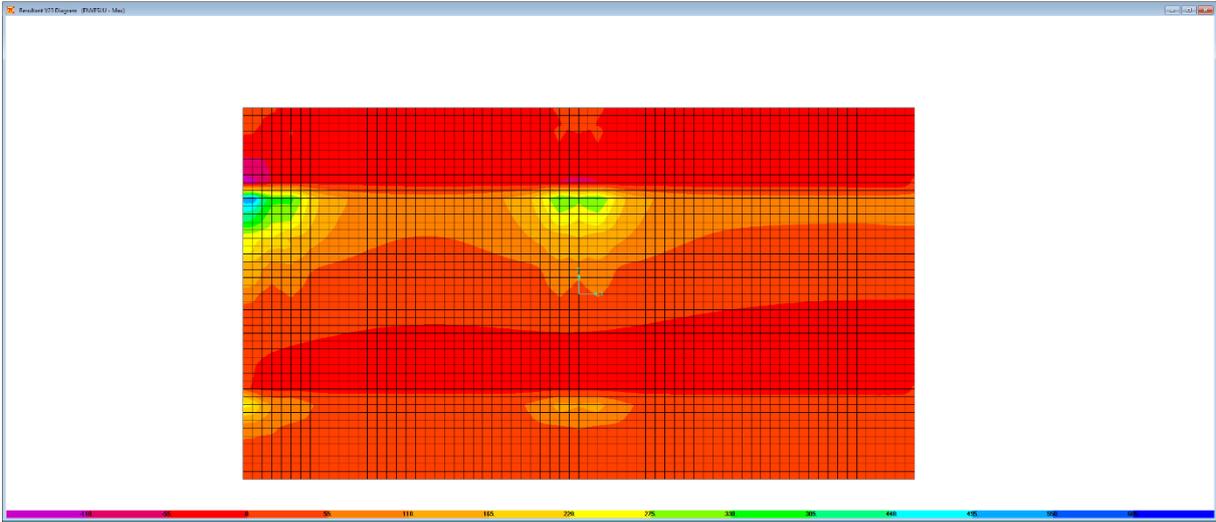


Figura 6.20. Combinazione ENVELSU – V23 max

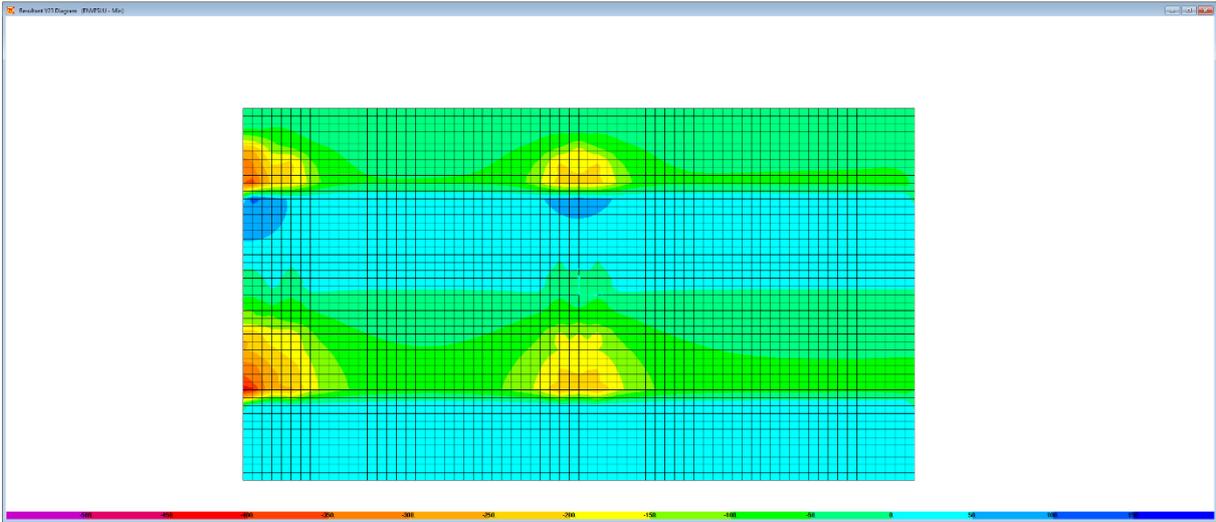


Figura 6.21. Combinazione ENVELSU – V23 min

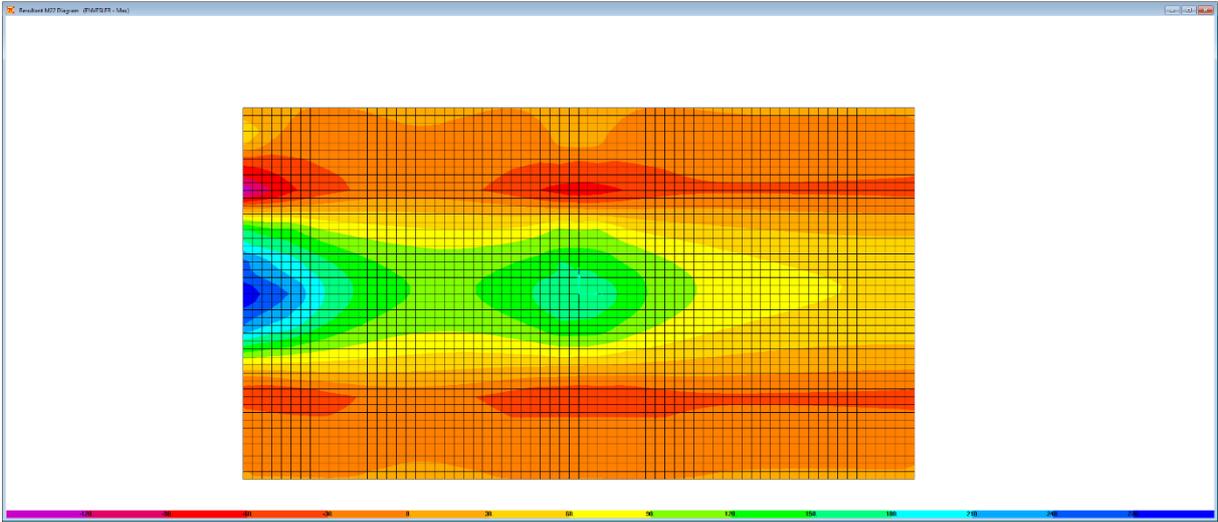


Figura 6.22. Combinazione ENVESLER – M22 max

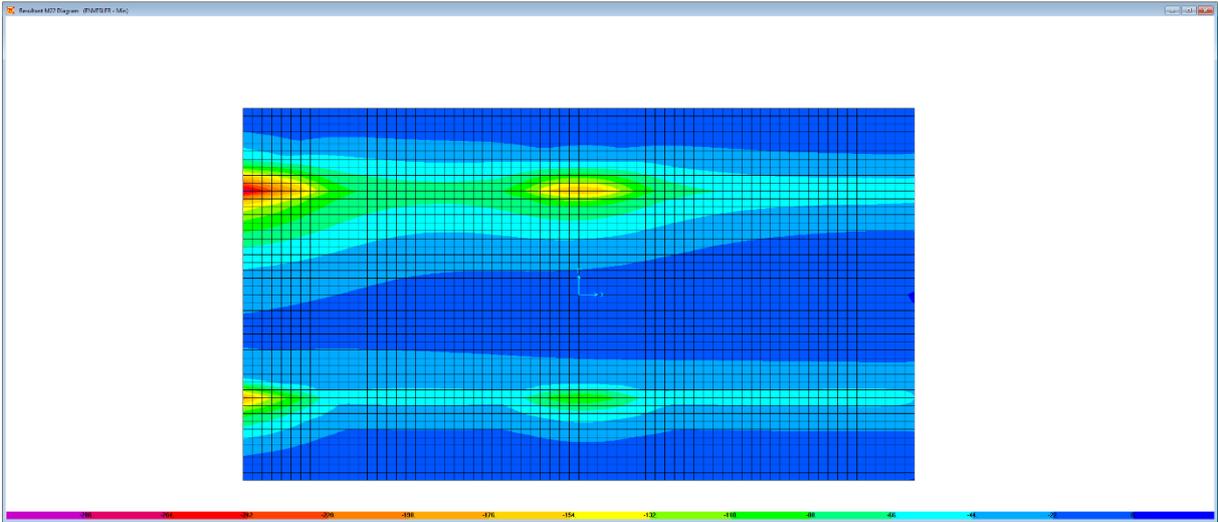


Figura 6.23. Combinazione ENVESLER – M22 min

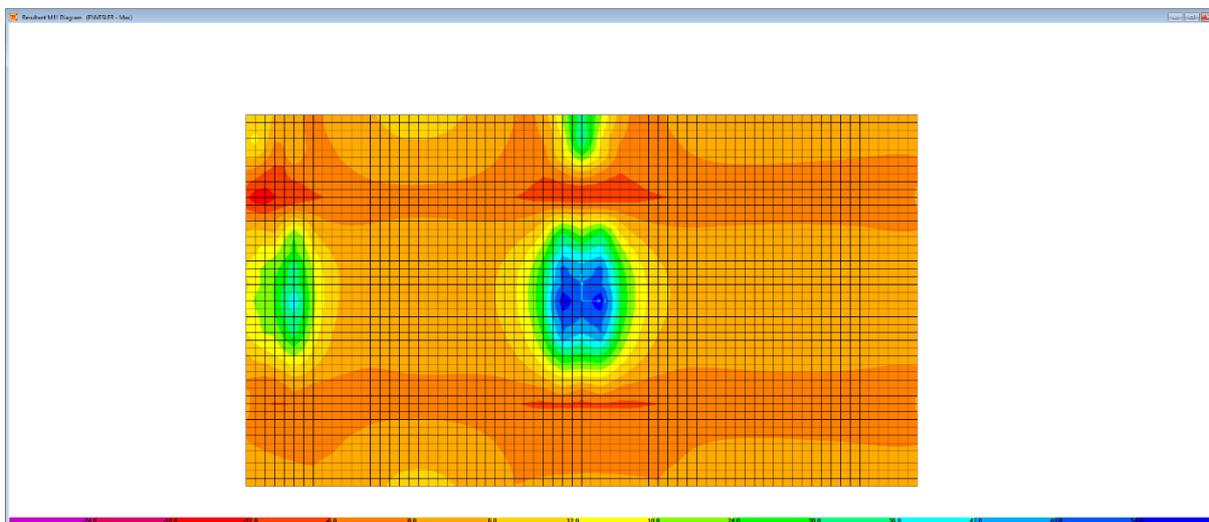


Figura 6.24. Combinazione ENVESLER – M11 max

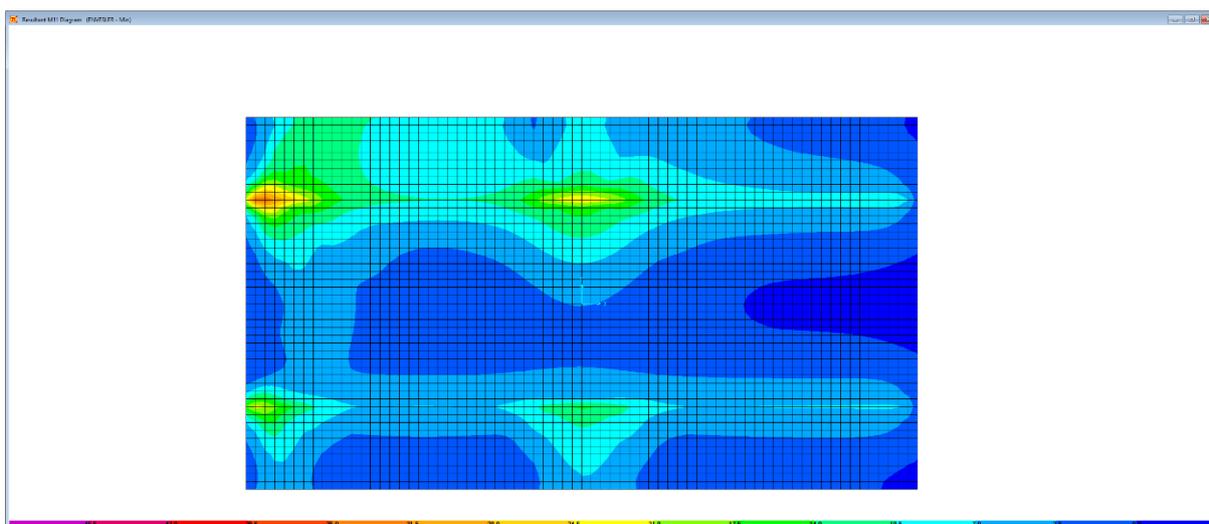


Figura 6.25. Combinazione ENVESLER – M11 min

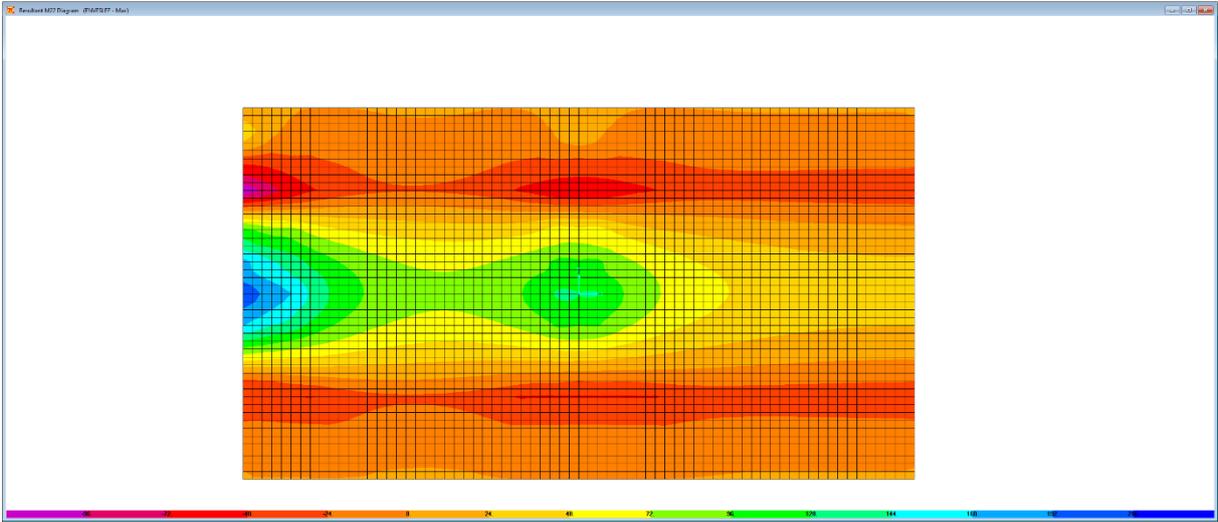


Figura 6.26. Combinazione ENVSLEF – M22 max

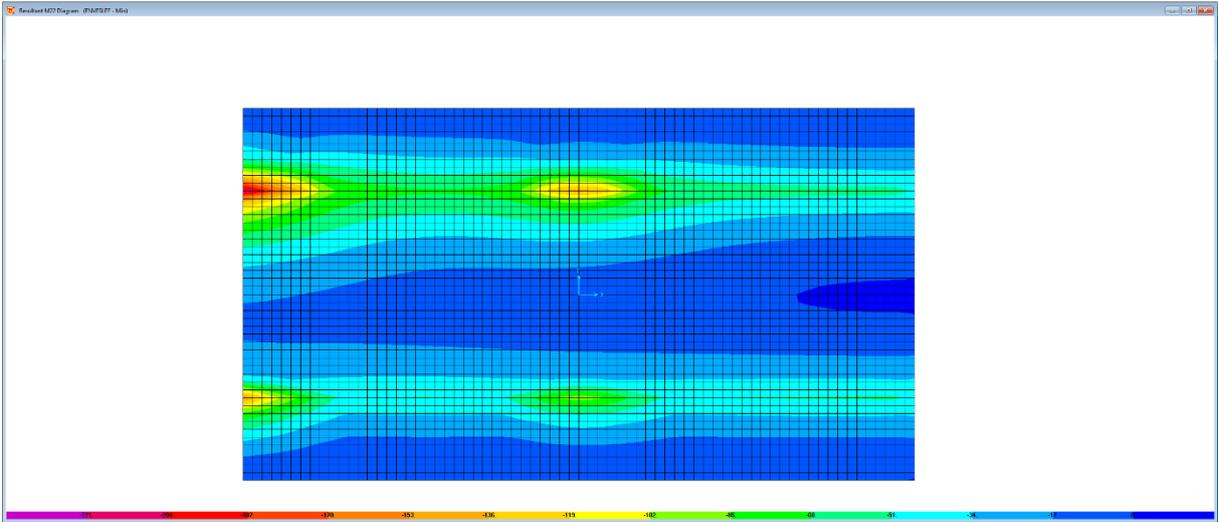


Figura 6.27. Combinazione ENVSLEF – M22 min

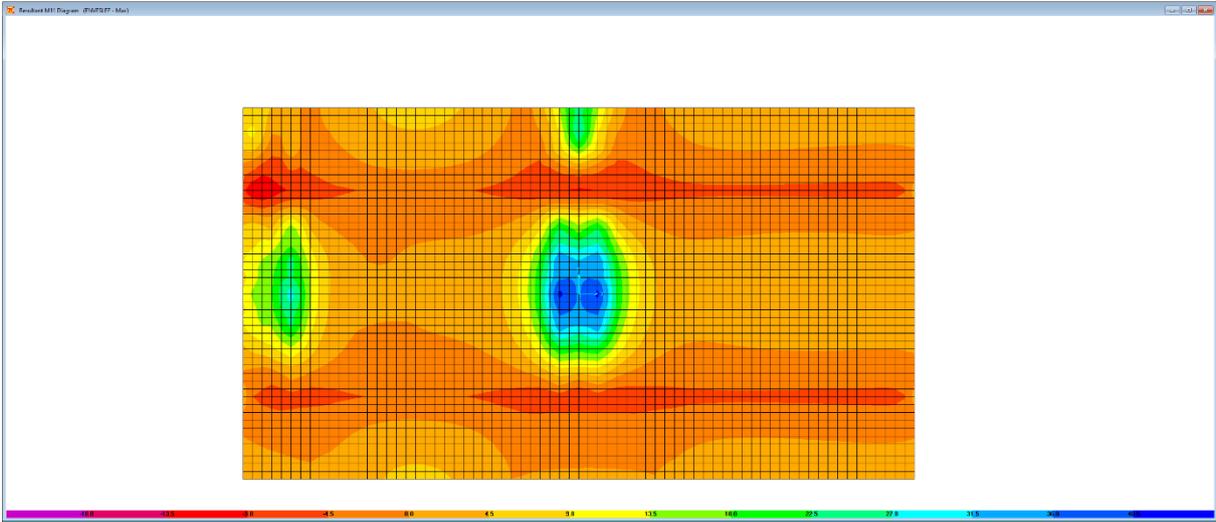


Figura 6.28. Combinazione ENVESLEF – M11 max

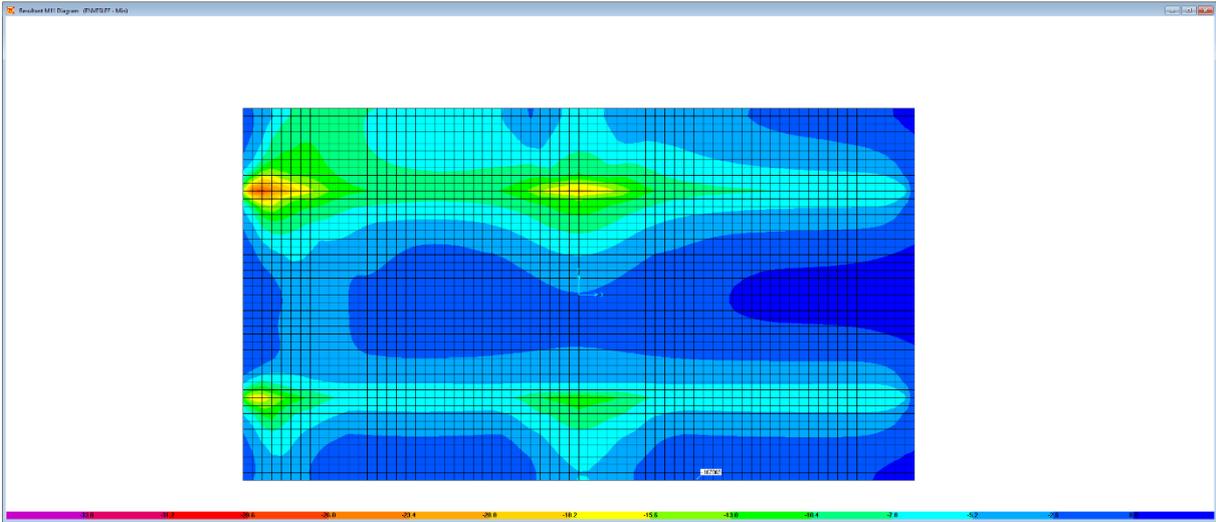


Figura 6.29. Combinazione ENVESLEF – M11 min

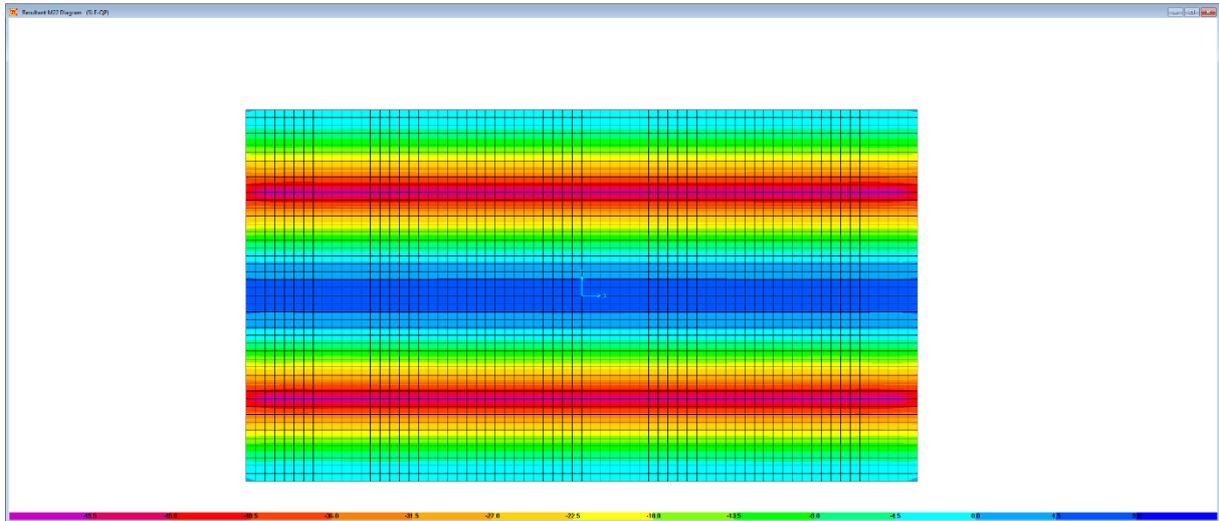


Figura 6.30. Combinazione SLE-QP – M22

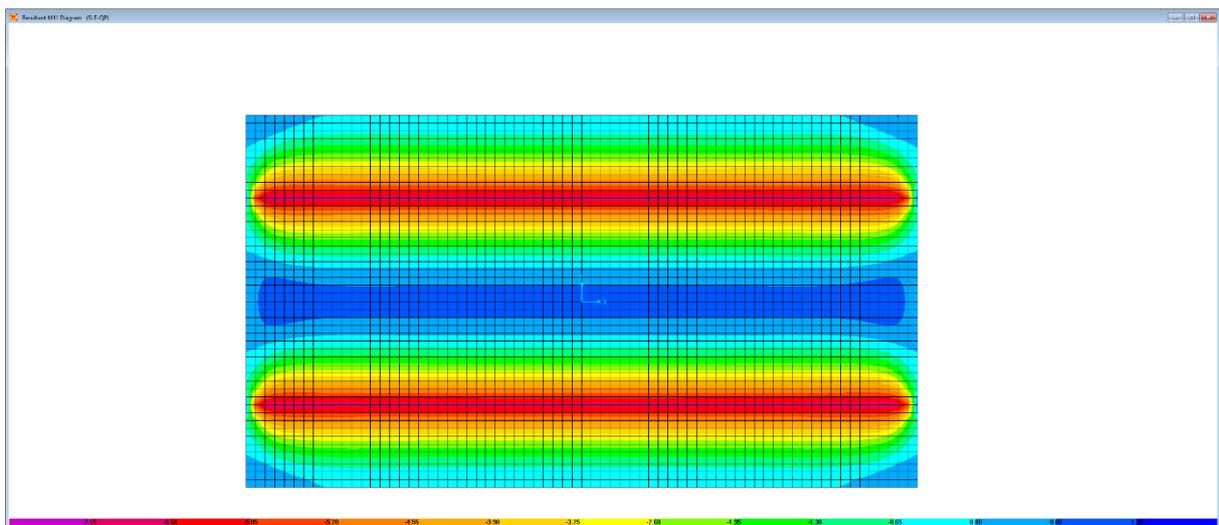


Figura 6.31. Combinazione SLE-QP – M11

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

Caratteristiche della sollecitazione per sezione di larghezza unitaria

	Sezione corrente					Sezione di testata				
	M22+	M22-	M11+	M11-	V23	M22+	M22-	M11+	M11-	V23
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]
Verifiche SLU	238	-221	80	-32	330	400.2	-393	51	-62	588.5
Verifiche SLE-RARA	175	-178	60.0	-25		296.5	-292	40	-46	
Verifiche SLE-FR	123	-140	43	-19		211.5	-224	30	-35	
Verifiche SLE-QP	6	-53	2	-7		6	-53	2	-7	

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

	Sezione corrente					Sezione di testata				
	M22+	M22-	M11+	M11-	V23	M22+	M22-	M11+	M11-	V23
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]
Verifiche SLU	571.2	-530.4			792.0	960.5	-944.2			1412.4
Verifiche SLE-RARA	420.0	-427.2				711.6	-700.8			
Verifiche SLE-FR	295.2	-336.0				507.6	-538.1			
Verifiche SLE-QP	14.4	-127.2				14.4	-127.2			

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.

Si prevede si impiegare uno schema di armatura trasversale costante lungo tutto il ponte. Pertanto, le verifiche in direzione trasversale fanno riferimento alle zone di testata maggiormente sollecitate. In direzione longitudinale le verifiche locali sono state condotte considerando l'armatura minima prevista.

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 23φ20 (nella predalla).

L'armatura in zona compressa è costituita da φ20/20.

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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-110.0	5.5	20
2	110.0	5.5	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
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

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	571.20	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	420.00	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	295.20 (158.87)	0.00 (0.00)

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

S.S. 554 "Cagliariatana"		
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	14.40 (158.87)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.5 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	603.88	0.00	0.00	636.80	0.00	1.115	72.3(12.0)

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	-0.00257	-120.0	31.0	-0.00016	-110.0	23.0	-0.00815	-110.0	5.5

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	0.000456939	-0.010665098	0.300	0.815

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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*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	13.47	-120.0	31.0	-271.3	-60.0	5.5	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	9.47	120.0	31.0	-190.7	60.0	5.5	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}
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]
srm	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]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-6.0	0	0.125	20	45	0.710	0.00065 (0.00036)	143	0.157 (0.30)	158.87	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	0.46	120.0	31.0	-9.3	80.0	5.5	2400	72.3	10.0	0.50

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.3	0	0.125	20	45	-59.863	0.00002 (0.00002)	143	0.004 (0.20)	158.87	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 $\phi 20/20 + \phi 24/20$

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

L'armatura in zona compressa è costituita da 11 ϕ 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]	Diam ϕ [mm]
1	-110.0	5.5	20
2	110.0	5.5	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			
ϕ	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	ϕ
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	-530.40	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)

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-427.20	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	-336.00 (-161.66)	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	-127.20 (-161.66)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.8 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	-674.38	3.42	0.00	-701.35	0.49	1.322	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.)

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	-0.00264	120.0	0.0	0.00098	110.0	5.5	-0.00716	-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	0.000000509	-0.000458080	0.003438866	0.328	0.851

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	14.53	120.0	0.0	-245.0	-115.0	23.0	2400	92.0	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	11.42	120.0	0.0	-192.7	-115.0	23.0	2400	92.0	10.0	1.00

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Ver. 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; $= (e1 + e2) / (2 \cdot e1)$ 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
 Psi = $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (Mfess/M)^2$ [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]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-7.0	0	0.125	22	40	0.769	0.00071 (0.00037)	129	0.155 (0.30)	-161.66	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
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

1 S 4.32 120.0 0.0 -72.9 -115.0 23.0 2400 92.0 10.0 0.50

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.6	0	0.125	22	40	0.192	0.00014 (0.00014)	129	0.030 (0.20)	-161.66	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
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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

My	con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia				
Vy	con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
	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	60.00	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	43.00 (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

S.S. 554 "Cagliariatana"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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.
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 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	7.21	-50.0	28.0	-200.8	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	5.17	-50.0	28.0	-143.9	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 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

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	$= 1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (Mfess/M)^2$ [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 = $1.7 * e * srm$. 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]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.8	0	0.125	20	50	-0.406	0.00027 (0.00027)	196	0.091 (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]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.1	0	0.125	20	50-323.998	0.00001 (0.00001)	196	0.004 (0.20)	196	50.99	0.00

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 23φ20 (nella predalla) + φ24/20 (nel getto in opera).

