

S.S.4 "SALARIA"
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo –
3° Lotto 1° Stralcio – Tratto di adeguamento in
sede e variante dal km 83+400 al km 87+400

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

COD.
ATMSRM01100

PROGETTAZIONE: **VIA INGEGNERIA S.R.L.**

PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. MariaAntonietta Merendino (Ord. Ing. Prov. Roma 28481A)

Dott. Ing. Giulio Filippucci (Ord. Ing. Prov. Roma 14711)

RESPONSABILI D'AREA:

Responsabile Tracciato stradale: Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)

Responsabile Strutture: Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)

GEOLOGO:

Dott. Geol. Maurizio Lanzini (Ord. Geologi Lazio 385)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Paolo Nardocci ((Ord. Ing. Prov. Roma 22714)

PROTOCOLLO

DATA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE



OPERE D'ARTE

OPERE MAGGIORI

P003 – PONTE FORNACE 3

Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO S1R102 P 2201		T00V103STRRE01_B			
		CODICE ELAB. T00V103STRRE01		B	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B	REVISIONE A SEGUITO DI RAPPORTO DI VERIFICA DEL 1/06/2022	giu.2022	E. STRAMACCI	G.PIAZZA	M.MERENDINO
A	EMISSIONE	MAG. 2022	E. STRAMACCI	G. PIAZZA	M.MERENDINO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

INDICE

1	GENERALITA'	5
1.1	OGGETTO.....	5
1.2	VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA.....	5
1.2.1	<i>Vita Nominale V_n</i>	5
1.2.2	<i>Classi d'Uso</i>	5
1.2.3	<i>Periodo di Riferimento per l'azione sismica</i>	6
1.3	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	6
1.4	CONSIDERAZIONI SULLE METODOLOGIE COSTRUTTIVE.....	8
2	NORMATIVE E RIFERIMENTI	9
3	NORME TECNICHE	9
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO	10
4.1	CALCESTRUZZI	10
4.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i>	10
4.1.2	<i>Copriferri nominali</i>	11
4.1.3	<i>Resistenze di progetto</i>	12
4.1.4	<i>Verifiche a fessurazione</i>	14
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	17
4.3.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	17
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>	18
4.5	GIUNZIONI BULLONATE	18
4.5.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	18

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

4.5.2	<i>Resistenze di progetto</i>	19
4.6	GIUNZIONI SALDATE	19
5	AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO	20
5.1	ELENCO DELLE AZIONI SUI PONTI STRADALI.....	20
5.2	ANALISI DEI CARICHI.....	20
5.2.1	<i>Azioni permanenti - Peso proprio degli elementi strutturali – g1</i>	21
5.2.2	<i>Azioni permanenti - Carichi permanenti portati – g2</i>	21
5.2.3	<i>Azioni permanenti - Spinta delle terre in condizioni statiche – g3</i>	22
5.2.4	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Effetti reologici: ritiro e viscosità – ε_2 e ε_3</i>	23
5.2.5	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – ε_4</i>	25
5.2.6	<i>Azioni variabili da traffico - Carichi verticali comprensivi degli effetti dinamici – q1</i>	25
5.2.7	<i>Azioni variabili da traffico – Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione – q3</i>	28
5.2.8	<i>Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q4</i>	28
5.2.9	<i>Azioni di Neve e di Vento – q5</i>	29
5.2.10	<i>Azioni della temperatura – q7</i>	32
5.2.11	<i>Resistenze parassite dei vincoli – q9</i>	34
5.2.12	<i>Azioni sismiche – E</i>	34
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	40
5.3.1	<i>Combinazioni di carico in esercizio</i>	40
5.3.2	<i>Combinazioni di carico in fase sismica</i>	43
6	ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO.....	44
6.1	CRITERI DI CALCOLO	44
6.1.1	<i>Analisi globale</i>	44
6.1.2	<i>Analisi locali</i>	46
6.2	ANALISI STATICA GLOBALE	46
6.2.1	<i>Caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni in fase di analisi</i>	46
6.2.2	<i>Applicazione dei carichi al modello</i>	47
6.2.3	<i>Sollecitazioni di progetto</i>	48
6.3	VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI.....	54
6.3.1	<i>Verifiche di resistenza SLU</i>	54

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

6.4	VERIFICHE SLE DI DEFORMABILITÀ DELLA STRUTTURA	63
7	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO ALLE SOTTOSTRUTTURE	65
7.1	ANALISI IN FASE SISMICA	65
8	VERIFICHE SPALLE	68
8.1	ANALISI DELLA PALIFICATA	68
8.2	CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE	69
8.3	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE	70
8.4	DIMENSIONAMENTO DELLE SINGOLE MEMBRATURE DELLE SPALLE.....	75
8.4.1	<i>Paraghiaia.....</i>	<i>75</i>
8.4.2	<i>Verifiche di resistenza a taglio.....</i>	<i>76</i>
9	VERIFICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E ISOLAMENTO E GIUNTI DI DILATAZIONE.....	77
9.1	ISOLATORI ELASTOMERICI.....	77
9.1.1	<i>Carichi verticali trasmessi dall'impalcato</i>	<i>77</i>
9.1.2	<i>Verifica degli spostamenti orizzontali degli isolatori in fase sismica</i>	<i>78</i>
9.2	GIUNTI DI DILATAZIONE	81
10	VERIFICHE GEOTECNICHE SLU ED SLE DELLE FONDAZIONI SU PALI.....	82
10.1	CRITERI DI CALCOLO	82
10.1.1	<i>Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione</i>	<i>83</i>
10.1.2	<i>Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico assiale di compressione</i>	<i>87</i>
10.1.3	<i>Verifiche SLU di collasso per sfilamento del palo singolo nei riguardi del carico assiale di trazione</i>	<i>88</i>
10.1.4	<i>Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale</i>	<i>88</i>
10.1.5	<i>Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico trasversale</i>	<i>94</i>
10.2	APPLICAZIONE AL CASO IN ESAME	97
10.2.1	<i>Caratteristiche delle opere di fondazione su pali.....</i>	<i>97</i>
10.2.2	<i>Parametri geotecnici e stratigrafie di progetto.....</i>	<i>98</i>
10.2.3	<i>Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo e della palificata nei riguardi del carico assiale di compressione e di trazione (sfilamento).....</i>	<i>98</i>

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

10.2.4 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale
99

11 DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018)	100
11.1 TIPO DI ANALISI SVOLTE	100
11.2 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	100
11.3 AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO	100
11.4 MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	100
11.5 INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	100
11.6 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	101
12 ALLEGATO 1 – IMPALCATO - ANALISI STATICA GLOBALE – CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI ANALISI.....	102
13 ALLEGATO 2 – IMPALCATO - ANALISI STATICA GLOBALE – CARATTERISTICHE GEOMETRICO – INERZIALI IN FASE DI VERIFICA	103
14 ALLEGATO 3 – IMPALCATO - TRAVI PRINCIPALI - SOLLECITAZIONI PER VERIFICHE SLU104	
15 ALLEGATO 4 – IMPALCATO - VERIFICHE SLU TRAVI PRINCIPALI	105
16 ALLEGATO 5 – SOTTOSTRUTTURE: SPA.....	106
17 ALLEGATO 6 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI ASSIALI	107
18 ALLEGATO 7 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI TRASVERSALI.....	108

S.S.4 "SALARIA"		 an as <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

1 GENERALITA'

1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche relative alle strutture del Ponte "PO03 – Fornace 3" dalla progressiva km 4+078.13 alla progressiva km 4+098.13, previsto nell'ambito dei lavori di realizzazione della "Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400".

Il ponte è composto da 1 campata, per una lunghezza complessiva pari a 20.0 m misurata in asse appoggi spalle.

Le analisi e le verifiche statiche sono condotte conformemente al livello di Progettazione Preliminare.

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

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.

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

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

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

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

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

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

1.2.3 Periodo di Riferimento per l'azione sismica

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

- Periodo di Riferimento: $V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2.0 = 200$ anni.

1.3 Descrizione delle opere

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

L'impalcato ha larghezza variabile con un massimo di **12.1 m** ed un minimo di **12.0 m**. La piattaforma stradale ha larghezza variabile con un minimo di **10.5 m** ed un massimo di **10.6 m** (strada **Extraurbana secondaria di Categoria C1**, ai sensi del DM2001), fiancheggiata da elementi marginali costituiti da cordoli di larghezza **0.75 m** all'estremità.

L'impalcato è a struttura mista acciaio-calcestruzzo, inclinato di **35.77°** rispetto all'asse trasversale al ponte, con sezione "aperta" con **tre** travi metalliche principali di altezza pari a **1.30 m**.

La distanza trasversale tra le travi è **4.0 m x 2**. Gli sbalzi laterali di sinistra hanno luce variabile tra **2.09 e 1.99 m**, gli sbalzi laterali di destra hanno luce variabile tra **2.02 e 1.97 m**.

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

Le travi principali saranno realizzate mediante lamiere saldate.

S.S.4 "SALARIA"		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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 5.00 m. Anche i traversi hanno sezione a doppio T composta mediante lamiere saldate.

Per quanto attiene i collegamenti, i concetti delle travi principali saranno interamente saldati con saldature a Piena Penetrazione, mentre i collegamenti tra 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 saranno rimossi.

