

**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**

**P001 – PONTE CANALE**

**Relazione tecnica e di calcolo**



CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

D P C A 0 3 5 2    D    1 9

NOME FILE

CA352\_P00P001STRRE01\_A

CODICE ELAB.

P 0 0 P 0 0 1 S T R R E 0 1

REVISIONE

SCALA:

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)		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i>	

## INDICE

---

<b>1</b>	<b>GENERALITA'</b> .....	<b>6</b>
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 <math>V_n</math></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
<b>2</b>	<b>NORMATIVE E RIFERIMENTI</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>NORME TECNICHE</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO</b> .....	<b>11</b>
4.1	CALCESTRUZZI .....	11
4.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i> .....	11
4.1.2	<i>Copriferri nominali</i> .....	12
4.1.3	<i>Resistenze di progetto</i> .....	14
4.1.4	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	15
4.2	ACCIAIO IN BARRE PER CEMENTO ARMATO E RETI ELETTRISALDATE .....	17
4.2.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	17
4.2.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	17
4.3	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA .....	18
4.3.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	18
4.3.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	18
4.4	CONNETTORI A PIOLO TIPO NELSON.....	18
4.4.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	18
4.4.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	19
4.5	GIUNZIONI BULLONATE .....	19
4.5.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	19

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
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

4.5.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	19
4.6	GIUNZIONI SALDATE .....	19
<b>5</b>	<b>AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO</b> .....	<b>21</b>
5.1	ELENCO DELLE AZIONI SUI PONTI STRADALI.....	21
5.2	ANALISI DEI CARICHI .....	21
5.2.1	<i>Azioni permanenti - Peso proprio degli elementi strutturali – g1</i> .....	22
5.2.2	<i>Azioni permanenti - Carichi permanenti portati – g2</i> .....	22
5.2.3	<i>Azioni permanenti - Spinta delle terre in condizioni statiche – g3</i> .....	23
5.2.4	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Effetti reologici: ritiro e viscosità – <math>\epsilon_2</math> e <math>\epsilon_3</math></i> .....	24
5.2.5	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – <math>\epsilon_4</math></i> .....	26
5.2.6	<i>Azioni variabili da traffico - Carichi verticali comprensivi degli effetti dinamici – q1</i> .....	26
5.2.7	<i>Azioni variabili da traffico – Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione – q3</i> <i>30</i>	
5.2.8	<i>Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q4</i> .....	30
5.2.9	<i>Azioni di Neve e di Vento – q5</i> .....	31
5.2.10	<i>Azioni della temperatura – q7</i> .....	33
5.2.11	<i>Azioni sui parapetti e urto veicolo in svio – q8</i> .....	36
5.2.12	<i>Resistenze parassite dei vincoli – q9</i> .....	39
5.2.13	<i>Azioni sismiche – E</i> .....	39
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	43
5.3.1	<i>Combinazioni di carico in esercizio</i> .....	43
5.3.2	<i>Combinazioni di carico in fase sismica</i> .....	46
<b>6</b>	<b>ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO</b> .....	<b>47</b>
6.1	CRITERI DI CALCOLO .....	47
6.1.1	<i>Analisi globale</i> .....	47
6.1.2	<i>Analisi locali</i> .....	49
6.2	ANALISI STATICA GLOBALE .....	49
6.2.1	<i>Caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni in fase di analisi</i> .....	50
6.2.2	<i>Applicazione dei carichi al modello</i> .....	50
6.2.3	<i>Sollecitazioni di progetto</i> .....	51
6.3	VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI.....	63

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
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

6.3.1	Verifiche di resistenza SLU .....	63
6.3.2	Verifiche SLE "a respiro" delle anime .....	71
6.3.3	Verifiche agli SLE-RARA delle travi principali .....	72
6.3.4	Verifiche a fatica .....	74
6.3.5	Verifiche SLU delle saldature longitudinali .....	82
6.3.6	Verifiche delle connessioni a pioli.....	83
6.4	VERIFICHE SLE DI DEFORMABILITÀ DELLA STRUTTURA .....	85
6.5	VERIFICA DELLA SOLETTA IN C.A. ....	86
6.5.1	Verifica delle predalles in fase di autoportanza.....	87
6.5.2	Verifiche della soletta in esercizio (2° fase).....	93
<b>7</b>	<b>ANALISI E VERIFICA DELLE SPALLE .....</b>	<b>128</b>
7.1	ANALISI DELLA PALIFICATA.....	128
7.2	CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE .....	129
7.3	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE .....	130
7.4	DIMENSIONAMENTO DELLE SINGOLE MEMBRATURE DELLE SPALLE.....	134
7.4.1	Zattera di fondazione .....	134
7.4.2	Mensola posteriore .....	134
7.4.3	Muro frontale.....	134
7.4.4	Paraghiaia.....	134
7.4.5	Muri di risvolto.....	136
7.4.6	Verifiche di resistenza a taglio.....	137
<b>8</b>	<b>VERIFICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E GIUNTI DI DILATAZIONE .....</b>	<b>138</b>
8.1	APPARECCHI DI APPOGGIO .....	138
8.1.1	Carichi verticali trasmessi dall'impalcato .....	138
8.1.2	Carichi orizzontali trasmessi dall'impalcato.....	138
8.2	ESCURSIONI DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO E DEI GIUNTI DI DILATAZIONE.....	140
8.3	RIEPILOGO CARATTERISTICHE DI PROGETTO DISPOSITIVI DI VINCOLO E GIUNTI .....	140
<b>9</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE SLU ED SLE DELLE FONDAZIONI SU PALI .....</b>	<b>142</b>
9.1	CRITERI DI CALCOLO.....	142
9.1.1	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione .....	143

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
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

9.1.2	Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico assiale di compressione .....	147
9.1.3	Verifiche SLU di collasso per sfilamento del palo singolo nei riguardi del carico assiale di trazione .....	147
9.1.4	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale .....	148
9.1.5	Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico trasversale .....	154
9.2	APPLICAZIONE AL CASO IN ESAME .....	157
9.2.1	Caratteristiche delle opere di fondazione su pali.....	157
9.2.2	Parametri geotecnici e stratigrafie di progetto.....	157
9.2.3	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione e di trazione (sfilamento).....	158
9.2.4	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale .....	158
<b>10</b>	<b>DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018) .....</b>	<b>160</b>
10.1	TIPO DI ANALISI SVOLTE.....	160
10.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	160
10.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO .....	160
10.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	160
10.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	160
10.6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	161
<b>11</b>	<b>ALLEGATO 1 – IMPALCATO - ANALISI STATICA GLOBALE – CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI ANALISI.....</b>	<b>162</b>
<b>12</b>	<b>ALLEGATO 2 – IMPALCATO ANALISI STATICA GLOBALE – CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI VERIFICA .....</b>	<b>163</b>
<b>13</b>	<b>ALLEGATO 3 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - SOLLECITAZIONI PER VERIFICHE SLU</b>	<b>164</b>
<b>14</b>	<b>ALLEGATO 4 – IMPALCATO - VERIFICHE SLU TRAVI PRINCIPALI .....</b>	<b>165</b>
<b>15</b>	<b>ALLEGATO 5 – IMPALCATO - VERIFICA DELLE SALDATURE LONGITUDINALI DELLE TRAVI PRINCIPALI .....</b>	<b>166</b>
<b>16</b>	<b>ALLEGATO 6 – IMPALCATO – TRAVI PRINCIPALI - VERIFICA DELLE CONNESSIONI A PIOLI .....</b>	<b>167</b>
<b>17</b>	<b>ALLEGATO 7 – SOTTOSTRUTTURE: SPALLA SPA .....</b>	<b>168</b>

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)		
<b>CA352</b>	<b><i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i></b>	

<b>18 ALLEGATO 8 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO          LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI ASSIALI .....</b>	<b>169</b>
<b>19 ALLEGATO 9 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO          LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI TRASVERSALI.....</b>	<b>170</b>

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

## 1 GENERALITA'

### 1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche relative alle strutture del "Ponte Canale" dalla progressiva km 1 + 855 alla progressiva km 1+890, previsto nell'ambito dei lavori di realizzazione della "S.S. n.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).

Il ponte è composto da 1 campata di luce pari a 35.0 m misurata in asse appoggi spalle.

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):

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

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

*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 [in rettilineo](#).

L'opera in esame è costituita da [due](#) impalcati distinti di identiche dimensioni.

Il singolo impalcato ha larghezza complessiva pari a [11.25 m](#).

La piattaforma stradale ha larghezza di [9.75 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 è a struttura mista acciaio-calcestruzzo, con sezione trasversale "aperta" costituita da due travi metalliche principali di altezza costante pari a [2.00 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)		
CA352	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

La distanza trasversale tra le travi è pari a **6.50** m. Gli sbalzi laterali hanno luce pari a **2.375** m in sx e dx.

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

Le travi principali saranno realizzate mediante lamiere saldate.

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

Il graticcio d'impalcato è completato dai traversi, del tipo ad anima piena, posti in campata ed in corrispondenza degli allineamenti di appoggio. L'interasse tra i traversi è pari a **7.00** m. Anche i traversi hanno sezione a doppio T composta mediante lamiere 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 Ø**22** con altezza di **220** mm.

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

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

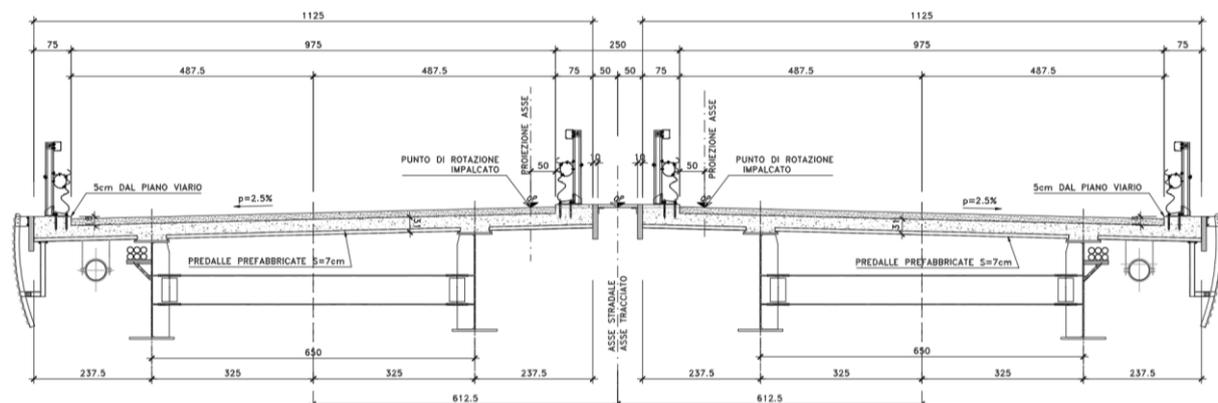


Figura 1.1. Sezione trasversale impalcato in campata

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

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 pari a **7.0** m per SPA e SPB e spessore pari a **1.80** m;
- paraghiaia di spessore **60** cm, debitamente arretrato rispetto alle travi d'impalcato in modo da garantire un varco di ampiezza adeguata alla manutenzione;
- muri andatori laterali per il contenimento del quarto di cono del rilevato.

Per il dimensionamento dei muri d'ala si rimanda alla specifica relazione di calcolo, comune a tutti i viadotti previsti nell'ambito dei lavori. In questa relazione, sulla base delle azioni in testa pali illustrate nella suddetta relazione di calcolo, sono riportate le verifiche geotecniche dei pali di fondazioni.

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 **21** (3 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 macroconco, 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.

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 "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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b><i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i></b>	

## **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"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

## 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 ( $SO_4$ ) 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
Ammoniaca (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 (CO <sub>2</sub> )	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	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i>	

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	C32/40	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 <sup>3</sup> )		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 <sub>min</sub>	C <sub>0</sub>	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 <sub>≥C<sub>0</sub></sub>	C <sub>min≤C&lt;C<sub>0</sub></sub>	C <sub>≥C<sub>0</sub></sub>	C <sub>min≤C&lt;C<sub>0</sub></sub>	C <sub>≥C<sub>0</sub></sub>	C <sub>min≤C&lt;C<sub>0</sub></sub>	C <sub>≥C<sub>0</sub></sub>	C <sub>min≤C&lt;C<sub>0</sub></sub>
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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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**

<b>Dati generali relativi all'opera</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	
Tipo di costruzione (1=temp. o provvisoria; 2 = prestazioni ordinarie; 3=prestazioni elevate)	TC		3
Vita nominale dell'opera	V <sub>N</sub>	anni	100

Tabella C4.1.IV Copriferri minimi in mm

ambiente	R <sub>ckmin</sub>	R <sub>ck0</sub>	barre da c.a.				cavi da c.a.p.			
			elementi a piastra		altri elementi		elementi a piastra		altri elementi	
			R <sub>ck</sub> ≥ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤ R <sub>ck</sub> ≤ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ck</sub> ≥ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤ R <sub>ck</sub> ≤ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ck</sub> ≥ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤ R <sub>ck</sub> ≤ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ck</sub> ≥ R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤ R <sub>ck</sub> ≤ R <sub>ck0</sub>
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 baggioi	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 <sub>ck</sub>	40	40	40	40	45	45
Check R <sub>ck</sub> min	OK	OK	OK	OK	OK	OK
copriferro minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	35	30	30	35	30	30
incremento Per V <sub>n</sub> =100 (tipo di costruzione 3)	10	10	10	10	10	10
elem. prefabbricato con ver. Copriferri*	NO	NO	NO	NO	SI	NO
riduzione per produzioni con ver. Copriferri	0	0	0	0	-5	0
Tolleranza di posa	10	10	10	10	5	10
copriferro nominale	55	50	50	55	40	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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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
copriferro nominale di progetto	mm	75	50	50	55	40	50

Tabella 4.3 – Valori dei copriferrini 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
<b>STATI LIMITE ULTIMI</b>		
	<b>Var</b>	
coefficiente $\gamma_c$	$\gamma_c$	1.50
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	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
<b>STATI LIMITE DI ESERCIZIO</b>		
	<b>Var</b>	
$\sigma_{c, max}$ - 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
$\sigma_t$ - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	2.52
<b>ANCORAGGIO DELLE BARRE</b>		
	<b>Var</b>	
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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

### 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 $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		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
$\sigma_t$ - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	Mpa	2.67

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

#### 4.1.4 Verifiche a fessurazione

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

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Nel caso in esame si considerano:

- Condizioni **aggressive**; per le verifiche a fessurazione della **soletta**, delle **elevazioni 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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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 $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ 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 $\sigma_s$ [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	-

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

<b>Tensioni limite in funzione diametro barre</b>			
<b>Diametro barre <math>\phi</math> [mm]</b>	<b>Tensione max acciaio <math>\sigma_s</math> [Mpa]</b>		
	<b><math>w_3=0.4\text{mm}</math></b>	<b><math>w_2=0.3\text{mm}</math></b>	<b><math>w_1=0.2\text{mm}</math></b>
	40	160	114
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

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

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

### 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  $\leq 20$  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				<a href="#">S355</a>
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
<b>STATI LIMITE ULTIMI</b>		<b>Var</b>	<b>unità</b>	
coeff. di sicurezza per resistenza delle sezioni $\gamma_{m0}$		$\gamma_{m0}$		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature $\gamma_{m1}$		$\gamma_{m1}$		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti $\gamma_{m1}$		$\gamma_{m1}$		1.10
coeff. di sicurezza per resistenza alla frattura, delle sez. Tese indebolite dai fori $\gamma_{m2}$		$\gamma_{m2}$		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"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

#### 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	$\geq 350$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{uk}$	Mpa	$\geq 450$
Allungamento percentuale a rottura	A	%	$\geq 15$
Strizione	St	%	$\geq 50$

#### 4.5 Giunzioni bullonate

##### 4.5.1 Qualità dell'acciaio

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

I bulloni avranno le seguenti caratteristiche:

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

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

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

In ogni caso i collegamenti bullonati devono essere a **serraggio controllato** con bulloni caratterizzati da classe k pari a **K<sub>2</sub>** (bulloneria da precarico).

##### 4.5.2 Resistenze di progetto

Classe di resistenza della vite				<b>10.9</b>
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{y,bk}$	Mpa		900
Tensione caratteristica di rottura	$f_{t,bk}$	Mpa		1000
STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità		
coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni $\gamma_{m2}$	$\gamma_{m2}$			<b>1.25</b>
Resistenza unitaria a taglio - gambo filettato della vite ( $A_{res}$ ) $f_{v,Rd} = fac f_{t,bk} / \gamma_{m2}$	$f_{v,Rd}$	MPa		400
Resistenza unitaria a taglio - gambo NON filettato della vite (A) $f_{v,Rd} = 0.6 f_{t,bk} / \gamma_{m2}$	$f_{v,Rd}$	MPa		480
Resistenza unitaria a trazione - $f_{t,Rd} = 0.9 f_{t,bk} / \gamma_{m2}$	$f_{t,Rd}$	MPa		720
Unioni ad attrito - coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni a scorrimento SLU $\gamma_{m3}$	$\gamma_{m3}$ SLU			<b>1.25</b>
Unioni ad attrito - coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni a scorrimento SLE $\gamma_{m3}$	$\gamma_{m3}$ SLE			<b>1.10</b>
Unioni ad attrito - coefficiente $\gamma_{m7}$ - Precarico dei bulloni ad Alta Resistenza	$\gamma_{m7}$			<b>1.00</b>
Unioni ad attrito - Forza unitaria di "precarico" $f_{p,Cd} = 0.7 f_{t,bk} / \gamma_{m7}$	$f_{p,Cd}$	MPa		700
Unioni ad attrito - coefficiente di attrito $\mu$	$\mu$			<b>0.30</b>
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 concetti 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)		
<b>CA352</b>	<b><i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i></b>	

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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

## 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 PO01 – Ponte Canale</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 1.60 che tiene conto dell'incidenza delle strutture secondarie (traversi, controventi, saldature, bullonature etc.).

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

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

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

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

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

- Strutture in carpenteria metallica impalcato :  $2.30 \times 11.25 = 25.90$  kN/ml

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

$$Pg1a = 25.90 + 87.2 = 113.10 \text{ kN/m}$$

### 5.2.1.2 Peso proprio delle sottostrutture e relative fondazioni

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

## 5.2.2 Azioni permanenti - Carichi permanenti portati – g2

### 5.2.2.1 Carichi permanenti agenti sulle strutture d'impalcato

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

Sono state prese in considerazione due configurazioni:

- la prima (g2max\_tr), relativa alla sezione trasversale d'impalcato con tubazioni di smaltimento e reti di protezioni montate solo 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 (g2max\_imp), implementata nelle analisi delle sottostrutture, relativa alla sezione trasversale dei due impalcati gravanti sulla singola spalla. Si considerano tubazioni di smaltimento, carter metallici e reti di protezione sugli sbalzi esterni di entrambi gli impalcati.

Le rispettive analisi dei carichi permanenti portati sono appresso illustrate:

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

### G2max\_tr:

<i>Analisi dei carichi</i>		p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)
cordolo sx	kN/m	3.75	-5.25	-19.69
cordolo dx	kN/m	3.75	5.25	19.69
pavimentazione	kN/m	29.25	0.00	0.00
guard-rail sx	kN/m	1.50	-5.38	-8.06
guard-rail dx	kN/m	1.50	5.38	8.06
barriera antirumore /parapetto sx	kN/m	0.00	-5.48	0.00
barriera antirumore /parapetto dx	kN/m	0.50	5.48	2.74
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in sx	kN/m	0.00	-4.88	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in dx	kN/m	1.50	4.88	7.31
veletta sx	kN/m	1.40	-5.63	-7.88
veletta dx + carter	kN/m	2.90	5.63	16.31
<b>Sommano</b>		<b>46.05</b>	<b>0.40</b>	<b>18.49</b>

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	14.63	14.63
guard-rail	kN/m	1.50	1.50
barriere antirumore/parapetti	kN/m	-0.17	0.67
Tubazione smaltimento acque di piattaforma	kN/m	-0.38	1.88
velette e carter	kN/m	0.85	3.45
<b>Totale permanenti portati</b>	<b>kN/m</b>	<b>20.18</b>	<b>25.87</b>

### G2max\_imp:

<i>Analisi dei carichi</i>		Impalcato sx			Impalcato dx		
		p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)	p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)
cordolo sx	kN/m	3.75	11.38	42.66	3.75	-0.88	-3.28
cordolo dx	kN/m	3.75	0.88	3.28	3.75	-11.38	-42.66
pavimentazione	kN/m	29.25	6.13	179.16	29.25	-6.13	-179.16
guard-rail sx	kN/m	1.50	11.50	17.25	1.50	-0.75	-1.13
guard-rail dx	kN/m	1.50	0.75	1.13	1.50	-11.50	-17.25
barriera antirumore /parapetto sx	kN/m	0.50	11.60	5.80	0.00	-0.65	0.00
barriera antirumore /parapetto dx	kN/m	0.00	0.65	0.00	0.50	-11.60	-5.80
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in sx	kN/m	1.50	11.38	17.06	0.00	-0.88	0.00
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in dx	kN/m	0.00	0.88	0.00	1.50	-11.38	-17.06
veletta sx + carter metallico	kN/m	2.90	11.75	34.08	1.40	-0.50	-0.70
veletta dx + carter	kN/m	1.40	0.50	0.70	2.90	-11.75	-34.08
<b>Sommano</b>		<b>46.05</b>	<b>6.54</b>	<b>301.11</b>	<b>46.05</b>	<b>-6.54</b>	<b>-301.11</b>

Le eccentricità sono calcolate rispetto al baricentro della spalla.

#### 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:

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
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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 – $\epsilon_2$ e $\epsilon_3$

### 5.2.4.1 Deformazione da ritiro a tempo infinito

La deformazione totale per ritiro si può esprimere come:

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

Dove:

$\epsilon_{cs}$  è la deformazione totale per ritiro

$\epsilon_{cd}$  è la deformazione per ritiro da essiccamento

$\epsilon_{ca}$  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:

<b>Ritiro del calcestruzzo (<math>\epsilon_2</math>)</b>	<b>var</b>	<b>unità</b>	
Modulo elastico calcestruzzo	$E_c$	MPa	34077
spessore dei getti in opera	$h_c$	m	0.24
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	$A_c$	m <sup>2</sup>	2.700
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	$u$	m	11.83
coefficiente $h_0 = 2 \times A_c / u$	$h_0$	mm	456
umidità relativa atmosfera	RH	%	75%
deformazione finale da ritiro per essiccamento	$\epsilon_c$		0.00021
deformazione finale per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca}$		0.00006
<b>deformazione totale finale per ritiro</b>	<b><math>\epsilon_{cs}</math></b>		<b>0.00027</b>

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

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

$$M_r = N_r \times z$$

Essendo:

$\epsilon_{cs}$  la deformazione totale finale per ritiro;

$A_c$  l'area del calcestruzzo soggetta a ritiro;

$E_a$  modulo elastico dell'acciaio;

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

$n_r$  coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clt 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:

<b>Effetti dovuti al ritiro del calcestruzzo (<math>\epsilon_2</math>)</b>	<b>var</b>	<b>unità</b>	
distanza tra il baricentro della soletta in clt e il baricentro della sezione composta a tinf estremità sx	$z$	m	0.639
baricentro della sezione composta a tinf estremità dx	$z$	m	0.639
Forza assiale d'estremità	$N_{cr}$	kN	-9648.7
Momento flettente d'estremità sx	$M_{crsx}$	kNm	6167.4
Momento flettente d'estremità dx	$M_{crdx}$	kNm	6167.4
Carichi agenti sulle travi		$Tr_{sx}$	$Tr_{dx}$
Forza assiale d'estremità sx	kN	-4824.4	-4824.4
Momento flettente d'estremità sx	kNm	3083.7	3083.7
Forza assiale d'estremità dx	kN	-4824.4	-4824.4
Momento flettente d'estremità dx	kNm	3083.7	3083.7

#### 5.2.4.2 Coefficienti di omogeneizzazione acciaio-clt 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 clt a 28 giorni;

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

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

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

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

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

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	$\psi_L$	$t_0$ (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	15.11

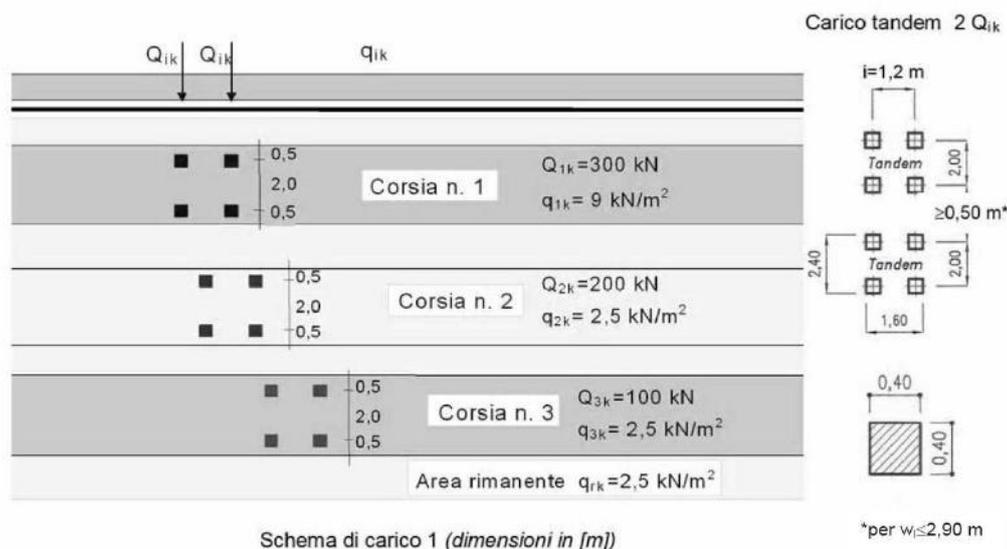
### 5.2.5 Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – $\epsilon_4$

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

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

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

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



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

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

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

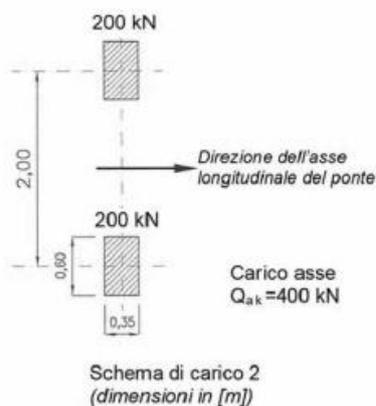
Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$  per le diverse corsie

Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
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/m<sup>2</sup>.

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



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

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

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

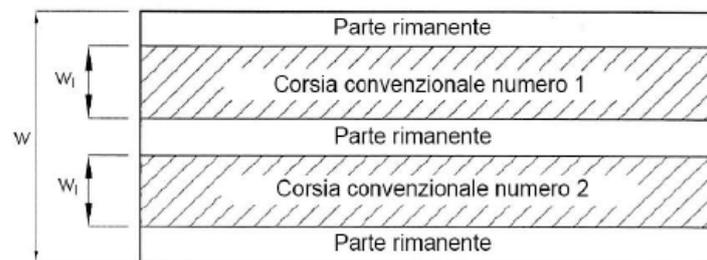


Fig. 5.1.1 - Esempio di numerazione delle corsie

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]
$w < 5,40 \text{ m}$	$n_1 = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0 \text{ m}$	$n_1 = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_1 = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_1)$

Nel caso in esame, di piattaforma carrabile complessivamente larga **9.75 m**, si determinano **3** corsie di larghezza pari a **3.0 m**.

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

La distribuzione dei carichi accidentali sulle 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 da C1-dx a C4-dx (carichi mobili in DX):

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>ANAS</b> 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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
1 colonna di carico (Q1k)	kN/m	-5.77	305.77
2 colonne di carico (Q1k + Q2k)	kN/m	82.69	417.31
3 colonne di carico (Q1k + Q2k + Q3k)	kN/m	173.08	426.92
1 colonna di carico (q1k)	kN/m	-0.52	27.52
2 colonne di carico (q1k + q2k)	kN/m	2.80	31.70
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)	kN/m	9.58	32.42
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)+ parte rimanente	kN/m	7.24	32.57

La ripartizione dei carichi mobili sulle due travi per le combinazioni da C1-sx e C3-sx è perfettamente simmetrica.

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).

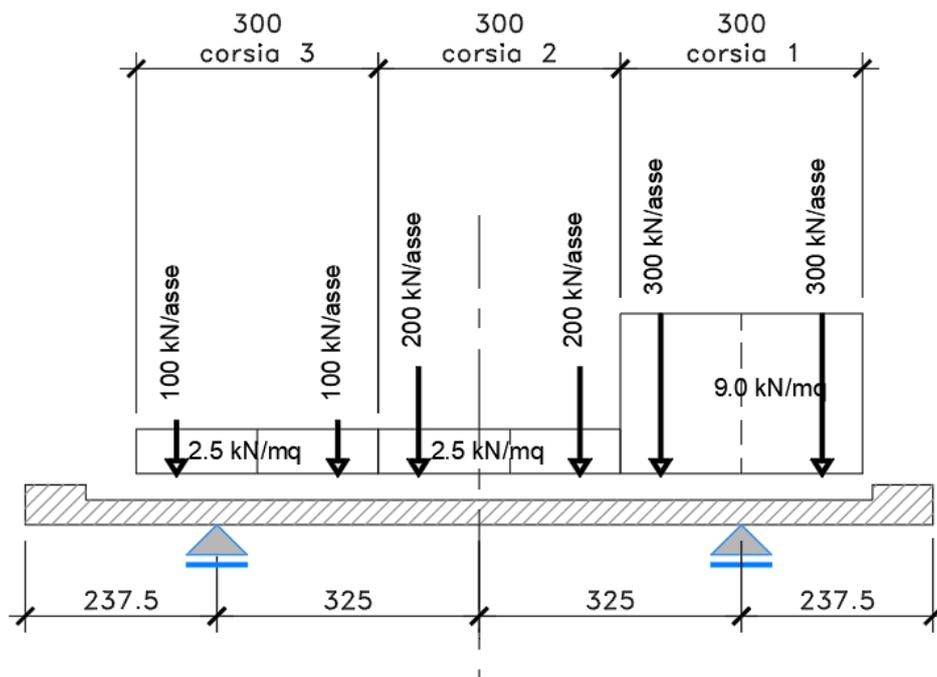


Figura 5.1. Disposizione trasversale carichi mobili per analisi globale travi principali impalcato

### 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:

- C1: impalcato **sinistro** 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  $q_{1k}$  sulla rimanente larghezza dell'impalcato sinistro e sull'intero impalcato destro, questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;
- C2: impalcato **sinistro** 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  $q_{1k}$  sulla rimanente larghezza dell'impalcato sinistro. L'impalcato destro è scarico, questa configurazione massimizza la coppia trasversale sulle sottostrutture;

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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

- C3: impalcato **destro** 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<sub>ik</sub> sulla rimanente larghezza dell'impalcato destro e sull'intero impalcato sinistro, questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;
- C4: impalcato **destro** 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<sub>ik</sub> sulla rimanente larghezza dell'impalcato destro. L'impalcato sinistro è scarico, 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<sub>3</sub>

L'azione longitudinale di frenamento o di accelerazione q<sub>3</sub> è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1:

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

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

Nel caso in esame si ha:

$$q_3 = 458.6 \text{ kN}$$

### 5.2.8 Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q<sub>4</sub>

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 q<sub>4</sub>, 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 <sub>4</sub> [kN]
R < 200	0,2 Q <sub>v</sub>
200 ≤ R ≤ 1500	40 Q <sub>v</sub> /R
1500 ≤ R	0

Nel caso in esame, il ponte ha una configurazione in rettilineo, per cui si trascurano gli effetti delle forze centrifughe.

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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

### 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:

$c_{f,x,0}$  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:

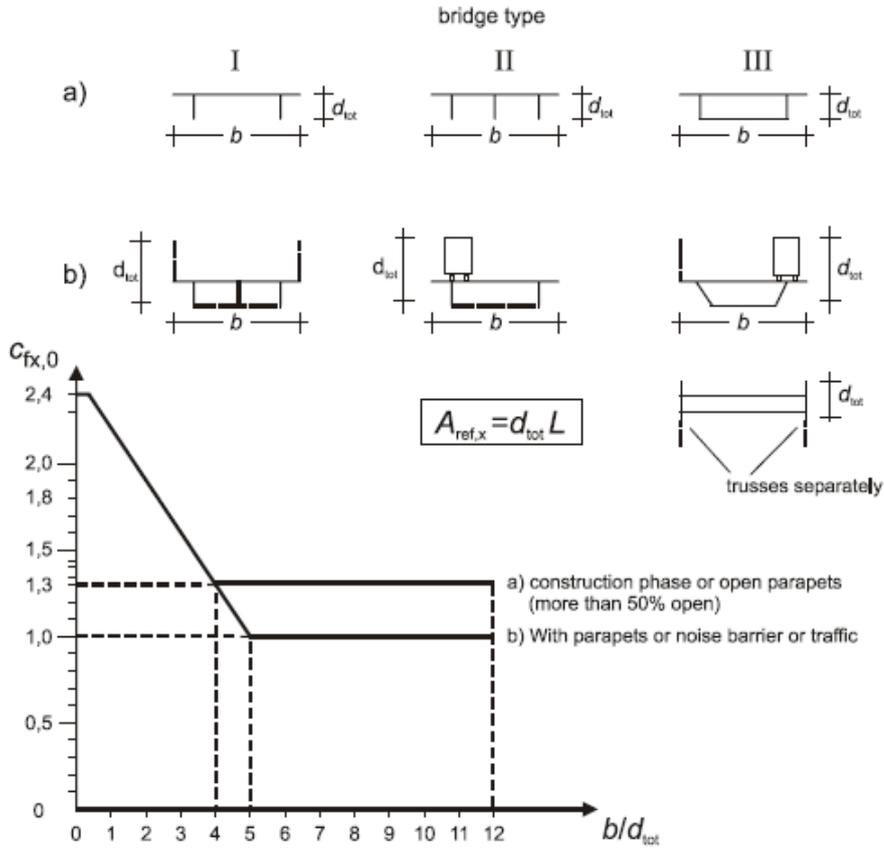


Figure 8.3 — Force coefficient for bridges,  $c_{fx,0}$

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

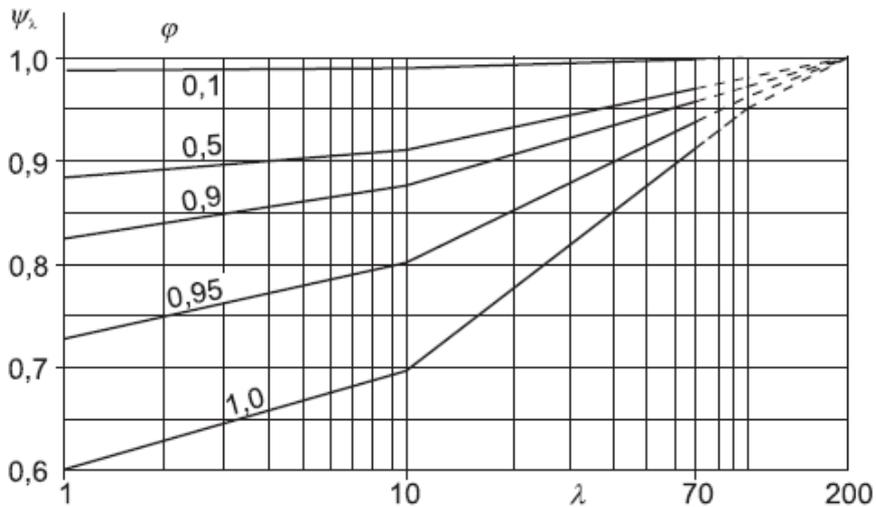


Figure 7.36 — Indicative values of the end-effect factor  $\psi_{\lambda}$  as a function of solidity ratio  $\phi$  versus slenderness  $\lambda$

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
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

<b>Effetti dovuti al Vento (q5)</b>	<b>var</b>	<b>unità</b>	
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		1.20
coefficiente di forma cp impalcato carico	cp2		1.74
coefficiente di forma cp pile	cp3		1.20
pressione del vento impalcato scarico		kN/m2	1.38
pressione del vento impalcato carico		kN/m2	2.00
pressione del vento pile		kN/m2	1.38
Lunghezza complessiva impalcato	Ltot	m	36.2
altezza impalcato scarico	Hp1	m	2.51
Altezza impalcato carico	Hp2	m	5.42
Altezza centro di taglio	zg	m	2.16
Carichi dovuti al vento	qt (kN/m)	b (m)	Mt (kNm/m)
Impalcato scarico (braccio al baricentro impalcato)	3.5	0.90	3.1
Impalcato carico (braccio rispetto al baricentro impalcato)	10.9	0.56	6.0
Impalcato scarico (braccio rispetto agli appoggi)	3.5	1.26	4.3
Impalcato carico (braccio rispetto agli appoggi)	10.9	2.71	29.4

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	-0.48	0.48
Vento ad impalcato carico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-0.93	0.93
Vento ad impalcato scarico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-0.67	0.67
Vento ad impalcato carico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-4.53	4.53

### 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.

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

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

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	35.8
Tipologia di impalcato	Type		2
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$		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	εcs		0.00015

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

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

Al fine della valutazione della temperatura dell'aria all'ombra a quote diverse da quella del mare, il territorio italiano è suddiviso in 4 zone climatiche:

- zona I (Valle d'Aosta, Piemonte Lombardia, Emilia Romagna, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Trentino Alto Adige);
- zona II (Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata);
- zona III (Marche, Abruzzo, Molise, Puglia);
- zona IV (Calabria, Sicilia).



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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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:



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:

$\alpha$  il coefficiente di dilatazione termica;

$A_c$  l'area della soletta gettata in opera;

$E_a$  modulo elastico dell'acciaio;

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

- no           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.

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

<b>Effetti dovuti alle Variazioni termiche (q7)</b>	<b>var</b>	<b>unità</b>	
variazione termica positiva	$\Delta T+$	°	10.0
variazione termica negativa	$\Delta T-$	°	-10.0
coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$		1.00E-05
coefficiente di omogeneizzazione a t0	n0		6.16
distanza tra il baricentro della soletta in clt e il baricentro della sezione composta a t0 estremità sx	z	m	0.385
baricentro della sezione composta a t0 estremità dx	z	m	0.385
Forza assiale d'estremità DT+	NcdT+	kN	9200.8
Momento flettente d'estremità sx	McdT+sx	kNm	-3540.1
Momento flettente d'estremità dx	McdT+dx	kNm	-3540.1
Forza assiale d'estremità DT-	NcdT-	kN	-9200.8
Momento flettente d'estremità sx	McdT-sx	kNm	3540.1
Momento flettente d'estremità dx	McdT-dx	kNm	3540.1
Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità - DT+	kN	4600.4	4600.4
Momento flettente d'estremità sx	kNm	-1770.1	-1770.1
Momento flettente d'estremità dx	kNm	-1770.1	-1770.1
Forza assiale d'estremità - DT-	kN	-4600.4	-4600.4
Momento flettente d'estremità sx	kNm	1770.1	1770.1
Momento flettente d'estremità dx	kNm	1770.1	1770.1

### 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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 <sup>3</sup>	144480	144480	144480
tensione di snervamento acciaio	fyk	MPa	275	275	275
Momento plastico	Mp	kNm	51.7	51.7	51.7
<b>Forza orizzontale associata a Mp: Hp = Mp/bp</b>	<b>Hp</b>	<b>kN</b>	<b>70.3</b>	<b>70.3</b>	<b>70.3</b>
<b>Mtot = Mp + Hp x (hc + spb + hpr)</b>	<b>Mtot</b>	<b>kNm</b>	<b>70.3</b>	<b>70.3</b>	<b>70.3</b>

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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i>	

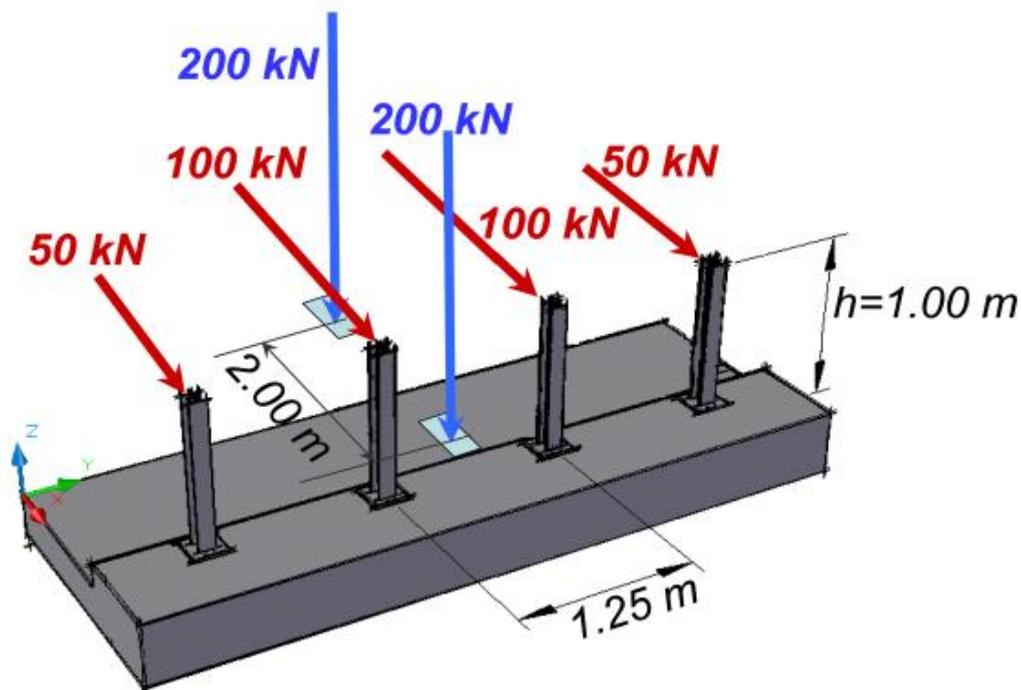


Figura 5.4: Schema di carico globale da considerare nel caso di condizioni di progettazione "ordinarie"

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'ora della zona di impalcato interessata dall'applicazione del

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

suindicato carico orizzontale e trasversalmente una è posta all'estremità della piattaforma stradale mentre l'altra è distante 2.00 m da essa.

### 5.2.12 Resistenze parassite dei vincoli – q9

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

### 5.2.13 Azioni sismiche – E

#### 5.2.13.1 Coordinate di riferimento e parametri sismici fondamentali

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

Vita Nominale	$V_N =$	<b>100</b>	anni
Classe d'uso	CI =	<b>IV</b>	
Coefficiente d'uso	C.u. =	<b>2.0</b>	
<b>Periodo di riferimento</b>	<b><math>V_R =</math></b>	<b>200</b>	<b>anni</b>

#### 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
<b>SLV</b>	1898	<b>0.073</b>	<b>3.076</b>	<b>0.404</b>
<b>SLC</b>	<b>3899</b>	<b>0.085</b>	<b>3.145</b>	<b>0.416</b>

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

#### 5.2.13.2 Spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

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

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

In cui:

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

- T è il periodo di vibrazione;
- $S_e(T)$  è l'accelerazione spettrale orizzontale;
- $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido, determinata in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ ;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_s \times S_T$ , essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tabella 5.1) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (Tabella 5.2);
- $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione  $\eta = 10/(5+\xi) \geq 0,55$ , dove  $\xi$  (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  $T_c = C_c \times T'_c$  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  $C_c$

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

Tabella 5.2 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Nel caso in esame si ha:

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

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

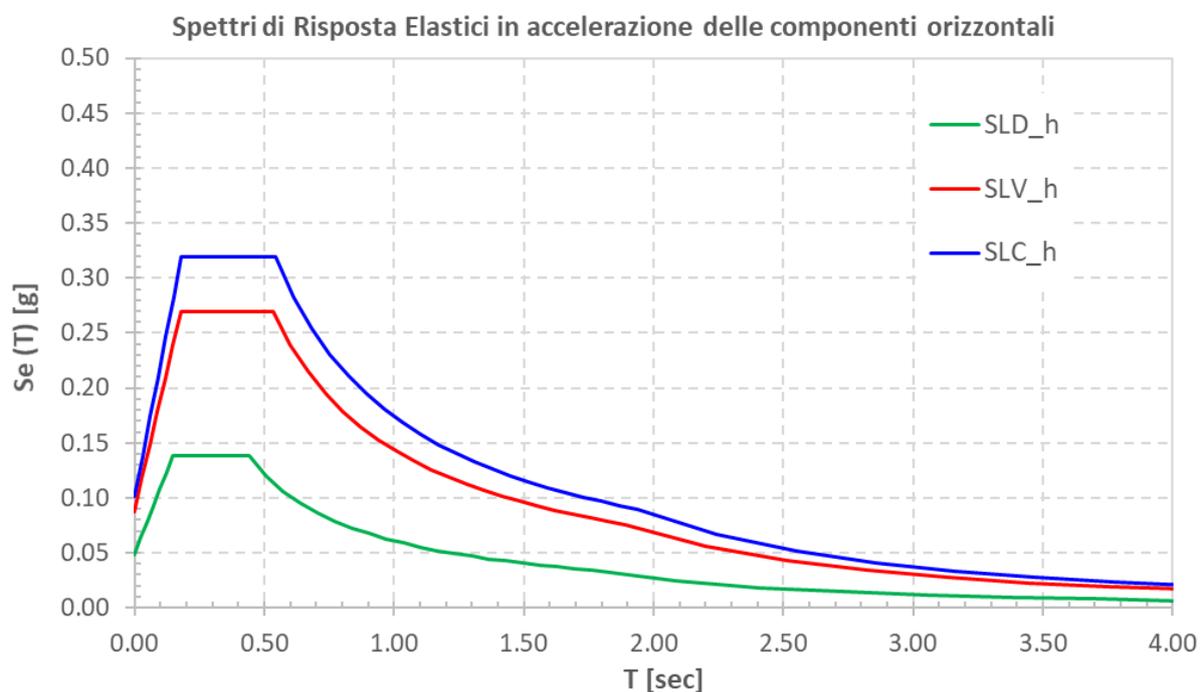


Figura 5.5 – Spettri elastici di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

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

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 PO01 – Ponte Canale</i>	

Tabella 5.3 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta

### 5.2.13.3 Spettri di risposta in accelerazione della componente verticale

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

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

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

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

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

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

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

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  $F_v = 1.35 \times F_0 \times (a_g/g)^{0.5}$ ;

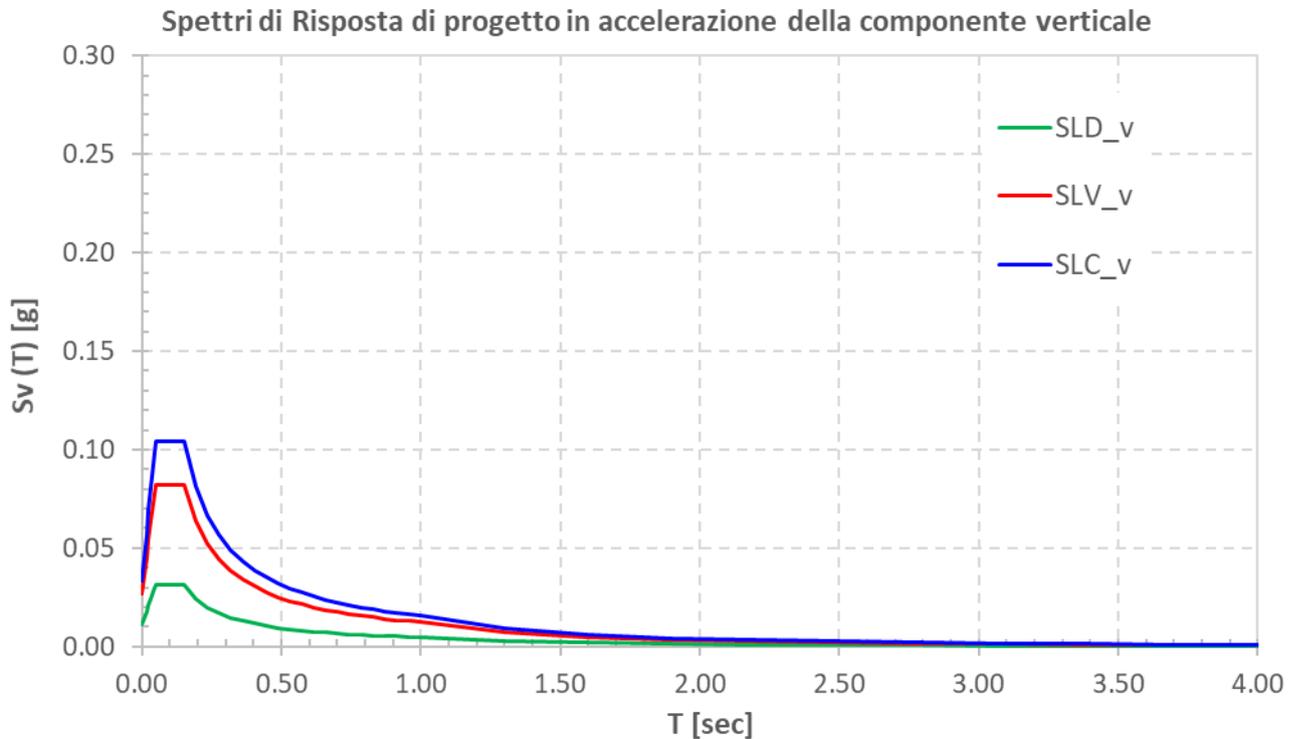
I valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $S$ ,  $\eta$  sono quelli precedentemente definiti per le componenti orizzontali del moto sismico; i valori di  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , sono quelli riportati nella Tab. 3.2.VI delle NTC2018:

**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 PO01 – Ponte Canale</i>	



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

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

**Parametri caratteristici degli spettri di risposta**

STATO LIMITE	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$F_V$ [-]	$T_B$ [sec]	$T_C$ [sec]	$T_D$ [sec]	$S_S$ [-]	$S_T$ [-]	$S$ [-]
<b>SLD</b>	0.040	2.837	0.771	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00
<b>SLV</b>	0.073	3.076	1.123	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00
<b>SLC</b>	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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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 <sup>2</sup>
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>
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 <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_Q$	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Azioni variabili	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{Qi}$	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 <sup>(3)</sup>	1,00 1,00 <sup>(4)</sup>	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"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

<sup>①</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>②</sup> 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.

<sup>③</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>④</sup> 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  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$  e  $\psi_{2j}$  per le diverse categorie di azioni sono riportati nella tabella 5.1.VI delle NTC2018:

**Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combi- nazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequent)	Coefficiente $\psi_2$ (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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

Dove:

- $G_1$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai pesi propri;
- $G_2$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai permanenti portati;
- $\varepsilon_2$  sono le caratteristiche della sollecitazione dovute al ritiro;
- $\varepsilon_4$  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 ai dimensionamento delle spalle.

### 5.3.2 Combinazioni di carico in fase sismica

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

Sono state considerate le seguenti combinazioni:

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

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

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

Essendo:

$E_{EI}$  Azione sismica in direzione orizzontale longitudinale;

$E_{Et}$  Azione sismica in direzione orizzontale trasversale;

$E_{Ev}$  Azione sismica in direzione verticale.

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

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

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

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

## 6 ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO

### 6.1 Criteri di calcolo

#### 6.1.1 Analisi globale

##### 6.1.1.1 Definizione del modello di calcolo

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

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

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

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

##### 6.1.1.2 Caratteristiche geometrico-inerziali in fase di analisi

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

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

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

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

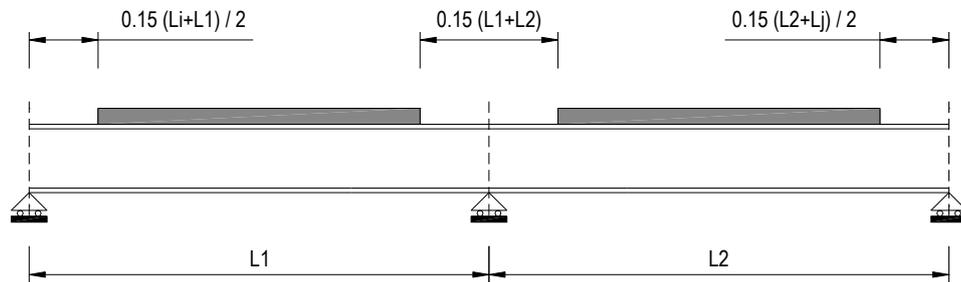


Figura 6.1. Modellazione degli effetti dovuti alla fessurazione

### 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:

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

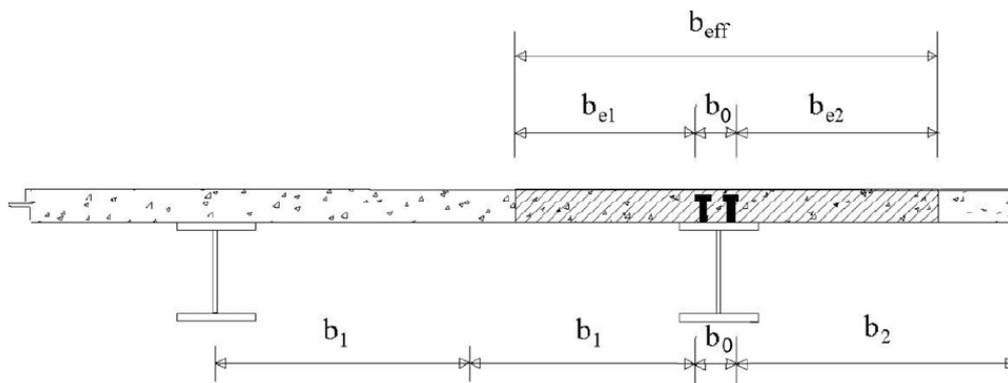


Fig. 4.3.1. - Definizione della larghezza efficace  $b_{eff}$  e delle aliquote  $b_{ei}$

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" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

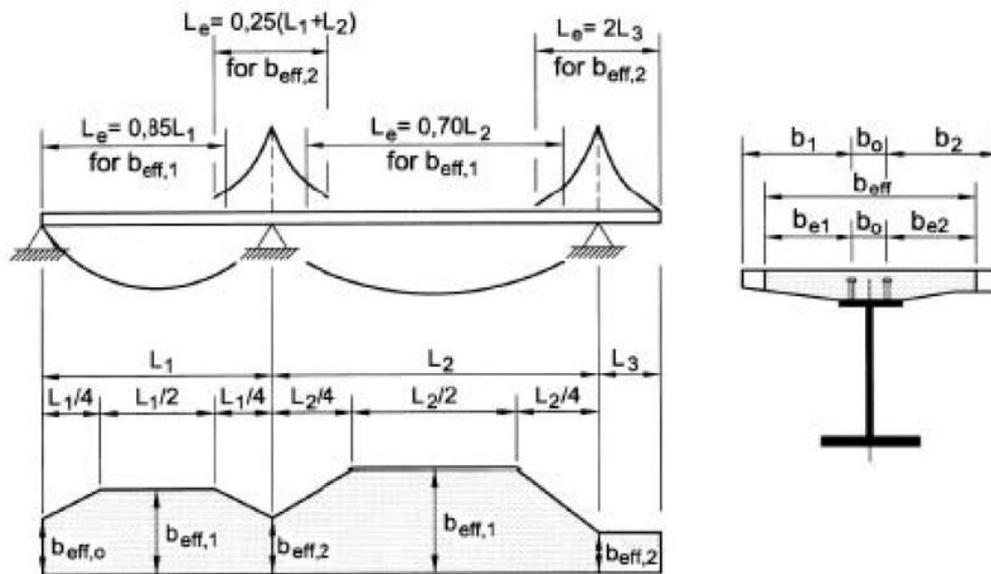


Fig. 4.3.2 - Larghezza efficace,  $b_{eff}$ , e luci equivalenti,  $L_e$ , per le travi continue

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 mezzeria ( $b_{eff1}$ ) così come esposto in precedenza.