L'armatura in zona compressa è costituita da φ20/20.

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	5.5	20
2	110.0	5.5	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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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.
 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	960.50	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	711.60	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	507.60 (191.33)	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

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	19.61	120.0	31.0	-245.9	-50.0	5.5	2040	176.3	2.7	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	13.99	120.0	31.0	-175.4	50.0	5.5	2040	176.3	2.7	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; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$
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]
srm	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 = $1.7 * e\ sm * srm$. 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]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-8.9	0	0.125	22	45	0.858	0.00072 (0.00033)	108	0.132 (0.30)	191.33	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	0.40	120.0	31.0	-5.0	-110.0	5.5	2040	176.3	2.7	0.50

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.3	0	0.125	22	45	-87.273	0.00001 (0.00001)	108	0.002 (0.20)	191.33	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]

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	5.5	20
2	110.0	5.5	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

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	-944.20	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	-700.80	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
---	---

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	-538.10 (-175.56)	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	-127.20 (-175.56)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 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	-988.69	84.78	0.00	-1044.06	1.19	1.106	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	-0.00067	120.0	0.0	0.00181	110.0	5.5	-0.00378	-115.0	23.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	0.000001123	-0.000305052	0.003365231	0.481	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
 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	21.28	120.0	0.0	-263.6	-115.0	23.0	2176	146.3	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	16.34	120.0	0.0	-202.4	-115.0	23.0	2176	146.3	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}
 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
 = 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 = $1 - \beta_{12} \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (M_{fess}/M)^2$ [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]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-10.3	0	0.125	29	40	0.894	0.00086 (0.00039)	121	0.178 (0.30)	-175.56	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	3.86	120.0	0.0	-47.9	-115.0	23.0	2176	146.3	10.0	0.50

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.4	0	0.125	29	40	0.047	0.00009 (0.00009)	121	0.019 (0.20)	-175.56	0.00

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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]
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

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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.			
	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	-0.001421929	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 [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	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 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	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa									
e sm	$= 1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [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 = $1.7 \cdot e \cdot s \cdot srm$. Valore limite tra parentesi									
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]									

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

MY fess.		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]										
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.9	0	0.125	20	50	-0.301	0.00027 (0.00027)	189	0.085 (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	0.95	-50.0	0.0	-27.9	20.0	18.0	900	15.7	16.0	0.50

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.6	0	0.125	20	50	-15.267	0.00005 (0.00005)	189	0.017 (0.20)	-39.93	0.00

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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	0.082
altezza utile della sezione	d	m	0.23
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	3255.8
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>			
diametro 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	2103.7
Resistenza a "taglio compressione"	V _{Rcd}	kN	1976.8
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	1976.8

La verifica è soddisfatta essendo VRdu >> VEdu.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</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 fanno riferimento alla Spalla A, che a parità di caratteristiche geometriche della Spalla B **risulta maggiormente sollecitata poichè allineamento fisso per le azioni orizzontali longitudinali**.

I risultati ottenuti si estendono anche alla Spalla B.

7.1 Analisi della palificata

Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione delle spalle è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrogiro, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato posto lungo la direzione trasversale al viadotto), 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.

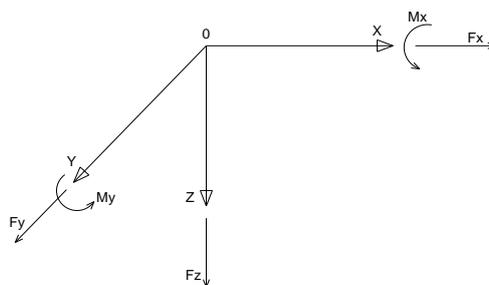


Figura 7.1. Sistema di riferimento

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 valutati 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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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 rigidezza della spalla.

I criteri seguiti per la risoluzione della palificata e per la determinazione delle caratteristiche della sollecitazione massime agenti sui pali di fondazione sono stati illustrati al par. precedente.

Di seguito si riepilogano gli inviluppi delle azioni massime e minime agenti in testa ai pali di fondazione:

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI		ENV	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	4216	4216	3244	3124	2958	2486
Azione assiale minima	Nmin	1068	2200	1068	1629	1739	1843
Azione trasversale massima	Vmax	773	773	672	573	538	448

7.2 Caratteristiche della sollecitazione per verifiche pali di fondazione

Il momento flettente massimo agente sui pali è stato determinato nell'ipotesi di comportamento elastico lineare del palo e del terreno di fondazione.

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:

$$L_0 = [4 \times E_p \times I_p / E_s]^{0.25}$$

E_p il modulo di elasticità del palo;

I_p il momento d'inerzia del palo;

E_s Modulo di reazione orizzontale del terreno costante con la profondità, relativo agli strati superficiali;

H l'eventuale altezza non collaborante del palo di fondazione.

La costante di reazione orizzontale è stata assunta in accordo a Broms (1964), che ha correlato k_h al modulo secante E_{50} a metà tensione limite in una prova non drenata:

$$k_h = 1.67 E_{50} / d$$

Usando un valore di E_{50} compreso tra 50 e 200 volte la resistenza al taglio non drenata c_u (Skempton 1951), si ha:

$$k_h = (80 \div 320) c_u / d$$

Nel caso in esame, considerando una coesione non drenata pari a 190 kPa, che si colloca tra i valori minimi dei range caratteristici dei terreni più superficiali (litotipo Ma), si ha:

$$k_h = 200 \times 190 / 1.20 \approx 30000 \text{ kN/m}^3$$

Di seguito si riporta il calcolo della lunghezza libera d'inflessione dei pali di fondazione:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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
Diametro del palo	Dp	m	1.20
Kt Costante di reazione orizzontale (Vesic)	kt	kN/mc	30000
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	3.98

Le caratteristiche della sollecitazione prese in conto per le verifiche dei pali di fondazione sono le seguenti:

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SI	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP		
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	4216	3244	3124	2958	2486
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	2200	1068	1629	1739	1843
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	1538	1339	1141	1072	893
Momento AMPLIFICATO DEL 20%	Mmax_1a	kNm	1846	1606	1369	1286	1071
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	773	672	573	538	448
RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA	SLU	SLV					
Carico verticale massimo agente sulla palificata	45854	31163					
Carico verticale medio agente sui pali	3275	2226					

7.3 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione

I pali di fondazione delle spalle saranno armati come segue:

1° gabbia:

- Armature longitudinali: 24 ϕ 26;
- Armature trasversali: spirale ϕ 12/10.

Di seguito si riportano le verifiche a pressoflessione e taglio relative alle prima gabbia.

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 circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza 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
 \emptyset Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	\emptyset
1	0.0	0.0	50.0	24	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	4216.00	1846.00	0.00	773.00	0.00
2	2200.00	1846.00	0.00	773.00	0.00
3	3275.00	1846.00	0.00	773.00	0.00
4	3244.00	1606.00	0.00	672.00	0.00
5	1068.00	1606.00	0.00	672.00	0.00
6	2226.00	1606.00	0.00	672.00	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	3124.00	1369.00	0.00
2	1629.00	1369.00	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	2958.00	1286.00 (1196.33)	0.00 (0.00)
2	1739.00	1286.00 (967.68)	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	2486.00	1071.00 (1202.63)	0.00 (0.00)
2	1843.00	1071.00 (1045.36)	0.00 (0.00)

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.5 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 [cm ²] 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	4216.00	2844.68	0.00	4215.74	3427.47	0.00	1.857	----
2	S	2200.00	2281.19	0.00	2200.01	2957.74	0.00	1.602	----
3	S	3275.00	2592.34	0.00	3275.06	3229.11	0.00	1.749	----
4	S	3244.00	2583.71	0.00	3243.89	3222.25	0.00	2.006	----
5	S	1068.00	1926.96	0.00	1067.81	2625.42	0.00	1.635	----
6	S	2226.00	2289.03	0.00	2226.09	2964.92	0.00	1.846	----

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	-0.00052	0.0	60.0	0.00272	0.0	50.0	-0.00510	0.0	-50.0
2	0.00350	-0.00153	0.0	60.0	0.00252	0.0	50.0	-0.00725	0.0	-50.0
3	0.00350	-0.00093	0.0	60.0	0.00264	0.0	50.0	-0.00597	0.0	-50.0
4	0.00350	-0.00094	0.0	60.0	0.00264	0.0	50.0	-0.00600	0.0	-50.0
5	0.00350	-0.00231	0.0	60.0	0.00237	0.0	50.0	-0.00893	0.0	-50.0
6	0.00350	-0.00151	0.0	60.0	0.00253	0.0	50.0	-0.00722	0.0	-50.0

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	0.000000000	0.000078226	-0.001193580	----	----
2	0.000000000	0.000097744	-0.002364636	----	----
3	0.000000000	0.000086050	-0.001663018	----	----
4	0.000000000	0.000086332	-0.001679944	----	----

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

5	0.000000000	0.000112992	-0.003279532	---	---
6	0.000000000	0.000097419	-0.002345170	---	---

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 Vx e Vy 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	773.00	3510.85	1916.35	94.4	109.6	21.80°	1.206	9.3	23.0(0.0)
2	S	773.00	3158.95	1943.81	95.8	105.9	21.80°	1.107	9.2	23.0(0.0)
3	S	773.00	3357.75	1924.85	94.9	108.5	21.80°	1.160	9.3	23.0(0.0)
4	S	672.00	3353.37	1924.85	94.9	108.5	21.80°	1.158	8.0	23.0(0.0)
5	S	672.00	2946.69	1964.06	96.8	102.9	21.80°	1.052	7.9	23.0(0.0)
6	S	672.00	3162.57	1943.81	95.8	105.9	21.80°	1.109	8.0	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 [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*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	10.84	0.0	0.0	-109.5	0.0	-50.0	1806	37.2	13.1	1.00
2	S	11.31	0.0	0.0	-207.2	0.0	-50.0	1806	37.2	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	10.18	0.0	0.0	-101.6	0.0	-50.0	1806	37.2	13.1	1.00
2	S	10.56	0.0	0.0	-179.0	0.0	-50.0	1806	37.2	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 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 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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	$= 1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (Mfess/M)^2$ [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]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.9	0	0.125	26	67	0.135	0.00019 (0.00019)	223	0.073 (0.30)	1196.33	0.00
2	S	-4.8	0	0.125	26	67	0.434	0.00037 (0.00034)	223	0.140 (0.30)	967.68	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	8.47	0.0	0.0	-83.4	0.0	-50.0	1806	37.2	13.1	0.50
2	S	8.67	0.0	0.0	-121.4	0.0	-50.0	1806	37.2	13.1	0.50

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.2	0	0.125	26	67	0.370	0.00016 (0.00016)	223	0.060 (0.20)	1202.63	0.00
2	S	-3.7	0	0.125	26	67	0.524	0.00030 (0.00023)	223	0.115 (0.20)	1045.36	0.00

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 - 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.

7.4.2 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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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.

7.4.3 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 Q_{1k} da 300 kN supposto agente in testa al paraghiaia e da una forza di frenatura convenzionale pari a 180 kN (60% di Q_{1k}) sempre applicata in testa al paraghiaia (vedi figura seguente).

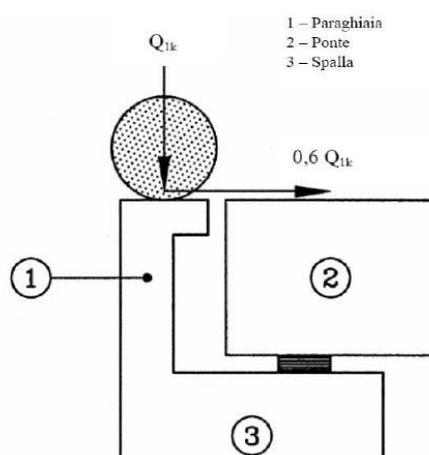


Figura 7.2. Carichi da traffico su muri paraghiaia

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 x 2.20.

Questo carico è stato supposto diffuso a 30° lungo il terrapieno fino alla base del paraghiaia.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

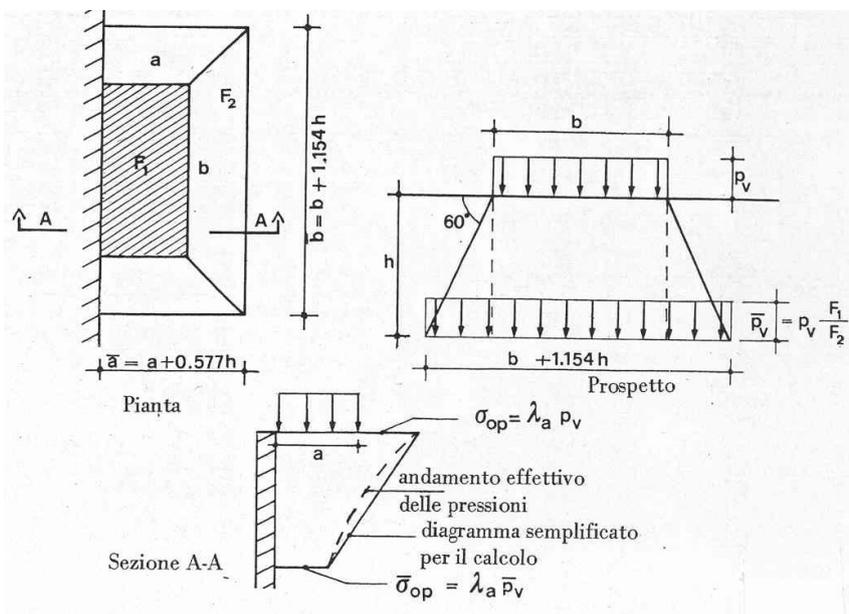


Figura 7.3. Schema di diffusione del sovraccarico accidentale.

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 $(b + 1.154h + 2.00)$.

7.4.4 Muri di risvolto

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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

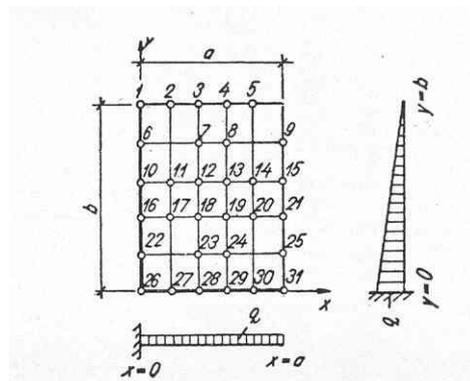


Figura 7.4. Schema di calcolo piastra e punti notevoli (Carico variabile linearmente con la profondità).

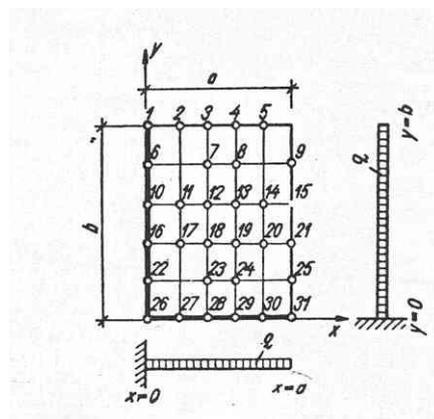


Figura 7.5. Schema di calcolo piastra e punti notevoli (Carico uniformemente ripartito).

7.4.5 Verifiche di resistenza a taglio

Le verifiche a taglio sono state condotte per tutte le membrature.

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.

Come possibile evincere dai tabulati in allegato, le verifiche in assenza di armature trasversali sono positive per il la [mensola posteriore della zattera](#), [muro frontale](#) ed il [paraghiaia](#), ma negative negli altri casi.

Pertanto, per i muri di risvolto andranno previste specifiche armature trasversali per soddisfare le verifiche a taglio.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

8 VERIFICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO 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	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	578.3	260.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.3	1244.8	0.0
SPB	578.3	260.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.3	1244.8	0.0

Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni										
Fattori moltiplicativi										
Combinazione n.										
PERMANENTI	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	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

Carichi trasmessi agli appoggi											MAX	MIN
Combinazione SLE-PERMANENTI												
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	578.3	260.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	838.3	838.3
SPB	578.3	260.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	838.3	838.3

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	578.3	260.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2	1244.8	0.0	2104.3	817.1
SPB	578.3	260.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2	1244.8	0.0	2104.3	817.1

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	780.7	351.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.8	1680.5	0.0	2844.0	1099.9
SPB	780.7	351.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.8	1680.5	0.0	2844.0	1099.9

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 (max)	Carichi mobili (max)	Sommano	Sommano
SPA	578.3	260.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	838.3	838.3
SPB	578.3	260.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	838.3	838.3

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 modello di calcolo utilizzato per il dimensionamento delle sottostrutture.

I carichi massimi SLU sugli appoggi reagenti alle azioni orizzontali, sono relativi alla combinazione sismica.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI TRASMESSI AGLI APPARECCHI DI APPOGGI					
Carichi trasmessi agli appoggi - Condizioni di carico elementari					
Condizione n.					
1 2 3					
VT	Sisma		Sisma		Forze
	Allineamenti		trasversale		Parassite
longitudinale		Forze		Parassite	
interno	SPA	162.9			
	SPB	162.9			
esterno	SPA				
	SPB				
Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni					
Fattori moltiplicativi					
Combinazione n.					
SLU-SIS Y					
	1.00	0.30	1.00		
Carichi trasmessi agli appoggi					
Combinazione SLU-SIS Y					
	Sisma		Sisma		Forze
	Allineamenti		trasversale		Parassite
longitudinale		Forze		Somma	
o		o		o	
interno	SPA	162.9	0.0	0.0	162.9
	SPB	162.9	0.0	0.0	162.9
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 un variazione termica aggiuntiva di $\pm 20^\circ$:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

Dati	Var	unità	SP
Distanza tra punto fisso e giunto di dilatazione	DL	m	23.50
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	25
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	[°]	41.4
Temperatura minima dell'aria all'ombra alla quota as	Tmin	[°]	-7.7
Temperatura massima del ponte	Te,max	[°]	45.4
Temperatura minima del ponte	Te,min	[°]	-3.7
Massima variazione termica in contrazione: $DTN,con = T0 - Te,min$	$\Delta TN,con$	[°]	18.7
Massima variazione termica in espansione: $DTN,exp = Te,max - T0$	$\Delta TN,exp$	[°]	30.4
Variazione termica complessiva: $DTn = Te,max - Te,min$	ΔTN	[°]	49.1
Massima variazione termica in contrazione per scorrimenti appoggi e giunti:	$\Delta TN,con_g$	[°]	38.7
Massima variazione termica in espansione per scorrimenti appoggi e giunti:	$\Delta TN,exp_g$	[°]	50.4
Massima contrazione longitudinale per ritiro	$\Delta lrit,con$	mm	-4
Massimo contrazione longitudinale per var. termica uniforme	$\Delta lmax,con$	mm	-9
escursione complessiva di contrazione	$\Delta lmax,con$	mm	-13
Massima espansione longitudinale per var. termica uniforme	$\Delta lmax,exp$	mm	12
escursione complessiva longitudinale	$\Delta ltot$	mm	24
escursione complessiva longitudinale di progetto	$\Delta ltot$	mm	50

In accordo alla normativa EN 1337 si adotta per gli apparecchi di appoggio una corsa minima di 100 mm in direzione longitudinale.

Gli spostamenti precedentemente calcolati sono, nel caso in esame, dimensionanti rispetto a quelli valutati in caso sismico.

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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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 _{ed SLU}	MASSIMO CARICO VERTICALE SLU
VI SLU	MASSIMO CARICO ORIZZONTALE LONGITUDINALE SLU
Vt 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

PO03 - PONTE RIO SANTU SESTUTU CARREGGIATA SINISTRA (DIR. CAGLIARI)

APPARECCHI DI APPOGGIO IN ACCIAIO-TEFLON A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO

Allineamento	Tip	TRAVI INTERNE						TRAVI ESTERNE						
		N _{s slU} [kN]	VI SLU [kN]	Vt SLU [kN]	S _{long} ± [mm]	S _{trasv} ± [mm]	rot [rad]	Tip	N _{s slU} [kN]	VI SLU [kN]	Vt SLU [kN]	S _{long} ± [mm]	S _{trasv} ± [mm]	rot [rad]
SPA	VF	3500	1000	1000			0.010	VUT	3500	1000			25	0.010
SPB	VUL	3500		350	50		0.010	VM	3500			50	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	50	50	0.80	10.70	0.80
SPB	50	50	0.80	10.70	0.80

PO03 - PONTE RIO SANTU SESTUTU CARREGGIATA DESTRA (DIR. TERRA MALA)

APPARECCHI DI APPOGGIO IN ACCIAIO-TEFLON A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO

Allineamento	Tip	TRAVI INTERNE						TRAVI ESTERNE						
		N _{s slU} [kN]	VI SLU [kN]	Vt SLU [kN]	S _{long} ± [mm]	S _{trasv} ± [mm]	rot [rad]	Tip	N _{s slU} [kN]	VI SLU [kN]	Vt SLU [kN]	S _{long} ± [mm]	S _{trasv} ± [mm]	rot [rad]
SPA	VF	3500	1000	1000			0.010	VUT	3500	1000			25	0.010
SPB	VUL	3500		350	50		0.010	VM	3500			50	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	50	50	0.80	10.25	0.80
SPB	50	50	0.80	10.25	0.80

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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) date le buone caratteristiche di rigidità dei terreni di fondazione, si omettono le valutazioni dei cedimenti dei pali soggetti a carichi verticali perchè non significative.

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_Q	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	γ_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

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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 palificatanei 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 (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	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	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

* 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;

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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:

$R_{b,cal} = qb A_p$ la resistenza alla punta e:

$R_{s,cal} = \sum_i^n q_{s_i} A_i$ la resistenza laterale

i è lo strato iesimo 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 q_{s_i} viene determinato come:

$$q_{s_i} = \alpha_i c_{ui}$$

Essendo:

α un coefficiente riduttivo della coesione non drenata c_u , variabile secondo quanto suggerito da AGI (1984) per pali trivellati:

Tipo di palo	Valori di c_u [kPa]	Valori di α
Trivellato	$c_u < 25$	0.9
	$25 \leq c_u < 50$	0.8
	$50 \leq c_u < 75$	0.6
	$c_u \geq 75$	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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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.

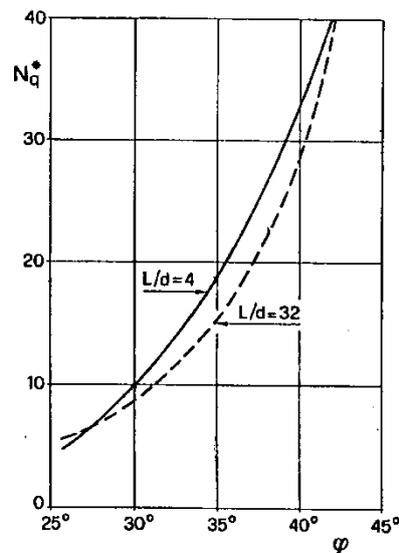


Figura 9.1 – Coefficienti Nq^* (Berezantzev, 1965), corrispondenti all'insorgere delle deformazioni plastiche alla base

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)]:

$$q_{b,max1} = (Nspt)_m \times \alpha_N \text{ (kPa)}$$

Essendo:

α_N un coefficiente empirico pari a:

$$\alpha_N = 150 \text{ per ghiaie} \quad \alpha_N = 120 \text{ per sabbie} \quad \alpha_N = 85 \text{ per sabbie limose}$$

$(Nspt)_m$ Il valore di $Nspt$ 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 determinata in accordo alla seguente espressione:

$$q_{s_i} = \sigma_v'_m K s_i \tan \delta_i \leq q_{s,max}$$

essendo:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

σ'_m	il valore della tensione verticale determinata alla quota media dello strato considerato;
Ks_i	è un coefficiente adimensionale che esprime il rapporto tra la tensione normale che agisce alla profondità di interesse sulla superficie laterale del palo e la tensione verticale alla stessa profondità. Per pali trivellati si assume $Ks = 1 - \sin \varphi'$;
δ	valore dell'angolo d'attrito tra superficie laterale del palo e terreno che per pali trivellati è assunto pari a φ' ;
qs,max	tensione tangenziale ultima consigliabile.

In accordo a Reese & Wright (1977) nel caso di pali trivellati a fango, il valore di qs,max è ricavabile dalle seguenti espressioni:

$$qs,max = 3 \times Nspt \text{ (kPa)} \quad \text{per } Nspt \leq 53$$

$$qs,max = 142 + 0,32 \times Nspt \text{ (kPa)} \quad \text{per } Nspt > 53$$

9.1.1.3 Unità a comportamento lapideo

Per pali trivellati di grande diametro in roccia, la resistenza unitaria alla base viene determinata attraverso la seguente espressione riportata sul Canadian Foundation Manual (1978):

$$qb = K_{sp} \times q_u$$

con:

$$K_{sp} = \frac{3 + c/B}{10 \cdot \sqrt{1 + 300 \cdot \frac{\delta}{c}}}$$

Dove:

K_{sp}	coefficiente empirico che dipende dalla spaziatura e include un fattore di sicurezza pari a 3, compreso tra 0.1 e 4;
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.

La resistenza unitaria laterale qs , relativa alla porzione di palo ammorsato in roccia, viene determinata assumendo il minimo tra i valori ottenuti con le seguenti espressioni:

$$qs = 6.656 \cdot \sqrt{q_u} \quad \text{(kPa)}$$

$$qs = 0.05 q_u$$

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

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 lapidei 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:

$N_{\max SLU}$ 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:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

Ftd è il carico assiale di trazione assunto in progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

Rtd la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$$Rcd = 0.7 Rsd + Wp$$

Essendo:

Rsd = Rsk / γ_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;

Rsk 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:

$$Ftrd \leq Rtr,d$$

Dove:

Ftrd è il carico orizzontale di progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

Rtr,d la Resistenza di progetto ai carichi orizzontali allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$$Rtr,d = Rtr,k / \gamma_T$$

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;

$Rtr,k = \text{Min} [(Rtr,cal)_{media} / \xi_3; (Rtr,cal)_{min} / \xi_4]$ 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:

Rtr,cal rappresenta la resistenza di calcolo del palo ai carichi orizzontali *Hlim* valutata in accordo alla teoria proposta da Broms (1984).

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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".

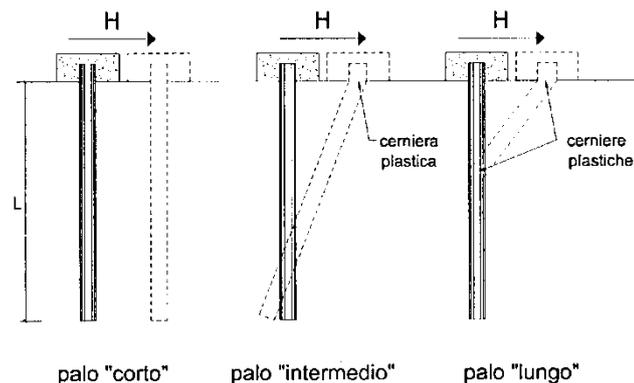


Figura 9.2 – meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984).

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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

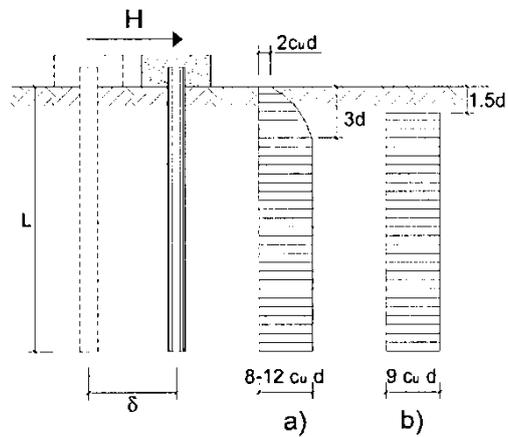


Figura 9.3 – distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984).