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

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

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

Nella figura seguente è riportata le sezioni rappresentative dell'impalcato:

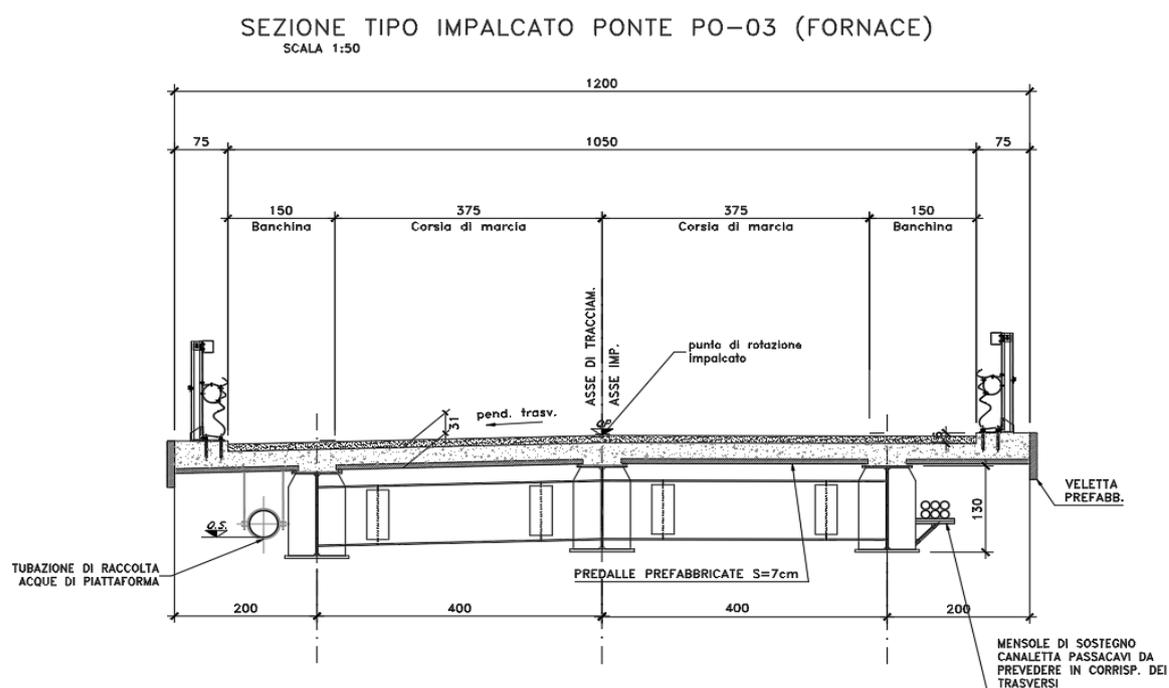


Figura 1.1. Sezione trasversale impalcato

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

Lo schema di vincolo prevede l'adozione di dispositivi di appoggio costituiti da isolatori elastomerici.

Pertanto, le azioni orizzontali trasversali e longitudinali vengono trasmesse a tutte le sottostrutture.

Gli isolatori elastomerici essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidità orizzontale garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura. Inoltre, i dispositivi sono dotati di una certa capacità dissipativa che è determinata dalla miscela elastomerica da cui sono costituiti e che è utile a ridurre gli spostamenti della struttura isolata.

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

Le spalle del ponte sono costituite da dei plinti a "C" larghi **2.90 m** nel tratto frontale e **1.50 m** nei tratti di risvolto e alti **2 m**. Dai plinti spicca un paraghiaia di spessore **60 cm**, debitamente arretrato rispetto alle travi d'impalcato in modo da garantire un varco di ampiezza adeguata alla manutenzione.

Per il dimensionamento dei muri d'ala e delle eventuali opere provvisorie necessarie alla realizzazione delle sottostrutture si rimanda al livello di progettazione successivo.

Al di sotto delle zattere di fondazione si realizzeranno palificate di:

- **Spalla A:** pali trivellati di diametro $\phi 1200$ in numero di **10** sul tratto frontale e **6** in corrispondenza di ogni muro di risvolto;
- **Spalla B:** pali trivellati di diametro $\phi 1200$ in numero di **10** sul tratto frontale e **6** in corrispondenza di ogni muro di risvolto.

1.4 Considerazioni sulle metodologie costruttive

La struttura in carpenteria metallica sarà montata a terra per macroconci, successivamente varati in quota con l'ausilio di autogrù 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.

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

2 NORMATIVE E RIFERIMENTI

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

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

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

Ulteriori riferimenti sono rappresentati dai seguenti documenti:

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

3 NORME TECNICHE

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

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO

4.1 Calcestruzzi

4.1.1 Caratteristiche ai fini della durabilità

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

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

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI (UNI EN 206-1 / UNI 11104)							
CALCESTRUZZO PER	Magrone	Sottofondazioni Pali trivellati	Fondazioni Spalle*	Elevazioni Spalle	Elevazioni Baggioli	Solette impalcato Predalle prefabbricate	Solette impalcato Getti in opera e cordoli marginali
Classe di resistenza (fck/Rck) (Mpa)	C12/15	C25/30	C25/30	C32/40	C35/45	C35/45	C35/45
Classe di esposizione ambientale	-	XC2	XC2	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	-	0.60	0.60	0.50	0.45	0.45	0.45
Tipo di cemento (secondo UNI EN 197-1)	-	CEM IV	CEM IV	CEM I÷V	CEM I÷V	CEM I÷V	CEM I÷V
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	150	300	300**	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.

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

4.1.2 Copriferrini nominali

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

Tabella C4.1.IV - Copriferrini minimi in mm

C _{min}	C ₀	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C≥C ₀	C _{min} <C<C ₀	C≥C ₀	C _{min} <C<C ₀	C≥C ₀	C _{min} <C<C ₀	C≥C ₀	C _{min} <C<C ₀
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

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

Per la definizione del calcestruzzo nominale, ai valori minimi di copriferrino 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:

Elemento		Sottofondazioni - Pali trivellati	Fondazioni - Spalle e pile	Elevezioni - Spalle	Elevezioni - Pile, pulvini	Elevezioni - Baggioli	Solette Impalcato predalle	Soletta Impalcato getti in opera e cordoli marginali
Tipo di armatura (1=barre da c.a.; 2=cavi da c.a.p.)		1	1	1	1	1	1	1
Elemento a piastra		NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI
Classe di esposizione		XC2	XC2	XC4	XC4	XC4	XC4	XC4
Ambiente		ordinario	ordinario	aggressivo	aggressivo	aggressivo	aggressivo	aggressivo
Rck	Mpa	30	30	40	40	45	45	45
Check Rck min		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
copriferrino minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	mm	25	20	30	35	35	30	30
incremento Per Vn=100 (tipo di costruzione 3)	mm	0	0	0	0	0	0	0
elem. prefabbricato con ver. Copriferrini*		NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
riduzione per produzioni con ver. Copriferrini		0	0	0	0	0	-5	0
Tolleranza di posa		10	10	10	10	10	5	10
copriferrino nominale	mm	35	30	40	45	45	30	40

Tabella 4.2 – Valori dei copriferrini 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 copriferrini, 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 copriferrini 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.

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

Tabella 4.3 – Valori dei copriferri nominali adottati in progetto

4.1.3 Resistenze di progetto

Calcestruzzo C25/30:

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	unità	C25/30
Resistenza a compressione caratteristica cubica	R_{ck}	Mpa	30
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	Mpa	25
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	Mpa	33.00
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	Mpa	2.56
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	Mpa	1.80
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	Mpa	3.33
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	3.08
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	31476

STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità	
coefficiente γ_c	γ_c		1.50
coefficiente α_{cc}	α_{cc}		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	Mpa	14.17
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	1.20

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	Mpa	15.00
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	Mpa	11.25
σ_t - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	Mpa	2.14

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	2.69
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	1.89

S.S.4 "SALARIA"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3.63
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	33346

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

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

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

S.S.4 "SALARIA"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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	$f_{ctf} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	3.85
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	34077

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

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

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

4.1.4 Verifiche a fessurazione

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

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Nel caso in esame si considerano:

- Condizioni **ordinarie**: per le verifiche a fessurazione delle fondazioni e delle sottofondazioni (classe di esposizione **XC2**).
- Condizioni **aggressive**: per le verifiche a fessurazione delle **elevazioni spalle** (classe di esposizione **XC4**).

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:

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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 delle **fondazioni** e delle **sottofondazioni** – condizioni ambientali **ordinarie** – Armatura poco sensibile:
 - o Combinazione di azioni frequente: $w_k \leq w_3 = 0.4$ mm
 - o Combinazione di azioni quasi permanente: $w_k \leq w_2 = 0.3$ mm
- Verifiche a fessurazione della **soletta** e delle **elevazioni delle spalle** – 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 alcuni casi, in accordo al par. §4.1.2.2.4.5, le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure sono state condotte senza calcolo diretto, verificando che la tensione di trazione dell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, sia contenuta entro i valori limite specificati nelle seguenti tabelle:

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

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Diametro massimo ϕ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ 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	-

S.S.4 "SALARIA"		 an GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

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

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

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

S.S.4 "SALARIA"		 an GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

4.2 Acciaio in barre per cemento armato e Reti Elettrosaldate

4.2.1 Qualità dell'acciaio

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

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

4.2.2 Resistenze di progetto

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

4.3 Acciaio per carpenteria metallica

4.3.1 Qualità dell'acciaio

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

Acciaio per strutture principali:

Elementi principali composti per saldatura o soggetti a saldatura:

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

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

- Acciaio [S355J0 W+N – UNI EN10025-5/2005](#).

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

- Acciaio [S355J0 W+N – UNI EN10025-5/2005](#).

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

4.3.2 Resistenze di progetto

Caratteristiche Acciaio da carpenteria metallica		Var	unità	UNI EN 10025
Qualità dell'acciaio				S355
Tensione caratteristica di snervamento	$t \leq 40$ mm	f_{yk}	Mpa	355
Tensione caratteristica di rottura		f_{tk}	Mpa	510
Tensione caratteristica di snervamento	40 mm < $t \leq 80$ mm	f_{yk}	Mpa	335
Tensione caratteristica di rottura		f_{tk}	Mpa	510
Modulo elastico		Es	Mpa	210000
STATI LIMITE ULTIMI		Var	unità	
coeff. di sicurezza per resistenza delle sezioni γ_{m0}		γ_{m0}		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature γ_{m1}		γ_{m1}		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrature dei ponti γ_{m1}		γ_{m1}		1.10
coeff. di sicurezza per resistenza alla frattura, delle sez. Tese indebolite dai fori γ_{m2}		γ_{m2}		1.25
Resistenza plastica di calcolo		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0}$	Mpa	338.1
Resistenza all'instabilità delle membrature	$t \leq 40$ 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 mm < $t \leq 80$ 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).