### 6.1.2 Analisi locali

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

### 6.2 Analisi statica globale

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

La figura seguente illustra la geometria del modello di calcolo:



Figura 6.2. Geometria del modello di calcolo

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i>	

### 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.

I simboli corrispondono allo schema seguente:

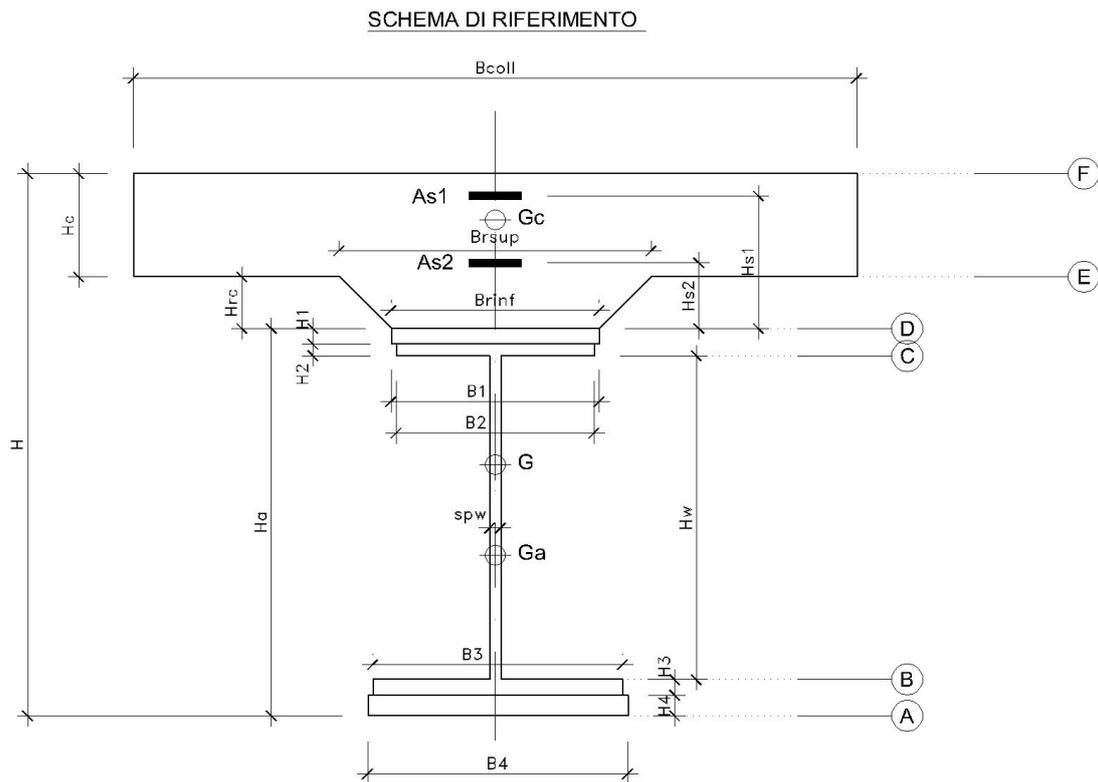


Figura 6.3. Schema di riferimento per la valutazione delle caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni delle travi d'impalcato

### 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.

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 PO01 – Ponte Canale</i>	

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

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

### 6.2.2.4 Ritiro (LOAD RIT) - fase 2

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

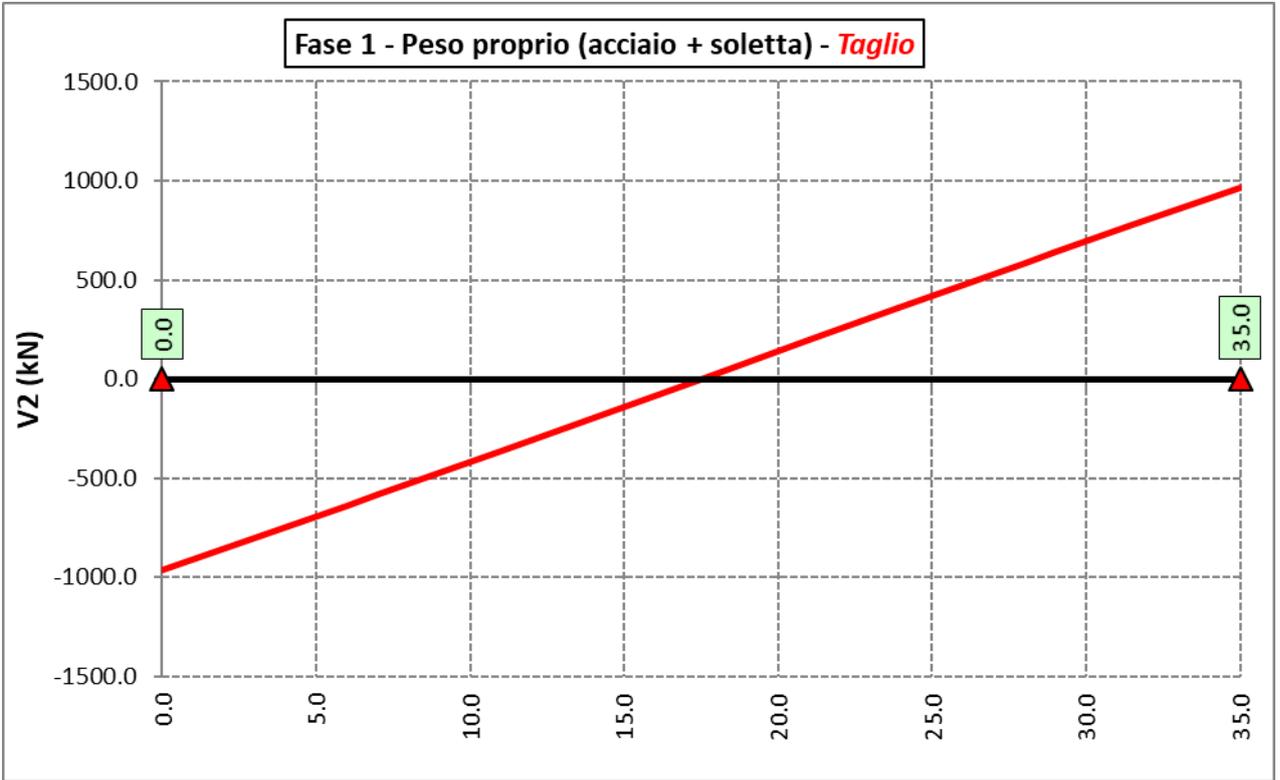
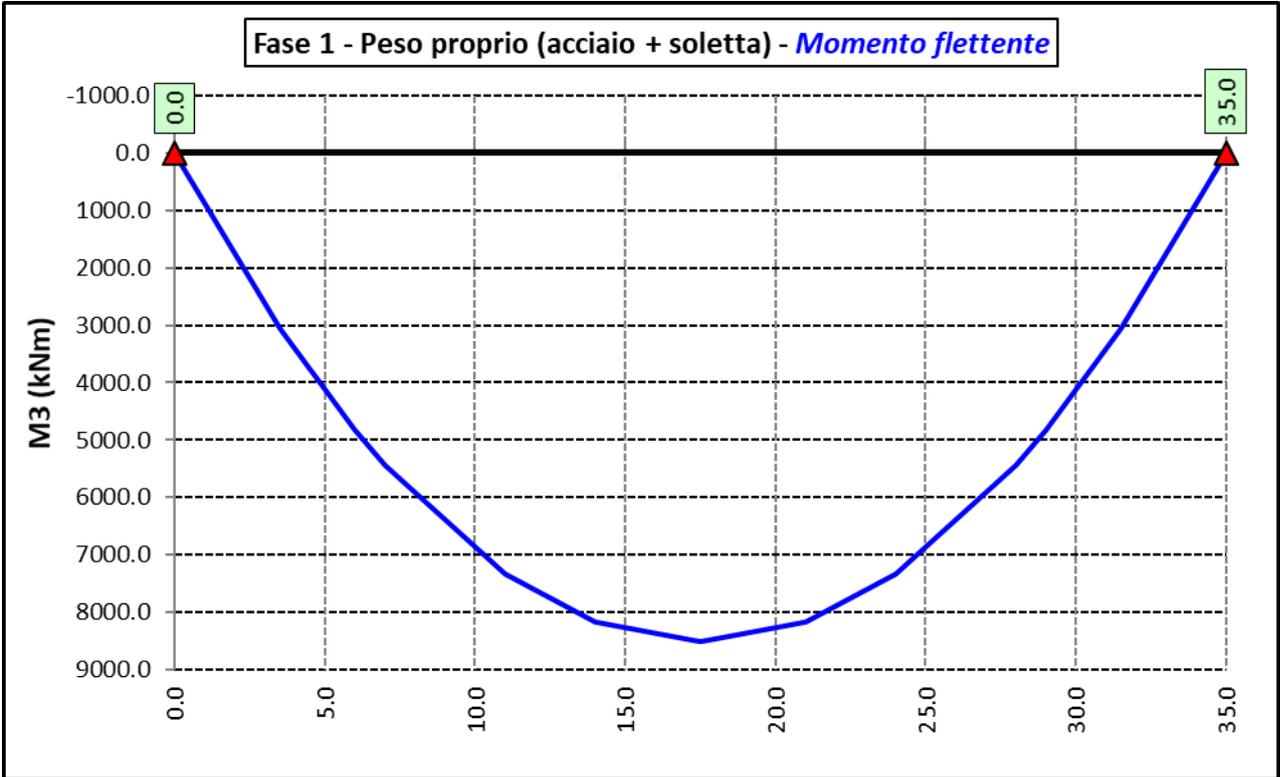
### 6.2.2.7 Vento trasversale (LOAD Q5-TR, Q5-APP) - fase 3

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.

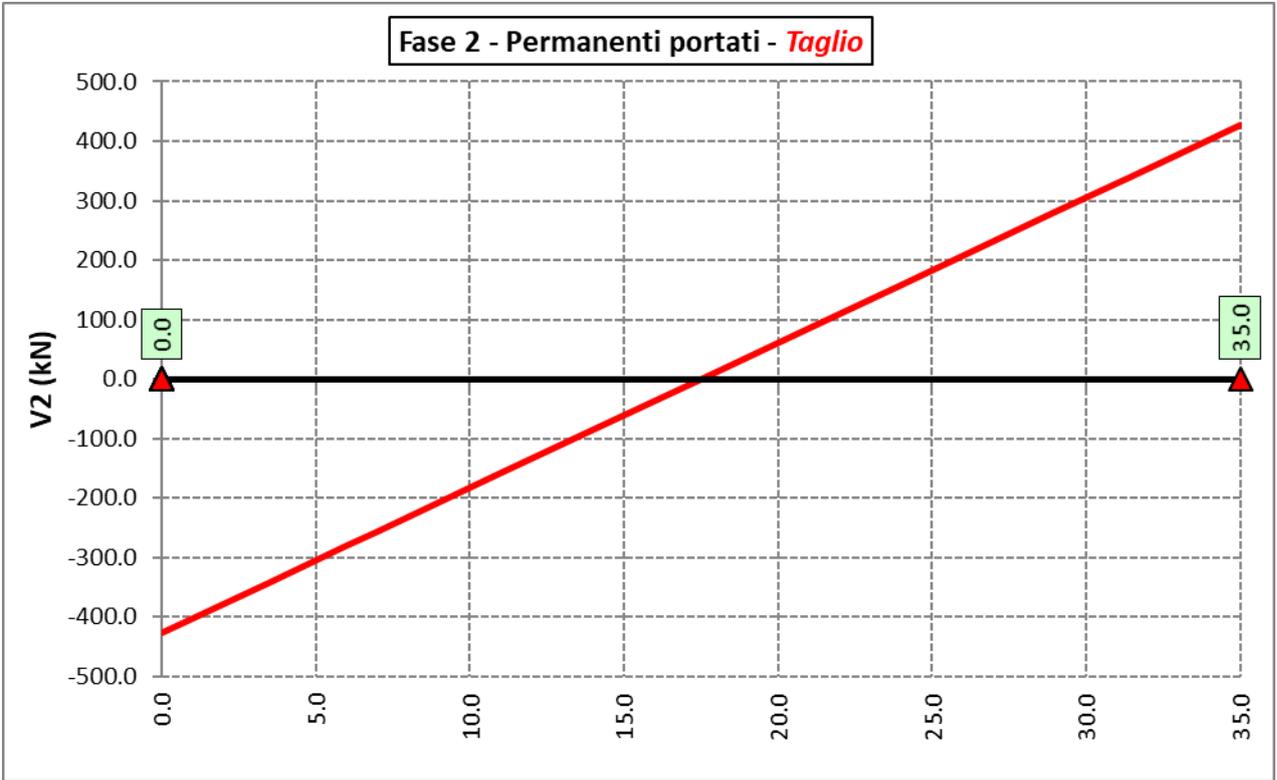
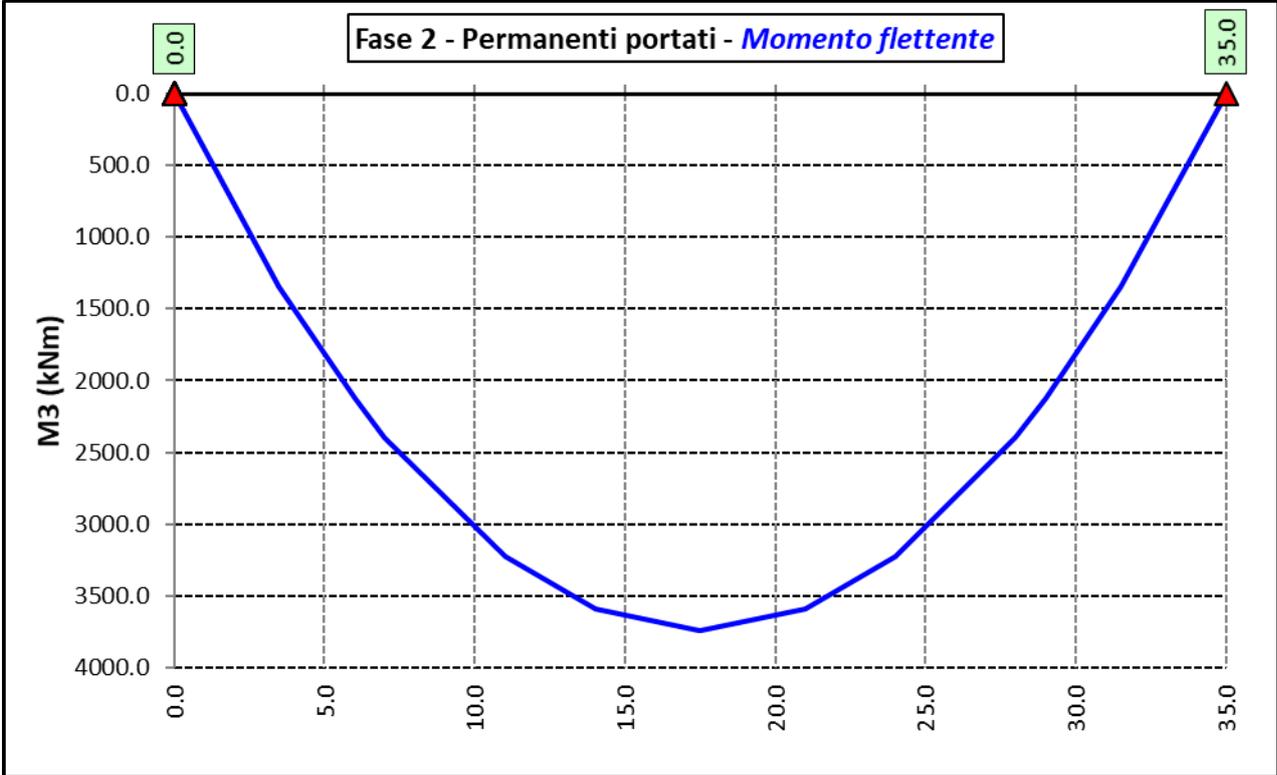
## 6.2.3 Sollecitazioni di progetto

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:

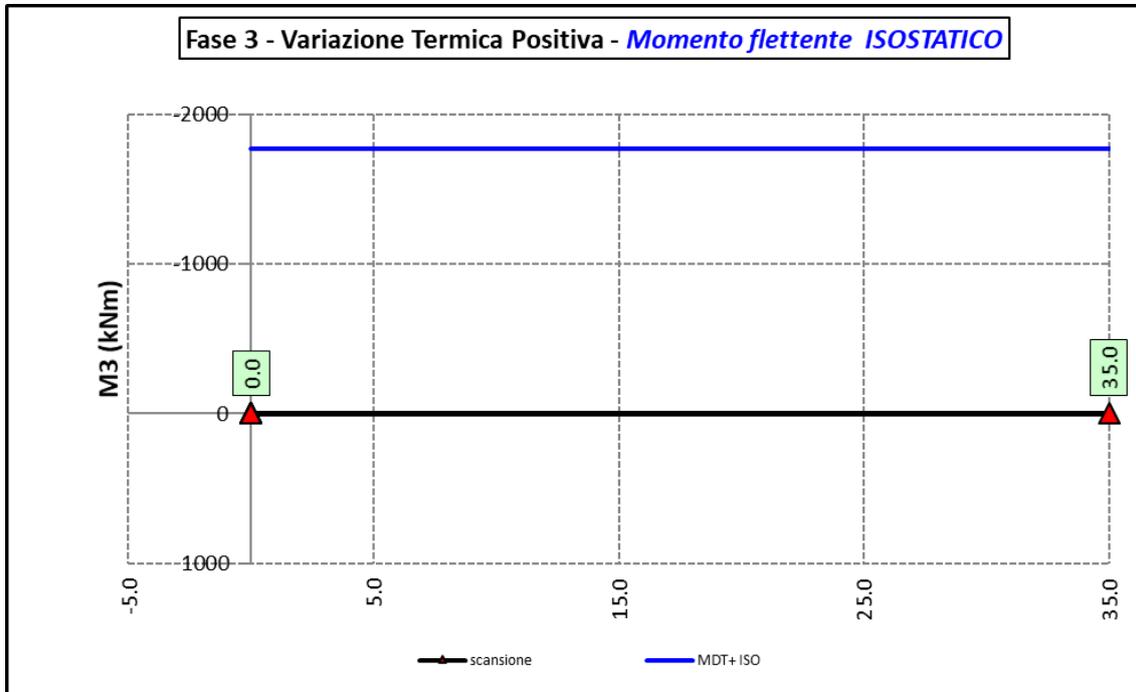
6.2.3.1 Peso proprio (acciaio + soletta) – Modello 1



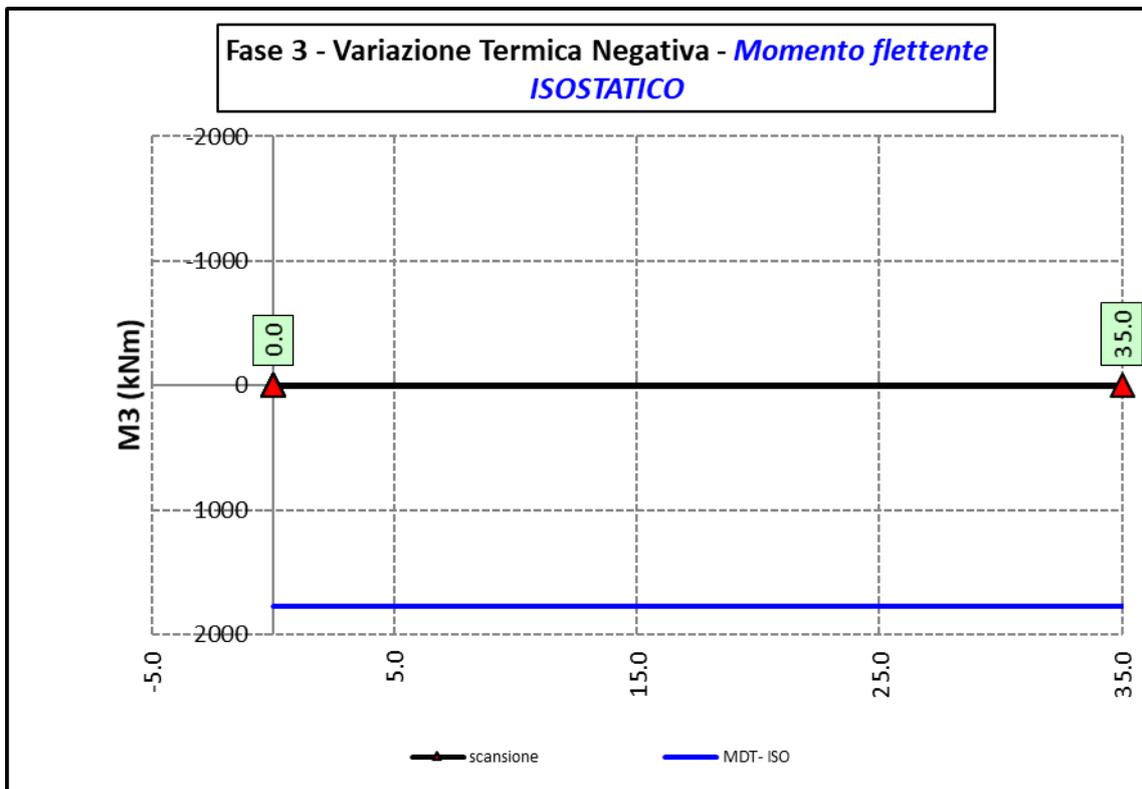
6.2.3.2 Permanenti portati – Modello 2



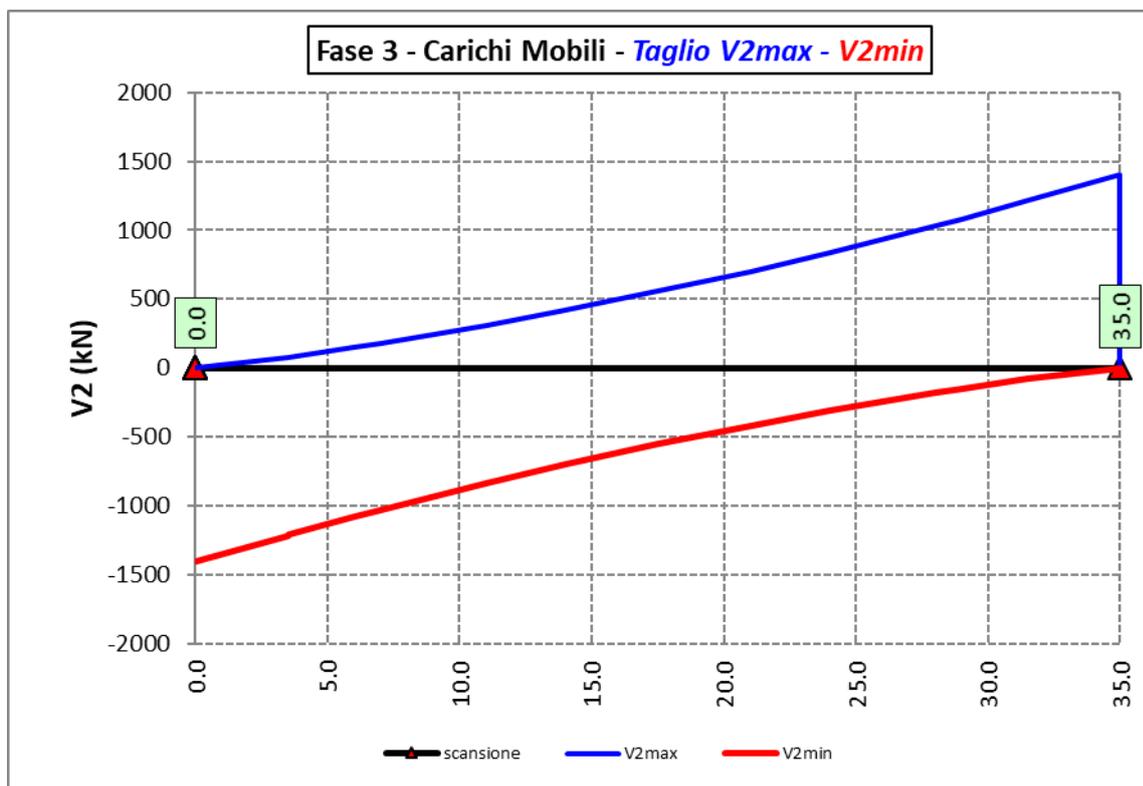
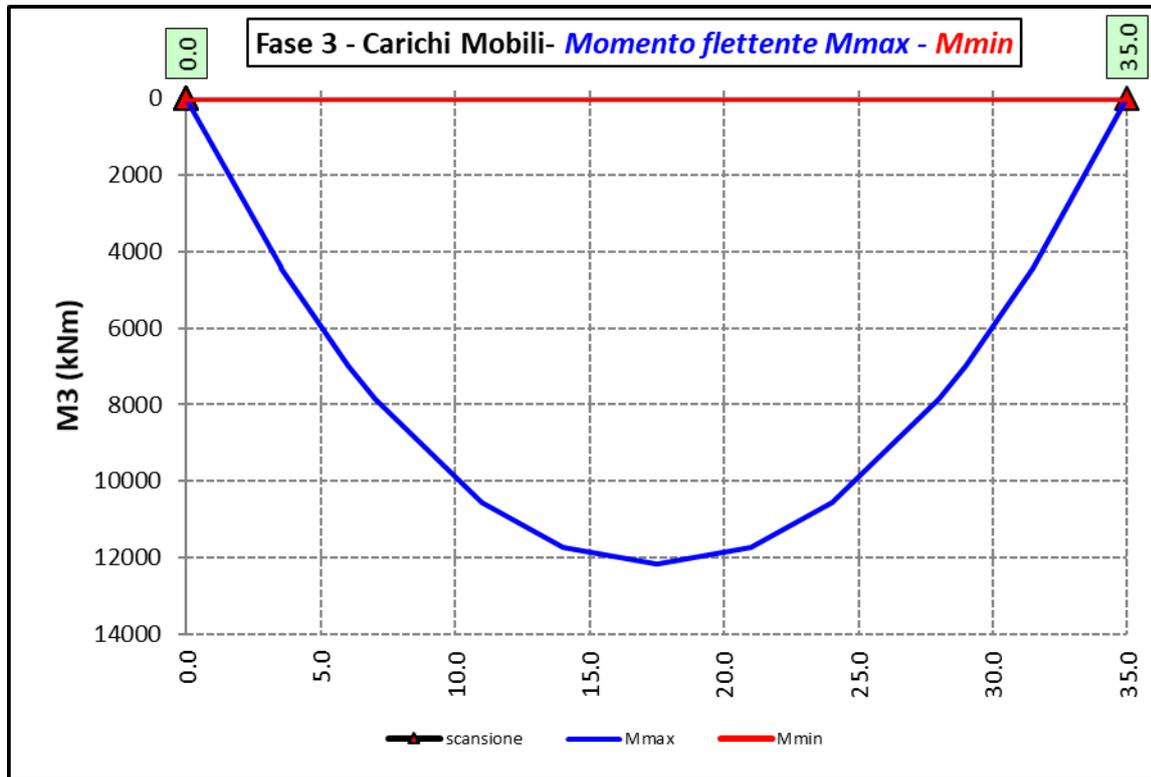
### 6.2.3.3 Variazioni termiche positive ( $\Delta T+$ ) - Modello 3



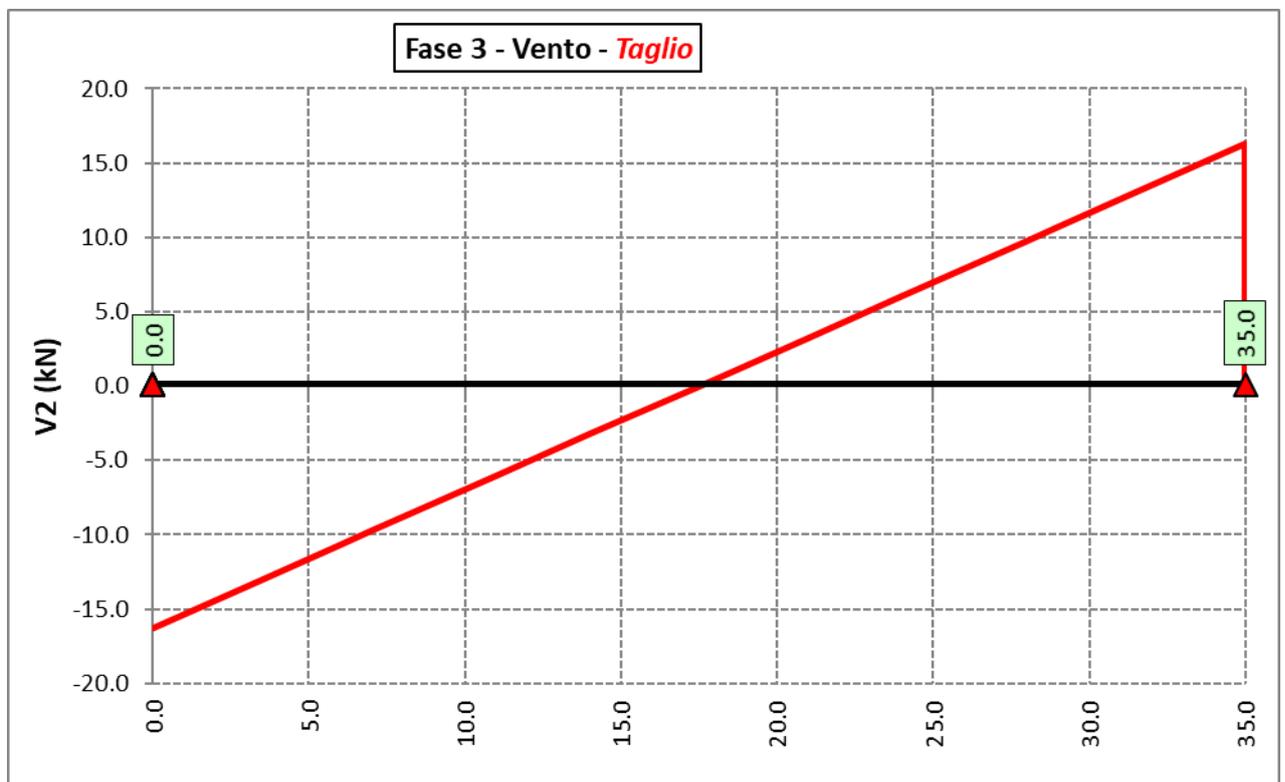
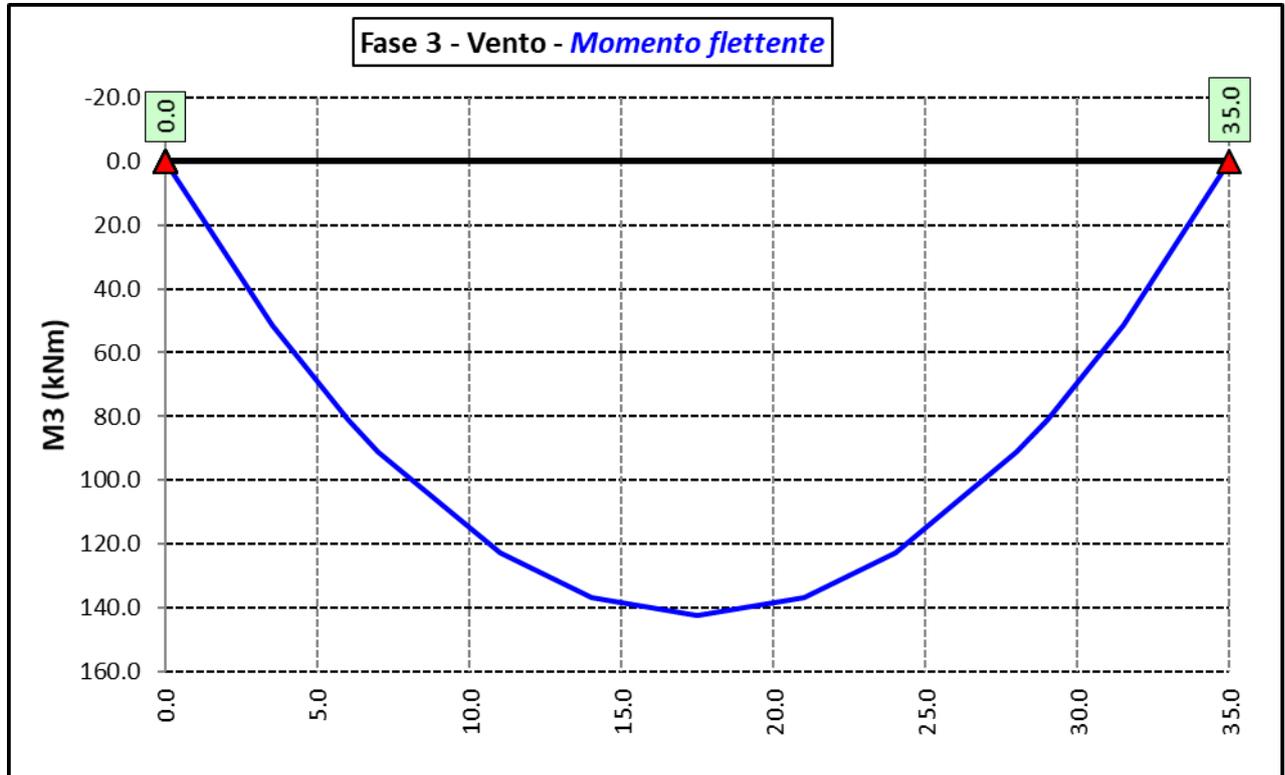
### 6.2.3.4 Variazioni termiche negative ( $\Delta T-$ ) - Modello 3



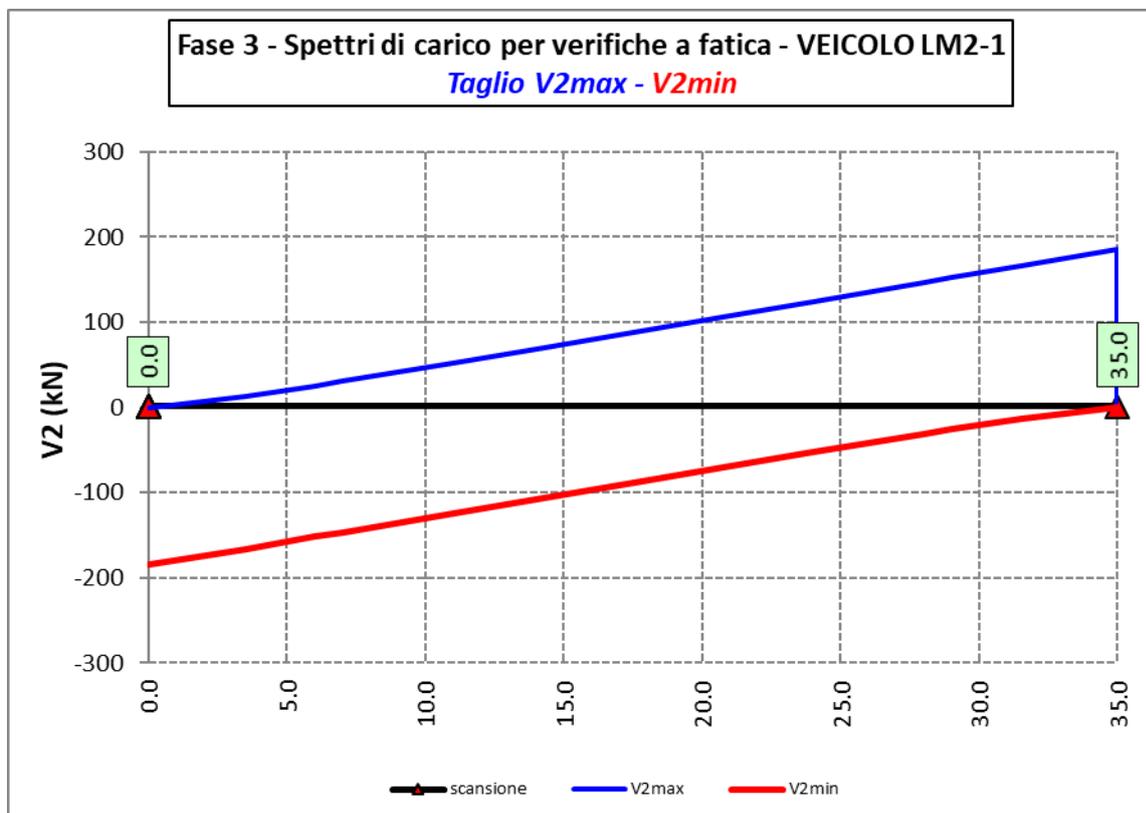
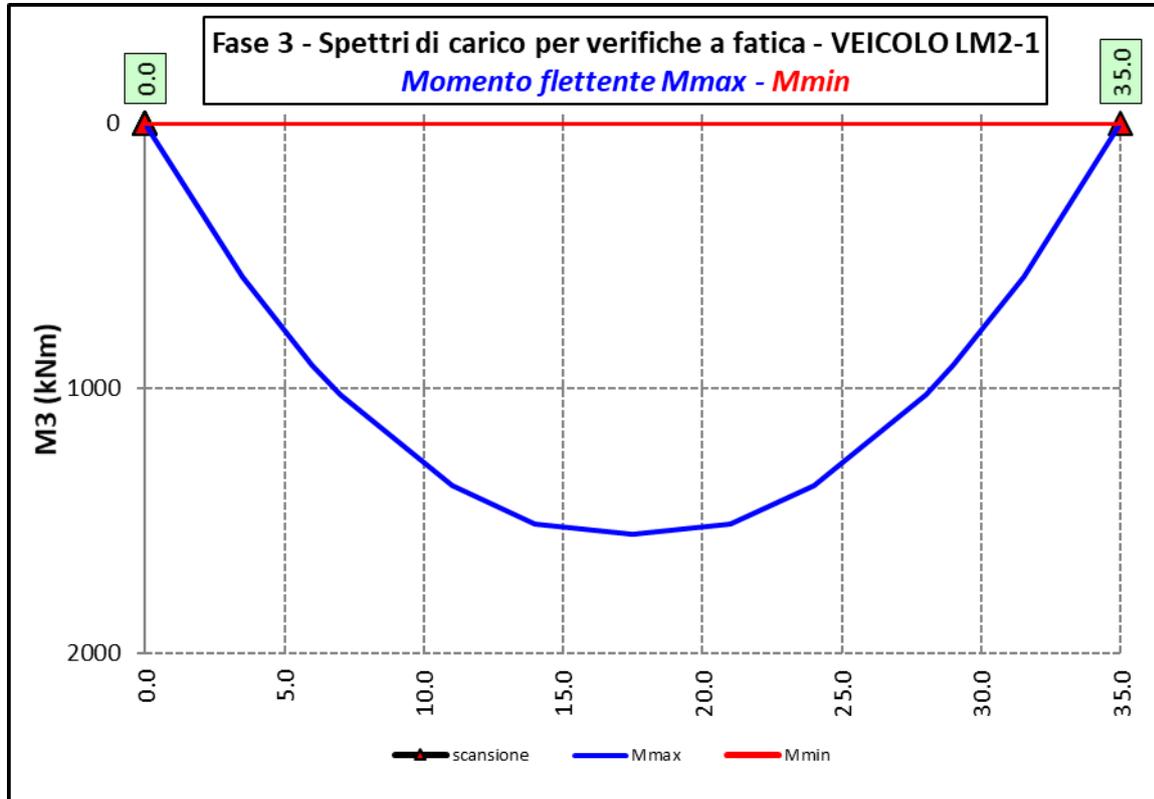
### 6.2.3.5 Azioni variabili da traffico (Involuppi) – Modello 3

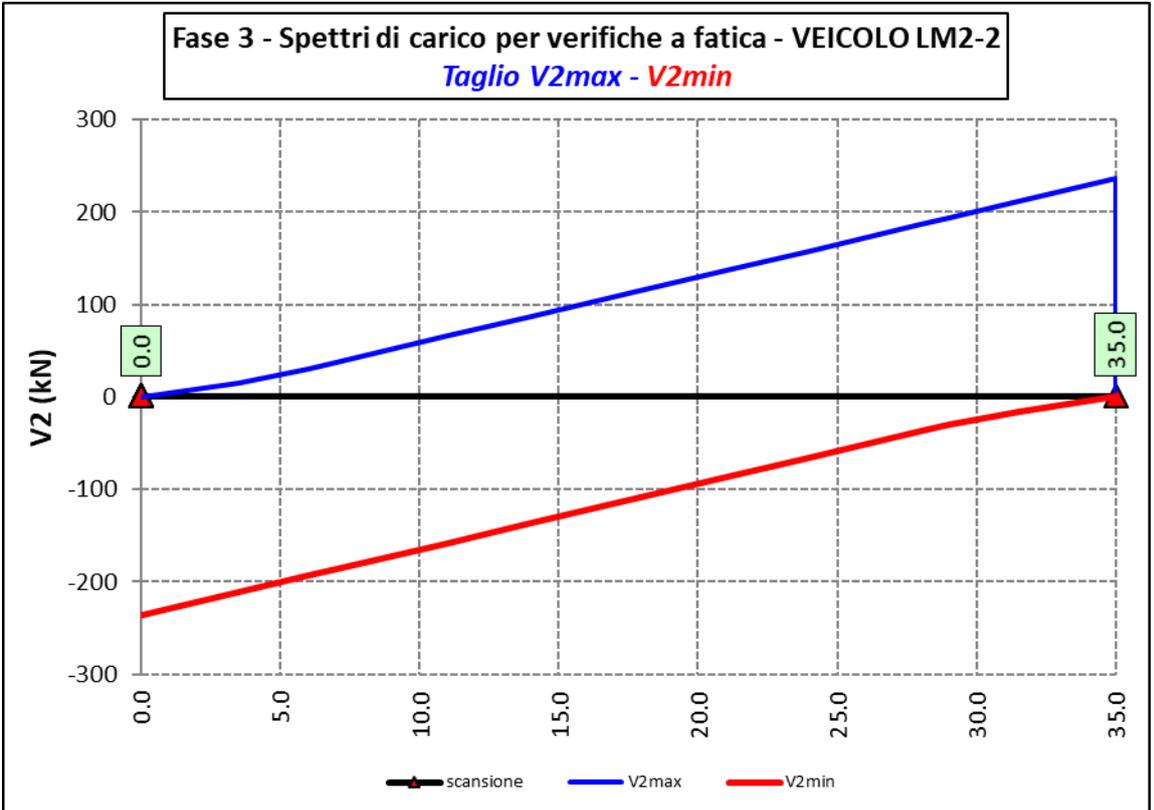
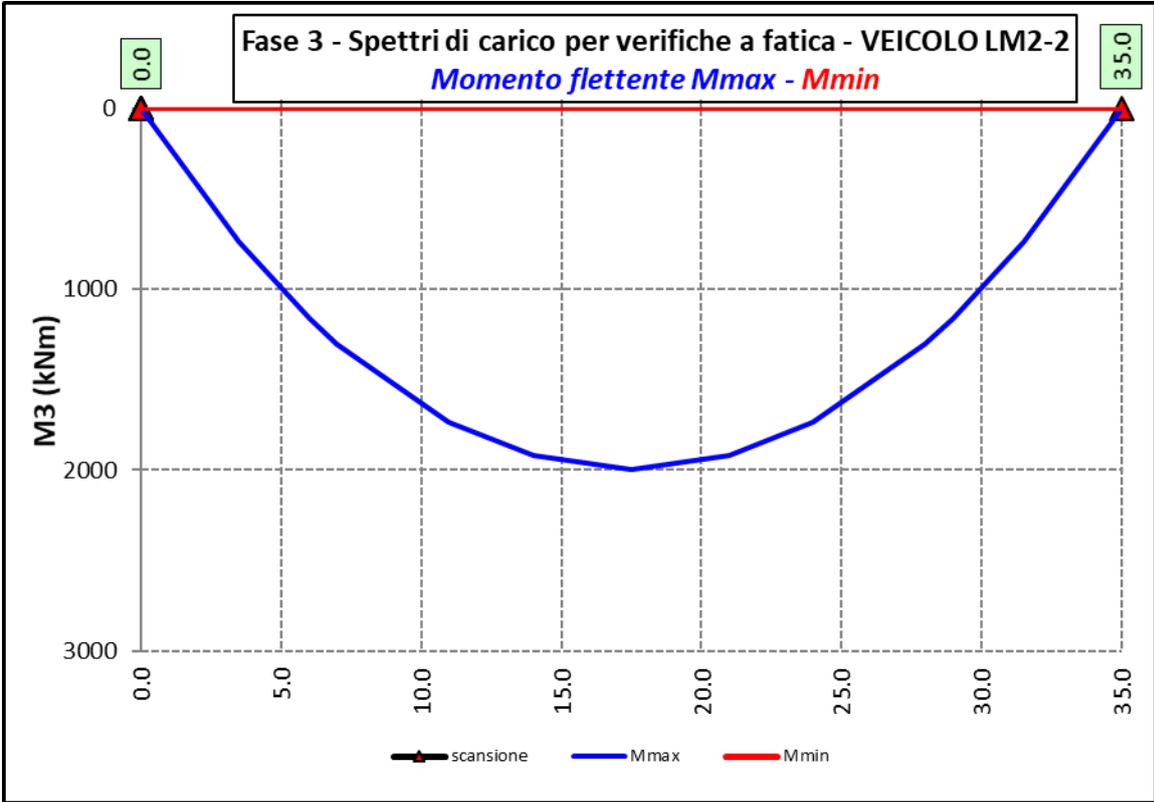


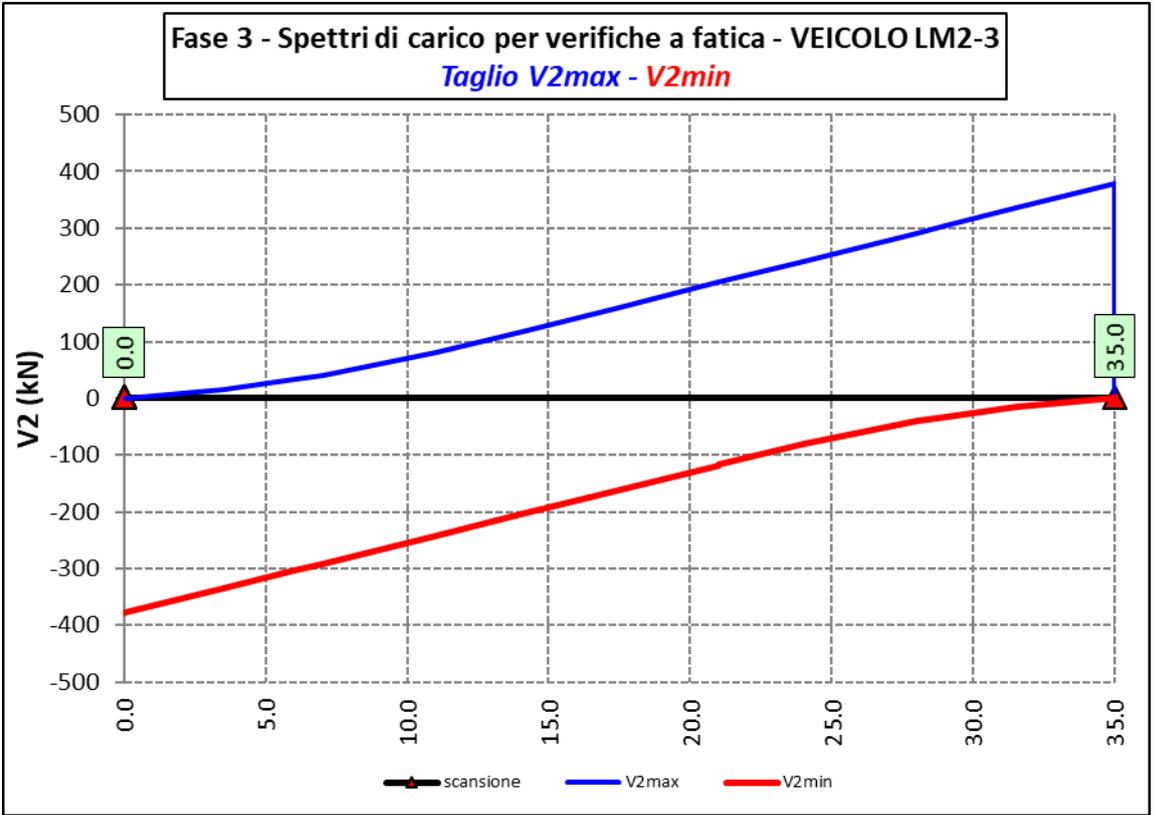
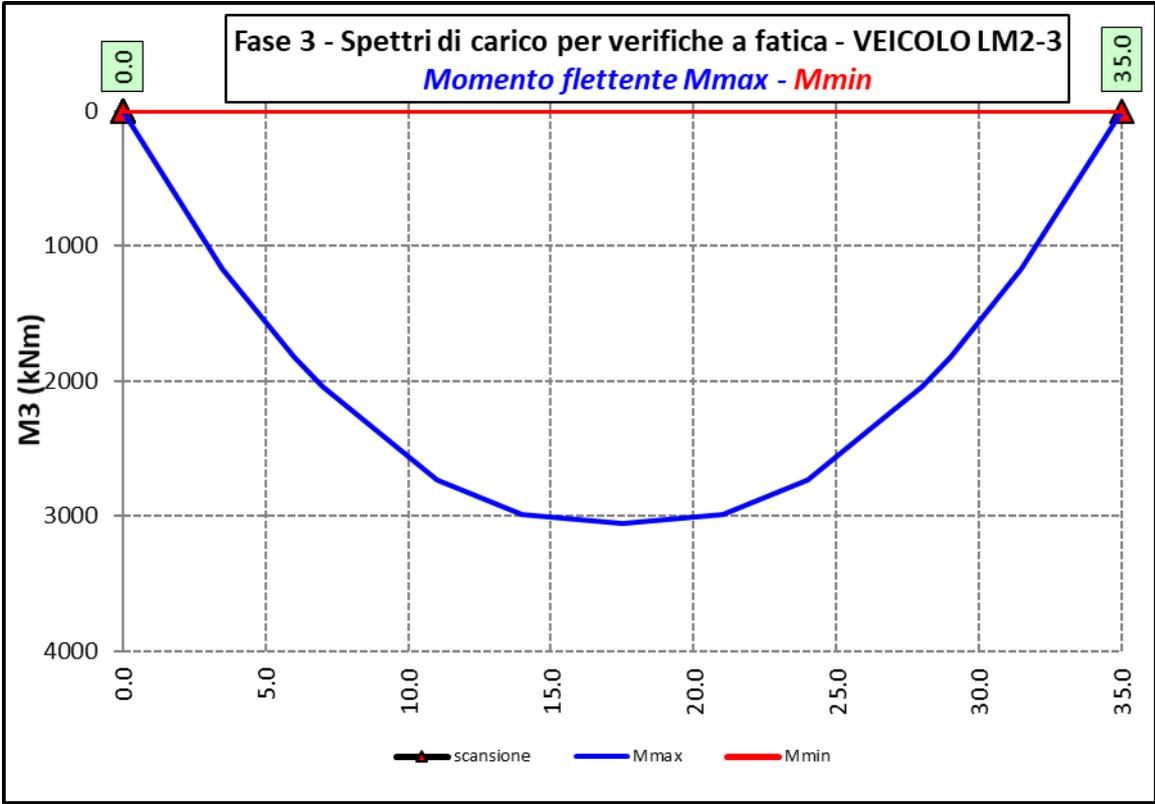
### 6.2.3.6 Vento – Modello 3

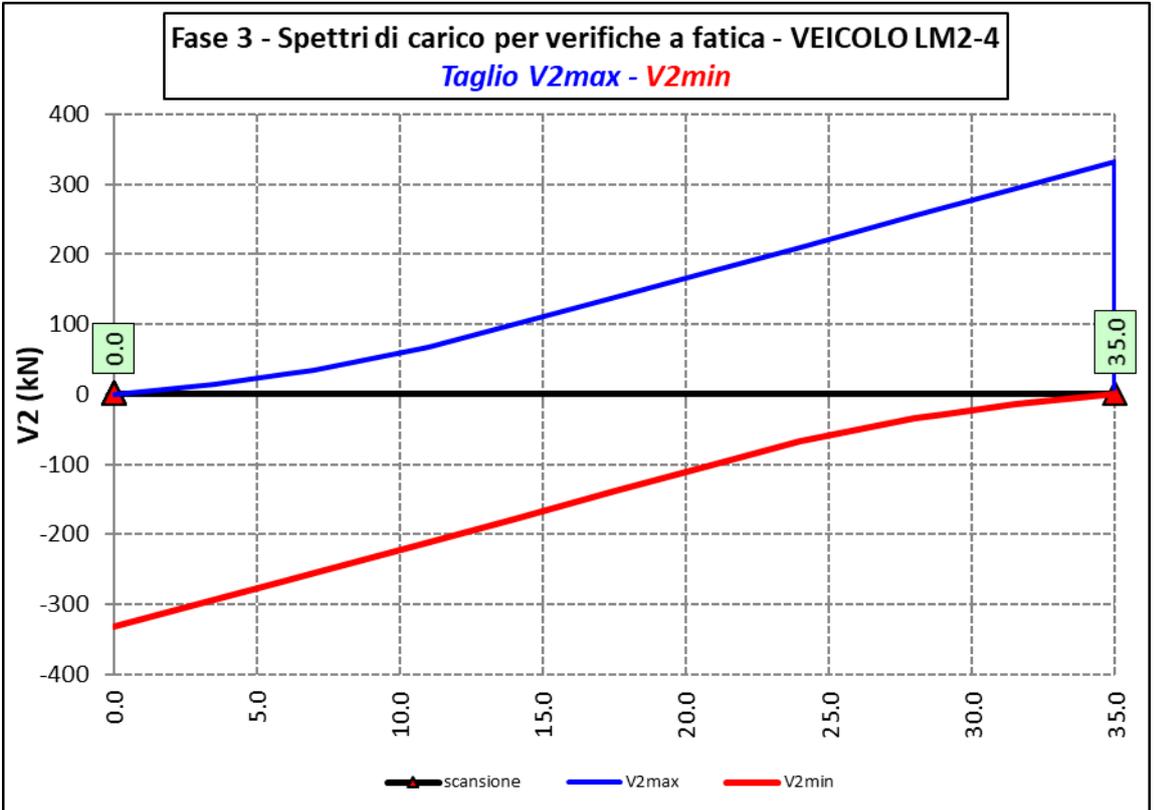
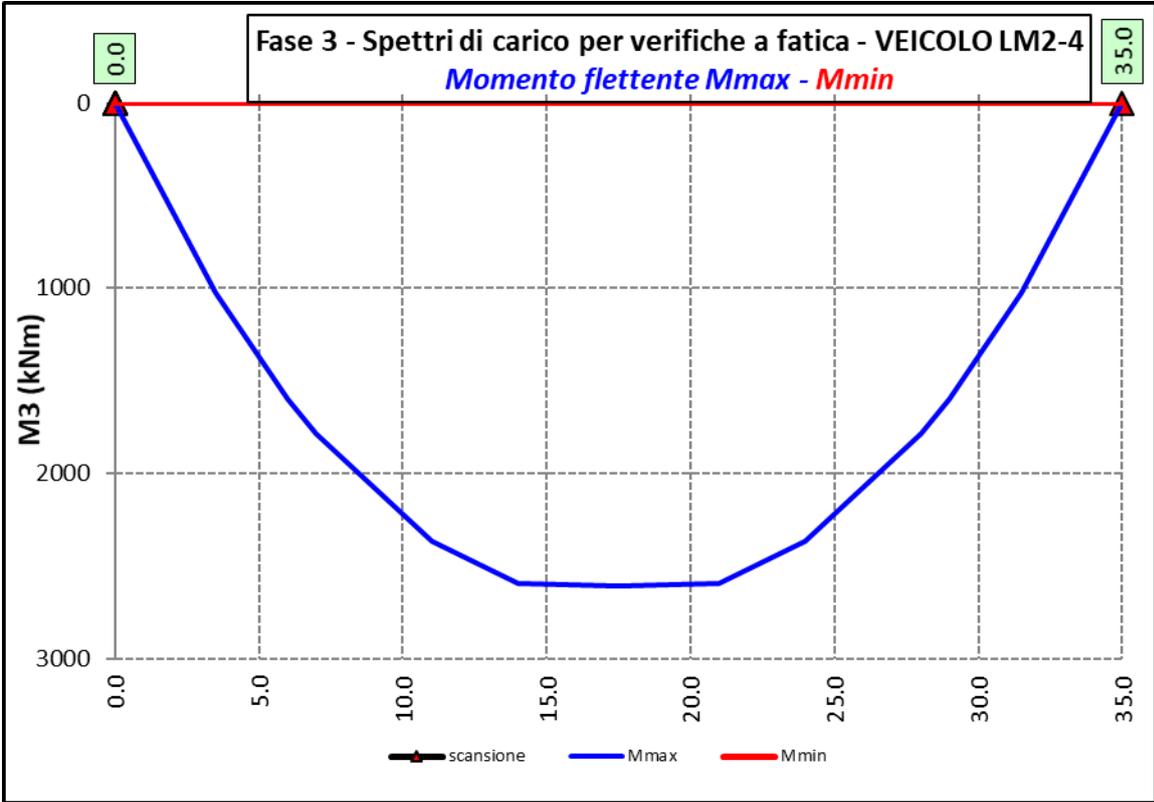