Nella figura seguente si riportano gli schemi di calcolo per i tre meccanismi di rottura precedentemente illustrati:

CA352

Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu

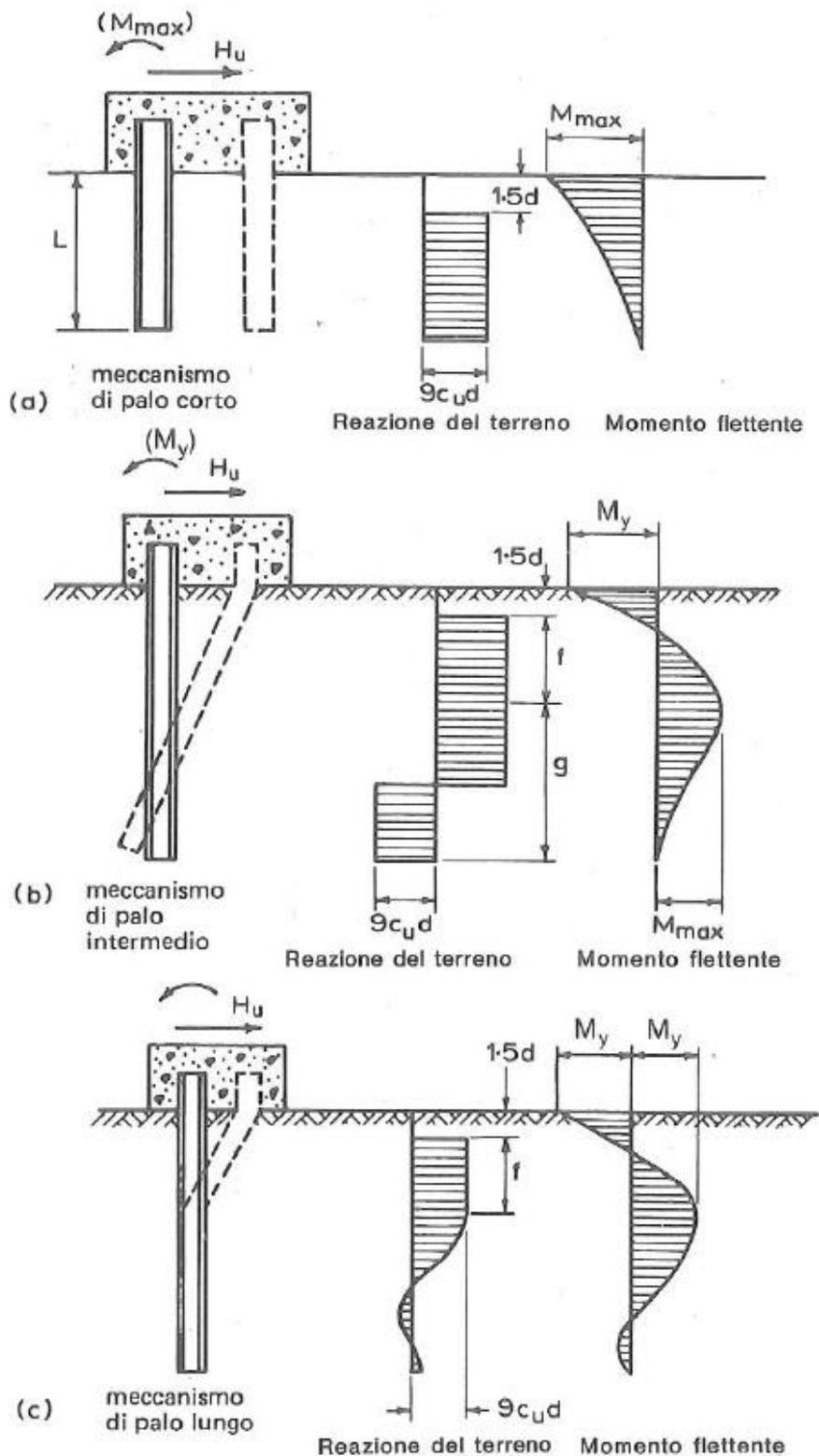


Figura 9.4 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni coesivi (Broms, 1984).

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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' .

CA352

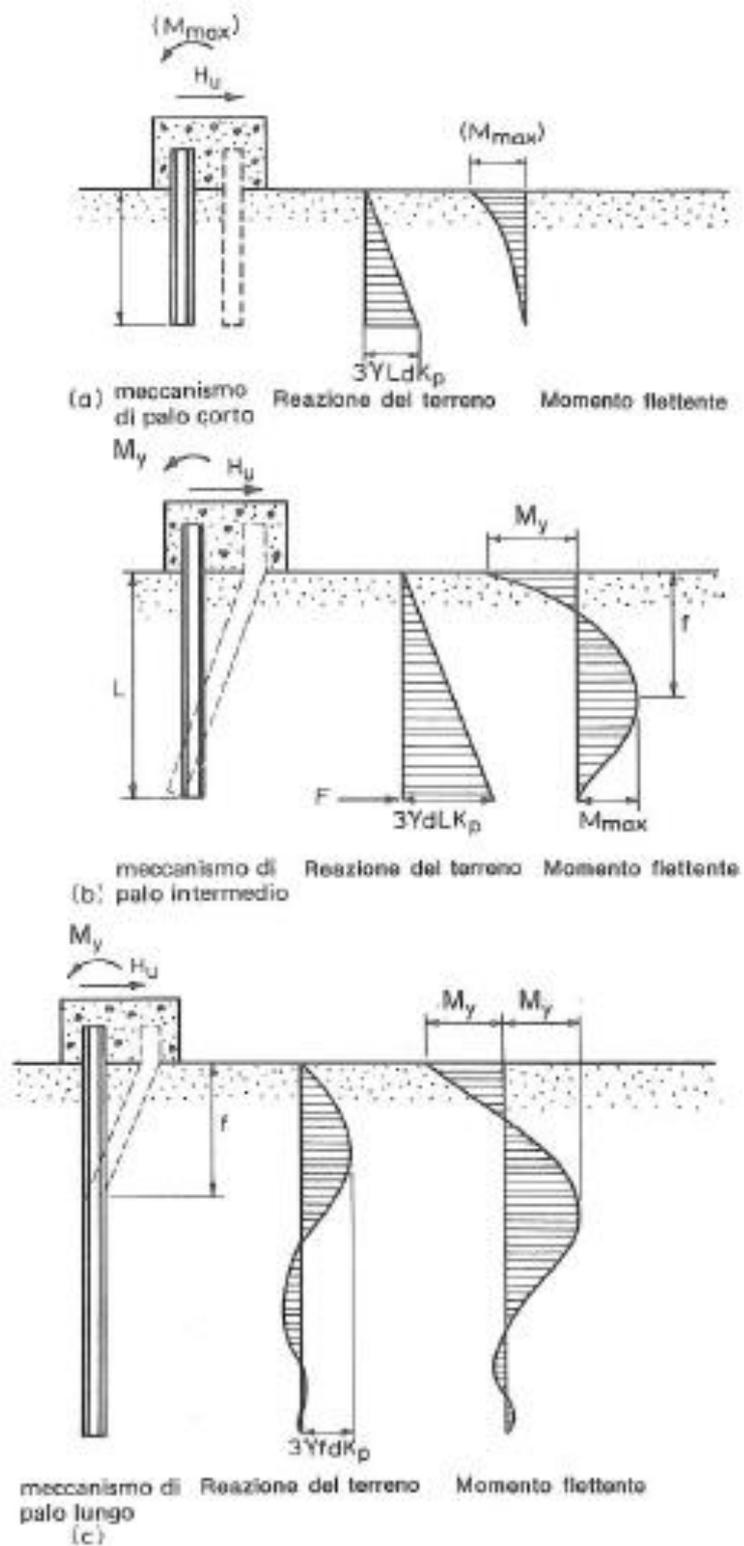
Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu

Figura 9.5 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni incoerenti (Broms, 1984).

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

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 $H \text{ lim}$ 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:

$$R_{tr,d_{gr}} = \eta n R_{tr,d1}$$

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.

Dalle "raccomandazioni sui pali di fondazione" AGI, 1984, si riporta quanto segue:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

“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.

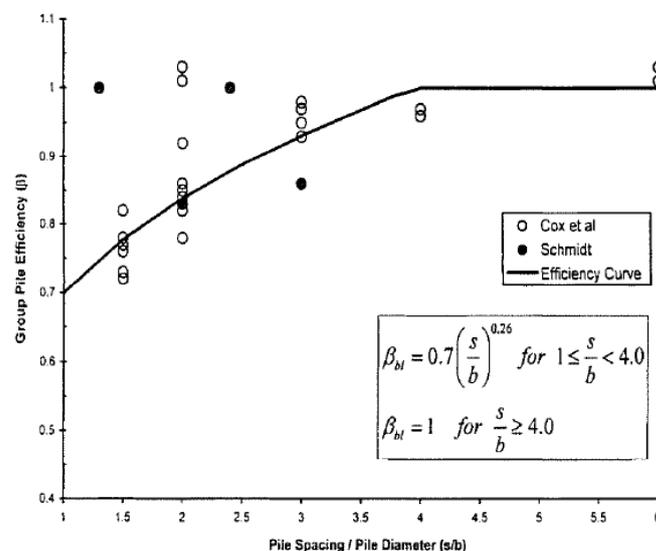


Figura 9.7 – Fattori di riduzione per pali disposti parallelamente alla direzione di carico – Pali frontali

I fattori di riduzione per pali retrostanti possono essere ricavati dalle indicazioni fornite in Figura 9.8.

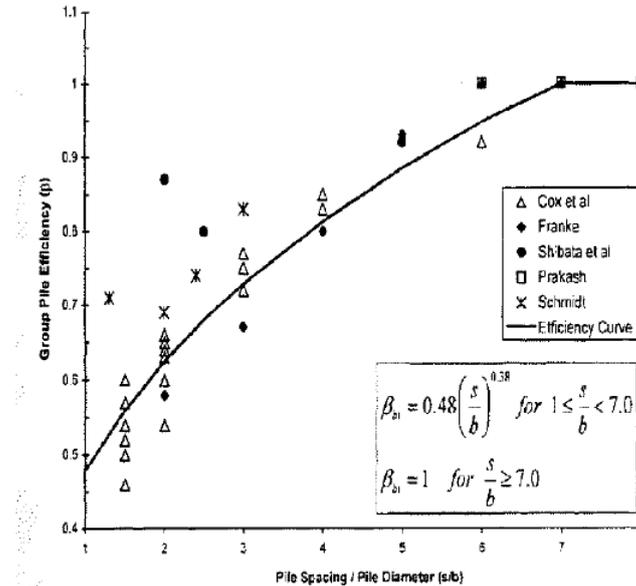


Figura 9.8 – Fattori di riduzione per pali disposti parallelamente alla direzione di carico – Pali retrostanti

L'interazione del secondo tipo si esplica invece con un incremento degli spostamenti del palo centrale per effetto della presenza dei pali laterali.

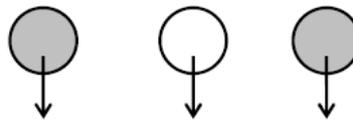


FIGURA 6-12: SCHEMA B – PALI AFFIANCATI

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.

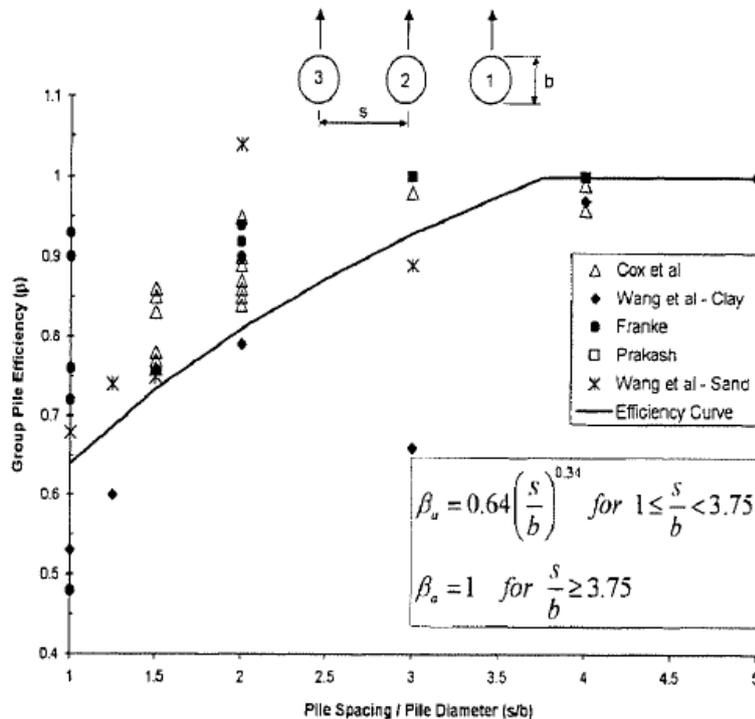


Figura 9.10 – Fattori di riduzione per pali disposti su file perpendicolari alla direzione del carico

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%.

9.2 Applicazione al caso in esame

Si omettono le verifiche di stabilità globale delle fondazioni su pali del ponte, 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 la spalle sono previsti 14 pali disposti secondo una maglia rettangolare (2 x 7), 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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu	

VIADOTTO: **PO03** Numero delle verticali indagate spinte a profondità utile al dimensionamento dei pali **6**

Allineamento: **Spalle**

Profondità falda da piano di campagna zw m **3.0**

STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Strato n.	Da [m]	A [m]	Unità	Descrizione	PARAMETRI DI RESISTENZA							
					VALORI MEDI				VALORI MINIMI			
					γ_{med} [kPa]	$c_{U,med}$ [kPa]	c'_{med} [kPa]	ϕ'_{med} [°]	γ_{min} [kPa]	$c_{U,min}$ [kPa]	c'_{min} [kPa]	ϕ'_{min} [°]
1	0.00	15.00	Ma	Marna Alterata	18.0	223.0	29.0	28.1	15.9	191.0	13.6	24.7
2	15.00	20.00	M	Marna	17.6	360.0	20.3	32.8	15.9	294.0	14.7	29.2

Tabella 9.2 – Stratigrafie e parametri geotecnici per il progetto delle fondazioni

Nel dimensionamento dei pali non si è tenuto conto dello strato superficiale delle Alluvioni poiché presente da quota testa palo in maniera molto limitata (poco più di un metro).

9.2.3 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione e di trazione (sfilamento)

In allegato si riportano le curve Resistenza di progetto Rcd – Lunghezza del palo (Lp), che consentono il dimensionamento della lunghezza del palo in funzione dei carichi di progetto Fcd.

I valori di Fcd, Ftd e Fcd_{gr} considerati nelle verifiche, sono quelli illustrati nei capitoli relativi alle sottostrutture.

Le 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			PALI SOGGETTI A COMPRESSIONE							PALI SOGGETTI A TRAZIONE						
Stratigrafia	Allineamenti	Lp [m]	PARAMETRI MEDI			PARAMETRI MINIMI			ENV	Edc [kN]	c.u. %	MEDI MINIMI ENV			Edt [kN]	c.u. %
			Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Rcd [kN]			Rtd [kN]	Rtd [kN]	Rtd [kN]		
STR1	SPA	16.0	3213	2000	5085	3221	1843	4900	4900	4216	86%	2378	2420	2378	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	Edc [kN]	c.u. %
Stratigrafia	Allineamenti	D [m]	i [m]	npali	η (%)	Rcd,gr med [kN]	Rcd,gr min [kN]	Rcd,gr [kN]		
STR1	SPA	1.20	3.70	14	73%	51897	49529	49529	45854	93%

Tabella 9.4 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali di compressione

9.2.4 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale

In allegato si riportano le curve Resistenza di progetto Rtr,d – Momento di plasticizzazione testa palo (MRd), che consentono il dimensionamento della lunghezza del palo in funzione dei carichi di progetto Ftr,d.

I valori di Ftr,d considerati nelle verifiche sono quelli illustrati nei capitoli relativi alle sottostrutture.

Per la verifica del palo singolo, come illustrato in precedenza, si considera un valore della forza trasversale di progetto SLU amplificata del 20% rispetto a quella fornita dalla risoluzione della palificata.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

Il momento ultimo, considerato per la valutazione della resistenza media della palificata è quello corrispondente allo sforzo normale medio.

La tabella seguente illustra i risultati delle verifiche effettuate in termini di coefficienti di utilizzo, dati dal rapporto tra le azioni 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		PALO SINGOLO				PALIFICATA						
Stratigrafia	Allineamenti	My (kNm)	Rtr,d (kN)	Ftr,d (kN)	c.u.1	My (kNm)	Rtr,d1 (kN)	npali	η (%)	Rtr,dgr (kN)	Ftr,dgr (kN)	c.u.gr
STR1	SPA	2957	1282	773	60%	3229	1389	14	80%	15560	10822	70%

Tabella 9.5 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite del palo singolo e della palificata nei riguardi dei carichi trasversali

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

Inoltre 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.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

**11 ALLEGATO 1 – IMPALCATO - ANALISI STATICA GLOBALE –
 CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI ANALISI**

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m
 Analisi della struttura - Caratteristiche geometrico-inerziali sezioni

Rck = 45 Mpa
 n0 = 6.16
 ninf = 15.10
 nr.it. = 15.79

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	2.000	11.710	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.367	<4	0.018	1.235	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.600	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.540	0.240	0.070	0.540
2	2.000	11.710	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.367	<4	0.018	1.235	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.600	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.540	0.240	0.070	0.540
3	2.000	11.710	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	9.800	<4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.540	0.240	0.070	0.540
4	2.000	11.710	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	9.800	<4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.540	0.240	0.070	0.540
5	2.000	11.710	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	9.800	<4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.540	0.240	0.070	0.540
6	2.000	11.710	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	9.800	<4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.540	0.240	0.070	0.540
7	2.000	11.710	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	9.800	<4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.540	0.240	0.070	0.540
8	2.000	11.710	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	9.800	<4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.540	0.240	0.070	0.540
9	2.000	11.710	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.367	<4	0.018	1.235	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.600	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.540	0.240	0.070	0.540
10	2.000	11.710	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.367	<4	0.018	1.235	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.600	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.540	0.240	0.070	0.540

Analisi della struttura - Caratteristiche geometrico inerziali

Sez	Armatra 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)	yG (m)	Ixi (m4)	Iyi (m4)	Ji (m4)	Ar (mq)	yG (m)	Ixr (m4)	Iyr (m4)	Ji (m4)	A0 (mq)	yG (m)	Ix0 (m4)	Iy0 (m4)	Ji (m4)
1	0.540	1.3674	0.186	0.007280556	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0747	0.563	0.023329	0.002984	0.000022	0.182225	1.105	0.061241	1.855411	0.000025	0.17831	1.097	0.060641	1.80944	0.000025	0.313586	1.265	0.072992	3.397961	0.000073
2	0.540	1.3674	0.186	0.007280556	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0747	0.563	0.023329	0.002984	0.000022	0.182225	1.105	0.061241	1.855411	0.000025	0.17831	1.097	0.060641	1.80944	0.000025	0.313586	1.265	0.072992	3.397961	0.000073
3	0.540	1.3674	0.186	0.007280556	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.180715	1.121	0.059648	1.839605	0.000027	0.1768	1.113	0.059094	1.793633	0.000027	0.312076	1.274	0.070484	3.382154	0.000075
4	0.540	1.3674	0.186	0.007280556	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.180715	1.121	0.059648	1.839605	0.000027	0.1768	1.113	0.059094	1.793633	0.000027	0.312076	1.274	0.070484	3.382154	0.000075
5	0.540	1.3674	0.186	0.007280556	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.180715	1.121	0.059648	1.839605	0.000027	0.1768	1.113	0.059094	1.793633	0.000027	0.312076	1.274	0.070484	3.382154	0.000075
6	0.540	1.3674	0.186	0.007280556	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.180715	1.121	0.059648	1.839605	0.000027	0.1768	1.113	0.059094	1.793633	0.000027	0.312076	1.274	0.070484	3.382154	0.000075
7	0.540	1.3674	0.186	0.007280556	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.180715	1.121	0.059648	1.839605	0.000027	0.1768	1.113	0.059094	1.793633	0.000027	0.312076	1.274	0.070484	3.382154	0.000075
8	0.540	1.3674	0.186	0.007280556	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.180715	1.121	0.059648	1.839605	0.000027	0.1768	1.113	0.059094	1.793633	0.000027	0.312076	1.274	0.070484	3.382154	0.000075
9	0.540	1.3674	0.186	0.007280556	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0747	0.563	0.023329	0.002984	0.000022	0.182225	1.105	0.061241	1.855411	0.000025	0.17831	1.097	0.060641	1.80944	0.000025	0.313586	1.265	0.072992	3.397961	0.000073
10	0.540	1.3674	0.186	0.007280556	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0747	0.563	0.023329	0.002984	0.000022	0.182225	1.105	0.061241	1.855411	0.000025	0.17831	1.097	0.060641	1.80944	0.000025	0.313586	1.265	0.072992	3.397961	0.000073

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

**12 ALLEGATO 2 – IMPALCATO ANALISI STATICA GLOBALE –
 CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI VERIFICA**

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m
Verifica della struttura - Caratteristiche geometrico-inerziali sezioni interamente reagenti

Rcd = 45 Mpa
n0 = 6.16
ninfr = 15.10
nrit = 15.79

eps= 0.814 (ε/Um)max= 11.39

eps= 0.814 (ε/Um)max= 11.39

Verifica della struttura - Caratteristiche geometrico inerziali

Sez	FRAME		LOC (m)		X campata (m)	n_campata	n_travi impalcato	Larghezza soletta impalcato	Dis.traverse impalcato	soletta	Plattabanda superiore				Anima		Plattabanda inferiore				Soletta in c.a. - larghezza collaborante												Armatura soletta in c.a.										Trave isolat.													
	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 dx (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)	HS1 (m)	As2 (mq)	HS2 (m)	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	11.71	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.018	1.235	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.600	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	4.252	0.240	0.070	0.540	0.540	1.0582	0.184	0.005789	0.006597	0.250	0.00754	0.080	0.015080	0.165	0.000108951	1.300	0.0747	0.563	0.023329	0.002984	0.000022	0.022230
2	1.000	2.500	2.500	1	2.500	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.018	1.235	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.600	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	4.837	0.240	0.070	0.540	0.540	1.1987	0.185	0.006467	0.00754	0.250	0.00754	0.080	0.015080	0.165	0.000108951	1.300	0.0747	0.563	0.023329	0.002984	0.000022	0.022230
3	2.000	0.000	2.500	1	2.500	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.018	1.235	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.600	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	4.837	0.240	0.070	0.540	0.540	1.1987	0.185	0.006467	0.00754	0.250	0.00754	0.080	0.015080	0.165	0.000108951	1.300	0.0747	0.563	0.023329	0.002984	0.000022	0.022230
4	2.000	2.500	5.000	1	5.000	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.018	1.235	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.600	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.423	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3393	0.186	0.007145	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0747	0.563	0.023329	0.002984	0.000022	0.022230
5	3.000	0.000	5.000	1	5.000	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.423	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3393	0.186	0.007145	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
6	3.000	0.500	5.500	1	5.500	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.440	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3674	0.186	0.007281	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
7	4.000	0.000	5.500	1	5.500	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.440	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3674	0.186	0.007281	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
8	4.000	2.750	8.250	1	8.250	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.440	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3674	0.186	0.007281	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
9	5.000	0.000	8.250	1	8.250	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.440	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3674	0.186	0.007281	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
10	5.000	2.750	11.000	1	11.000	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.440	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3674	0.186	0.007281	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
11	6.000	0.000	11.000	1	11.000	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.440	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3674	0.186	0.007281	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
12	6.000	2.750	13.750	1	13.750	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.440	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3674	0.186	0.007281	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
13	7.000	0.000	13.750	1	13.750	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.440	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3674	0.186	0.007281	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
14	7.000	2.750	16.500	1	16.500	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.440	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3674	0.186	0.007281	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
15	8.000	0.000	16.500	1	16.500	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.440	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3674	0.186	0.007281	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
16	8.000	0.500	17.000	1	17.000	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.014	1.230	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.657	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.423	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3393	0.186	0.007145	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0732	0.590	0.024312	0.003127	0.000024	0.017220
17	9.000	0.000	17.000	1	17.000	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.018	1.235	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.600	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000	2.430	3.070	5.423	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3393	0.186	0.007145	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	1.300	0.0747	0.563	0.023329	0.002984	0.000022	0.022230
18	9.000	2.500	19.500	1	19.500	2	11.71	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.018	1.235	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.600	4	5.220	0.360	6.500	ca	22.000																								

Sez	Trave composta - n-ninf.										Trave composta - n-nrit.										Trave composta - n-nd																														
	Sx/lx B (m-1)	Sx/lx C (m-1)	WA (m3)	WB (m3)	WC (m3)	WD (m3)	AI (mq)	yG (m)	yG-yGc (m)	lx (m4)	ly (m4)	lz (m4)	Sx/lx (m-1)	WAi (m3)	WBi (m3)	Wci (m3)	WDi (m3)	WAs2i (mc)	WAs1i (mc)	WEi (m3)	WFi (mc)	Ar (mq)	yG (m)	yG-yGc (m)	lxr (m4)	lyr (m4)	lzi (m4)	Sx/lx (m-1)	WAr (m3)	WBr (m3)	WCr (m3)	WDr (m3)	WAs2r (mc)	WAs1r (mc)	WEr (m3)	WFr (mc)	AD (mq)	yG (m)	yG-yGc (m)	lx0 (m4)	ly0 (m4)	lzi (m4)	Sx/lx (m-1)	WAD (m3)	WBD (m3)	WCD (m3)	WDD (m3)	WAs20 (mc)	WAs10 (mc)	WE0 (m3)	WF0 (mc)
1	0.735998	0.650309	0.041468	0.044219	0.032977	0.031635	0.157984	1.047	0.418	0.057057	1.855411	0.000025	0.634163	0.054508	0.056394	0.255592	0.225313	0.171222	0.113381	2.666191	1.530100	0.154955	1.038	0.427	0.056449	1.80944	0.000025	0.629668	0.054371	0.056268	0.243531	0.215624	0.165155	0.110296	2.688877	1.558526	0.259641	1.218	0.247	0.069463	3.397961	0.000073	0.705264	0.057024	0.058711	1.339348	0.848526	0.429147	0.209313	2.818760	1.092388
2	0.735998	0.650309	0.041468	0.044219	0.032977	0.031635	0.169174	1.076	0.389	0.05913	1.855411	0.000025	0.648627	0.054964	0.056812	0.304489	0.263745	0.194383	0.124696	3.035809	1.671900	0.165742	1.067	0.398	0.058525	1.80944	0.000025	0.644514	0.054833	0.056692	0.288768	0.251535	0.187177	0.121252	3.052593	1.702563	0.284333	1.242	0.223	0.071231	3.397961	0.000073	0.712360	0.057371	0.059035	2.506302	1.219273	0.514596	0.230953	3.418128	1.191459
3	0.735998	0.650309	0.041468	0.044219	0.032977	0.031635	0.169174	1.076	0.389	0.05913	1.855411	0.000025	0.648627	0.054964	0.056812	0.304489	0.263745	0.194383	0.124696	3.035809	1.671900	0.165742	1.067	0.398	0.058525	1.80944	0.000025	0.644514	0.054833	0.056692	0.288768	0.251535	0.187177	0.121252	3.052593	1.702563	0.284333	1.242	0.223	0.071231	3.397961	0.000073	0.712360	0.057371	0.059035	2.506302	1.219273	0.514596	0.230953	3.418128	1.191459
4	0.735998	0.650309	0.041468	0.044219	0.032977	0.031635	0.180364	1.101	0.364	0.060954	1.855411	0.000025	0.660407	0.055350	0.057167	0.361187	0.306671	0.218661	0.135827	3.425600	1.809623	0.17653	1.093	0.372	0.060355	1.80944	0.000025	0.656627	0.055225	0.057052	0.340776	0.291414	0.210215	3.132035	3.438411	1.842580	0.309024	1.261	0.204	0.072735	3.397961	0.000073	0.717860	0.057668	0.059314	8.337443	1.878306	0.612643	0.251920	4.122653	1.285347
5	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.178854	1.117	0.348	0.059383	1.839605	0.000027	0.650162	0.053171	0.054891	0.400754	0.324181	0.225637	0.137086	3.542702	1.818680	0.17502	1.109	0.356	0.058829	1.793633	0.000027	0.646221	0.053059	0.054789	0.376490	0.307592	0.216876	3.133322	3.554868	1.852810	0.307514	1.271	0.194	0.070247	3.382154	0.000075	0.710440	0.055264	0.056828	#####	2.432801	0.645208	0.251894	4.378222	1.277452
6	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.180715	1.121	0.344	0.059648	1.839605	0.000027	0.651986	0.053226	0.054941	0.413263	0.332608	0.230004	0.138931	3.613385	1.841156	0.1768	1.113	0.352	0.059094	1.793633	0.000027	0.648084	0.053114	0.054839	0.387711	0.315306	0.220980	0.135097	3.624128	1.875515	0.312076	1.274	0.191	0.070484	3.382154	0.000075	0.711372	0.055311	0.056873	-7.559349	2.745154	0.666985	0.255678	4.539894	1.293981
7	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.180715	1.121	0.344	0.059648	1.839605	0.000027	0.651986	0.053226	0.054941	0.413263	0.332608	0.230004	0.138931	3.613385	1.841156	0.1768	1.113	0.352	0.059094	1.793633	0.000027	0.648084	0.053114	0.054839	0.387711	0.315306	0.220980	0.135097	3.624128	1.875515	0.312076	1.274	0.191	0.070484	3.382154	0.000075	0.711372	0.055311	0.056873	-7.559349	2.745154	0.666985	0.255678	4.539894	1.293981
8	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.180715	1.121	0.344	0.059648	1.839605	0.000027	0.651986	0.053226	0.054941	0.413263	0.332608	0.230004	0.138931	3.613385	1.841156	0.1768	1.113	0.352	0.059094	1.793633	0.000027	0.648084	0.053114	0.054839	0.387711	0.315306	0.220980	0.135097	3.624128	1.875515	0.312076	1.274	0.191	0.070484	3.382154	0.000075	0.711372	0.055311	0.056873	-7.559349	2.745154	0.666985	0.255678	4.539894	1.293981
9	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.180715	1.121	0.344	0.059648	1.839605	0.000027	0.651986	0.053226	0.054941	0.413263	0.332608	0.230004	0.138931	3.613385	1.841156	0.1768	1.113	0.352	0.059094	1.793633	0.000027	0.648084	0.053114	0.054839	0.387711	0.315306	0.220980	0.135097	3.624128	1.875515	0.312076	1.274	0.191	0.070484	3.382154	0.000075	0.711372	0.055311	0.056873	-7.559349	2.745154	0.666985	0.255678	4.539894	1.293981
10	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.180715	1.121	0.344	0.059648	1.839605	0.000027	0.651986	0.053226	0.054941	0.413263	0.332608	0.230004	0.138931	3.613385	1.841156	0.1768	1.113	0.352	0.059094	1.793633	0.000027	0.648084	0.053114	0.054839	0.387711	0.315306	0.220980	0.135097	3.624128	1.875515	0.312076	1.274	0.191	0.070484	3.382154	0.000075	0.711372	0.055311	0.056873	-7.559349	2.745154	0.666985	0.255678	4.539894	1.293981
11	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.180715	1.121	0.344	0.059648	1.839605	0.000027	0.651986	0.053226	0.054941	0.413263	0.332608	0.230004	0.138931	3.613385	1.841156	0.1768	1.113	0.352	0.059094	1.793633	0.000027	0.648084	0.053114	0.054839	0.387711	0.315306	0.220980	0.135097	3.624128	1.875515	0.312076	1.274	0.191	0.070484	3.382154	0.000075	0.711372	0.055311	0.056873	-7.559349	2.745154	0.666985	0.255678	4.539894	1.293981
12	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.180715	1.121	0.344	0.059648	1.839605	0.000027	0.651986	0.053226	0.054941	0.413263	0.332608	0.230004	0.138931	3.613385	1.841156	0.1768	1.113	0.352	0.059094	1.793633	0.000027	0.648084	0.053114	0.054839	0.387711	0.315306	0.220980	0.135097	3.624128	1.875515	0.312076	1.274	0.191	0.070484	3.382154	0.000075	0.711372	0.055311	0.056873	-7.559349	2.745154	0.666985	0.255678	4.539894	1.293981
13	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.180715	1.121	0.344	0.059648	1.839605	0.000027	0.651986	0.053226	0.054941	0.413263	0.332608	0.230004	0.138931	3.613385	1.841156	0.1768	1.113	0.352	0.059094	1.793633	0.000027	0.648084	0.053114	0.054839	0.387711	0.315306	0.220980	0.135097	3.624128	1.875515	0.312076	1.274	0.191	0.070484	3.382154	0.000075	0.711372	0.055311	0.056873	-7.559349	2.745154	0.666985	0.255678	4.539894	1.293981
14	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.180715	1.121	0.344	0.059648	1.839605	0.000027	0.651986	0.053226	0.054941	0.413263	0.332608	0.230004	0.138931	3.613385	1.841156	0.1768	1.113	0.352	0.059094	1.793633	0.000027	0.648084	0.053114	0.054839	0.387711	0.315306	0.220980	0.135097	3.624128	1.875515	0.312076	1.274	0.191	0.070484	3.382154	0.000075	0.711372	0.055311	0.056873	-7.559349	2.745154	0.666985	0.255678	4.539894	1.293981
15	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.180715	1.121	0.344	0.059648	1.839605	0.000027	0.651986	0.053226	0.054941	0.413263	0.332608	0.230004	0.138931	3.613385	1.841156	0.1768	1.113	0.352	0.059094	1.793633	0.000027	0.648084	0.053114	0.054839	0.387711	0.315306	0.220980	0.135097	3.624128	1.875515	0.312076	1.274	0.191	0.070484	3.382154	0.000075	0.711372	0.055311	0.056873	-7.559349	2.745154	0.666985	0.255678	4.539894	1.293981
16	0.741152	0.698323	0.041240	0.043843	0.035993	0.034220	0.178854	1.117	0.348	0.059383	1.839605	0.000027	0.650162	0.053171	0.054891	0.400754	0.324181	0.225637	0.137086	3.542702	1.818680	0.17502	1.109	0.356	0.058829	1.793633	0.000027	0.646221	0.053059	0.054789	0.376490	0.307592	0.216876	3.133322	3.554868	1.852810	0.307514	1.271	0.194	0.070247	3.382154	0.000075	0.710440	0.055264	0.056828	#####	2.432801	0.645208	0.251894	4.378222	1.277452
17	0.735998	0.650309	0.041468	0.044219	0.032977	0.031635	0.180364	1.101	0.364	0.060954	1.855411	0.000025	0.660407	0.055350	0.057167	0.361187	0.306671	0.218661	0.135827	3.425600	1.809623	0.17653	1.0																												