4.4.2 Resistenze di progetto

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

4.5 Giunzioni bullonate

4.5.1 Qualità dell'acciaio

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

I bulloni avranno le seguenti caratteristiche:

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

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

S.S.4 "SALARIA"		 Anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

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

4.5.2 Resistenze di progetto

Classe di resistenza della vite			10.9
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{y,bk}$	Mpa	900
Tensione caratteristica di rottura	f_{tbk}	Mpa	1000
STATI LIMITE ULTIMI		Var	unità
coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni γ_{m2}	γ_{m2}		1.25
Resistenza unitaria a taglio - gambo filettato della vite (A_{res}) $f_{v,Rd} = fac f_{tbk} / \gamma_{M2}$	$f_{v,Rd}$	MPa	400
Resistenza unitaria a taglio - gambo NON filettato della vite (A) $f_{v,Rd} = 0.6 f_{tbk} / \gamma_{M2}$	$f_{v,Rd}$	MPa	480
Resistenza unitaria a trazione - $f_{t,Rd} = 0.9 f_{tbk} / \gamma_{M2}$	$f_{t,Rd}$	MPa	720
Unioni ad attrito - coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni a scorrimento SLU γ_{m3}	γ_{m3} SLU		1.25
Unioni ad attrito - coeff. di sicurezza per resistenza dei bulloni a scorrimento SLE γ_{m3}	γ_{m3} SLE		1.10
Unioni ad attrito - coefficiente γ_{m7} - Precarico dei bulloni ad Alta Resistenza	γ_{m7}		1.00
Unioni ad attrito - Forza unitaria di "precarico" $f_{p,Cd} = 0.7 f_{tbk} / \gamma_{M7}$	$f_{p,Cd}$	MPa	700
Unioni ad attrito - coefficiente di attrito μ	μ		0.30
Unioni ad attrito - Resistenza unitaria allo scorrimento SLU $f_{s,Rd} = \mu f_{p,Cd} / \gamma_{M3}$	$f_{s,Rd}$ SLU	MPa	168
Unioni ad attrito - Resistenza unitaria allo scorrimento SLE $f_{s,Rd} = \mu f_{p,Cd} / \gamma_{M3}$	$f_{s,Rd}$ SLE	MPa	191

4.6 Giunzioni saldate

Tutte le giunzioni per **l'assemblaggio dei 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.

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

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

5 AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO

5.1 Elenco delle azioni sui ponti stradali

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

Azioni permanenti:

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

Distorsioni e deformazioni impresse:

- Distorsioni e presollecitazioni di progetto: $\varepsilon 1$
- Effetti reologici - ritiro: $\varepsilon 2$
- Effetti reologici - viscosità: $\varepsilon 3$
- Cedimenti vincolari: $\varepsilon 4$

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).

E' stata considerata la sola sezione di larghezza massima corrispondente al massimo sbalzo laterale.

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</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.: $(12.10 \times 0.31) \times 25.0 = 93.77$ 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	Trcen	Trdx
Peso soletta in c.a.	kN/m	31.84	31.26	30.67

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

- Strutture in carpenteria metallica impalcato : $2.0 \times 12.10 = 24.2$ kN/ml

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

$$Pg1a = 24.2 + 93.77 = 118 \text{ kN/m}$$

5.2.1.2 Peso proprio delle sottostrutture e relative fondazioni

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

5.2.2 Azioni permanenti - Carichi permanenti portati – g2

5.2.2.1 Carichi permanenti agenti sulle strutture d'impalcato

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

$$g2.pav = 0.11 \times 24.0 = 2.64 \text{ kN/mq}$$

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

Sono state prese in considerazione due configurazioni:

- la prima ($g2_{max_tr}$), relativa alla sezione trasversale d'impalcato con tubazioni di smaltimento e carter metallici 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 ($g2_{max_imp}$), relativa alla sezione trasversale d'impalcato completa di tubazioni di smaltimento e carter metallici su entrambi i lati, corrisponde al massimo carico verticale complessivamente agente sulle strutture d'impalcato ed è stata implementata nelle analisi delle sottostrutture;

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

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

Analisi dei carichi		p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)
cordolo sx	kN/m	3.75	-5.73	-21.47
cordolo dx	kN/m	3.75	5.63	21.09
pavimentazione	kN/m	31.80	-0.05	-1.59
barriera integrata / guard-rail sx	kN/m	1.50	-5.85	-8.78
barriera integrata / guard-rail dx	kN/m	1.50	5.75	8.63
rete /parapetto sx	kN/m	0.50	-5.95	-2.98
rete /parapetto dx	kN/m	0.50	5.85	2.93
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in sx	kN/m	1.50	-5.35	-8.03
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in dx	kN/m	0.00	5.25	0.00
veletta sx+carter	kN/m	2.90	-6.10	-17.69
veletta dx+carter	kN/m	2.90	6.00	17.40
Sommano		50.60	-0.21	-10.48

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trcen	Trdx
cordoli	kN/m	2.55	2.50	2.45
pavimentazione	kN/m	10.80	10.60	10.40
guard-rail	kN/m	1.02	1.00	0.98
rete/parapetti	kN/m	0.34	0.33	0.33
Tubazione smaltimento acque di piattaforma	kN/m	1.50	0.50	-0.50
velette	kN/m	1.97	1.93	1.90
Totale permanenti portati	kN/m	18.18	16.87	15.56

5.2.2.2 Rinterro sulle spalle

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

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

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

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

Sono stati considerati i seguenti parametri:

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

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

coefficiente di spinta a riposo : $K0 = 1 - \text{sen } \phi = 0.426$

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

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

S.S.4 "SALARIA"		 an <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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

5.2.4.1 Deformazione da ritiro a tempo infinito

La deformazione totale per ritiro si può esprimere come:

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

Dove:

ϵ_{cs} è la deformazione totale per ritiro

ϵ_{cd} è la deformazione per ritiro da essiccamento

ϵ_{ca} è la deformazione per ritiro autogeno

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

Ritiro del calcestruzzo (ϵ_2)	var	unità	
Modulo elastico calcestruzzo	E_c	MPa	34077
spessore dei getti in opera	h_c	m	0.24
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	A_c	m ²	2.904
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	11.98
coefficiente $h_0 = 2 \times A_c / u$	h_0	mm	485
umidità relativa atmosfera	RH	%	75%
deformazione finale da ritiro per essiccamento	ϵ_{cd}		0.00020
deformazione finale per ritiro autogeno	ϵ_{ca}		0.00006
deformazione totale finale per ritiro	ϵ_{cs}		0.00027

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

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

$$M_r = N_r \times z$$

Essendo:

ϵ_{cs} la deformazione totale finale per ritiro;

A_c l'area del calcestruzzo soggetta a ritiro;

E_a modulo elastico dell'acciaio;

n_r coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cla relativo alle azioni del ritiro.

z distanza tra baricentro della soletta e baricentro della sezione composta relativo alle azioni di lungo termine dovute al ritiro.

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

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

Effetti dovuti al ritiro del calcestruzzo ($\epsilon 2$)	var	unità	
distanza tra il baricentro della soletta in cls e il baricentro della sezione composta a tinf estremità sx	z	m	0.4172
baricentro della sezione composta a tinf estremità dx	z	m	0.417
Forza assiale d'estremità	Ncr	kN	-10320.4
Momento flettente d'estremità sx	Mcrsx	kNm	4305.8
Momento flettente d'estremità dx	Mcrdx	kNm	4305.8
Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità sx	kN	-3440.1	-3440.1
Momento flettente d'estremità sx	kNm	1435.3	1435.3
Forza assiale d'estremità dx	kN	-3440.1	-3440.1
Momento flettente d'estremità dx	kNm	1435.3	1435.3

5.2.4.2 Coefficienti di omogeneizzazione acciaio-cls a lungo termine

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

In ultima analisi si ottiene:

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

Condizione di carico	Ψ_L	t_0 (giorni)	$\phi_c(\text{inf}, t_0)$	n_L
Ritiro	0.55	1	2.85	15.74
Carichi permanenti portati	1.10	60	1.32	15.06

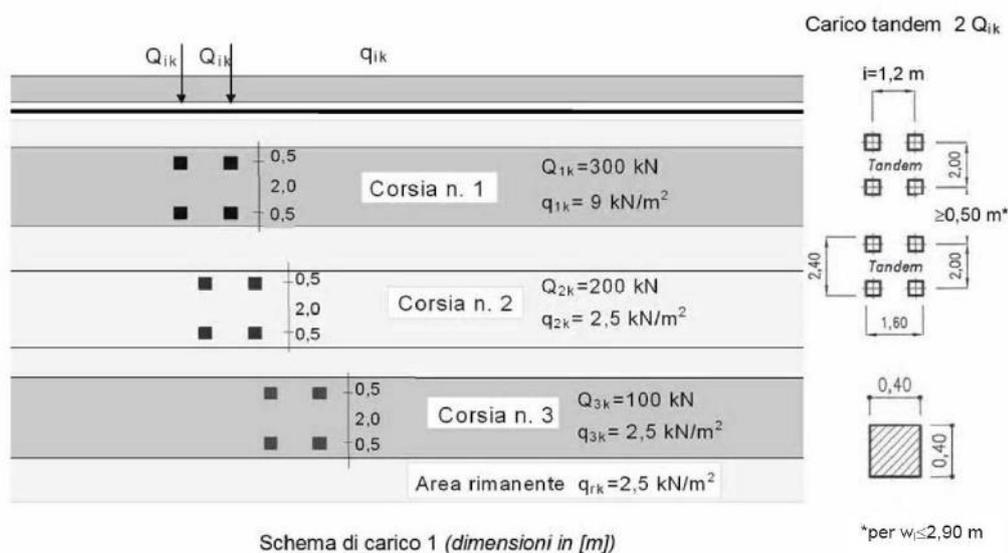
5.2.5 Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – ϵ_4

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

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

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

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



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

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

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

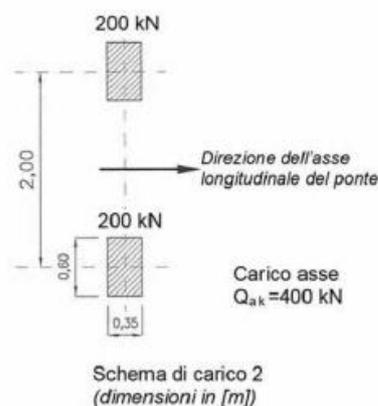
Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

I suddetti carichi mobili includono gli effetti dinamici.