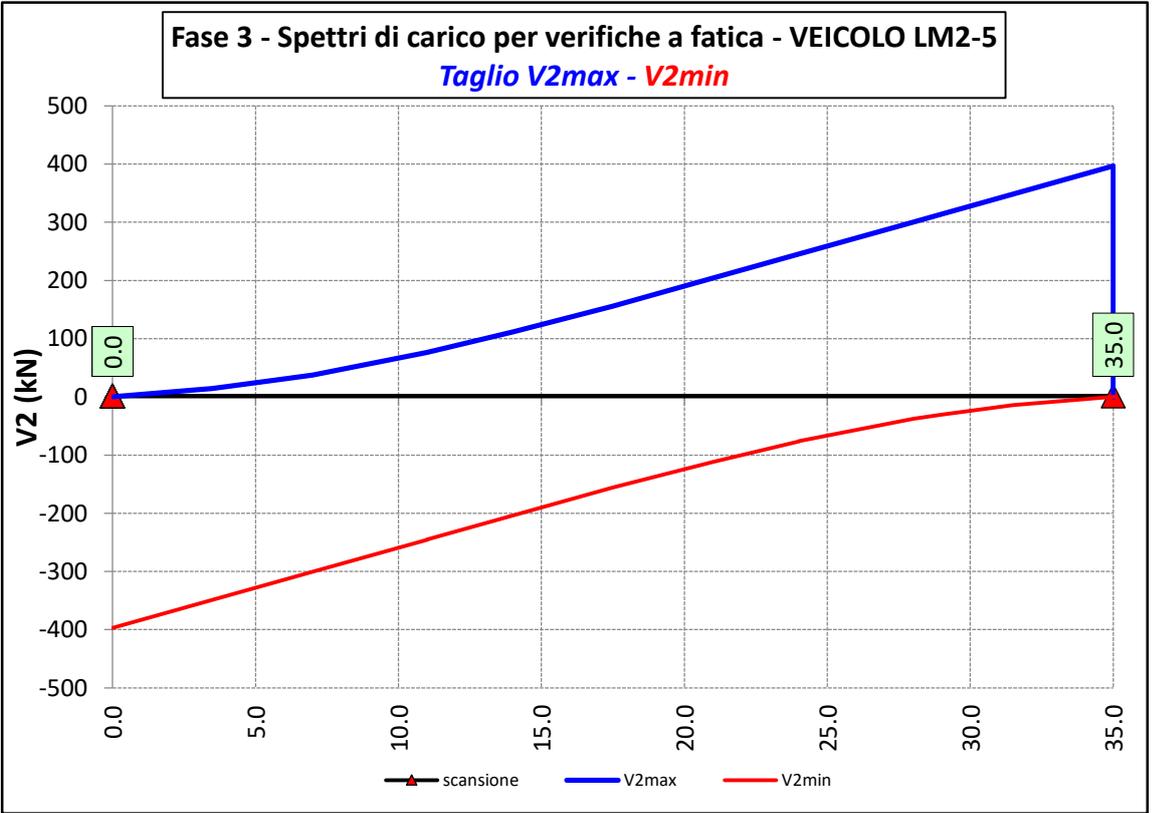
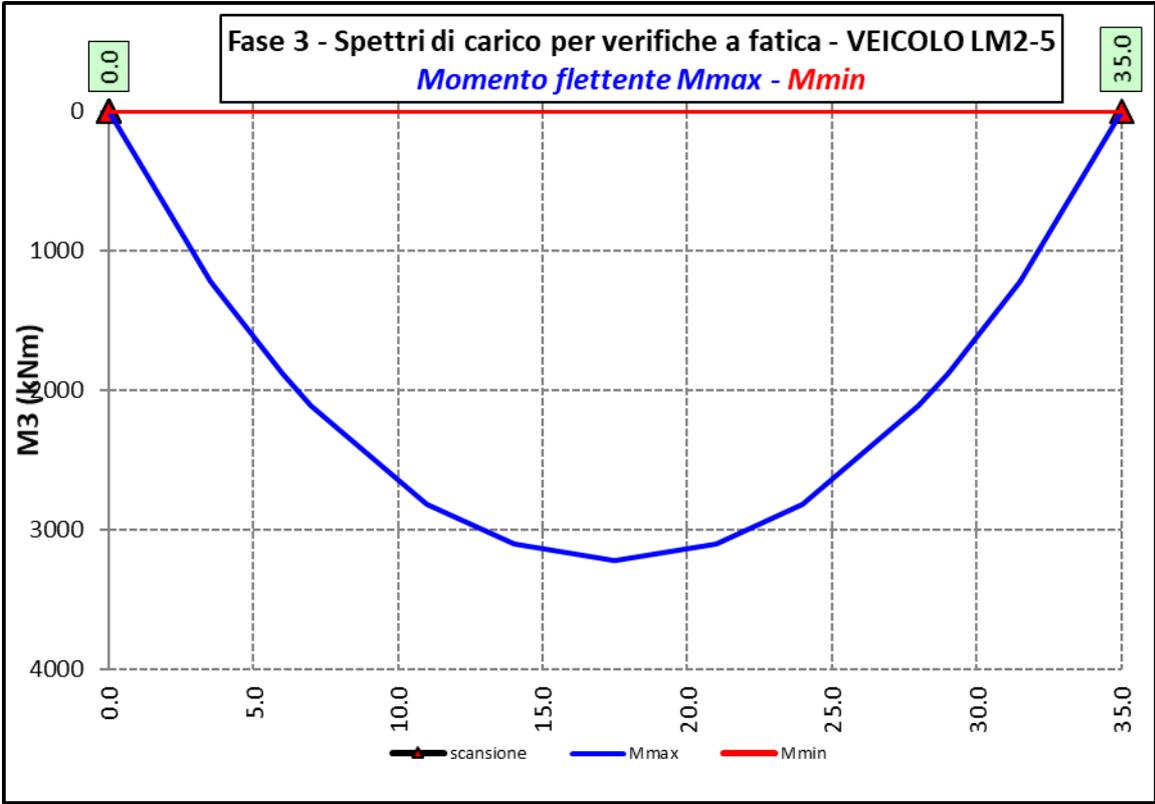
### 6.2.3.7 Spettri di carico per verifiche a fatica – Modello 3

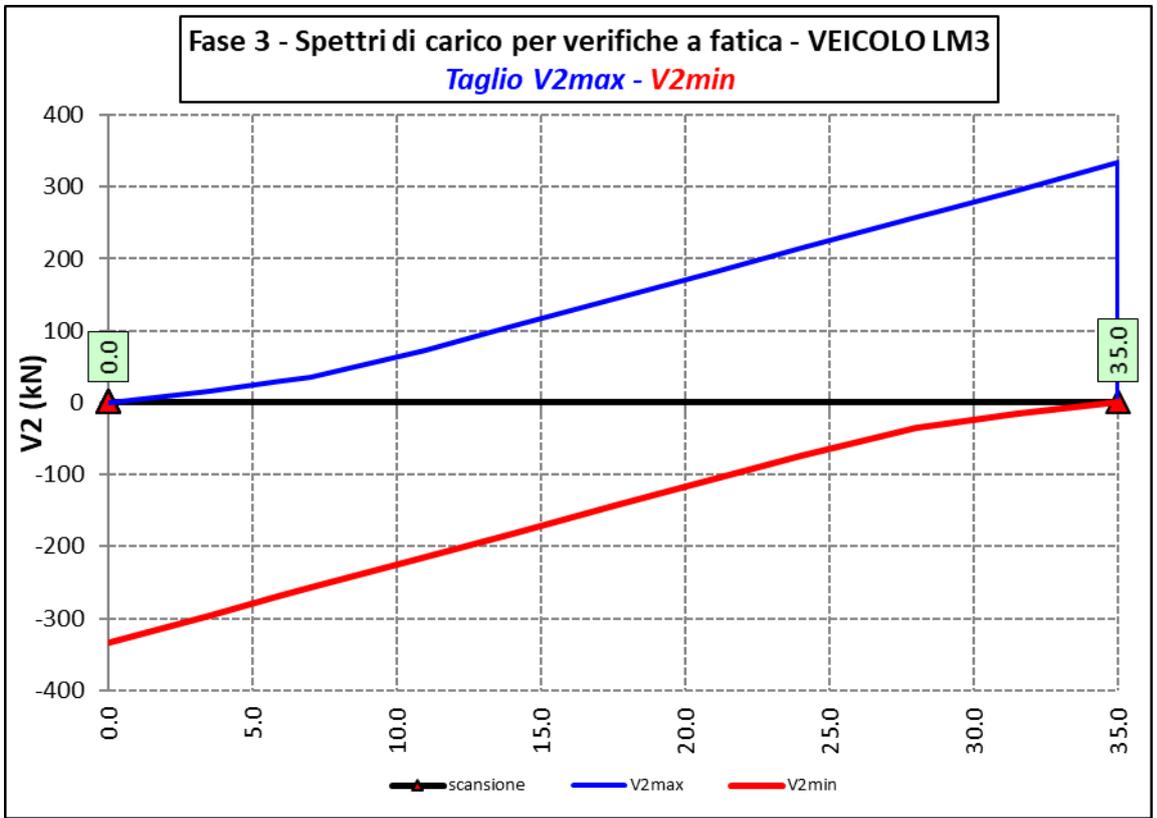
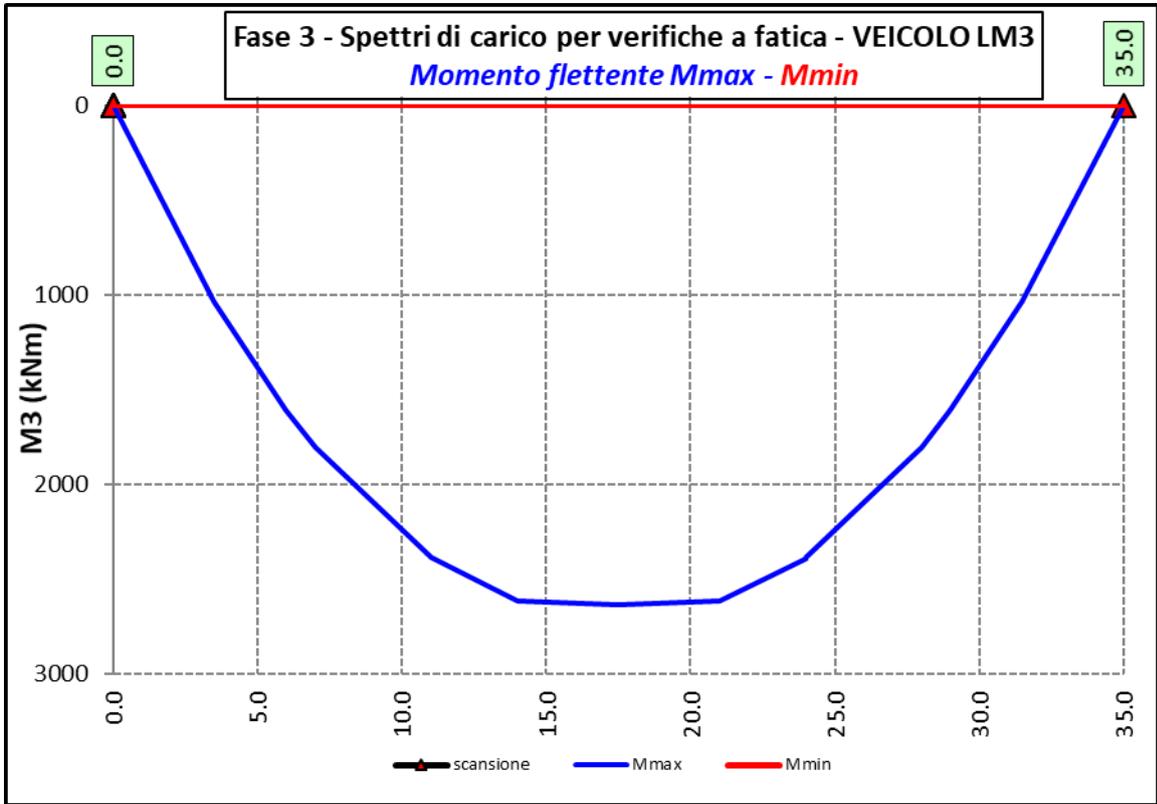












S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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  $C_\theta$  definita come:

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

Essendo  $\vartheta_r$  e  $\vartheta_y$  le curvature corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento. Si distinguono le seguenti classi di sezioni:

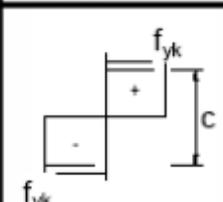
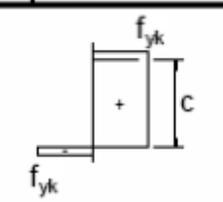
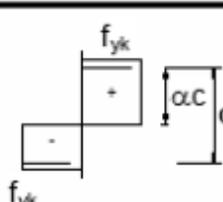
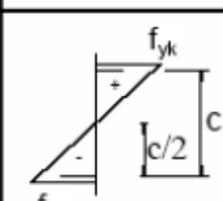
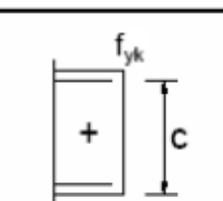
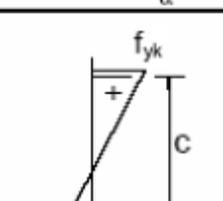
- Classe 1: quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico di cui al §4.2.3.2 senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità 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 PO01 – Ponte Canale

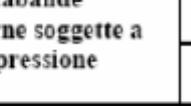
Tab. 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

		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
	$\varepsilon$	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  $\varepsilon_y > f_{yk}/E$

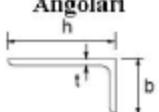
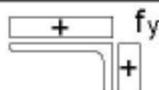
S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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		
1						
	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9e}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9e}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10e}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{10e}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21\varepsilon\sqrt{k_e}$ Per $k_e$ vedere EN 1993-1-5				
$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

<b>Angolari</b> 																			
Riferirsi anche alle piattabande esterne (v. Tab 4.2.II) Non si applica agli angoli in contatto continuo con altri componenti																			
<b>Classe</b>	<b>Sezione in compressione</b>																		
Distribuzione delle tensioni sulla sezione (compressione positiva)																			
<b>3</b>	$h/t \leq 15\varepsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\varepsilon$																		
<b>Sezioni Tubolari</b> 																			
<b>Classe</b>	<b>Sezione inflessa e/o compressa</b>																		
<b>1</b>	$d/t \leq 50\varepsilon^2$																		
<b>2</b>	$d/t \leq 70\varepsilon^2$																		
<b>3</b>	$d/t \leq 90\varepsilon^2$ (Per $d/t > 90 \varepsilon^2$ vedere EN 1993-1-6)																		
$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>f_{yk}</math></td> <td style="text-align: center;">235</td> <td style="text-align: center;">275</td> <td style="text-align: center;">355</td> <td style="text-align: center;">420</td> <td style="text-align: center;">460</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\varepsilon</math></td> <td style="text-align: center;">1,00</td> <td style="text-align: center;">0,92</td> <td style="text-align: center;">0,81</td> <td style="text-align: center;">0,75</td> <td style="text-align: center;">0,71</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\varepsilon^2</math></td> <td style="text-align: center;">1,00</td> <td style="text-align: center;">0,85</td> <td style="text-align: center;">0,66</td> <td style="text-align: center;">0,56</td> <td style="text-align: center;">0,51</td> </tr> </table>	$f_{yk}$	235	275	355	420	460	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71	$\varepsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51
$f_{yk}$	235	275	355	420	460														
$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71														
$\varepsilon^2$	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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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;

$\gamma_{M1}$  è il fattore parziale di sicurezza assunto pari a 1.10;

$\chi_w$  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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

Tabella 6.1 – Fattore  $\chi_w$  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  $k_\tau$  è fornito dalle seguenti espressioni in funzione del rapporto tra l'interasse degli irrigidimenti trasversali  $a$  e l'altezza dell'anima  $h_w$ :

per  $a/h_w \geq 1$ :

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

per  $a/h_w < 1$ :

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

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

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

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

#### 6.3.1.4 Interazione taglio-momento flettente

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

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

- per sezioni di classe 1 e 2 la tensione di snervamento dell'anima, considerata nel calcolo del momento resistente plastico della sezione, viene ridotta in accordo alla norma EN 1994-2;

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>ANAS</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

- 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:

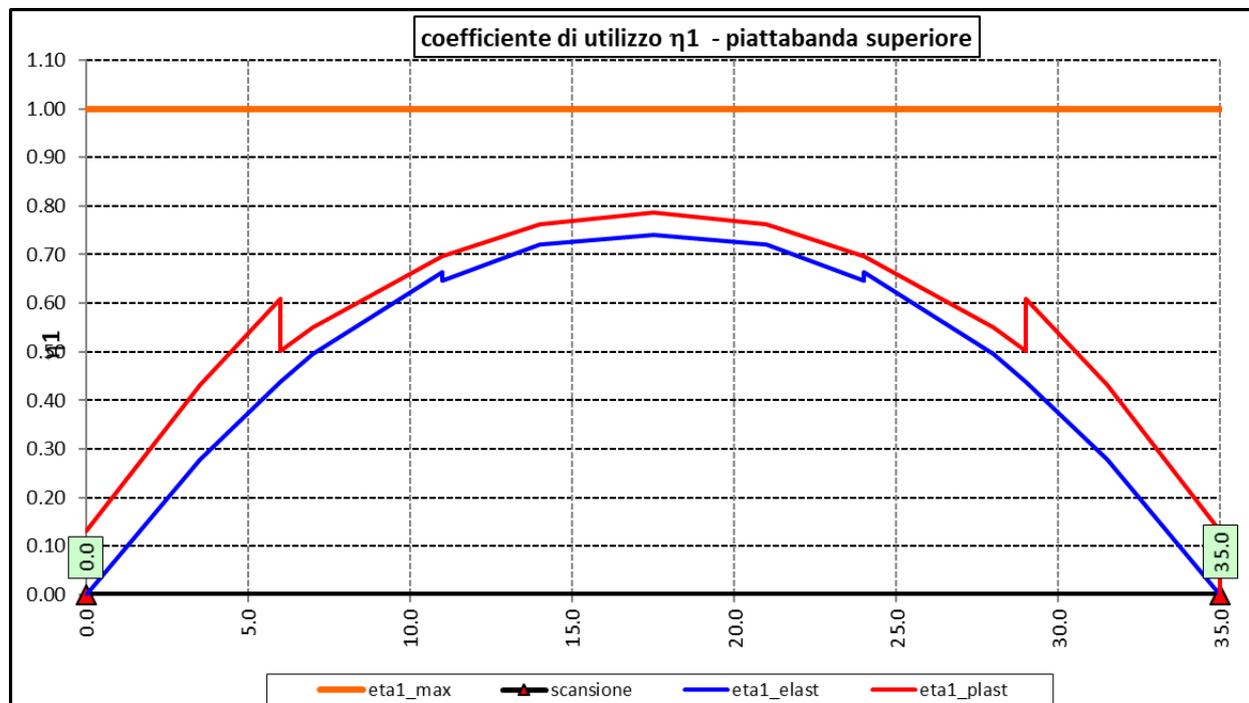
$M_{f,Rd}$  è il momento resistente di progetto delle sole flange efficaci;

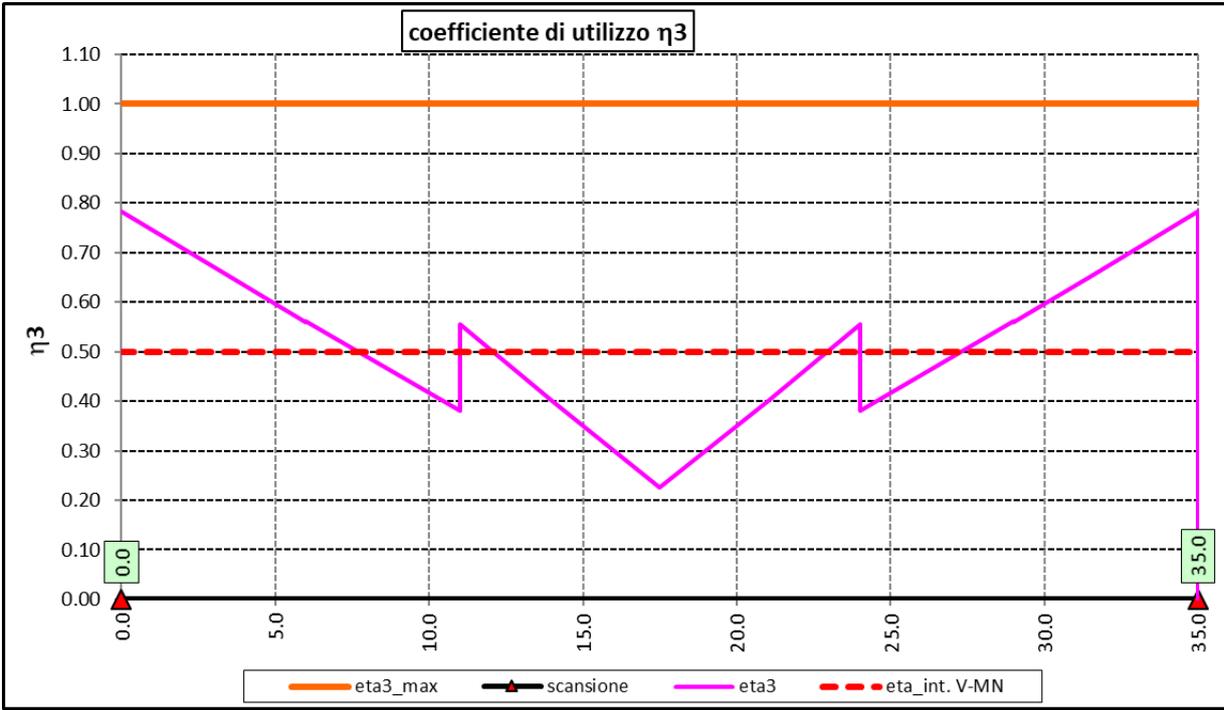
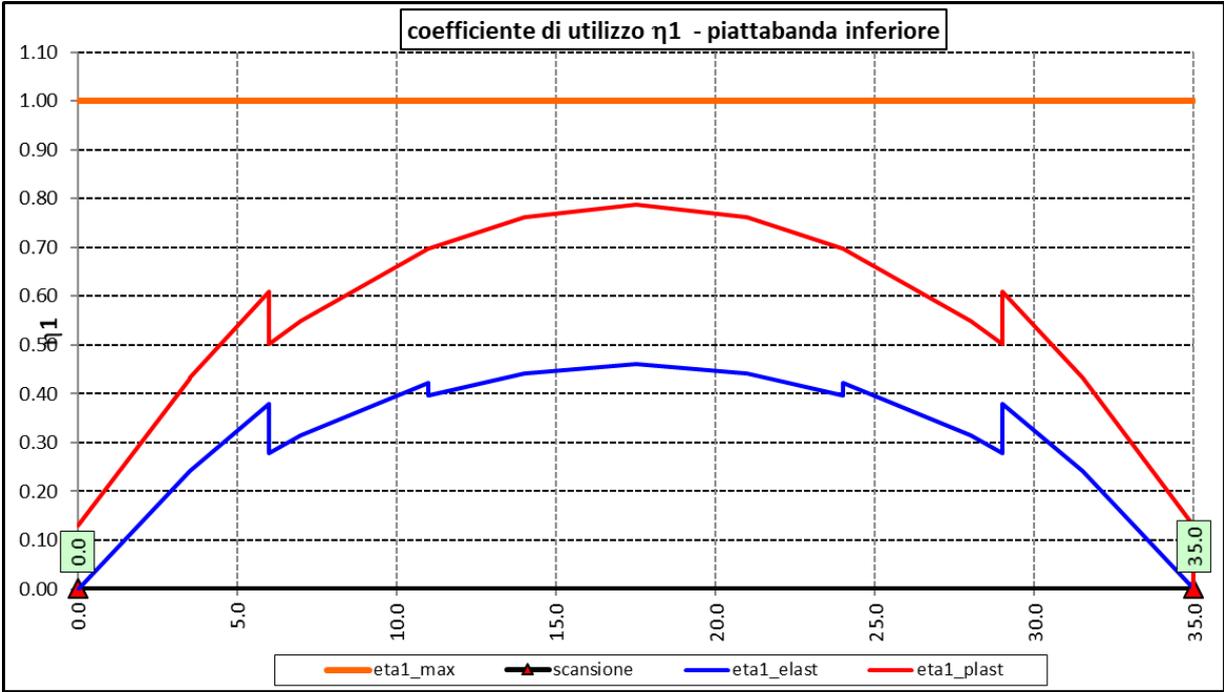
$M_{Pl,Rd}$  è la resistenza plastica della sezione trasversale composta dall'area effettiva delle flange e dall'intera anima senza tener conto della classe di quest'ultima;

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

### 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.





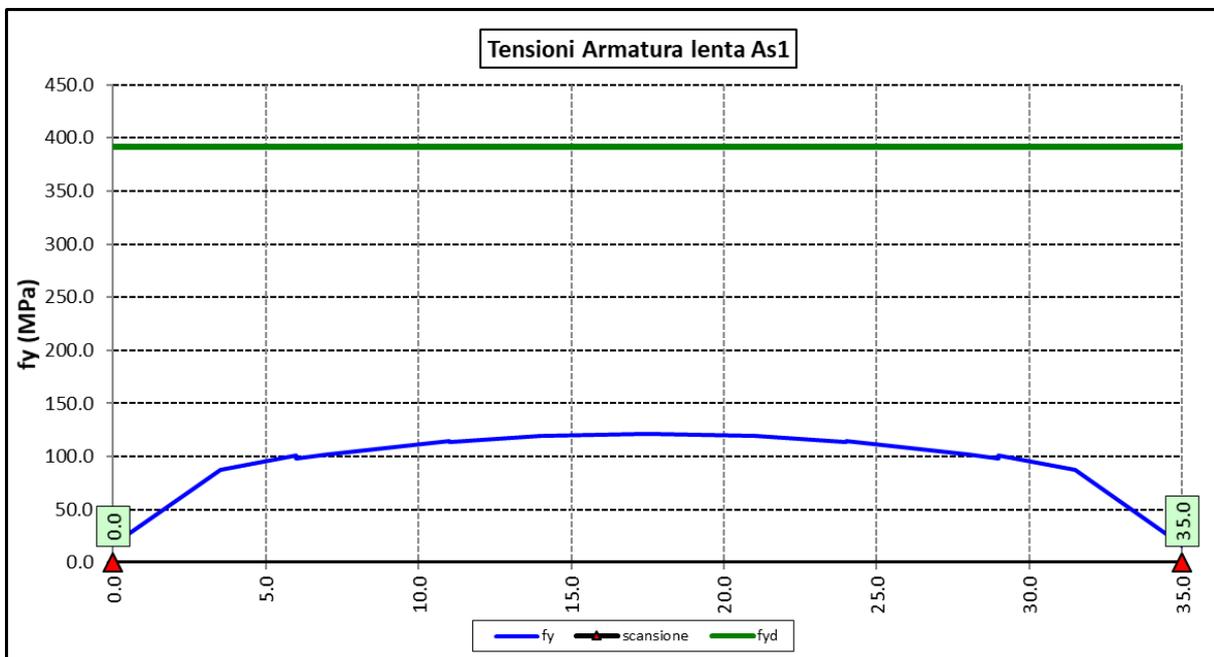
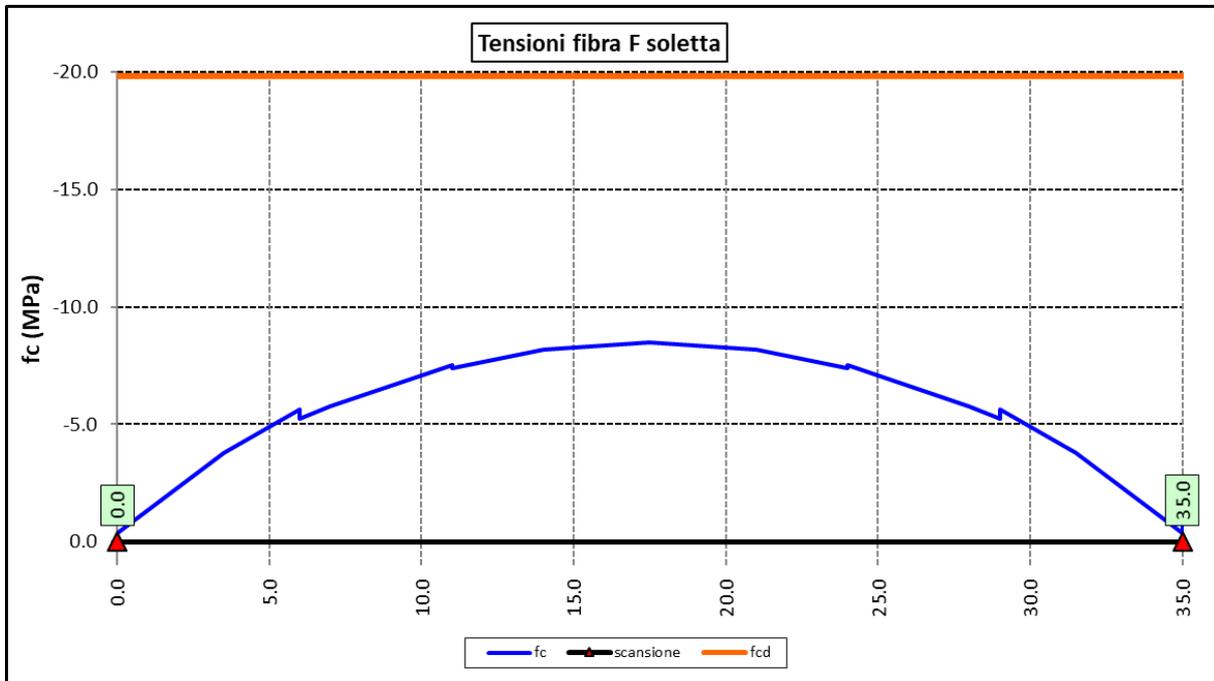
Per quanto attiene la soletta (fibra F) è stato verificato che:

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

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.



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.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> <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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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;

$k_{\sigma}$  e  $k_{\tau}$  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:

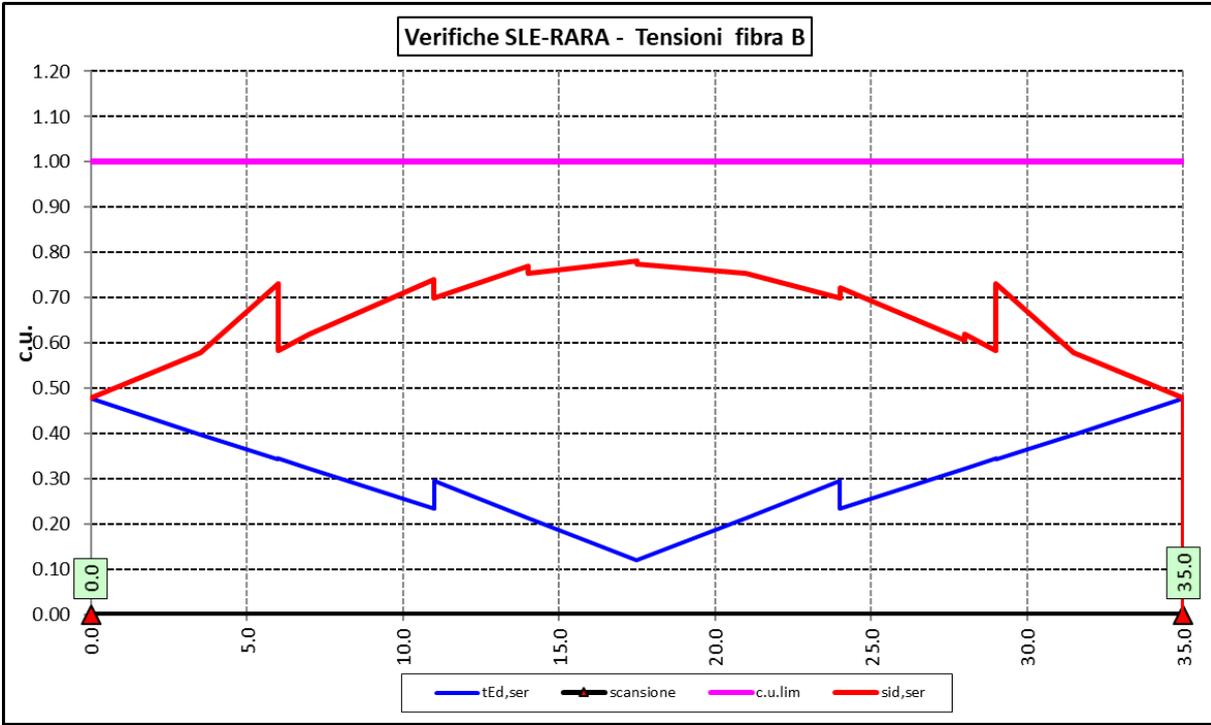
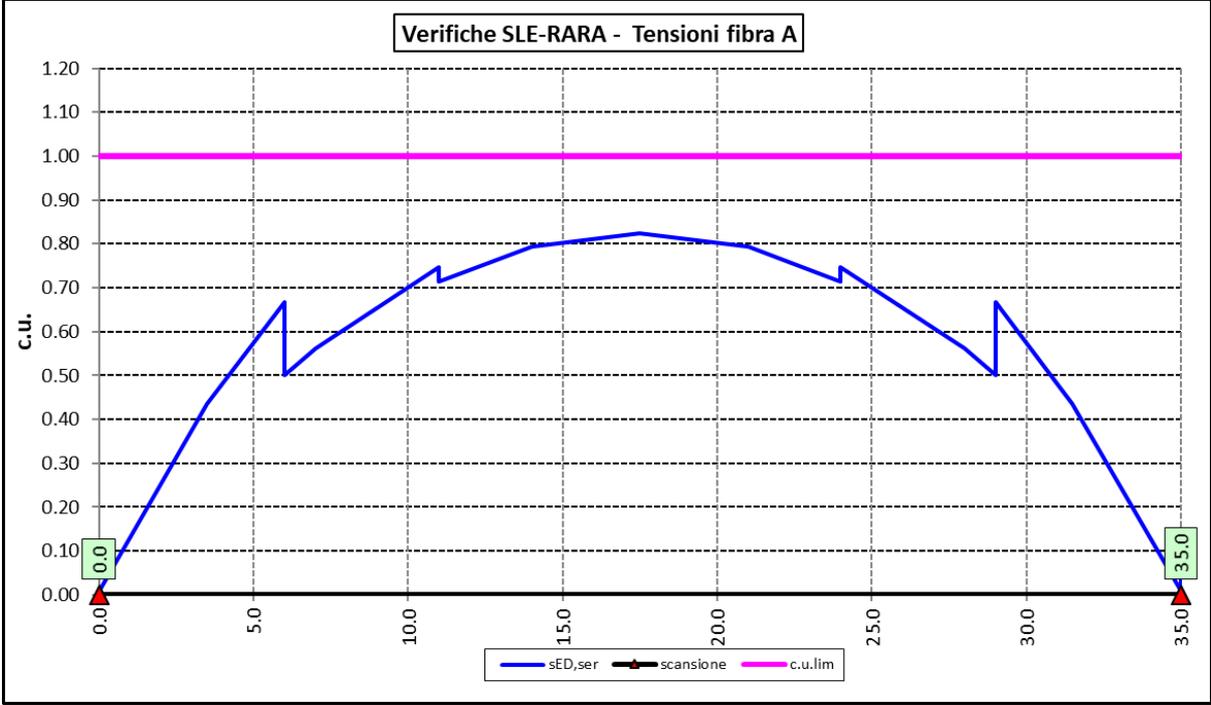
$$\frac{\sigma_{Ed,ser}}{f_{yk} / \gamma_{M,ser}} \leq 1$$

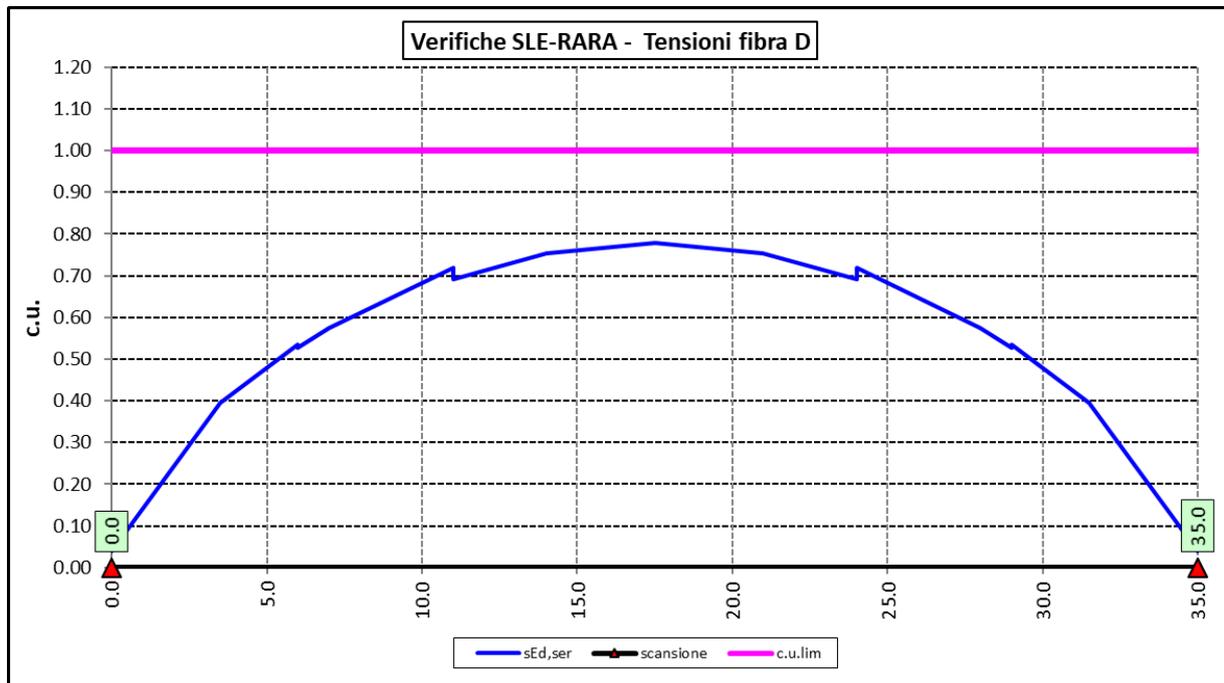
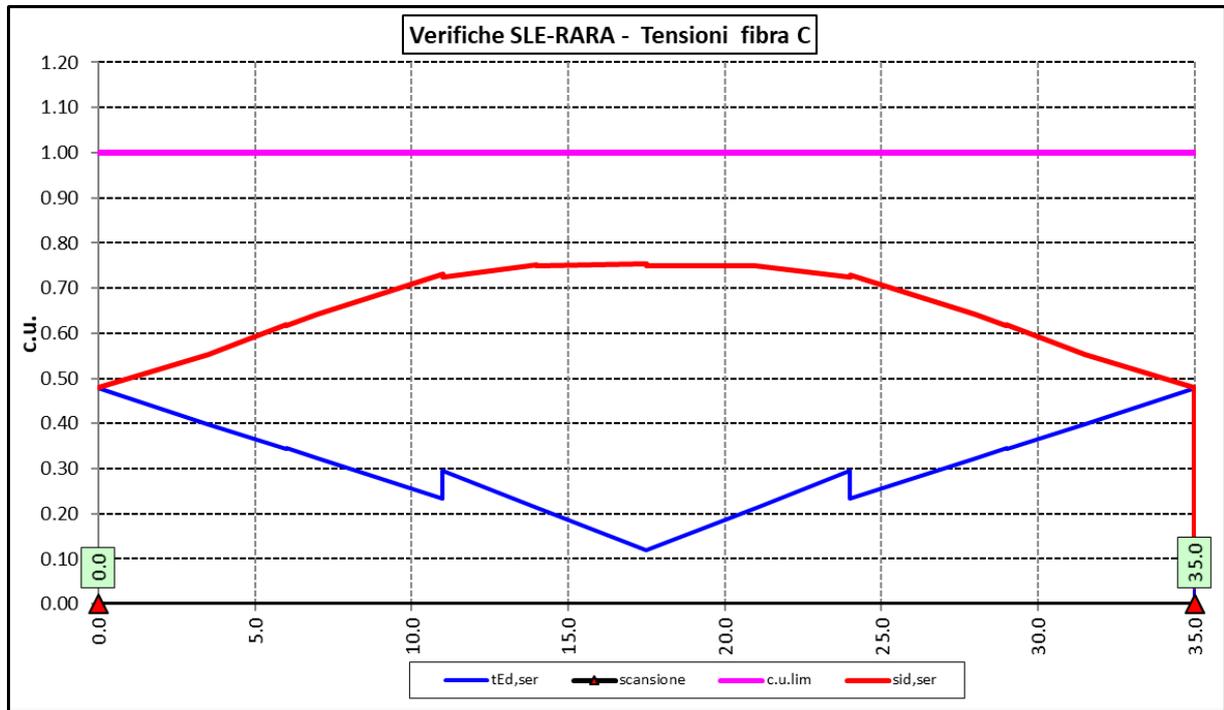
$$\frac{\tau_{Ed,ser}}{f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser})} \leq 1$$

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

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.

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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  $\gamma_{Mf}$ . Il coefficiente  $\gamma_{Mf}$  dipende sia dalla accessibilità per l'ispezione, sia dall'entità delle conseguenze delle crisi per fatica dell'elemento o della struttura. Si possono utilizzare due diversi approcci progettuali:

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

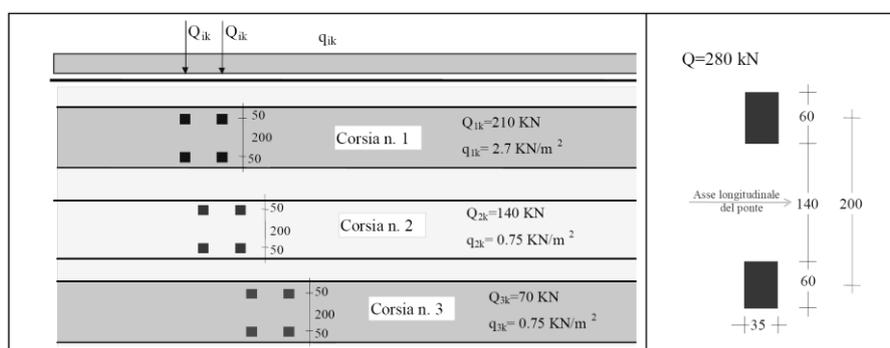
Criteri di valutazione	Conseguenze moderate ( $\gamma_{Mf}$ )	Conseguenze significative ( $\gamma_{Mf}$ )
Danneggiamento accettabile	1,00	1,15
Vita utile a fatica (Safe Life)	1,15	1,35

*Tabella 6.2. Coefficienti parziali  $\gamma_{Mf}$*

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").

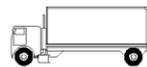
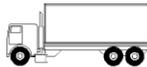
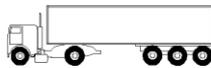
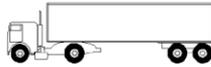
I modelli di carico da utilizzarsi per la verifica a fatica degli impalcati stradali sono:

- 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)



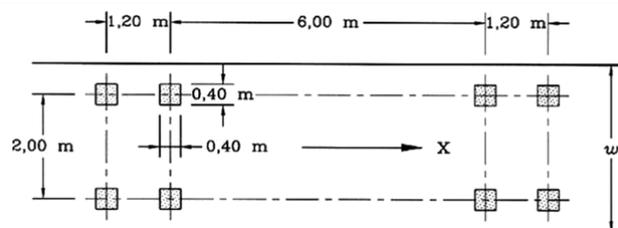
*Figura 6.4. Modello di carico a fatica LM1*

- 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	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C C

*Figura 6.5. Modello di carico a fatica LM2*

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



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

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

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

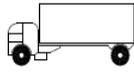
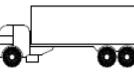
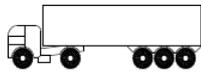
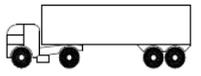
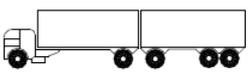
Sagoma del veicolo	Tipo di pneumatico (Tab.5.1-IX)	Interassi [m]	Valori equivalenti dei carichi asse [kN]	Composizione del traffico		
				Lunga percorrenza	Media percorrenza	Traffico locale
	A B	4,50	70 130	20,0	40,0	80,0
	A B B	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0
	A B C C C	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150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

Figura 6.7. Modello di carico a fatica LM4

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

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

Le Circolari applicative delle NTC2018 (§[D\_2]), definiscono le diverse categorie di dettaglio ed i valori dei delta di tensione resistenti ( $\Delta\sigma_D$ ) per  $5 \cdot 10^6$  cicli di carico.

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

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

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

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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  $\lambda$ , 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  $\varphi_{fat}$  per ponti stradali è assunto diverso dall'unità solo nelle prossimità dei giunti di dilatazione. In definitiva, si conduce la verifica a danneggiamento controllando che risulti:

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

Le Circolari applicative delle NTC2018 (§[D\_2]), definiscono le diverse categorie di dettaglio ed i valori dei delta di tensione resistenti ( $\Delta\sigma_C$ ) per  $2 \cdot 10^6$  cicli di carico ad ampiezza costante.

#### 6.3.4.1 Verifica a vita illimitata

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

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

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

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

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

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

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 PO01 – Ponte Canale</i>	

	Descrizione del Particolare	$\Delta\sigma_c$ (Mpa)		$\Delta\sigma_D$ (Mpa)		Size Effect
		2·10 <sup>6</sup> cicli		5·10 <sup>6</sup> 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 &gt; 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	
		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	71		52,3		NO (3)

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

	penetrazione tra elementi di spessore differente con assi allineati con $T_{min} \leq 25 \text{ mm}$			
	$T_{min}$ = spessore minimo delle anime da unire			

1.  $\Delta\sigma_D = 0,737 \times \Delta\sigma_C$
2. Sovrappessore 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  $\Delta\sigma_{C,rid}(T_{min}) = \Delta\sigma_C(25 \text{ mm}) \times K_s$ ;  $K_s = (25 / T_{min})^{0,2}$

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

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

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

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

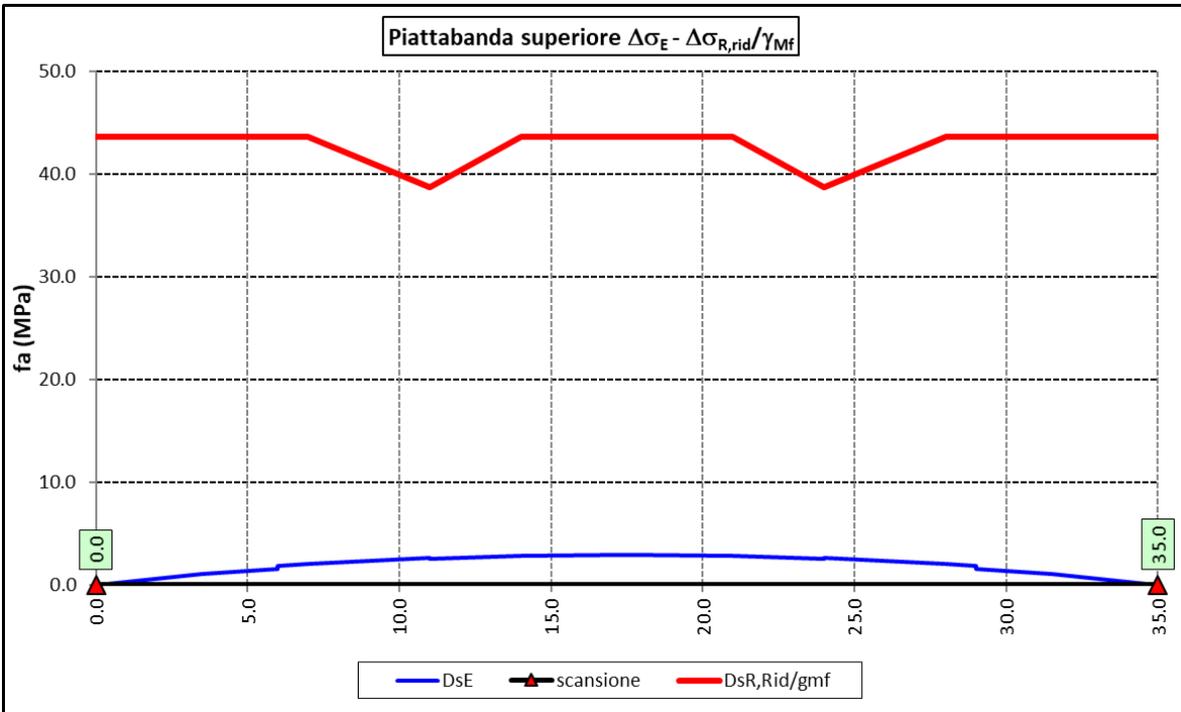
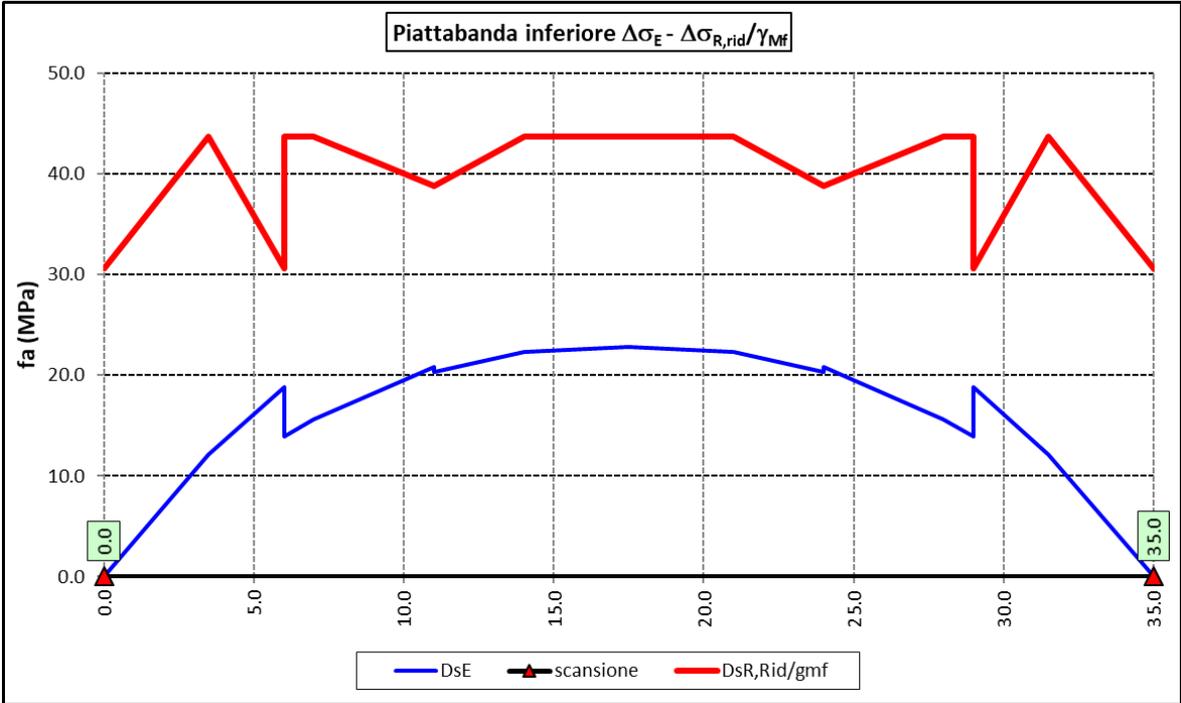
Tale grafico è stato costruito usando come retta di riferimento il valore del particolare n° 1 (presente ad interasse di circa 7 m lungo tutto lo sviluppo della struttura) per il quale si ha:

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

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

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

Come è possibile evincere tutte le verifiche sono soddisfatte.



S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> <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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

### 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  $\beta_1$  e  $\beta_2$  forniti dalla seguente tabella in funzione del grado di acciaio:

**Tabella 4.2.XIV** Valori dei coefficienti  $\beta_1$  e  $\beta_2$

	S235	S275 - S355	S420 - S460
$\beta_1$	0,85	0,70	0,62
$\beta_2$	1,0	0,85	0,75

Essendo:

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

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

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

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

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

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

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.

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

### 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	$\gamma_v$		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	$\alpha$		1.0
Resistenza del piolo (componente acciaio)	$P_{RD,a}$	kN	109.5
Resistenza del piolo (componente cls)	$P_{RD,c}$	kN	122.6
<b>Resistenza del piolo SLU (min (<math>P_{RD,a}</math>; <math>P_{RD,c}</math>))</b>	$P_{RD,SLU}$	kN	109.5

Agli SLE si considera la seguente resistenza dei connettori:

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

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

- nelle zone in cui la piattabanda superiore risulta compressa:

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

Con:

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

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

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

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

- nelle zone in cui la piattabanda superiore risulta tesa:

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

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

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

Pertanto si ha:

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

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

Fattori lambda - Danneggiamento equivalente	Var		unità
tipo di traffico:	percorrenza		lunga
Vita di progetto del ponte	$t_{ld}$	anni	100
Peso lordo medio degli autocarri sulla corsia lenta	$Q_{m1}$	kN	445
numero di veicoli di massa superiore a 10 ton transitanti sulla corsia	$N_{obs}$		5.0E+05
fattore che tiene conto del volume di traffico lambda 2	$\lambda_2$		0.927
fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte	$\lambda_3$		1.00
fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie	$\lambda_4$		1.00
fattore lambda v 1	$\lambda_{v1}$		1.55
fattore che tiene conto del volume di traffico lambda v 2	$\lambda_{v2}$		0.927
fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte	$\lambda_{v3}$		1.00
fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie	$\lambda_{v4}$		1.00
fattore lambda v	$\lambda_v$		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.