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

13 ALLEGATO 3 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - SOLLECITAZIONI PER VERIFICHE SLU

LAVORO: S554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE - VERIFICHE SLU

Coefficienti parziali verifiche SLU (STR)

FRAME	LOC (m)	Progr. (m)	1.35		1.35		1.20				1.35						0.90		1.20						0.90										
			peso proprio		perm. Portati		Cedimenti vincolari		Ced Min		Mmax		Mmin		Vmax		Vmin		Azione del vento		Ritiro: Effetti isostatici		Ritiro: effetti iperstatici		Var.Term.+: Effetti isostatici		V.T.+: effetti iperstatici		Var.Term.-: Effetti isostatici		V.T.-: effetti iperstatici				
			M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	N (kN)	N (kN)	M (kNm)	M (kN)	V (kN)	N (kN)	N (kN)	M (kNm)	M (kN)	V (kN)	N (kN)	N (kN)	M (kNm)	M (kN)	V (kN)
1	0.00	0.00	0.0	-780.7	0.0	-351.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1680.3	0.0	-12.2	4537.1	-4537.1	2022.8	0.0	0.0	-3245.4	3245.4	-863.5	0.0	0.0	3245.4	-3245.4	863.5	0.0	0.0
1	2.50	2.50	1729.5	-602.9	777.9	-271.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3714.3	-1428.5	0.0	0.0	2161.7	110.9	3587.7	-1435.0	27.0	-9.4	5139.7	-5139.7	2145.0	0.0	0.0	-3676.5	3676.5	-894.4	0.0	0.0	3676.5	-3676.5	894.4	0.0	0.0
2	0.00	2.50	1729.5	-602.9	777.9	-271.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3714.3	-1428.5	0.0	0.0	2161.7	110.9	3587.7	-1435.0	27.0	-9.4	5139.7	-5139.7	2145.0	0.0	0.0	-3676.5	3676.5	-894.4	0.0	0.0	3676.5	-3676.5	894.4	0.0	0.0
2	2.50	5.00	3014.7	-425.2	1356.3	-191.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6455.0	-1176.5	0.0	0.0	4553.6	267.9	6013.0	-1202.5	47.0	-6.6	5742.3	-5742.3	2252.5	0.0	0.0	-4107.5	4107.5	-920.4	0.0	0.0	4107.5	-4107.5	920.4	0.0	0.0
3	0.00	5.00	3014.7	-425.2	1356.3	-191.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6455.0	-1176.5	0.0	0.0	4553.6	267.9	6013.0	-1202.5	47.0	-6.6	5742.3	-5742.3	2161.4	0.0	0.0	-4107.5	4107.5	-879.9	0.0	0.0	4107.5	-4107.5	879.9	0.0	0.0
3	0.50	5.50	3218.4	-389.7	1448.1	-175.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6886.3	-521.4	0.0	0.0	4963.6	300.8	6367.2	-1157.6	50.2	-6.1	5862.9	-5862.9	2184.8	0.0	0.0	-4193.7	4193.7	-885.4	0.0	0.0	4193.7	-4193.7	885.4	0.0	0.0
4	0.00	5.50	3218.4	-389.7	1448.1	-175.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6886.3	-521.4	0.0	0.0	4963.6	300.8	6367.2	-1157.6	50.2	-6.1	5862.9	-5862.9	2184.8	0.0	0.0	-4193.7	4193.7	-885.4	0.0	0.0	4193.7	-4193.7	885.4	0.0	0.0
4	2.75	8.25	4022.2	-194.9	1810.1	-87.8	0.0	0.0	0.0	0.0	8562.4	-849.4	0.0	0.0	6757.8	491.4	7589.1	-920.2	62.8	-3.0	5862.9	-5862.9	2184.8	0.0	0.0	-4193.7	4193.7	-885.4	0.0	0.0	4193.7	-4193.7	885.4	0.0	0.0
5	0.00	8.25	4022.2	-194.9	1810.1	-87.8	0.0	0.0	0.0	0.0	8563.0	-244.3	0.0	0.0	6757.0	491.4	7588.7	-919.8	62.8	-3.0	5862.9	-5862.9	2184.8	0.0	0.0	-4193.7	4193.7	-885.4	0.0	0.0	4193.7	-4193.7	885.4	0.0	0.0
5	2.75	11.00	4290.1	0.0	1930.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9061.8	-572.3	0.0	0.0	7676.5	697.7	7677.3	-698.1	67.0	0.0	5862.9	-5862.9	2184.8	0.0	0.0	-4193.7	4193.7	-885.4	0.0	0.0	4193.7	-4193.7	885.4	0.0	0.0
6	0.00	11.00	4290.1	0.0	1930.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9061.7	32.9	0.0	0.0	7675.4	697.7	7675.4	-697.7	67.0	0.0	5862.9	-5862.9	2184.8	0.0	0.0	-4193.7	4193.7	-885.4	0.0	0.0	4193.7	-4193.7	885.4	0.0	0.0
6	2.75	13.75	4022.2	194.9	1810.1	87.8	0.0	0.0	0.0	0.0	8564.4	243.9	0.0	0.0	7590.3	919.8	6760.4	-491.8	62.8	3.0	5862.9	-5862.9	2184.8	0.0	0.0	-4193.7	4193.7	-885.4	0.0	0.0	4193.7	-4193.7	885.4	0.0	0.0
7	0.00	13.75	4022.2	194.9	1810.1	87.8	0.0	0.0	0.0	0.0	8563.0	244.3	0.0	0.0	7588.7	919.8	6757.0	-491.4	62.8	3.0	5862.9	-5862.9	2184.8	0.0	0.0	-4193.7	4193.7	-885.4	0.0	0.0	4193.7	-4193.7	885.4	0.0	0.0
7	2.75	16.50	3218.4	389.7	1448.1	175.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6889.1	521.0	0.0	0.0	6369.4	1157.5	4968.1	-301.1	50.2	6.1	5862.9	-5862.9	2184.8	0.0	0.0	-4193.7	4193.7	-885.4	0.0	0.0	4193.7	-4193.7	885.4	0.0	0.0
8	0.00	16.50	3218.4	389.7	1448.1	175.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6886.3	1126.2	0.0	0.0	6367.2	1157.6	4963.6	-300.8	50.2	6.1	5862.9	-5862.9	2184.8	0.0	0.0	-4193.7	4193.7	-885.4	0.0	0.0	4193.7	-4193.7	885.4	0.0	0.0
8	0.50	17.00	3014.7	425.2	1356.3	191.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6455.0	1176.5	0.0	0.0	6013.0	1202.5	4553.6	-267.9	47.0	6.6	5742.3	-5742.3	2161.4	0.0	0.0	-4107.5	4107.5	-879.9	0.0	0.0	4107.5	-4107.5	879.9	0.0	0.0
9	0.00	17.00	3014.7	425.2	1356.3	191.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6455.0	1176.5	0.0	0.0	6013.0	1202.5	4553.6	-267.9	47.0	6.6	5742.3	-5742.3	2252.5	0.0	0.0	-4107.5	4107.5	-920.4	0.0	0.0	4107.5	-4107.5	920.4	0.0	0.0
9	2.50	19.50	1729.5	602.9	777.9	271.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3714.3	1428.5	0.0	0.0	3587.7	1435.0	2161.7	-110.9	27.0	9.4	5139.7	-5139.7	2145.0	0.0	0.0	-3676.5	3676.5	-894.4	0.0	0.0	3676.5	-3676.5	894.4	0.0	0.0
10	0.00	19.50	1729.5	602.9	777.9	271.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3714.3	1428.5	0.0	0.0	3587.7	1435.0	2161.7	-110.9	27.0	9.4	5139.7	-5139.7	2145.0	0.0	0.0	-3676.5	3676.5	-894.4	0.0	0.0	3676.5	-3676.5	894.4	0.0	0.0
10	2.50	22.00	0.0	780.7	0.0	351.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1680.3	0.0	0.0	0.0	12.2	0.0	4537.1	-4537.1	2022.8	0.0	0.0	-3245.4	3245.4	-863.5	0.0	0.0	3245.4	-3245.4	863.5	0.0	0.0

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

14 ALLEGATO 4 – IMPALCATO - VERIFICHE SLU TRAVI PRINCIPALI

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m

Verifica di resistenza sezioni in Classe 4

Dati
 coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità
 coefficiente eta
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)
 Resistenza di progetto soletta
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

Var unità
 γM1 1.10
 η 1.20
 pan 0
 fcd MPa 19.83
 fya MPa 450

COMBINAZIONE C1Mmax

Sez	soletta												Armature soletta		piattabanda superiore		anima		piattabanda inferiore		TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA										CARATTERISTICHE				
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)		
1	1.000	0.000	0.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-51.5	355.0	355.0	355.0	0.785	4	0.0721	0.582	0.0225		
2	1.000	2.500	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	131.8	125.1	-108.2	-113.8	-68.3	-89.0	-104.0	355.0	355.0	355.0	1.408	1					
3	2.000	0.000	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	131.8	125.1	-108.2	-113.8	-68.3	-89.0	-104.0	355.0	355.0	355.0	1.408	1					
4	2.000	2.500	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	220.8	210.6	-148.4	-157.1	-74.8	-103.8	-81.0	355.0	355.0	355.0	1.437	1					
5	3.000	0.000	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	226.6	216.5	-138.3	-148.4	-73.5	-103.1	-104.5	355.0	355.0	355.0	1.442	1					
6	3.000	0.500	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	241.1	230.4	-144.1	-154.7	-74.4	-105.4	-63.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1					
7	4.000	0.000	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	241.1	230.4	-144.1	-154.7	-74.4	-105.4	-63.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1					
8	4.000	2.750	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	297.9	285.0	-167.0	-179.9	-78.5	-114.9	-65.9	355.0	355.0	355.0	1.385	1					
9	5.000	0.000	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	297.9	285.0	-167.0	-179.9	-78.5	-114.9	-30.8	355.0	355.0	355.0	1.385	1					
10	5.000	2.750	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	315.7	302.2	-174.7	-188.3	-79.8	-117.8	-33.2	355.0	355.0	355.0	1.385	1					
11	6.000	0.000	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	315.7	302.2	-174.7	-188.3	-79.8	-117.8	1.9	355.0	355.0	355.0	1.385	1					
12	6.000	2.750	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	297.9	285.1	-167.0	-179.9	-78.5	-114.9	30.8	355.0	355.0	355.0	1.385	1					
13	7.000	0.000	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	297.9	285.0	-167.0	-179.9	-78.5	-114.9	30.8	355.0	355.0	355.0	1.385	1					
14	7.000	2.750	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	241.1	230.5	-144.1	-154.7	-74.4	-105.4	63.4	355.0	355.0	355.0	1.385	1					
15	8.000	0.000	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	241.1	230.4	-144.1	-154.7	-74.4	-105.4	98.6	355.0	355.0	355.0	1.385	1					
16	8.000	0.500	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	226.6	216.5	-138.3	-148.4	-73.5	-103.1	104.5	355.0	355.0	355.0	1.442	1					
17	9.000	0.000	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	220.8	210.6	-148.4	-157.1	-74.8	-103.8	81.0	355.0	355.0	355.0	1.437	1					
18	9.000	2.500	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	131.8	125.1	-108.2	-113.8	-68.3	-89.0	104.0	355.0	355.0	355.0	1.408	1					
19	10.000	0.000	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	131.8	125.1	-108.2	-113.8	-68.3	-89.0	104.0	355.0	355.0	355.0	1.408	1					
20	10.000	2.500	22.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.5	355.0	355.0	355.0	0.785	4	0.0721	0.582	0.0225		

E DELLE SEZIONI EFFICACI				Analisi elastica														Analisi plastica														Ver. stabilità pannelli d'anima									
WA_eff (m3)	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter						
0.0387	0.0412	0.0328	0.0314	0.0	0.0	0.020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	8422.4	16980.9	29549	2886.3	-7782.6	15803.0	0.00	0.00	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1144	0.32	0.53	0.00					
							131.8	125.1	-108.2	-113.8	0.38	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2312	0.64		0.00					
							131.8	125.1	-108.2	-113.8	0.38	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2312	0.64		0.00					
							220.8	210.6	-148.4	-157.1	0.64	0.45	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1800	0.50		0.00					
							226.6	216.5	-138.3	-148.4	0.66	0.42	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1800	0.79		0.00					
							241.1	230.4	-144.1	-154.7	0.70	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1093	0.48		0.00					
							241.1	230.4	-144.1	-154.7	0.70	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1093	0.48		0.00					
							297.9	285.0	-167.0	-179.9	0.86	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17527.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1135	0.50		0.00					
							297.9	285.0	-167.0	-179.9	0.86	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	530	0.23		0.00					
							315.7	302.2	-174.7	-188.3	0.91	0.54	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.9	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	572	0.25		0.00					
							315.7	302.2	-174.7	-188.3	0.91	0.54	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.8	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	33	0.01		0.00					
							297.9	285.1	-167.0	-179.9	0.86	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17529.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	530	0.23		0.00					
							297.9	285.0	-167.0	-179.9	0.86	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	530	0.23		0.00					
							241.1	230.5	-144.1	-154.7	0.70	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14676.0	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1092	0.48		0.00					
							241.1	230.4	-144.1	-154.7	0.70	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1698	0.74		0.00					
							226.6	216.5	-138.3	-148.4	0.66	0.42	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1800	0.79		0.00					
							220.8	210.6	-148.4	-157.1	0.64	0.45	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1800	0.50		0.00					
							131.8	125.1	-108.2	-113.8	0.38	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2312	0.64		0.00					
							131.8	125.1	-108.2	-113.8	0.38	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2312	0.64		0.00					
0.0387	0.0412	0.0328	0.0314	0.0	0.0	0.020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	8422.4	16980.9	29549	2886.3	-7782.6	15803.0	0.00	0.00	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1144	0.32	0.53	0.00					

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m

Verifica di resistenza sezioni in Classe 4

Dati

coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità
 coefficiente eta
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)
 Resistenza di progetto soletta
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

Var unità
 γM1 1.10
 η 1.20
 pan 0
 fcd MPa 19.83
 fya MPa 450

COMBINAZIONE C1Vmax

Sez	soletta													Armature soletta													piattabanda superiore													anima													piattabanda inferiore													TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA													CARATTERISTICHE				
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)																																																		
1	1.000	0.000	0.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-51.5	355.0	355.0	355.0	0.785	4	0.0721	0.582	0.0225																																																		
2	1.000	2.500	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	104.7	98.9	-107.6	-112.6	-65.3	-82.1	-34.8	355.0	355.0	355.0	1.408	1																																																					
3	2.000	0.000	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	104.7	98.9	-107.6	-112.6	-65.3	-82.1	-34.8	355.0	355.0	355.0	1.408	1																																																					
4	2.000	2.500	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	187.8	178.5	-148.2	-156.1	-71.7	-96.0	-16.0	355.0	355.0	355.0	1.437	1																																																					
5	3.000	0.000	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	192.2	183.1	-138.5	-147.7	-70.6	-95.3	-20.6	355.0	355.0	355.0	1.442	1																																																					
6	3.000	0.500	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	206.3	196.6	-144.3	-154.0	-71.5	-97.6	-15.7	355.0	355.0	355.0	1.385	1																																																					
7	4.000	0.000	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	206.3	196.6	-144.3	-154.0	-71.5	-97.6	-15.7	355.0	355.0	355.0	1.385	1																																																					
8	4.000	2.750	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	265.3	253.3	-167.3	-179.2	-75.8	-107.6	12.3	355.0	355.0	355.0	1.385	1																																																					
9	5.000	0.000	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	265.3	253.3	-167.3	-179.2	-75.8	-107.6	12.3	355.0	355.0	355.0	1.385	1																																																					
10	5.000	2.750	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	290.7	277.8	-174.9	-187.8	-77.7	-112.2	40.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1																																																					
11	6.000	0.000	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	290.7	277.8	-174.9	-187.8	-77.7	-112.2	40.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1																																																					
12	6.000	2.750	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	280.3	267.9	-167.2	-179.5	-77.1	-111.0	70.0	355.0	355.0	355.0	1.385	1																																																					
13	7.000	0.000	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	280.3	267.9	-167.2	-179.5	-77.1	-110.9	70.0	355.0	355.0	355.0	1.385	1																																																					
14	7.000	2.750	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	231.7	221.3	-144.1	-154.5	-73.6	-103.3	100.4	355.0	355.0	355.0	1.385	1																																																					
15	8.000	0.000	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	231.7	221.3	-144.1	-154.5	-73.6	-103.3	100.4	355.0	355.0	355.0	1.385	1																																																					
16	8.000	0.500	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	218.6	208.8	-138.4	-148.3	-72.8	-101.3	106.0	355.0	355.0	355.0	1.442	1																																																					
17	9.000	0.000	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	213.1	203.1	-148.4	-156.9	-74.0	-102.0	82.1	355.0	355.0	355.0	1.437	1																																																					
18	9.000	2.500	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	129.6	123.0	-108.1	-113.7	-68.1	-88.4	104.3	355.0	355.0	355.0	1.408	1																																																					
19	10.000	0.000	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	129.6	123.0	-108.1	-113.7	-68.1	-88.4	104.3	355.0	355.0	355.0	1.408	1																																																					
20	10.000	2.500	22.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	127.0	355.0	355.0	355.0	0.785	4	0.0721	0.582	0.0225																																																		

E DELLE SEZIONI EFFICACI				Analisi elastica														Analisi plastica														Ver. stabilità pannelli d'anima									
WA_eff (m3)	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter						
0.0387	0.0412	0.0328	0.0314	0.0	0.0	0.020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	8422.4	16980.9	29549	2886.3	-7782.6	15803.0	0.00	0.00	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1144	0.32	0.53	0.00					
							104.7	98.9	-107.6	-112.6	0.30	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	773	0.22		0.00					
							104.7	98.9	-107.6	-112.6	0.30	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	773	0.22		0.00					
							187.8	178.5	-148.2	-156.1	0.54	0.45	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	355	0.10		0.00					
							192.2	183.1	-138.5	-147.7	0.56	0.42	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	355	0.16		0.00					
							206.3	196.6	-144.3	-154.0	0.60	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	271	0.12		0.00					
							206.3	196.6	-144.3	-154.0	0.60	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	271	0.12		0.00					
							265.3	253.3	-167.3	-179.2	0.77	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17527.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	212	0.09		0.00					
							265.3	253.3	-167.3	-179.2	0.77	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	212	0.09		0.00					
							290.7	277.8	-174.9	-187.8	0.84	0.54	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.9	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	698	0.31		0.00					
							290.7	277.8	-174.9	-187.8	0.84	0.54	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.8	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	698	0.31		0.00					
							280.3	267.9	-167.2	-179.5	0.81	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17529.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1205	0.53		0.00					
							280.3	267.9	-167.2	-179.5	0.81	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1205	0.53		0.00					
							231.7	221.3	-144.1	-154.5	0.67	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14676.0	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1729	0.76		0.00					
							231.7	221.3	-144.1	-154.5	0.67	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1729	0.76		0.00					
							218.6	208.8	-138.4	-148.3	0.63	0.42	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1826	0.80		0.00					
							213.1	203.1	-148.4	-156.9	0.62	0.45	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1826	0.51		0.00					
							129.6	123.0	-108.1	-113.7	0.37	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2319	0.65		0.00					
							129.6	123.0	-108.1	-113.7	0.37	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2319	0.65		0.00					
0.0387	0.0412	0.0328	0.0314	0.0	0.0	0.020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	8422.4	16980.9	29549	2886.3	-7782.6	15803.0	0.00	0.00	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2824	0.79	0.53	0.69					

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m

Verifica di resistenza sezioni in Classe 4

Dati

coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità
 coefficiente eta
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)
 Resistenza di progetto soletta
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

Var unità
 γM1 1.10
 η 1.20
 pan 0
 fcd MPa 19.83
 fya MPa 450

COMBINAZIONE C1Vmin

Sez	soletta												piattabanda superiore		anima		piattabanda inferiore		TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA							CARATTERISTICHE							
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)
1	1.000	0.000	0.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-127.0	355.0	355.0	355.0	0.785	4	0.0721	0.582	0.0225
2	1.000	2.500	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	129.6	123.0	-108.1	-113.7	-68.1	-88.4	-104.3	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
3	2.000	0.000	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	129.6	123.0	-108.1	-113.7	-68.1	-88.4	-104.3	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
4	2.000	2.500	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	213.1	203.1	-148.4	-156.9	-74.0	-102.0	-82.1	355.0	355.0	355.0	1.437	1			
5	3.000	0.000	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	218.6	208.8	-138.4	-148.3	-72.8	-101.3	-106.0	355.0	355.0	355.0	1.442	1			
6	3.000	0.500	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	231.7	221.3	-144.1	-154.5	-73.6	-103.3	-100.4	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
7	4.000	0.000	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	231.7	221.3	-144.1	-154.5	-73.6	-103.3	-100.4	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
8	4.000	2.750	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	280.3	267.9	-167.2	-179.5	-77.1	-110.9	-70.0	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
9	5.000	0.000	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	280.3	267.9	-167.2	-179.5	-77.1	-110.9	-70.0	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
10	5.000	2.750	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	290.7	277.8	-174.9	-187.8	-77.7	-112.2	-40.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
11	6.000	0.000	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	290.7	277.8	-174.9	-187.8	-77.7	-112.2	-40.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
12	6.000	2.750	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	265.3	253.3	-167.3	-179.2	-75.8	-107.6	-12.3	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
13	7.000	0.000	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	265.3	253.3	-167.3	-179.2	-75.8	-107.6	-12.3	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
14	7.000	2.750	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	206.4	196.7	-144.3	-154.0	-71.6	-97.6	15.7	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
15	8.000	0.000	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	206.3	196.6	-144.3	-154.0	-71.5	-97.6	15.7	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
16	8.000	0.500	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	192.2	183.1	-138.5	-147.7	-70.6	-95.3	20.6	355.0	355.0	355.0	1.442	1			
17	9.000	0.000	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	187.8	178.5	-148.2	-156.1	-71.7	-96.0	16.0	355.0	355.0	355.0	1.437	1			
18	9.000	2.500	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	104.7	98.9	-107.6	-112.6	-65.3	-82.1	34.8	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
19	10.000	0.000	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	104.7	98.9	-107.6	-112.6	-65.3	-82.1	34.8	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
20	10.000	2.500	22.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.5	355.0	355.0	355.0	0.785	4	0.0721	0.582	0.0225

E DELLE SEZIONI EFFICACI				Analisi elastica														Analisi plastica														Ver. stabilità pannelli d'anima									
WA_eff (m3)	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter						
0.0387	0.0412	0.0328	0.0314	0.0	0.0	0.020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	8422.4	16980.9	29549	2886.3	-7782.6	15803.0	0.00	0.00	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2824	0.79	0.53	0.69					
							129.6	123.0	-108.1	-113.7	0.37	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2319	0.65	0.00	0.00					
							129.6	123.0	-108.1	-113.7	0.37	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2319	0.65	0.00	0.00					
							213.1	203.1	-148.4	-156.9	0.62	0.45	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1826	0.51	0.00	0.00					
							218.6	208.8	-138.4	-148.3	0.63	0.42	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1826	0.80	0.00	0.00					
							231.7	221.3	-144.1	-154.5	0.67	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1729	0.76	0.00	0.00					
							231.7	221.3	-144.1	-154.5	0.67	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1729	0.76	0.00	0.00					
							280.3	267.9	-167.2	-179.5	0.81	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17527.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1206	0.53	0.00	0.00					
							280.3	267.9	-167.2	-179.5	0.81	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1205	0.53	0.00	0.00					
							290.7	277.8	-174.9	-187.8	0.84	0.54	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.9	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	698	0.31	0.00	0.00					
							290.7	277.8	-174.9	-187.8	0.84	0.54	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.8	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	698	0.31	0.00	0.00					
							265.3	253.3	-167.3	-179.2	0.77	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17529.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	212	0.09	0.00	0.00					
							265.3	253.3	-167.3	-179.2	0.77	0.51	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	212	0.09	0.00	0.00					
							206.4	196.7	-144.3	-154.0	0.60	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14676.0	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	270	0.12	0.00	0.00					
							206.3	196.6	-144.3	-154.0	0.60	0.44	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	271	0.12	0.00	0.00					
							192.2	183.1	-138.5	-147.7	0.56	0.42	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	355	0.16	0.00	0.00					
							187.8	178.5	-148.2	-156.1	0.54	0.45	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	355	0.10	0.00	0.00					
							104.7	98.9	-107.6	-112.6	0.30	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	773	0.22	0.00	0.00					
							104.7	98.9	-107.6	-112.6	0.30	0.33	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	773	0.22	0.00	0.00					
0.0387	0.0412	0.0328	0.0314	0.0	0.0	0.020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	8422.4	16980.9	29549	2886.3	-7782.6	15803.0	0.00	0.00	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1144	0.32	0.53	0.00					