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

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



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

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

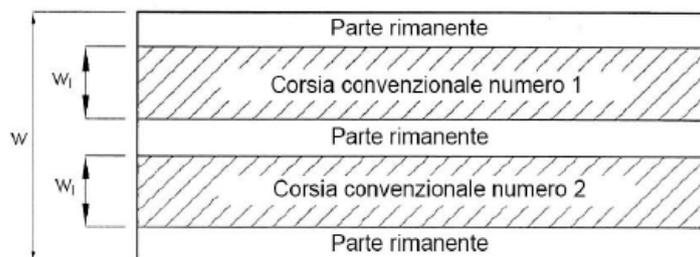


Fig. 5.1.1 - Esempio di numerazione delle corsie

Tab. 5.1.I - Numero e larghezza delle corsie

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

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata e parte rimanente;
- 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), disposte a partire dal margine destro della carreggiata e parte rimanente;

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

La tabella seguente sintetizza la ripartizione dei carichi mobili per le combinazioni dei carichi mobili in sinistra:

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trcen	Trdx
1 colonna di carico (Q1k)	kN/m	244.38	100.00	-44.38
2 colonne di carico (Q1k + Q2k)	kN/m	332.29	166.67	1.04
3 colonne di carico (Q1k + Q2k + Q3k)	kN/m	338.75	200.00	61.25
1 colonna di carico (q1k)	kN/m	21.99	9.00	-3.99
2 colonne di carico (q1k + q2k)	kN/m	25.29	11.50	-2.29
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)	kN/m	25.78	14.00	2.23
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)+ parte rimanente	kN/m	25.65	14.29	2.94

Come è possibile evincere, gli effetti più gravosi per la singola trave, sono relativi al caso di piattaforma impegnata da tre colonne di carico.

5.2.6.2 Disposizione trasversale delle corsie convenzionali per analisi globali sottostrutture

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

- C1: impalcato impegnato da 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata, e carico distribuito q1k sulla rimanente larghezza dell'impalcato, questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;
- C2: impalcato impegnato da 2 colonne di carico (Corsia Numero 1 e n.2), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata, questa configurazione massimizza la coppia trasversale sulle sottostrutture;

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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

5.2.6.3 Disposizione longitudinale dei carichi mobili

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

5.2.7 Azioni variabili da traffico – Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione – q_3

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

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

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:

$$q_3 = 414 \text{ kN}$$

5.2.8 Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q_4

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_4 , applicato a livello della pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte.

Tab. 5.1.III - Valori caratteristici delle forze centrifughe

Raggio di curvatura [m]	q_4 [kN]
$R < 200$	$0,2 Q_v$
$200 \leq R \leq 1500$	$40 Q_w/R$
$1500 \leq R$	0

S.S.4 "SALARIA"		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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 transianti 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:

$$c_{f,x} = c_{f,x,0}$$

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:

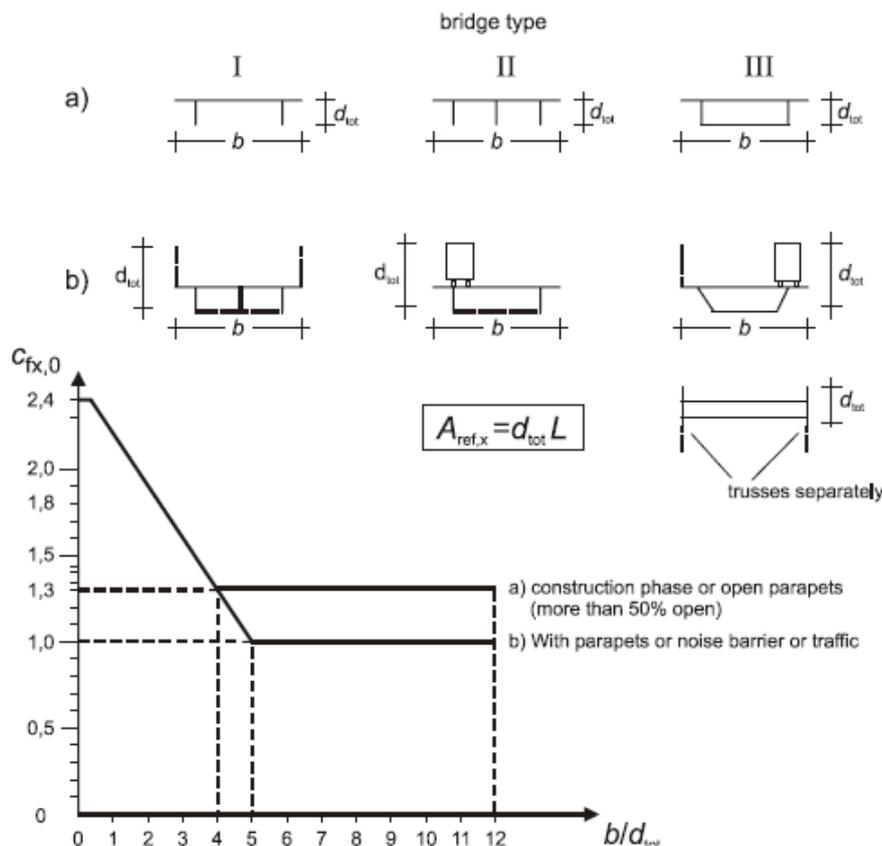


Figure 8.3 — Force coefficient for bridges, $c_{f,x,0}$

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

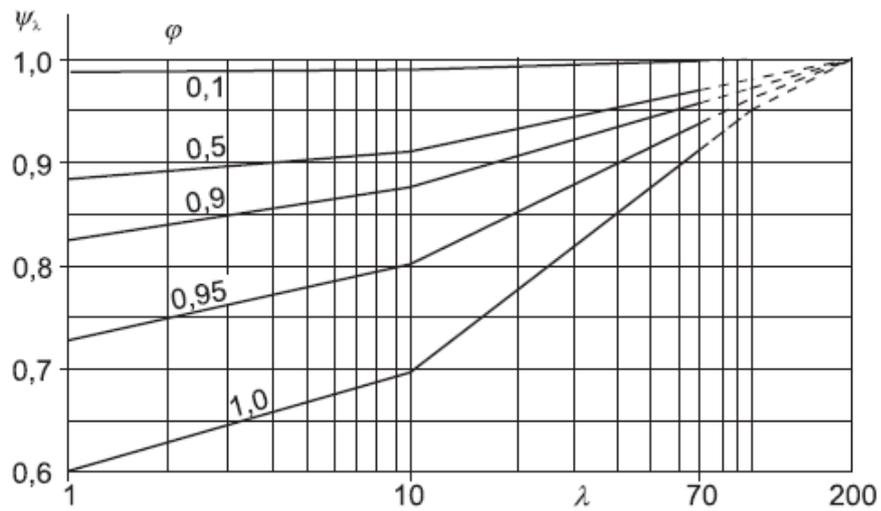


Figure 7.36 — Indicative values of the end-effect factor ψ_{λ} as a function of solidity ratio ϕ versus slenderness λ

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

Effetti dovuti al Vento (q5)	var	unità	
parametro vb,0	vb0	m/sec	27
parametro a0	a0	m	500
parametro ka	ka	l/sec)	0.02
altitudine del viadotto s.l.m.	as	m	400
velocità di riferimento vb	vb	m/sec	27.0
pressione cinetica del vento	qb	kN/m2	0.46
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	5.0
coefficiente di topografia	ct		1.0
coefficiente di esposizione ce(z)	ce		1.93
coefficiente dinamico cd	cd		1.00
coefficiente di forma cp impalcato scarico	cp1		1.55
coefficiente di forma cp impalcato carico	cp2		1.74
coefficiente di forma cp pile	cp3		1.20
pressione del vento impalcato scarico		kN/m2	1.36
pressione del vento impalcato carico		kN/m2	1.53
pressione del vento pile		kN/m2	1.05
Lunghezza complessiva impalcato	Ltot	m	20
altezza impalcato scarico	Hp1	m	3.81
Altezza impalcato carico	Hp2	m	4.71
Altezza centro di taglio	zg	m	1.46
Carichi dovuti al vento	qt (kN/m)	b (m)	Mt (kNm/m)
Impalcato scarico (braccio al baricentro impalcato)	5.2	0.45	2.3
Impalcato carico (braccio rispetto al baricentro impalcato)	7.2	0.90	6.5
Impalcato scarico (braccio rispetto agli appoggi)	5.2	1.91	9.9
Impalcato carico (braccio rispetto agli appoggi)	7.2	2.36	17.0

I momenti Mt determinano i seguenti carichi verticali sulle travi:

Carichi verticali agenti sulle travi		Trsx	Trcen	Trdx
Vento ad impalcato scarico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-0.29	0.00	0.29
Vento ad impalcato carico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-0.81	0.00	0.81
Vento ad impalcato scarico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-1.24	0.00	1.24
Vento ad impalcato carico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-2.12	0.00	2.12

S.S.4 "SALARIA"		 Anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

5.2.10 Azioni della temperatura – q7

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

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

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

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

Dati	Var	unità	
Tipologia di impalcato	Type		2
Coefficiente di dilatazione termica	α		1.00E-05
Temperatura iniziale	T0		15
Temperatura massima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmax	[°]	41.43
Temperatura minima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmin	[°]	-7.59
altitudine del sito sul livello del mare	as	m	400
Zona climatica	Z		II
deformazione totale finale per ritiro	ϵ_{cs}		0.00015

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

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

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



Figura 5.1: Zonizzazione del territorio nazionale per valutazioni azioni climatiche

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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



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

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

Variazioni termiche positive:

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

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

Variazioni termiche negative:

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

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

Essendo:

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

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

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

Effetti dovuti alle Variazioni termiche (q7)	var	unità	
variazione termica positiva	$\Delta T+$	°	10.0
variazione termica negativa	$\Delta T-$	°	-10.0
coefficiente di dilatazione termica	α		1.00E-05
coefficiente di omogeneizzazione a t0	n0		6.16
distanza tra il baricentro della soletta in cls e il baricentro della sezione composta a t0 estremità sx	z	m	0.247
baricentro della sezione composta a t0 estremità dx	z	m	0.247
Forza assiale d'estremità DT+	NcdT+	kN	9896.0
Momento flettente d'estremità sx	McdT+sx	kNm	-2441.3
Momento flettente d'estremità dx	McdT+dx	kNm	-2441.3
Forza assiale d'estremità DT-	NcdT-	kN	-9896.0
Momento flettente d'estremità sx	McdT-sx	kNm	2441.3
Momento flettente d'estremità dx	McdT-dx	kNm	2441.3

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità - DT+	kN	3298.7	3298.7
Momento flettente d'estremità sx	kNm	-813.8	-813.8
Momento flettente d'estremità dx	kNm	-813.8	-813.8
Forza assiale d'estremità - DT-	kN	-3298.7	-3298.7
Momento flettente d'estremità sx	kNm	813.8	813.8
Momento flettente d'estremità dx	kNm	813.8	813.8

5.2.11 Resistenze parassite dei vincoli – q9

Le resistenze parassite dei dispositivi disposti sulle spalle sono state valutate sulla base delle caratteristiche di rigidezza degli isolatori elastomerici impiegati ed in base agli spostamenti previsti.

Queste azioni sono sempre associate alla condizione di carico che le produce (Dilatazione termiche, ritiro).

5.2.12 Azioni sismiche – E

5.2.12.1 Coordinate di riferimento e parametri sismici fondamentali

Le figure seguenti illustrano le coordinate di riferimento per la valutazione dei parametri sismici di base:

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 anas GRUPPO FS ITALIANE
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	



Convertitore

Per convertire le coordinate di un punto inserisci i valori nelle caselle di testo corrispondenti al sistema di riferimento a cui appartengono e premi il pulsante 'Converti'.

Monte mario / Gauss Boaga zona 1 EPSG:3003

Est: Nord:

ED50 / UTM Zone 32N EPSG:23032

Est: Nord:

ED50 EPSG:4230

Lon: Lat:

WGS84 EPSG:4326

Lon: Lat:

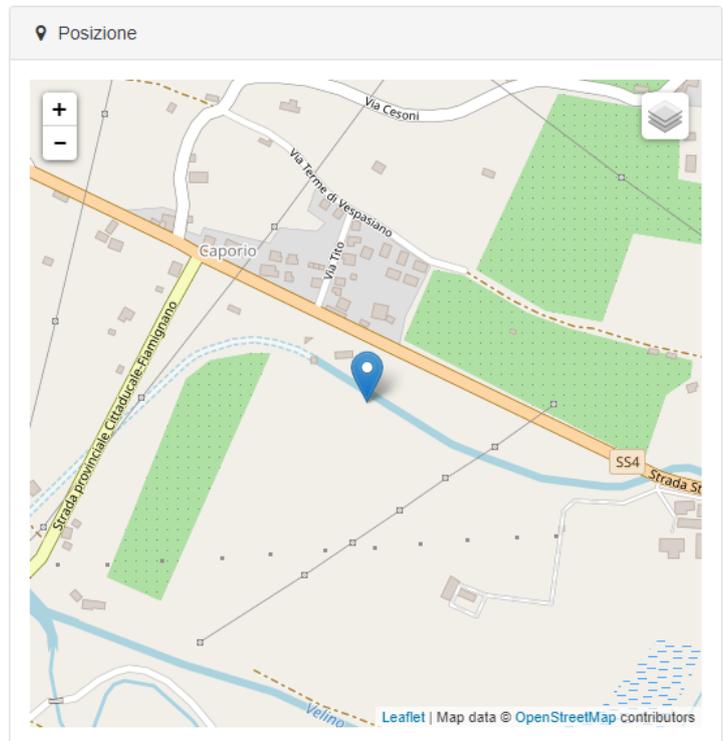


Figura 5.3: Coordinate di riferimento per la determinazione dei parametri sismici di base

S.S.4 "SALARIA"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

I parametri sismici fondamentali sono stati determinati con l'ausilio del software-free SPETTRI-NTC ver. 1.0.3 (prodotto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici www.cslp.it).

PO03

WGS84		ED50	
Lon	Lat	Lon	Lat
12.975103	42.37615	12.976025	42.377126

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

PARAMETRI SISMICI

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_C [s]
SLO	60	0.091	2.397	0.285
SLD	101	0.115	2.347	0.295
SLV	949	0.268	2.389	0.349
SLC	1950	0.335	2.422	0.362

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

5.2.12.2 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:

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

S.S.4 "SALARIA"		 ANAS <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

stratigrafica (Tabella 5.1) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (Tabella 5.2);

- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione $\eta=10/(5+\xi) \geq 0,55$, dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C=C_C \cdot T_c^*$ dove T_c^* è definito al § 3.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tabella 5.1);
- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante e vale: $T_B=T_C/3$
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D=4.0 \cdot (a_g/g) + 1.6$

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

Tabella 5.1 – Espressioni per S_s e C_c

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

Tabella 5.2 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

S.S.4 "SALARIA"		 ANAS <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

Nel caso in esame si ha:

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

Gli effetti delle azioni sismiche sulle strutture sono stati determinati attraverso **Analisi Statiche Lineari** con spettro elastico ridotto per tutto il campo di periodi $T \geq 0,8 T_{is}$, in accordo a quanto previsto al punto § 7.10.5.3.2 delle NTC2018, assumendo per il coefficiente riduttivo η il valore corrispondente al coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ_{esi} del sistema di isolamento.

Si assume un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del sistema di isolamento pari a:

$\xi_{esi} = 10\%$ cui corrisponde: $\eta = 0.82$

Il valore del periodo proprio del sistema isolato, più avanti dettagliato è pari a:

- $T_{is} = 1.52$ sec

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

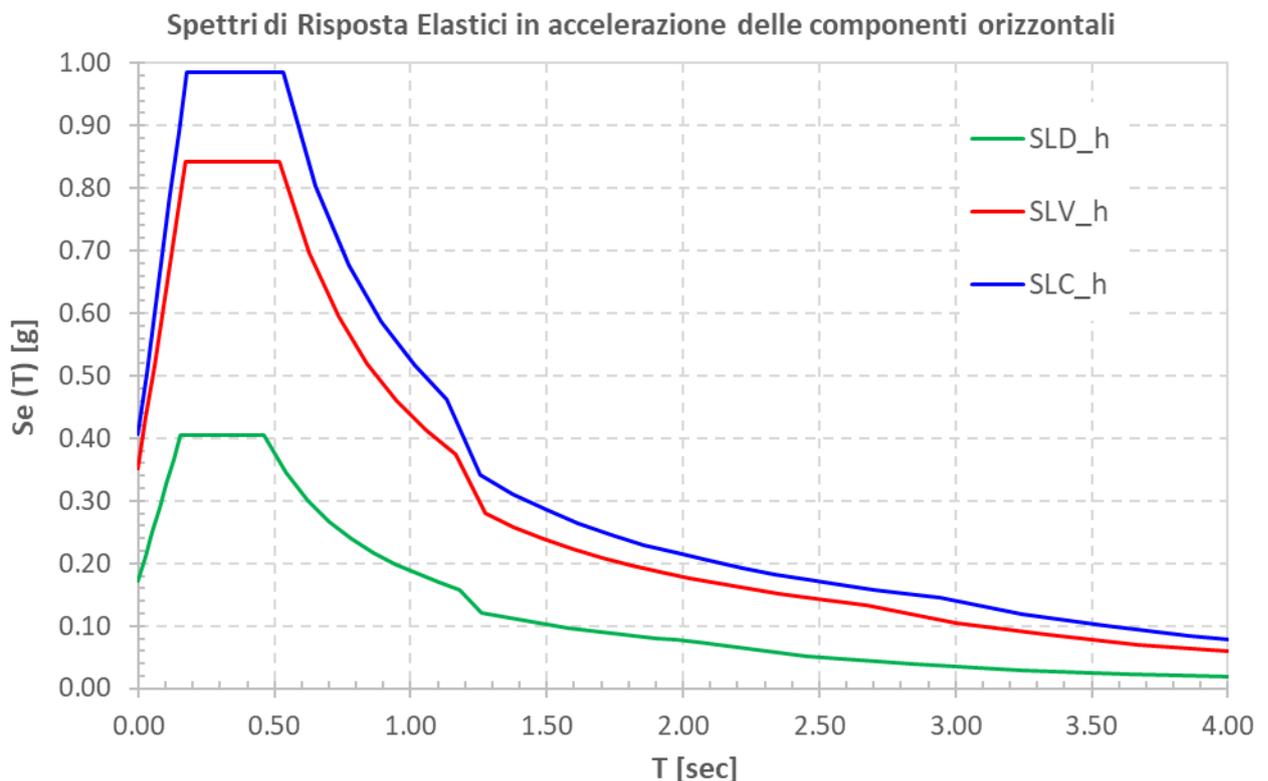


Figura 5.4 – Spettri elastici di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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	0.115	2.347	0.295	0.154	0.463	2.060	1.50	1.00	1.50	1.57	0.040	0.125
SLV	0.268	2.389	0.349	0.173	0.519	2.672	1.32	1.00	1.32	1.49	0.120	0.287
SLC	0.335	2.422	0.362	0.177	0.532	2.940	1.21	1.00	1.21	1.47	0.156	0.339