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i>	

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		Ritiro iperstatico fr (m)	Totale permanenti fperm (m)	Luce campate (m) L(m)	1/150 L	Verifica	Carichi mobili - C	Carichi mobili - D	Carichi mobili - F	Carichi mobili fq1 (m)	1/500 L	Verifica	Controfreccia teorica fcf-t (m)
		fg1 (m)	fg2 (m)												
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	35.000	-0.233	OK!	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.070	OK!	0.000
2	3.50	-0.023	-0.004	0.000	-0.027	35.000	-0.233	OK!	-0.005	-0.004	0.000	-0.009	-0.070	OK!	0.029
3	6.00	-0.037	-0.007	0.000	-0.044	35.000	-0.233	OK!	-0.008	-0.007	0.000	-0.015	-0.070	OK!	0.048
4	7.00	-0.042	-0.008	0.000	-0.050	35.000	-0.233	OK!	-0.010	-0.008	0.000	-0.018	-0.070	OK!	0.054
5	11.00	-0.059	-0.011	0.000	-0.070	35.000	-0.233	OK!	-0.013	-0.011	0.000	-0.025	-0.070	OK!	0.076
6	14.00	-0.067	-0.012	0.000	-0.079	35.000	-0.233	OK!	-0.015	-0.013	0.000	-0.028	-0.070	OK!	0.086
7	17.50	-0.070	-0.013	0.000	-0.083	35.000	-0.233	OK!	-0.016	-0.014	0.000	-0.030	-0.070	OK!	0.090
8	24.00	-0.067	-0.012	0.000	-0.079	35.000	-0.233	OK!	-0.015	-0.013	0.000	-0.028	-0.070	OK!	0.086
9	24.00	-0.059	-0.011	0.000	-0.070	35.000	-0.233	OK!	-0.013	-0.011	0.000	-0.025	-0.070	OK!	0.076
10	28.00	-0.042	-0.008	0.000	-0.050	35.000	-0.233	OK!	-0.010	-0.008	0.000	-0.018	-0.070	OK!	0.054
11	29.00	-0.037	-0.007	0.000	-0.044	35.000	-0.233	OK!	-0.008	-0.007	0.000	-0.015	-0.070	OK!	0.048
12	31.50	-0.023	-0.004	0.000	-0.027	35.000	-0.233	OK!	-0.005	-0.004	0.000	-0.009	-0.070	OK!	0.029
13	35.00	0.000	0.000	0.000	0.000	35.000	-0.233	OK!	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.070	OK!	0.000

La figura seguente fornisce evidenza dei risultati ottenuti:

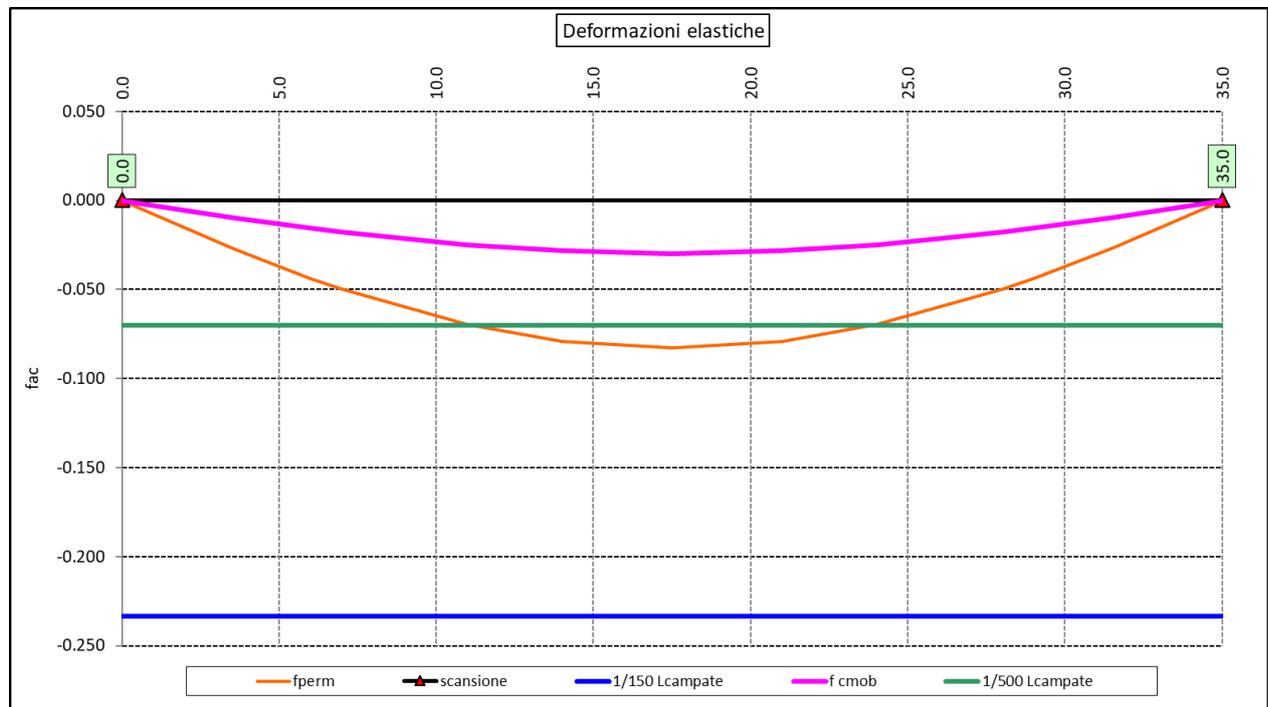


Figura 6.8. Travi principali – Verifiche di deformabilità

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:

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

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

essendo:

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

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

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

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

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

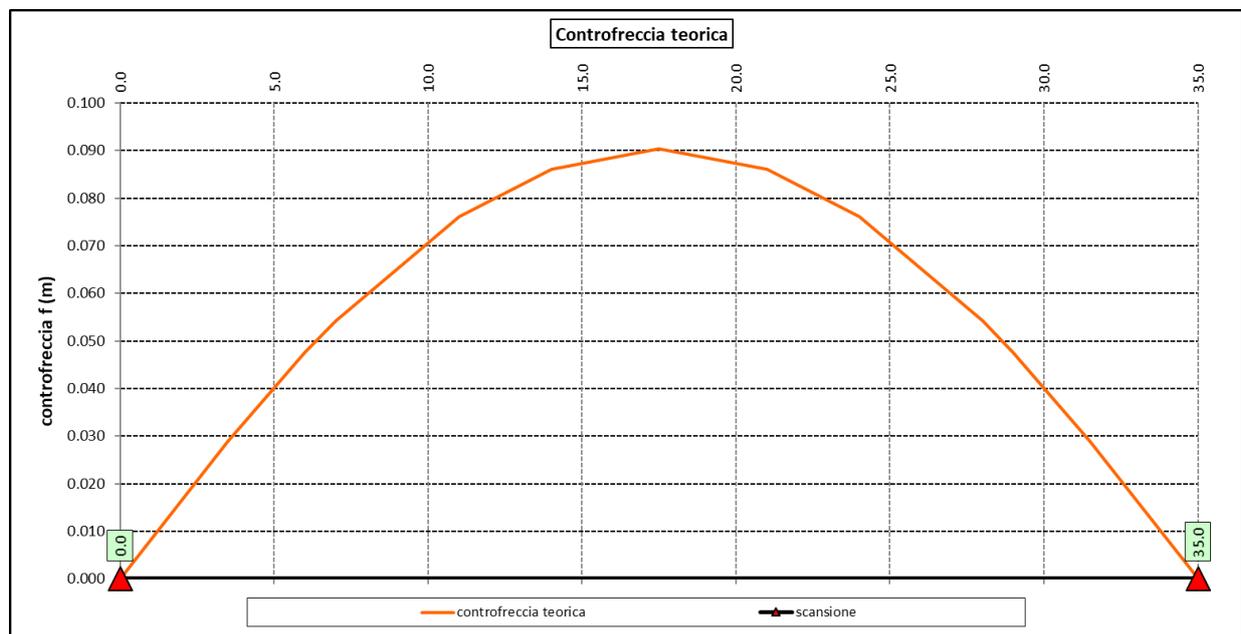


Figura 6.9. Travi principali – controfreccia teorica

## 6.5 Verifica della Soletta in c.a.

Si prevede che il getto della soletta avvenga su 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 a cavallo degli appoggi.

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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

### 6.5.1 Verifica delle predalles in fase di autoportanza

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

In fase di calcolo è stato considerato un sovraccarico accidentale dovuto ai mezzi d'opera pari a 0.75 kN/m<sup>2</sup>.

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

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

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

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

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

#### 6.5.1.1 Criteri di calcolo e verifica

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

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

#### Verifica di resistenza dei correnti tesi

Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

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

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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;  
 $\gamma_M$  è il coefficiente di sicurezza pari a 1.15 per acciaio B450C.

### Verifica all'instabilità dei correnti compressi

Deve essere soddisfatta la seguente espressione:

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

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

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

Essendo:

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

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

dove:

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

$\alpha$  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.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

### 6.5.1.2 Verifica della predalla in mezzeria della campata tra le travi

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	2375					
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	2375					
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. tralicci per dalla	nt		11					
altezza traliccio	ht	mm	195					
<b>Sezione corrente</b>	n	φ	A		At	di	I	
		mm	mmq		mmq	mm	mm4	
Armatura superiore tralicci	1	16	201		2212	227	35387	
Armatura inferiore tralicci	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					

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

**CALCOLI STATICI**

FASE 1 - POSA IN OPERA DALLE, GETTO DI COMPLETAMENTO						
ANALISI DEI CARICHI		B	H	$\gamma$	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	63.53			
ascissa taglio nullo	x_V(0)	m	2.94			
Momento massimo in campata - permanenti	Mmax_p	kNm	65.95			
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	$\gamma_g$		1.30			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	$\gamma_q$		1.50			
Verifiche SLU - Momento flettente in mezzera	Mmax	kNm	97.4			
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	97.41			
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	538.2			
Verifica dei correnti compressi		Var	unità	cor traliccio		
n. correnti	nc		11			
Diametro corrente compresso	$\phi$	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'inflexione	L0	m	0.20			
coefficiente beta	$\beta$		1.00			
snellezza	$\lambda$		50.0			
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	166690			
snellezza adimensionale	$\lambda_{-}$		0.74			
fattore di imperfezione alpha	$\alpha$		0.49			
coefficiente $\Phi$	$\Phi$		0.90			
coefficiente $\chi$	$\chi$		0.70			
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	607			
coefficiente di utilizzo	c.u		0.89	< 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		0.55	< 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	$\phi$	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'inflexione	L0	m	0.21			
coefficiente beta	$\beta$		0.90			
snellezza	$\lambda$		76.2			
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	28006			
snellezza adimensionale	$\lambda_{-}$		1.12			
fattore di imperfezione alpha	$\alpha$		0.49			
coefficiente $\Phi$	$\Phi$		1.36			
coefficiente $\chi$	$\chi$		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 trallicci sono soddisfatte.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

### 6.5.1.3 Verifica della predalle tralicciate in corrispondenza degli sbalzi

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

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	2375			
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. tralci per dalla	nt		6			
altezza traliccio all'incastro	ht	mm	195			
<b>Sezione corrente</b>	n	φ	A	At	di	I
		mm	mmq	mmq	mm	mm4
Armatura superiore tralci	1	16	201	1206	227	19302
Armatura inferiore tralci	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			

#### CALCOLI STATICI

FASE 1 - POSA IN OPERA DALLE, GETTO DI PRIMA FASE						
ANALISI DEI CARICHI		B	H	γ	p	p
		m	m	kN/mc	kN/mq	kN/ml
peso proprio dalla (costante)	g1a	2.40	0.07	25.0		4.20
peso proprio predalla (variabile)	g1b	2.40	0.00	25.0		0.00
peso proprio getto di completamento (costante)	g1c	2.40	0.24	25.0		14.40
peso proprio getto di completamento (variabile)	g1d	2.40	0.00	25.0		0.00
peso mezzi d'opera	p3	2.40			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	22.29			
Momento massimo all'incastro - accidentali	Mmax-q	kNm	3.84			
Taglio massimo - permanenti	Vmax-p	kN	23.41			
Taglio massimo - accidentali	Vmax-q	kN	3.72			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	γg		1.30			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	γq		1.50			
Verifiche SLU - Momento flettente all'incastro	Mmax	kNm	34.7			
Verifiche SLU - Taglio massimo all'incastro	Vmax	kNm	36.0			

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI	Var	unità		
altezza del traliccio all'incastro	ht	m	0.177	
Momento flettente	Mmax	kNm	34.74	
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	196.3	
<b>Verifica dei correnti compressi in corrispondenza asola</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	<b>cor traliccio</b>	
Sforzo normale nei correnti inferiori	Nmax_i	kN	196	
n. correnti	nc		12	
Diametro corrente compresso	φ	mm	12	
Area corrente compresso	A	mmq	113	
Momento d'inerzia corrente compresso	I	mm4	1018	
raggio d'inerzia corrente	isup	m	0.0030	
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	0.20	
coefficiente beta	β		1.00	
snellezza	λ		67	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	52742	
snellezza adimensionale	λ <sub>-</sub>		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		<b>0.67</b>	<b>&lt; 1.0</b>
<b>Verifica dei correnti compressi (sezione corrente)</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	<b>inferiori</b>	
A correnti	A	mmq	1357	
Resistenza a compressione dell'armatura compressa	Nc,Rd	kN	531	
coefficiente di utilizzo	c.u		<b>0.37</b>	<b>&lt; 1.0</b>
<b>Verifica dei correnti tesi</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	<b>superiori</b>	
A correnti	A	mmq	1206	
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	472	
coefficiente di utilizzo	c.u		<b>0.42</b>	<b>&lt; 1.0</b>
<b>VERIFICA DIAGONALI</b>				
altezza del traliccio	ht	m	0.181	
n. diagonali	nd		12	
Taglio massimo	Vmax	kN	36.01	
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	41.9	
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		76	
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	28251	
snellezza adimensionale	λ <sub>-</sub>		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		<b>0.24</b>	<b>&lt; 1.0</b>

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

FASE 1 - GETTO DI SECONDA FASE						
ANALISI DEI CARICHI		B	H	$\gamma$	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	24.18			
Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase - accidentali	Mmax-q	kNm	1.70			
Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase - permanenti	Vmax-p	kN	30.38			
Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase - accidentali	Vmax-q	kN	2.48			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - permanenti	$\gamma_g$		1.30			
Coefficiente parziale per verifiche SLU - accidentali	$\gamma_q$		1.50			
Verifiche SLU - Momento massimo all'estremità del getto di 2° fase	Mmax1	kNm	33.99			
Verifiche SLU - Taglio massimo all'estremità del getto di 2° fase	Vmax1	kN	43.20			
VERIFICA DI STABILITA' CORRENTI ALL'ESTREMITA' DEL GETTO		Var	unità			
altezza del traliccio	ht	m	0.181			
Momento flettente	Mmax	kNm	33.99			
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	187.8			
<b>Verifica dei correnti tesi</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	<b>superiori</b>			
A correnti	A	mmq	1206			
Resistenza a trazione dell'armatura tesa	Nt,Rd	kN	472			
coefficiente di utilizzo	c.u		<b>0.40</b>	<b>&lt; 1.0</b>		
VERIFICA DIAGONALI						
altezza del traliccio	ht	m	0.181			
n. diagonali	nd		12			
Taglio massimo	Vmax	kN	43.20			
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	50.0			
Diametro diagonale	$\phi$	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	$\beta$		0.90			
snellezza	$\lambda$		75.5			
Carico critico elastico dell'armatura	Ncr	N	28588			
snellezza adimensionale	$\lambda_*$		1.11			
fattore di imperfezione alpha	$\alpha$		0.49			
coefficiente $\Phi$	$\Phi$		1.34			
coefficiente $\chi$	$\chi$		0.48			
Resistenza all'instabilità dell'armatura compressa	Nb,Rd	kN	176			
coefficiente di utilizzo	c.u		<b>0.28</b>	<b>&lt; 1.0</b>		

Come è possibile evincere tutte le verifiche di resistenza ed instabilità delle aste dei trallicci 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:

$$\text{fac\_r\_llong} = t_l^3 / t_t^3 = 0.24^3 / 0.31^3 = 0.464$$

$$\text{fac\_r\_Along} = t_l / t_t = 0.24 / 0.31 = 0.77$$

La soletta è semplicemente appoggiata in corrispondenza delle travi principali.

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

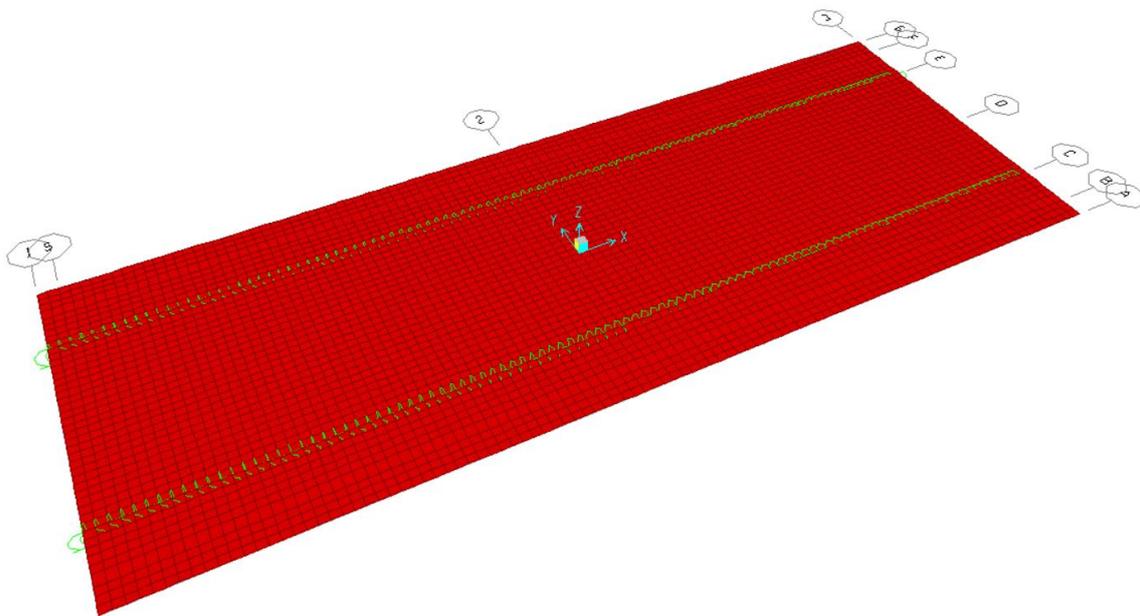


Figura 6.10. Modello di calcolo soletta – vista estrusa del modello agli elementi finiti

### 6.5.2.1 Analisi dei carichi agenti sulla soletta

I carichi di progetto considerati sono i seguenti:

• peso proprio della soletta .....	25.0 × 0.31 =	7.75	kNm <sup>-2</sup>
• peso proprio di ciascuno dei cordoli .....	25.0 × 0.20 =	5.00	kNm <sup>-2</sup>
• peso della pavimentazione stradale .....	=	3.00	kNm <sup>-2</sup>
• peso di ciascuna barriera di sicurezza .....	=	1.50	kNm <sup>-1</sup>
• peso di ciascuna rete di protezione .....	=	0.50	kNm <sup>-1</sup>
• peso tubazioni smaltimento acque di piattaforma .....	=	1.50	kNm <sup>-1</sup>
• peso di ciascuna veletta di bordo .....	=	1.40	kNm <sup>-1</sup>
• peso del carter .....	=	1.50	kNm <sup>-1</sup>

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:

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> <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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

- 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

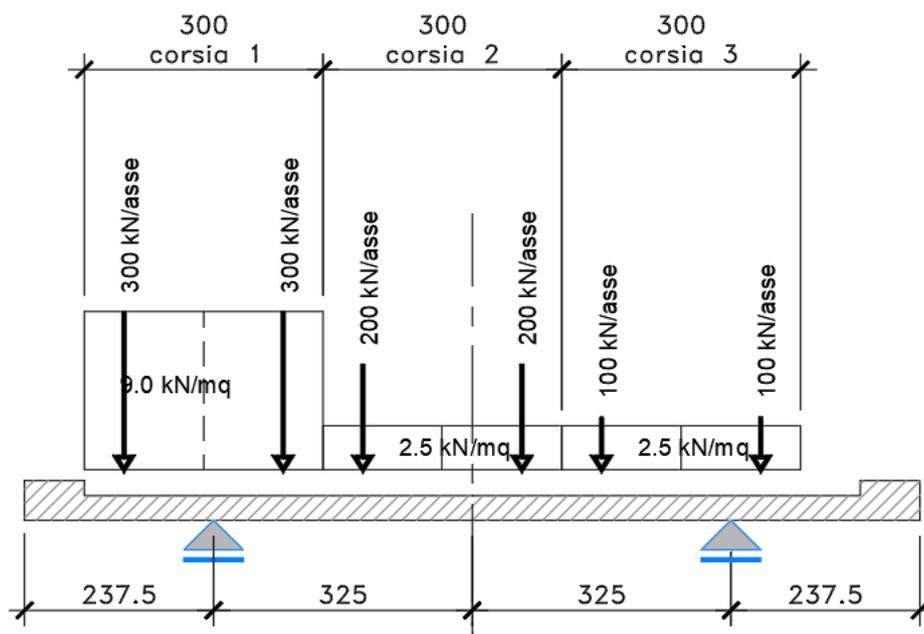


Figura 6.11. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione A

### Configurazione di carico B

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

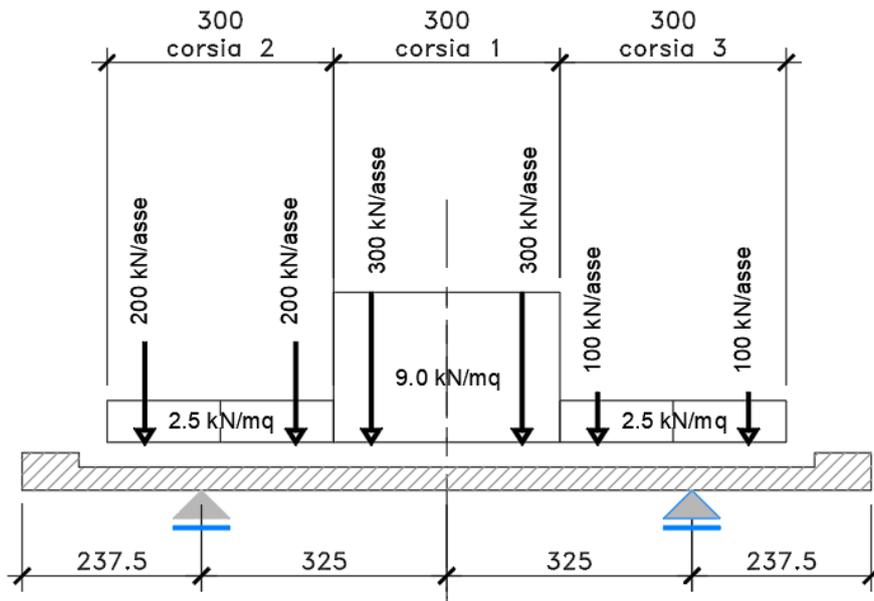


Figura 6.12. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione B

### Configurazione di carico C

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

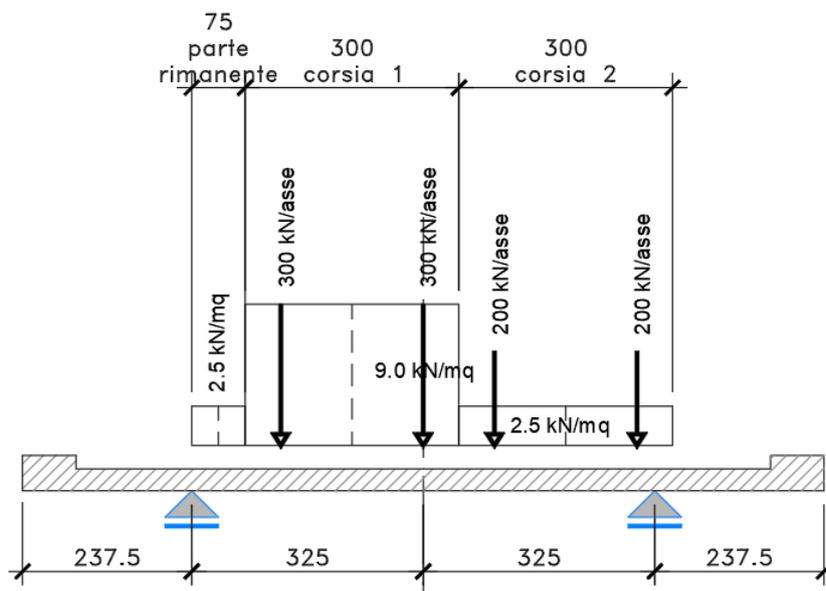


Figura 6.13. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione C

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

### Configurazione di carico D

- Condizione Q2D: Carichi concentrati

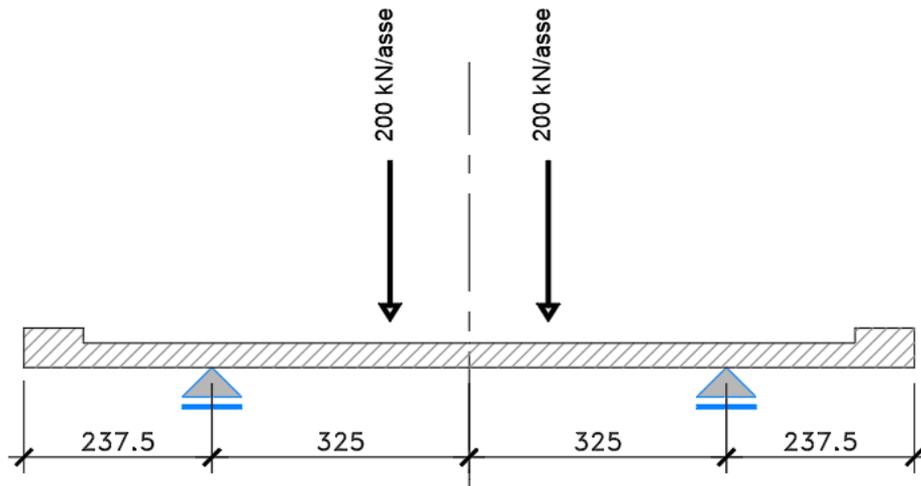


Figura 6.14. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione D

### Configurazione di carico E

- Condizione Q2E: Carichi concentrati

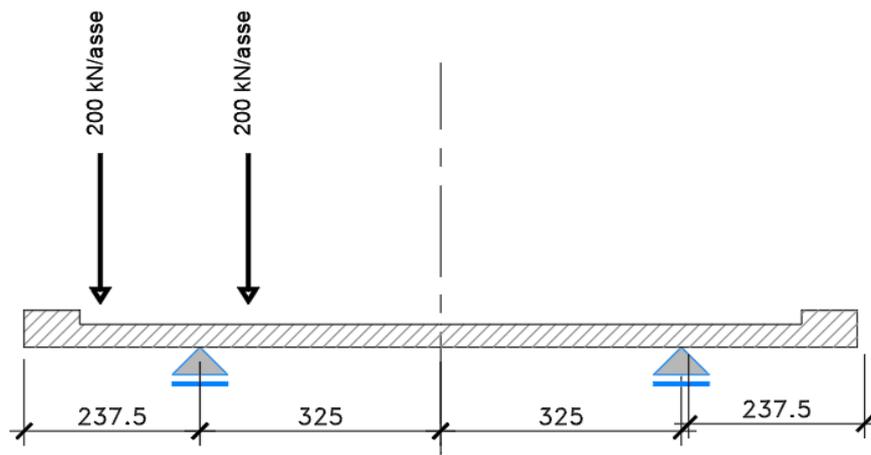


Figura 6.15. Disposizione trasversale dei carichi mobili – Configurazione E

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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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 figura seguenti illustrano le mappe delle caratteristiche della sollecitazioni 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

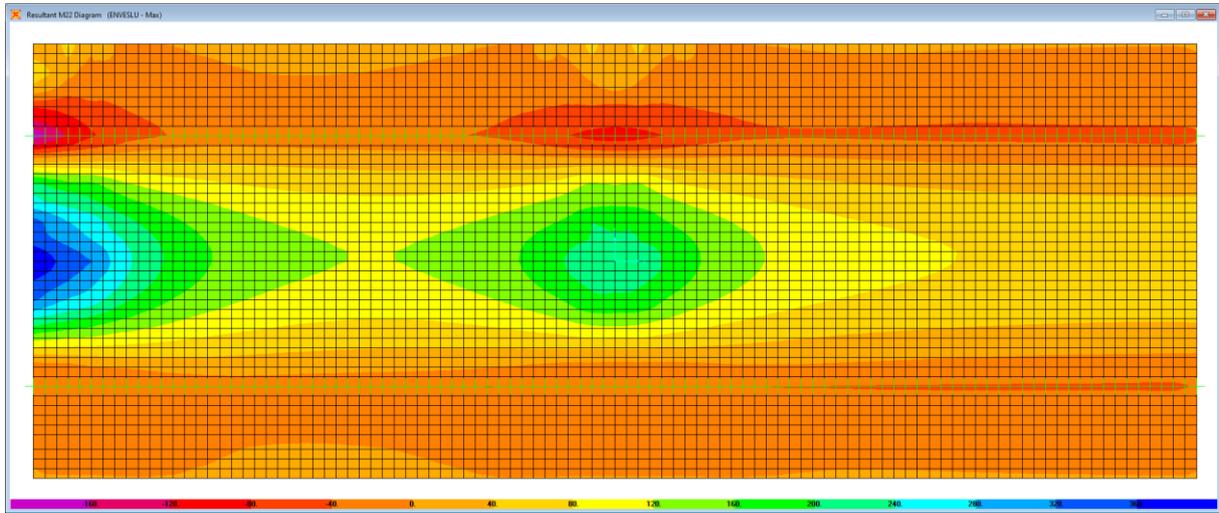


Figura 6.16. Combinazione ENVESLU – M22 max

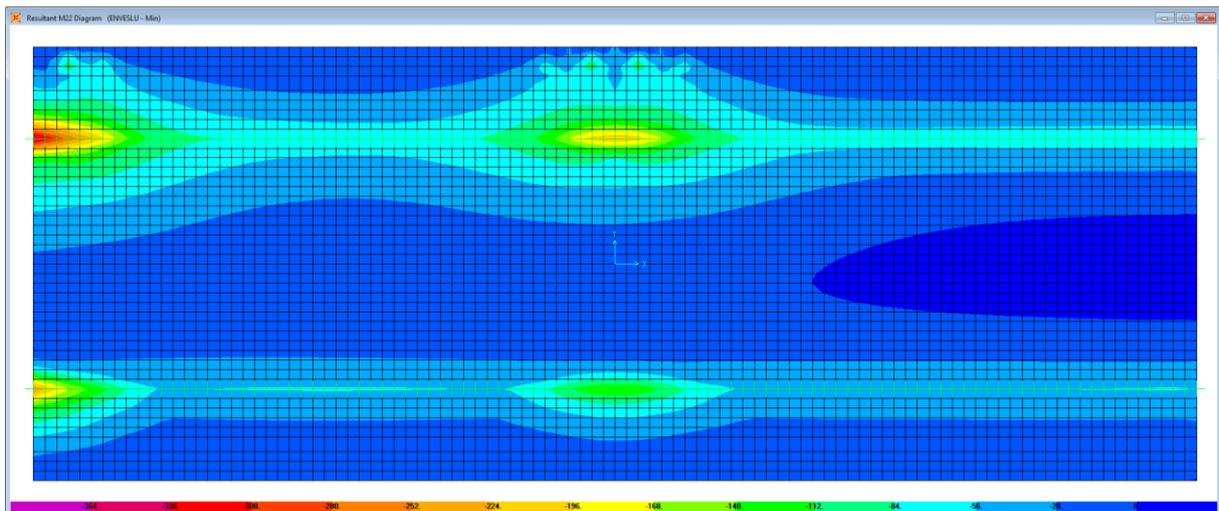


Figura 6.17. Combinazione ENVESLU – M22 min

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

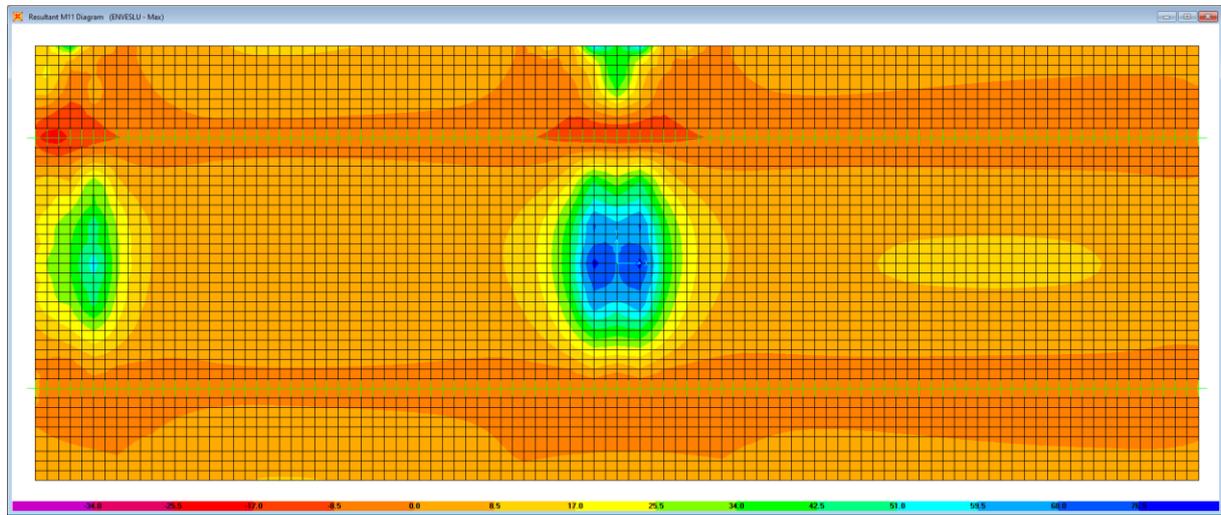


Figura 6.18. Combinazione ENVESLU – M11 max

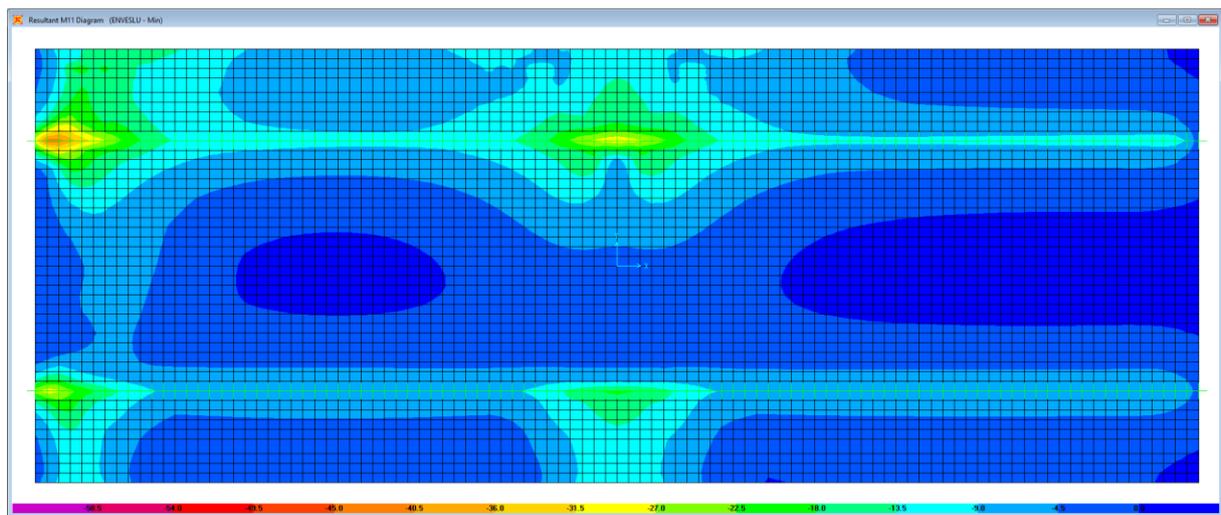


Figura 6.19. Combinazione ENVESLU – M11 min

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

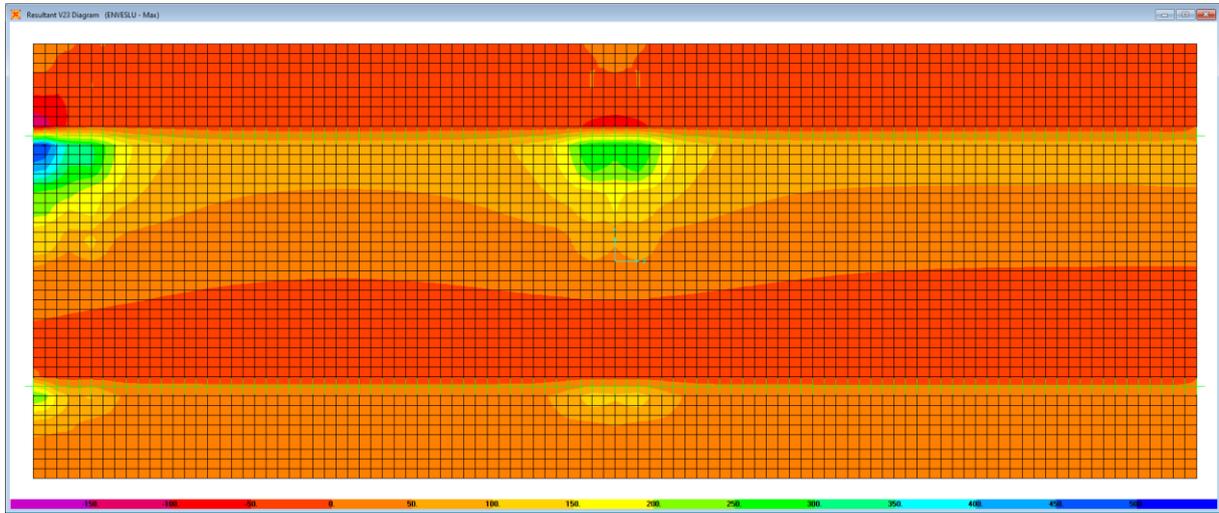


Figura 6.20. Combinazione ENVESTRU – V23 max

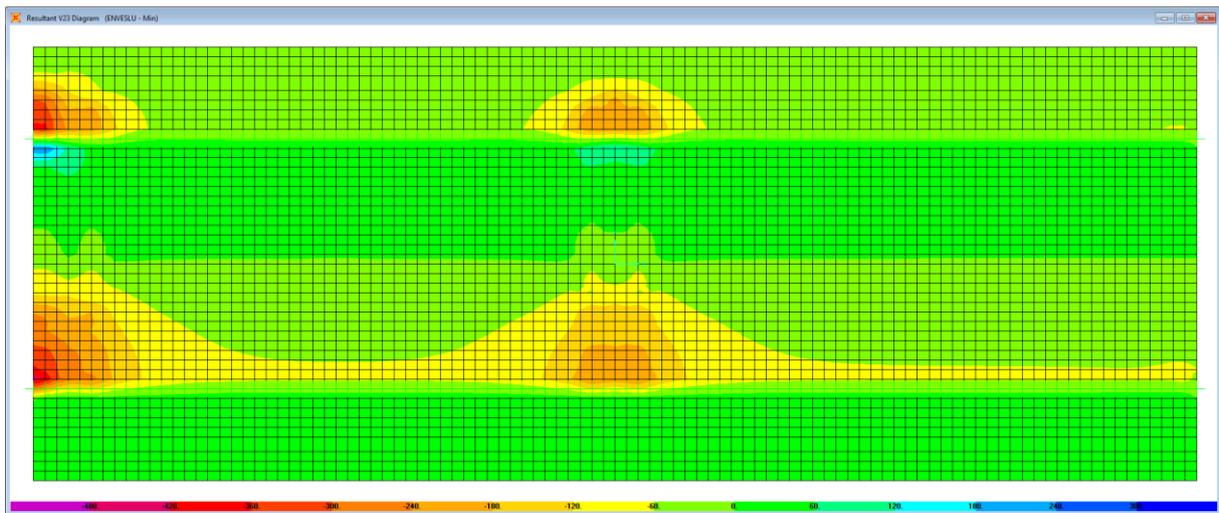


Figura 6.21. Combinazione ENVESTRU – V23 min

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

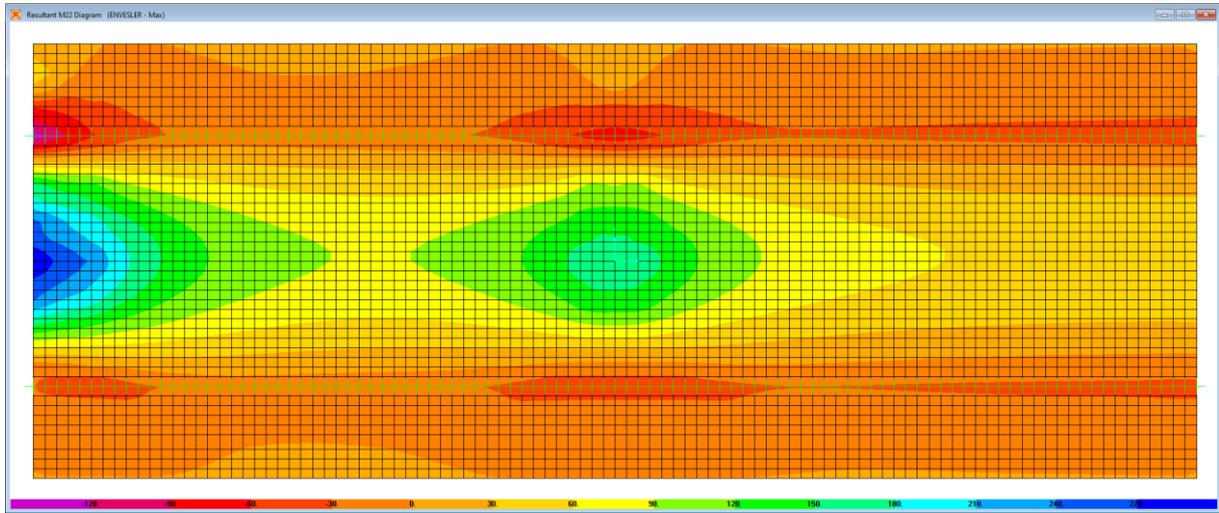


Figura 6.22. Combinazione ENVESLER – M22 max

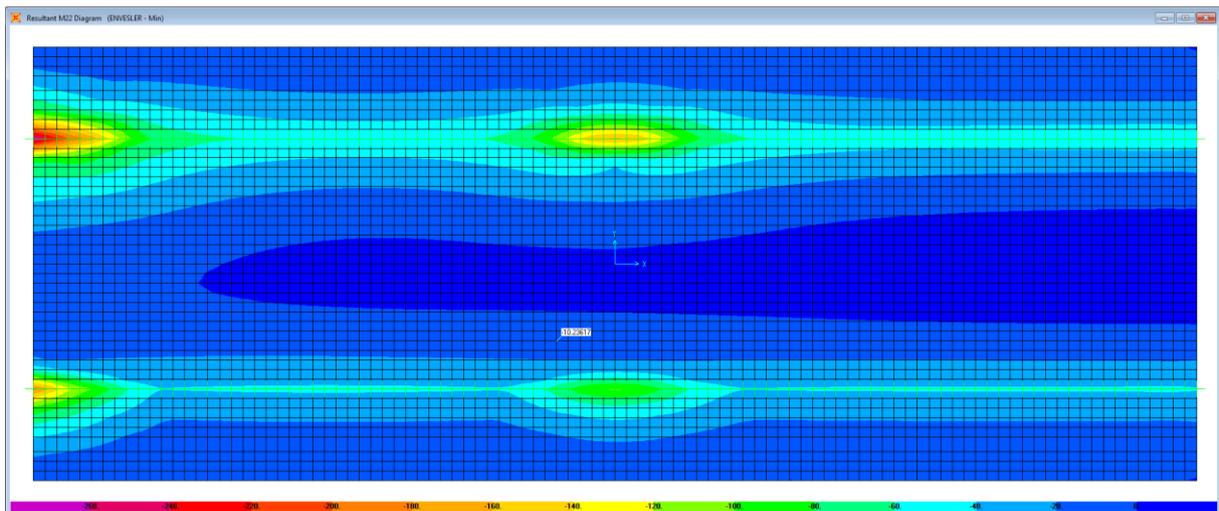


Figura 6.23. Combinazione ENVESLER – M22 min

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

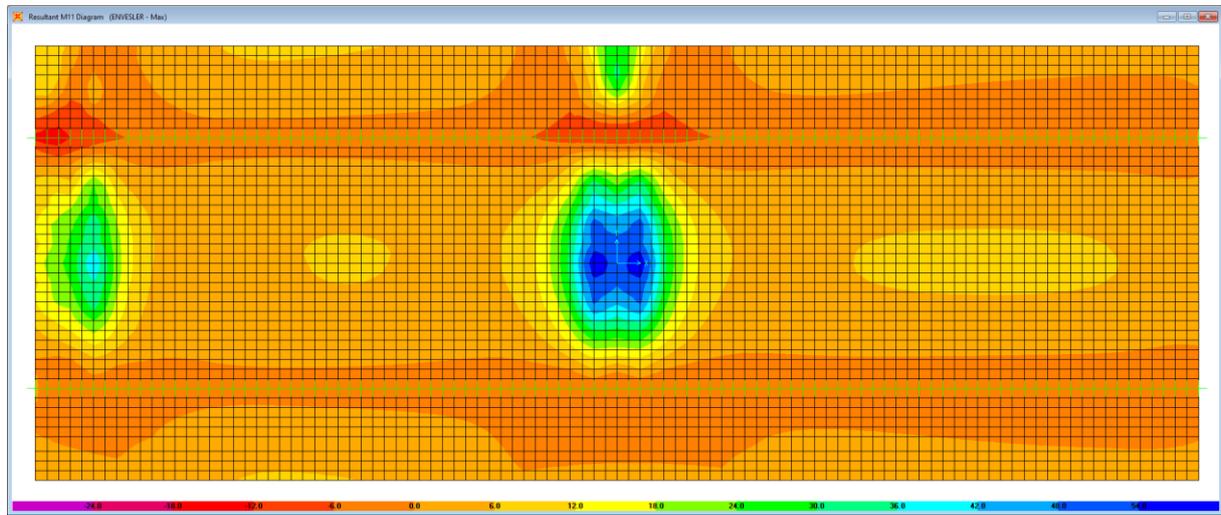


Figura 6.24. Combinazione ENVESLER – M11 max

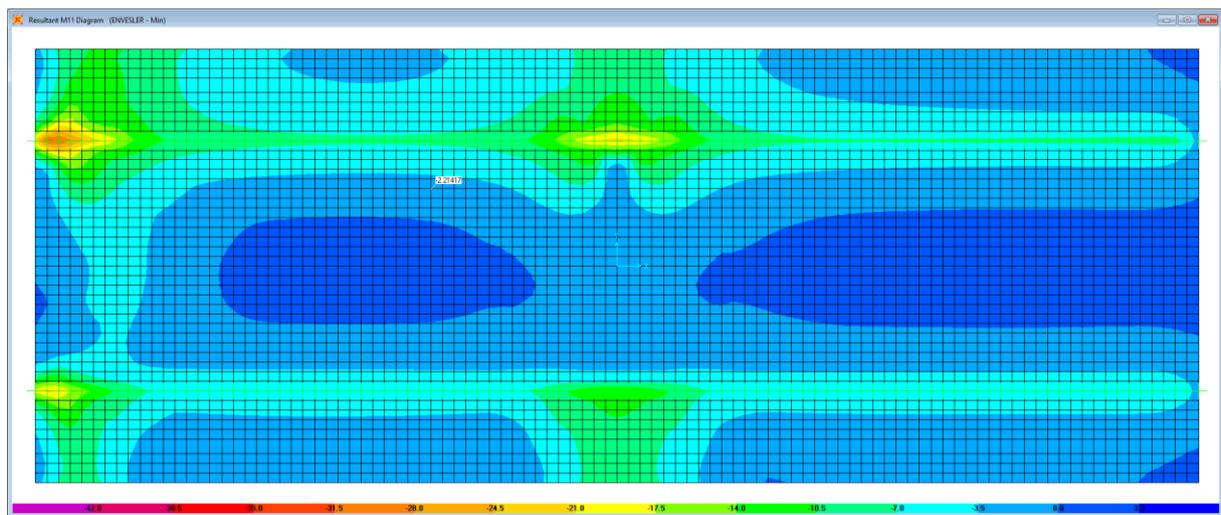


Figura 6.25. Combinazione ENVESLER – M11 min

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

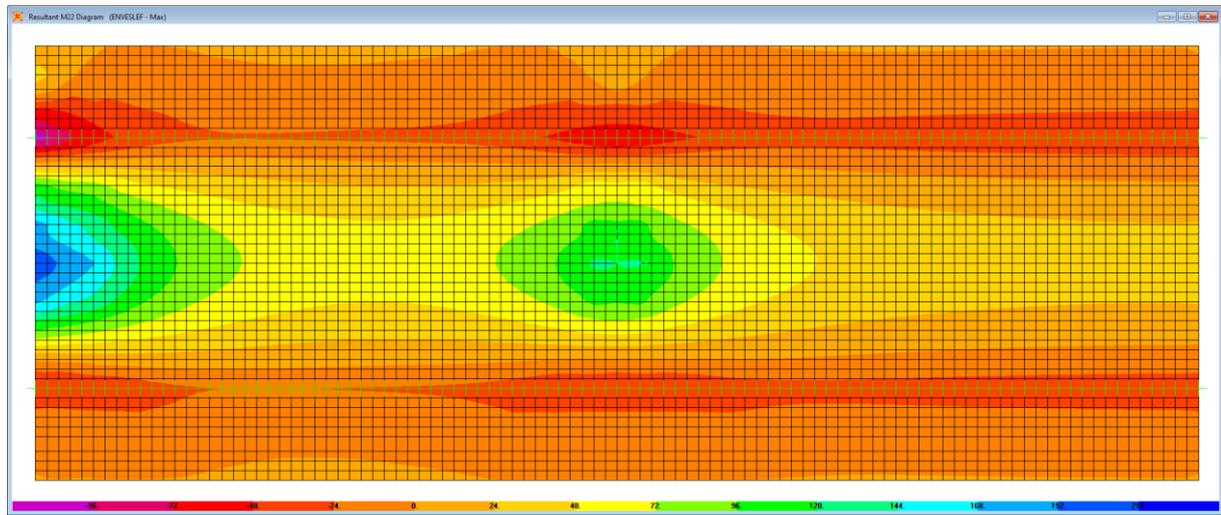


Figura 6.26. Combinazione ENVESLEF – M22 max

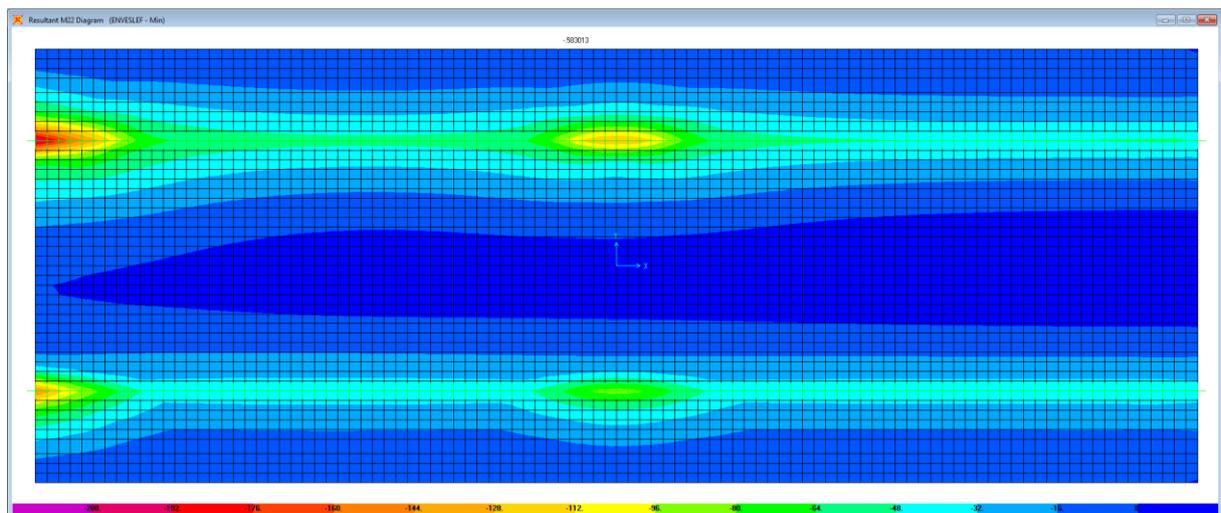


Figura 6.27. Combinazione ENVESLEF – M22 min

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

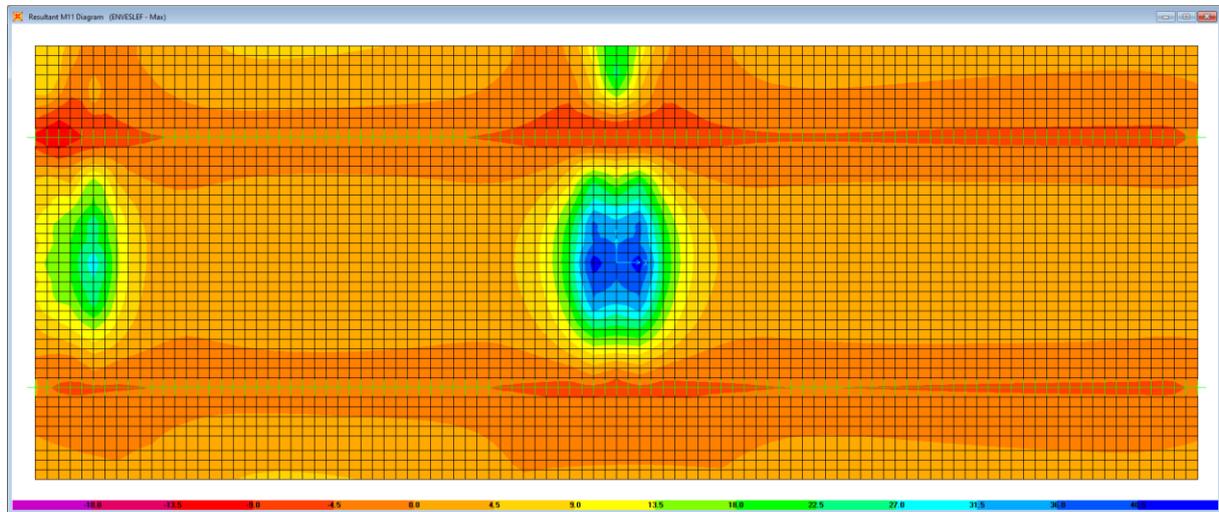


Figura 6.28. Combinazione ENVSLEF – M11 max

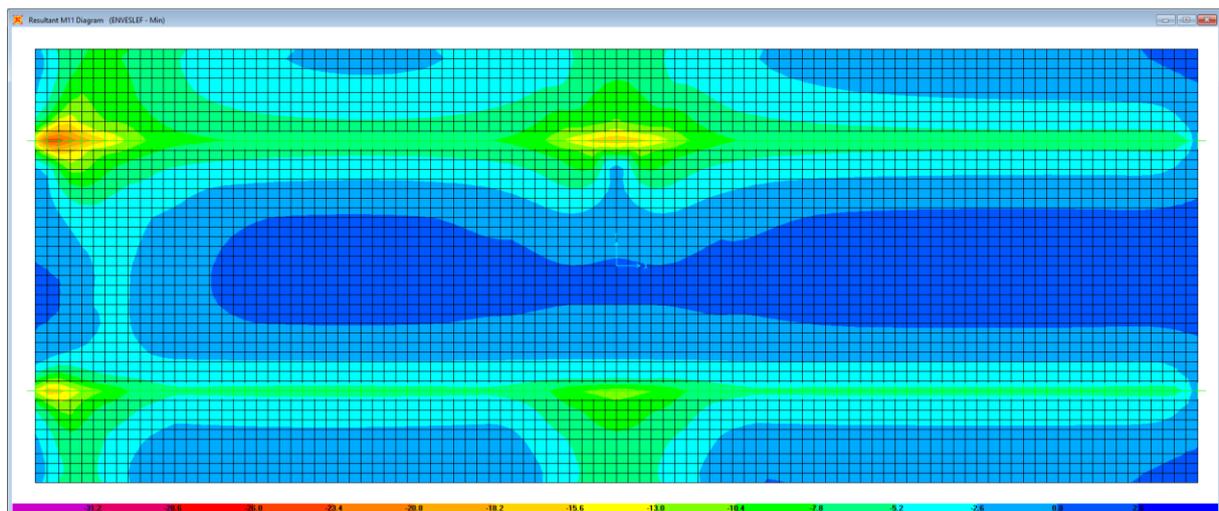


Figura 6.29. Combinazione ENVSLEF – M11 min

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 PO01 – Ponte Canale</i>	

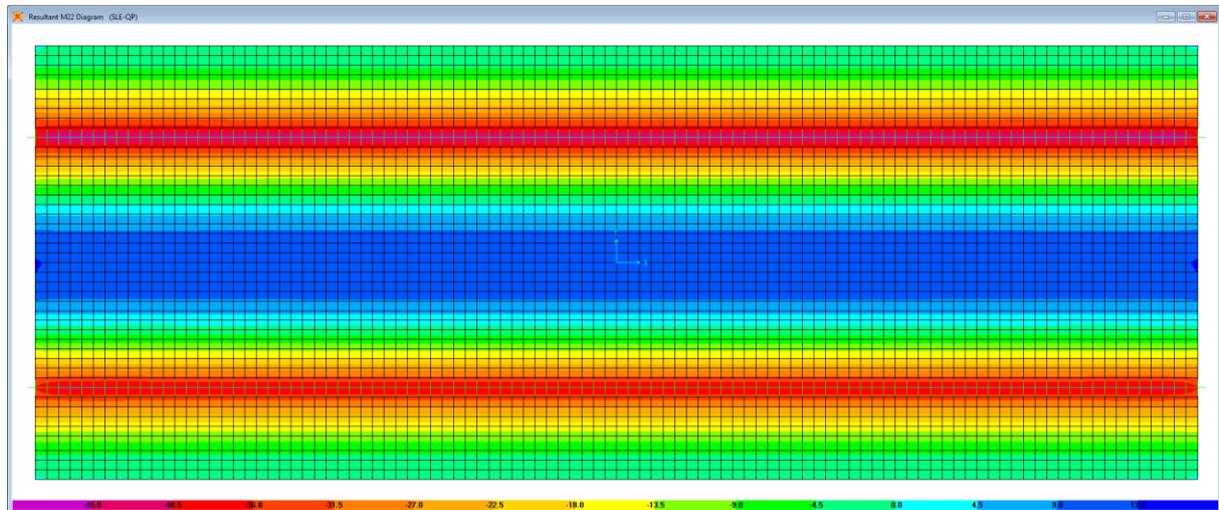


Figura 6.30. Combinazione SLE-QP – M22

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

**Caratteristiche della sollecitazione per sezione di larghezza unitaria**

	Sezione corrente					Sezione di testata				
	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]
Verifiche SLU	235	-219	80	-30	295	400	-378	55	-45	541
Verifiche SLE-RARA	172	-160	60.0	-22		296	-280	40	-32	
Verifiche SLE-FR	122	-123	44	-20		213	-220	30	-30	
Verifiche SLE-QP	13	-48	2	-7		13	-48	2	-7	

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

	Sezione corrente					Sezione di testata				
	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	V23 [kN]
Verifiche SLU	564.0	-525.6			708.0	960.0	-907.2			1298.4
Verifiche SLE-RARA	412.8	-384.0				710.4	-672.0			
Verifiche SLE-FR	292.8	-295.2				511.2	-528.0			
Verifiche SLE-QP	31.2	-115.2				31.2	-115.2			

**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.

**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.

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
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.  
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

**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

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] 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	564.00	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



S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.291	-120.0	31.0	-0.00028	-110.0	23.0	-0.00855	-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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000472428	-0.011145280	0.291	0.803

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	13.24	120.0	31.0	-266.8	100.0	5.5	1560	72.3

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.40	120.0	31.0	-189.3	100.0	5.5	1560	72.3

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 Esito della verifica  
 e1                      Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2                      Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1                      = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2                      = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2*e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4                      = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø                        Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf                        Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm          Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
                             Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max                Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk                      Apertura fessure in mm calcolata =  $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. 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	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00124	0	0.500	20.0	45	0.00064 (0.00054)	226	0.144 (0.30)	165.80	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.00	120.0	31.0	-20.2	100.0	5.5	1560	72.3

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00013	0	0.500	20.0	45	0.00006 (0.00006)	226	0.013 (0.20)	165.80	0.00

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

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

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

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

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

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. 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	-115.0	23.0	20
4	105.0	23.0	20
5	-105.0	23.0	24
6	115.0	23.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	9	20
2	3	4	10	20
3	5	6	10	24

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] 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	-526.00	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	-384.00	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 (-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	-115.20 (-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

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-526.00	0.00	0.00	-707.00	2.21	1.34	92.0(12.7)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.316	120.0	0.0	0.00088	110.0	5.5	-0.00758	-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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.00000530	-0.000476161	0.003436453	0.316	0.835

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	13.06	120.0	0.0	-220.2	-115.0	23.0	2040	92.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.04	120.0	0.0	-169.3	-115.0	23.0	2040	92.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 e1 Esito della verifica  
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. 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	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00133	0	0.500	22.2	40	0.00054 (0.00048)	220	0.118 (0.30)	-161.66	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.92	120.0	0.0	-66.1	-115.0	23.0	2040	92.0

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00052	0	0.500	22.2	40	0.00019 (0.00019)	220	0.041 (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 **27** cm, ovvero ci si riferisce al giunto tra due predalle successive in cui ha senso investigare i fenomeni di fessurazione in direzione longitudinale.