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m

Verifica di resistenza sezioni in Classe 4

Dati

coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità
 coefficiente eta
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)
 Resistenza di progetto soletta
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

Var unità
 γM1 1.10
 η 1.20
 pan 0
 fcd MPa 19.83
 fya MPa 450

COMBINAZIONE C2Mmax

Sez	soletta												piattabanda superiore		anima		piattabanda inferiore		TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA							CARATTERISTICHE							
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)
1	1.000	0.000	0.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	-2.6	-2.2	13.1	13.5	14.5	16.7	-51.5	355.0	355.0	355.0	1.372	1			
2	1.000	2.500	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	118.4	113.9	-43.2	-47.0	3.5	-6.1	-104.0	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
3	2.000	0.000	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	118.4	113.9	-43.2	-47.0	3.5	-6.1	-104.0	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
4	2.000	2.500	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	207.2	199.2	-82.5	-89.4	-2.0	-19.8	-81.0	355.0	355.0	355.0	1.437	1			
5	3.000	0.000	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	213.6	205.7	-73.3	-81.2	-1.3	-19.8	-104.5	355.0	355.0	355.0	1.442	1			
6	3.000	0.500	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	228.0	219.5	-78.7	-87.1	-1.9	-21.7	-63.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
7	4.000	0.000	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	228.0	219.5	-78.7	-87.1	-1.9	-21.7	-63.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
8	4.000	2.750	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	284.8	274.1	-101.6	-112.3	-6.0	-31.2	-65.9	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
9	5.000	0.000	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	284.8	274.1	-101.6	-112.3	-6.0	-31.2	-30.8	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
10	5.000	2.750	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	302.7	291.3	-109.3	-120.7	-7.2	-34.1	-33.2	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
11	6.000	0.000	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	302.7	291.3	-109.3	-120.7	-7.2	-34.1	1.9	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
12	6.000	2.750	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	284.9	274.2	-101.6	-112.3	-6.0	-31.2	30.8	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
13	7.000	0.000	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	284.8	274.1	-101.6	-112.3	-6.0	-31.2	30.8	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
14	7.000	2.750	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	228.1	219.6	-78.7	-87.1	-1.9	-21.7	63.4	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
15	8.000	0.000	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	228.0	219.5	-78.7	-87.1	-1.9	-21.7	98.6	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
16	8.000	0.500	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	213.6	205.7	-73.3	-81.2	-1.3	-19.8	104.5	355.0	355.0	355.0	1.442	1			
17	9.000	0.000	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	207.2	199.2	-82.5	-89.4	-2.0	-19.8	81.0	355.0	355.0	355.0	1.437	1			
18	9.000	2.500	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	118.4	113.9	-43.2	-47.0	3.5	-6.1	104.0	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
19	10.000	0.000	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	118.4	113.9	-43.2	-47.0	3.5	-6.1	104.0	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
20	10.000	2.500	22.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	-2.6	-2.2	13.1	13.5	14.5	16.7	51.5	355.0	355.0	355.0	1.372	1			

E DELLE SEZIONI EFFICACI				Analisi elastica																Analisi plastica																Ver. stabilità pannelli d'anima									
WA_eff (m3)	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter										
							-2.6	-2.2	13.1	13.5	0.01	0.04	0.00	0.00	13331.7	22149.1	50537	2886.3	-7782.6	21623.8	0.13	0.13	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1144	0.32		0.00									
							118.4	113.9	-43.2	-47.0	0.34	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2312	0.64		0.00									
							118.4	113.9	-43.2	-47.0	0.34	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2312	0.64		0.00									
							207.2	199.2	-82.5	-89.4	0.60	0.25	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1800	0.50		0.00									
							213.6	205.7	-73.3	-81.2	0.62	0.23	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1800	0.79		0.00									
							228.0	219.5	-78.7	-87.1	0.66	0.25	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1093	0.48		0.00									
							228.0	219.5	-78.7	-87.1	0.66	0.25	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1093	0.48		0.00									
							284.8	274.1	-101.6	-112.3	0.83	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17527.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1135	0.50		0.00									
							284.8	274.1	-101.6	-112.3	0.83	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	530	0.23		0.00									
							302.7	291.3	-109.3	-120.7	0.88	0.34	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.9	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	572	0.25		0.00									
							302.7	291.3	-109.3	-120.7	0.88	0.34	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.8	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	33	0.01		0.00									
							284.9	274.2	-101.6	-112.3	0.83	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17529.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	530	0.23		0.00									
							284.8	274.1	-101.6	-112.3	0.83	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	530	0.23		0.00									
							228.1	219.6	-78.7	-87.1	0.66	0.25	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14676.0	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1092	0.48		0.00									
							228.0	219.5	-78.7	-87.1	0.66	0.25	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1698	0.74		0.00									
							213.6	205.7	-73.3	-81.2	0.62	0.23	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1800	0.79		0.00									
							207.2	199.2	-82.5	-89.4	0.60	0.25	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1800	0.50		0.00									
							118.4	113.9	-43.2	-47.0	0.34	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2312	0.64		0.00									
							118.4	113.9	-43.2	-47.0	0.34	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2312	0.64		0.00									
							-2.6	-2.2	13.1	13.5	0.01	0.04	0.00	0.00	13331.7	22149.1	50537	2886.3	-7782.6	21623.8	0.13	0.13	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1144	0.32		0.00									

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m

Verifica di resistenza sezioni in Classe 4

Dati

coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità
 coefficiente eta
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)
 Resistenza di progetto soletta
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

Var unità
 γM1 1.10
 η 1.20
 pan 0
 fcd MPa 19.83
 fya MPa 450

COMBINAZIONE C2Vmax

Sez	soletta												piattabanda superiore		anima		piattabanda inferiore		TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA							CARATTERISTICH							
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	lxa_eff (m4)
1	1.000	0.000	0.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	-2.6	-2.2	13.1	13.5	14.5	16.7	-51.5	355.0	355.0	355.0	1.372	1			
2	1.000	2.500	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	91.3	87.6	-42.6	-45.7	6.5	1.0	-34.8	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
3	2.000	0.000	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	91.3	87.6	-42.6	-45.7	6.5	1.0	-34.8	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
4	2.000	2.500	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	174.3	167.2	-82.3	-88.4	1.3	-12.0	-16.0	355.0	355.0	355.0	1.437	1			
5	3.000	0.000	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	179.2	172.3	-73.4	-80.4	1.8	-12.0	-20.6	355.0	355.0	355.0	1.442	1			
6	3.000	0.500	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	193.3	185.7	-78.9	-86.4	1.1	-13.9	-15.7	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
7	4.000	0.000	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	193.3	185.7	-78.9	-86.4	1.1	-13.9	-15.7	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
8	4.000	2.750	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	252.2	242.4	-101.9	-111.7	-3.3	-23.9	12.3	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
9	5.000	0.000	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	252.2	242.4	-101.9	-111.7	-3.3	-23.9	12.3	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
10	5.000	2.750	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	277.6	266.9	-109.5	-120.2	-5.2	-28.5	40.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
11	6.000	0.000	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	277.6	266.9	-109.5	-120.2	-5.2	-28.5	40.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
12	6.000	2.750	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	267.3	257.0	-101.8	-112.0	-4.5	-27.2	70.0	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
13	7.000	0.000	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	267.2	257.0	-101.8	-112.0	-4.5	-27.2	70.0	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
14	7.000	2.750	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	218.7	210.4	-78.7	-86.9	-1.1	-19.6	100.4	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
15	8.000	0.000	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	218.6	210.4	-78.7	-86.9	-1.1	-19.6	100.4	355.0	355.0	355.0	1.385	1			
16	8.000	0.500	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	205.6	197.9	-73.3	-81.0	-0.6	-18.0	106.0	355.0	355.0	355.0	1.442	1			
17	9.000	0.000	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	199.6	191.8	-82.5	-89.1	-1.3	-18.0	82.1	355.0	355.0	355.0	1.437	1			
18	9.000	2.500	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	116.2	111.8	-43.1	-46.9	3.8	-5.6	104.3	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
19	10.000	0.000	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	116.2	111.8	-43.1	-46.9	3.8	-5.6	104.3	355.0	355.0	355.0	1.408	1			
20	10.000	2.500	22.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	-2.6	-2.2	13.1	13.5	14.5	16.7	127.0	355.0	355.0	355.0	1.372	1			

E DELLE SEZIONI EFFICACI				Analisi elastica																Analisi plastica																Ver. stabilità pannelli d'anima									
WA_eff (m3)	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter										
-2.6	-2.2	13.1	13.5				0.01	0.04			0.01	0.04	0.00	0.00	13331.7	22149.1	50537	2886.3	-7782.6	21623.8	0.13	0.13	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1144	0.32		0.00									
91.3	87.6	-42.6	-45.7				0.26	0.13			0.26	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	773	0.22		0.00									
91.3	87.6	-42.6	-45.7				0.26	0.13			0.26	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	773	0.22		0.00									
174.3	167.2	-82.3	-88.4				0.50	0.25			0.50	0.25	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	355	0.10		0.00									
179.2	172.3	-73.4	-80.4				0.52	0.23			0.52	0.23	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	355	0.16		0.00									
193.3	185.7	-78.9	-86.4				0.56	0.24			0.56	0.24	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	271	0.12		0.00									
193.3	185.7	-78.9	-86.4				0.56	0.24			0.56	0.24	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	271	0.12		0.00									
252.2	242.4	-101.9	-111.7				0.73	0.32			0.73	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17527.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	212	0.09		0.00									
252.2	242.4	-101.9	-111.7				0.73	0.32			0.73	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	212	0.09		0.00									
277.6	266.9	-109.5	-120.2				0.81	0.34			0.81	0.34	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.9	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	698	0.31		0.00									
277.6	266.9	-109.5	-120.2				0.81	0.34			0.81	0.34	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.8	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	698	0.31		0.00									
267.3	257.0	-101.8	-112.0				0.78	0.32			0.78	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17529.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1205	0.53		0.00									
267.2	257.0	-101.8	-112.0				0.78	0.32			0.78	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1205	0.53		0.00									
218.7	210.4	-78.7	-86.9				0.63	0.25			0.63	0.25	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14676.0	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1729	0.76		0.00									
218.6	210.4	-78.7	-86.9				0.63	0.25			0.63	0.25	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1729	0.76		0.00									
205.6	197.9	-73.3	-81.0				0.60	0.23			0.60	0.23	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1826	0.80		0.00									
199.6	191.8	-82.5	-89.1				0.58	0.25			0.58	0.25	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1826	0.51		0.00									
116.2	111.8	-43.1	-46.9				0.34	0.13			0.34	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2319	0.65		0.00									
116.2	111.8	-43.1	-46.9				0.34	0.13			0.34	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2319	0.65		0.00									
-2.6	-2.2	13.1	13.5				0.01	0.04			0.01	0.04	0.00	0.00	13331.7	22149.1	50537	2886.3	-7782.6	21623.8	0.13	0.13	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2824	0.79		0.00									

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m

Verifica di resistenza sezioni in Classe 4

Dati

coefficiente di sicurezza per la resistenza all'instabilità
 coefficiente eta
 pannelli irrigiditi (0) - non irrigiditi (1)
 Resistenza di progetto soletta
 Tensione di snervamento acciaio armature soletta

Var unità
 γM1 1.10
 η 1.20
 pan 0
 fcd MPa 19.83
 fya MPa 450

COMBINAZIONE C2Vmin

Sez	soletta													Armature soletta													piattabanda superiore		anima		piattabanda inferiore		TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA										CARATTERISTICH				
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	Bcoll (m)	Hc (m)	Hcr (m)	Bcr (m)	Assup (m2)	yGs sup (m)	Asinf (m2)	yGs inf (m)	Beq (m)	tf (m)	hw (m)	tw (m)	Beq (m)	tf (m)	Status soletta	σA (Mpa)	σB (Mpa)	σC (Mpa)	σD (Mpa)	σAs_inf (Mpa)	σAs_sup (Mpa)	τ (Mpa)	fyfs (Mpa)	fyw (Mpa)	fyfi (Mpa)	PNA (m)	Classe	Aeff (m2)	yGa_eff (m)	Ixa_eff (m4)														
1	1.000	0.000	0.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	-2.6	-2.2	13.1	13.5	14.5	16.7	-127.0	355.0	355.0	355.0	1.372	1																	
2	1.000	2.500	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	116.2	111.8	-43.1	-46.9	3.8	-5.6	-104.3	355.0	355.0	355.0	1.408	1																	
3	2.000	0.000	2.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	116.2	111.8	-43.1	-46.9	3.8	-5.6	-104.3	355.0	355.0	355.0	1.408	1																	
4	2.000	2.500	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	199.6	191.8	-82.5	-89.1	-1.3	-18.0	-82.1	355.0	355.0	355.0	1.437	1																	
5	3.000	0.000	5.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	205.6	197.9	-73.3	-81.0	-0.6	-18.0	-106.0	355.0	355.0	355.0	1.442	1																	
6	3.000	0.500	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	218.6	210.4	-78.7	-86.9	-1.1	-19.6	-100.4	355.0	355.0	355.0	1.385	1																	
7	4.000	0.000	5.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	218.6	210.4	-78.7	-86.9	-1.1	-19.6	-100.4	355.0	355.0	355.0	1.385	1																	
8	4.000	2.750	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	267.2	257.0	-101.8	-112.0	-4.5	-27.2	-70.0	355.0	355.0	355.0	1.385	1																	
9	5.000	0.000	8.250	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	267.2	257.0	-101.8	-112.0	-4.5	-27.2	-70.0	355.0	355.0	355.0	1.385	1																	
10	5.000	2.750	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	277.7	267.0	-109.5	-120.2	-5.2	-28.5	-40.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1																	
11	6.000	0.000	11.000	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	277.6	266.9	-109.5	-120.2	-5.2	-28.5	-40.5	355.0	355.0	355.0	1.385	1																	
12	6.000	2.750	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	252.3	242.5	-101.9	-111.7	-3.3	-23.9	-12.3	355.0	355.0	355.0	1.385	1																	
13	7.000	0.000	13.750	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	252.2	242.4	-101.9	-111.7	-3.3	-23.9	-12.3	355.0	355.0	355.0	1.385	1																	
14	7.000	2.750	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	193.4	185.8	-78.9	-86.4	1.1	-13.9	15.7	355.0	355.0	355.0	1.385	1																	
15	8.000	0.000	16.500	5.540	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	193.3	185.7	-78.9	-86.4	1.1	-13.9	15.7	355.0	355.0	355.0	1.385	1																	
16	8.000	0.500	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.035	1.230	0.014	0.900	0.035	reagente	179.2	172.3	-73.4	-80.4	1.8	-12.0	20.6	355.0	355.0	355.0	1.442	1																	
17	9.000	0.000	17.000	5.423	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	174.3	167.2	-82.3	-88.4	1.3	-12.0	16.0	355.0	355.0	355.0	1.437	1																	
18	9.000	2.500	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	91.3	87.6	-42.6	-45.7	6.5	1.0	34.8	355.0	355.0	355.0	1.408	1																	
19	10.000	0.000	19.500	4.837	0.240	0.070	0.540	0.008	0.260	0.008	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	91.3	87.6	-42.6	-45.7	6.5	1.0	34.8	355.0	355.0	355.0	1.408	1																	
20	10.000	2.500	22.000	4.252	0.240	0.070	0.540	0.007	0.260	0.007	0.080	0.700	0.030	1.235	0.018	0.900	0.035	reagente	-2.6	-2.2	13.1	13.5	14.5	16.7	51.5	355.0	355.0	355.0	1.372	1																	

E DELLE SEZIONI EFFICACI				Analisi elastica																Analisi plastica																Ver. stabilità pannelli d'anima									
WA_eff (m3)	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter										
-2.6	-2.2	13.1	13.5	0.01	0.04	0.00	0.00	13331.7	22149.1	50537	2886.3	-7782.6	21623.8	0.13	0.13	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2824	0.79	0.00																	
116.2	111.8	-43.1	-46.9	0.34	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2319	0.65	0.00																	
116.2	111.8	-43.1	-46.9	0.34	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	2319	0.65	0.00																	
199.6	191.8	-82.5	-89.1	0.58	0.25	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1826	0.51	0.00																	
205.6	197.9	-73.3	-81.0	0.60	0.23	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1826	0.80	0.00																	
218.6	210.4	-78.7	-86.9	0.63	0.25	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1729	0.76	0.00																	
218.6	210.4	-78.7	-86.9	0.63	0.25	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1729	0.76	0.00																	
267.2	257.0	-101.8	-112.0	0.78	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17527.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1206	0.53	0.00																	
267.2	257.0	-101.8	-112.0	0.78	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	1205	0.53	0.00																	
277.7	267.0	-109.5	-120.2	0.81	0.34	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.9	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	698	0.31	0.00																	
277.6	266.9	-109.5	-120.2	0.81	0.34	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	18419.8	-10056.6	22389.3	0.82	0.82	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	698	0.31	0.00																	
252.3	242.5	-101.9	-111.7	0.73	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17529.7	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	212	0.09	0.00																	
252.2	242.4	-101.9	-111.7	0.73	0.32	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	17528.3	-10056.6	22389.3	0.78	0.78	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	212	0.09	0.00																	
193.4	185.8	-78.9	-86.4	0.56	0.24	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14676.0	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	270	0.12	0.00																	
193.3	185.7	-78.9	-86.4	0.56	0.24	0.00	0.00	14726.0	23070.8	58514	14673.2	-10056.6	22389.3	0.66	0.66	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	271	0.12	0.00																	
179.2	172.3	-73.4	-80.4	0.52	0.23	0.00	0.00	14737.5	22806.8	57956	13914.3	-9849.9	22148.0	0.63	0.63	5.500	0	0	5.540	49.5	SI	1.23	0.711	2282	2282	355	0.16	0.00																	
174.3	167.2	-82.3	-88.4	0.50	0.25	0.00	0.00	14487.5	23921.6	58467	14045.9	-9849.9	23242.7	0.60	0.60	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	355	0.10	0.00																	
91.3	87.6	-42.6	-45.7	0.26	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	773	0.22	0.00																	
91.3	87.6	-42.6	-45.7	0.26	0.13	0.00	0.00	14443.9	23683.6	54942	9288.1	-8816.2	23073.7	0.40	0.40	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	773	0.22	0.00																	
-2.6	-2.2	13.1	13.5	0.01	0.04	0.00	0.00	13331.7	22149.1	50537	2886.3	-7782.6	21623.8	0.13	0.13	5.500	0	0	5.542	49.5	SI	0.96	0.867	3591	3591	1144	0.32	0.00																	

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m**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	0.13	0.13	0.79	0.69
2	1.000	2.500	2.500	0.38	0.33	0.17	0.20	0.40	0.40	0.65	0.00
3	2.000	0.000	2.500	0.38	0.33	0.17	0.20	0.40	0.40	0.65	0.00
4	2.000	2.500	5.000	0.64	0.45	0.29	0.34	0.60	0.60	0.51	0.00
5	3.000	0.000	5.000	0.66	0.42	0.30	0.32	0.63	0.63	0.80	0.00
6	3.000	0.500	5.500	0.70	0.44	0.32	0.34	0.66	0.66	0.76	0.00
7	4.000	0.000	5.500	0.70	0.44	0.32	0.34	0.66	0.66	0.76	0.00
8	4.000	2.750	8.250	0.86	0.51	0.40	0.42	0.78	0.78	0.53	0.00
9	5.000	0.000	8.250	0.86	0.51	0.40	0.42	0.78	0.78	0.53	0.00
10	5.000	2.750	11.000	0.91	0.54	0.42	0.45	0.82	0.82	0.31	0.00
11	6.000	0.000	11.000	0.91	0.54	0.42	0.45	0.82	0.82	0.31	0.00
12	6.000	2.750	13.750	0.86	0.51	0.40	0.42	0.78	0.78	0.53	0.00
13	7.000	0.000	13.750	0.86	0.51	0.40	0.42	0.78	0.78	0.53	0.00
14	7.000	2.750	16.500	0.70	0.44	0.32	0.34	0.66	0.66	0.76	0.00
15	8.000	0.000	16.500	0.70	0.44	0.32	0.34	0.66	0.66	0.76	0.00
16	8.000	0.500	17.000	0.66	0.42	0.30	0.32	0.63	0.63	0.80	0.00
17	9.000	0.000	17.000	0.64	0.45	0.29	0.34	0.60	0.60	0.51	0.00
18	9.000	2.500	19.500	0.38	0.33	0.17	0.20	0.40	0.40	0.65	0.00
19	10.000	0.000	19.500	0.38	0.33	0.17	0.20	0.40	0.40	0.65	0.00
20	10.000	2.500	22.000	0.01	0.04	0.00	0.00	0.13	0.13	0.79	0.69

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

**15 ALLEGATO 5 – IMPALCATO - VERIFICA DELLE SALDATURE
LONGITUDINALI DELLE TRAVI PRINCIPALI**

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m

Verifica delle saldature longitudinali

Verifica saldature longitudinali

resistenza a snervamento dell'acciaio delle anime	Var	unità	
Coefficiente beta 1	f _y	Mpa	355
Coefficiente beta 2	β1		0.70
	β2		0.85

Calcolo delle azioni per effetti locali

peso proprio soletta	Qc1	kN/ml	45.4
permanenti portati	Qc2	kN/ml	23.6
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	Q _{tot}		256.5

Classe di resistenza a fatica per saldature longitudinali

Coefficiente di resistenza parziale	Δτ _c	Mpa	80.0
resistenza di calcolo a fatica	γ _{Mf}		1.35
	Δτ _c /γ _{Mf}	Mpa	27.1

Sez	VERIFICHE SLU						VERIFICHE A FATICA														
	fibra B			fibra C			fibra B			fibra C											
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	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	0.009	0.006	2824.3	0.73600	163.31	OK!	0.65031	144.30	20.15	145.7	OK!	364.9	0.73600	21.10	OK!	0.63397	18.17	OK!
2	1.000	2.500	2.500	0.009	0.006	2318.6	0.73600	134.07	OK!	0.65031	118.46	20.15	120.2	OK!	327.5	0.73600	18.94	OK!	0.64840	16.69	OK!
3	2.000	0.000	2.500	0.009	0.006	2318.6	0.73600	134.07	OK!	0.65031	118.46	20.15	120.2	OK!	327.5	0.73600	18.94	OK!	0.64840	16.69	OK!
4	2.000	2.500	5.000	0.009	0.006	1825.8	0.73600	105.58	OK!	0.65031	93.29	20.15	95.4	OK!	304.5	0.73600	17.61	OK!	0.66015	15.79	OK!
5	3.000	0.000	5.000	0.008	0.006	1825.8	0.74115	119.61	OK!	0.69832	112.70	22.67	115.0	OK!	304.5	0.74115	19.95	OK!	0.64993	17.49	OK!
6	3.000	0.500	5.500	0.008	0.006	1729.0	0.74115	113.26	OK!	0.69832	106.72	22.67	109.1	OK!	300.0	0.74115	19.66	OK!	0.65176	17.29	OK!
7	4.000	0.000	5.500	0.008	0.006	1729.0	0.74115	113.26	OK!	0.69832	106.72	22.67	109.1	OK!	300.0	0.74115	19.66	OK!	0.65176	17.29	OK!
8	4.000	2.750	8.250	0.008	0.006	1205.9	0.74115	78.99	OK!	0.69832	74.43	22.67	77.8	OK!	278.2	0.74115	18.22	OK!	0.65176	16.03	OK!
9	5.000	0.000	8.250	0.008	0.006	1205.5	0.74115	78.97	OK!	0.69832	74.41	22.67	77.8	OK!	278.1	0.74115	18.22	OK!	0.65176	16.02	OK!
10	5.000	2.750	11.000	0.008	0.006	698.1	0.74115	45.73	OK!	0.69832	43.09	22.67	48.7	OK!	270.0	0.74115	17.69	OK!	0.65176	15.55	OK!
11	6.000	0.000	11.000	0.008	0.006	697.7	0.74115	45.71	OK!	0.69832	43.07	22.67	48.7	OK!	269.9	0.74115	17.68	OK!	0.65176	15.55	OK!
12	6.000	2.750	13.750	0.008	0.006	1205.4	0.74115	78.97	OK!	0.69832	74.40	22.67	77.8	OK!	278.2	0.74115	18.22	OK!	0.65176	16.02	OK!
13	7.000	0.000	13.750	0.008	0.006	1205.5	0.74115	78.97	OK!	0.69832	74.41	22.67	77.8	OK!	278.1	0.74115	18.22	OK!	0.65176	16.02	OK!
14	7.000	2.750	16.500	0.008	0.006	1728.9	0.74115	113.26	OK!	0.69832	106.71	22.67	109.1	OK!	300.1	0.74115	19.66	OK!	0.65176	17.29	OK!
15	8.000	0.000	16.500	0.008	0.006	1729.0	0.74115	113.26	OK!	0.69832	106.72	22.67	109.1	OK!	300.0	0.74115	19.66	OK!	0.65176	17.29	OK!
16	8.000	0.500	17.000	0.008	0.006	1825.8	0.74115	119.61	OK!	0.69832	112.70	22.67	115.0	OK!	304.5	0.74115	19.95	OK!	0.64993	17.49	OK!
17	9.000	0.000	17.000	0.009	0.006	1825.8	0.73600	105.58	OK!	0.65031	93.29	20.15	95.4	OK!	304.5	0.73600	17.61	OK!	0.66015	15.79	OK!
18	9.000	2.500	19.500	0.009	0.006	2318.6	0.73600	134.07	OK!	0.65031	118.46	20.15	120.2	OK!	327.5	0.73600	18.94	OK!	0.64840	16.69	OK!
19	10.000	0.000	19.500	0.009	0.006	2318.6	0.73600	134.07	OK!	0.65031	118.46	20.15	120.2	OK!	327.5	0.73600	18.94	OK!	0.64840	16.69	OK!
20	10.000	2.500	22.000	0.009	0.006	2824.3	0.73600	163.31	OK!	0.65031	144.30	20.15	145.7	OK!	364.9	0.73600	21.10	OK!	0.63397	18.17	OK!