Tabella 5.3 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta

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

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

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

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

S.S.4 "SALARIA"		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

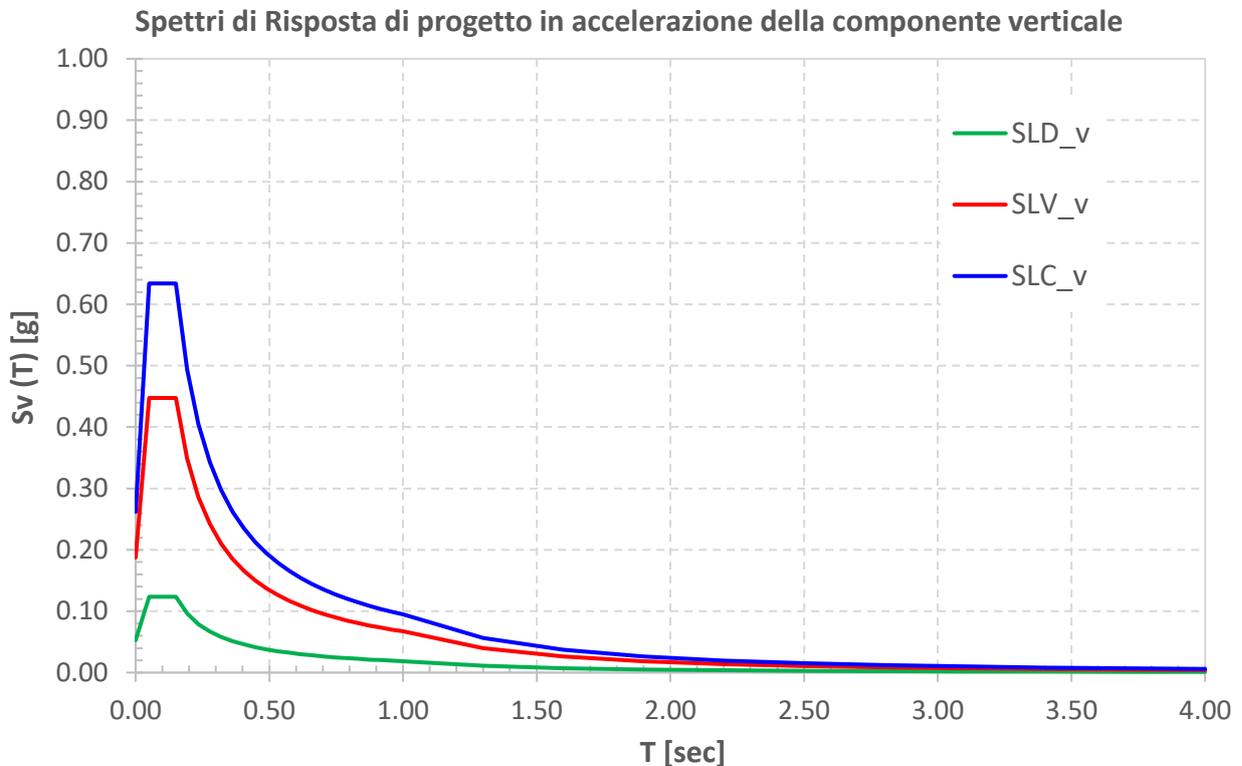


Figura 5.5 – Spettri elastici di risposta in accelerazione della componente verticale

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

STATO LIMITE	a_g [g]	F_0 [-]	F_V [-]	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]	S_s [-]	S_T [-]	S [-]
SLD	0.115	2.347	1.074	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00
SLV	0.268	2.389	1.670	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00
SLC	0.335	2.422	1.892	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00

Tabella 5.4 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta

5.2.12.4 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.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

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

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

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

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

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

S.S.4 "SALARIA"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

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

^③ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

^④ 1,20 per effetti locali

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

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

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

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

5.3.1.1 Combinazioni per verifiche strutture d'impalcato

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

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

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

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

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

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

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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

Dove:

- G_1 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai pesi propri;
- G_2 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai permanenti portati;
- ε_2 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute al ritiro;
- ε_4 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai cedimenti dei vincoli (ove previsti);
- q_{7a} sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alla variazione termica positiva;
- q_{7b} sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alla variazione termica negativa;
- Q_1 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alle azioni variabili da traffico (C carichi concentrati – D carichi distribuiti – F folla);
- Q_5 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute al vento.

5.3.1.2 Combinazioni per sottostrutture

Si rimanda ai capitoli relativi 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.4 "SALARIA"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

6 ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO

6.1 Criteri di calcolo

6.1.1 Analisi globale

6.1.1.1 Definizione del modello di calcolo

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

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

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

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

6.1.1.2 Caratteristiche geometrico-inerziali in fase di analisi

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

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

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

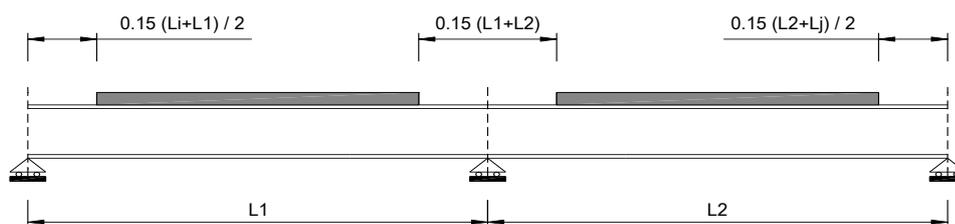


Figura 6.1. Modellazione degli effetti dovuti alla fessurazione

S.S.4 "SALARIA"		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

6.1.1.3 Larghezze collaboranti in fase di analisi e di verifica

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

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

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

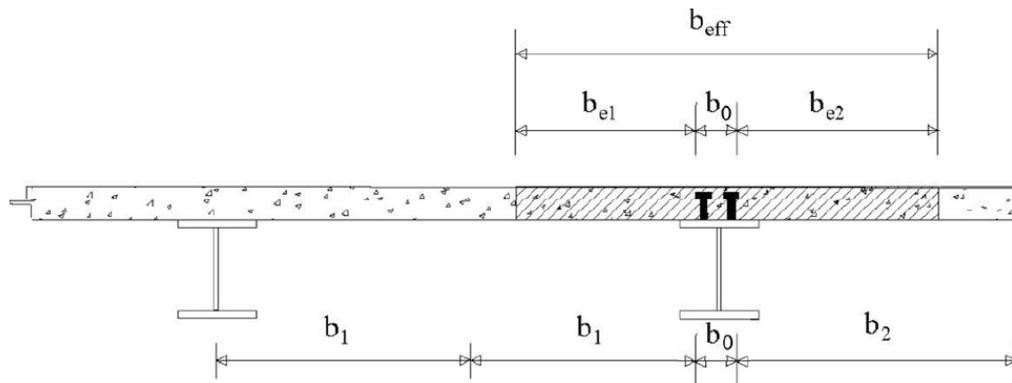


Fig. 4.3.1. - Definizione della larghezza efficace b_{eff} e delle aliquote b_{ei}

dove:

b_0 è la distanza tra gli assi dei connettori;

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

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

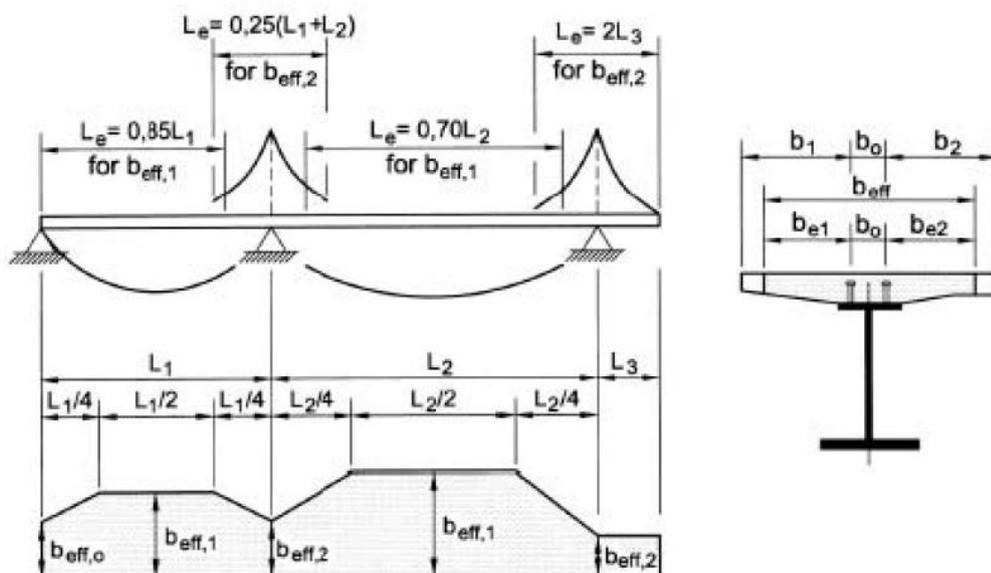


Fig. 4.3.2 - Larghezza efficace, b_{eff} e luci equivalenti, L_e , per le travi continue