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

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. 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

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

#### 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

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	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	44.00 (50.99)	0.00 (0.00)

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

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

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	80.00	0.00	0.00	131.84	0.00	1.65	31.4(4.6)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.226	-50.0	28.0	-0.00072	-40.0	22.0	-0.01199	-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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000704025	-0.016212708	0.226	0.722

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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 <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure								
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.21	-50.0	28.0	-200.8	20.0	6.0	700	15.7

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.29	-50.0	28.0	-147.2	20.0	6.0	700	15.7

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$											
e1	Esito della verifica											
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]											
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]											
k3	= 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]											
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]											
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]											
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]											
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]											
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi											
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00100	0	0.500	20.0	50	0.00042 (0.00042)	322	0.135 (0.30)	50.99	0.00	

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.24	-50.0	28.0	-6.7	20.0	6.0	700	15.7

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00005	0	0.500	20.0	50	0.00002 (0.00002)	322	0.006 (0.20)	50.99	0.00

### Sezione di testata – Campata – Verifiche in direzione trasversale (M22+)

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

L'altezza della sezione è pari a 31 cm.

L'armatura in zona tesa è costituita da 23 $\phi$ 20 (nella predalla) più  $\phi$ 24/20 (nel getto).

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

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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	-115.0	23.0	20
4	105.0	23.0	20
5	-105.0	23.0	24
6	115.0	23.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	9	20
2	3	4	10	20
3	5	6	10	24

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] 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	-526.00	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
---------	---	----	----



S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.316	120.0	0.0	0.00088	110.0	5.5	-0.00758	-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 (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000530	-0.000476161	0.003436453	0.316	0.835

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	13.06	120.0	0.0	-220.2	-115.0	23.0	2040	92.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.04	120.0	0.0	-169.3	-115.0	23.0	2040	92.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 Esito della verifica  
 e1                      Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2                      Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1                      = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt                      = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2                      = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2*e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3                      = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4                      = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø                      Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf                      Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm          Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
                             Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max                Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk                      Apertura fessure in mm calcolata =  $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. 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	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00133	0	0.500	22.2	40	0.00054 (0.00048)	220	0.118 (0.30)	-161.66	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.92	120.0	0.0	-66.1	-115.0	23.0	2040	92.0

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00052	0	0.500	22.2	40	0.00019 (0.00019)	220	0.041 (0.20)	-161.66	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).

#### DATI GENERALI SEZIONE IN C.A. 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	-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

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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	-907.20	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	-672.00	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	-528.00 (-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	-115.20 (-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	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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  $\geq 1.000$   
 As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-907.20	0.00	0.00	-1044.06	1.19	1.151	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

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 [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] 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	20.40	120.0	0.0	-252.8	-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	16.03	120.0	0.0	-198.6	-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  $f_{ctm}$   
 Esito della verifica

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (Mfess/M)^2$ [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	-10.1	0	0.125	29	40.0	0.889	0.00084 (0.00038)	121	0.174 (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	3.50	120.0	0.0	-43.3	-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	-2.2	0	0.125	29	40.0	-0.161	0.00008 (0.00008)	121	0.017 (0.20)	-175.56	0.00

#### Sezione di testata – Verifiche in direzione longitudinale (M11-)

Si considera una sezione di larghezza unitaria.

L'altezza della sezione di verifica è pari a 24 cm.

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

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

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. 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

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

#### 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

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] 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	-45.00	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	-32.00	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	-30.00 (-39.93)	0.00 (0.00)

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

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

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-7.00 (-39.93)	0.00 (0.00)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	1.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	14.0 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-45.00	0.00	0.00	-102.42	0.00	2.28	15.7(3.9)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.134	-50.0	0.0	0.00060	-40.0	2.0	-0.02259	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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001449287	0.003500000	0.134	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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)

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre								
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure								
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.33	-50.0	0.0	-127.5	20.0	18.0	650	15.7

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.06	-50.0	0.0	-119.5	20.0	18.0	650	15.7

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$											
e1	Esito della verifica											
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]											
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]											
k3	= 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]											
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]											
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]											
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]											
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]											
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm		sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00086	0	0.500	20.0	50	0.00034 (0.00034)		311	0.106 (0.30)	-39.93	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.95	-50.0	0.0	-27.9	20.0	18.0	650	15.7

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm		sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00020	0	0.500	20.0	50	0.00008 (0.00008)		311	0.025 (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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

## VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

<b>Dati</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	45
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	37.35
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	21.2
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>			
Altezza	H	m	0.31
Larghezza	B	m	2.40
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	0.74
Larghezza anima	bw	m	2.40
copriferro	c	m	0.082
altezza utile della sezione	d	m	0.23
<b>Compressione agente nella sezione</b>			
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	0.0
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>			
<i>Verifica del conglomerato</i>			
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	3474.4
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>			
diámetro staffe	fsw	mm	10
passo staffe	scp	m	0.10
numero di bracci	nb		12
Armatura a taglio (staffe)	A <sub>sw</sub>	mmq	942
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	60
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	20.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	0
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.00
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rsd</sub>	kN	2103.7
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	2109.5
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>2103.7</b>

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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</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 risulta maggiormente sollecitata perchè allineamento fisso per azioni orizzontali longitudinali. I risultati ottenuti si estendono 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 destrorso, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato posto lungo la direzione trasversale al ponte), a livello dell'intradosso del plinto stesso, asse x parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato ed asse z diretto verso il basso.

Le azioni orizzontali ( $F_x$  ed  $F_y$ ) e verticali ( $F_z$ ) si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi. Si indicheranno inoltre con  $M_x$  i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse x (momenti trasversali) e con  $M_y$  (momenti longitudinali) i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse y. I momenti si assumono positivi se di senso antiorario rispetto all'asse-momento cui si riferiscono.

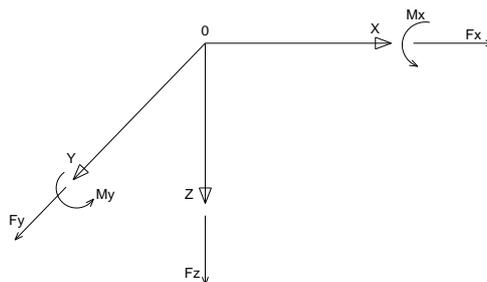


Figura 7.1. Sistema di riferimento

Le azioni trasmesse al baricentro della palificata, sono state determinate con riferimento alle singole condizioni di carico elementari e successivamente combinate.

I coefficienti moltiplicativi delle singole condizioni elementari, relativi alle combinazioni di carico SLU ed SLE considerate sono chiaramente illustrati nei tabulati.

Le azioni trasmesse dall'impalcato sono valutate in asse appoggi, alla quota di intradosso delle travi; successivamente vengono calcolate le azioni elementari al baricentro della palificata considerando i contributi dovuti al trasporto.

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
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

Le forze d'inerzia agenti sulla massa della spalla e del terreno presenti sulla zattera di fondazione sono state determinate considerando un'accelerazione pari ad  $a_g \times S$ , in virtù dell'elevata rigidità della spalla.

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

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	4540	4540	4062	3365	3136	2695
Azione assiale minima	Nmin	202	1612	202	1192	1421	1596
Azione trasversale massima	Vmax	1057	1057	831	784	741	653

## 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"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

### LUNGHEZZA LIBERA D'INFLESSIONE PALI DI FONDAZIONE

Modulo di elasticità normale del calcestruzzo/malta	Ec	Mpa	<b>33346</b>
Modulo di elasticità normale dell'acciaio	Ea	Mpa	<b>210000</b>
Kt Costante di reazione orizzontale (Vesic)	kt	kN/mc	<b>30000</b>
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	<b>3.98</b>

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

### Spalla SPA:

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SUI P/			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	4540	4062	3365	3136	2695
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	1612	202	1192	1421	1596
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	<b>2105</b>	<b>1655</b>	<b>1561</b>	<b>1476</b>	<b>1301</b>
Momento AMPLIFICATO DEL 20%	Mmax_1a	kNm	<b>2526</b>	<b>1986</b>	<b>1874</b>	<b>1771</b>	<b>1561</b>
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	<b>1057</b>	<b>831</b>	<b>784</b>	<b>741</b>	<b>653</b>
RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA			SLU	SLV			
Carico verticale massimo agente sulla palificata			66397	46290			
Carico verticale medio agente sui pali			3162	2204			

## 7.3 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione

### Spalla SPA

I pali di fondazione delle spalle saranno armati come segue:

1° gabbia:

- Armature longitudinali: **24 $\phi$ 26+24 $\phi$ 26 accoppiati (rinforzo solo per i primi 6.0 m);**
- Armature trasversali: **spirale  $\phi$ 12/10.**

Di seguito si riportano le verifiche a pressoflessione e taglio relative alle prima gabbia. Nelle verifiche si considerano **24** barre di diametro equivalente pari a  $d_{eq} = 26 \times 2^{0.5} = 26.8$  mm:

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. 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	49.5	24	36.8

### ARMATURE A TAGLIO

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] 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	4540.00	2526.00	0.00	1057.00	0.00
2	1612.00	2526.00	0.00	1057.00	0.00
3	3162.00	2526.00	0.00	1057.00	0.00
4	4062.00	1986.00	0.00	831.00	0.00
5	202.00	1986.00	0.00	831.00	0.00
6	2204.00	1986.00	0.00	831.00	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	3365.00	1874.00	0.00
2	1192.00	1874.00	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	3136.00	1771.00 (1052.44)	0.00 (0.00)
2	1421.00	1771.00 (860.51)	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	2695.00	1561.00 (1041.81)	0.00 (0.00)
2	1596.00	1561.00 (897.71)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 7.5 cm

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	4540.00	2526.00	0.00	4540.14	5259.65	0.00	2.08	254.7(33.9)
2	S	1612.00	2526.00	0.00	1611.75	4645.49	0.00	1.84	254.7(33.9)
3	S	3162.00	2526.00	0.00	3162.03	4993.42	0.00	1.98	254.7(33.9)
4	S	4062.00	1986.00	0.00	4061.89	5169.78	0.00	2.60	254.7(33.9)
5	S	202.00	1986.00	0.00	201.98	4254.49	0.00	2.14	254.7(33.9)
6	S	2204.00	1986.00	0.00	2204.02	4797.24	0.00	2.42	254.7(33.9)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00270	0.0	49.5	-0.00480	0.0	-49.5
2	0.00350	0.0	60.0	0.00251	0.0	49.5	-0.00681	0.0	-49.5
3	0.00350	0.0	60.0	0.00262	0.0	49.5	-0.00564	0.0	-49.5
4	0.00350	0.0	60.0	0.00267	0.0	49.5	-0.00508	0.0	-49.5
5	0.00350	0.0	60.0	0.00238	0.0	49.5	-0.00813	0.0	-49.5
6	0.00350	0.0	60.0	0.00256	0.0	49.5	-0.00629	0.0	-49.5

#### 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 (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000075791	-0.001047436	----	----
2	0.000000000	0.000094194	-0.002151665	----	----
3	0.000000000	0.000083466	-0.001507957	----	----
4	0.000000000	0.000078343	-0.001200565	----	----
5	0.000000000	0.000106284	-0.002877041	----	----
6	0.000000000	0.000089397	-0.001863839	----	----

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezz. di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d   z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm] 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

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

Ctg E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Acw Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Ast Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
A.Eff Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/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.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz. del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1057.00	3771.91	1750.47	93.9  79.1	109.1	2.500	1.188	13.7	22.6(0.0)
2	S	1057.00	3473.99	1849.72	95.2  83.6	105.9	2.500	1.067	12.9	22.6(0.0)
3	S	1057.00	3650.83	1792.92	94.3  81.0	108.3	2.500	1.131	13.3	22.6(0.0)
4	S	831.00	3739.00	1762.95	93.9  79.7	109.2	2.500	1.168	10.7	22.6(0.0)
5	S	831.00	3321.15	1894.69	95.7  85.6	104.6	2.500	1.008	9.9	22.6(0.0)
6	S	831.00	3547.80	1824.30	94.8  82.4	107.2	2.500	1.091	10.3	22.6(0.0)

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

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<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	11.61	0.0	0.0	-122.0	0.0	-49.5	1107	53.1
2	S	11.22	0.0	0.0	-202.3	0.0	-49.5	1563	53.1

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.96	0.0	0.0	-116.7	0.0	-49.5	1107	53.1
2	S	10.67	0.0	0.0	-179.4	0.0	-49.5	1515	53.1

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm  
Esito della verifica  
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. 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	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00068	0	0.500	36.8	67	0.00033 (0.00033)	359	0.120 (0.30)	1052.44	0.00
2	S	-0.00101	0	0.500	36.8	67	0.00055 (0.00051)	407	0.225 (0.30)	860.51	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.65	0.0	0.0	-105.2	0.0	-49.5	1151	53.1
2	S	9.47	0.0	0.0	-144.7	0.0	-49.5	1422	53.1

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00062	0	0.500	36.8	67	0.00034 (0.00030)	364	0.124 (0.20)	1041.81	0.00
2	S	-0.00082	0	0.500	36.8	67	0.00050 (0.00041)	396	0.197 (0.20)	897.71	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**

Il dimensionamento della mensola anteriore della zattera di fondazione è stato effettuato con riferimento allo schema di mensola tozza (tirante-puntone), sollecitata dalla reazione del palo maggiormente caricato (palo di spigolo).

##### **7.4.2 Mensola posteriore**

La verifica della mensola posteriore della zattera di fondazione è stata eseguita con riferimento al modello di trave a mensola soggetta al peso proprio ed al peso del rinterro, e soggetta alle azioni stabilizzanti trasmesse dai pali di fondazione.

##### **7.4.3 Muro frontale**

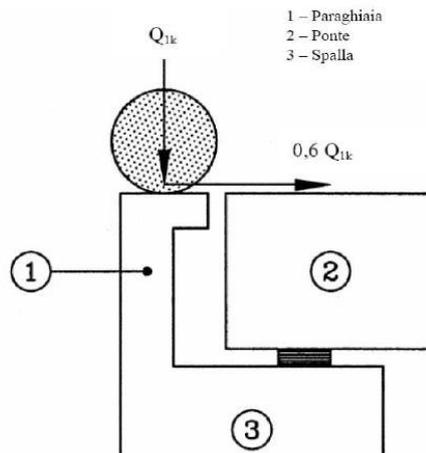
Il dimensionamento del muro frontale è stato effettuato considerando il modello di trave a mensola incastrata alla quota di estradosso della zattera di fondazione.

Le analisi e le verifiche sono relative ad una sezione di larghezza unitaria.

Per semplicità ed a favore di sicurezza, le verifiche del muro frontale sono state condotte a flessione semplice trascurando il contributo stabilizzante offerto dallo sforzo normale.

##### **7.4.4 Paraghiaia**

La verifica del Paraghiaia è stata effettuata considerando le sollecitazioni derivanti dal peso proprio, dalla spinta delle terre, dalle spinte esercitate dal sovraccarico accidentale sul terrapieno, da un asse di carico Qik da 300 kN supposto agente in testa al paraghiaia e da una forza di frenatura convenzionale pari a 180 kN (60% di Qik) sempre applicata in testa al paraghiaia (vedi figura seguente).



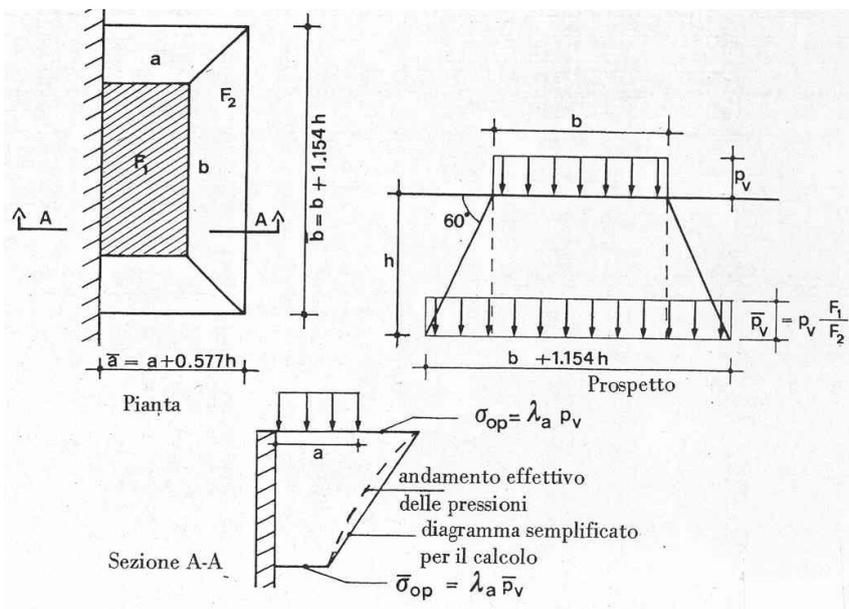
*Figura 7.2. Carichi da traffico su muri paraghiaia*

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  $Q_{ik}$  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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

Figura 7.3. Schema di diffusione del sovraccarico accidentale.

La pressione dovuta al sovraccarico quindi decresce come indicato nella sezione A-A di Figura 7.3, interessando però una larghezza sempre maggiore di paraghiaia. Considerando il contributo di una sola colonna di carico, la larghezza collaborante di muro è pari a  $(b + 1.154h + 2.00)$ .

#### 7.4.5 Muri di risvolto

Il calcolo è relativo al muro di maggiore altezza. Lo schema di calcolo adottato è quello di piastre rettangolari incastrate alla base in corrispondenza della zattera di fondazione e su un lato in corrispondenza del muro frontale. I muri sono soggetti alla spinta delle terre, alle spinte dovute ai sovraccarichi accidentali sul terrapieno in esercizio, ed alle forze inerziali ed all'incremento di spinta delle terre in fase sismica.

Il calcolo delle sollecitazioni generate dalla spinta delle terre, dal sovraccarico accidentale, ipotizzato presente a livello del piano viario, e dal sisma, è stato effettuato utilizzando le tabelle proposte da R. Bares nel testo "Calcolo di Lastre e Piastre con la teoria elastica lineare" (vedi Tab. 1.41 – 1.97). Il calcolo della spinta delle terre è stato condotto con riferimento al coefficiente di spinta a riposo  $k_0$ .

Nel caso in cui è presente una bandiera all'estremità verticale libera del muro si considerano i momenti orizzontali trasmessi al muro di risvolto, valutati con schema di trave a mensola:

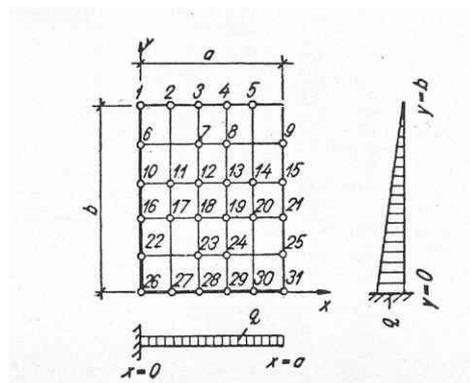


Figura 7.4. Schema di calcolo piastra e punti notevoli (Carico variabile linearmente con la profondità).

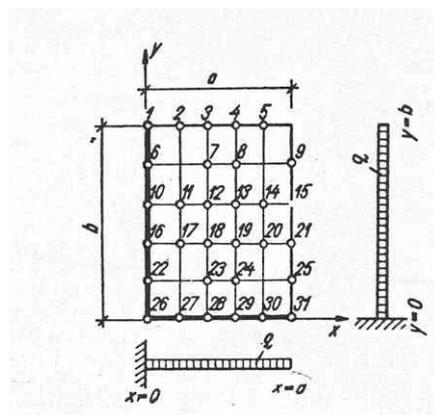


Figura 7.5. Schema di calcolo piastra e punti notevoli (Carico uniformemente ripartito).

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

#### **7.4.6 Verifiche di resistenza a taglio**

Le verifiche a taglio sono state condotte per tutte le membrature, ad eccezione delle mensole anteriori delle spalle, caratterizzate da comportamento a mensola tozza.

I tagli di calcolo sono stati confrontati con le resistenze delle singole membrature, valutate in assenza di specifiche armature trasversali; laddove la verifica fornisce esito negativo, sono state dimensionate le armature trasversali in grado di garantire la soddisfazione delle verifiche.

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

Pertanto, per i [muri di risvolto](#) e per il [muro frontale](#) andranno previste specifiche armature trasversali per soddisfare le verifiche a taglio.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

## 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 i	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	964.7	427.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.3	1406.4	0.0
SPB	964.7	427.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.3	1406.4	0.0

Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni

Fattori moltiplicativi										
Combinazione n.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PERMANENT	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
SLU-EQU	0.90	0.90	1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	0.90	1.35	1.35

Carichi trasmessi agli appoggi

Combinazione SLE-PERMANENTI												MAX	MIN
Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano	
SPA	964.7	427.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1392.0	1392.0	
SPB	964.7	427.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1392.0	1392.0	

Combinazione SLE-RARA

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano
SPA	964.7	427.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.6	1406.4	0.0	2846.0	1344.5
SPB	964.7	427.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.6	1406.4	0.0	2846.0	1344.5

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	1302.3	576.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	1898.6	0.0	3849.2	1807.9
SPB	1302.3	576.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	1898.6	0.0	3849.2	1807.9

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	964.7	427.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1392.0	1392.0
SPB	964.7	427.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1392.0	1392.0

I carichi verticali sono ampiamente compatibili con le resistenze Fzd dei dispositivi di appoggio previsti.

#### 8.1.2 Carichi orizzontali trasmessi dall'impalcato

I carichi orizzontali sono stati valutati con lo specifico foglio di calcolo utilizzato per il dimensionamento delle sottostrutture.

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

Di seguito si riepilogano i carichi orizzontali longitudinali e trasversali trasmessi agli appoggi per ciascuna azione elementare significativa, e la successiva combinazione secondo quanto precedentemente illustrato:

<b>CARICHI ORIZZONTALI LONGITUDINALI TRASMESSI AGLI APPARECCHI DI APPOGGIO</b>						
<b>Carichi trasmessi agli appoggi - Condizioni di carico elementari</b>						
<b>VL</b>	Condizione n.	1	2	3		
		Sisma Allineamenti	Sisma trasversale	Sisma longitudinale	Forze Parassite	
interno	SPA		816.0	43.6		
	SPB			43.6		
esterno	SPA		816.0	43.6		
	SPB			43.6		
<b>Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni</b>						
Fattori moltiplicativi						
Combinazione n.						
	SLU-SIS X	0.30	1.00	1.00		
Carichi trasmessi agli appoggi						
<b>Combinazione SLU-SIS X</b>						
	Condizione n.	1	2	3		
		Sisma Allineamenti	Sisma trasversale	Sisma longitudinale	Forze Parassite	Sommano
interno	SPA	0.0	816.0	43.6	<b>859.5</b>	
	SPB	0.0	0.0	43.6	<b>43.6</b>	
esterno	SPA	0.0	816.0	43.6	<b>859.5</b>	
	SPB	0.0	0.0	43.6	<b>43.6</b>	

<b>CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI TRASMESSI AGLI APPARECCHI DI APPOGGIO</b>						
<b>Carichi trasmessi agli appoggi - Condizioni di carico elementari</b>						
<b>VT</b>	Condizione n.	1	2	3		
		Sisma Allineamenti	Sisma trasversale	Sisma longitudinale	Forze Parassite	
interno	SPA	254.4				
	SPB	254.4				
esterno	SPA					
	SPB					
<b>Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni</b>						
Fattori moltiplicativi						
Combinazione n.						
	SLU-SIS Y	1.00	0.30	1.00		
Carichi trasmessi agli appoggi						
<b>Combinazione SLU-SIS Y</b>						
	Condizione n.	1	2	3		
		Sisma Allineamenti	Sisma trasversale	Sisma longitudinale	Forze Parassite	Sommano
interno	SPA	254.4	0.0	0.0	<b>254.4</b>	
	SPB	254.4	0.0	0.0	<b>254.4</b>	
esterno	SPA	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>	
	SPB	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>	

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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

## 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  $\pm 20^\circ$ :

Dati	Var	unità	SP
Distanza tra punto fisso e giunto di dilatazione	DL	m	35.8
Tipologia di impalcato	Type		2
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$		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	$\epsilon_{CS}$		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: $DTn = Te,max - Te,min$	$\Delta TN$	[°]	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	-5
Massimo contrazione longitudinale per var. termica uniforme	$\Delta lmax,con$	mm	-14
escursione complessiva di contrazione	$\Delta lmax,con$	mm	-19
Massima espansione longitudinale per var. termica uniforme	$\Delta lmax,exp$	mm	18
escursione complessiva longitudinale	$\Delta ltot$	mm	37
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:

<b>S.S. 554 "Cagliariatana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

## 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

$N_{s,d}$ SLU	MASSIMO CARICO VERTICALE SLU
$V_I$ SLU	MASSIMO CARICO ORIZZONTALE LONGITUDINALE SLU
$V_t$ SLU	MASSIMO CARICO ORIZZONTALE TRASVERSALE SLU
$S_{long}$	SCORRIMENTO IN DIREZIONE LONGITUDINALE
$S_{trasv}$	SCORRIMENTO IN DIREZIONE TRASVERSALE

### CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI GIUNTI DI DILATAZIONE

$S_{long\ tot}$	SCORRIMENTO COMPLESSIVO IN DIREZIONE LONGITUDINALE
$S_{trasv\ tot}$	SCORRIMENTO COMPLESSIVO IN DIREZIONE TRASVERSALE
$B_{cord\_sx}$ o $B_{cord\_sx}$	LARGHEZZA DEL GIUNTO DI DILATAZIONE DI CORDOLO O MARCIAPIEDE IN CORRISPONDENZA ELEMENTO MARGINALE SX O INTERNO
$B_{piat}$	LARGHEZZA DEL GIUNTO DI DILATAZIONE IN ELASTOMERO ARMATO DA DISPORRE IN CORRISPONDENZA PIATTAFORMA STRADALE
$B_{cord\_dx}$ o $B_{cord\_est}$	LARGHEZZA DEL GIUNTO DI DILATAZIONE DI CORDOLO O MARCIAPIEDE IN CORRISPONDENZA ELEMENTO MARGINALE DX O ESTERNO

## PO01 - VIADOTTO DA Pr. 1+855 A Pr. 1+890 CARREGGiate SINISTRA E DESTRA

### APPARECCHI DI APPOGGIO IN ACCIAIO-TEFLON A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO

Allineamento	TRAVI INTERNE							TRAVI ESTERNE						
	Tip	$N_s$ slU [kN]	$V_I$ SLU [kN]	$V_t$ SLU [kN]	$S_{long} \pm$ [mm]	$S_{trasv} \pm$ [mm]	rot [rad]	Tip	$N_s$ slU [kN]	$V_I$ SLU [kN]	$V_t$ SLU [kN]	$S_{long} \pm$ [mm]	$S_{trasv} \pm$ [mm]	rot [rad]
SPA	VF	4500	1000	1000			0.010	VUT	4500	1000			25	0.010
SPB	VUL	4500		450	50		0.010	VM	4500			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	0.75	9.75	0.75
SPB	50	50	0.75	9.75	0.75

S.S. 554 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

## 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 $\gamma_E$ (o $\gamma_{E'}$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> 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  $\gamma_{G1}$ .

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	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  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	$\gamma_R$	(R3)	(R3)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	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  $\gamma_T$  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:

$$F_{cd} \leq R_{cd}$$

Dove:

$F_{cd}$  è il carico assiale di compressione assunto in progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

$R_{cd}$  la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd} - W_p$$

Essendo:

$R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$  la resistenza alla base di progetto;

$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$  la resistenza laterale di progetto;

$W_p$  il peso del palo alleggerito;

$\gamma_b, \gamma_s$  coefficienti di sicurezza parziali da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali, forniti dalla Tab. 6.4.II delle NTC2018 precedentemente illustrata;

$R_{bk} = \text{Min} [ (R_{bc}, cal)_{media} / \xi_3; (R_{bc}, cal)_{min} / \xi_4 ]$  la resistenza alla punta caratteristica;

$R_{sk} = \text{Min} [ (R_{sc}, cal)_{media} / \xi_3; (R_{sc}, cal)_{min} / \xi_4 ]$  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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

$\xi_3, \xi_4$  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  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	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:

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

$$R_{s,cal} = \sum^n q_{s_i} A_{l_i} \quad \text{la resistenza laterale}$$

$i$  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:

$$qb = \sigma_v + 9 c_u$$

essendo  $\sigma_v$  la tensione verticale totale alla quota della base del palo e  $c_u$  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:

$\alpha$  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 $\alpha$
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  $\alpha$  (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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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  $\sigma_v'$  la tensione verticale alla base del palo in termini di tensioni efficaci.

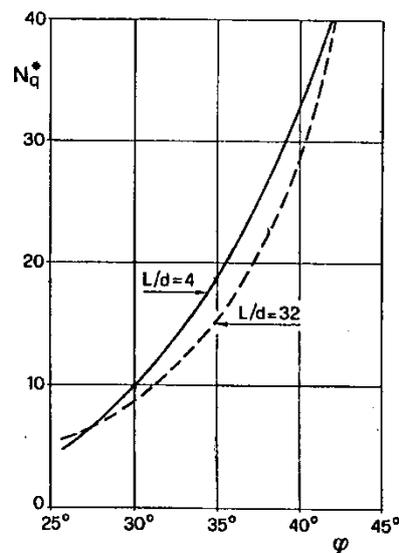


Figura 9.1 – Coefficienti  $Nq^*$  (Berezantzev, 1965), corrispondenti all'insorgere delle deformazioni plastiche alla base

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:

$\alpha_N$  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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

$\sigma'_{m}$	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 $Ks = 1 - \sin \varphi'$ ;
$\delta$	valore dell'angolo d'attrito tra superficie laterale del palo e terreno che per pali trivellati è assunto pari a $\varphi'$ ;
$qs,max$	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;
$\delta$	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)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i>	

### 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:

$\eta$  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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

*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 /  $\gamma_s$*  la resistenza laterale di progetto;

*Wp* il peso del palo alleggerito;

*$\gamma_b, \gamma_s$*  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:

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

*$\gamma_T$*  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;

*$\xi_3, \xi_4$*  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 "Cagliariatana"		 <b>anas</b> 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)		
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

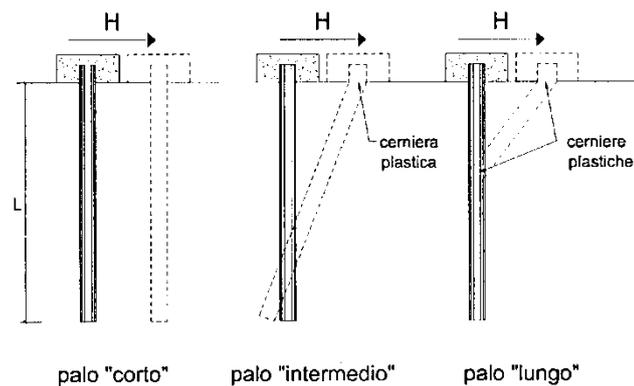
Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

- 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".

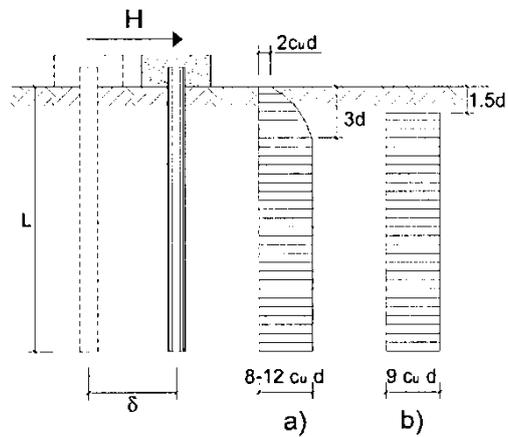


*Figura 9.2 – meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984).*

#### 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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	



*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

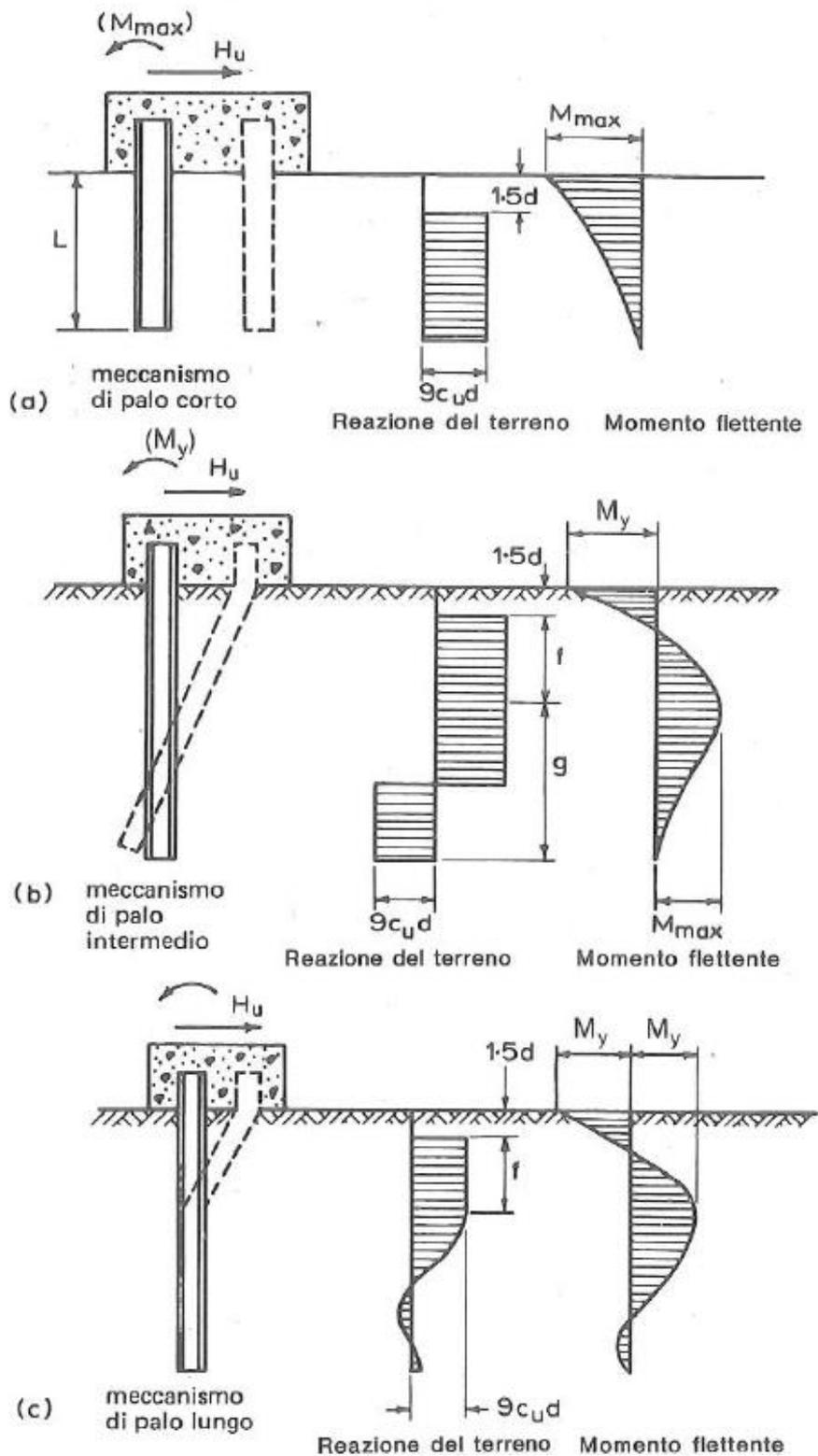
**Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale**

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
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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;
- $\gamma$  il peso di volume del terreno, nel caso in cui il terreno sia sotto falda si assume  $\gamma'$ .

CA352

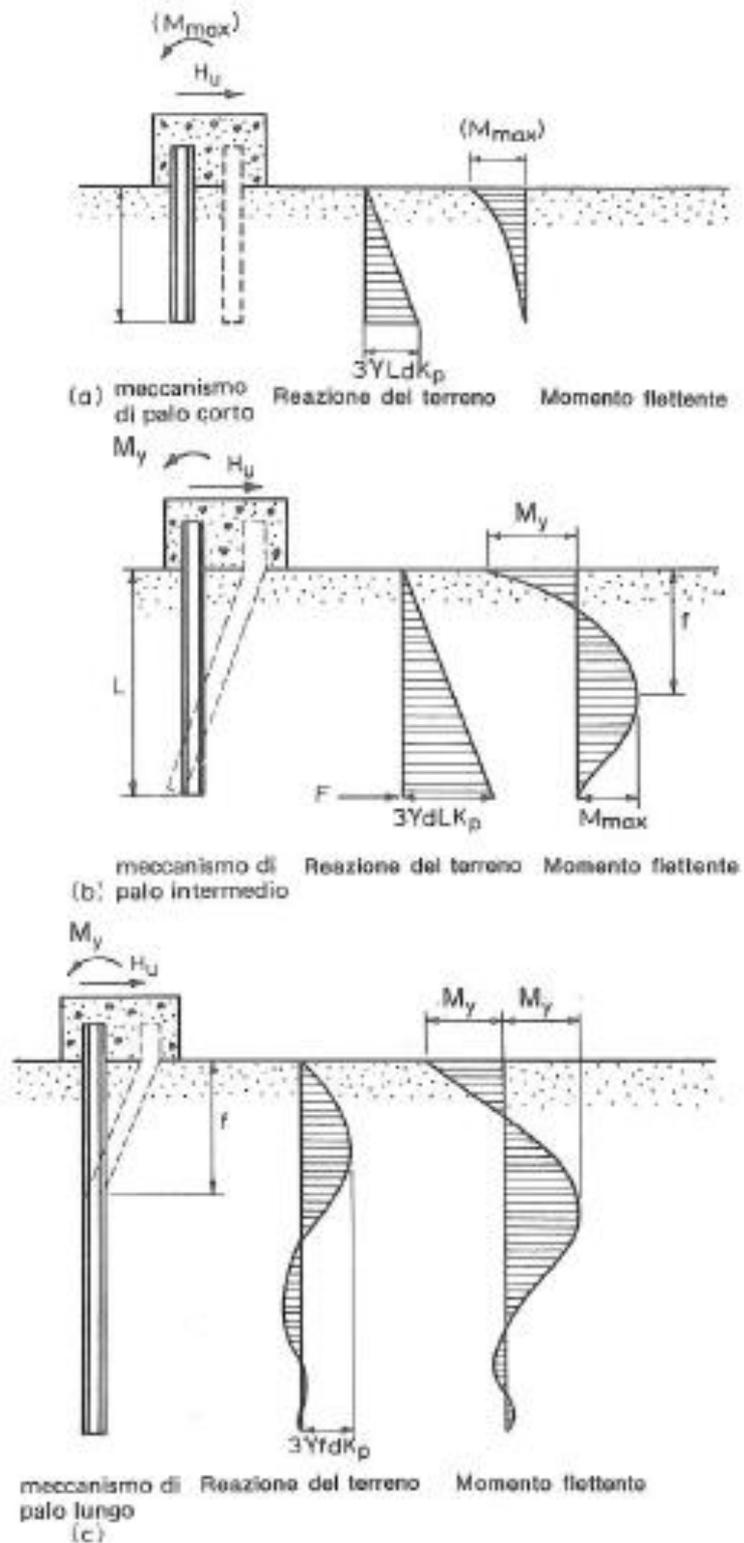
**Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale**

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)		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

I valori del carico limite corrispondenti ai diversi meccanismi di rottura sono di seguito riportati:

$$H \lim = 1.5k_p \gamma D^3 \left( \frac{L}{D} \right)^2 \quad \text{palo corto}$$

$$H \lim = \frac{1}{2} k_p \gamma D^3 \left( \frac{L}{D} \right)^2 + \frac{M_y}{L} \quad \text{palo intermedio}$$

$$H \lim = k_p \gamma D^3 \sqrt[3]{\left( 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma D^4} \right)^2} \quad \text{palo lungo}$$

Nel caso di palo scalzato (ove presente) e per il caso di palo lungo, il valore di  $H \lim$  si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H \lim = 1.5k_p \gamma D f^2$$

$$f^3 + 1.5Df^2 - \left( \frac{2M_y}{\gamma k_p D} \right) = 0$$

Essendo:

$f$  la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna

$d_s$  l'altezza della testa del palo rispetto al piano di campagna

### 9.1.5 Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico trasversale

La resistenza ai carichi trasversali  $R_{cd,gr}$  del gruppo di pali viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{tr,dgr} = \eta n R_{tr,d1}$$

In cui:

$\eta_{tr}$  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"		 <b>anas</b> 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	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

“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.

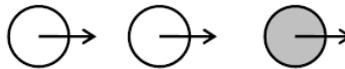


Figura 9.6 – Schema A – Pali in linea

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.

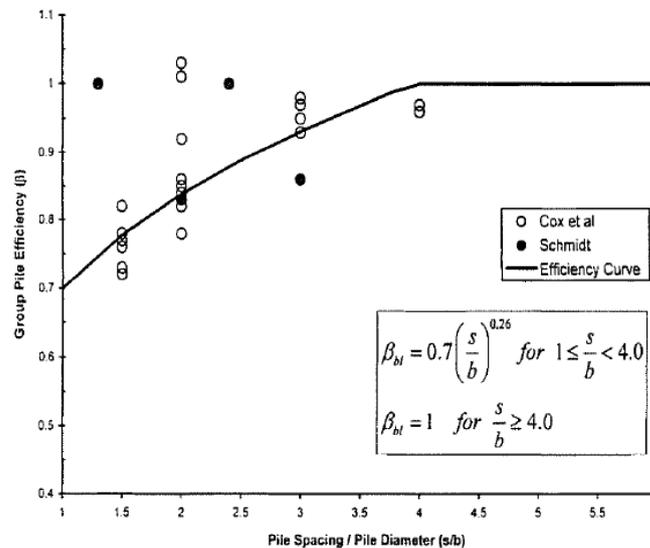


Figura 9.7 – Fattori di riduzione per pali disposti parallelamente alla direzione di carico – Pali frontali

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

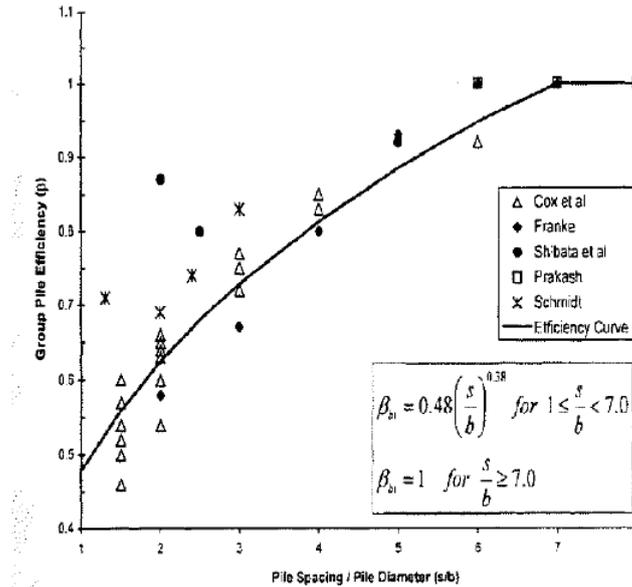


Figura 9.8 – Fattori di riduzione per pali disposti parallelamente alla direzione di carico – Pali retrostanti

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

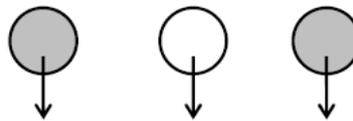


FIGURA 6-12: SCHEMA B – PALI AFFIANCATI

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.

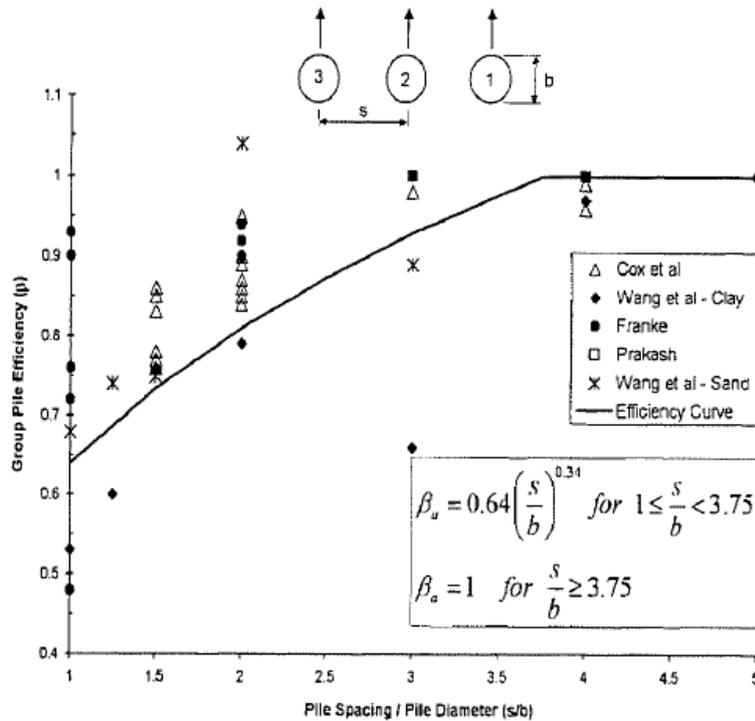


Figura 9.10 – Fattori di riduzione per pali disposti su file perpendicolari alla direzione del carico

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 21 pali disposti secondo una maglia rettangolare (7 x 3), 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)		
CA352	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

VIADOTTO: **PO01 - PONTE CANALE** 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			
					$\gamma_{med}$ [kPa]	$c_{Umed}$ [kPa]	$c'_{med}$ [kPa]	$\phi'_{med}$ [°]	$\gamma_{min}$ [kPa]	$c_{Umin}$ [kPa]	$c'_{min}$ [kPa]	$\phi'_{min}$ [°]
1	0.00	4.50	Ma	Marna Alterata	18.0	223.0	29.0	28.1	15.9	191.0	13.6	24.7
2	4.50	50.00	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

### 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<sub>gr</sub> 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						
			PARAMETRI MEDI			PARAMETRI MINIMI			ENV	MEDI		MINIMI	ENV	C.U.		
Stratigrafia	Allineamenti	Lp [m]	Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Rcd [kN]	Edc [kN]	c.u. %	Rtd [kN]	Rtd [kN]	Rtd [kN]	Edt [kN]	c.u. %
STR1	SPALLE MA H10	16.0	3473	1997	5337	3857	1843	5535	5337	4540	85%	2565	2864	2565	0	0%
		12.0	2599	1958	4457	2878	1803	4558	4457	3256	73%	1919	2138	1919	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	C.U.	
Stratigrafia	Allineamenti	D [m]	i [m]	npali	$\eta$ (%)	Rcd,gr med [kN]	Rcd,gr min [kN]	Rcd,gr [kN]	Edc [kN]	%
STR1	SPALLE MA H10	1.20	3.60	21	69%	77093	79955	77093	66397	86%
		1.20	3.60	8	74%	26526	27127	26526	18428	69%

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
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

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 - SPB	4646	<b>1785</b>	<b>1057</b>	59%	4993	1872	21	80%	<b>31448</b>	<b>22197</b>	71%
	MA H10	2598	<b>1104</b>	<b>771</b>	70%	2958	1245	8	80%	<b>7970</b>	<b>6168</b>	77%

*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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b>	

## **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.

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)		
<b>CA352</b>	<b><i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i></b>	

## 10.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre 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)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i>	

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

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE  
 Analisi della struttura - Caratteristiche geometrico-inerziali sezioni

Rck = 45 Mpa  
 n0 = 6.16  
 ninf = 15.11  
 nrit = 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	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.333	<4	0.020	1.935	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.571	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
2	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.333	<4	0.020	1.935	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.571	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
3	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.333	<4	0.020	1.915	0.800	0.020	0.900	0.035	0.864	0.055	7.669	<4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
4	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.333	<4	0.020	1.915	0.800	0.020	0.900	0.035	0.864	0.055	7.669	<4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
5	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	9.771	<4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	<4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
6	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	9.771	<4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	<4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
7	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	9.771	<4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	<4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
8	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	9.771	<4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	<4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
9	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.333	<4	0.020	1.915	0.800	0.020	0.900	0.035	0.864	0.055	7.669	<4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
10	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.333	<4	0.020	1.915	0.800	0.020	0.900	0.035	0.864	0.055	7.669	<4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
11	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.333	<4	0.020	1.935	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.571	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540
12	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.333	<4	0.020	1.935	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.571	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	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	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.0912	0.889	0.061729	0.002985	0.000024	0.200666	1.594	0.145645	1.908865	0.000027	0.196693	1.582	0.144206	1.868102	0.000027	0.333994	1.830	0.174371	3.276761	0.000071
2	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.0912	0.889	0.061729	0.002985	0.000024	0.200666	1.594	0.145645	1.908865	0.000027	0.196693	1.582	0.144206	1.868102	0.000027	0.333994	1.830	0.174371	3.276761	0.000071
3	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1068	0.765	0.071208	0.003838	0.000026	0.216266	1.483	0.180392	2.074493	0.000030	0.212293	1.469	0.17837	2.03373	0.000029	0.349594	1.751	0.221883	3.44239	0.000073
4	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1068	0.765	0.071208	0.003838	0.000026	0.216266	1.483	0.180392	2.074493	0.000030	0.212293	1.469	0.17837	2.03373	0.000029	0.349594	1.751	0.221883	3.44239	0.000073
5	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.215946	1.481	0.185124	2.071469	0.000033	0.211973	1.468	0.183092	2.030706	0.000032	0.349274	1.750	0.226767	3.439365	0.000076
6	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.215946	1.481	0.185124	2.071469	0.000033	0.211973	1.468	0.183092	2.030706	0.000032	0.349274	1.750	0.226767	3.439365	0.000076
7	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.215946	1.481	0.185124	2.071469	0.000033	0.211973	1.468	0.183092	2.030706	0.000032	0.349274	1.750	0.226767	3.439365	0.000076
8	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.215946	1.481	0.185124	2.071469	0.000033	0.211973	1.468	0.183092	2.030706	0.000032	0.349274	1.750	0.226767	3.439365	0.000076
9	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1068	0.765	0.071208	0.003838	0.000026	0.216266	1.483	0.180392	2.074493	0.000030	0.212293	1.469	0.17837	2.03373	0.000029	0.349594	1.751	0.221883	3.44239	0.000073
10	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1068	0.765	0.071208	0.003838	0.000026	0.216266	1.483	0.180392	2.074493	0.000030	0.212293	1.469	0.17837	2.03373	0.000029	0.349594	1.751	0.221883	3.44239	0.000073
11	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.0912	0.889	0.061729	0.002985	0.000024	0.200666	1.594	0.145645	1.908865	0.000027	0.196693	1.582	0.144206	1.868102	0.000027	0.333994	1.830	0.174371	3.276761	0.000071
12	0.540	1.3878	0.186	0.007378845	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.0912	0.889	0.061729	0.002985	0.000024	0.200666	1.594	0.145645	1.908865	0.000027	0.196693	1.582	0.144206	1.868102	0.000027	0.333994	1.830	0.174371	3.276761	0.000071

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)		
<b>CA352</b>	<b><i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i></b>	

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

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE  
 Verifica della struttura - Caratteristiche geometrico-inerziali sezioni interamente reagenti

Rcd = 45 Mpa  
 n0 = 6.16  
 ninfr = 15.11  
 nrit = 15.79

		epsl= 0.814 (c/f)max= 11.39												epsl= 0.814 (c/f)max= 11.39												Verifica della struttura - Caratteristiche geometrico inerziali												Trave isolat.																		
Sez	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	n_campata	X campata (m)	n_travi impalcato	Larghezza soletta impalcato	Dis. trave-asse impalcato	soletta	Plattabanda superiore				Anima				Plattabanda inferiore				Int tr sx (m)	bconn (m)	Int tr dx (m)	tipo campata	Soletta in c.a. - larghezza collaborante						Armatura soletta in c.a.						Hs (m)	Aa (mq)	yGa (m)	Ixa (m4)	Iya (m4)	Ja (m4)	Aw (mq)												
										B1 (m)	H1 (m)	B2 (m)	H2 (m)	Beg (m)	Htot (m)	c/t	Classe	spw (m)	Hw (m)	B3 (m)	H3 (m)					B4 (m)	H4 (m)	Beg (m)	Htot (m)	c/t	Classe	Lsx (m)	Lcampata	Ldx (m)	b1 (m)	b2 (m)	bcoll (m)								Hc (m)	Hcr (m)	Brsup (m)	Breif (m)	A (mq)	yGc (m)	Ix (m4)	As1 (mq)	HS1 (m)	As2 (mq)	HS2 (m)	As (mq)
1	1	0.000	0.000	1	0.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.020	1.935	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.571	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.006	0.240	0.070	0.540	0.540	1.2392	0.185	0.006663	0.007854	0.250	0.007854	0.080	0.015708	0.165	0.00011349	2.000	0.0912	0.889	0.061729	0.002985	0.000024	0.038700
2	1	3.500	3.500	1	3.500	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.020	1.935	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.571	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.253	0.240	0.070	0.540	0.540	1.2986	0.185	0.006949	0.008168	0.250	0.008168	0.080	0.016336	0.165	0.00011803	2.000	0.0912	0.889	0.061729	0.002985	0.000024	0.038700
3	2	0.000	3.500	1	3.500	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.020	1.935	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.571	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.253	0.240	0.070	0.540	0.540	1.2986	0.185	0.006949	0.008168	0.250	0.008168	0.080	0.016336	0.165	0.00011803	2.000	0.0912	0.889	0.061729	0.002985	0.000024	0.038700
4	2	2.500	6.000	1	6.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.020	1.935	0.000	0.000	0.900	0.035	0.900	0.035	12.571	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.430	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3411	0.186	0.007154	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	2.000	0.0912	0.889	0.061729	0.002985	0.000024	0.038700
5	3	0.000	6.000	1	6.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.020	1.915	0.800	0.020	0.900	0.035	0.864	0.055	7.669	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.430	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3411	0.186	0.007236	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	2.000	0.1068	0.765	0.071208	0.003838	0.000026	0.038300
6	3	1.000	7.000	1	7.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.020	1.915	0.800	0.020	0.900	0.035	0.864	0.055	7.669	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.501	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3581	0.186	0.007236	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	2.000	0.1068	0.765	0.071208	0.003838	0.000026	0.038300
7	4	0.000	7.000	1	7.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.020	1.915	0.800	0.020	0.900	0.035	0.864	0.055	7.669	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.501	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3581	0.186	0.007236	0.008482	0.250	0.008482	0.080	0.016965	0.165	0.00012257	2.000	0.1068	0.765	0.071208	0.003838	0.000026	0.038300
8	4	4.000	11.000	1	11.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.020	1.915	0.800	0.020	0.900	0.035	0.864	0.055	7.669	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3878	0.186	0.007379	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.030480
9	4	0.000	11.000	1	11.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3878	0.186	0.007379	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.030480
10	5	0.000	11.000	1	11.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3878	0.186	0.007379	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.030480
11	6	0.000	14.000	1	14.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3878	0.186	0.007379	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.030480
12	6	3.500	17.500	1	17.500	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3878	0.186	0.007379	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.030480
13	7	0.000	17.500	1	17.500	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3878	0.186	0.007379	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.030480
14	7	3.500	21.000	1	21.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3878	0.186	0.007379	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.030480
15	8	0.000	21.000	1	21.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3878	0.186	0.007379	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.030480
16	8	3.000	24.000	1	24.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.035	0.000	0.000	0.700	0.035	10.000	4	0.016	1.905	0.800	0.025	0.900	0.035	0.858	0.060	7.019	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3878	0.186	0.007379	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1065	0.760	0.075302	0.004194	0.000030	0.030480
17	9	0.000	24.000	1	24.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.020	1.915	0.800	0.020	0.900	0.035	0.864	0.055	7.669	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.625	0.240	0.070	0.540	0.540	1.3878	0.186	0.007379	0.008796	0.250	0.008796	0.080	0.017593	0.165	0.000127109	2.000	0.1068	0.765	0.071208	0.003838	0.000026	0.038300
18	9	4.000	28.000	1	28.000	2	11.250	3.250	reagente	0.700	0.030	0.000	0.000	0.700	0.030	11.667	4	0.020	1.915	0.800	0.020	0.900	0.035	0.864	0.055	7.669	4	4.750	0.360	6.500	ca	35.000	2.195	3.070	5.501	0.240	0																			