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

16 ALLEGATO 6 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - VERIFICA DELLE CONNESSIONI A PIOLI

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 L=22.0 m

Verifica delle piolature

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
Coefficiente Ks	Ks		0.75
Resistenza del piolo SLE (ks x Prd)	$P_{RD,SLE}$	kN	82.1

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

Azioni concentrate alle estremità	kN	Ritiro	Var.Ter.+	Var.Ter.-
Sforzo normale	m	5020.8	-4788.5	4788.5
yG-yGc	m	0.446	0.266	0.266
yG-yGa	m2	0.476	0.656	0.656
A trave isolata	m2	0.075	0.075	0.075
A sezione composta	m4	0.155	0.260	0.260
I sezione composta	kN/m	0.05652	0.06951	0.06951
Sforzo assiale trave in acciaio	m	1012.4	-479.9	479.9
lunghezza ls	kN	4.252	4.252	4.252
Vmax	m	476.2	-225.7	225.7
lunghezza totale viadotto		22	22	22

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 corsia	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

coeff. Par. 1.20 coeff. Par. 0.90 coeff. Par. 0.90

		Verifiche SLU																				Cedimenti vincolari									
		Cedimenti vincolari		Ritiro		Var. Ter.+		Var. Ter.-		Carichi mobili				Combinazioni				Inviluppi		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	Sd (kN)	c.u.	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_code (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)
1	1.000	0.000	0.000	0.63397	0.62947	0.70509	0.20	4	-222.6	0.0	0.0	359.7	0.0	-143.2	0.0	143.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-1184.8	-8.6	271.8	-374.4	271.8	-1559.2	1559.2	0.71	-164.9	0.0	0.0
2	1.000	2.500	2.500	0.64840	0.64429	0.71217	0.20	4	-175.9	0.0	0.0	148.2	0.0	-59.0	0.0	59.0	0.0	-1017.3	0.0	78.9	-1021.9	-6.7	24.6	-1258.9	103.6	-1263.6	1263.6	0.58	-130.3	0.0	0.0
3	2.000	0.000	2.500	0.64840	0.64429	0.71217	0.20	4	-175.9	0.0	0.0	148.2	0.0	-59.0	0.0	59.0	0.0	-1017.3	0.0	78.9	-1021.9	-6.7	24.6	-1258.9	103.6	-1263.6	1263.6	0.58	-130.3	0.0	0.0
4	2.000	2.500	5.000	0.66015	0.65637	0.71765	0.20	4	-126.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-844.3	0.0	192.2	-863.0	-4.8	-975.5	-975.5	-994.2	-994.2	994.2	0.45	-93.6	0.0	0.0
5	3.000	0.000	5.000	0.64993	0.64599	0.71024	0.20	3	-124.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-835.6	0.0	190.2	-854.1	-4.7	-964.8	-964.8	-983.3	-983.3	983.3	0.60	-92.2	0.0	0.0
6	3.000	0.500	5.500	0.65176	0.64786	0.71117	0.20	3	-114.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-370.8	0.0	213.9	-823.3	-4.3	-489.6	-489.6	-942.0	-942.0	942.0	0.57	-84.7	0.0	0.0
7	4.000	0.000	5.500	0.65176	0.64786	0.71117	0.20	3	-114.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-370.8	0.0	213.9	-823.3	-4.3	-489.6	-489.6	-942.0	-942.0	942.0	0.57	-84.7	0.0	0.0
8	4.000	2.750	8.250	0.65176	0.64786	0.71117	0.20	3	-57.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-604.1	0.0	349.5	-654.4	-2.2	-663.4	-663.4	-713.8	-713.8	713.8	0.43	-42.4	0.0	0.0
9	5.000	0.000	8.250	0.65176	0.64786	0.71117	0.20	3	-57.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-173.7	0.0	349.5	-654.1	-2.2	-233.1	-233.1	-713.5	-713.5	713.5	0.43	-42.4	0.0	0.0
10	5.000	2.750	11.000	0.65176	0.64786	0.71117	0.20	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-407.0	0.0	496.2	-496.5	0.0	0.0	0.0	496.2	496.2	496.2	0.30	0.0	0.0	0.0
11	6.000	0.000	11.000	0.65176	0.64786	0.71117	0.20	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.4	0.0	496.2	-496.2	0.0	23.4	496.2	496.2	496.2	496.2	0.30	0.0	0.0	0.0
12	6.000	2.750	13.750	0.65176	0.64786	0.71117	0.20	3	57.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	173.5	0.0	654.1	-349.7	2.2	232.8	232.8	713.5	713.5	713.5	0.43	42.4	0.0	0.0
13	7.000	0.000	13.750	0.65176	0.64786	0.71117	0.20	3	57.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	173.7	0.0	654.1	-349.5	2.2	233.1	233.1	713.5	713.5	713.5	0.43	42.4	0.0	0.0
14	7.000	2.750	16.500	0.65176	0.64786	0.71117	0.20	3	114.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	370.5	0.0	823.2	-214.2	4.3	489.3	489.3	941.9	941.9	941.9	0.57	84.7	0.0	0.0
15	8.000	0.000	16.500	0.65176	0.64786	0.71117	0.20	3	114.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	800.9	0.0	823.3	-213.9	4.3	919.6	919.6	942.0	942.0	942.0	0.57	84.7	0.0	0.0
16	8.000	0.500	17.000	0.64993	0.64599	0.71024	0.20	3	124.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	835.6	0.0	854.1	-190.2	4.7	964.8	964.8	983.3	983.3	983.3	0.60	92.2	0.0	0.0
17	9.000	0.000	17.000	0.66015	0.65637	0.71765	0.20	4	126.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	844.3	0.0	863.0	-192.2	4.8	975.5	975.5	994.2	994.2	994.2	0.45	93.6	0.0	0.0
18	9.000	2.500	19.500	0.64840	0.64429	0.71217	0.20	4	175.9	0.0	0.0	-148.2	0.0	59.0	0.0	-59.0	0.0	1017.3	0.0	1021.9	-78.9	6.7	-24.6	1258.9	-103.6	1263.6	1263.6	0.58	130.3	0.0	0.0
19	10.000	0.000	19.500	0.64840	0.64429	0.71217	0.20	4	175.9	0.0	0.0	-148.2	0.0	59.0	0.0	-59.0	0.0	1017.3	0.0	1021.9	-78.9	6.7	-24.6	1258.9	-103.6	1263.6	1263.6	0.58	130.3	0.0	0.0
20	10.000	2.500	22.000	0.63397	0.62947	0.70509	0.20	4	222.6	0.0	0.0	-359.7	0.0	143.2	0.0	-143.2	0.0	0.0	0.0	1184.8	0.0	8.6	-271.8	374.4	-271.8	1559.2	1559.2	0.71	164.9	0.0	0.0

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

17 ALLEGATO 7 – SOTTOSTRUTTURE: SPALLA SPA

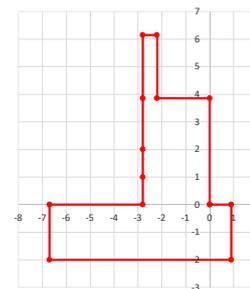
LAVORO: S554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA

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	22.20	2.29	-2.20	0.00	3.86
Muro frontale - 2	2.80	2.80	22.20	1.86	0.00	0.00	2.00
Muro frontale - 3	2.80	2.80	22.20	1.00	0.00	0.00	1.00
Muro frontale - 4	2.80	2.80	22.20	1.00	0.00	0.00	0.00
Muro risolto posteriore sx - 1	3.90	3.90	0.60	2.68	-2.80	-10.80	3.86
Muro risolto posteriore sx - 2	3.90	3.90	0.60	1.86	-2.80	-10.80	2.00
Muro risolto posteriore sx - 3	3.90	4.90	0.60	1.00	-2.80	-10.80	1.00
Muro risolto posteriore sx - 4	4.90	4.90	0.60	1.00	-2.80	-10.80	0.00
Muro risolto posteriore dx - 1	3.90	3.90	0.60	2.27	-2.80	10.80	3.86
Muro risolto posteriore dx - 2	3.90	3.90	0.60	1.86	-2.80	10.80	2.00
Muro risolto posteriore dx - 3	3.90	4.90	0.60	1.00	-2.80	10.80	1.00
Muro risolto posteriore dx - 4	4.90	4.90	0.60	1.00	-2.80	10.80	0.00
Cordolo risolto sx	3.90	3.90	0.35	0.50	-2.80	-10.33	6.29
Cordolo risolto dx	3.90	3.90	0.35	0.50	-2.80	10.33	5.88
Orecchia sx - 1	3.00	3.00	0.60	1.00	-6.70	-10.80	5.54
Orecchia sx - 2	3.00	0.00	0.60	2.00	-6.70	-10.80	3.54
Orecchia dx - 1	3.00	3.00	0.60	1.00	-6.70	10.80	5.13
Orecchia dx - 2	3.00	0.00	0.60	2.00	-6.70	10.80	3.13



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	7.60	24.20	2.00	-0.90	0.00

Caratteristiche geometriche complessive muro frontale (Paragliaia+Muro frontale)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Altezza complessiva elevazione	Hfron	m	6.15
Area sezione trasversale	Afron	m ²	12.18
Volume c.a.	Vfron	mc	270.40
Xbaricentro	Xg fron	m	-1.52
Ybaricentro	Yg fron	m	0.00
Zbaricentro	Zg fron	m	2.28
Dis. spigolo ant. Baric. spiccato	Lxinf/2	m	1.40

Caratteristiche geometriche complessive elevazione (Paragliaia+Muro frontale+muri risolto

+Cordoli risolto+Orecchie+Valette+Speroni)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Volume c.a.	Vele	mc	310.41
Xbaricentro	Xg ele	m	-2.03
Ybaricentro	Yg ele	m	-0.03
Zbaricentro	Zg ele	m	2.44

Caratteristiche geometriche complessive fondazione

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Volume c.a.	Vfon	mc	367.84
Xbaricentro	Xg fon	m	-3.80
Ybaricentro	Yg fon	m	0.00
Zbaricentro	Zg fon	m	1.00

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

Angolo d'attrito	φ	deg	35.0
peso di volume	γ	kN/mc	18.0
Coefficiente di spinta attiva (Rankine)	ka		0.271
Coefficiente di spinta a riposo	k0		0.426
Condizioni di spinta: 1 - attiva; 2 - riposo	Tip. spinta		2
Coefficiente di spinta di calcolo	K		0.426

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	21.00	2.29	-2.80	0.00	3.86
Rinterro - 2	3.90	3.90	21.00	1.86	-2.80	0.00	2.00
Rinterro - 3	3.90	4.90	21.00	1.00	-2.80	0.00	1.00
Rinterro - 4	4.90	4.90	21.00	1.00	-2.80	0.00	0.00

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Volume rinterro	Vrin	mc	534.94
Xbaricentro	Xg rin	m	-5.79
Ybaricentro	Yg rin	m	0.00
Zbaricentro	Zg rin	m	4.94

Dati sovraccarico terrapieno

sovraccarico	Q	kN/mq	20.0
--------------	---	-------	------

AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Rispetto al baricentro della palificata

Peso proprio spalla			
Peso proprio spalla	Fzg1	kN	16956
Momento longitudinale	Myg1	kNm	6768
Momento trasversale	Mxg1	kNm	259.0
Peso terreno su fondazione			
Peso rinterro	Fzg2	kN	9629
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-19171
Momento trasversale	Mxg1	kNm	0.0
Spinta statica del terreno			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	6164
Momento longitudinale	Myg3	kNm	16741
Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	1681
Carico verticale	Fzg3	kN	1638
Momento longitudinale	Myg3	kNm	3819

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA

Dati e risoluzione della palificata

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	0.073	
fattore bm	βm	1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.088	
Coefficiente sismico verticale	kv	0.044	

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	8.15
peso specifico del terreno	γ*	kN/mc	18.0
tangente teta a= kh/(1+kv)	tanθa		0.084
angolo teta a	θa	deg	4.8
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-a		0.318
tangente teta b= kh/(1-kv)	tanθb		0.092
angolo teta b	θb	deg	5.2
coefficiente di spinta attiva Ka-b	Ka-b		0.323
Spinta totale del terreno -a	Ed-a	kN	4797.6
Spinta totale del terreno -b	Ed-b	kN	4459.3
Spinta massima in caso sismico	Ed	kN	4797.6
altezza di applicazione	H	kN	4.07
Momento longitudinale	MyDP	kNm	19543

Spinte compressive del terreno in caso sismico di calcolo

Condizioni di spinta adottate:			
Spinta del terreno	Es	kN	4798
Momento longitudinale	MyEs	kNm	19543

Struttura che ammette spostamenti (Mononobe - Okabe)

Forze inerziali

<u>Sisma longitudinale</u>			
Forza orizzontale longitudinale	FxE.2x	kN	2329
Momento longitudinale	MyE.2x	kNm	7989
<u>Sisma trasversale</u>			
Forza orizzontale trasversale	FyE.2y	kN	2329
Momento trasversale	MxE.2y	kNm	7989
<u>Sisma verticale</u>			
Forza verticale	FzE.2z	kN	-1164
Momento longitudinale	MyE.2z	kNm	543
Momento trasversale	MxE.2z	kNm	11

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Altezza appoggi + baggioli + muro frontale + fondazioni	6.46
Distanza asse appoggi - asse fondazione	2.00

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1a	0	0	2632	26	0
g2a	0	0	1087	-209	0
e4	0	0	0	0	0
e2	0	0	0	0	0
q1a	0	0	2024	11592	0
q1b	0	0	1737	13414	0
q1c	0	0	2024	-11559	0
q1d	0	0	1724	-13398	0
q3	487	0	0	0	833
q4a	0	0	0	0	0
q4b	0	0	0	0	0
q5a	0	80	0	153	0
q5b	0	113	0	271	0
q7a	0	0	0	0	0
q7b	0	0	0	0	0
q9	112	0	0	0	0
Ex	2141	0	0	0	3115
Ey	0	326	0	474	0
Ez	0	0	305	0	0

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

Coordinate baricentro pali			
x	=	3.80	coordinata x
y	=	0.00	coordinata y
z	=	0.00	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g1a	0	0	2632	26	-5263
g1b-sp	0	0	16956	0	-6768
g2a	0	0	1087	-209	-2174
g2b-sp	0	0	9629	0	19171
g3-sp	6164	0	0	0	-16741
e4	0	0	0	0	0
e2	0	0	0	0	0
q1a	0	0	2024	11593	-4048
q1b	0	0	1737	13415	-3474
q1c	0	0	2024	-11559	-4048
q1d	0	0	1724	-13398	-3448
q1e-sp	1681	0	1638	0	-3819
q3	487	0	0	0	-3978
q4a	0	0	0	0	0
q4b	0	0	0	0	0
q5a	0	80	0	672	0
q5b	0	113	0	999	0
q7a	0	0	0	0	0
q7b	0	0	0	0	0
q9	112	0	0	0	-721
Ex	2141	0	0	0	-16943
Ey	0	326	0	2578	0
Ez	0	0	305	0	-610
E.1x-sp	4798	0	0	0	-19543
E.2x-sp	2329	0	0	0	-7989
E.2y-sp	0	2329	0	7989	0
E.2z-sp	0	0	-1164	0	-543

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA

Dati e risoluzione della palificata

	q4				S.L.E.car				q5				
Fx	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537
Fy	68	68	68	68	-68	-68	-68	-68	113	113	113	113	-113
Fz	33050	33050	32835	32835	33050	33050	32825	32825	33050	33050	32835	32835	32825
Mx	9112	9112	10478	10478	-9451	-9451	-10830	-10830	9512	9512	10878	10878	-9851
My	-18395	-18395	-17965	-17965	-18395	-18395	-17945	-17945	-18395	-18395	-17965	-17965	-18395

	S.L.E.car				e3			
Fx	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537
Fy	68	68	68	68	-68	-68	-68	-68
Fz	33050	33050	32835	32835	33050	33050	32825	32825
Mx	9112	9112	10478	10478	-9451	-9451	-10830	-10830
My	-18395	-18395	-17965	-17965	-18395	-18395	-17945	-17945

	q1				S.L.freq				e3		q5		S.L.qp	
Fx	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537	7537	6276	6276	6276	6276	6276	6276
Fy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	-16	0	0
Fz	33050	33050	32835	32835	33050	33050	32825	32825	30304	30304	30304	30304	30304	30304
Mx	8512	8512	9879	9879	-8852	-8852	-10231	-10231	-182	-182	-48	-317	-182	-182
My	-18395	-18395	-17965	-17965	-18395	-18395	-17945	-17945	-12495	-12495	-12495	-12495	-12495	-12495

CALCOLO AZIONI SUI PALI

Geometria della palificata

PALO	Fila	Attenzione: 1° fila sempre posteriore				Yp	trav Yp/Sjxi	long Yj	trav Yp/Sjxi	long Xp/Sjyi	Plinto	X	Y
		X	Y	Xp	Yp								
1	1	1.00	11.10	-2.80	11.10	123.21	7.84	0.014	-0.026		0.00	12.10	
2	1	1.00	7.40	-2.80	7.40	54.76	7.84	0.010	-0.026		7.60	12.10	
3	1	1.00	3.70	-2.80	3.70	13.69	7.84	0.005	-0.026		7.60	-12.10	
4	1	1.00	0.00	-2.80	0.00	0.00	7.84	0.000	-0.026		0.00	-12.10	
5	1	1.00	-3.70	-2.80	-3.70	13.69	7.84	-0.005	-0.026		0.00	12.10	
6	1	1.00	-7.40	-2.80	-7.40	54.76	7.84	-0.010	-0.026				
7	1	1.00	-11.10	-2.80	-11.10	123.21	7.84	-0.014	-0.026				
8	2	6.60	11.10	2.80	11.10	123.21	7.84	0.014	0.026				
9	2	6.60	7.40	2.80	7.40	54.76	7.84	0.010	0.026				
10	2	6.60	3.70	2.80	3.70	13.69	7.84	0.005	0.026				
11	2	6.60	0.00	2.80	0.00	0.00	7.84	0.000	0.026				
12	2	6.60	-3.70	2.80	-3.70	13.69	7.84	-0.005	0.026				
13	2	6.60	-7.40	2.80	-7.40	54.76	7.84	-0.010	0.026				
14	2	6.60	-11.10	2.80	-11.10	123.21	7.84	-0.014	0.026				
14	2					766.64	109.76						

S.L.U.																	
CARICO ASSIALE																	
PALO	FILA	q1				q3											
1	1	2813	2813	2841	2841	2334	2334	2290	2290	2599	2599	2619	2619	2233	2233	2200	2200
2	1	2734	2734	2750	2750	2415	2415	2383	2383	2539	2539	2551	2551	2295	2295	2271	2271
3	1	2655	2655	2659	2659	2496	2496	2476	2476	2479	2479	2482	2482	2357	2357	2342	2342
4	1	2577	2577	2569	2569	2577	2577	2569	2569	2419	2419	2413	2413	2419	2419	2413	2413
5	1	2498	2498	2478	2478	2658	2658	2661	2661	2359	2359	2345	2345	2481	2481	2484	2484
6	1	2419	2419	2388	2388	2738	2738	2754	2754	2300	2300	2276	2276	2543	2543	2555	2555
7	1	2341	2341	2297	2297	2819	2819	2847	2847	2240	2240	2207	2207	2605	2605	2626	2626
8	2	4210	4210	4198	4198	3731	3731	3646	3646	4134	4134	4125	4125	3769	3769	3705	3705
9	2	4131	4131	4107	4107	3812	3812	3739	3739	4074	4074	4057	4057	3831	3831	3776	3776
10	2	4052	4052	4017	4017	3893	3893	3831	3831	4015	4015	3988	3988	3893	3893	3847	3847
11	2	3974	3974	3926	3926	3974	3974	3924	3924	3955	3955	3919	3919	3955	3955	3918	3918
12	2	3895	3895	3836	3836	4055	4055	4017	4017	3895	3895	3850	3850	4017	4017	3989	3989
13	2	3816	3816	3745	3745	4135	4135	4110	4110	3835	3835	3782	3782	4079	4079	4060	4060
14	2	3738	3738	3655	3655	4216	4216	4203	4203	3775	3775	3713	3713	4141	4141	4131	4131
Nmax		4210	4210	4198	4198	4216	4216	4203	4203	4134	4134	4125	4125	4141	4141	4131	4131
Nmin		2341	2341	2297	2297	2334	2334	2290	2290	2240	2240	2207	2207	2233	2233	2200	2200
TAGLIO																	
taglio Vx		766	766	766	766	766	766	766	766	773	773	773	773	773	773	773	773
taglio Vy		7	7	7	7	-7	-7	-7	-7	7	7	7	7	-7	-7	-7	-7
V		766	773														

S.L.U.																	
CARICO ASSIALE																	
PALO	FILA	q4				q5											
1	1	2736	2736	2756	2756	2370	2370	2337	2337	2744	2744	2765	2765	2362	2362	2328	2328
2	1	2676	2676	2688	2688	2432	2432	2408	2408	2682	2682	2694	2694	2426	2426	2402	2402
3	1	2616	2616	2619	2619	2494	2494	2479	2479	2619	2619	2622	2622	2491	2491	2476	2476
4	1	2556	2556	2550	2550	2556	2556	2550	2550	2556	2556	2550	2550	2556	2556	2550	2550
5	1	2496	2496	2492	2492	2618	2618	2621	2621	2494	2494	2479	2479	2621	2621	2624	2624
6	1	2437	2437	2413	2413	2680	2680	2692	2692	2431	2431	2407	2407	2686	2686	2698	2698
7	1	2377	2377	2344	2344	2742	2742	2763	2763	2368	2368	2336	2336	2751	2751	2772	2772
8	2	3997	3997	3988	3988	3632	3632	3568	3568	4006	4006	3997	3997	3623	3623	3559	3559
9	2	3937	3937	3920	3920	3694	3694	3639	3639	3943	3943	3925	3925	3688	3688	3633	3633
10	2	3878	3878	3851	3851	3756	3756	3710	3710	3880	3880	3854	3854	3753	3753	3707	3707
11	2	3818	3818	3782	3782	3818	3818	3781	3781	3818	3818	3782	3782	3818	3818	3781	3781
12	2	3758	3758	3713	3713	3880	3880	3852	3852	3755	3755	3711	3711	3883	3883	3854	3854
13	2	3698	3698	3645	3645	3942	3942	3923	3923	3692	3692	3639	3639	3948	3948	3928	3928
14	2	3638	3638	3576	3576	4004	4004	3994	3994	3630	3630	3567	3567	4012	4012	4002	4002
Nmax		3997	3997	3988	3988	4004	4004	3994	3994	4006	4006	3997	3997	4012	4012	4002	4002
Nmin		2377	2377	2344	2344	2370	2370	2337	2337	2368	2368	2336	2336	2362	2362	2328	2328
TAGLIO																	
taglio Vx		726	726	726	726	726	726	726	726	726	726	726	726	726	726	726	726
taglio Vy		7	7	7	7	-7	-7	-7	-7	12	12	12	12	-12	-12	-12	-12
V		726															

S.L.V.															
CARICO ASSIALE															
PALO	FILA	q7				E.x		E.y		E.z					
1	1	2736	2736	2756	2756	2370	2370	2337	2337	1154	1209	2056	2110	1885	2067
2	1	2676	2676	2688	2688	2432	2432	2408	2408	1140	1194	2005	2060	1871	2052
3	1	2616	2616	2619	2619	2494	2494	2479	2479	1125	1180	1955	2010	1856	2038
4	1	2556	2556	2550	2550	2556	2556	2550	2550	1111	1166	1905	1960	1842	2023
5	1	2496	2496	2492	2492	2618	2618	2621	2621	1097	1151	1855	1910	1827	2009
6	1	2437	2437	2413	2413	2680	2680	2692	2692	1082	1137	1805	1859	1813	1994
7	1	2377	2377	2344	2344	2742	2742	2763	2763	1068	1122	1755	1809	1798	1980
8	2														

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA

Dati e risoluzione della palificata

5	1	1849	1849	1834	1834	1966	1966	1969	1969	1746	1746	1735	1735	1836	1836	1838	1838	1939
6	1	1791	1791	1767	1767	2026	2026	2037	2037	1702	1702	1684	1684	1881	1881	1890	1890	1991
7	1	1733	1733	1701	1701	2085	2085	2106	2106	1658	1658	1634	1634	1927	1927	1942	1942	2044
8	2	3119	3119	3111	3111	2767	2767	2704	2704	3063	3063	3057	3057	2795	2795	2747	2747	2646
9	2	3061	3061	3044	3044	2826	2826	2772	2772	3019	3019	3006	3006	2840	2840	2799	2799	2698
10	2	3004	3004	2977	2977	2886	2886	2840	2840	2975	2975	2956	2956	2886	2886	2852	2852	2750
11	2	2946	2946	2910	2910	2946	2946	2909	2909	2931	2931	2905	2905	2931	2931	2904	2904	2802
12	2	2888	2888	2844	2844	3005	3005	2977	2977	2887	2887	2855	2855	2977	2977	2956	2956	2855
13	2	2830	2830	2777	2777	3065	3065	3046	3046	2844	2844	2804	2804	3023	3023	3008	3008	2907
14	2	2772	2772	2710	2710	3124	3124	3114	3114	2800	2800	2753	2753	3068	3068	3061	3061	2959
Nmax		3119	3119	3111	3111	3124	3124	3114	3114	3063	3063	3057	3057	3068	3068	3061	3061	2959
Nmin		1733	1733	1701	1701	1728	1728	1695	1695	1658	1658	1634	1634	1653	1653	1629	1629	1730
TAGLIO																		
taglio Vx		568	568	568	568	568	568	568	568	573	573	573	573	573	573	573	573	538
taglio Vy		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
V		568	568	568	568	568	568	568	568	573	573	573	573	573	573	573	573	538

		S.L.E.car																	
		q4					q5												
CARICO ASSIALE																			
PALO																			
1	1	2023	2023	2039	2039	1755	1755	1730	1730	2029	2029	2045	2045	1749	1749	1724	1724		
2	1	1979	1979	1988	1988	1800	1800	1782	1782	1983	1983	1992	1992	1796	1796	1778	1778		
3	1	1935	1935	1938	1938	1846	1846	1835	1835	1937	1937	1940	1940	1844	1844	1833	1833		
4	1	1891	1891	1887	1887	1891	1891	1887	1887	1891	1891	1887	1887	1891	1891	1887	1887		
5	1	1847	1847	1837	1837	1937	1937	1939	1939	1846	1846	1835	1835	1939	1939	1941	1941		
6	1	1804	1804	1786	1786	1983	1983	1991	1991	1800	1800	1782	1782	1987	1987	1995	1995		
7	1	1760	1760	1735	1735	2028	2028	2044	2044	1754	1754	1730	1730	2034	2034	2049	2049		
8	2	2962	2962	2955	2955	2693	2693	2646	2646	2968	2968	2961	2961	2687	2687	2640	2640		
9	2	2918	2918	2905	2905	2739	2739	2698	2698	2922	2922	2909	2909	2735	2735	2694	2694		
10	2	2874	2874	2854	2854	2784	2784	2750	2750	2876	2876	2856	2856	2782	2782	2748	2748		
11	2	2830	2830	2804	2804	2830	2830	2802	2802	2830	2830	2804	2804	2830	2830	2802	2802		
12	2	2786	2786	2753	2753	2876	2876	2855	2855	2784	2784	2751	2751	2878	2878	2857	2857		
13	2	2742	2742	2703	2703	2921	2921	2907	2907	2738	2738	2699	2699	2925	2925	2911	2911		
14	2	2698	2698	2652	2652	2967	2967	2959	2959	2692	2692	2646	2646	2973	2973	2965	2965		
Nmax		2962	2962	2955	2955	2967	2967	2959	2959	2968	2968	2961	2961	2973	2973	2965	2965		
Nmin		1760	1760	1735	1735	1755	1755	1730	1730	1754	1754	1730	1730	1749	1749	1724	1724		
TAGLIO																			
taglio Vx		538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	
taglio Vy		5	5	5	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
V		538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	

		S.L.E.car																	
		q7																	
CARICO ASSIALE																			
PALO																			
1	1	2023	2023	2039	2039	1755	1755	1730	1730	2029	2029	2045	2045	1749	1749	1724	1724		
2	1	1979	1979	1988	1988	1800	1800	1782	1782	1983	1983	1992	1992	1796	1796	1778	1778		
3	1	1935	1935	1938	1938	1846	1846	1835	1835	1937	1937	1940	1940	1844	1844	1833	1833		
4	1	1891	1891	1887	1887	1891	1891	1887	1887	1891	1891	1887	1887	1891	1891	1887	1887		
5	1	1847	1847	1837	1837	1937	1937	1939	1939	1846	1846	1835	1835	1939	1939	1941	1941		
6	1	1804	1804	1786	1786	1983	1983	1991	1991	1800	1800	1782	1782	1987	1987	1995	1995		
7	1	1760	1760	1735	1735	2028	2028	2044	2044	1754	1754	1730	1730	2034	2034	2049	2049		
8	2	2962	2962	2955	2955	2693	2693	2646	2646	2968	2968	2961	2961	2687	2687	2640	2640		
9	2	2918	2918	2905	2905	2739	2739	2698	2698	2922	2922	2909	2909	2735	2735	2694	2694		
10	2	2874	2874	2854	2854	2784	2784	2750	2750	2876	2876	2856	2856	2782	2782	2748	2748		
11	2	2830	2830	2804	2804	2830	2830	2802	2802	2830	2830	2804	2804	2830	2830	2802	2802		
12	2	2786	2786	2753	2753	2876	2876	2855	2855	2784	2784	2751	2751	2878	2878	2857	2857		
13	2	2742	2742	2703	2703	2921	2921	2907	2907	2738	2738	2699	2699	2925	2925	2911	2911		
14	2	2698	2698	2652	2652	2967	2967	2959	2959	2692	2692	2646	2646	2973	2973	2965	2965		
Nmax		2962	2962	2955	2955	2967	2967	2959	2959	2968	2968	2961	2961	2973	2973	2965	2965		
Nmin		1760	1760	1735	1735	1755	1755	1730	1730	1754	1754	1730	1730	1749	1749	1724	1724		
TAGLIO																			
taglio Vx		538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	
taglio Vy		5	5	5	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
V		538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	

		S.L.freq														S.L.qp	
		q1					q7					q5					
CARICO ASSIALE																	
PALO																	
1	1	2015	2015	2030	2030	1763	1763	1739	1739	1843	1843	1845	1841	1843	1843		
2	1	1974	1974	1982	1982	1806	1806	1788	1788	1844	1844	1845	1843	1844	1844		
3	1	1933	1933	1935	1935	1849	1849	1837	1837	1845	1845	1846	1844	1845	1845		
4	1	1891	1891	1887	1887	1891	1891	1887	1887	1846	1846	1846	1846	1846	1846		
5	1	1850	1850	1839	1839	1934	1934	1936	1936	1847	1847	1846	1847	1847	1847		
6	1	1809	1809	1792	1792	1977	1977	1986	1986	1848	1848	1846	1849	1848	1848		
7	1	1768	1768	1744	1744	2020	2020	2035	2035	1848	1848	1847	1850	1848	1848		
8	2	2953	2953	2947	2947	2702	2702	2654	2654	2481	2481	2483	2479	2481	2481		
9	2	2912	2912	2899	2899	2745	2745	2704	2704	2482	2482	2483	2480	2482	2482		
10	2	2871	2871	2851	2851	2787	2787	2753	2753	2482	2482	2483	2482	2482	2482		
11	2	2830	2830	2804	2804	2830	2830	2802	2802	2483	2483	2483	2483	2483	2483		
12	2	2789	2789	2756	2756	2873	2873	2852	2852	2484	2484	2484	2484	2484	2484		
13	2	2748	2748	2708	2708	2915	2915	2901	2901	2485	2485	2484	2486	2485	2485		
14	2	2707	2707	2661	2661	2958	2958	2951	2951	2486	2486	2484	2488	2486	2486		
Nmax		2953	2953	2947	2947	2958	2958	2951	2951	2486	2486	2484	2488	2486	2486		
Nmin		1768	1768	1744	1744	1763	1763	1739	1739	1843	1843	1845	1841	1843	1843		
TAGLIO																	
taglio Vx		538	538	538	538	538	538	538	538	448	448	448	448	448	448		
taglio Vy		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0		
V		538	53														

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA

Dati e risoluzione della palificata

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI		ENV	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	4216	4216	3244	3124	2958	2486
Azione assiale minima	Nmin	1068	2200	1068	1629	1739	1843
Azione trasversale massima	Vmax	773	773	672	573	538	448

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
Diametro del palo	Dp	m	1.20
Kt Costante di reazione orizzontale (Vesic)	kt	kN/mc	30000
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	3.98

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SUI PALI		SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP	
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	4216	3244	3124	2958	2486
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	2200	1068	1629	1739	1843
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	1538	1339	1141	1072	893
Momento AMPLIFICATO DEL 20%	Mmax_1a	kNm	1846	1606	1369	1286	1071
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	773	672	573	538	448

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA

		SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata		45854	31163
Carico verticale medio agente sui pali		3275	2226

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA

Calcolo e verifica zattera di fondazione

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	2.90
distanza tra palo 2° fila posteriore e sezione di incastro	a2	m	
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 a compressione caratteristica cls	fck	Mpa	32
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 sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/pass	φ mm	c m	As mmq
primo strato dall'alto	10	10	26	0.089	5309
secondo strato dall'alto	0	0	26	0.155	0
terzo strato dall'alto	0	0	26	0.221	0
quarto strato dall'alto	0	0	26	0.287	0
Armatura effettivamente disposta			26	0.089	5309

Armatura inferiore mensola posteriore sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/pass	φ mm	c m	As mmq
primo strato dal basso	20	5	26	0.089	2655
secondo strato dal basso	20	5	26	0.155	2655
terzo strato dal basso	0	0	26	0.221	0
quarto strato dal basso	0	0	26	0.287	0
Armatura effettivamente disposta			26	0.122	5309

VERIFICA SLU	fac	p kN/ml	V kN	M kNm		
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera (SLU-STR)	1.35	243.0	948	1848.0		
sollecitazioni dovute al peso del rinterro (SLU-STR)	1.35	537.7	2097	4089.5		
sommano			3044.9	5937.5		
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera (SLU-SIS)	1.0	180.0	702	1368.9		
sollecitazioni dovute al peso del rinterro (SLU-SIS)	1.0	398.3	1553	3029.3		
sommano			2255.5	4398.2		
sollecitazioni dovute ai pali						
	R1	R2	R3	R4	V	M
	kN	kN	kN	kN	kN	kNm
SLU-STR (MIN)	-2200.0	0.0	0.0	0.0	-2200	-6380.1
SLU-STR (MAX)	-2847.0	0.0	0.0	0.0	-2847	-8256.2
SLU-SIS (MIN)	-1067.8	0.0	0.0	0.0	-1068	-3096.6
SLU-SIS (MAX)	-2110.1	0.0	0.0	0.0	-2110	-6119.3

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA

Calcolo e verifica zattera di fondazione

sollecitazioni risultanti

	V	M
	kN	kNm
SLU-STR (MIN)	845	-443
SLU-STR (MAX)	198	-2319
SLU-SIS (MIN)	1188	1302
SLU-SIS (MAX)	145	-1721

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria

	V	M
	kN/m	kNm/m
SLU-STR (MIN)	235	-123
SLU-STR (MAX)	55	-644
SLU-SIS (MIN)	330	362
SLU-SIS (MAX)	40	-478

Armatura minima superiore richiesta

Afs_min mmq/ml 537

Armatura effettivamente adottata:

Afs mmq/ml 5309 OK!