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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

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:

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

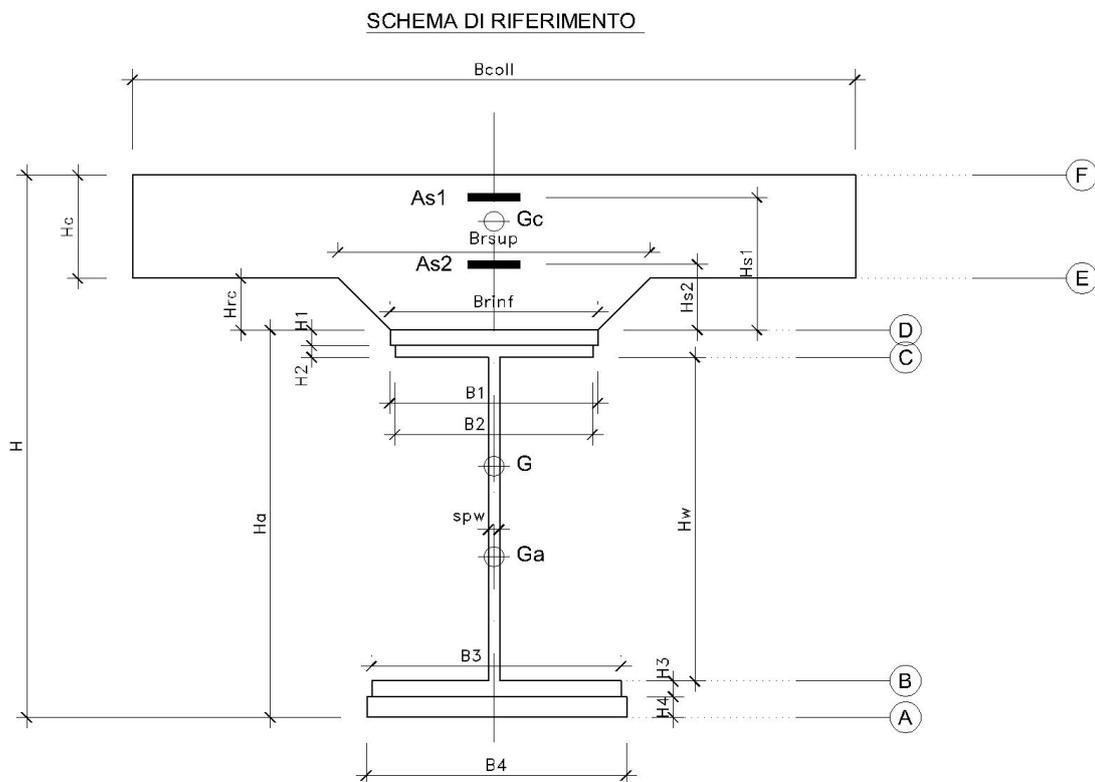


Figura 6.3. Schema di riferimento per la valutazione delle caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni delle travi d'impalcato

6.2.2 Applicazione dei carichi al modello

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

Il peso proprio della carpenteria metallica dell'impalcato è stato computato in automatico dal codice di calcolo utilizzato a partire dalle aree degli elementi che rappresentano le travi principali, considerando il coefficiente maggiorativo specificato al par. 5.2.1.1 che tiene conto dell'incidenza delle strutture secondarie (traversi, controventi, saldature, bullonature etc.).

Il peso proprio della soletta, specificato al par. 5.2.1.1, è stato applicato quale carico uniformemente distribuito agli elementi che schematizzano la trave.

6.2.2.2 Carichi permanenti portati (Load G2) – fase 2

I carichi permanenti portati, specificato al par. 5.2.2.1, sono stati applicati quali carichi uniformemente distribuiti sugli elementi che schematizzano la trave.

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

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

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

6.2.2.4 Ritiro (LOAD RIT) - fase 2

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

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

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

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

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

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

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

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

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

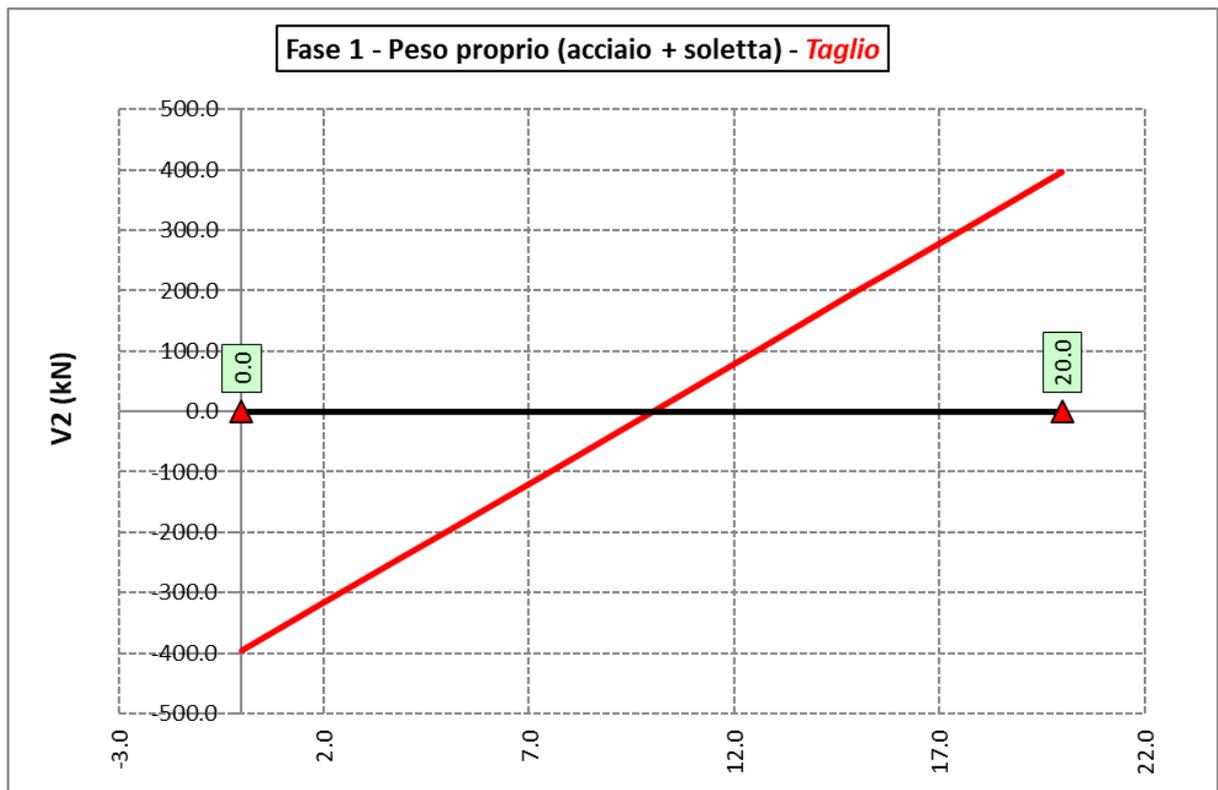
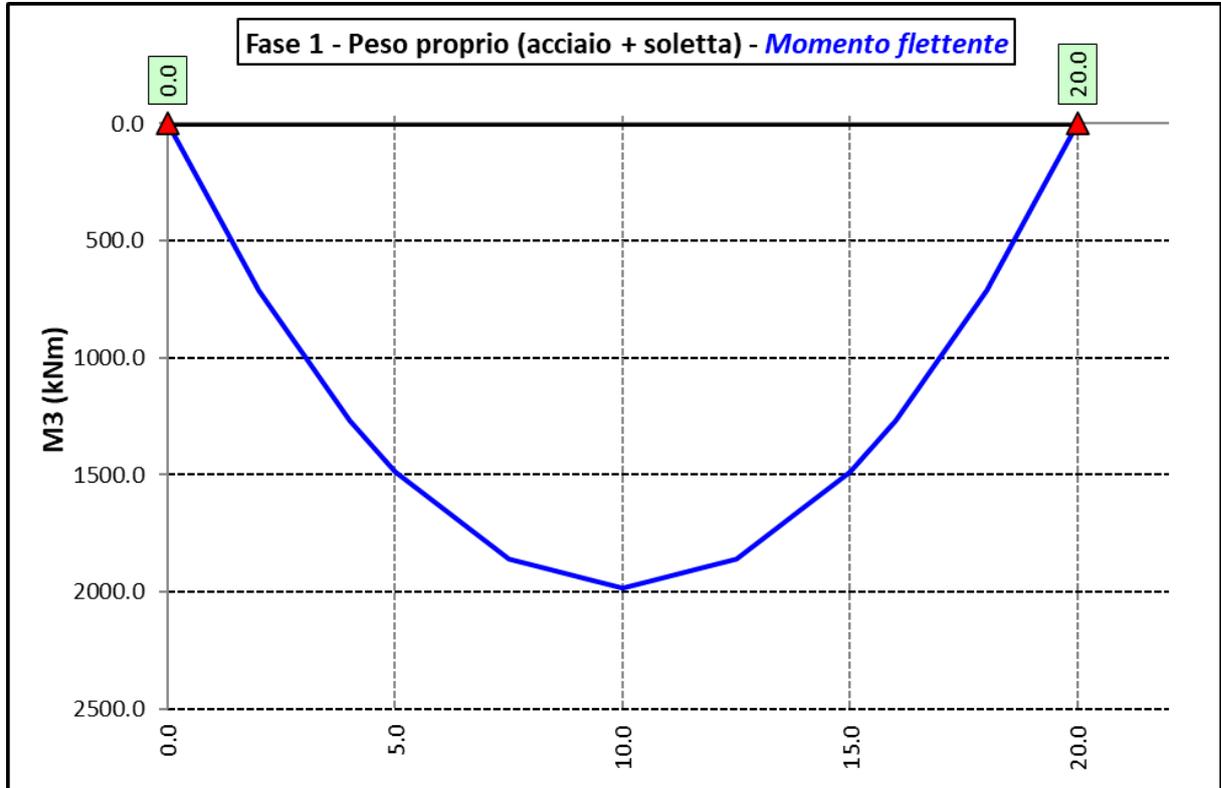
Le azioni dovute al vento, specificate al par. 5.2.9, sono state applicate quali carichi verticali uniformemente distribuiti sugli elementi che schematizzano la trave.