Sez	Trave composta - n-ninf.															Trave composta - n-nrit.															Trave composta - n-nd																				
	Sx/lx B			Sx/lx C			Ai (mq)	yG (m)	yG-yGc (m)	lx (m4)	ly (m4)	j (m4)	Sx/lx					Ar (mq)					Sx/lx	Sx/lx																											
	(m-1)	(m-1)	(m-1)	WA (m3)	WB (m3)	WC (m3)							WD (m3)	WAi (m3)	WBi (m3)	Wci (m3)	WDi (m3)	WAs2 (mc)	WAs1 (mc)	WEi (m3)	WFi (mc)	yG (m)		yG-yGc (m)	lx (m4)	ly (m4)	j (m4)	WAr (m3)	WBAr (m3)	WCAr (m3)	WDAr (m3)	WAs2r (mc)	WAs1r (mc)	WEr (m3)	WFr (mc)	AD (mq)	yG (m)	yG-yGc (m)	lx (m4)	ly (m4)	j (m4)	WAr (m3)	WBAr (m3)	WCAr (m3)	WDAr (m3)	WAs2 (mc)	WAs1 (mc)	WE (m3)	WF (mc)		
1	0.444480	0.373021	0.069474	0.072322	0.057078	0.055537	0.188942	1.558	0.607	0.141225	1.908865	0.000027	0.432117	0.090665	0.092749	0.342497	0.319268	0.270370	0.203982	4.163832	2.835549	0.185395	1.546	0.619	0.139782	1.868102	0.000027	0.428743	0.090435	0.092531	0.329403	0.307653	0.261593	0.198455	4.208904	2.887339	0.307992	1.800	0.365	0.170632	3.276761	0.000071	0.487306	0.094782	0.096662	1.005228	0.854252	0.609957	0.379398	3.898202	2.062836
2	0.444480	0.373021	0.069474	0.072322	0.057078	0.055537	0.193506	1.572	0.593	0.143011	1.908865	0.000027	0.436178	0.090945	0.093016	0.359770	0.334524	0.281792	0.211084	4.342205	2.929162	0.189788	1.560	0.605	0.141567	1.868102	0.000027	0.432892	0.090720	0.092801	0.345694	0.322098	0.272498	0.205314	4.386759	2.982088	0.318267	1.813	0.352	0.172182	3.276761	0.000071	0.489559	0.094982	0.096662	1.095226	0.919720	0.644366	0.393819	4.125283	2.134042
3	0.444480	0.373021	0.069474	0.072322	0.057078	0.055537	0.193506	1.572	0.593	0.143011	1.908865	0.000027	0.436178	0.090945	0.093016	0.359770	0.334524	0.281792	0.211084	4.342205	2.929162	0.189788	1.560	0.605	0.141567	1.868102	0.000027	0.432892	0.090720	0.092801	0.345694	0.322098	0.272498	0.205314	4.386759	2.982088	0.318267	1.813	0.352	0.172182	3.276761	0.000071	0.489559	0.094982	0.096662	1.095226	0.919720	0.644366	0.393819	4.125283	2.134042
4	0.444480	0.373021	0.069474	0.072322	0.057078	0.055537	0.196945	1.583	0.582	0.144299	1.908865	0.000027	0.439051	0.091144	0.093205	0.373056	0.346205	0.290456	0.216404	4.477650	2.999070	0.193106	1.571	0.594	0.142857	1.868102	0.000027	0.435834	0.090921	0.092993	0.358236	0.333172	0.280784	0.210462	4.522022	3.053000	0.325786	1.821	0.344	0.173254	3.276761	0.000071	0.491088	0.095119	0.096982	1.166267	0.970315	0.700087	0.404275	4.295541	2.185376
5	0.492657	0.359702	0.093044	0.100249	0.059109	0.057672	0.212545	1.470	0.695	0.178501	2.074493	0.000030	0.422689	0.121489	0.126198	0.357216	0.334053	0.292563	0.238086	4.496200	3.211113	0.208706	1.457	0.708	0.17706	2.03373	0.000029	0.419570	0.121119	0.125941	0.347789	0.328435	0.285995	0.224381	4.589540	3.292299	0.344143	1.744	0.421	0.220801	3.44239	0.000073	0.477325	0.126615	0.130739	0.976438	0.862069	0.656893	0.436254	4.172223	2.403485
6	0.492657	0.359702	0.093044	0.100249	0.059109	0.057672	0.21367	1.474	0.691	0.179086	2.074493	0.000030	0.422689	0.121489	0.126198	0.357216	0.334053	0.292563	0.238086	4.496200	3.211113	0.208706	1.457	0.708	0.17706	2.03373	0.000029	0.419570	0.121119	0.125941	0.347789	0.328435	0.285995	0.224381	4.589540	3.292299	0.344143	1.744	0.421	0.220801	3.44239	0.000073	0.477325	0.126615	0.130739	0.976438	0.862069	0.656893	0.436254	4.172223	2.403485
7	0.492657	0.359702	0.093044	0.100249	0.059109	0.057672	0.216266	1.483	0.682	0.180392	2.074493	0.000030	0.424672	0.121672	0.126360	0.370118	0.348657	0.301967	0.235072	4.639059	3.294161	0.212293	1.469	0.696	0.17837	2.03373	0.000029	0.421607	0.121386	0.126106	0.356347	0.336197	0.292146	0.228518	4.689327	3.350399	0.349924	1.750	0.414	0.221883	3.44239	0.000073	0.474343	0.126734	0.130844	1.012164	0.890323	0.673973	0.444463	4.283463	2.445121
8	0.492657	0.359702	0.093044	0.100249	0.059109	0.057672	0.215946	1.481	0.684	0.185124	2.071469	0.000033	0.414714	0.124991	0.130268	0.382561	0.356757	0.309103	0.240762	4.748483	3.373616	0.211973	1.468	0.697	0.183092	2.030706	0.000032	0.411633	0.124732	0.130048	0.368310	0.344085	0.299115	0.234099	4.800985	3.432720	0.349274	1.750	0.415	0.226767	3.439365	0.000076	0.464866	0.129574	0.134174	1.055185	0.907405	0.687366	0.453618	4.368294	2.495858
9	0.499890	0.397719	0.099072	0.107562	0.062496	0.060732	0.215946	1.481	0.684	0.185124	2.071469	0.000033	0.414714	0.124991	0.130268	0.382561	0.356757	0.309103	0.240762	4.748483	3.373616	0.211973	1.468	0.697	0.183092	2.030706	0.000032	0.411633	0.124732	0.130048	0.368310	0.344085	0.299115	0.234099	4.800985	3.432720	0.349274	1.750	0.415	0.226767	3.439365	0.000076	0.464866	0.129574	0.134174	1.055185	0.907405	0.687366	0.453618	4.368294	2.495858
10	0.499890	0.397719	0.099072	0.107562	0.062496	0.060732	0.215946	1.481	0.684	0.185124	2.071469	0.000033	0.414714	0.124991	0.130268	0.382561	0.356757	0.309103	0.240762	4.748483	3.373616	0.211973	1.468	0.697	0.183092	2.030706	0.000032	0.411633	0.124732	0.130048	0.368310	0.344085	0.299115	0.234099	4.800985	3.432720	0.349274	1.750	0.415	0.226767	3.439365	0.000076	0.464866	0.129574	0.134174	1.055185	0.907405	0.687366	0.453618	4.368294	2.495858
11	0.499890	0.397719	0.099072	0.107562	0.062496	0.060732	0.215946	1.481	0.684	0.185124	2.071469	0.000033	0.414714	0.124991	0.130268	0.382561	0.356757	0.309103	0.240762	4.748483	3.373616	0.211973	1.468	0.697	0.183092	2.030706	0.000032	0.411633	0.124732	0.130048	0.368310	0.344085	0.299115	0.234099	4.800985	3.432720	0.349274	1.750	0.415	0.226767	3.439365	0.000076	0.464866	0.129574	0.134174	1.055185	0.907405	0.687366	0.453618	4.368294	2.495858
12	0.499890	0.397719	0.099072	0.107562	0.062496	0.060732	0.215946	1.481	0.684	0.185124	2.071469	0.000033	0.414714	0.124991	0.130268	0.382561	0.356757	0.309103	0.240762	4.748483	3.373616	0.211973	1.468	0.697	0.183092	2.030706	0.000032	0.411633	0.124732	0.130048	0.368310	0.344085	0.299115	0.234099	4.800985	3.432720	0.349274	1.750	0.415	0.226767	3.439365	0.000076	0.464866	0.129574	0.134174	1.055185	0.907405	0.687366	0.453618	4.368294	2.495858
13	0.499890	0.397719	0.099072	0.107562	0.062496	0.060732	0.215946	1.481	0.684	0.185124	2.071469	0.000033	0.414714	0.124991	0.130268	0.382561	0.356757	0.309103	0.240762	4.748483	3.373616	0.211973	1.468	0.697	0.183092	2.030706	0.000032	0.411633	0.124732	0.130048	0.368310	0.344085	0.299115	0.234099	4.800985	3.432720	0.349274	1.750	0.415	0.226767	3.439365	0.000076	0.464866	0.129574	0.134174	1.055185	0.907405	0.687366	0.453618	4.368294	2.495858
14	0.499890	0.397719	0.099072	0.107562	0.062496	0.060732	0.215946	1.481	0.684	0.185124	2.071469	0.000033	0.414714	0.124991	0.130268	0.382561	0.356757	0.309103	0.240762	4.748483	3.373616	0.211973	1.468	0.697	0.183092	2.030706	0.000032	0.411633	0.124732	0.130048	0.368310	0.344085	0.299115	0.234099	4.800985	3.432720	0.349274	1.750	0.415	0.226767	3.439365	0.000076	0.464866	0.129574	0.134174	1.055185	0.907405	0.687366	0.453618	4.368294	2.495858
15	0.499890	0.397719	0.099072	0.107562	0.062496	0.060732	0.215946	1.481	0.684	0.185124	2.071469	0.000033	0.414714	0.124991	0.130268	0.382561	0.356757	0.309103	0.240762	4.748483	3.373616	0.211973	1.468	0.697	0.183092	2.030706	0.000032	0.411633	0.124732	0.130048	0.368310	0.344085	0.299115	0.234099	4.800985	3.432720	0.349274	1.750	0.415	0.226767	3.439365	0.000076	0.464866	0.129574	0.134174	1.055185	0.907405	0.687366	0.453618	4.368294	2.495858
16	0.499890	0.397719	0.099072	0.107562	0.062496	0.060732	0.215946	1.481	0.684	0.185124	2.071469	0.000033	0.414714	0.124991	0.130268	0.382561	0.356757	0.309103	0.240762	4.748483	3.373616	0.211973	1.468	0.697	0.183092	2.030706	0.000032	0.411633	0.124732	0.130048	0.368310	0.344085	0.299115	0.234099	4.800985	3.432720	0.349274	1.750	0.415	0.226767	3.439365	0.000076	0.464866	0.129574	0.134174	1.055185	0.907405	0.687366	0.453618	4.368294	2.495858
17	0.492657	0.359702	0.093044	0.100249	0.059109	0.057672	0.216266	1.483	0.682	0.180392	2.074493	0.000030	0.424672	0.121672	0.126360	0.370118	0.34																																		

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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<i><b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b></i>	

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



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)		
<b>CA352</b>	<b><i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i></b>	

## **14 ALLEGATO 4 – IMPALCATO - VERIFICHE SLU TRAVI PRINCIPALI**

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE

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 DELLE SEZIONI					
	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)	WA_eff (m3)																																												
1	1	0.000	0.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-48.9	355.0	355.0	355.0	1.195	4	0.0886	0.914	0.0597	0.0653																																												
2	1	3.500	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	154.7	149.5	-135.9	-140.3	-72.7	-86.5	-81.4	355.0	355.0	355.0	2.075	1																																																
3	2	0.000	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	154.7	149.5	-135.9	-140.3	-72.7	-86.5	-81.4	355.0	355.0	355.0	2.075	1																																																
4	2	2.500	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	237.1	229.6	-183.3	-189.7	-81.3	-99.6	-69.6	355.0	355.0	355.0	2.085	1																																																
5	3	0.000	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	178.0	167.9	-181.6	-187.1	-81.7	-97.2	-70.3	355.0	355.0	355.0	1.994	1																																																
6	3	1.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	199.3	188.2	-197.8	-203.8	-84.6	-101.4	-65.4	355.0	355.0	355.0	1.995	1																																																
7	4	0.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	199.3	188.2	-197.8	-203.8	-84.6	-101.4	-65.4	355.0	355.0	355.0	1.995	1																																																
8	4	4.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	264.9	250.6	-247.2	-255.0	-93.3	-113.9	-46.1	355.0	355.0	355.0	1.996	1																																																
9	5	0.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	253.8	238.8	-236.8	-245.6	-92.2	-112.3	-39.0	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
10	5	3.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	281.4	265.0	-257.7	-267.3	-96.1	-117.9	-39.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
11	6	0.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	281.5	265.0	-257.7	-267.3	-96.1	-117.9	-20.7	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
12	6	3.500	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	292.1	275.1	-266.0	-276.0	-97.6	-119.9	-18.3	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
13	7	0.000	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	292.1	275.1	-266.0	-276.0	-97.6	-119.9	-0.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
14	7	3.500	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	281.5	265.0	-257.7	-267.3	-96.1	-117.9	20.7	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
15	8	0.000	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	281.5	265.0	-257.7	-267.3	-96.1	-117.9	20.7	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
16	8	3.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	253.8	238.8	-236.8	-245.6	-92.2	-112.3	38.9	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
17	9	0.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	264.9	250.6	-247.2	-255.0	-93.3	-113.9	31.0	355.0	355.0	355.0	1.996	1																																																
18	9	4.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	199.3	188.2	-197.8	-203.8	-84.6	-101.4	50.4	355.0	355.0	355.0	1.995	1																																																
19	10	0.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	199.3	188.2	-197.8	-203.8	-84.6	-101.4	65.4	355.0	355.0	355.0	1.995	1																																																
20	10	1.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	178.0	167.9	-181.6	-187.1	-81.7	-97.2	70.3	355.0	355.0	355.0	1.994	1																																																
21	11	0.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	237.1	229.6	-183.3	-189.7	-81.3	-99.6	69.6	355.0	355.0	355.0	2.085	1																																																
22	11	2.500	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	154.7	149.5	-135.9	-140.3	-72.7	-86.5	81.4	355.0	355.0	355.0	2.075	1																																																
23	12	0.000	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	154.7	149.5	-135.9	-140.3	-72.7	-86.5	81.4	355.0	355.0	355.0	2.075	1																																																
24	12	3.500	35.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	fessurata	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	98.0	355.0	355.0	355.0	1.195	4	0.0912	0.889	0.0617	0.0695																																												

ONI EFFICACI				Analisi elastica										Analisi plastica										Ver. stabilita' pannelli d'anima												
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	$\sigma A'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma B'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma C'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma D'$ C1Mmax (Mpa)	$\eta 1_{inf}$	$\eta 1_{sup}$	$\eta 1_{inf}$ grafico	$\eta 1_{sup}$ grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	$\eta 1_{plast}$	$\eta 1$	a (m)	n.irr. Long	Isi (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	$\eta 3$	$\eta 1_s$	$\eta 1_{inter}$	
1	0.0679	0.0565	0.0550	0.0	0.0	0.026	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	11918.7	29627.6	36101	4862.2	-9114.5	27739.0	0.00	0.00	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1894	0.39	0.43	0.00
2							154.7	149.5	-135.9	-140.3	0.45	0.41	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16910.9	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3151	0.65		0.00
3							154.7	149.5	-135.9	-140.3	0.45	0.41	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3151	0.65		0.00
4							237.1	229.6	-183.3	-189.7	0.69	0.55	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	2692	0.56		0.00
5							178.0	167.9	-181.6	-187.1	0.51	0.55	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2692	0.56		0.00
6							199.3	188.2	-197.8	-203.8	0.57	0.59	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2507	0.52		0.00
7							199.3	188.2	-197.8	-203.8	0.57	0.59	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2507	0.52		0.00
8							264.9	250.6	-247.2	-255.0	0.76	0.74	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34716.8	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1764	0.37		0.00
9							253.8	238.8	-236.8	-245.6	0.73	0.71	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34730.3	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1187	0.36		0.00
10							281.4	265.0	-257.7	-267.3	0.81	0.78	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37950.3	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1207	0.36		0.00
11							281.5	265.0	-257.7	-267.3	0.81	0.78	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	630	0.19		0.00
12							292.1	275.1	-266.0	-276.0	0.84	0.80	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	557	0.17		0.00
13							292.1	275.1	-266.0	-276.0	0.84	0.80	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	20	0.01		0.00
14							281.5	265.0	-257.7	-267.3	0.81	0.78	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37952.2	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	630	0.19		0.00
15							281.5	265.0	-257.7	-267.3	0.81	0.78	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	630	0.19		0.00
16							253.8	238.8	-236.8	-245.6	0.73	0.71	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34732.6	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1187	0.36		0.00
17							264.9	250.6	-247.2	-255.0	0.76	0.74	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34718.0	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1187	0.25		0.00
18							199.3	188.2	-197.8	-203.8	0.57	0.59	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27312.8	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1930	0.40		0.00
19							199.3	188.2	-197.8	-203.8	0.57	0.59	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2507	0.52		0.00
20							178.0	167.9	-181.6	-187.1	0.51	0.55	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2692	0.56		0.00
21							237.1	229.6	-183.3	-189.7	0.69	0.55	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	2692	0.56		0.00
22							154.7	149.5	-135.9	-140.3	0.45	0.41	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3151	0.65		0.00
23							154.7	149.5	-135.9	-140.3	0.45	0.41	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3151	0.65		0.00
24	0.0723	0.0571	0.0555	3.6	1.0	0.000	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	13264.6	30691.7	36981	4867.0	-9114.5	28827.3	0.00	0.00	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3793	0.78	0.46	0.63

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE

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 DELLE SEZIONI				
	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)	WA_eff (m3)													
1	1	0.000	0.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-48.9	355.0	355.0	355.0	1.195	4	0.0886	0.914	0.0597	0.0653													
2	1	3.500	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	126.0	121.4	-133.4	-137.3	-68.5	-79.6	-36.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1																	
3	2	0.000	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	126.0	121.4	-133.4	-137.3	-68.5	-79.6	-36.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1																	
4	2	2.500	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	199.1	192.3	-180.2	-186.0	-75.9	-90.7	-27.2	355.0	355.0	355.0	2.085	1																	
5	3	0.000	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	149.4	140.3	-177.9	-182.8	-76.1	-88.8	-27.5	355.0	355.0	355.0	1.994	1																	
6	3	1.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	168.9	158.8	-193.8	-199.4	-78.8	-92.6	-23.6	355.0	355.0	355.0	1.995	1																	
7	4	0.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	168.9	158.8	-193.8	-199.4	-78.8	-92.6	-23.6	355.0	355.0	355.0	1.995	1																	
8	4	4.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	231.6	218.3	-243.1	-250.3	-87.0	-104.4	-7.6	355.0	355.0	355.0	1.996	1																	
9	5	0.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	221.2	207.3	-232.8	-240.9	-86.1	-103.0	-9.5	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
10	5	3.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	250.6	235.2	-253.9	-262.9	-90.3	-109.1	6.2	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
11	6	0.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	250.6	235.2	-253.9	-262.9	-90.3	-109.1	6.2	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
12	6	3.500	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	266.2	250.1	-262.9	-272.3	-92.7	-112.5	24.5	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
13	7	0.000	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	266.2	250.1	-262.9	-272.3	-92.7	-112.5	24.5	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
14	7	3.500	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	261.6	245.8	-255.2	-264.4	-92.4	-112.2	43.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
15	8	0.000	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	261.6	245.8	-255.2	-264.4	-92.4	-112.2	43.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
16	8	3.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	239.8	225.3	-235.1	-243.6	-89.6	-108.3	60.3	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
17	9	0.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	250.6	236.7	-245.4	-253.0	-90.6	-109.8	48.0	355.0	355.0	355.0	1.996	1																	
18	9	4.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	192.5	181.6	-196.9	-202.8	-83.3	-99.4	66.2	355.0	355.0	355.0	1.995	1																	
19	10	0.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	192.5	181.6	-196.9	-202.8	-83.3	-99.4	66.2	355.0	355.0	355.0	1.995	1																	
20	10	1.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	172.8	162.9	-180.9	-186.3	-80.6	-95.7	70.9	355.0	355.0	355.0	1.994	1																	
21	11	0.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	230.2	222.9	-182.7	-189.0	-80.3	-98.0	70.2	355.0	355.0	355.0	2.085	1																	
22	11	2.500	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	152.2	147.0	-135.6	-140.0	-72.4	-85.9	81.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1																	
23	12	0.000	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	152.2	147.0	-135.6	-140.0	-72.4	-85.9	81.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1																	
24	12	3.500	35.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	fessurata	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	98.0	355.0	355.0	355.0	1.195	4	0.0912	0.889	0.0617	0.0695													

ONI EFFICACI				Analisi elastica										Analisi plastica										Ver. stabilita pannelli d'anima												
Sez	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	Isi (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter	
1	0.0679	0.0565	0.0550	0.0	0.0	0.026	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	11918.7	29627.6	36101	4862.2	-9114.5	27739.0	0.00	0.00	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1894	0.39	0.43	0.00
2							126.0	121.4	-133.4	-137.3	0.37	0.40	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16910.9	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1417	0.29	0.00	0.00
3							126.0	121.4	-133.4	-137.3	0.37	0.40	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1417	0.29	0.00	0.00
4							199.1	192.3	-180.2	-186.0	0.58	0.54	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1054	0.22	0.00	0.00
5							149.4	140.3	-177.9	-182.8	0.43	0.53	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1054	0.22	0.00	0.00
6							168.9	158.8	-193.8	-199.4	0.48	0.58	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	904	0.19	0.00	0.00
7							168.9	158.8	-193.8	-199.4	0.48	0.58	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	904	0.19	0.00	0.00
8							231.6	218.3	-243.1	-250.3	0.67	0.73	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34716.8	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	291	0.06	0.00	0.00
9							221.2	207.3	-232.8	-240.9	0.63	0.70	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34730.3	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	291	0.09	0.00	0.00
10							250.6	235.2	-253.9	-262.9	0.72	0.76	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37950.3	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	188	0.06	0.00	0.00
11							250.6	235.2	-253.9	-262.9	0.72	0.76	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	188	0.06	0.00	0.00
12							266.2	250.1	-262.9	-272.3	0.76	0.79	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	748	0.23	0.00	0.00
13							266.2	250.1	-262.9	-272.3	0.76	0.79	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	748	0.23	0.00	0.00
14							261.6	245.8	-255.2	-264.4	0.75	0.77	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37952.2	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1329	0.40	0.00	0.00
15							261.6	245.8	-255.2	-264.4	0.75	0.77	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1329	0.40	0.00	0.00
16							239.8	225.3	-235.1	-243.6	0.69	0.71	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34732.6	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1839	0.55	0.00	0.00
17							250.6	236.7	-245.4	-253.0	0.72	0.74	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34718.0	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1839	0.38	0.00	0.00
18							192.5	181.7	-196.9	-202.8	0.55	0.59	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27312.8	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2537	0.53	0.00	0.00
19							192.5	181.6	-196.9	-202.8	0.55	0.59	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2537	0.53	0.00	0.00
20							172.8	162.9	-180.9	-186.3	0.50	0.54	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2715	0.56	0.00	0.00
21							230.2	222.9	-182.7	-189.0	0.67	0.55	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	2715	0.56	0.00	0.00
22							152.2	147.0	-135.6	-140.0	0.44	0.41	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3159	0.65	0.00	0.00
23							152.2	147.0	-135.6	-140.0	0.44	0.41	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3159	0.65	0.00	0.00
24	0.0723	0.0571	0.0555	3.6	1.0	0.000	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	13264.6	30691.7	36981	4867.0	-9114.5	28827.3	0.00	0.00	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3793	0.78	0.46	0.63

LAVORO: S554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE

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												Armature soletta												piattabanda superiore		anima		piattabanda inferiore		TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA										CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI				
	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)	WA_eff (m3)											
1	1	0.000	0.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-98.0	355.0	355.0	355.0	1.195	4	0.0886	0.914	0.0597	0.0653											
2	1	3.500	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	152.1	147.0	-135.6	-140.0	-72.3	-85.9	-81.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1															
3	2	0.000	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	152.2	147.0	-135.6	-140.0	-72.4	-85.9	-81.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1															
4	2	2.500	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	230.2	222.9	-182.7	-189.0	-80.3	-98.0	-70.2	355.0	355.0	355.0	2.085	1															
5	3	0.000	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	172.8	162.9	-180.9	-186.3	-80.6	-95.7	-70.9	355.0	355.0	355.0	1.994	1															
6	3	1.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	192.5	181.6	-196.9	-202.8	-83.3	-99.4	-66.2	355.0	355.0	355.0	1.995	1															
7	4	0.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	192.5	181.6	-196.9	-202.8	-83.3	-99.4	-66.2	355.0	355.0	355.0	1.995	1															
8	4	4.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	250.6	236.7	-245.4	-253.0	-90.6	-109.8	-48.0	355.0	355.0	355.0	1.996	1															
9	5	0.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	239.8	225.3	-235.1	-243.6	-89.6	-108.3	-60.3	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
10	5	3.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	261.6	245.8	-255.2	-264.4	-92.4	-112.2	-43.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
11	6	0.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	261.6	245.8	-255.2	-264.4	-92.4	-112.2	-43.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
12	6	3.500	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	266.2	250.1	-262.9	-272.3	-92.7	-112.5	-24.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
13	7	0.000	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	266.2	250.1	-262.9	-272.3	-92.7	-112.5	-24.5	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
14	7	3.500	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	250.6	235.2	-253.9	-262.9	-90.3	-109.1	-6.2	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
15	8	0.000	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	250.6	235.2	-253.9	-262.9	-90.3	-109.1	-6.2	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
16	8	3.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	221.2	207.4	-232.8	-240.9	-86.1	-103.0	9.5	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
17	9	0.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	231.6	218.3	-243.1	-250.3	-87.0	-104.4	7.6	355.0	355.0	355.0	1.996	1															
18	9	4.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	168.9	158.8	-193.8	-199.4	-78.8	-92.6	23.6	355.0	355.0	355.0	1.995	1															
19	10	0.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	168.9	158.8	-193.8	-199.4	-78.8	-92.6	23.6	355.0	355.0	355.0	1.995	1															
20	10	1.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	149.4	140.3	-177.9	-182.8	-76.1	-88.8	27.5	355.0	355.0	355.0	1.994	1															
21	11	0.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	199.1	192.3	-180.2	-186.0	-75.9	-90.7	27.2	355.0	355.0	355.0	2.085	1															
22	11	2.500	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	126.0	121.4	-133.4	-137.3	-68.5	-79.5	36.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1															
23	12	0.000	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	126.0	121.4	-133.4	-137.3	-68.5	-79.5	36.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1															
24	12	3.500	35.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.9	355.0	355.0	355.0	1.195	4	0.0904	0.882	0.0613	0.0695											

ONI EFFICACI				Analisi elastica										Analisi plastica										Ver. stabilita pannelli d'anima												
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	$\sigma A'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma B'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma C'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma D'$ C1Mmax (Mpa)	$\eta 1_{inf}$	$\eta 1_{sup}$	$\eta 1_{inf}$ grafico	$\eta 1_{sup}$ grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	$\eta 1_{plast}$	$\eta 1$	a (m)	n.irr. Long	Isi (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	$\eta 3$	$\eta 1_s$	$\eta 1_{inter}$	
1	0.0679	0.0565	0.0550	0.0	0.0	0.026	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	11918.7	29627.6	36101	4862.2	-9114.5	27739.0	0.00	0.00	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3793	0.78	0.43	0.61
2							152.1	147.0	-135.6	-140.0	0.44	0.41	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16910.9	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3159	0.65		0.00
3							152.2	147.0	-135.6	-140.0	0.44	0.41	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3159	0.65		0.00
4							230.2	222.9	-182.7	-189.0	0.67	0.55	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	2715	0.56		0.00
5							172.8	162.9	-180.9	-186.3	0.50	0.54	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2715	0.56		0.00
6							192.5	181.6	-196.9	-202.8	0.55	0.59	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2537	0.53		0.00
7							192.5	181.6	-196.9	-202.8	0.55	0.59	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2537	0.53		0.00
8							250.6	236.7	-245.4	-253.0	0.72	0.74	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34716.8	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1840	0.38		0.00
9							239.8	225.3	-235.1	-243.6	0.69	0.71	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34730.3	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1839	0.55		0.00
10							261.6	245.8	-255.2	-264.4	0.75	0.77	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37950.3	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1329	0.40		0.00
11							261.6	245.8	-255.2	-264.4	0.75	0.77	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1329	0.40		0.00
12							266.2	250.1	-262.9	-272.3	0.76	0.79	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	748	0.23		0.00
13							266.2	250.1	-262.9	-272.3	0.76	0.79	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	748	0.23		0.00
14							250.6	235.2	-253.9	-262.9	0.72	0.76	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37952.2	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	188	0.06		0.00
15							250.6	235.2	-253.9	-262.9	0.72	0.76	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	188	0.06		0.00
16							221.2	207.4	-232.8	-240.9	0.63	0.70	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34732.6	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	290	0.09		0.00
17							231.6	218.3	-243.1	-250.3	0.67	0.73	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34718.0	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	291	0.06		0.00
18							168.9	158.8	-193.8	-199.4	0.48	0.58	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27312.8	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	903	0.19		0.00
19							168.9	158.8	-193.8	-199.4	0.48	0.58	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	904	0.19		0.00
20							149.4	140.3	-177.9	-182.8	0.43	0.53	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1054	0.22		0.00
21							199.1	192.3	-180.2	-186.0	0.58	0.54	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1054	0.22		0.00
22							126.0	121.4	-133.4	-137.3	0.37	0.40	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1417	0.29		0.00
23							126.0	121.4	-133.4	-137.3	0.37	0.40	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1417	0.29		0.00
24	0.0724	0.0564	0.0549	0.0	0.0	-0.006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	13264.6	30691.7	36981	4867.0	-9114.5	28827.3	0.00	0.00	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1894	0.39	0.46	0.00

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE

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												Armature soletta												piattabanda superiore		anima		piattabanda inferiore		TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA												CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI				
	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)	WA_eff (m3)													
1	1	0.000	0.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	-3.1	-2.8	13.8	14.1	14.7	16.2	-48.9	355.0	355.0	355.0	2.000	1																	
2	1	3.500	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	139.4	135.7	-68.7	-71.9	-1.0	-7.6	-81.4	355.0	355.0	355.0	2.075	1																	
3	2	0.000	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	139.4	135.7	-68.7	-71.9	-1.0	-7.6	-81.4	355.0	355.0	355.0	2.075	1																	
4	2	2.500	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	221.7	215.7	-115.8	-121.0	-9.2	-20.4	-69.6	355.0	355.0	355.0	2.085	1																	
5	3	0.000	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	166.1	158.3	-114.0	-118.2	-9.6	-18.2	-70.3	355.0	355.0	355.0	1.994	1																	
6	3	1.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	187.3	178.5	-129.9	-134.7	-12.3	-22.2	-65.4	355.0	355.0	355.0	1.995	1																	
7	4	0.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	187.3	178.5	-129.9	-134.7	-12.3	-22.2	-65.4	355.0	355.0	355.0	1.995	1																	
8	4	4.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	252.9	240.9	-179.2	-185.8	-20.8	-34.5	-46.1	355.0	355.0	355.0	1.996	1																	
9	5	0.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	243.3	230.8	-169.3	-176.6	-20.1	-33.5	-39.0	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
10	5	3.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	271.0	256.9	-190.1	-198.3	-24.0	-39.0	-39.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
11	6	0.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	271.0	256.9	-190.1	-198.3	-24.0	-39.0	-20.7	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
12	6	3.500	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	281.7	267.0	-198.5	-207.0	-25.4	-41.1	-18.3	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
13	7	0.000	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	281.7	267.0	-198.5	-207.0	-25.4	-41.1	-0.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
14	7	3.500	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	271.0	257.0	-190.1	-198.3	-24.0	-39.0	20.7	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
15	8	0.000	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	271.0	256.9	-190.1	-198.3	-24.0	-39.0	20.7	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
16	8	3.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	243.4	230.8	-169.3	-176.6	-20.1	-33.5	38.9	355.0	355.0	355.0	1.997	1																	
17	9	0.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	252.9	240.9	-179.2	-185.8	-20.8	-34.5	31.0	355.0	355.0	355.0	1.996	1																	
18	9	4.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	187.4	178.5	-129.9	-134.7	-12.3	-22.2	50.4	355.0	355.0	355.0	1.995	1																	
19	10	0.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	187.3	178.5	-129.9	-134.7	-12.3	-22.2	65.4	355.0	355.0	355.0	1.995	1																	
20	10	1.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	166.1	158.3	-114.0	-118.2	-9.6	-18.2	70.3	355.0	355.0	355.0	1.994	1																	
21	11	0.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	221.7	215.7	-115.8	-121.0	-9.2	-20.4	69.6	355.0	355.0	355.0	2.085	1																	
22	11	2.500	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	139.4	135.7	-68.7	-71.9	-1.0	-7.6	81.4	355.0	355.0	355.0	2.075	1																	
23	12	0.000	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	139.4	135.7	-68.7	-71.9	-1.0	-7.6	81.4	355.0	355.0	355.0	2.075	1																	
24	12	3.500	35.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	-3.0	-2.7	13.8	14.0	14.7	16.2	98.0	355.0	355.0	355.0	2.000	1																	

ONI EFFICACI				Analisi elastica														Analisi plastica														Ver. stabilita pannelli d'anima					
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	$\sigma A'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma B'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma C'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma D'$ C1Mmax (Mpa)	$\eta 1_{inf}$	$\eta 1_{sup}$	$\eta 1_{inf}$ grafico	$\eta 1_{sup}$ grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	$\eta 1_{plast}$	$\eta 1$	a (m)	n.irr. Long	Isi (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	$\eta 3$	$\eta 1_s$	$\eta 1_{inter}$		
1							-3.1	-2.8	13.8	14.1	0.01	0.04	0.00	0.00	18782.3	38067.6	60678	4862.2	-9114.5	37208.6	0.13	0.13	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1894	0.39		0.00	
2							139.4	135.7	-68.7	-71.9	0.41	0.21	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16910.9	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3151	0.65		0.00	
3							139.4	135.7	-68.7	-71.9	0.41	0.21	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3151	0.65		0.00	
4							221.7	215.7	-115.8	-121.0	0.65	0.35	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	2692	0.56		0.00	
5							166.1	158.3	-114.0	-118.2	0.48	0.34	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2692	0.56		0.00	
6							187.3	178.5	-129.9	-134.7	0.54	0.39	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2507	0.52		0.00	
7							187.3	178.5	-129.9	-134.7	0.54	0.39	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2507	0.52		0.00	
8							252.9	240.9	-179.2	-185.8	0.73	0.54	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34716.8	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1764	0.37		0.00	
9							243.3	230.8	-169.3	-176.6	0.70	0.51	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34730.3	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1187	0.36		0.00	
10							271.0	256.9	-190.1	-198.3	0.78	0.57	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37950.3	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1207	0.36		0.00	
11							271.0	256.9	-190.1	-198.3	0.78	0.57	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	630	0.19		0.00	
12							281.7	267.0	-198.5	-207.0	0.81	0.60	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	557	0.17		0.00	
13							281.7	267.0	-198.5	-207.0	0.81	0.60	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	20	0.01		0.00	
14							271.0	257.0	-190.1	-198.3	0.78	0.57	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37952.2	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	630	0.19		0.00	
15							271.0	256.9	-190.1	-198.3	0.78	0.57	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	630	0.19		0.00	
16							243.4	230.8	-169.3	-176.6	0.70	0.51	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34732.6	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1187	0.36		0.00	
17							252.9	240.9	-179.2	-185.8	0.73	0.54	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34718.0	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1187	0.25		0.00	
18							187.4	178.5	-129.9	-134.7	0.54	0.39	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27312.8	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1930	0.40		0.00	
19							187.3	178.5	-129.9	-134.7	0.54	0.39	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2507	0.52		0.00	
20							166.1	158.3	-114.0	-118.2	0.48	0.34	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2692	0.56		0.00	
21							221.7	215.7	-115.8	-121.0	0.65	0.35	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	2692	0.56		0.00	
22							139.4	135.7	-68.7	-71.9	0.41	0.21	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3151	0.65		0.00	
23							139.4	135.7	-68.7	-71.9	0.41	0.21	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3151	0.65		0.00	
24							-3.0	-2.7	13.8	14.0	0.01	0.04	0.00	0.00	18782.3	38067.6	60678	4867.0	-9114.5	37208.6	0.13	0.13	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3793	0.78		0.00	

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE

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												Armature soletta												piattabanda superiore												anima												piattabanda inferiore												TENSIONI AGENTI SU SEZIONE LORDA												CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI					
	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)	WA_eff (m3)																																												
1	1	0.000	0.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	-3.1	-2.8	13.8	14.1	14.7	16.2	-48.9	355.0	355.0	355.0	2.000	1																																																
2	1	3.500	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	110.7	107.6	-66.2	-68.9	3.4	-0.7	-36.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1																																																
3	2	0.000	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	110.7	107.6	-66.2	-68.9	3.4	-0.7	-36.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1																																																
4	2	2.500	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	183.8	178.5	-112.7	-117.3	-3.8	-11.5	-27.2	355.0	355.0	355.0	2.085	1																																																
5	3	0.000	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	137.5	130.6	-110.2	-114.0	-4.0	-9.9	-27.5	355.0	355.0	355.0	1.994	1																																																
6	3	1.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	157.0	149.1	-126.0	-130.3	-6.4	-13.4	-23.6	355.0	355.0	355.0	1.995	1																																																
7	4	0.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	157.0	149.1	-126.0	-130.3	-6.4	-13.4	-23.6	355.0	355.0	355.0	1.995	1																																																
8	4	4.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	219.6	208.6	-175.1	-181.1	-14.5	-25.0	-7.6	355.0	355.0	355.0	1.996	1																																																
9	5	0.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	210.8	199.3	-165.3	-172.0	-14.0	-24.2	-9.5	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
10	5	3.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	240.2	227.1	-186.3	-193.9	-18.2	-30.2	6.2	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
11	6	0.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	240.2	227.1	-186.3	-193.9	-18.2	-30.2	6.2	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
12	6	3.500	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	255.8	242.0	-195.3	-203.3	-20.6	-33.7	24.5	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
13	7	0.000	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	255.8	242.0	-195.3	-203.3	-20.6	-33.7	24.5	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
14	7	3.500	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	251.2	237.8	-187.7	-195.5	-20.3	-33.4	43.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
15	8	0.000	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	251.2	237.8	-187.7	-195.5	-20.3	-33.4	43.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
16	8	3.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	229.3	217.2	-167.5	-174.6	-17.5	-29.5	60.3	355.0	355.0	355.0	1.997	1																																																
17	9	0.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	238.6	227.0	-177.4	-183.8	-18.1	-30.4	48.0	355.0	355.0	355.0	1.996	1																																																
18	9	4.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	180.6	172.0	-129.0	-133.8	-11.0	-20.2	66.2	355.0	355.0	355.0	1.995	1																																																
19	10	0.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	180.6	171.9	-129.0	-133.7	-11.0	-20.2	66.2	355.0	355.0	355.0	1.995	1																																																
20	10	1.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	160.9	153.3	-113.3	-117.5	-8.6	-16.7	70.9	355.0	355.0	355.0	1.994	1																																																
21	11	0.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	214.9	209.0	-115.3	-120.3	-8.2	-18.8	70.2	355.0	355.0	355.0	2.085	1																																																
22	11	2.500	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	136.9	133.3	-68.5	-71.6	-0.6	-7.0	81.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1																																																
23	12	0.000	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	136.9	133.3	-68.5	-71.6	-0.6	-7.0	81.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1																																																
24	12	3.500	35.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	-3.0	-2.7	13.8	14.0	14.7	16.2	98.0	355.0	355.0	355.0	2.000	1																																																

ONI EFFICACI				Analisi elastica																Analisi plastica										Ver. stabilita pannelli d'anima						
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	$\sigma A'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma B'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma C'$ C1Mmax (Mpa)	$\sigma D'$ C1Mmax (Mpa)	$\eta 1,inf$	$\eta 1,sup$	$\eta 1,inf$ grafico	$\eta 1,sup$ grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	$\eta 1,plast$	$\eta 1$	a (m)	n.irr. Long	Isi (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	$\eta 3$	$\eta 1_s$	$\eta 1_{inter}$	
1							-3.1	-2.8	13.8	14.1	0.01	0.04	0.00	0.00	18782.3	38067.6	60678	4862.2	-9114.5	37208.6	0.13	0.13	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1894	0.39		0.00
2							110.7	107.6	-66.2	-68.9	0.32	0.20	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16910.9	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1417	0.29		0.00
3							110.7	107.6	-66.2	-68.9	0.32	0.20	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1417	0.29		0.00
4							183.8	178.5	-112.7	-117.3	0.54	0.34	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1054	0.22		0.00
5							137.5	130.6	-110.2	-114.0	0.40	0.33	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1054	0.22		0.00
6							157.0	149.1	-126.0	-130.3	0.45	0.38	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	904	0.19		0.00
7							157.0	149.1	-126.0	-130.3	0.45	0.38	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	904	0.19		0.00
8							219.6	208.6	-175.1	-181.1	0.63	0.53	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34716.8	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	291	0.06		0.00
9							210.8	199.3	-165.3	-172.0	0.61	0.50	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34730.3	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	291	0.09		0.00
10							240.2	227.1	-186.3	-193.9	0.69	0.56	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37950.3	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	188	0.06		0.00
11							240.2	227.1	-186.3	-193.9	0.69	0.56	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	188	0.06		0.00
12							255.8	242.0	-195.3	-203.3	0.74	0.59	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	748	0.23		0.00
13							255.8	242.0	-195.3	-203.3	0.74	0.59	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	748	0.23		0.00
14							251.2	237.8	-187.7	-195.5	0.72	0.57	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37952.2	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1329	0.40		0.00
15							251.2	237.8	-187.7	-195.5	0.72	0.57	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1329	0.40		0.00
16							229.3	217.2	-167.5	-174.6	0.66	0.51	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34732.6	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1839	0.55		0.00
17							238.6	227.0	-177.4	-183.8	0.69	0.53	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34718.0	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1839	0.38		0.00
18							180.6	172.0	-129.0	-133.8	0.52	0.39	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27312.8	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2537	0.53		0.00
19							180.6	171.9	-129.0	-133.7	0.52	0.39	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2537	0.53		0.00
20							160.9	153.3	-113.3	-117.5	0.46	0.34	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2715	0.56		0.00
21							214.9	209.0	-115.3	-120.3	0.63	0.35	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	2715	0.56		0.00
22							136.9	133.3	-68.5	-71.6	0.40	0.21	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3159	0.65		0.00
23							136.9	133.3	-68.5	-71.6	0.40	0.21	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3159	0.65		0.00
24							-3.0	-2.7	13.8	14.0	0.01	0.04	0.00	0.00	18782.3	38067.6	60678	4867.0	-9114.5	37208.6	0.13	0.13	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3793	0.78		0.00

LAVORO: S5554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE

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										CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI				
	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)	WA_eff (m3)											
1	1	0.000	0.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	-3.1	-2.8	13.8	14.1	14.7	16.2	-98.0	355.0	355.0	355.0	2.000	1															
2	1	3.500	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	136.9	133.2	-68.5	-71.6	-0.6	-7.0	-81.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1															
3	2	0.000	3.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	136.9	133.3	-68.5	-71.6	-0.6	-7.0	-81.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1															
4	2	2.500	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	214.9	209.0	-115.3	-120.3	-8.2	-18.8	-70.2	355.0	355.0	355.0	2.085	1															
5	3	0.000	6.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	160.9	153.3	-113.3	-117.5	-8.6	-16.7	-70.9	355.0	355.0	355.0	1.994	1															
6	3	1.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	180.6	171.9	-129.0	-133.7	-11.0	-20.2	-66.2	355.0	355.0	355.0	1.995	1															
7	4	0.000	7.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	180.6	171.9	-129.0	-133.7	-11.0	-20.2	-66.2	355.0	355.0	355.0	1.995	1															
8	4	4.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	238.6	227.0	-177.4	-183.8	-18.1	-30.4	-48.0	355.0	355.0	355.0	1.996	1															
9	5	0.000	11.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	229.3	217.2	-167.5	-174.6	-17.5	-29.5	-60.3	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
10	5	3.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	251.2	237.8	-187.7	-195.5	-20.3	-33.4	-43.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
11	6	0.000	14.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	251.2	237.8	-187.7	-195.5	-20.3	-33.4	-43.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
12	6	3.500	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	255.8	242.0	-195.3	-203.3	-20.6	-33.7	-24.6	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
13	7	0.000	17.500	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	255.8	242.0	-195.3	-203.3	-20.5	-33.7	-24.5	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
14	7	3.500	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	240.2	227.2	-186.3	-193.9	-18.2	-30.2	-6.2	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
15	8	0.000	21.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	240.2	227.1	-186.3	-193.9	-18.2	-30.2	-6.2	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
16	8	3.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.035	1.905	0.016	0.858	0.060	reagente	210.8	199.3	-165.3	-172.0	-14.0	-24.2	9.5	355.0	355.0	355.0	1.997	1															
17	9	0.000	24.000	5.625	0.240	0.070	0.540	0.009	0.250	0.009	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	219.6	208.6	-175.1	-181.1	-14.5	-25.0	7.6	355.0	355.0	355.0	1.996	1															
18	9	4.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	157.0	149.1	-126.0	-130.3	-6.4	-13.4	23.6	355.0	355.0	355.0	1.995	1															
19	10	0.000	28.000	5.501	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	157.0	149.1	-126.0	-130.3	-6.4	-13.4	23.6	355.0	355.0	355.0	1.995	1															
20	10	1.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.915	0.020	0.864	0.055	reagente	137.5	130.6	-110.2	-114.0	-4.0	-9.9	27.5	355.0	355.0	355.0	1.994	1															
21	11	0.000	29.000	5.430	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	183.8	178.5	-112.7	-117.3	-3.8	-11.5	27.2	355.0	355.0	355.0	2.085	1															
22	11	2.500	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	110.7	107.6	-66.2	-68.9	3.4	-0.7	36.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1															
23	12	0.000	31.500	5.253	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	110.7	107.6	-66.2	-68.9	3.4	-0.7	36.6	355.0	355.0	355.0	2.075	1															
24	12	3.500	35.000	5.006	0.240	0.070	0.540	0.008	0.250	0.008	0.080	0.700	0.030	1.935	0.020	0.900	0.035	reagente	-3.1	-2.8	13.8	14.1	14.7	16.2	48.9	355.0	355.0	355.0	2.000	1															

ONI EFFICACI				Analisi elastica														Analisi plastica														Ver. stabilità pannelli d'anima					
Sez	WB_eff (m3)	WC_eff (m3)	WD_eff (m3)	MEd (kNm)	NEd (kN)	eN (m)	σA'	σB'	σC'	σD'	η1		η1,grafico		Mf,Rd	MPI,Rd	NPI,Rd	MEd		MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr.	Isi (m4)	kt	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter		
							C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1							-3.1	-2.8	13.8	14.1	0.01	0.04	0.00	0.00	18782.3	38067.6	60678	4862.2	-9114.5	37208.6	0.13	0.13	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3793	0.78		0.00	
2							136.9	133.2	-68.5	-71.6	0.40	0.21	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16910.9	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3159	0.65		0.00	
3							136.9	133.3	-68.5	-71.6	0.40	0.21	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	3159	0.65		0.00	
4							214.9	209.0	-115.3	-120.3	0.63	0.35	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	2715	0.56		0.00	
5							160.9	153.3	-113.3	-117.5	0.46	0.34	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2715	0.56		0.00	
6							180.6	171.9	-129.0	-133.7	0.52	0.39	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2537	0.53		0.00	
7							180.6	171.9	-129.0	-133.7	0.52	0.39	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	2537	0.53		0.00	
8							238.6	227.0	-177.4	-183.8	0.69	0.53	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34716.8	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1840	0.38		0.00	
9							229.3	217.2	-167.5	-174.6	0.66	0.51	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34730.3	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1839	0.55		0.00	
10							251.2	237.8	-187.7	-195.5	0.72	0.57	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37950.3	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1329	0.40		0.00	
11							251.2	237.8	-187.7	-195.5	0.72	0.57	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	1329	0.40		0.00	
12							255.8	242.0	-195.3	-203.3	0.74	0.59	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	748	0.23		0.00	
13							255.8	242.0	-195.3	-203.3	0.74	0.59	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	39181.8	-10207.6	49800.3	0.79	0.79	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	748	0.23		0.00	
14							240.2	227.2	-186.3	-193.9	0.69	0.56	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37952.2	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	188	0.06		0.00	
15							240.2	227.1	-186.3	-193.9	0.69	0.56	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	37951.0	-10207.6	49800.3	0.76	0.76	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	188	0.06		0.00	
16							210.8	199.3	-165.3	-172.0	0.61	0.50	0.00	0.00	32387.4	50869.4	70409	34732.6	-10207.6	49800.3	0.70	0.70	7.000	0	0	5.636	49.9	SI	1.65	0.584	3314	3314	290	0.09		0.00	
17							219.6	208.6	-175.1	-181.1	0.63	0.53	0.00	0.00	29899.8	50817.4	70517	34718.0	-10207.6	49752.6	0.70	0.70	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	291	0.06		0.00	
18							157.0	149.1	-126.0	-130.3	0.45	0.38	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27312.8	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	903	0.19		0.00	
19							157.0	149.1	-126.0	-130.3	0.45	0.38	0.00	0.00	29890.1	50661.1	69682	27309.3	-9989.0	49620.0	0.55	0.55	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	904	0.19		0.00	
20							137.5	130.6	-110.2	-114.0	0.40	0.33	0.00	0.00	29911.7	50595.2	69345	24883.9	-9864.1	49571.4	0.50	0.50	7.000	0	0	5.639	49.9	SI	1.32	0.677	4829	4829	1054	0.22		0.00	
21							183.8	178.5	-112.7	-117.3	0.54	0.34	0.00	0.00	20328.6	40149.9	64071	23893.9	-9864.1	39198.2	0.61	0.61	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1054	0.22		0.00	
22							110.7	107.6	-66.2	-68.9	0.32	0.20	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1417	0.29		0.00	
23							110.7	107.6	-66.2	-68.9	0.32	0.20	0.00	0.00	20331.2	40036.6	62983	16914.4	-9551.8	39115.8	0.43	0.43	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1417	0.29		0.00	
24							-3.1	-2.8	13.8	14.1	0.01	0.04	0.00	0.00	18782.3	38067.6	60678	4867.0	-9114.5	37208.6	0.13	0.13	7.000	0	0	5.646	49.9	SI	1.34	0.672	4848	4848	1894	0.39		0.00	

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE****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	$\eta_{1,plast}$	$\eta_1$	$\eta_3$	$\eta_{1\_inter}$
1	1	0.000	0.000	0.01	0.04	0.00	0.00	0.13	<b>0.13</b>	<b>0.78</b>	<b>0.61</b>
2	1	3.500	3.500	0.45	0.41	0.24	0.28	0.43	<b>0.43</b>	<b>0.65</b>	<b>0.00</b>
3	2	0.000	3.500	0.45	0.41	0.24	0.28	0.43	<b>0.43</b>	<b>0.65</b>	<b>0.00</b>
4	2	2.500	6.000	0.69	0.55	0.38	0.44	0.61	<b>0.61</b>	<b>0.56</b>	<b>0.00</b>
5	3	0.000	6.000	0.51	0.55	0.28	0.44	0.50	<b>0.50</b>	<b>0.56</b>	<b>0.00</b>
6	3	1.000	7.000	0.57	0.59	0.31	0.49	0.55	<b>0.55</b>	<b>0.53</b>	<b>0.00</b>
7	4	0.000	7.000	0.57	0.59	0.31	0.49	0.55	<b>0.55</b>	<b>0.53</b>	<b>0.00</b>
8	4	4.000	11.000	0.76	0.74	0.42	0.66	0.70	<b>0.70</b>	<b>0.38</b>	<b>0.00</b>
9	5	0.000	11.000	0.73	0.71	0.40	0.65	0.70	<b>0.70</b>	<b>0.55</b>	<b>0.00</b>
10	5	3.000	14.000	0.81	0.78	0.44	0.72	0.76	<b>0.76</b>	<b>0.40</b>	<b>0.00</b>
11	6	0.000	14.000	0.81	0.78	0.44	0.72	0.76	<b>0.76</b>	<b>0.40</b>	<b>0.00</b>
12	6	3.500	17.500	0.84	0.80	0.00	0.00	0.79	<b>0.79</b>	<b>0.23</b>	<b>0.00</b>
13	7	0.000	17.500	0.84	0.80	0.00	0.00	0.79	<b>0.79</b>	<b>0.23</b>	<b>0.00</b>
14	7	3.500	21.000	0.81	0.78	0.44	0.72	0.76	<b>0.76</b>	<b>0.40</b>	<b>0.00</b>
15	8	0.000	21.000	0.81	0.78	0.44	0.72	0.76	<b>0.76</b>	<b>0.40</b>	<b>0.00</b>
16	8	3.000	24.000	0.73	0.71	0.40	0.65	0.70	<b>0.70</b>	<b>0.55</b>	<b>0.00</b>
17	9	0.000	24.000	0.76	0.74	0.42	0.66	0.70	<b>0.70</b>	<b>0.38</b>	<b>0.00</b>
18	9	4.000	28.000	0.57	0.59	0.31	0.49	0.55	<b>0.55</b>	<b>0.53</b>	<b>0.00</b>
19	10	0.000	28.000	0.57	0.59	0.31	0.49	0.55	<b>0.55</b>	<b>0.53</b>	<b>0.00</b>
20	10	1.000	29.000	0.51	0.55	0.28	0.44	0.50	<b>0.50</b>	<b>0.56</b>	<b>0.00</b>
21	11	0.000	29.000	0.69	0.55	0.38	0.44	0.61	<b>0.61</b>	<b>0.56</b>	<b>0.00</b>
22	11	2.500	31.500	0.45	0.41	0.24	0.28	0.43	<b>0.43</b>	<b>0.65</b>	<b>0.00</b>
23	12	0.000	31.500	0.45	0.41	0.24	0.28	0.43	<b>0.43</b>	<b>0.65</b>	<b>0.00</b>
24	12	3.500	35.000	0.01	0.04	0.00	0.00	0.13	<b>0.13</b>	<b>0.78</b>	<b>0.63</b>

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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i>	

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

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE**

**Verifica delle saldature longitudinali**

<b>Verifica saldature longitudinali</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	
resistenza a snervamento dell'acciaio delle anime	fy	Mpa	355
Coefficiente beta 1	β1		0.70
Coefficiente beta 2	β2		0.85
Calcolo delle azioni per effetti locali			
peso proprio soletta	Qc1	kN/ml	43.6
permanenti portati	Qc2	kN/ml	24.4
Carico accidentale fattorizzato per verifiche SLU	Qik	kN	150
larghezza di diffusione in dir. longitudinale	Ld	m	1.22
Carico accidentale distribuito	Qik		123.0
Fattore parziale per verifiche SLU	γc		1.35
Carico complessivo fattorizzato	Qtot		257.8
Classe di resistenza a fatica per saldature longitudinali	Δτc	Mpa	80.0
Coefficiente di resistenza parziale	γMf		1.35
resistenza di calcolo a fatica	Δτc/γMf	Mpa	27.1