Momento Resistente

MR_sup kNm/ml 3573

Coefficiente di utilizzo

c.u. 10% OK!

Armatura minima inferiore

Afs_min mmq/ml 974

Armatura effettivamente adottata:

Afs mmq/ml 5309 OK!

Momento Resistente

MR_inf kNm/ml -3511

Coefficiente di utilizzo

c.u. 18% OK!

VERIFICA SLE-CARATTERISTICA

	fac	p	V	M
		kN/ml	kN	kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera	1.0	180.0	702	1368.9
sollecitazioni dovute al peso del rinterro	1.0	398.3	1553	3029.3
sommano			2255.5	4398.2

sollecitazioni dovute ai pali

	R1	R2	R3	R4	V	M
	kN	kN	kN	kN	kN	kNm
SLE-CARATTERISTICA (MIN)	-1628.6	0.0	0.0	0.0	-1629	-4722.9
SLE-CARATTERISTICA (MAX)	-2105.9	0.0	0.0	0.0	-2106	-6107.0

sollecitazioni risultanti

	V	M
	kN	kNm
SLE-CARATTERISTICA (MIN)	627	-325
SLE-CARATTERISTICA (MAX)	150	-1709

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria

	V	M
	kN/m	kNm/m
SLE-CARATTERISTICA (MIN)	174	-90
SLE-CARATTERISTICA (MAX)	42	-475

Tasso di lavoro armature superiori

 σ_{sup} Mpa 0

Tasso di lavoro armature inferiori

 σ_{inf} Mpa 53

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA

Calcolo e verifica zattera di fondazione

Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo arm.superiori- Stato limite limit. tensioni	c.u.		0%	OK!
coefficiente di utilizzo arm.inferiori- Stato limite limit. tensioni	c.u.		15%	OK!

VERIFICA SLE-FREQUENTE

	fac	p kN/ml	V kN	M kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera	1.0	180.0	702	1368.9
sollecitazioni dovute al peso del rinterro	1.0	398.3	1553	3029.3
sommano			2255.5	4398.2

sollecitazioni dovute ai pali	R1 kN	R2 kN	R3 kN	R4 kN	V kN	M kNm
SLE-FREQUENTE (MIN)	-1738.7	0.0	0.0	0.0	-1739	-5042.4
SLE-FREQUENTE (MAX)	-2035.0	0.0	0.0	0.0	-2035	-5901.5

sollecitazioni risultanti

	V kN	M kNm
SLE-FREQUENTE (MIN)	517	-644
SLE-FREQUENTE (MAX)	220	-1503

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria

	V kN/m	M kNm/m
SLE-FREQUENTE (MIN)	144	-179
SLE-FREQUENTE (MAX)	61	-418

Tasso di lavoro armature superiori	σ_{ssup}	Mpa	0	
Tasso di lavoro armature inferiori	σ_{sinf}	Mpa	47	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
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!
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.		24%	OK!

VERIFICA SLE-QUASI PERMANENTE

	fac	p kN/ml	V kN	M kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera	1.0	180.0	702	1368.9
sollecitazioni dovute al peso del rinterro	1.0	398.3	1553	3029.3
sommano			2255.5	4398.2

sollecitazioni dovute ai pali	R1 kN	R2 kN	R3 kN	R4 kN	V kN	M kNm
SLE-QUASI PERMANENTE (MIN)	-1843.2	0.0	0.0	0.0	-1843	-5345.2
SLE-QUASI PERMANENTE (MAX)	-1848.4	0.0	0.0	0.0	-1848	-5360.5

sollecitazioni risultanti

	V kN	M kNm
SLE-QUASI PERMANENTE (MIN)	412	-947
SLE-QUASI PERMANENTE (MAX)	407	-962

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA

Calcolo e verifica zattera di fondazione

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria

	V	M
	kN/m	kNm/m
SLE-QUASI PERMANENTE (MIN)	115	-263
SLE-QUASI PERMANENTE (MAX)	113	-267

Tasso di lavoro armature superiori

sfsup

Mpa

0

Tasso di lavoro armature inferiori

sfinf

Mpa

30

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

155.6

coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure

c.u.

0%**OK!**

Tensione limite ammissibile per barre f 26.0 (arm.sup)

 σ_{slim}

MPa

155.6

coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure

c.u.

19%**OK!**

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA
Calcolo e Verifica muro frontale

Dati	var	unità	
spessore muro frontale	smur	m	2.80
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	305
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-38
Spinta statica del terreno			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	145
Momento longitudinale	Myg3	kNm	297
Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	52
Momento longitudinale	Myg3	kNm	161
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		0.073
fattore b _m	β _m		1.00
Coefficiente sismico orizzontale	kh		0.088
Coefficiente sismico verticale	kv		0.044

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	6.15
peso specifico del terreno	γ*	kN/mc	18.0
tangente teta a= kh/(1+kv)	tanθ _a		0.084
angolo teta a	θ _a	deg	4.797
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-a		0.318
tangente teta b= kh/(1-kv)	tanθ _b		0.092
angolo teta b	θ _b	deg	5.234
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-b		0.323
Spinta totale del terreno -a	Ed-a	kN	112.9
Spinta totale del terreno -b	Ed-b	kN	104.9
Spinta massima in caso sismico	Ed	kN	112.9
altezza di applicazione	H	m	3.1
Momento longitudinale	MyDP	kNm	346.9

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	60
altezza di applicazione	H	m	3.1
Momento longitudinale	MyDP	kNm	183

Spinte complessive del terreno in caso sismico di calcolo

Condizioni di spinta adottate: Struttura che ammette spostamenti (Mononobe - Okabe)			
Spinta del terreno	Es	kN	113
Momento longitudinale	MyEs	kNm	347

Forze inerziali (q6.2)

Sisma longitudinale			
Forza orizzontale longitudinale	Fxq6.2x	kN	27
Momento longitudinale	Myq6.2x	kNm	61
Sisma verticale			
Forza verticale	Fzq6.2z	kN	-13
Momento longitudinale	Myq6.2z	kNm	2

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Altezza appoggi + muro frontale	4.46
Distanza asse appoggi - asse muro frontale	0.00

	F _x	F _z
	[kN]	[kN]
g1a	0	119
g2a	0	49
e4	0	0
e2	0	0
q1a	0	91
q1b	0	78
q1c	0	91
q1d	0	78
q3	22	0
q7a	0	0
q7b	0	0
q9	5	0
Ex	96	0
Ez	0	14

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - P003 - SPALLA SPA
Calcolo e Verifica muro frontale

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO MURO FRONTALE

		Fx	Fz	My
		[kN]	[kN]	[kNm]
g1a	Peso proprio impalcato	0	119	0
g1-sp	Peso proprio spalla	0	305	38
g2a	Perm. portati - impalcato	0	49	0
g3-sp	g3-sp	145	0	-297
e4	Cedimenti differenziali - MAX	0	0	0
e2	ritiro	0	0	0
q1a	CMOB-Nmax - sx	0	91	0
q1b	CMOB-Mtmax - sx	0	78	0
q1c	CMOB-Nmax - dx	0	91	0
q1d	CMOB-Mtmax - dx	0	78	0
q1e-sp	carico vert. Da traffico sul rilevato	52	0	-161
q3	Frenatura	22	0	-98
q7a	Var. termica positiva	0	0	0
q7b	Var. termica negativa	0	0	0
q9	Resistenze passive vincoli	5	0	-22
Ex	Sisma longitudinale	96	0	-430
Ez	Sisma verticale	0	14	0
E.1x-sp	spinta del terreno in fase sismica	113	0	-347
E.2x-sp	Forze inerziali longitudinali spalla	27	0	-61
E.2z-sp	Forze inerziali verticali spalla	0	-13	-2

COMBINAZIONI DI CARICO

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

					S.L.U.								q3				
	q1																
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
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	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
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	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	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	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	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	0.00
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	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	0.00
q1c	0.00	0.00	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
q1d	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	0.00	1.01	1.01	0.00
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	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	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	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	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	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	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	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	1.20

	S.L.U.								S.L.V.		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								q3				
	q1																
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	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	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	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	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	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	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	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
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	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
q1a	1.00	1.00	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	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	1.00	1.00	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
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00
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	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	1.00	1.00	1.00	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	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	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	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	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	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	1.00	1.00	1.00	1.00

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - P003 - SPALLA SPA

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	1.00
g1-sp	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
g3-sp	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
e2	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
q7b	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
q1a	0.75	0.75	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
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	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
q1e-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.00
q3	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
Ez	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
E.2x-sp	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
q9	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.														
q1					q3									
Fx	273	273	273	273	273	273	273	273	284	284	284	284	284	284
Fz	760	760	743	743	760	760	742	742	730	730	716	716	730	716
My	-595	-595	-595	-595	-595	-595	-595	-595	-672	-672	-672	-672	-672	-672

S.L.U.					S.L.V.			
q7					E.x		E.z	
Fx	255	255	255	255	241	241	76	76
Fz	730	730	716	716	472	472	472	472
My	-540	-540	-540	-540	-823	-822	-238	-234

S.L.E.car														
q1					q3									
Fx	202	202	202	202	202	202	202	202	211	211	211	211	211	211
Fz	563	563	550	550	563	563	550	550	540	540	531	531	540	530
My	-443	-443	-443	-443	-443	-443	-443	-443	-500	-500	-500	-500	-500	-500

S.L.E.car								
q7								
Fx	189	189	189	189	189	189	189	189
Fz	540	540	531	531	540	540	530	530
My	-403	-403	-403	-403	-403	-403	-403	-403

S.L.E.freq									S.L.E.qp	
Fx	189	189	189	189	189	189	189	189	150	150
Fz	540	540	531	531	540	540	530	530	472	472
My	-403	-403	-403	-403	-403	-403	-403	-403	-282	-282

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	0.091	5309
secondo strato	20	5	26	0.147	2655
Armatura effettivamente disposta			26	0.110	7964

VERIFICHE AGLI SLU	Var	unità	
Momento di calcolo SLU	MEd_SLU	kNm/ml	672
Momento di calcolo SLV	MEd_SLV	kNm/ml	823
Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	868
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	7964
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	7546
Coefficiente di utilizzo	c.u.		11%
Taglio di calcolo SLU	VEd_SLU	kN/ml	284
Taglio di calcolo SLV	VEd_SLV	kN/ml	241

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA
Calcolo e Verifica muro frontale

VERIFICHE AGLI SLE-CAR

Tasso di lavoro armature in zona tesa σ_s Mpa **26**

Tensione massima ammissibile $\sigma_{s,max}$ MPa **360**
 coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni c.u. **7%** **OK!**

VERIFICHE AGLI SLE-FR

Tasso di lavoro armature in zona tesa σ_s Mpa **21**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile w_{lim} mm **0.30** w2
 Tensione limite ammissibile per barre f 26.0 σ_{lim} MPa **194**
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **11%** **OK!**

VERIFICHE AGLI SLE-QP

Tasso di lavoro armature in zona tesa σ_s Mpa **15**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile w_{lim} mm **0.20** w1
 Tensione limite ammissibile per barre f 26.0 σ_{lim} MPa **156**
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **9%** **OK!**

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA
Calcolo e Verifica del muro paraghiaia

Dati	var	unità	
Altezza paraghiaia	h	m	2.68
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	6.29
lunghezza dell'impronta di carico Qik alla base	a2	m	3.95
pressione orizzontale dovuta al carico Qik in sommità	sh1	kPa	33.3
pressione orizzontale dovuta al carico Qik alla base	sh2	kPa	10.3
pressione orizzontale dovuta al carico qik distribuito	shd	kPa	3.8
Taglio alla base complessivo	Vmax	kNm	271.8
Momento alla base complessivo	Mmax	kNm	389.2

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	7.96
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	40.2	0.0	0.0
Spinta statica del terreno	0.0	27.6	24.6
Spinta dovuta al carico Qik	0.0	43.2	61.8
Carico Qik sul paraghiaia	37.7	22.6	62.9
Sisma - forze inerziali	0.0	3.5	4.7
Spinta sismica del terreno	0.0	20.6	27.5

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	0.086	3142
secondo strato	0	0	20	0.136	0
Armatura effettivamente disposta			20	0.086	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	91.1	126.0	201.6
SLU-SIS	40.2	24.1	32.3

Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	1114	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	3142	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	569	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		35%	OK!

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA
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	77.9	93.4	149.3

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **103**

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		
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	68.5	76.9	118.1

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **81**

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. **37%** **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	40.2	27.6	24.6

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **17**

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. **9%** **OK!**

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA**Calcolo e Verifica dei muri di risvolto**

Dati	var	unità	
Altezza muro di risvolto	h	m	6.54
larghezza muro di risvolto	a	m	4.90
spessore muro di risvolto	s	m	0.60
coefficiente gamma	γ		0.75
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	50.2
direzione orizzontale	γ	0.500	0.750
coefficiente fac _x	fac _{Mx}	0.134	0.064
coefficiente fac _{Vx}	fac _{Vx}	0.462	0.318

Momento flettente in direzione orizzontale	M _{xmax}	kNm	77.4
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	M _{xband}	kNm	21.1
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	V _{xmax}	kN	78.2
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	V _{xband}	kN	19.2

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 _{ymax}	kNm	192.1
Sforzo di taglio in direzione verticale	V _{ymax}	kN	180.7

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	6.18
lunghezza dell'impronta di carico Q _{ik} alla base	a ₂	m	6.88
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	6.0

pressione orizzontale di calcolo	q	kN/mq	20.2
direzione orizzontale	γ	0.50	0.75
coefficiente fac _x	fac _{Mx}	0.360	0.234
coefficiente fac _{Vx}	fac _{Vx}	1.114	1.043

Momento flettente in direzione orizzontale	M _{xmax}	kNm	113.8
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	M _{xband}	kNm	21.3
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	V _{xmax}	kN	103.3
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	V _{xband}	kN	17.1

direzione verticale	γ	0.50	0.75
coefficiente fac _x	fac _{My}	0.105	0.208
coefficiente fac _{Vy}	fac _{Vy}	0.874	1.129

Momento flettente in direzione verticale	M _{ymax}	kNm	179.2
Sforzo di taglio in direzione verticale	V _{ymax}	kN	149.1

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA
Calcolo e Verifica dei muri di risvolto
Effetti dovuti al sisma

forza inerziale	q1	kN/mq	1.31
incremento di spinta delle terre	q2	kN/mq	10.3
pressione orizzontale di calcolo	q	kN/mq	11.6
direzione orizzontale	γ	0.50	0.75
coefficiente facx	facMx	0.360	0.23
coefficiente facVx	facVx	1.114	1.04

Momento flettente in direzione orizzontale	Mxmax	kNm	65.5
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	Mxband	kNm	15.1
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	Vxmax	kN	59.4
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	Vxband	kN	12.1

direzione verticale	γ	0.50	0.75
coefficiente facx	facMy	0.105	0.207
coefficiente facVy	facVy	0.874	1.128

Momento flettente in direzione verticale	Mymax	kNm	103.1
Sforzo di taglio in direzione verticale	Vymax	kN	85.8

Riepilogo sollecitazioni sul muro

Condizione	Mx kNm	My kNm	Vx kN	Vy kN
Spinta del terreno	98.5	192.1	97.4	180.7
Spinta sovraccarichi accidentali	135.1	179.2	120.4	149.1
Spinta dovuta al sisma	80.6	103.1	71.5	85.8

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	0.072	3142
secondo strato	0	0	20	0.122	0
Armatura effettivamente disposta			20	0.072	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	0.094	4524
secondo strato	0	0	24	0.148	0
Armatura effettivamente disposta			24	0.094	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	315.4	501.3	294.0	445.1
SLU-SIS	179.1	295.2	169.0	266.4

Armatura minima richiesta in dir. Orizzontale	Afh_min	mmq/ml	1696	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	3142	OK!
Momento Resistente dir. Orizzontale	MR_h	kNm/ml	584	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		54%	OK!

Armatura minima richiesta in dir. Verticale	Afh_min	mmq/ml	2813	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	4524	OK!
Momento Resistente dir. Verticale	MR_v	kNm/ml	806	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		62%	OK!

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA
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		233.6	371.3
Tasso di lavoro armature orizzontali	σ_{sh}	Mpa	156
Tasso di lavoro armature verticali	σ_{sv}	Mpa	180
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360
coefficiente di utilizzo armature orizzontali - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		43% OK!
coefficiente di utilizzo armature verticali - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		50% 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		199.9	326.5
Tasso di lavoro armature orizzontali	σ_{sh}	Mpa	134
Tasso di lavoro armature verticali	σ_{sv}	Mpa	158
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.		60% 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.		78% 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		98.5	192.1
Tasso di lavoro armature orizzontali	σ_{sh}	Mpa	66
Tasso di lavoro armature verticali	σ_{sv}	Mpa	93
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.		36% 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.		57% OK!

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA
Verifica bandiera muri di risvolto

Dati	var	unità	
Altezza bandiera - parte a lunghezza costante	h1	m	1.00
Altezza bandiera - parte a lunghezza variabile	h2	m	2.00
spessore bandiera	sban	m	0.60
lunghezza bandiera	Lban	m	3.00
copriferro	c	m	0.07
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	7.68
pressione alla base della parte a lunghezza variabile	sht2	kPa	23.03
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vt1	kN	11.51
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Mt1	kNm	17.27
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vt2	kN	46.05
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Mt2	kNm	46.05

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	25.59
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Mq1	kNm	38.38
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vq2	kN	25.59
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Mq2	kNm	25.59

Effetti dovuti al sisma

spinta inerziale unitaria	ss1	kPa	1.31
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vs1	kN	3.94
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Ms1	kNm	5.91
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vs2	kN	3.94
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Ms2	kNm	3.94
incremento di spinta del terreno unitario	ss2	kPa	4.73
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza costante	Vs3	kN	14.19
Momento flettente nella parte a lunghezza costante	Ms3	kNm	21.29
Sforzo di taglio nella parte a lunghezza variabile	Vs4	kN	14.19
Momento flettente nella parte a lunghezza variabile	Ms4	kNm	14.19

Sollecitazioni all'incastro della bandiera

Condizione	V kN	M kNm
Spinta delle terre	19.2	21.1
Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	17.1	21.3
Sisma - forze inerziali	2.6	3.3
Sisma - incremento di spinta delle terre	9.5	11.8

Armatura orizzontale zona tesa orecchia

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/passio	φ mm	c m	As mmq
primo strato	20	5	16	0.068	1005
secondo strato	0	0	16	0.114	0
Armatura effettivamente disposta			16	0.068	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	48.9	57.3
SLU-SIS	31.3	36.2

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA
Verifica bandiera muri di risvolto

Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	306	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	1005	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	188	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		30%	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	36.2	42.4

Tasso di lavoro armature superiori	σ_s	Mpa	88	
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		24%	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	32.0	37.1

Tasso di lavoro armature superiori	σ_s	Mpa	77	
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.		32%	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	19.2	21.1

Tasso di lavoro armature superiori	σ_s	Mpa	44	
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.		22%	OK!

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO03 - SPALLA SPA
Verifiche SLU per sollecitazioni taglianti

Sollecitazioni di calcolo	Var	unità	Zattera - Mensola posteriore	Mfron	Paraghiaia	Mrisv_h	Mrisv_v
Taglio di calcolo	V_{Ed}	kN	329.9	284.5	126.0	294.0	445.1
Dati							
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	2.80	0.60	0.60	0.60
Larghezza/ Diametro	B	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m ²	2.00	2.80	0.60	0.60	0.60
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.089	0.110	0.086	0.072	0.094
altezza utile della sezione	d	m	1.91	2.69	0.51	0.53	0.51
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							
Coefficiente k	Asl	mmq	5309	7964	3142	3142	4524
vmin	k	m	1.32	1.27	1.62	1.62	1.63
rapporto geometrico di armatura longitudinale	vmin		0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
tensione media di compressione nella sezione	ρ_1		0.00278	0.00296	0.00611	0.00595	0.00894
	σ_{cp}	Mpa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	628.7	869.3	269.8	273.3	302.5
			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 _{Rod}	kN	10395.8	14635.4	2796.2	2872.3	2752.6
<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	1585.8	1674.4	222.2	657.2	629.9
Resistenza a "taglio compressione"	V _{Rcd}	kN	5376.9	7569.7	1446.2	1485.6	1423.7
Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	1585.8	1674.4	222.2	657.2	629.9
			OK	OK	OK	OK	OK

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

**18 ALLEGATO 8 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO
 PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER
 CARICHI ASSIALI**

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA **OPERA: PONTE PO03** **ALLINEAMENTI: SPALLE**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

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}) 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
 [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
 qs = Ks tanδ σ'v con: Ks assunto pari a 1-sen φ'
 tanδ = tanφ

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

	kPa	σ _{vi}	
Tensione totale in testa palo			54.0
Tensione efficace in testa palo		σ' _{vi}	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	3.00
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

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	6
coefficiente ξ	1.50

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.) **COMBINAZIONE M1**

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa
1	MA	0.0	15.0	C	223		1.00	1.00	223.0	0.0	18.0		100			4000
2	M	15.0	50.0	C	360		1.00	1.00	360.0	0.0	17.6		100			4000
3																
4																
5																
6																

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL sabbie limose

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA

OPERA: PONTE PO03

ALLINEAMENTI:

SPALLE

RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

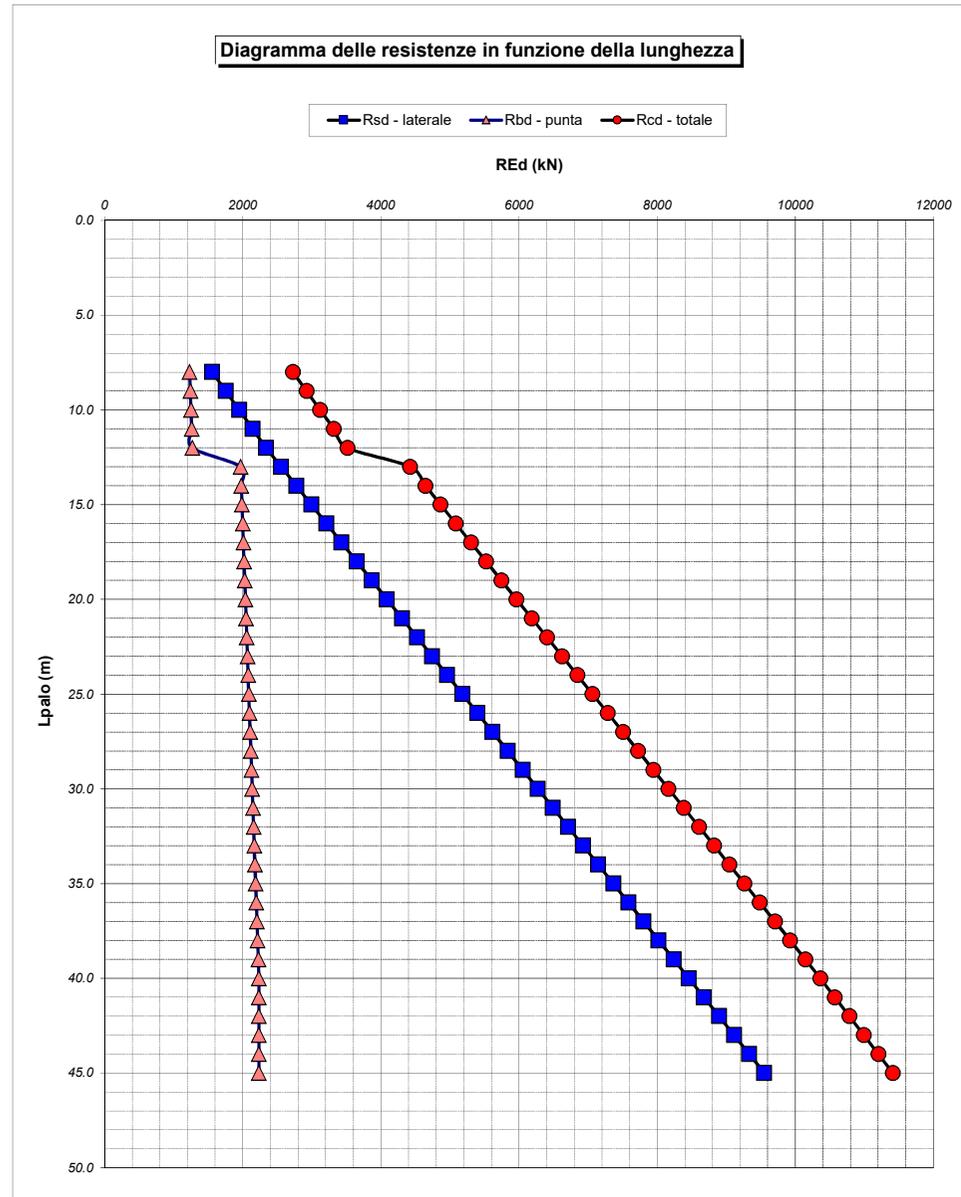
VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