Sez	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	X lato (m)	a gola (m)	Vde (kN)	VERIFICHE SLU								VERIFICHE A FATICA						
							fibra B			fibra C					fibra B			fibra C			
							Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver SLU	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	σper (Mpa)	sid (Mpa)	Ver SLU	ΔVde (kN)	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver fat	Sx/lx (m-1)	τ par (Mpa)	Ver fat
1	1	0.000	0.000	0.010	0.007	3792.5	0.44448	119.20	OK!	0.37302	100.03	18.23	101.7	OK!	378.2	0.44448	11.89	OK!	0.43212	11.56	OK!
2	1	3.500	3.500	0.010	0.007	3158.8	0.44448	99.28	OK!	0.37302	83.32	18.23	85.3	OK!	350.4	0.44448	11.01	OK!	0.43618	10.81	OK!
3	2	0.000	3.500	0.010	0.007	3158.5	0.44448	99.27	OK!	0.37302	83.31	18.23	85.3	OK!	350.4	0.44448	11.01	OK!	0.43618	10.81	OK!
4	2	2.500	6.000	0.010	0.007	2714.9	0.44448	85.33	OK!	0.37302	71.61	18.23	73.9	OK!	337.1	0.44448	10.59	OK!	0.43905	10.46	OK!
5	3	0.000	6.000	0.010	0.007	2714.9	0.49266	94.58	OK!	0.35970	69.05	18.23	71.4	OK!	337.1	0.49266	11.74	OK!	0.42181	10.05	OK!
6	3	1.000	7.000	0.010	0.007	2537.3	0.49266	88.39	OK!	0.35970	64.54	18.23	67.1	OK!	331.7	0.49266	11.56	OK!	0.42269	9.92	OK!
7	4	0.000	7.000	0.010	0.007	2537.3	0.49266	88.39	OK!	0.35970	64.54	18.23	67.1	OK!	331.7	0.49266	11.56	OK!	0.42269	9.92	OK!
8	4	4.000	11.000	0.010	0.007	1839.5	0.49266	64.08	OK!	0.35970	46.79	18.23	50.2	OK!	321.9	0.49266	11.21	OK!	0.42467	9.67	OK!
9	5	0.000	11.000	0.008	0.006	1839.3	0.49989	81.27	OK!	0.39772	64.66	22.79	68.6	OK!	321.8	0.49989	14.22	OK!	0.41471	11.80	OK!
10	5	3.000	14.000	0.008	0.006	1329.3	0.49989	58.73	OK!	0.39772	46.73	22.79	52.0	OK!	321.9	0.49989	14.22	OK!	0.41471	11.80	OK!
11	6	0.000	14.000	0.008	0.006	1329.0	0.49989	58.72	OK!	0.39772	46.72	22.79	52.0	OK!	321.8	0.49989	14.22	OK!	0.41471	11.80	OK!
12	6	3.500	17.500	0.008	0.006	748.3	0.49989	33.06	OK!	0.39772	26.31	22.79	34.8	OK!	321.9	0.49989	14.22	OK!	0.41471	11.80	OK!
13	7	0.000	17.500	0.008	0.006	748.0	0.49989	33.05	OK!	0.39772	26.30	22.79	34.8	OK!	321.8	0.49989	14.22	OK!	0.41471	11.80	OK!
14	7	3.500	21.000	0.008	0.006	1329.0	0.49989	58.72	OK!	0.39772	46.72	22.79	52.0	OK!	321.9	0.49989	14.22	OK!	0.41471	11.80	OK!
15	8	0.000	21.000	0.008	0.006	1329.0	0.49989	58.72	OK!	0.39772	46.72	22.79	52.0	OK!	321.8	0.49989	14.22	OK!	0.41471	11.80	OK!
16	8	3.000	24.000	0.008	0.006	1839.2	0.49989	81.27	OK!	0.39772	64.66	22.79	68.6	OK!	321.9	0.49989	14.22	OK!	0.41471	11.80	OK!
17	9	0.000	24.000	0.010	0.007	1839.3	0.49266	64.07	OK!	0.35970	46.78	18.23	50.2	OK!	321.8	0.49266	11.21	OK!	0.42467	9.66	OK!
18	9	4.000	28.000	0.010	0.007	2537.2	0.49266	88.39	OK!	0.35970	64.53	18.23	67.1	OK!	331.8	0.49266	11.56	OK!	0.42269	9.92	OK!
19	10	0.000	28.000	0.010	0.007	2537.3	0.49266	88.39	OK!	0.35970	64.54	18.23	67.1	OK!	331.7	0.49266	11.56	OK!	0.42269	9.92	OK!
20	10	1.000	29.000	0.010	0.007	2714.9	0.49266	94.58	OK!	0.35970	69.05	18.23	71.4	OK!	337.1	0.49266	11.74	OK!	0.42181	10.05	OK!
21	11	0.000	29.000	0.010	0.007	2714.9	0.44448	85.33	OK!	0.37302	71.61	18.23	73.9	OK!	337.1	0.44448	10.59	OK!	0.43905	10.46	OK!
22	11	2.500	31.500	0.010	0.007	3158.5	0.44448	99.27	OK!	0.37302	83.31	18.23	85.3	OK!	350.4	0.44448	11.01	OK!	0.43618	10.81	OK!
23	12	0.000	31.500	0.010	0.007	3158.5	0.44448	99.27	OK!	0.37302	83.31	18.23	85.3	OK!	350.4	0.44448	11.01	OK!	0.43618	10.81	OK!
24	12	3.500	35.000	0.010	0.007	3792.5	0.44448	119.20	OK!	0.37302	100.03	18.23	101.7	OK!	378.2	0.44448	11.89	OK!	0.43212	11.56	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)		
<b>CA352</b>	<i><b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b></i>	

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

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - L=35.0 m - IMPALCATO BITRAVE

Verifica delle piolature

Resistenza dei connettori	Var	unità	
resistenza a rottura dell'acciaio del piolo	ft	Mpa	450
coefficiente di resistenza parziale	$\gamma_V$		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	$\alpha$		1.0
Resistenza del piolo (componente acciaio)	$P_{RD,a}$	kN	109.5
Resistenza del piolo (componente cls)	$P_{RD,c}$	kN	122.6
<b>Resistenza del piolo SLU (min (P<sub>RD,a</sub>,P<sub>RD,c</sub>))</b>	<b>P<sub>RD,SLU</sub></b>	<b>kN</b>	<b>109.5</b>
Coefficiente Ks	Ks		0.75
<b>Resistenza del piolo SLE (ks x Prd)</b>	<b>P<sub>RD,SLE</sub></b>	<b>kN</b>	<b>82.1</b>

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	$\gamma_{FF}$		1.00
Coefficiente di resistenza parziale (verifica al danneggiamento)	$\gamma_{Mf}$		1.15
<b>Resistenza di calcolo a fatica pioli Dtr<sub>rid</sub></b>	$\Delta\tau_c/(\gamma_{Mf} \times \gamma_{FF})$	<b>Mpa</b>	<b>78.3</b>
<b>Resistenza di calcolo a piattabanda superiore Dse<sub>rid</sub></b>	$\Delta\sigma_c/(\gamma_{Mf} \times \gamma_{FF})$	<b>Mpa</b>	<b>69.6</b>

Azioni concentrate alle estremità	kN	Ritiro	Var.Ter.+	Var.Ter.-
Sforzo normale	m	4824.4	-4600.4	4600.4
yG-yGc	m	0.640	0.385	0.385
yG-yGa	m2	0.657	0.912	0.912
A trave isolata	m2	0.091	0.091	0.091
A sezione composta	m4	0.185	0.308	0.308
I sezione composta	kN/m	0.13978	0.17063	0.17063
Sforzo assiale trave in acciaio	m	1050.2	-499.1	499.1
lunghezza ls	kN	5.006	5.006	5.006
Vmax	m	<b>419.6</b>	<b>-199.4</b>	<b>199.4</b>
lunghezza totale viadotto		35	35	35

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	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	$\lambda_2$		0.927
fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte	$\lambda_3$		1.00
fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie	$\lambda_4$		1.00
fattore lambda v 1	$\lambda_{v1}$		1.55
fattore che tiene conto del volume di traffico lambda v 2	$\lambda_{v2}$		0.927
fattore che tiene conto della vita di progetto del ponte	$\lambda_{v3}$		1.00
fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie	$\lambda_{v4}$		1.00
fattore lambda v	$\lambda_v$		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											
				azioni alle estremità		azioni alle estremità		azioni alle estremità		azioni alle estremità		CMmax		CMmin		CVmax		CVmin		Vento		C1		C2				permanenti portati			
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	0.000	0.000	0.43212	0.42874	0.48731	0.20	4	-249.3	0.0	0.0	215.9	0.0	-87.5	0.0	87.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-925.2	-7.1	46.9	-343.9	46.9	-1269.1	1269.1	0.58	-184.7	0.0	0.0
2	1	3.500	3.500	0.43618	0.43289	0.48956	0.20	4	-201.3	0.0	0.0	64.9	0.0	-26.3	0.0	26.3	0.0	-798.3	0.0	50.5	-802.0	-5.7	-914.1	-1031.6	-917.8	-1035.4	1035.4	0.47	-149.1	0.0	0.0
3	2	0.000	3.500	0.43618	0.43289	0.48956	0.20	4	-201.3	0.0	0.0	64.9	0.0	-26.3	0.0	26.3	0.0	-798.1	0.0	50.5	-801.9	-5.7	-913.9	-1031.5	-917.7	-1035.2	1035.2	0.47	-149.1	0.0	0.0
4	2	2.500	6.000	0.43905	0.43583	0.49109	0.20	4	-166.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-706.5	0.0	98.3	-717.5	-4.7	-877.6	-877.6	-888.7	888.7	888.7	0.41	-123.3	0.0	0.0
5	3	0.000	6.000	0.42181	0.41867	0.47279	0.20	4	-159.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-680.1	0.0	94.7	-690.8	-4.6	-844.6	-844.6	-855.2	-855.2	855.2	0.39	-118.5	0.0	0.0
6	3	1.000	7.000	0.42269	0.41957	0.47332	0.20	4	-146.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-644.6	0.0	114.2	-659.1	-4.2	-795.1	-795.1	-809.6	-809.6	809.6	0.37	-108.4	0.0	0.0
7	4	0.000	7.000	0.42269	0.41957	0.47332	0.20	4	-146.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-644.6	0.0	114.2	-659.1	-4.2	-795.1	-795.1	-809.6	-809.6	809.6	0.37	-108.4	0.0	0.0
8	4	4.000	11.000	0.42467	0.42161	0.47434	0.20	4	-91.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-500.6	0.0	198.3	-536.5	-2.6	-594.2	-594.2	-630.0	-630.0	630.0	0.29	-67.4	0.0	0.0
9	5	0.000	11.000	0.41471	0.41163	0.46487	0.20	3	-88.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-222.6	0.0	194.3	-525.6	-2.5	-314.0	-314.0	-617.0	-617.0	617.0	0.38	-65.8	0.0	0.0
10	5	3.000	14.000	0.41471	0.41163	0.46487	0.20	3	-47.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-383.6	0.0	262.1	-440.6	-1.4	-432.8	-432.8	-489.8	-489.8	489.8	0.30	-35.4	0.0	0.0
11	6	0.000	14.000	0.41471	0.41163	0.46487	0.20	3	-47.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-115.7	0.0	262.1	-440.5	-1.4	-164.9	-164.9	-489.7	-489.7	489.7	0.30	-35.4	0.0	0.0
12	6	3.500	17.500	0.41471	0.41163	0.46487	0.20	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-258.8	0.0	347.7	-347.8	0.0	0.0	0.0	347.7	347.7	347.7	0.21	0.0	0.0	0.0
13	7	0.000	17.500	0.41471	0.41163	0.46487	0.20	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.1	0.0	347.7	-347.7	0.0	0.0	0.0	347.7	347.7	347.7	0.21	0.0	0.0	0.0
14	7	3.500	21.000	0.41471	0.41163	0.46487	0.20	3	47.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	115.5	0.0	440.4	-262.2	1.4	164.7	164.7	489.6	489.6	489.6	0.30	35.4	0.0	0.0
15	8	0.000	21.000	0.41471	0.41163	0.46487	0.20	3	47.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	115.7	0.0	440.5	-262.1	1.4	164.9	164.9	489.7	489.7	489.7	0.30	35.4	0.0	0.0
16	8	3.000	24.000	0.41471	0.41163	0.46487	0.20	3	88.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	222.5	0.0	525.6	-194.4	2.5	313.9	313.9	617.0	617.0	617.0	0.38	65.8	0.0	0.0
17	9	0.000	24.000	0.42467	0.42161	0.47434	0.20	4	91.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	227.2	0.0	536.3	-198.3	2.6	320.7	320.7	629.9	629.9	629.9	0.29	67.4	0.0	0.0
18	9	4.000	28.000	0.42269	0.41957	0.47332	0.20	4	146.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	371.8	0.0	659.1	-114.3	4.2	522.2	522.2	809.5	809.5	809.5	0.37	108.4	0.0	0.0
19	10	0.000	28.000	0.42269	0.41957	0.47332	0.20	4	146.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	644.6	0.0	659.1	-114.2	4.2	795.1	795.1	809.6	809.6	809.6	0.37	108.4	0.0	0.0
20	10	1.000	29.000	0.42181	0.41867	0.47279	0.20	4	159.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	680.1	0.0	690.8	-94.7	4.6	844.6	844.6	855.2	855.2	855.2	0.39	118.5	0.0	0.0
21	11	0.000	29.000	0.43905	0.43583	0.49109	0.20	4	166.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	706.5	0.0	717.5	-98.3	4.7	877.6	877.6	888.7	888.7	888.7	0.41	123.3	0.0	0.0
22	11	2.500	31.500	0.43618	0.43289	0.48956	0.20	4	201.3	0.0	0.0	-64.9	0.0	26.3	0.0	-26.3	0.0	798.1	0.0	801.9	-50.5	5.7	913.9	1031.5	917.7	1035.2	1035.2	0.47	149.1	0.0	0.0
23	12	0.000	31.500	0.43618	0.43289	0.48956	0.20	4	201.3	0.0	0.0	-64.9	0.0	26.3	0.0	-26.3	0.0	798.1	0.0	801.9	-50.5	5.7	913.9	1031.5	917.7	1035.2	1035.2	0.47	149.1	0.0	0.0
24	12	3.500	35.000	0.43212	0.42874	0.48731	0.20	4	249.3	0.0	0.0	-215.9	0.0	87.5	0.0	-87.5	0.0	925.2	0.0	925.2	0.0	7.1	-46.9	1269.1	-46.9	1269.1	1269.1	0.58	184.7	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)		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<i><b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b></i>	

## **17 ALLEGATO 7 – SOTTOSTRUTTURE: SPALLA SPA**

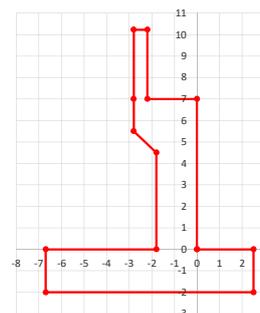
## LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA

## 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)
Paraghaia - 1	0.60	0.60	22.80	3.23	-2.20	0.00	7.00
Muro frontale - 2	2.80	2.80	22.80	1.50	0.00	0.00	5.50
Muro frontale - 3	2.80	1.80	22.80	1.00	0.00	0.00	4.50
Muro frontale - 4	1.80	1.80	22.80	4.50	0.00	0.00	0.00
Muro risolto posteriore sx - 1	3.90	3.90	0.60	2.99	-2.80	-11.10	7.00
Muro risolto posteriore sx - 2	3.90	3.90	0.60	1.50	-2.80	-11.10	5.50
Muro risolto posteriore sx - 3	3.90	4.90	1.00	1.00	-1.80	-10.90	4.50
Muro risolto posteriore sx - 4	4.90	4.90	1.00	4.50	-1.80	-10.90	0.00
Muro risolto posteriore dx - 1	3.90	3.90	0.60	2.99	-2.80	11.10	7.00
Muro risolto posteriore dx - 2	3.90	3.90	0.60	1.50	-2.80	11.10	5.50
Muro risolto posteriore dx - 3	3.90	4.90	1.00	1.00	-1.80	10.90	4.50
Muro risolto posteriore dx - 4	4.90	4.90	1.00	4.50	-1.80	10.90	0.00
Cordolo risolto sx	3.90	3.90	0.35	0.50	-2.80	-10.63	9.74
Cordolo risolto dx	3.90	3.90	0.35	0.50	-2.80	10.63	9.74



## Caratteristiche geometriche fondazione

N.B. Origine mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Lx (m)	Ly (m)	h (m)	Disx (m)	Disy (m)
Zattera di fondazione	9.20	23.60	2.00	-2.50	0.00

## Caratteristiche geometriche complessive muro frontale (Paraghaia+Muro frontale)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Unità	Valore	
Altezza complessiva elevazione	Hfron	m	10.23
Area sezione trasversale	Afron	mq	16.54
Volume c.a.	Vfron	mc	377.07
Xbaricentro	Xg fron	m	-1.25
Ybaricentro	Yg fron	m	0.00
Zbaricentro	Zg fron	m	4.40
Dis. spigolo ant. Baric. spiccato	Lxinf/2	m	0.90

## Caratteristiche geometriche complessive elevazione (Paraghaia+Muro frontale+muri risolto +Cordoli risolto+Orecchie+Valette+Speroni)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Unità	Valore	
Volume c.a.	Vele	mc	452.34
Xbaricentro	Xg ele	m	-1.77
Ybaricentro	Yg ele	m	0.00
Zbaricentro	Zg ele	m	4.37

## Caratteristiche geometriche complessive fondazione

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Descrizione	Unità	Valore	
Volume c.a.	Vfon	mc	434.24
Xbaricentro	Xg fon	m	-4.60
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	fir	deg	35.0
peso di volume	$\gamma$	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	21.60	3.23	-2.80	0.00	7.00
Rinterro - 2	3.90	3.90	21.60	1.50	-2.80	0.00	5.50
Rinterro - 3	3.90	4.90	20.80	1.00	-1.80	0.00	4.50
Rinterro - 4	4.90	4.90	20.80	4.50	-1.80	0.00	0.00

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Descrizione	Unità	Valore	
Volume rinterro	Vrin	mc	948.62
Xbaricentro	Xg rin	m	-6.94
Ybaricentro	Yg rin	m	0.00
Zbaricentro	Zg rin	m	6.87

## Dati sovraccarico terrapieno

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

## AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Rispetto al baricentro della palificata

<b>Peso proprio spalla</b>			
Peso proprio spalla	Fzg1	kN	22165
Momento longitudinale	Myg1	kNm	3723
Momento trasversale	Mxg1	kNm	0.0
<b>Peso terreno su fondazione</b>			
Peso rinterro	Fzg2	kN	17075
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-39901
Momento trasversale	Mxg1	kNm	0.0
<b>Spinta statica del terreno</b>			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	13547
Momento longitudinale	Myg3	kNm	55227
<b>Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato</b>			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	2462
Carico verticale	Fzg3	kN	1685
Momento longitudinale	Myg3	kNm	10588
<b>Azioni sismiche</b>			
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	$\beta_m$		1.00
Coefficiente sismico orizzontale	kh		0.088
Coefficiente sismico verticale	kv		0.044

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA

Dati e risoluzione della palificata

Struttura che ammette spostamenti: 1 - sì; 2 - no	Tip spost	1		
<b>Spinte del terreno in caso sismico (Mononobe-Okabe) - ipotesi struttura che ammette spostamenti (q6.1)</b>				
angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del paramento	$\psi$	deg	90	
angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale del terrapieno	$\beta$	deg	0	
angolo d'attrito terra-muro	$\delta$	deg	0	
Altezza del terrapieno	H	m	12.23	
peso specifico del terreno	$\gamma^*$	kN/mc	18.0	
tangente teta a= kh/(1+kv)	tan $\theta$ a		0.084	
angolo teta a	$\theta$ a	deg	4.8	
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-a		0.318	
tangente teta b= kh/(1-kv)	tan $\theta$ b		0.092	
angolo teta b	$\theta$ b	deg	5.2	
coefficiente di spinta attiva Ka-b	Ka-b		0.323	
Spinta totale del terreno -a	Ed-a	kN	10543.4	
Spinta totale del terreno -b	Ed-b	kN	9799.9	
Spinta massima in caso sismico	Ed	kN	10543.4	
altezza di applicazione	H	kN	6.12	
Momento longitudinale	MyDP	kNm	64473	

K0 statica e Mononobe-Okabe Sismica - OK

<b>Spinte complessive del terreno in caso sismico di calcolo</b>				
Condizioni di spinta adottate:				
Spinta del terreno	Es	kN	10543	
Momento longitudinale	MyEs	kNm	64473	
<b>Forze inerziali</b>				
<i>Sisma longitudinale</i>				
Forza orizzontale longitudinale	FxE.2x	kN	3437	
Momento longitudinale	MyE.2x	kNm	17544	
<i>Sisma trasversale</i>				
Forza orizzontale trasversale	FyE.2y	kN	3437	
Momento trasversale	MxE.2y	kNm	17544	
<i>Sisma verticale</i>				
Forza verticale	FzE.2z	kN	-1719	
Momento longitudinale	MyE.2z	kNm	1585	
Momento trasversale	MxE.2z	kNm	0	

Struttura che ammette spostamenti (Mononobe - Okabe)

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Altezza appoggi + baggioli + muro frontale + fondazioni 9.60  
Distanza asse appoggi - asse fondazione 1.20

	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
g1a	0	0	4127	0	0
g2a	0	0	1681	0	0
e4	0	0	0	0	0
e2	0	0	0	0	0
q1a	0	0	2451	12419	0
q1b	0	0	2006	15144	0
q1c	0	0	2451	-12419	0
q1d	0	0	2006	-15144	0
q3	900	0	0	0	2169
q4a	0	0	0	0	0
q4b	0	0	0	0	0
q5a	0	123	0	277	0
q5b	0	201	0	552	0
q7a	0	0	0	0	0
q7b	0	0	0	0	0
q9	174	0	0	0	0
Ex	3264	0	0	0	7034
Ey	0	509	0	1096	0
Ez	0	0	476	0	0

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

Coordinate baricentro pali  
x = 4.60 coordinata x  
y = 0.00 coordinata y  
z = 0.00 coordinata z

	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
g1a	0	0	4127	0	-4952
g1b-sp	0	0	22165	0	-3723
g2a	0	0	1681	0	-2017
g2b-sp	0	0	17075	0	39901
g3-sp	13547	0	0	0	-55227
e4	0	0	0	0	0
e2	0	0	0	0	0
q1a	0	0	2451	12420	-2941
q1b	0	0	2006	15144	-2407
q1c	0	0	2451	-12419	-2941
q1d	0	0	2006	-15144	-2407
q1e-sp	2462	0	1685	0	-10588
q3	900	0	0	0	-10809
q4a	0	0	0	0	0
q4b	0	0	0	0	0
q5a	0	123	0	1460	0
q5b	0	201	0	2479	0
q7a	0	0	0	0	0
q7b	0	0	0	0	0
q9	174	0	0	0	-1673
Ex	3264	0	0	0	-38368
Ey	0	509	0	5960	0
Ez	0	0	476	0	-571
E.1x-sp	10543	0	0	0	-64473
E.2x-sp	3437	0	0	0	-17544
E.2y-sp	0	3437	0	17544	0
E.2z-sp	0	0	-1719	0	-1585

COMBINAZIONI DI CARICO

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

	S.L.U.									
	q1			q3						
g1a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1b-sp	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



LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA

Dati e risoluzione della palificata

				q4				q5					
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
g1b-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g2a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g2b-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
g3-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
q1a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
q1e-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4a	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4b	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5a	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
q5b	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	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
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
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
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
Ey	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.1x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2x-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2y-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.2z-sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

S.L.E. CAR

				q7			
g1a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g1b-sp	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
g2b-sp	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
e4	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
q1a	0.75	0.75	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
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00
q1d	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
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5b	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60
q7a	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
q7b	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
q9	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
Ey	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
E.1x-sp	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
E.2y-sp	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

S.L.E.freq

				q1				q7				q5				S.L.E.qp			
g1a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
g1b-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		
g2b-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		
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		
q1a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
q1b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
q1e-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
q4a	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		
q4b	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		
q5a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
q5b	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		
q7a	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.60	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00		
q7b	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.60	0.00	0.50	0.00	0.50	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		
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		
Ey	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.2y-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		

SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

				S.L.U.				S.L.U.				S.L.U.					
Fx	21821	21821	21821	21821	21821	21821	21821	22205	22205	22205	22205	22205	22205	22205	22205	22205	22205
Fy	181	181	181	181	-180	-180	-180	181	181	181	181	-180	-180	-181	-181	-181	-181
Fz	66397	66397	65796	65796	66397	66397	65796	65001	65001	64551	64551	65001	65001	64551	64551	64551	64551
Mx	18999	18999	22677	22677	-18996	-18996	-22675	14807	14807	17566	17566	-14805	-14805	-17564	-17564	-17564	-17564
My	-55395	-55395	-54674	-54674	-55395	-55395	-54674	-65421	-65421	-64881	-64881	-65421	-65421	-64881	-64881	-64881	-64881
Fx	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990	20990
Fy	181	181	181	181	-180	-180	-181	301	301	301	301	-301	-301	-301	-301	-301	-301
Fz	65001	65001	64551	64551	65001	65001	64551	65001	65001	64551	64551	65001	65001	64551	64551	64551	64551
Mx	14807	14807	17566	17566	-14805	-14805	-17564	16295	16295	19053	19053	-16292	-16292	-19051	-19051	-19051	-19051
My	-50829	-50829	-50288	-50288	-50829	-50829	-50288	-50829	-50829	-50288							

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA

Dati e risoluzione della palificata

				S.L.E.car				q3							
Fx	16183	16183	16183	16183	16183	16183	16183	16468	16468	16468	16468	16468	16468	16468	15568
Fy	121	121	121	121	-120	-120	-120	121	121	121	121	121	-120	-120	-120
Fz	49183	49183	48738	48738	49183	49183	48738	48149	48149	47815	47815	48149	48149	47815	47815
Mx	13908	13908	16633	16633	-13906	-13906	-16631	10803	10803	12846	12846	-10801	-10801	-12845	-12845
My	-41219	-41219	-40685	-40685	-41219	-41219	-40685	-48646	-48646	-48246	-48246	-48646	-48646	-48246	-37437

				S.L.E.car				q5							
Fx	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568
Fy	121	121	121	121	-120	-120	-120	201	201	201	201	-201	-201	-201	-201
Fz	48149	48149	47815	47815	48149	48149	47815	48149	48149	47815	47815	48149	48149	47815	47815
Mx	10803	10803	12846	12846	-10801	-10801	-12845	11795	11795	13838	13838	-11793	-11793	-13836	-13836
My	-37837	-37837	-37437	-37437	-37837	-37837	-37437	-37837	-37837	-37437	-37437	-37837	-37837	-37437	-37437

				S.L.E.car			
Fx	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568
Fy	121	121	121	121	-120	-120	-120
Fz	48149	48149	47815	47815	48149	48149	47815
Mx	10803	10803	12847	12847	-10801	-10801	-12845
My	-37837	-37837	-37437	-37437	-37837	-37837	-37437

				S.L.freq				e3		q5		S.L.qp	
Fx	15568	15568	15568	15568	15568	15568	15568	13721	13721	13721	13721	13721	13721
Fy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	-25	0	0
Fz	48149	48149	47815	47815	48149	48149	47815	45047	45047	45047	45047	45047	45047
Mx	9315	9315	11359	11359	-9314	-9314	-11357	1	1	292	-291	1	1
My	-37837	-37837	-37437	-37437	-37837	-37837	-37437	-27690	-27690	-27690	-27690	-27690	-27690

CALCOLO AZIONI SUI PALI

Geometria della palificata

PALO	Fila	X	Y	Xp	Yp	trasp Jxi	long Jyi	trasp Yp/Sjxi	long Xp/Sjyi	Plinto	X	Y
1	1	1.00	10.80	-3.60	10.80	116.64	12.9600	0.010	-0.020		0.00	11.80
2	1	1.00	7.20	-3.60	7.20	51.84	12.9600	0.007	-0.020		9.20	11.80
3	1	1.00	3.60	-3.60	3.60	12.96	12.96	0.003	-0.020		9.20	-11.80
4	1	1.00	0.00	-3.60	0.00	0.00	12.96	0.000	-0.020		0.00	-11.80
5	1	1.00	-3.60	-3.60	-3.60	12.96	12.96	-0.003	-0.020		0.00	11.80
6	1	1.00	-7.20	-3.60	-7.20	51.84	12.96	-0.007	-0.020			
7	1	1.00	-10.80	-3.60	-10.80	116.64	12.96	-0.010	-0.020			
8	2	4.60	10.80	0.00	10.80	116.64	0.00	0.010	0.000			
9	2	4.60	7.20	0.00	7.20	51.84	0.00	0.007	0.000			
10	2	4.60	3.60	0.00	3.60	12.96	0.00	0.003	0.000			
11	2	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000			
12	2	4.60	-3.60	0.00	-3.60	12.96	0.00	-0.003	0.000			
13	2	4.60	-7.20	0.00	-7.20	51.84	0.00	-0.007	0.000			
14	2	4.60	-10.80	0.00	-10.80	116.64	0.00	-0.010	0.000			
15	3	8.20	10.80	3.60	10.80	116.64	12.96	0.010	0.020			
16	3	8.20	7.20	3.60	7.20	51.84	12.96	0.007	0.020			
17	3	8.20	3.60	3.60	3.60	12.96	12.96	0.003	0.020			
18	3	8.20	0.00	3.60	0.00	0.00	12.96	0.000	0.020			
19	3	8.20	-3.60	3.60	-3.60	12.96	12.96	-0.003	0.020			
20	3	8.20	-7.20	3.60	-7.20	51.84	12.96	-0.007	0.020			
21	3	8.20	-10.80	3.60	-10.80	116.64	12.96	-0.010	0.020			
<b>21</b>	<b>3</b>					<b>1088.64</b>	<b>181.44</b>					

				S.L.U.													
				q1						q3							
1	1	2251	2251	2273	2273	1874	1874	1823	1823	1944	1944	1961	1961	1650	1650	1612	1612
2	1	2188	2188	2198	2198	1937	1937	1898	1898	1895	1895	1903	1903	1699	1699	1670	1670
3	1	2125	2125	2123	2123	2000	2000	1973	1973	1846	1846	1845	1845	1748	1748	1728	1728
4	1	2063	2063	2048	2048	2063	2063	2048	2048	1797	1797	1787	1787	1797	1797	1787	1787
5	1	2000	2000	1973	1973	2125	2125	2123	2123	1748	1748	1728	1728	1846	1846	1845	1845
6	1	1937	1937	1898	1898	2188	2188	2198	2198	1699	1699	1670	1670	1895	1895	1903	1903
7	1	1874	1874	1823	1823	2251	2251	2273	2273	1650	1650	1612	1612	1944	1944	1961	1961
8	2	3350	3350	3358	3358	2973	2973	2908	2908	3242	3242	3248	3248	2948	2948	2900	2900
9	2	3287	3287	3283	3283	3036	3036	2983	2983	3193	3193	3190	3190	2997	2997	2958	2958
10	2	3225	3225	3208	3208	3099	3099	3058	3058	3144	3144	3132	3132	3046	3046	3016	3016
11	2	3162	3162	3133	3133	3162	3162	3133	3133	3095	3095	3074	3074	3095	3095	3074	3074
12	2	3099	3099	3058	3058	3225	3225	3208	3208	3046	3046	3016	3016	3144	3144	3132	3132
13	2	3036	3036	2983	2983	3287	3287	3283	3283	2997	2997	2958	2958	3193	3193	3190	3190
14	2	2973	2973	2908	2908	3350	3350	3358	3358	2948	2948	2900	2900	3242	3242	3248	3248
15	3	4449	4449	4443	4443	4072	4072	3993	3993	4540	4540	4535	4535	4246	4246	4187	4187
16	3	4387	4387	4368	4368	4135	4135	4068	4068	4491	4491	4477	4477	4295	4295	4245	4245
17	3	4324	4324	4293	4293	4198	4198	4143	4143	4442	4442	4419	4419	4344	4344	4303	4303
18	3	4261	4261	4218	4218	4261	4261	4218	4218	4393	4393	4361	4361	4393	4393	4361	4361
19	3	4198	4198	4143	4143	4324	4324	4293	4293	4344	4344	4303	4303	4442	4442	4419	4419
20	3	4135	4135	4068	4068	4386	4386	4368	4368	4295	4295	4245	4245	4491	4491	4477	4477
21	3	4072	4072	3993	3993	4449	4449	4443	4443	4246	4246	4187	4187	4540	4540	4535	4535
<b>Nmax</b>		<b>4449</b>	<b>4449</b>	<b>4443</b>	<b>4443</b>	<b>4449</b>	<b>4449</b>	<b>4443</b>	<b>4443</b>	<b>4540</b>	<b>4540</b>	<b>4535</b>	<b>4535</b>	<b>4540</b>	<b>4540</b>	<b>4535</b>	<b>4535</b>
<b>Nmin</b>		<b>1874</b>	<b>1874</b>	<b>1823</b>	<b>1823</b>	<b>1874</b>	<b>1874</b>	<b>1823</b>	<b>1823</b>	<b>1650</b>	<b>1650</b>	<b>1612</b>	<b>1612</b>	<b>1650</b>	<b>1650</b>	<b>1612</b>	<b>1612</b>
<b>TAGLIO</b>																	
taglio Vx		1039	1039	1039	1039	1039	1039	1039	1039	1057	1057	1057	1057	1057	1057	1057	1057
taglio Vy		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
<b>V</b>		<b>1039</b>	<b>1057</b>														

				S.L.U.													
				q4						q5							
1	1	2234	2234	2250	2250	1940	1940	1902	1902	2248	2248	2265	2265	1925	1925	1887	1887
2	1	2185	2185	2192	2192	1989	1989	1960	1960	2195	2195	2202	2202	1979	1979	1950	1950
3	1	2136	2136	2134	2134	2038	2038	2018	2018	2141	2141	2139	2139	2033	2033	2013	2013
4	1	2087	2087	2076	2076	2087	2087	2076	2076	2087	2087	2076	2076	2087	2087	2076	2076
5	1	2038	2038	2018	2018	2136	2136	2134	2134	2033	2033	2013	2013	2141	2141	2139	2139
6	1	1989	1989	1960	1960	2185	2185	2192	2192	1979	1979	1950	1950	2195	2195	2202	2202
7	1	1940	1940	1902	1902	2234	2234	2250	2250	1925	1925	1887	1887	2248	2248	2265	2265
8	2	3242	3242	3248	3248	2948	2948	2900	2900	3257	3257	3263	3263	2934	2934	2885	2885
9	2	3193	3193	3190	3190	2997	2997	2958	2958	3203	3203	3200	3200	2988	2988	2948	2948
10	2	3144	3144	3132	3132	3046	3046	3016	3016	3149	3149	3137	3137	3041	3041	3011	3011
11	2	3095	3095	3074	3074	3095	3095	3074	3074	3095	3095	3074	3074	3095	3095	3074	3074
12	2	3046	3046														

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA**

**Dati e risoluzione della palificata**

Nmax	4251	4251	4246	4246	4251	4251	4246	4246	4265	4265	4261	4261	4265	4265	4261	4261
Nmin	1940	1940	1902	1902	1940	1940	1902	1902	1925	1925	1887	1887	1925	1925	1887	1887
<b>TAGLIO</b>																
taglio Vx	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
taglio Vy	9	9	9	9	-9	-9	-9	-9	14	14	14	14	-14	-14	-14	-14
V	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

S.L.U.										S.L.V.					
CARICO ASSIALE										E.x		E.y		E.z	
PALO															
q7															
1	1	2234	2234	2250	2250	1940	1940	1902	1902	342	404	2178	2239	1943	2147
2	1	2185	2185	2192	2192	1989	1989	1960	1960	319	380	2100	2161	1920	2124
3	1	2136	2136	2134	2134	2038	2038	2018	2018	296	357	2022	2083	1896	2100
4	1	2087	2087	2076	2076	2087	2087	2076	2076	272	333	1944	2005	1873	2077
5	1	2038	2038	2018	2018	2136	2136	2134	2134	249	310	1867	1928	1850	2054
6	1	1989	1989	1960	1960	2185	2185	2192	2192	226	287	1789	1850	1826	2030
7	1	1940	1940	1902	1902	2234	2234	2250	2250	202	263	1711	1772	1803	2007
8	2	3242	3242	3248	3248	2948	2948	2900	2900	2197	2233	2361	2396	2156	2274
9	2	3193	3193	3190	3190	2997	2997	2958	2958	2174	2210	2283	2318	2133	2251
10	2	3144	3144	3132	3132	3046	3046	3016	3016	2151	2186	2205	2241	2109	2228
11	2	3095	3095	3074	3074	3095	3095	3074	3074	2127	2163	2127	2163	2086	2204
12	2	3046	3046	3016	3016	3144	3144	3132	3132	2104	2140	2050	2085	2063	2181
13	2	2997	2997	2958	2958	3193	3193	3190	3190	2081	2116	1972	2007	2039	2158
14	2	2948	2948	2900	2900	3242	3242	3248	3248	2057	2093	1894	1929	2016	2134
15	3	4251	4251	4246	4246	3957	3957	3897	3897	4052	4062	2544	2554	2369	2402
16	3	4202	4202	4188	4188	4006	4006	3955	3955	4029	4039	2466	2476	2346	2378
17	3	4153	4153	4130	4130	4055	4055	4014	4014	4006	4016	2388	2398	2322	2355
18	3	4104	4104	4072	4072	4104	4104	4072	4072	3982	3992	2310	2320	2299	2332
19	3	4055	4055	4014	4014	4153	4153	4130	4130	3959	3969	2233	2242	2276	2308
20	3	4006	4006	3955	3955	4202	4202	4188	4188	3936	3946	2155	2165	2252	2285
21	3	3957	3957	3897	3897	4251	4251	4246	4246	3912	3922	2077	2087	2229	2262
Nmax	4251	4251	4246	4246	4251	4251	4246	4246	4052	4062	2544	2554	2369	2402	
Nmin	1940	1940	1902	1902	1940	1940	1902	1902	202	263	1711	1772	1803	2007	
<b>TAGLIO</b>															
taglio Vx	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	829	829	255	255	255	255	
taglio Vy	9	9	9	9	-9	-9	-9	-9	56	56	188	188	56	56	
V	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	831	831	316	316	261	261	

S.L.E.car										S.L.V.							
CARICO ASSIALE										q1		q3					
PALO																	
1	1	1662	1662	1679	1679	1386	1386	1349	1349	1435	1435	1447	1447	1220	1220	1192	1407
2	1	1616	1616	1624	1624	1432	1432	1404	1404	1399	1399	1405	1405	1256	1256	1235	1449
3	1	1570	1570	1569	1569	1478	1478	1459	1459	1363	1363	1362	1362	1292	1292	1277	1492
4	1	1524	1524	1514	1514	1524	1524	1514	1514	1328	1328	1320	1320	1328	1328	1320	1534
5	1	1478	1478	1459	1459	1570	1570	1569	1569	1292	1292	1277	1277	1363	1363	1362	1577
6	1	1432	1432	1404	1404	1616	1616	1624	1624	1256	1256	1235	1235	1399	1399	1405	1619
7	1	1386	1386	1349	1349	1662	1662	1679	1679	1220	1220	1192	1192	1435	1435	1447	1662
8	2	2480	2480	2486	2486	2204	2204	2156	2156	2400	2400	2404	2404	2186	2186	2149	2149
9	2	2434	2434	2431	2431	2250	2250	2211	2211	2364	2364	2362	2362	2221	2221	2192	2192
10	2	2388	2388	2376	2376	2296	2296	2266	2266	2329	2329	2319	2319	2257	2257	2234	2234
11	2	2342	2342	2321	2321	2342	2342	2321	2321	2293	2293	2277	2277	2293	2293	2277	2277
12	2	2296	2296	2266	2266	2388	2388	2376	2376	2257	2257	2234	2234	2329	2329	2319	2319
13	2	2250	2250	2211	2211	2434	2434	2431	2431	2221	2221	2192	2192	2364	2364	2362	2362
14	2	2204	2204	2156	2156	2480	2480	2486	2486	2186	2186	2149	2149	2400	2400	2404	2404
15	3	3298	3298	3293	3293	3022	3022	2963	2963	3365	3365	3362	3362	3151	3151	3107	2892
16	3	3252	3252	3238	3238	3068	3068	3018	3018	3329	3329	3319	3319	3187	3187	3149	2935
17	3	3206	3206	3183	3183	3114	3114	3073	3073	3294	3294	3277	3277	3222	3222	3192	2977
18	3	3160	3160	3128	3128	3160	3160	3128	3128	3258	3258	3234	3234	3258	3258	3234	3020
19	3	3114	3114	3073	3073	3206	3206	3183	3183	3222	3222	3192	3192	3294	3294	3277	3062
20	3	3068	3068	3018	3018	3252	3252	3238	3238	3187	3187	3149	3149	3329	3329	3319	3105
21	3	3022	3022	2963	2963	3298	3298	3293	3293	3151	3151	3107	3107	3365	3365	3362	3147
Nmax	3298	3298	3293	3293	3298	3298	3293	3293	3365	3365	3362	3362	3365	3365			
Nmin	1386	1386	1349	1349	1386	1386	1349	1349	1220	1220	1192	1192	1220	1220			
<b>TAGLIO</b>																	
taglio Vx	771	771	771	771	771	771	771	771	784	784	784	784	784	784			
taglio Vy	6	6	6	6	-6	-6	-6	-6	6	6	6	6	-6	-6			
V	771	771	771	771	771	771	771	771	784	784	784	784	784	784			

S.L.E.car										S.L.V.							
CARICO ASSIALE										q4		q5					
PALO																	
1	1	1649	1649	1662	1662	1435	1435	1407	1407	1659	1659	1671	1671	1425	1425	1397	1397
2	1	1614	1614	1619	1619	1471	1471	1449	1449	1620	1620	1626	1626	1464	1464	1443	1443
3	1	1578	1578	1577	1577	1506	1506	1492	1492	1581	1581	1580	1580	1503	1503	1488	1488
4	1	1542	1542	1534	1534	1542	1542	1534	1534	1542	1542	1534	1534	1542	1542	1534	1534
5	1	1506	1506	1492	1492	1578	1578	1577	1577	1503	1503	1488	1488	1581	1581	1580	1580
6	1	1471	1471	1449	1449	1614	1614	1619	1619	1464	1464	1443	1443	1620	1620	1626	1626
7	1	1435	1435	1407	1407	1649	1649	1662	1662	1425	1425	1397	1397	1659	1659	1671	1671
8	2	2400	2400	2404	2404	2186	2186	2149	2149	2410	2410	2414	2414	2176	2176	2140	2140
9	2	2364	2364	2362	2362	2221	2221	2192	2192	2371	2371	2368	2368	2215	2215	2185	2185
10	2	2329	2329	2319	2319	2257	2257	2234	2234	2332	2332	2323	2323	2254	2254	2231	2231
11	2	2293	2293	2277	2277	2293	2293	2277	2277	2293	2293	2277	2277	2293	2293	2277	2277
12	2	2257	2257	2234	2234	2329	2329	2319	2319	2254	2254	2231	2231	2332	2332	2323	2323
13	2	2221	2221	2192	2192	2364	2364	2362	2362	2215	2215	2185	2185	2371	2371	2368	2368
14	2	2186	2186	2149	2149	2400	2400	2404	2404	2176	2176	2140	2140	2410	2410	2414	2414
15	3	3151	3151	3147	3147	2936	2936	2892	2892	3161	3161	3157	3157	2927	2927	2882	2882
16	3	3115	3115	3105	3105	2972	2972	2935	2935	3122	3122	3111	3111	2966	2966	2928	2928
17	3	3079	3079	3062	3062</												

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA

Dati e risoluzione della palificata

13	2	2221	2221	2192	2192	2364	2364	2362	2362
14	2	2186	2186	2149	2149	2400	2400	2404	2404
15	3	3151	3151	3147	3147	2936	2936	2892	2892
16	3	3115	3115	3105	3105	2972	2972	2935	2935
17	3	3079	3079	3062	3062	3008	3008	2977	2977
18	3	3044	3044	3020	3020	3044	3044	3020	3020
19	3	3008	3008	2977	2977	3079	3079	3062	3062
20	3	2972	2972	2935	2935	3115	3115	3105	3105
21	3	2936	2936	2892	2892	3151	3151	3147	3147
<b>Nmax</b>		<b>3151</b>	<b>3151</b>	<b>3147</b>	<b>3147</b>	<b>3151</b>	<b>3151</b>	<b>3147</b>	<b>3147</b>
<b>Nmin</b>		<b>1435</b>	<b>1435</b>	<b>1407</b>	<b>1407</b>	<b>1435</b>	<b>1435</b>	<b>1407</b>	<b>1407</b>
<b>TAGLIO</b>									
taglio Vx		741	741	741	741	741	741	741	741
taglio Vy		6	6	6	6	-6	-6	-6	-6
V		<b>741</b>							

		S.L.freq										S.L.qp			
CARICO ASSIALE		q1					q7		q5						
PALO															
1	1	1634	1634	1647	1647	1450	1450	1421	1421	1596	1596	1599	1593	1596	1596
2	1	1604	1604	1609	1609	1480	1480	1459	1459	1596	1596	1598	1594	1596	1596
3	1	1573	1573	1572	1572	1511	1511	1497	1497	1596	1596	1597	1595	1596	1596
4	1	1542	1542	1534	1534	1542	1542	1534	1534	1596	1596	1596	1596	1596	1596
5	1	1511	1511	1497	1497	1573	1573	1572	1572	1596	1596	1595	1597	1596	1596
6	1	1480	1480	1459	1459	1604	1604	1609	1609	1596	1596	1594	1598	1596	1596
7	1	1450	1450	1421	1421	1634	1634	1647	1647	1596	1596	1593	1599	1596	1596
8	2	2385	2385	2390	2390	2200	2200	2164	2164	2145	2145	2148	2142	2145	2145
9	2	2354	2354	2352	2352	2231	2231	2202	2202	2145	2145	2147	2143	2145	2145
10	2	2324	2324	2314	2314	2262	2262	2239	2239	2145	2145	2146	2144	2145	2145
11	2	2293	2293	2277	2277	2293	2293	2277	2277	2145	2145	2145	2145	2145	2145
12	2	2262	2262	2239	2239	2324	2324	2314	2314	2145	2145	2144	2146	2145	2145
13	2	2231	2231	2202	2202	2354	2354	2352	2352	2145	2145	2143	2147	2145	2145
14	2	2200	2200	2164	2164	2385	2385	2390	2390	2145	2145	2142	2148	2145	2145
15	3	3136	3136	3132	3132	2951	2951	2907	2907	2695	2695	2697	2692	2695	2695
16	3	3105	3105	3095	3095	2982	2982	2945	2945	2695	2695	2696	2693	2695	2695
17	3	3074	3074	3057	3057	3013	3013	2982	2982	2695	2695	2695	2694	2695	2695
18	3	3044	3044	3020	3020	3044	3044	3020	3020	2695	2695	2695	2695	2695	2695
19	3	3013	3013	2982	2982	3074	3074	3057	3057	2695	2695	2694	2695	2695	2695
20	3	2982	2982	2945	2945	3105	3105	3095	3095	2695	2695	2693	2696	2695	2695
21	3	2951	2951	2907	2907	3136	3136	3132	3132	2695	2695	2692	2697	2695	2695
<b>Nmax</b>		<b>3136</b>	<b>3136</b>	<b>3132</b>	<b>3132</b>	<b>3136</b>	<b>3136</b>	<b>3132</b>	<b>3132</b>	<b>2695</b>	<b>2695</b>	<b>2697</b>	<b>2697</b>	<b>2695</b>	<b>2695</b>
<b>Nmin</b>		<b>1450</b>	<b>1450</b>	<b>1421</b>	<b>1421</b>	<b>1450</b>	<b>1450</b>	<b>1421</b>	<b>1421</b>	<b>1596</b>	<b>1596</b>	<b>1593</b>	<b>1593</b>	<b>1596</b>	<b>1596</b>
<b>TAGLIO</b>															
taglio Vx		741	741	741	741	741	741	741	741	653	653	653	653	653	653
taglio Vy		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0
V		<b>741</b>	<b>653</b>	<b>653</b>	<b>653</b>	<b>653</b>	<b>653</b>	<b>653</b>							

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI	ENV	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	4540	4540	4062	3365	3136
Azione assiale minima	Nmin	202	1612	202	1192	1421
Azione trasversale massima	Vmax	1057	1057	831	784	741

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

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SUI P.	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	4540	4062	3365
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	1612	202	1192
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	2105	1655	1561
Momento AMPLIFICATO DEL 20%	Mmax_1a	kNm	2526	1986	1874
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	1057	831	784

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA

	SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata	66397	46290
Carico verticale medio agente sui pali	3162	2204

## LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA

### Calcolo e verifica zattera di fondazione

#### MENSOLA ANTERIORE

Modello di calcolo:

Tirante - puntone

Dati	var	unità	
Altezza della mensola	h	m	2.00
numero di file che caricano la mensola	np		1
distanza tra palo 1° fila e sezione di incastro	a1	m	1.50
distanza tra palo 2° fila e sezione di incastro	a2	m	0.00
copriferro	c	m	0.188
larghezza puntone	b	m	2.80
larghezza collaborante	bt	m	2.80
resistenza a compressione caratteristica cls	Rck	Mpa	40
resistenza a compressione caratteristica cls	FCK	fck	32
resistenza di calcolo cls	fcd	Mpa	18.1
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
altezza della mensola ridotta	d	m	1.81
lunghezza del tirante 1° palo	l1	m	1.86
fattore lambda ( $l1 / 0.9d$ ) = arctan $\psi$	$\lambda_1$		1.14
lunghezza del tirante 2° palo	l2	m	0.36
fattore lambda ( $l2 / 0.9d$ ) = arctan $\psi$	$\lambda_2$		0.22
fattore c (1.0 no staffe - 1.5 staffe)	c		1.0
Classe di esposizione	CIE		XA1
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Armatura mensola anteriore	passo	n.barre	$\phi$	c	As
sezione di larghezza pari a bt	cm	bt/passi	mm	m	mmq
primo strato dal basso	20	14	26	0.089	7433
secondo strato dal basso	20	14	26	0.155	7433
terzo strato dal basso	20	14	26	0.221	7433
quarto strato dal basso	20	14	26	0.287	7433
Armatura effettivamente disposta			26	0.188	29732

#### VERIFICA SLU

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	Asmin	Nmax
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	mmq	kN
SLU-STR	4540.2	0.0	1057.4	5723.9	14628	7608.2
SLU-SIS	4062.2	0.0	831.4	5006.6	12795	6654.8
				<b>5723.9</b>	<b>14628</b>	<b>7608.2</b>

Armatura effettivamente adottata	As	mmq	29732	OK!
Resistenza del tirante	Rt	kN	11634.3	
Coefficiente di utilizzo lato acciaio	c.u.acc		49%	OK!
Resistenza del puntone	Rc	kN	24243.4	
Coefficiente di utilizzo lato calcestruzzo	c.u.cls		31%	OK!

#### VERIFICA SLE-CARATTERISTICA

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	$\sigma_s$
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	Mpa
SLE-CARATTERISTICA	3365.2	0.0	784.2	4243.0	143

## LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA

### Calcolo e verifica zattera di fondazione

Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		40%	OK!

#### VERIFICA SLE-FREQUENTE

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	$\sigma_s$
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	Mpa
SLE-FREQUENTE	3136.0	0.0	741.3	3964.5	133

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
Tensione limite ammissibile per barre f	$\sigma_{slim}$	MPa	194.3	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		69%	OK!

#### VERIFICA SLE-QUASI PERMANENTE

Sollecitazioni massime	P1max	P2max	Hmax	Tmax	$\sigma_s$
Combinazione di carico	kN	kN	kN	kN	Mpa
SLE-QUASI PERMANENTE	2694.5	0.0	653.4	3422.9	115

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1
Tensione limite ammissibile per barre f	$\sigma_{slim}$	MPa	155.6	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		74%	OK!

### MENSOLA POSTERIORE

Modello di calcolo:

Trave a mensola

Dati	var	unità	
Altezza della mensola	h	m	2.00
distanza tra palo 1° fila posteriore e sezione di incastro	a1	m	3.90
distanza tra palo 2° fila posteriore e sezione di incastro	a2	m	0.30
distanza tra palo 3° fila posteriore e sezione di incastro	a3	m	
distanza tra palo 4° fila posteriore e sezione di incastro	a4	m	
larghezza sezione di calcolo	b	m	3.60
resistenza a compressione caratteristica cls	Rck	Mpa	40
resistenza di calcolo cls	fcd	Mpa	18.8
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XA1
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Armatura superiore mensola posteriore	passo	n.barre	$\phi$	c	As
sezione di larghezza unitaria	cm	1.0/pass	mm	m	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	passo	n.barre	$\phi$	c	As
sezione di larghezza unitaria	cm	1.0/pass	mm	m	mmq

## LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA

### Calcolo e verifica zattera di fondazione

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	<b>5309</b>

VERIFICA SLU	fac	p kN/ml	V kN	M kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera (SLU-STR)	1.35	243.0	1191	2917.2
sollecitazioni dovute al peso del rinterro (SLU-STR)	1.35	894.9	4385	10743.5
sommano			<b>5575.8</b>	<b>13660.7</b>
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera (SLU-SIS)	1.0	180.0	882	2160.9
sollecitazioni dovute al peso del rinterro (SLU-SIS)	1.0	662.9	3248	7958.2
sommano			<b>4130.2</b>	<b>10119.1</b>

sollecitazioni dovute ai pali	R1 kN	R2 kN	R3 kN	R4 kN	V kN	M kNm
SLU-STR (MIN)	-1612.3	-2884.8	0.0	0.0	-4497	-7153.3
SLU-STR (MAX)	-2273.3	-3358.1	0.0	0.0	-5631	-9873.4
SLU-SIS (MIN)	-202.3	-1894.0	0.0	0.0	-2096	-1357.2
SLU-SIS (MAX)	-2238.9	-2396.2	0.0	0.0	-4635	-9450.4

sollecitazioni risultanti	V kN	M kNm
SLU-STR (MIN)	<b>1079</b>	<b>6507</b>
SLU-STR (MAX)	<b>-56</b>	<b>3787</b>
SLU-SIS (MIN)	<b>2034</b>	<b>8762</b>
SLU-SIS (MAX)	<b>-505</b>	<b>669</b>

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria	V kN/m	M kNm/m
SLU-STR (MIN)	<b>300</b>	<b>1808</b>
SLU-STR (MAX)	<b>15</b>	<b>1052</b>
SLU-SIS (MIN)	<b>565</b>	<b>2434</b>
SLU-SIS (MAX)	<b>140</b>	<b>186</b>

Armatura minima superiore richiesta	Afs_min	mmq/ml	3616	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq/ml	5309	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	3573	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		68%	OK!

Armatura minima inferiore	Afs_min	mmq/ml	0	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq/ml	5309	OK!
Momento Resistente	MR_inf	kNm/ml	-3511	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		0%	OK!