MEDI

Unità	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	Ks	σv kPa	σv' kPa	tanδ	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9*cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	3.0	0.0			18.0	18.0			54.0	54.0														0
1	4.0	1.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	72.0	62.2	0.000	100	89.2	336		2007.0	4000	2079.0	2351	195	1161	8	1348	144
1	5.0	2.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	90.0	70.4	0.000	100	89.2	673		2007.0	4000	2097.0	2372	390	1171	16	1545	289
1	6.0	3.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	108.0	78.6	0.000	100	89.2	1009		2007.0	4000	2115.0	2392	585	1181	24	1742	433
1	7.0	4.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	126.0	86.8	0.000	100	89.2	1345		2007.0	4000	2133.0	2412	780	1191	32	1939	578
1	8.0	5.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	144.0	95.0	0.000	100	89.2	1681		2007.0	4000	2151.0	2433	975	1201	40	2136	722
1	9.0	6.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	162.0	103.1	0.000	100	89.2	2018		2007.0	4000	2169.0	2453	1170	1211	48	2334	866
1	10.0	7.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	180.0	111.3	0.000	100	89.2	2354		2007.0	4000	2187.0	2473	1365	1221	55	2531	1011
1	11.0	8.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	198.0	119.5	0.000	100	89.2	2690		2007.0	4000	2205.0	2494	1560	1232	63	2728	1155
1	12.0	9.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	216.0	127.7	0.000	100	89.2	3026		2007.0	4000	2223.0	2514	1754	1242	71	2925	1299
1	13.0	10.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	234.0	135.9	0.000	100	89.2	3363		2007.0	4000	2241.0	2535	1949	1252	79	3122	1444
1	14.0	11.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	252.0	144.1	0.000	100	89.2	3699		2007.0	4000	2259.0	2555	2144	1262	87	3319	1588
1	15.0	12.0	223.0	0.0	18.0	8.2	89.2	1.00	270.0	152.3	0.000	100	89.2	4035		2007.0	4000	2277.0	2575	2339	1272	95	3516	1733
2	16.0	13.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	287.6	160.1	0.000	100	100.0	4412		3240.0	4000	3527.6	3990	2558	1970	103	4425	1894
2	17.0	14.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	305.2	167.9	0.000	100	100.0	4789		3240.0	4000	3545.2	4010	2776	1980	112	4645	2055
2	18.0	15.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	322.8	175.7	0.000	100	100.0	5166		3240.0	4000	3562.8	4029	2995	1990	120	4865	2217
2	19.0	16.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	340.4	183.4	0.000	100	100.0	5543		3240.0	4000	3580.4	4049	3213	2000	128	5085	2378
2	20.0	17.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	358.0	191.2	0.000	100	100.0	5920		3240.0	4000	3598.0	4069	3432	2010	137	5305	2539
2	21.0	18.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	375.6	199.0	0.000	100	100.0	6297		3240.0	4000	3615.6	4089	3651	2019	145	5525	2701
2	22.0	19.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	393.2	206.8	0.000	100	100.0	6674		3240.0	4000	3633.2	4109	3869	2029	154	5745	2862
2	23.0	20.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	410.8	214.6	0.000	100	100.0	7051		3240.0	4000	3650.8	4129	4088	2039	162	5965	3023
2	24.0	21.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	428.4	222.4	0.000	100	100.0	7428		3240.0	4000	3668.4	4149	4306	2049	170	6185	3185
2	25.0	22.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	446.0	230.2	0.000	100	100.0	7805		3240.0	4000	3686.0	4169	4525	2059	179	6405	3346
2	26.0	23.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	463.6	238.0	0.000	100	100.0	8182		3240.0	4000	3703.6	4189	4743	2068	187	6625	3507
2	27.0	24.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	481.2	245.8	0.000	100	100.0	8559		3240.0	4000	3721.2	4209	4962	2078	195	6845	3669
2	28.0	25.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	498.8	253.6	0.000	100	100.0	8936		3240.0	4000	3738.8	4228	5180	2088	204	7065	3830
2	29.0	26.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	516.4	261.3	0.000	100	100.0	9313		3240.0	4000	3756.4	4248	5399	2098	212	7285	3991
2	30.0	27.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	534.0	269.1	0.000	100	100.0	9690		3240.0	4000	3774.0	4268	5617	2108	221	7505	4153
2	31.0	28.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	551.6	276.9	0.000	100	100.0	10067		3240.0	4000	3791.6	4288	5836	2118	229	7725	4314
2	32.0	29.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	569.2	284.7	0.000	100	100.0	10444		3240.0	4000	3809.2	4308	6055	2127	237	7945	4475
2	33.0	30.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	586.8	292.5	0.000	100	100.0	10821		3240.0	4000	3826.8	4328	6273	2137	246	8165	4637
2	34.0	31.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	604.4	300.3	0.000	100	100.0	11198		3240.0	4000	3844.4	4348	6492	2147	254	8385	4798
2	35.0	32.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	622.0	308.1	0.000	100	100.0	11575		3240.0	4000	3862.0	4368	6710	2157	262	8605	4960
2	36.0	33.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	639.6	315.9	0.000	100	100.0	11952		3240.0	4000	3879.6	4388	6929	2167	271	8825	5121
2	37.0	34.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	657.2	323.7	0.000	100	100.0	12329		3240.0	4000	3897.2	4408	7147	2177	279	9045	5282
2	38.0	35.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	674.8	331.5	0.000	100	100.0	12706		3240.0	4000	3914.8	4428	7366	2186	287	9265	5444
2	39.0	36.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	692.4	339.2	0.000	100	100.0	13083		3240.0	4000	3932.4	4447	7584	2196	296	9485	5605
2	40.0	37.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	710.0	347.0	0.000	100	100.0	13460		3240.0	4000	3950.0	4467	7803	2206	304	9705	5766
2	41.0	38.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	727.6	354.8	0.000	100	100.0	13837		3240.0	4000	3967.6	4487	8021	2216	313	9925	5928
2	42.0	39.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	745.2	362.6	0.000	100	100.0	14214		3240.0	4000	3985.2	4507	8240	2226	321	10145	6089
2	43.0	40.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	762.8	370.4	0.000	100	100.0	14591		3240.0	4000	4000.0	4524	8459	2234	329	10363	6250
2	44.0	41.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	780.4	378.2	0.000	100	100.0	14968		3240.0	4000	4000.0	4524	8677	2234	338	10573	6412
2	45.0	42.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	798.0	386.0	0.000	100	100.0	15345		3240.0	4000	4000.0	4524	8896	2234	346	10784	6573
2	46.0	43.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	815.6	393.8	0.000	100	100.0	15722		3240.0	4000	4000.0	4524	9114	2234	354	10994	6734
2	47.0	44.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	833.2	401.6	0.000	100	100.0	16099		3240.0	4000	4000.0	4524	9333	2234	363	11204	6896
2	48.0	45.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	850.8	409.4	0.000	100	100.0	16476		3240.0	4000	4000.0	4524	9551	2234	371	11414	7057

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA
 OPERA: PONTE PO03
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE

ALLINEAMENTI: SPALLE
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI



RESISTENZA A COMPRESIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Fcd (kN)	c.u.c	Rtd (kN)	Ftd (kN)	c.u.t
SPA	16.0	3213	2000	5085	4216	83%	2378	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:

$$Rcd,gr = npali \times \eta \times Rcd$$

in cui:

npali:

η

Rcd 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	1.20	3.70	14	2	7	0.73	51897	45854	88%

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA OPERA: PONTE PO03 ALLINEAMENTI: SPALLE
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 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}) 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 appresso 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
 qs = Ks tanδ σ'v con: Ks assunto pari a 1-sen φ'
 tanδ = tanφ
 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

	kPa	σ _{vi}	
Tensione totale in testa palo			47.7
Tensione efficace in testa palo		σ _{vi}	47.7

LIVELLO DELLA FALDA E AFF. DELLA TESTA DEL PALO (DA P.C.)

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	3.00
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 γ _b	1.35
coefficiente γ _s	1.15

N.B. Per palo che emerge da p.c. valore negativo

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MINIMI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	6
coefficiente ξ	1.34

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.) COMBINAZIONE M1

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa
1	MA	0	0.0	15.0	C	191.0		1.00	1.00	191.0	0.0	15.9				4000
2	M		15.0	50.0	C	294.0		1.00	1.00	294.0	0.0	15.9				4000
3																
4																
5																
6																

Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL sabbie limose

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA

OPERA: PONTE PO03

ALLINEAMENTI:

SPALLE

RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

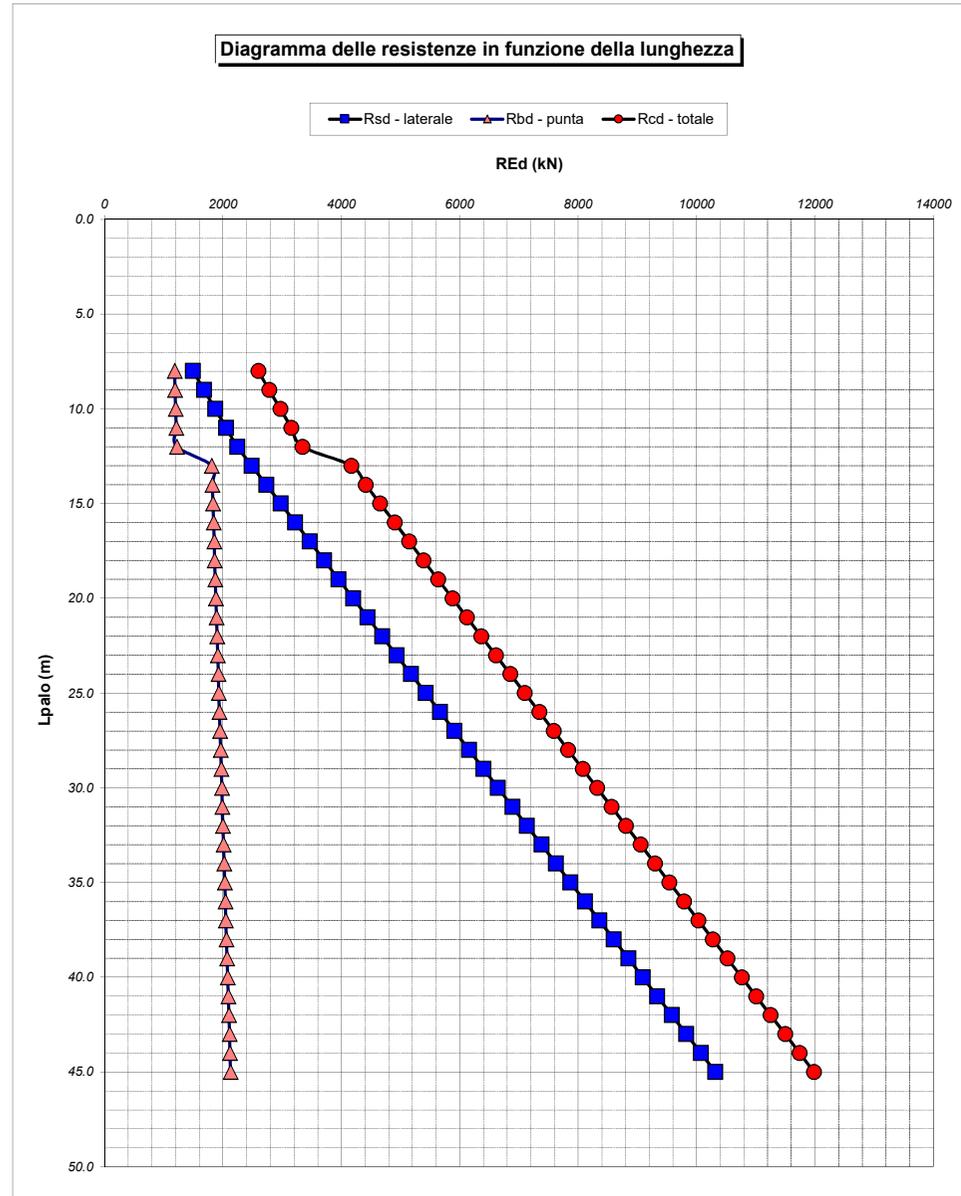
VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

MINIMI

Unità	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	qa kPa	Ks	σv kPa	σv' kPa	tanδ	qs,max kPa	qs kPa	Qs kN	Nq*	9*cu kPa	qb,max kPa	qb kPa	Qb kN	Rsd kN	Rbd kN	Wp kN	Rcd kN	Rtd kN
1	3.0	0.0			15.9	15.9			47.7	47.7														0
1	4.0	1.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	63.6	53.8	0.000	100	76.4	288		1719.0	4000	1782.6	2016	187	1114	10	1291	141
1	5.0	2.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	79.5	59.9	0.000	100	76.4	576		1719.0	4000	1798.5	2034	374	1124	21	1478	282
1	6.0	3.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	95.4	66.0	0.000	100	76.4	864		1719.0	4000	1814.4	2052	561	1134	31	1664	423
1	7.0	4.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	111.3	72.1	0.000	100	76.4	1152		1719.0	4000	1830.3	2070	748	1144	41	1851	565
1	8.0	5.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	127.2	78.2	0.000	100	76.4	1440		1719.0	4000	1846.2	2088	935	1154	51	2037	706
1	9.0	6.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	143.1	84.2	0.000	100	76.4	1728		1719.0	4000	1862.1	2106	1121	1164	62	2224	847
1	10.0	7.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	159.0	90.3	0.000	100	76.4	2016		1719.0	4000	1878.0	2124	1308	1174	72	2410	988
1	11.0	8.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	174.9	96.4	0.000	100	76.4	2304		1719.0	4000	1893.9	2142	1495	1184	82	2597	1129
1	12.0	9.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	190.8	102.5	0.000	100	76.4	2592		1719.0	4000	1909.8	2160	1682	1194	93	2784	1270
1	13.0	10.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	206.7	108.6	0.000	100	76.4	2880		1719.0	4000	1925.7	2178	1869	1204	103	2970	1411
1	14.0	11.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	222.6	114.7	0.000	100	76.4	3168		1719.0	4000	1941.6	2196	2056	1214	113	3157	1552
1	15.0	12.0	191.0	0.0	15.9	6.1	76.4	1.00	238.5	120.8	0.000	100	76.4	3456		1719.0	4000	1957.5	2214	2243	1224	124	3343	1694
2	16.0	13.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	254.4	126.9	0.000	100	100.0	3833		2646.0	4000	2900.4	3280	2488	1813	134	4167	1875
2	17.0	14.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	270.3	133.0	0.000	100	100.0	4210		2646.0	4000	2916.3	3298	2732	1823	144	4411	2057
2	18.0	15.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	286.2	139.1	0.000	100	100.0	4587		2646.0	4000	2932.2	3316	2977	1833	154	4656	2238
2	19.0	16.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	302.1	145.1	0.000	100	100.0	4964		2646.0	4000	2948.1	3334	3221	1843	165	4900	2420
2	20.0	17.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	318.0	151.2	0.000	100	100.0	5341		2646.0	4000	2964.0	3352	3466	1853	175	5144	2601
2	21.0	18.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	333.9	157.3	0.000	100	100.0	5718		2646.0	4000	2979.9	3370	3711	1863	185	5388	2783
2	22.0	19.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	349.8	163.4	0.000	100	100.0	6095		2646.0	4000	2995.8	3388	3955	1873	196	5633	2964
2	23.0	20.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	365.7	169.5	0.000	100	100.0	6472		2646.0	4000	3011.7	3406	4200	1883	206	5877	3146
2	24.0	21.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	381.6	175.6	0.000	100	100.0	6849		2646.0	4000	3027.6	3424	4445	1893	216	6121	3327
2	25.0	22.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	397.5	181.7	0.000	100	100.0	7226		2646.0	4000	3043.5	3442	4689	1903	226	6366	3509
2	26.0	23.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	413.4	187.8	0.000	100	100.0	7603		2646.0	4000	3059.4	3460	4934	1913	237	6610	3690
2	27.0	24.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	429.3	193.9	0.000	100	100.0	7980		2646.0	4000	3075.3	3478	5179	1923	247	6854	3872
2	28.0	25.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	445.2	200.0	0.000	100	100.0	8357		2646.0	4000	3091.2	3496	5423	1933	257	7098	4054
2	29.0	26.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	461.1	206.0	0.000	100	100.0	8734		2646.0	4000	3107.1	3514	5668	1943	268	7343	4235
2	30.0	27.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	477.0	212.1	0.000	100	100.0	9111		2646.0	4000	3123.0	3532	5912	1952	278	7587	4417
2	31.0	28.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	492.9	218.2	0.000	100	100.0	9488		2646.0	4000	3138.9	3550	6157	1962	288	7831	4598
2	32.0	29.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	508.8	224.3	0.000	100	100.0	9865		2646.0	4000	3154.8	3568	6402	1972	298	8076	4780
2	33.0	30.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	524.7	230.4	0.000	100	100.0	10242		2646.0	4000	3170.7	3586	6646	1982	309	8320	4961
2	34.0	31.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	540.6	236.5	0.000	100	100.0	10619		2646.0	4000	3186.6	3604	6891	1992	319	8564	5143
2	35.0	32.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	556.5	242.6	0.000	100	100.0	10996		2646.0	4000	3202.5	3622	7136	2002	329	8809	5324
2	36.0	33.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	572.4	248.7	0.000	100	100.0	11373		2646.0	4000	3218.4	3640	7380	2012	340	9053	5506
2	37.0	34.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	588.3	254.8	0.000	100	100.0	11750		2646.0	4000	3234.3	3658	7625	2022	350	9297	5687
2	38.0	35.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	604.2	260.9	0.000	100	100.0	12127		2646.0	4000	3250.2	3676	7870	2032	360	9541	5869
2	39.0	36.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	620.1	266.9	0.000	100	100.0	12504		2646.0	4000	3266.1	3694	8114	2042	371	9786	6050
2	40.0	37.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	636.0	273.0	0.000	100	100.0	12881		2646.0	4000	3282.0	3712	8359	2052	381	10030	6232
2	41.0	38.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	651.9	279.1	0.000	100	100.0	13258		2646.0	4000	3297.9	3730	8604	2062	391	10274	6414
2	42.0	39.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	667.8	285.2	0.000	100	100.0	13635		2646.0	4000	3313.8	3748	8848	2072	401	10519	6595
2	43.0	40.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	683.7	291.3	0.000	100	100.0	14012		2646.0	4000	3329.7	3766	9093	2082	412	10763	6777
2	44.0	41.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	699.6	297.4	0.000	100	100.0	14389		2646.0	4000	3345.6	3784	9337	2092	422	11007	6958
2	45.0	42.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	715.5	303.5	0.000	100	100.0	14766		2646.0	4000	3361.5	3802	9582	2102	432	11251	7140
2	46.0	43.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	731.4	309.6	0.000	100	100.0	15143		2646.0	4000	3377.4	3820	9827	2112	443	11496	7321
2	47.0	44.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	747.3	315.7	0.000	100	100.0	15520		2646.0	4000	3393.3	3838	10071	2121	453	11740	7503
2	48.0	45.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	763.2	321.8	0.000	100	100.0	15897		2646.0	4000	3409.2	3856	10316	2131	463	11984	7684

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA
 OPERA: PONTE PO03
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: SPALLE
 MINIMI



RESISTENZA A COMPRESIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Fcd (kN)	c.u.c	Rtd (kN)	Ftd (kN)	c.u.t
SPA	16.0	3221	1843	4900	4216	86%	2420	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	1.20	3.60	14	2	7	0.72	49529	45854	93%

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03 – Ponte Riu Santu Sestutu</i>	

**19 ALLEGATO 9 –FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO
 PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER
 CARICHI TRASVERSALI**

LAVORO: SS554
RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI

OPERA: PO03
ALLINEAMENTI: SPALLE

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi trasversali Rtr,d è pari a:

Rtr,d = Rtr,k / γT: Resistenza ai carichi trasversali di progetto
 Rtr,k = Min [(Rtr,cal)media / ξ3; (Rtr,cal)min / ξ4] Resistenza ai carichi trasversali caratteristica
 Rtr,calc = Hlim: Resistenza ai carichi trasversali di calcolo

Il coefficiente parziale γT per verifiche SLU di pali soggetti ad azioni trasversali è pari a:

Coefficiente parziale (R3) γT 1.30

La resistenza ai carichi trasversali di calcolo è valutata in accordo a Broms (1984):

Terreni coesivi:

palo corto: Hlim = 9 cu D (L - 1.5 D)
 palo intermedio: Hlim = -9 cu D² (L/D + 1.5) + 9 cu D² (2 (L/D)² + 4/9 My / (cu D³) + 4.5)^{0.5}
 palo lungo: Hlim = -13.5 cu D² + cu D² (182.25 + 36 My / (cu D³))^{0.5}

Terreni incoerenti:

palo corto: Hlim = 1.5 L² Kp γ' D
 palo intermedio: Hlim = 0.5 L² Kp γ' D + My / L
 palo lungo: Hlim = Kp γ' D³ ((3.681 My / (Kp γ' D⁴))²)^{1/3}

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
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

Diametro del palo	D	m	1.20
Lunghezza minima del palo	L	m	16.00

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	6
coefficiente ξ3	1.50
coefficiente ξ4	1.34

PARAMETRI GEOTECNICI

DESCRIZIONE	TERRENI COESIVI		TERRENI INCOERENTI					
	cu,med kPa	cu,min kPa	γ',med kN/m ³	φ',med deg	kp,med	γ',min kN/m ³	φ',min deg	kp,min
MA	223.0	191.0			1.00			1.00

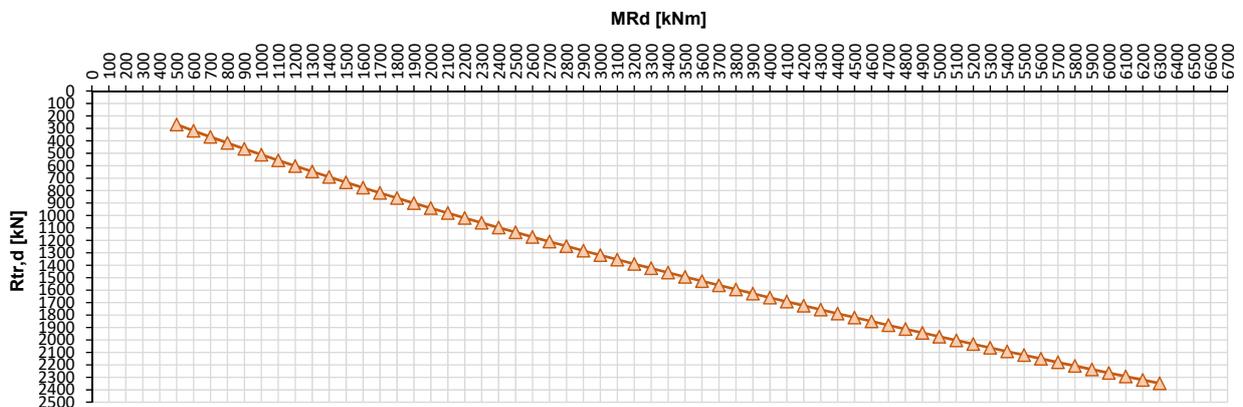
* Per terreni incoerenti impostare cu,min = ""

My=MRd (kNm)	PARAMETRI MEDI					PARAMETRI MINIMI					Rtr,d (kN)
	palo corto		palo intermedio		palo lungo	palo corto		palo intermedio		palo lungo	
	Hlim1,med (kN)	Hlim2,med (kN)	Hlim3,med (kN)	Hlim (kN)	Rtr,d,med (kN)	Hlim1,min (kN)	Hlim2,min (kN)	Hlim3,min (kN)	Hlim (kN)	Rtr,d,min (kN)	
500	34199	12014	524	524	269	29292	10296	519	519	298	269
600	34199	12023	622	622	319	29292	10305	616	616	353	319
700	34199	12032	718	718	368	29292	10314	710	710	408	368
800	34199	12040	813	813	417	29292	10323	802	802	461	417
900	34199	12049	905	905	464	29292	10331	893	893	512	464
1000	34199	12058	997	997	511	29292	10340	981	981	563	511
1100	34199	12067	1086	1086	557	29292	10349	1068	1068	613	557
1200	34199	12075	1174	1174	602	29292	10358	1154	1154	662	602
1300	34199	12084	1261	1261	647	29292	10366	1238	1238	711	647
1400	34199	12093	1346	1346	690	29292	10375	1321	1321	758	690
1500	34199	12102	1431	1431	734	29292	10384	1402	1402	805	734
1600	34199	12110	1514	1514	776	29292	10393	1482	1482	851	776
1700	34199	12119	1595	1595	818	29292	10402	1561	1561	896	818
1800	34199	12128	1676	1676	859	29292	10410	1638	1638	941	859
1900	34199	12137	1756	1756	900	29292	10419	1715	1715	985	900
2000	34199	12146	1834	1834	941	29292	10428	1791	1791	1028	941
2100	34199	12154	1912	1912	980	29292	10437	1865	1865	1071	980
2200	34199	12163	1988	1988	1020	29292	10445	1938	1938	1113	1020
2300	34199	12172	2064	2064	1059	29292	10454	2011	2011	1154	1059
2400	34199	12181	2139	2139	1097	29292	10463	2083	2083	1196	1097
2500	34199	12189	2213	2213	1135	29292	10472	2153	2153	1236	1135
2600	34199	12198	2286	2286	1172	29292	10480	2223	2223	1276	1172
2700	34199	12207	2358	2358	1209	29292	10489	2292	2292	1316	1209
2800	34199	12216	2430	2430	1246	29292	10498	2361	2361	1355	1246
2900	34199	12224	2501	2501	1282	29292	10506	2428	2428	1394	1282
3000	34199	12233	2571	2571	1318	29292	10515	2495	2495	1432	1318
3100	34199	12242	2640	2640	1354	29292	10524	2561	2561	1470	1354
3200	34199	12250	2709	2709	1389	29292	10533	2627	2627	1508	1389
3300	34199	12259	2777	2777	1424	29292	10541	2691	2691	1545	1424
3400	34199	12268	2845	2845	1459	29292	10550	2755	2755	1582	1459
3500	34199	12277	2911	2911	1493	29292	10559	2819	2819	1618	1493
3600	34199	12285	2977	2977	1527	29292	10568	2882	2882	1654	1527
3700	34199	12294	3043	3043	1561	29292	10576	2944	2944	1690	1561
3800	34199	12303	3108	3108	1594	29292	10585	3006	3006	1725	1594
3900	34199	12312	3172	3172	1627	29292	10594	3067	3067	1761	1627

LAVORO: SS554 **OPERA: PO03**
RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI **ALLINEAMENTI: SPALLE**

4000	34199	12320	3236	3236	1660	29292	10602	3127	3127	1795	1660
4100	34199	12329	3300	3300	1692	29292	10611	3187	3187	1830	1692
4200	34199	12338	3363	3363	1724	29292	10620	3247	3247	1864	1724
4300	34199	12347	3425	3425	1756	29292	10629	3306	3306	1898	1756
4400	34199	12355	3487	3487	1788	29292	10637	3365	3365	1931	1788
4500	34199	12364	3548	3548	1820	29292	10646	3423	3423	1965	1820
4600	34199	12373	3609	3609	1851	29292	10655	3480	3480	1998	1851
4700	34199	12381	3669	3669	1882	29292	10663	3537	3537	2031	1882
4800	34199	12390	3729	3729	1912	29292	10672	3594	3594	2063	1912
4900	34199	12399	3789	3789	1943	29292	10681	3650	3650	2095	1943
5000	34199	12408	3848	3848	1973	29292	10690	3706	3706	2127	1973
5100	34199	12416	3907	3907	2003	29292	10698	3761	3761	2159	2003
5200	34199	12425	3965	3965	2033	29292	10707	3816	3816	2191	2033
5300	34199	12434	4023	4023	2063	29292	10716	3871	3871	2222	2063
5400	34199	12442	4080	4080	2092	29292	10724	3925	3925	2253	2092
5500	34199	12451	4137	4137	2122	29292	10733	3979	3979	2284	2122
5600	34199	12460	4194	4194	2151	29292	10742	4032	4032	2315	2151
5700	34199	12469	4250	4250	2180	29292	10750	4086	4086	2345	2180
5800	34199	12477	4306	4306	2208	29292	10759	4138	4138	2376	2208
5900	34199	12486	4362	4362	2237	29292	10768	4191	4191	2406	2237
6000	34199	12495	4417	4417	2265	29292	10777	4243	4243	2436	2265
6100	34199	12503	4472	4472	2293	29292	10785	4294	4294	2465	2293
6200	34199	12512	4526	4526	2321	29292	10794	4346	4346	2495	2321
6300	34199	12521	4580	4580	2349	29292	10803	4397	4397	2524	2349

Resistenza di progetto del palo singolo alle azioni trasversali
Palo impedito di ruotare in testa (incastro)



ALLINEAMENTO	PALO SINGOLO				PALIFICATA						
	My (kNm)	Rtr,d (kN)	Ftr,d (kN)	c.u.1	My (kNm)	Rtr,d1 (kN)	npali	η (%)	Rtr,dgr (kN)	Ftr,dgr (kN)	c.u.gr
SPA	2957.0	1282	773.0	60%	3229.0	1389	14.0	80%	15560	10822.0	70%