VERIFICA SLE-CARATTERISTICA	fac	p kN/ml	V kN	M kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera	1.0	180.0	882	2160.9

## LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA

### Calcolo e verifica zattera di fondazione

sollecitazioni dovute al peso del rinterro	1.0	662.9	3248	7958.2
sommano			<b>4130.2</b>	<b>10119.1</b>

sollecitazioni dovute ai pali	R1 kN	R2 kN	R3 kN	R4 kN	V kN	M kNm
SLE-CARATTERISTICA (MIN)	-1192.2	-2139.6	0.0	0.0	-3332	-5291.6
SLE-CARATTERISTICA (MAX)	-1678.6	-2485.9	0.0	0.0	-4164	-7292.4

sollecitazioni risultanti	V kN	M kNm
SLE-CARATTERISTICA (MIN)	<b>798</b>	<b>4828</b>
SLE-CARATTERISTICA (MAX)	<b>-34</b>	<b>2827</b>

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria	V kN/m	M kNm/m
SLE-CARATTERISTICA (MIN)	<b>222</b>	<b>1341</b>
SLE-CARATTERISTICA (MAX)	<b>10</b>	<b>785</b>

Tasso di lavoro armature superiori	$\sigma_{sup}$	Mpa	<b>147</b>	
Tasso di lavoro armature inferiori	$\sigma_{inf}$	Mpa	<b>0</b>	
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo arm.superiori- Stato limite limit. tensioni	c.u.		<b>41%</b>	<b>OK!</b>
coefficiente di utilizzo arm.inferiori- Stato limite limit. tensioni	c.u.		<b>0%</b>	<b>OK!</b>

VERIFICA SLE-FREQUENTE	fac	p kN/ml	V kN	M kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera	1.0	180.0	882	2160.9
sollecitazioni dovute al peso del rinterro	1.0	662.9	3248	7958.2
sommano			<b>4130.2</b>	<b>10119.1</b>

sollecitazioni dovute ai pali	R1 kN	R2 kN	R3 kN	R4 kN	V kN	M kNm
SLE-FREQUENTE (MIN)	-1421.4	-2142.2	0.0	0.0	-3564	-6186.3
SLE-FREQUENTE (MAX)	-1646.8	-2389.6	0.0	0.0	-4036	-7139.5

sollecitazioni risultanti	V kN	M kNm
SLE-FREQUENTE (MIN)	<b>567</b>	<b>3933</b>
SLE-FREQUENTE (MAX)	<b>94</b>	<b>2980</b>

sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria	V kN/m	M kNm/m
SLE-FREQUENTE (MIN)	<b>157</b>	<b>1092</b>
SLE-FREQUENTE (MAX)	<b>26</b>	<b>828</b>

Tasso di lavoro armature superiori	$\sigma_{sup}$	Mpa	<b>120</b>	
Tasso di lavoro armature inferiori	$\sigma_{inf}$	Mpa	<b>0</b>	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2

## LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA

### Calcolo e verifica zattera di fondazione

Tensione limite ammissibile per barre f	26.0	(arm.sup)	$\sigma_{slim}$	MPa	<b>194.3</b>	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure			c.u.		<b>62%</b>	<b>OK!</b>
Tensione limite ammissibile per barre f	26.0	(arm.sup)	$\sigma_{slim}$	MPa	<b>194.3</b>	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure			c.u.		<b>0%</b>	<b>OK!</b>

#### VERIFICA SLE-QUASI PERMANENTE

	fac	p kN/ml	V kN	M kNm
sollecitazioni dovute al peso proprio zattera	1.0	180.0	882	2160.9
sollecitazioni dovute al peso del rinterro	1.0	662.9	3248	7958.2
sommano			<b>4130.2</b>	<b>10119.1</b>

sollecitazioni dovute ai pali	R1 kN	R2 kN	R3 kN	R4 kN	V kN	M kNm
SLE-QUASI PERMANENTE (MIN)	-1595.7	-2145.1	0.0	0.0	-3741	-6866.7
SLE-QUASI PERMANENTE (MAX)	-1595.7	-2145.1	0.0	0.0	-3741	-6866.8

#### sollecitazioni risultanti

	V kN	M kNm
SLE-QUASI PERMANENTE (MIN)	<b>389</b>	<b>3252</b>
SLE-QUASI PERMANENTE (MAX)	<b>389</b>	<b>3252</b>

#### sollecitazioni risultanti per sezione di larghezza unitaria

	V kN/m	M kNm/m
SLE-QUASI PERMANENTE (MIN)	<b>108</b>	<b>903</b>
SLE-QUASI PERMANENTE (MAX)	<b>108</b>	<b>903</b>

Tasso di lavoro armature superiori	sfsup	Mpa	<b>99</b>			
Tasso di lavoro armature inferiori	sfinf	Mpa	<b>0</b>			
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)	$\sigma_{slim}$	MPa	<b>155.6</b>	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure			c.u.		<b>64%</b>	<b>OK!</b>
Tensione limite ammissibile per barre f	26.0	(arm.sup)	$\sigma_{slim}$	MPa	<b>155.6</b>	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure			c.u.		<b>0%</b>	<b>OK!</b>

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA**  
**Calcolo e Verifica muro frontale**

Dati	var	unità	
spessore muro frontale	smur	m	1.80
resistenza di calcolo acciaio armatura	f <sub>yd</sub>	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

**AZIONI TRASMESSE DAL MURO FRONTALE**

<b>Peso proprio spalla</b>			
Peso proprio spalla	Fzg1	kN	413
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-145
<b>Spinta statica del terreno</b>			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	402
Momento longitudinale	Myg3	kNm	1370
<b>Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato</b>			
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	87
Momento longitudinale	Myg3	kNm	446
<b>Azioni sismiche</b>			
parametri sismici			
Categoria di suolo fondazione	Cat		B
Fattore S <sub>s</sub>			1.20
Fattore S <sub>t</sub>			1.00
Fattore S	S		1.20
Valore di ag/g	ag/g		0.073
fattore b <sub>m</sub>	β <sub>m</sub>		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	10.23
peso specifico del terreno	γ*	kN/mc	18.0
tangente teta a= kh/(1+kv)	tanθ <sub>a</sub>		0.084
angolo teta a	θ <sub>a</sub>	deg	4.797
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-a		0.318
tangente teta b= kh/(1-kv)	tanθ <sub>b</sub>		0.092
angolo teta b	θ <sub>b</sub>	deg	5.234
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-b		0.323
Spinta totale del terreno -a	Ed-a	kN	312.6
Spinta totale del terreno -b	Ed-b	kN	290.5
Spinta massima in caso sismico	Ed	kN	<b>312.6</b>
altezza di applicazione	H	m	5.1
Momento longitudinale	MyDP	kNm	<b>1598.9</b>

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	165
altezza di applicazione	H	m	5.1
Momento longitudinale	MyDP	kNm	<b>844</b>

**Spinte complessive del terreno in caso sismico di calcolo**

Condizioni di spinta adottate: <b>Struttura che ammette spostamenti (Mononobe - Okabe)</b>			
Spinta del terreno	Es	kN	313
Momento longitudinale	MyEs	kNm	1599

**Forze inerziali (q6.2)**

<i>Sisma longitudinale</i>			
Forza orizzontale longitudinale	Fxq6.2x	kN	36
Momento longitudinale	Myq6.2x	kNm	159
<i>Sisma verticale</i>			
Forza verticale	Fzq6.2z	kN	-18
Momento longitudinale	Myq6.2z	kNm	6

**AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)**

Altezza appoggi + muro frontale	7.60
Distanza asse appoggi - asse muro frontale	0.00

		Fx [kN]	Fz [kN]
g1a	Peso proprio impalcato	0	181
g2a	Perm. portati - impalcato	0	74
e4	Cedimenti differenziali - MAX	0	0
e2	ritiro	0	0
q1a	CMOB-Nmax - sx	0	107
q1b	CMOB-Mtmax - sx	0	88
q1c	CMOB-Nmax - dx	0	107
q1d	CMOB-Mtmax - dx	0	88
q3	Frenatura	39	0
q7a	Var. termica positiva	0	0
q7b	Var. termica negativa	0	0
q9	Resistenze passive vincoli	8	0
Ex	Sisma longitudinale	143	0
Ez	Sisma verticale	0	21

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA**  
**Calcolo e Verifica muro frontale**

**RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO MURO FRONTALE**

		<b>Fx</b>	<b>Fz</b>	<b>My</b>
		<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>
g1a	Peso proprio impalcato	0	181	0
g1-sp	Peso proprio spalla	0	413	145
g2a	Perm. portati - impalcato	0	74	0
g3-sp	g3-sp	402	0	-1370
e4	Cedimenti differenziali - MAX	0	0	0
e2	ritiro	0	0	0
q1a	CMOB-Nmax - sx	0	107	0
q1b	CMOB-Mtmax - sx	0	88	0
q1c	CMOB-Nmax - dx	0	107	0
q1d	CMOB-Mtmax - dx	0	88	0
q1e-sp	carico vert. Da traffico sul rilevato	87	0	-446
q3	Frenatura	39	0	-300
q7a	Var. termica positiva	0	0	0
q7b	Var. termica negativa	0	0	0
q9	Resistenze passive vincoli	8	0	-58
Ex	Sisma longitudinale	143	0	-1088
Ez	Sisma verticale	0	21	0
E.1x-sp	spinta del terreno in fase sismica	313	0	-1599
E.2x-sp	Forze inerziali longitudinali spalla	36	0	-159
E.2z-sp	Forze inerziali verticali spalla	0	-18	-6

**COMBINAZIONI DI CARICO**

**MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI**

					<b>S.L.U.</b>								<b>q3</b>				
	<b>q1</b>																
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

	<b>S.L.U.</b>								<b>S.L.V.</b>			
	<b>e3</b>								<b>Ex</b>		<b>Ez</b>	
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

					<b>S.L.E.car</b>								<b>q3</b>				
	<b>q1</b>																
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 - PO01- 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
g1-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g2a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g3-sp	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
q7a	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
q7b	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
q1a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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

**SOLLECITAZIONI ALLO SPICCATO DEL MURO FRONTALE NELLE COMBINAZIONI DI CARICO**

	S.L.U.								q3							
Fx	669	669	669	669	669	669	669	669	693	693	693	693	693	693	693	693
Fz	1047	1047	1021	1021	1047	1047	1021	1021	1011	1011	991	991	1011	1011	991	991
My	-2325	-2325	-2325	-2325	-2325	-2325	-2325	-2325	-2579	-2579	-2579	-2579	-2579	-2579	-2579	-2579

	S.L.U.				S.L.V.			
	q7				E.x		E.z	
Fx	640	640	640	640	500	500	155	155
Fz	1011	1011	991	991	669	667	671	665
My	-2174	-2174	-2174	-2174	-2761	-2757	-773	-760

	S.L.E.car				q3			
Fx	497	497	497	497	514	514	514	514
Fz	776	776	756	756	749	749	734	734
My	-1728	-1728	-1728	-1728	-1917	-1917	-1917	-1917

	S.L.E.car			
	q7			
Fx	475	475	475	475
Fz	749	749	734	734
My	-1617	-1617	-1617	-1617

	S.L.E.freq				S.L.E.qp	
Fx	475	475	475	475	409	409
Fz	749	749	734	734	668	668
My	-1617	-1617	-1617	-1617	-1282	-1282

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA**  
**Calcolo e Verifica muro frontale**

Armatura zona tesa muro frontale	passo	n.barre	$\phi$	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	<b>7964</b>

VERIFICHE AGLI SLU	Var	unità		
Momento di calcolo SLU	MEd_SLU	kNm/ml	2579	
Momento di calcolo SLV	MEd_SLV	kNm/ml	2761	
Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	4638	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	7964	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	4741	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		58%	OK!
Taglio di calcolo SLU	VEd_SLU	kN/ml	693	
Taglio di calcolo SLV	VEd_SLV	kN/ml	500	

VERIFICHE AGLI SLE-CAR				
Tasso di lavoro armature in zona tesa	$\sigma_s$	Mpa	158	
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		44%	OK!

VERIFICHE AGLI SLE-FR				
Tasso di lavoro armature in zona tesa	$\sigma_s$	Mpa	133	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
Tensione limite ammissibile per barre f = 26.0	$\sigma_{lim}$	MPa	194	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		69%	OK!

VERIFICHE AGLI SLE-QP				
Tasso di lavoro armature in zona tesa	$\sigma_s$	Mpa	106	
valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1
Tensione limite ammissibile per barre f = 26.0	$\sigma_{lim}$	MPa	156	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		68%	OK!

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA**  
**Calcolo e Verifica del muro paraghiaia**

Dati	var	unità	
Altezza paraghiaia	h	m	3.23
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	6.93
lunghezza dell'impronta di carico Qik alla base	a2	m	4.26
pressione orizzontale dovuta al carico Qik in sommità	sh1	kPa	33.3
pressione orizzontale dovuta al carico Qik alla base	sh2	kPa	8.7
pressione orizzontale dovuta al carico qik distribuito	shd	kPa	3.8
Taglio alla base complessivo	Vmax	kNm	331.0
Momento alla base complessivo	Mmax	kNm	575.0

**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	9.06
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	48.5	0.0	0.0
Spinta statica del terreno	0.0	40.0	43.1
Spinta dovuta al carico Qik	0.0	47.8	83.0
Carico Qik sul paraghiaia	33.1	19.9	66.2
Sisma - forze inerziali	0.0	4.2	6.9
Spinta sismica del terreno	0.0	29.9	48.2

**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	N kN	V kN	M kN
SLU-STR	93.2	145.3	259.5
SLU-SIS	48.5	34.1	55.1

Armatura minima richiesta	Afs_min	mmq/ml	1434	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	3142	OK!
Momento Resistente	MR_sup	kNm/ml	569	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		46%	OK!

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- 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	81.6	107.7	192.2

Tasso di lavoro armature  $\sigma_s$  Mpa **132**

Tensione massima ammissibile  $\sigma_{s,max}$  MPa 360  
 coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni c.u. **37%** 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	73.3	90.8	155.0

Tasso di lavoro armature  $\sigma_s$  Mpa **107**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile  $w_{lim}$  mm 0.30 w2  
 Tensione limite ammissibile per barre f 20.0  $\sigma_{slim}$  MPa **222**  
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **48%** 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	48.5	40.0	43.1

Tasso di lavoro armature  $\sigma_s$  Mpa **30**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile  $w_{lim}$  mm 0.20 w1  
 Tensione limite ammissibile per barre f 20.0  $\sigma_{slim}$  MPa **182**  
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **16%** OK!

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA**  
**Calcolo e Verifica dei muri di risvolto**

Dati	var	unità	
Altezza muro di risvolto	h	m	9.99
larghezza muro di risvolto	a	m	4.90
spessore muro di risvolto	s	m	1.00
coefficiente gamma	$\gamma$		0.49
spessore pavimentazione	spav	m	0.10
resistenza di calcolo acciaio armatura	f <sub>yd</sub>	MPa	391
Muro con bandiera	band		no
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Momento massimo orizzontale:  $M_x = fac_x * q * a^2$

Momento massimo verticale:  $M_y = fac_y * q * h^2$

N.B. i coefficienti fac<sub>x</sub> e fac<sub>y</sub> 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	76.7	
direzione orizzontale	$\gamma$	0.375	0.500	0.49
coefficiente fac <sub>x</sub>	facM <sub>x</sub>	0.166	0.134	0.136
coefficiente facV <sub>x</sub>	facV <sub>x</sub>	0.546	0.462	0.469
Momento flettente in direzione orizzontale	M <sub>xmax</sub>	kNm	250.5	
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	M <sub>xband</sub>	kNm	0.0	
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	V <sub>xmax</sub>	kN	176.1	
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	V <sub>xband</sub>	kN	0.0	
direzione verticale	$\gamma$	0.38	0.50	0.49
coefficiente fac <sub>y</sub>	facM <sub>y</sub>	0.035	0.055	0.05
coefficiente facV <sub>y</sub>	facV <sub>y</sub>	0.419	0.483	0.478
Momento flettente in direzione verticale	M <sub>ymax</sub>	kNm	406.7	
Sforzo di taglio in direzione verticale	V <sub>ymax</sub>	kN	366.0	

**Effetti dovuti ai sovraccarichi accidentali**

larghezza dell'impronta del carico Q <sub>ik</sub> in sommità	b <sub>1</sub>	m	2.40	
lunghezza dell'impronta di carico Q <sub>ik</sub> in sommità	a <sub>1</sub>	m	3.10	
larghezza dell'impronta del carico Q <sub>ik</sub> alla base	b <sub>2</sub>	m	8.17	
lunghezza dell'impronta di carico Q <sub>ik</sub> alla base	a <sub>2</sub>	m	8.87	
pressione orizzontale dovuta al carico Q <sub>ik</sub> in sommità	sh <sub>1</sub>	kPa	34.4	
pressione orizzontale dovuta al carico Q <sub>ik</sub> alla base	sh <sub>2</sub>	kPa	3.5	
pressione orizzontale di calcolo	q	kN/mq	19.0	
direzione orizzontale	$\gamma$	0.38	0.50	0.49
coefficiente fac <sub>x</sub>	facM <sub>x</sub>	0.429	0.360	0.36
coefficiente facV <sub>x</sub>	facV <sub>x</sub>	1.102	1.114	1.113
Momento flettente in direzione orizzontale	M <sub>xmax</sub>	kNm	166.1	
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	M <sub>xband</sub>	kNm	0.0	
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	V <sub>xmax</sub>	kN	103.4	
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	V <sub>xband</sub>	kN	0.0	
direzione verticale	$\gamma$	0.38	0.50	0.49
coefficiente fac <sub>x</sub>	facM <sub>y</sub>	0.059	0.105	0.102
coefficiente facV <sub>y</sub>	facV <sub>y</sub>	0.671	0.874	0.858
Momento flettente in direzione verticale	M <sub>ymax</sub>	kNm	192.2	
Sforzo di taglio in direzione verticale	V <sub>ymax</sub>	kN	162.6	

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA**  
**Calcolo e Verifica dei muri di risvolto**
**Effetti dovuti al sisma**

forza inerziale	q1	kN/mq	2.19	
incremento di spinta delle terre	q2	kN/mq	15.8	
pressione orizzontale di calcolo	q	kN/mq	17.9	
direzione orizzontale	$\gamma$	0.38	0.50	0.49
coefficiente facx	facMx	0.429	0.360	<b>0.36</b>
coefficiente facVx	facVx	1.102	1.114	<b>1.11</b>

Momento flettente in direzione orizzontale	Mxmax	kNm	<b>157.2</b>
Momento flettente in direzione orizzontale da bandiera	Mxband	kNm	<b>0.0</b>
Sforzo di taglio in direzione orizzontale	Vxmax	kN	<b>97.9</b>
Sforzo di taglio in direzione orizzontale da bandiera	Vxband	kN	<b>0.0</b>

direzione verticale	$\gamma$	0.38	0.50	0.49
coefficiente facx	facMy	0.059	0.105	<b>0.102</b>
coefficiente facVy	facVy	0.671	0.874	<b>0.858</b>

Momento flettente in direzione verticale	Mymax	kNm	<b>181.9</b>
Sforzo di taglio in direzione verticale	Vymax	kN	<b>153.9</b>

**Riepilogo sollecitazioni sul muro**

Condizione	Mx kNm	My kNm	Vx kN	Vy kN
Spinta del terreno	250.5	406.7	176.1	366.0
Spinta sovraccarichi accidentali	166.1	192.2	103.4	162.6
Spinta dovuta al sisma	157.2	181.9	97.9	153.9

**Armatura zona tesa - dir. Orizzontale**

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/pass	$\phi$ 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	<b>3142</b>

**Armatura zona tesa - dir. Verticale**

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/pass	$\phi$ 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	<b>4524</b>

**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	562.4	808.5	377.3	713.6
SLU-SIS	407.6	588.6	273.9	519.9

Armatura minima richiesta in dir. Orizzontale	Afh_min	mmq/ml	1721	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	3142	OK!
Momento Resistente dir. Orizzontale	MR_h	kNm/ml	1027	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		55%	OK!
Armatura minima richiesta in dir. Verticale	Afh_min	mmq/ml	2534	
Armatura effettivamente adottata:	Afs	mmq	4524	OK!
Momento Resistente dir. Verticale	MR_v	kNm/ml	1443	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		56%	OK!

**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

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA**  
**Calcolo e Verifica dei muri di risvolto**

<b>Combinazioni SLE-RARA</b>		<b>Mx</b>	<b>My</b>	
<b>Combinazione</b>		<b>kNm</b>	<b>kNm</b>	
SLE-RARA		416.6	598.9	
Tasso di lavoro armature orizzontali	$\sigma_{sh}$	Mpa	<b>159</b>	
Tasso di lavoro armature verticali	$\sigma_{sv}$	Mpa	<b>162</b>	
Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo armature orizzontali - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		<b>44%</b>	OK!
coefficiente di utilizzo armature verticali - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		<b>45%</b>	OK!

**VERIFICHE SLE-FREQUENTE**

<b>Condizione di carico</b>		<b>fattori parziali per azioni SLE-FRE</b>		
Spinta del terreno		1.00		
Spinta sovraccarichi accidentali		0.75		
Spinta dovuta al sisma		0.00		
<b>Combinazioni SLE-FREQUENTE</b>		<b>Mx</b>	<b>My</b>	
<b>Combinazione</b>		<b>kNm</b>	<b>kNm</b>	
SLE-FRE		375.0	550.8	
Tasso di lavoro armature orizzontali	$\sigma_{sh}$	Mpa	<b>143</b>	
Tasso di lavoro armature verticali	$\sigma_{sv}$	Mpa	<b>149</b>	
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)	$\sigma_{slim}$	MPa	<b>222</b>	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		<b>64%</b>	OK!
Tensione limite ammissibile per barre f 24.0 (arm.verticale)	$\sigma_{slim}$	MPa	<b>204</b>	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		<b>73%</b>	OK!

**VERIFICHE SLE-QUASI PERMANENTE**

<b>Condizione di carico</b>		<b>fattori parziali per azioni SLE-QP</b>		
Spinta del terreno		1.00		
Spinta sovraccarichi accidentali		0.00		
Spinta dovuta al sisma		0.00		
<b>Combinazioni SLE-QUASI PERMANENTE</b>		<b>Mx</b>	<b>My</b>	
<b>Combinazione</b>		<b>kNm</b>	<b>kNm</b>	
SLE-QP		250.5	406.7	
Tasso di lavoro armature orizzontali	$\sigma_{sh}$	Mpa	<b>95</b>	
Tasso di lavoro armature verticali	$\sigma_{sv}$	Mpa	<b>110</b>	
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)	$\sigma_{slim}$	MPa	<b>182</b>	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		<b>52%</b>	OK!
Tensione limite ammissibile per barre f 24.0 (arm.verticale)	$\sigma_{slim}$	MPa	<b>164</b>	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		<b>67%</b>	OK!

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA - PO01- SPALLA SPA  
Verifiche SLU per sollecitazioni taglianti

Sollecitazioni di calcolo	Var	unità	Zattera - Mensola posteriore	Mfron	Paraghiaia	Mrsv_h	Mrsv_v
<b>Taglio di calcolo</b>	<b>V<sub>Ed</sub></b>	<b>kN</b>	<b>565.0</b>	<b>693.0</b>	<b>145.3</b>	<b>377.3</b>	<b>713.6</b>
<b>Dati</b>							
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	40	40	40	40	40
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		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
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>							
Altezza (porre = 0 in caso di sezione circolare)	H	m	2.00	1.80	0.60	0.60	1.00
Larghezza/ Diametro	B	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	2.00	1.80	0.60	0.60	1.00
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	1.69	0.51	0.53	0.91
<b>Compressione agente nella sezione</b>							
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio</b>							
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	1.34	1.62	1.62	1.47
rapporto geometrico di armatura longitudinale	vmin		0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
tensione media di compressione nella sezione	$\rho_1$		0.00278	0.00471	0.00611	0.00595	0.00499
	$\sigma_{cp}$	Mpa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>628.7</b>	<b>673.5</b>	<b>269.8</b>	<b>273.3</b>	<b>402.5</b>
			<b>OK</b>	<b>N.V.</b>	<b>OK</b>	<b>N.V.</b>	<b>N.V.</b>
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>							
<i>Verifica del conglomerato</i>							
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rod</sub>	kN	10395.8	9195.4	2796.2	2872.3	4928.6
<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	$\alpha$	deg	90	90	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	0	0	0	0	0
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rsd</sub>	kN	1585.8	1052.0	222.2	657.2	1127.8
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	5376.9	4756.0	1446.2	1485.6	2549.2
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>1585.8</b>	<b>1052.0</b>	<b>222.2</b>	<b>657.2</b>	<b>1127.8</b>
			<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>

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)		
<b>CA352</b>	<b><i>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</i></b>	

**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: PO01 - PONTE CANALE**      **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 / γ<sub>b</sub>: Resistenza alla base di progetto  
 Rsd = Rsk / γ<sub>s</sub>: Resistenza laterale di progetto  
 Rbk = Min [(Rbc,cal)<sub>media</sub> / ξ<sub>3</sub>; (Rbc,cal)<sub>min</sub> / ξ<sub>4</sub>] Resistenza alla punta caratteristica  
 Rsk = Min [(Rsc,cal)<sub>media</sub> / ξ<sub>3</sub>; (Rsc,cal)<sub>min</sub> / ξ<sub>4</sub>] Resistenza laterale caratteristica  
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo  
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo  
 Wp: peso proprio del palo allgerrito

Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γ <sub>R</sub>	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ <sub>b</sub>	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ <sub>s</sub>	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ <sub>st</sub>	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 <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ <sub>4</sub>	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<sub>cls</sub> - γ<sub>nat</sub>) 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 = σ<sub>v</sub> + 9 c<sub>u</sub>

**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<sup>(1)</sup>:  
 qb = Nq\* x σ'<sub>v</sub>      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<sub>N</sub>      con:

α<sub>N</sub> = 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'<sub>v</sub>      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 <sup>2</sup>	Ab	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m <sup>2</sup>	As	3.77
peso specifico del palo	kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>p</sub>	25.00

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO			
Tensione totale in testa palo	kPa	σ <sub>vi</sub>	54.0
Tensione efficace in testa palo	kPa	σ' <sub>vi</sub>	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 γ <sub>b</sub>		1.35
coefficiente γ <sub>s</sub>		1.15

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

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA		
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)		MEDI
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	γ <sub>cu</sub>	γ <sub>φ'</sub>	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m <sup>3</sup>	Nspt	ql,max kPa	α <sub>N</sub>	Nspt*α <sub>N</sub>	qp,max kPa
1	MA	0.0	4.5	C	223		1.00	1.00	223.0	0.0	18.0		100			4000
2	M	4.5	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: PO01 - PONTE CANALE

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	$\phi'$ d deg	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma'$ kN/m <sup>3</sup>	qa kPa	Ks	$\sigma_v$ kPa	$\sigma_v'$ kPa	tan $\delta$	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
2	5.0	2.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	89.6	70.0	0.000	100	100.0	713		3240.0	4000	3329.6	3766	413	1860	16	2257	306
2	6.0	3.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	107.2	77.8	0.000	100	100.0	1090		3240.0	4000	3347.2	3786	632	1869	25	2477	467
2	7.0	4.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	124.8	85.6	0.000	100	100.0	1467		3240.0	4000	3364.8	3805	851	1879	33	2697	628
2	8.0	5.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	142.4	93.4	0.000	100	100.0	1844		3240.0	4000	3382.4	3825	1069	1889	41	2917	790
2	9.0	6.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	160.0	101.1	0.000	100	100.0	2221		3240.0	4000	3400.0	3845	1288	1899	50	3137	951
2	10.0	7.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	177.6	108.9	0.000	100	100.0	2598		3240.0	4000	3417.6	3865	1506	1909	58	3357	1112
2	11.0	8.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	195.2	116.7	0.000	100	100.0	2975		3240.0	4000	3435.2	3885	1725	1919	67	3577	1274
2	12.0	9.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	212.8	124.5	0.000	100	100.0	3352		3240.0	4000	3452.8	3905	1943	1928	75	3797	1435
2	13.0	10.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	230.4	132.3	0.000	100	100.0	3729		3240.0	4000	3470.4	3925	2162	1938	83	4017	1597
2	14.0	11.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	248.0	140.1	0.000	100	100.0	4106		3240.0	4000	3488.0	3945	2380	1948	92	4237	1758
2	15.0	12.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	265.6	147.9	0.000	100	100.0	4483		3240.0	4000	3505.6	3965	2599	1958	100	4457	1919
2	16.0	13.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	283.2	155.7	0.000	100	100.0	4860		3240.0	4000	3523.2	3985	2817	1968	108	4677	2081
2	17.0	14.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	300.8	163.5	0.000	100	100.0	5237		3240.0	4000	3540.8	4005	3036	1978	117	4897	2242
2	18.0	15.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	318.4	171.3	0.000	100	100.0	5614		3240.0	4000	3558.4	4024	3255	1987	125	5117	2403
2	19.0	16.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	336.0	179.0	0.000	100	100.0	5991		3240.0	4000	3576.0	4044	3473	1997	133	5337	2565
2	20.0	17.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	353.6	186.8	0.000	100	100.0	6368		3240.0	4000	3593.6	4064	3692	2007	142	5557	2726
2	21.0	18.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	371.2	194.6	0.000	100	100.0	6745		3240.0	4000	3611.2	4084	3910	2017	150	5777	2887
2	22.0	19.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	388.8	202.4	0.000	100	100.0	7122		3240.0	4000	3628.8	4104	4129	2027	159	5997	3049
2	23.0	20.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	406.4	210.2	0.000	100	100.0	7499		3240.0	4000	3646.4	4124	4347	2037	167	6217	3210
2	24.0	21.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	424.0	218.0	0.000	100	100.0	7876		3240.0	4000	3664.0	4144	4566	2046	175	6437	3371
2	25.0	22.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	441.6	225.8	0.000	100	100.0	8253		3240.0	4000	3681.6	4164	4784	2056	184	6657	3533
2	26.0	23.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	459.2	233.6	0.000	100	100.0	8630		3240.0	4000	3699.2	4184	5003	2066	192	6877	3694
2	27.0	24.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	476.8	241.4	0.000	100	100.0	9007		3240.0	4000	3716.8	4204	5221	2076	200	7097	3855
2	28.0	25.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	494.4	249.2	0.000	100	100.0	9384		3240.0	4000	3734.4	4224	5440	2086	209	7317	4017
2	29.0	26.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	512.0	256.9	0.000	100	100.0	9761		3240.0	4000	3752.0	4243	5659	2096	217	7537	4178
2	30.0	27.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	529.6	264.7	0.000	100	100.0	10138		3240.0	4000	3769.6	4263	5877	2105	226	7757	4340
2	31.0	28.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	547.2	272.5	0.000	100	100.0	10515		3240.0	4000	3787.2	4283	6096	2115	234	7977	4501
2	32.0	29.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	564.8	280.3	0.000	100	100.0	10892		3240.0	4000	3804.8	4303	6314	2125	242	8197	4662
2	33.0	30.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	582.4	288.1	0.000	100	100.0	11269		3240.0	4000	3822.4	4323	6533	2135	251	8417	4824
2	34.0	31.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	600.0	295.9	0.000	100	100.0	11646		3240.0	4000	3840.0	4343	6751	2145	259	8637	4985
2	35.0	32.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	617.6	303.7	0.000	100	100.0	12023		3240.0	4000	3857.6	4363	6970	2154	267	8857	5146
2	36.0	33.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	635.2	311.5	0.000	100	100.0	12400		3240.0	4000	3875.2	4383	7188	2164	276	9077	5308
2	37.0	34.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	652.8	319.3	0.000	100	100.0	12777		3240.0	4000	3892.8	4403	7407	2174	284	9297	5469
2	38.0	35.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	670.4	327.1	0.000	100	100.0	13154		3240.0	4000	3910.4	4423	7625	2184	292	9517	5630
2	39.0	36.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	688.0	334.8	0.000	100	100.0	13531		3240.0	4000	3928.0	4442	7844	2194	301	9737	5792
2	40.0	37.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	705.6	342.6	0.000	100	100.0	13908		3240.0	4000	3945.6	4462	8063	2204	309	9957	5953
2	41.0	38.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	723.2	350.4	0.000	100	100.0	14285		3240.0	4000	3963.2	4482	8281	2213	318	10177	6114
2	42.0	39.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	740.8	358.2	0.000	100	100.0	14662		3240.0	4000	3980.8	4502	8500	2223	326	10397	6276
2	43.0	40.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	758.4	366.0	0.000	100	100.0	15039		3240.0	4000	3998.4	4522	8718	2233	334	10617	6437
2	44.0	41.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	776.0	373.8	0.000	100	100.0	15416		3240.0	4000	4000.0	4542	8937	2243	343	10837	6598
2	45.0	42.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	793.6	381.6	0.000	100	100.0	15793		3240.0	4000	4000.0	4562	9155	2253	351	11057	6760
2	46.0	43.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	811.2	389.4	0.000	100	100.0	16170		3240.0	4000	4000.0	4582	9374	2263	359	11277	6921
2	47.0	44.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	828.8	397.2	0.000	100	100.0	16547		3240.0	4000	4000.0	4602	9592	2273	368	11497	7082
2	48.0	45.0	360.0	0.0	17.6	7.8	144.0	1.00	846.4	405.0	0.000	100	100.0	16924		3240.0	4000	4000.0	4622	9811	2283	376	11717	7244

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA

OPERA: PO01 - PONTE CANALE

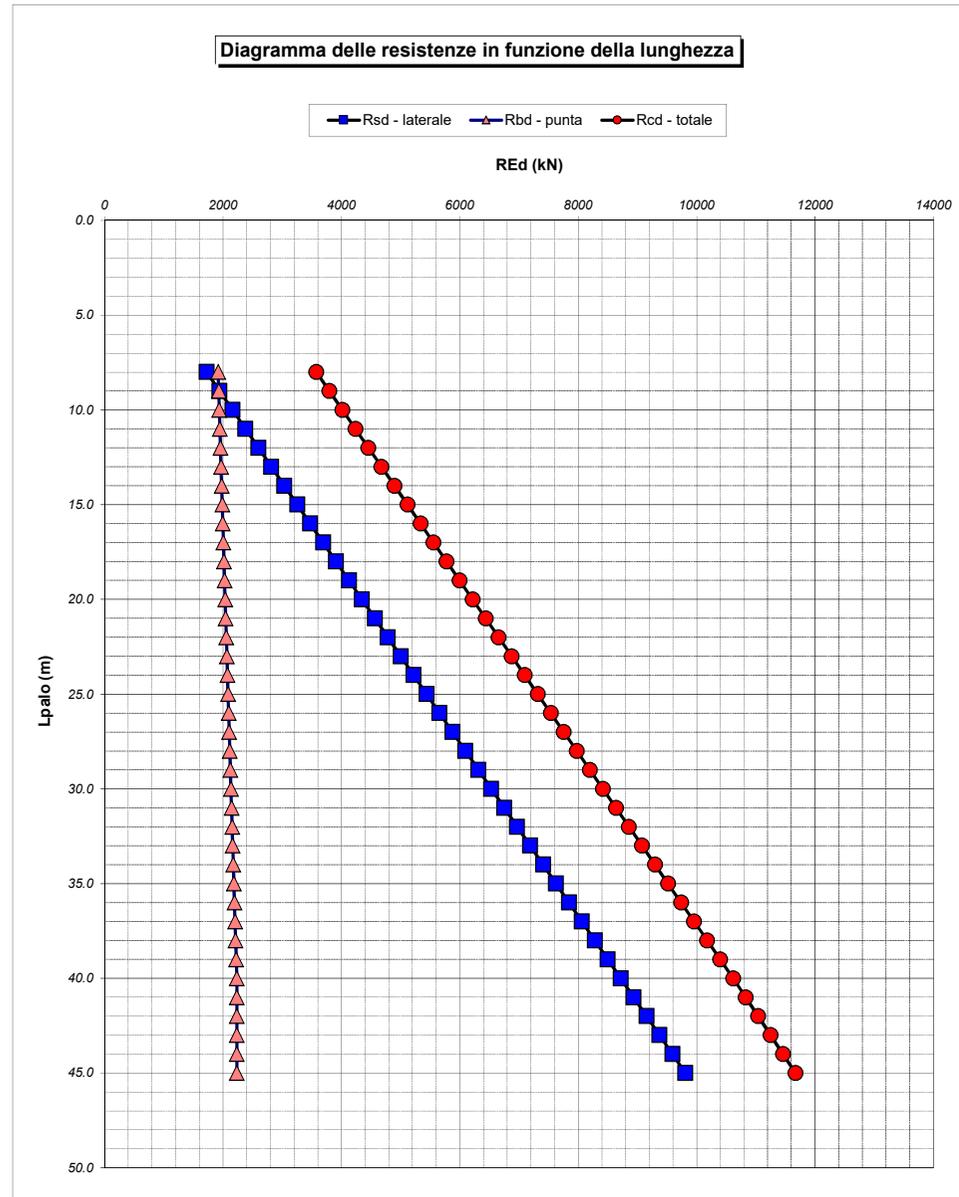
ALLINEAMENTI:

SPALLE

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

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
SPALLE	16.0	3473	1997	5337	4540	85%	2565	0	0%
MA H10	12.0	2599	1958	4457	3256	73%	1919	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<sub>pali</sub>:

η

R<sub>cd</sub> è il numero complessivo di pali presenti nella palificata  
efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η è la resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse- Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

interasse tra i pali

d

diametro dei pali

m

numero di file

n

numero massimo di pali in ciascuna fila

**RESISTENZA DELLA PALIFICATA**

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	n <sub>pali</sub>	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
SPALLE	1.20	3.60	21	3	7	0.69	77093	66397	86%
MA H10	1.20	3.60	8	2	4	0.74	26526	18428	69%

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA OPERA: PO01 - PONTE CANALE 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<sub>b</sub>: Resistenza alla base di progetto  
 Rsd = Rsk / γ<sub>s</sub>: Resistenza laterale di progetto  
 Rbk = Min [(Rbc,cal)<sub>media</sub> / ξ<sub>3</sub>; (Rbc,cal)<sub>min</sub> / ξ<sub>4</sub>] Resistenza alla punta caratteristica  
 Rsk = Min [(Rsc,cal)<sub>media</sub> / ξ<sub>3</sub>; (Rsc,cal)<sub>min</sub> / ξ<sub>4</sub>] Resistenza laterale caratteristica  
 Rsc,calc = Qb: Resistenza alla base di calcolo  
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo  
 Wp: peso proprio del palo allgerrito

Coefficienti parziali gR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γ <sub>R</sub>	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ <sub>b</sub>	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γ <sub>s</sub>	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γ <sub>st</sub>	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 <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ <sub>4</sub>	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<sub>cls</sub> - γ<sub>nat</sub>) 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<sup>(1)</sup>:  
 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<sub>N</sub> con:  
 α<sub>N</sub> = 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 <sup>2</sup>	Ab	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m <sup>2</sup>	As	3.77
peso specifico del palo	kN/m <sup>3</sup>	γp	25.00

**SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO**

	kPa	σ <sub>vi</sub>	
Tensione totale in testa palo			47.7
Tensione efficace in testa palo		σ <sub>vi</sub>	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 <sub>b</sub>	1.35
coefficiente γ <sub>s</sub>	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

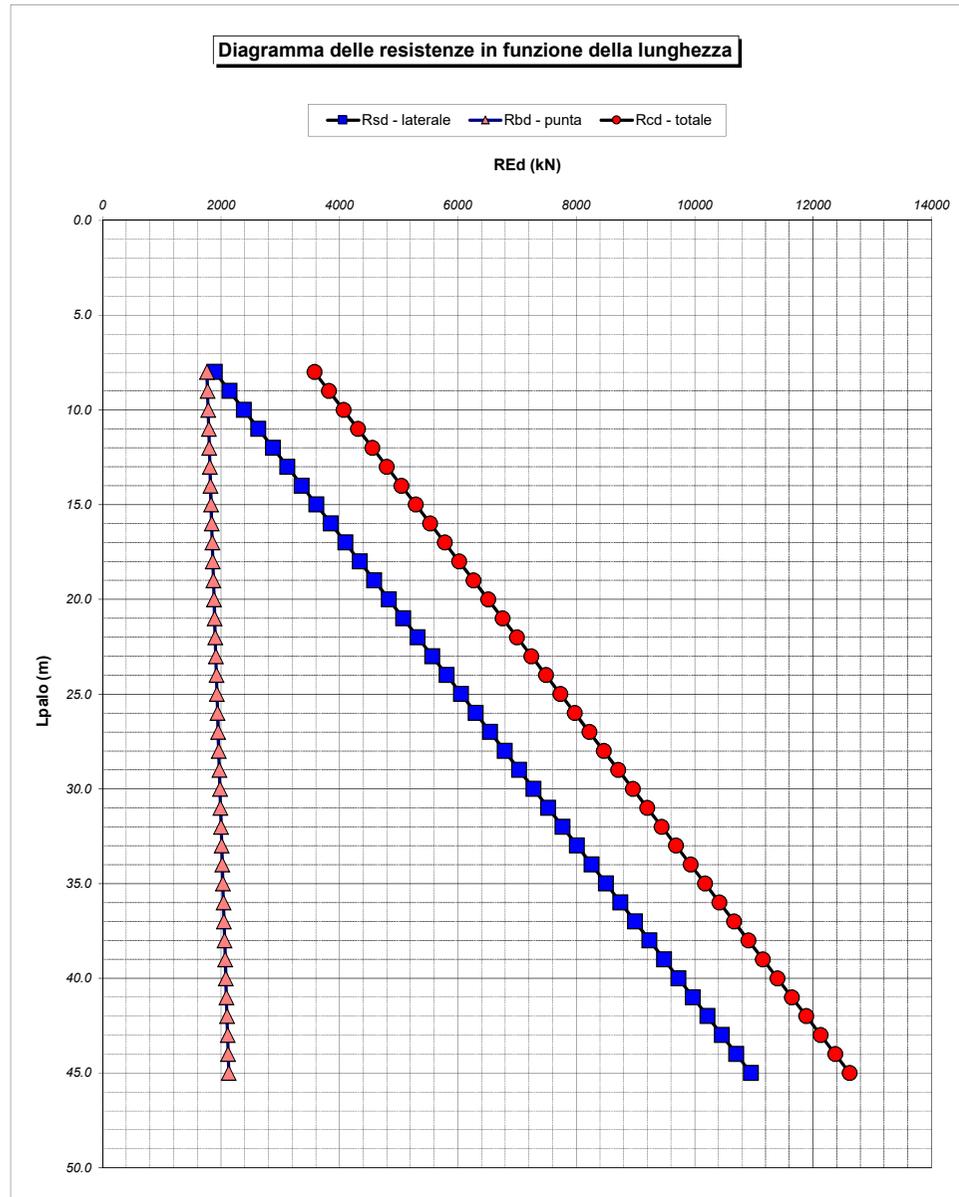
Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m <sup>3</sup>	Nspt	ql,max kPa	α <sub>N</sub>	Nspt*α <sub>N</sub>	qp,max kPa
1	MA	0.0	4.5	C	191.0		1.00	1.00	191.0	0.0	15.9		100			4000
2	M	4.5	50.0	C	294.0		1.00	1.00	294.0	0.0	15.9		100			4000
3																
4																
5																
6																

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

<b>LAVORO:</b> SS554 CAGLIARITANA	<b>OPERA:</b> PO01 - PONTE CANALE	<b>ALLINEAMENTI:</b>	<b>SPALLE</b>
<b>RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE</b>		<b>VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:</b>	<b>MINIMI</b>

Unità	z m	Lp (m)	cud kPa	φ'd deg	γ kN/m³	γ' kN/m³	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
2	5.0	2.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	79.5	59.9	0.000	100	100.0	665		2646.0	4000	2725.5	3082	432	1704	21	2115	323
2	6.0	3.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	95.4	66.0	0.000	100	100.0	1042		2646.0	4000	2741.4	3100	676	1714	31	2359	504
2	7.0	4.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	111.3	72.1	0.000	100	100.0	1419		2646.0	4000	2757.3	3118	921	1724	41	2604	686
2	8.0	5.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	127.2	78.2	0.000	100	100.0	1796		2646.0	4000	2773.2	3136	1165	1734	51	2848	867
2	9.0	6.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	143.1	84.2	0.000	100	100.0	2173		2646.0	4000	2789.1	3154	1410	1744	62	3092	1049
2	10.0	7.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	159.0	90.3	0.000	100	100.0	2550		2646.0	4000	2805.0	3172	1655	1754	72	3336	1230
2	11.0	8.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	174.9	96.4	0.000	100	100.0	2927		2646.0	4000	2820.9	3190	1899	1764	82	3581	1412
2	12.0	9.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	190.8	102.5	0.000	100	100.0	3304		2646.0	4000	2836.8	3208	2144	1774	93	3825	1593
2	13.0	10.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	206.7	108.6	0.000	100	100.0	3681		2646.0	4000	2852.7	3226	2389	1783	103	4069	1775
2	14.0	11.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	222.6	114.7	0.000	100	100.0	4058		2646.0	4000	2868.6	3244	2633	1793	113	4314	1957
2	15.0	12.0	294.0	0.0	15.9	6.1	117.6	1.00	238.5	120.8	0.000	100	100.0	4435		2646.0	4000	2884.5	3262	2878	1803	124	4558	2138
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	4812		2646.0	4000	2900.4	3280	3123	1813	134	4802	2320
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	5189		2646.0	4000	2916.3	3298	3367	1823	144	5046	2501
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	5566		2646.0	4000	2932.2	3316	3612	1833	154	5291	2683
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	5943		2646.0	4000	2948.1	3334	3857	1843	165	5535	2864
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	6320		2646.0	4000	2964.0	3352	4101	1853	175	5779	3046
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	6697		2646.0	4000	2979.9	3370	4346	1863	185	6024	3227
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	7074		2646.0	4000	2995.8	3388	4590	1873	196	6268	3409
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	7451		2646.0	4000	3011.7	3406	4835	1883	206	6512	3590
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	7828		2646.0	4000	3027.6	3424	5080	1893	216	6756	3772
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	8205		2646.0	4000	3043.5	3442	5324	1903	226	7001	3953
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	8582		2646.0	4000	3059.4	3460	5569	1913	237	7245	4135
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	8959		2646.0	4000	3075.3	3478	5814	1923	247	7489	4317
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	9336		2646.0	4000	3091.2	3496	6058	1933	257	7734	4498
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	9713		2646.0	4000	3107.1	3514	6303	1943	268	7978	4680
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	10090		2646.0	4000	3123.0	3532	6548	1952	278	8222	4861
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	10467		2646.0	4000	3138.9	3550	6792	1962	288	8466	5043
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	10844		2646.0	4000	3154.8	3568	7037	1972	298	8711	5224
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	11221		2646.0	4000	3170.7	3586	7281	1982	309	8955	5406
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	11598		2646.0	4000	3186.6	3604	7526	1992	319	9199	5587
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	11975		2646.0	4000	3202.5	3622	7771	2002	329	9444	5769
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	12352		2646.0	4000	3218.4	3640	8015	2012	340	9688	5950
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	12729		2646.0	4000	3234.3	3658	8260	2022	350	9932	6132
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	13106		2646.0	4000	3250.2	3676	8505	2032	360	10176	6313
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	13483		2646.0	4000	3266.1	3694	8749	2042	371	10421	6495
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	13860		2646.0	4000	3282.0	3712	8994	2052	381	10665	6677
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	14237		2646.0	4000	3297.9	3730	9239	2062	391	10909	6858
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	14614		2646.0	4000	3313.8	3748	9483	2072	401	11154	7040
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	14991		2646.0	4000	3329.7	3766	9728	2082	412	11398	7221
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	15368		2646.0	4000	3345.6	3784	9973	2092	422	11642	7403
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	15745		2646.0	4000	3361.5	3802	10217	2102	432	11886	7584
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	16122		2646.0	4000	3377.4	3820	10462	2112	443	12131	7766
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	16499		2646.0	4000	3393.3	3838	10706	2121	453	12375	7947
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	16876		2646.0	4000	3409.2	3856	10951	2131	463	12619	8129

LAVORO: SS554 CAGLIARITANA      OPERA: PO01 - PONTE CANALE      ALLINEAMENTI: SPALLE  
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE      VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: **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
SPALLE	16.0	3857	1843	5535	4540	82%	2864	0	0%
MA H10	12.0	2878	1803	4558	3256	71%	2138	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<sub>pali</sub>:

η

R<sub>cd</sub> è il numero complessivo di pali presenti nella palificata  
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η è la resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse- Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m - 1)n + (n - 1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

interasse tra i pali

d

diametro dei pali

m

numero di file

n

numero massimo di pali in ciascuna fila

**RESISTENZA DELLA PALIFICATA**

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	n <sub>pali</sub>	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
SPALLE	1.20	3.60	21	3	7	0.69	79955	66397	83%
MA H10	1.20	3.60	8	2	4	0.74	27127	18428	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)		
<b>CA352</b>	<i><b>Relazione tecnica e di calcolo PO01 – Ponte Canale</b></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 CAGLIARITANA****RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI****OPERA:****PO01****ALLINEAMENTI:****SPA - SPB -MURI**Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi trasversali **Rtr,d** è pari a:

$$R_{tr,d} = R_{tr,k} / \gamma_T$$

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

$$R_{tr,cal} = H_{lim}$$

Resistenza ai carichi trasversali di progetto

Resistenza ai carichi trasversali caratteristica

Resistenza ai carichi trasversali di calcolo

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

Coefficiente parziale (R3)

 $\gamma_T$ 

1.30

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

**Terreni coesivi:**palo corto:  $H_{lim} = 9 \text{ cu D (L - 1.5 D)}$ palo intermedio:  $H_{lim} = -9 \text{ cu D}^2 (L/D + 1.5) + 9 \text{ cu D}^2 (2 (L/D)^2 + 4/9 \text{ My} / (\text{cu D}^3) + 4.5)^{0.5}$ palo lungo:  $H_{lim} = -13.5 \text{ cu D}^2 + \text{cu D}^2 (182.25 + 36 \text{ My} / (\text{cu D}^3))^{0.5}$ **Terreni incoerenti:**palo corto:  $H_{lim} = 1.5 L^2 K_p \gamma' D$ palo intermedio:  $H_{lim} = 0.5 L^2 K_p \gamma' D + \text{My} / L$ palo lungo:  $H_{lim} = K_p \gamma' D^3 ((3.681 \text{ My} / (K_p \gamma' D^4))^{2/3})$ I Fattori di correlazione  $\xi$  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
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO**

Diametro del palo	D	m	<b>1.20</b>
Lunghezza minima del palo	L	m	<b>12.00</b>

**FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA**

Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	<b>6</b>
coefficiente $\xi_3$	1.50
coefficiente $\xi_4$	1.34

**PARAMETRI GEOTECNICI**

DESCRIZIONE	TERRENI COESIVI		TERRENI INCOERENTI					
	cu,med kPa	cu,min kPa	$\gamma',\text{med}$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi',\text{med}$ deg	kp,med	$\gamma',\text{min}$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi',\text{min}$ deg	kp,min
MA	191.0	223.0			1.00			1.00

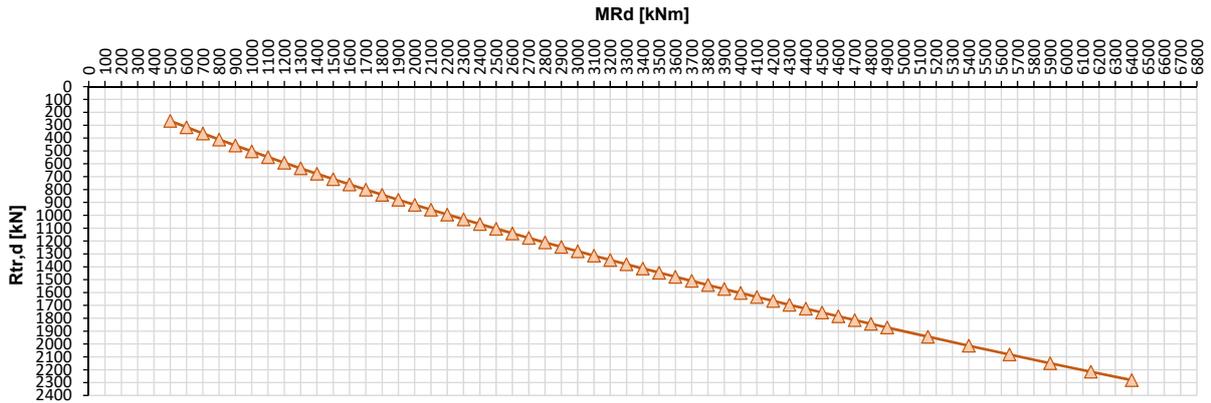
\* Per terreni incoerenti impostare  $cu,med = cu,min = ""$ 

My=MRd (kNm)	PARAMETRI MEDI					PARAMETRI MINIMI					Rtr,d (kN)
	palo corto		palo intermedio	palo lungo		palo corto		palo intermedio	palo lungo		
	H <sub>lim1,med</sub> (kN)	H <sub>lim2,med</sub> (kN)	H <sub>lim3,med</sub> (kN)	H <sub>lim</sub> (kN)	Rtr,d,med (kN)	H <sub>lim1,min</sub> (kN)	H <sub>lim2,min</sub> (kN)	H <sub>lim3,min</sub> (kN)	H <sub>lim</sub> (kN)	Rtr,d,min (kN)	
500	21041	6990	519	519	266	24566	8151	524	524	301	266
600	21041	7002	616	616	316	24566	8163	622	622	357	316
700	21041	7013	710	710	364	24566	8175	718	718	412	364
800	21041	7025	802	802	411	24566	8186	813	813	467	411
900	21041	7037	893	893	458	24566	8198	905	905	520	458
1000	21041	7048	981	981	503	24566	8210	997	997	572	503
1100	21041	7060	1068	1068	548	24566	8221	1086	1086	624	548
1200	21041	7071	1154	1154	592	24566	8233	1174	1174	674	592
1300	21041	7083	1238	1238	635	24566	8244	1261	1261	724	635
1400	21041	7095	1321	1321	677	24566	8256	1346	1346	773	677
1500	21041	7106	1402	1402	719	24566	8268	1431	1431	821	719
1600	21041	7118	1482	1482	760	24566	8279	1514	1514	869	760
1700	21041	7129	1561	1561	800	24566	8291	1595	1595	916	800
1800	21041	7141	1638	1638	840	24566	8302	1676	1676	962	840
1900	21041	7153	1715	1715	880	24566	8314	1756	1756	1008	880
2000	21041	7164	1791	1791	918	24566	8326	1834	1834	1053	918
2100	21041	7176	1865	1865	956	24566	8337	1912	1912	1097	956
2200	21041	7187	1938	1938	994	24566	8349	1988	1988	1141	994
2300	21041	7199	2011	2011	1031	24566	8360	2064	2064	1185	1031
2400	21041	7210	2083	2083	1068	24566	8372	2139	2139	1228	1068
2500	21041	7222	2153	2153	1104	24566	8384	2213	2213	1270	1104
2600	21041	7234	2223	2223	1140	24566	8395	2286	2286	1312	1140
2700	21041	7245	2292	2292	1176	24566	8407	2358	2358	1354	1176
2800	21041	7257	2361	2361	1211	24566	8418	2430	2430	1395	1211
2900	21041	7268	2428	2428	1245	24566	8430	2501	2501	1436	1245
3000	21041	7280	2495	2495	1280	24566	8441	2571	2571	1476	1280
3100	21041	7291	2561	2561	1313	24566	8453	2640	2640	1516	1313
3200	21041	7303	2627	2627	1347	24566	8465	2709	2709	1555	1347
3300	21041	7314	2691	2691	1380	24566	8476	2777	2777	1594	1380
3400	21041	7326	2755	2755	1413	24566	8488	2845	2845	1633	1413
3500	21041	7337	2819	2819	1446	24566	8499	2911	2911	1671	1446
3600	21041	7349	2882	2882	1478	24566	8511	2977	2977	1709	1478
3700	21041	7361	2944	2944	1510	24566	8522	3043	3043	1747	1510
3800	21041	7372	3006	3006	1541	24566	8534	3108	3108	1784	1541
3900	21041	7384	3067	3067	1573	24566	8545	3172	3172	1821	1573
4000	21041	7395	3127	3127	1604	24566	8557	3236	3236	1858	1604

**LAVORO: SS554 CAGLIARITANA** **OPERA: PO01**  
**RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI** **ALLINEAMENTI: SPA - SPB -MURI**

4100	21041	7407	3187	3187	1635	24566	8568	3300	3300	1894	1635
4200	21041	7418	3247	3247	1665	24566	8580	3363	3363	1930	1665
4300	21041	7430	3306	3306	1695	24566	8591	3425	3425	1966	1695
4400	21041	7441	3365	3365	1725	24566	8603	3487	3487	2002	1725
4500	21041	7453	3423	3423	1755	24566	8614	3548	3548	2037	1755
4600	21041	7464	3480	3480	1785	24566	8626	3609	3609	2072	1785
4700	21041	7475	3537	3537	1814	24566	8637	3669	3669	2106	1814
4800	21041	7487	3594	3594	1843	24566	8649	3729	3729	2141	1843
4900	21041	7498	3650	3650	1872	24566	8660	3789	3789	2175	1872
5150	21041	7527	3789	3789	1943	24566	8689	3936	3936	2259	1943
5400	21041	7556	3925	3925	2013	24566	8718	4080	4080	2342	2013
5650	21041	7584	4059	4059	2082	24566	8747	4222	4222	2424	2082
5900	21041	7613	4191	4191	2149	24566	8775	4362	4362	2504	2149
6150	21041	7642	4320	4320	2215	24566	8804	4499	4499	2583	2215
6400	21041	7670	4447	4447	2281	24566	8833	4634	4634	2660	2281

**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 - SPB	4646.0	1785	1057.0	59%	4993.0	1872	21.0	80%	31448	22197.0	71%
MA H10	2598.0	1104	771.0	70%	2958.0	1245	8.0	80%	7970	6168.0	77%