6.2.3 Sollecitazioni di progetto

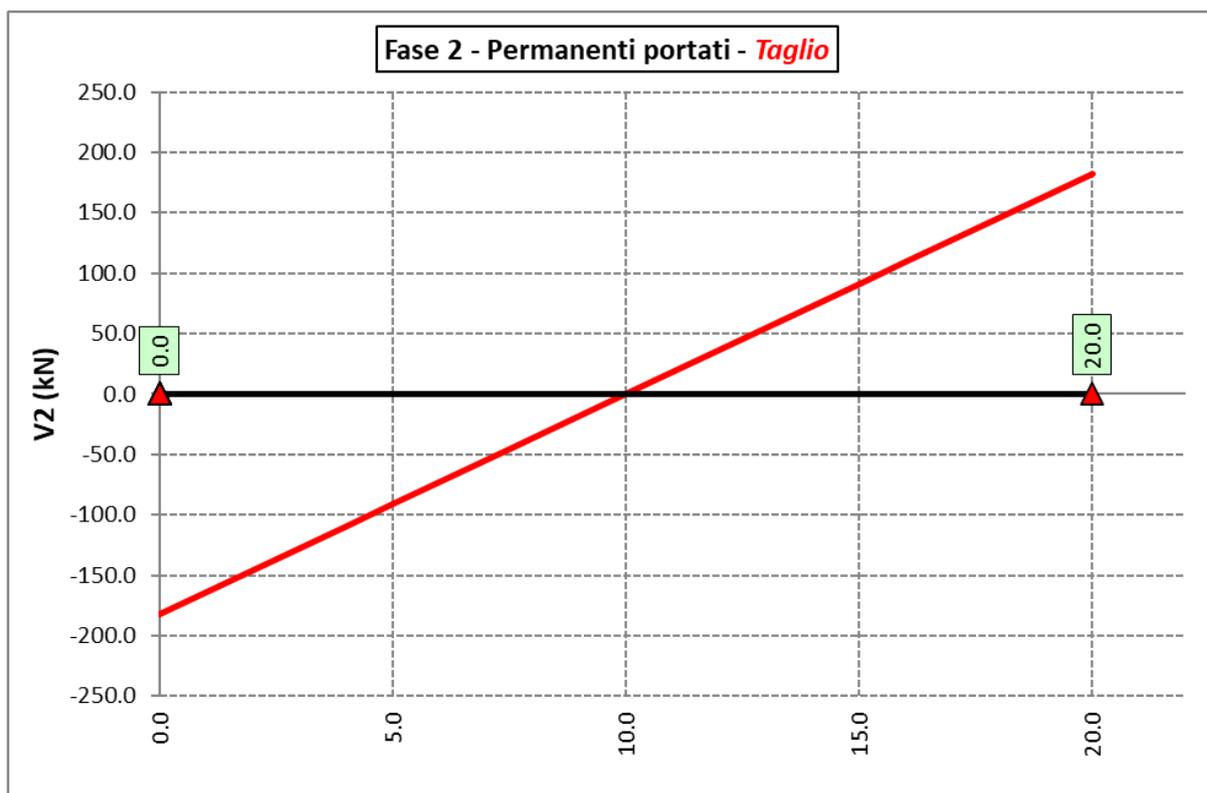
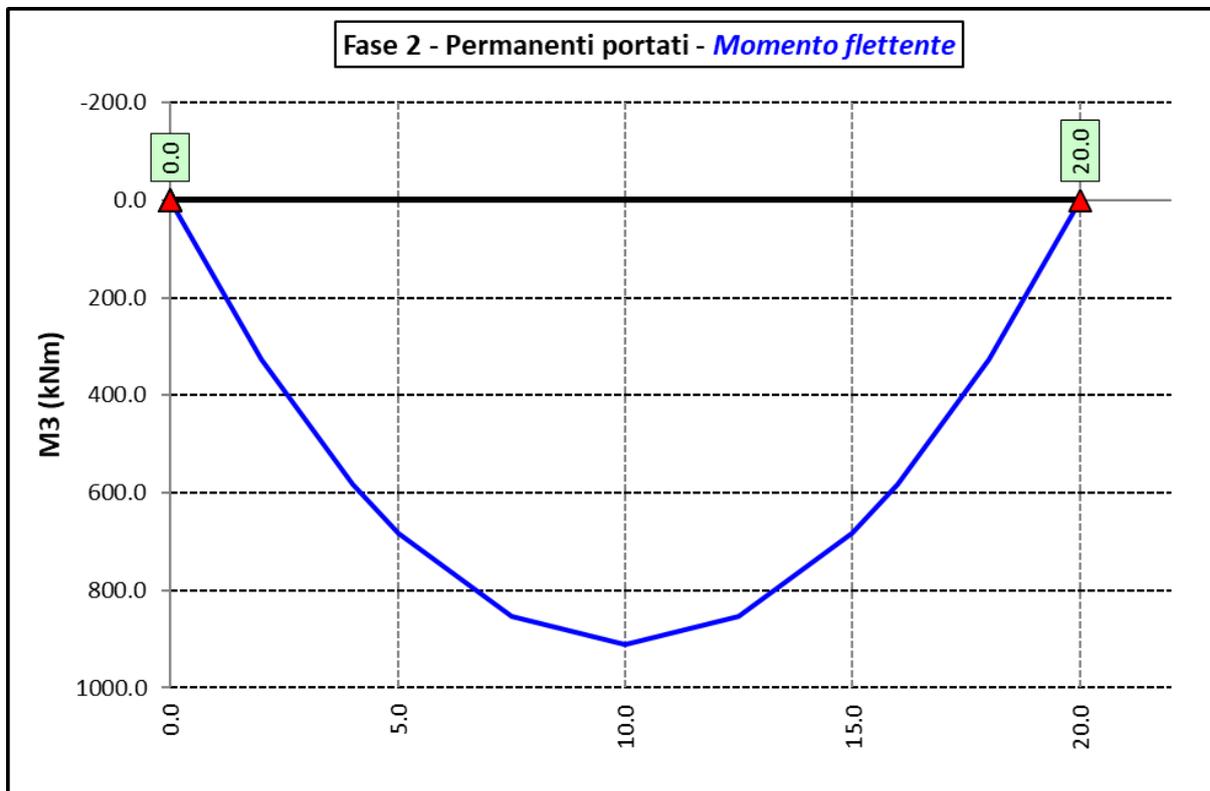
Le figure seguenti rappresentano le sollecitazioni agenti sulla trave principale maggiormente sollecitata, in termini di Momento flettente M3 e sforzo di taglio V2 per ciascuna condizione di carico esaminata:

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 anas GRUPPO FS ITALIANE
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

6.2.3.1 Peso proprio (acciaio + soletta) – Modello 1

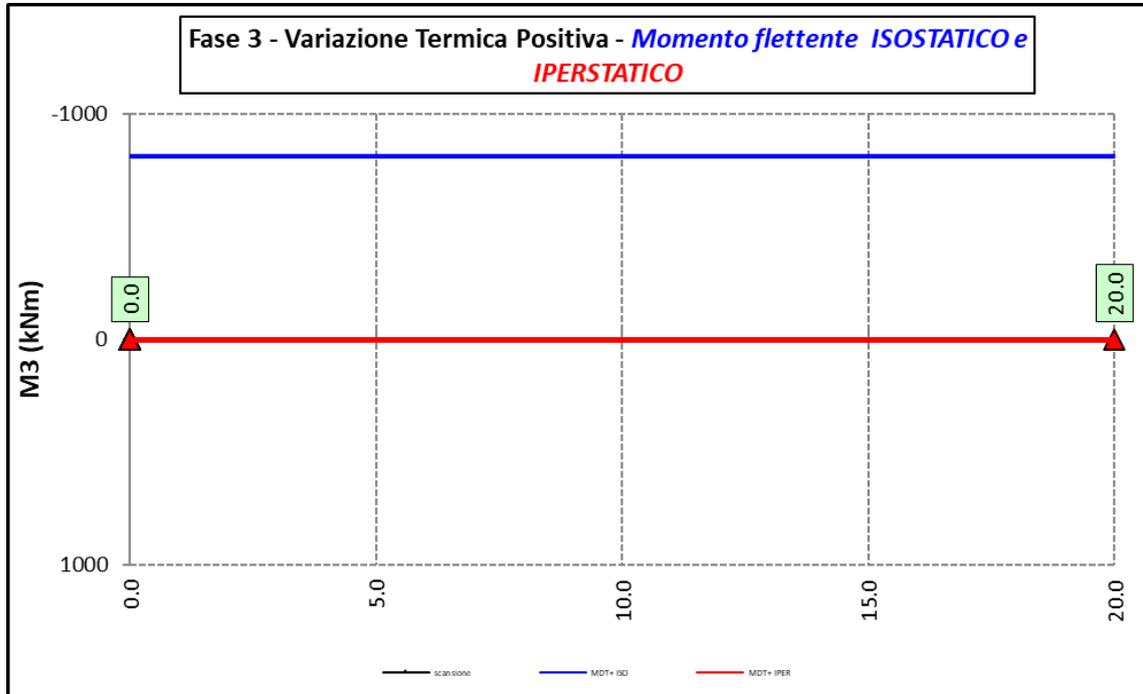


6.2.3.2 Permanenti portati – Modello 2

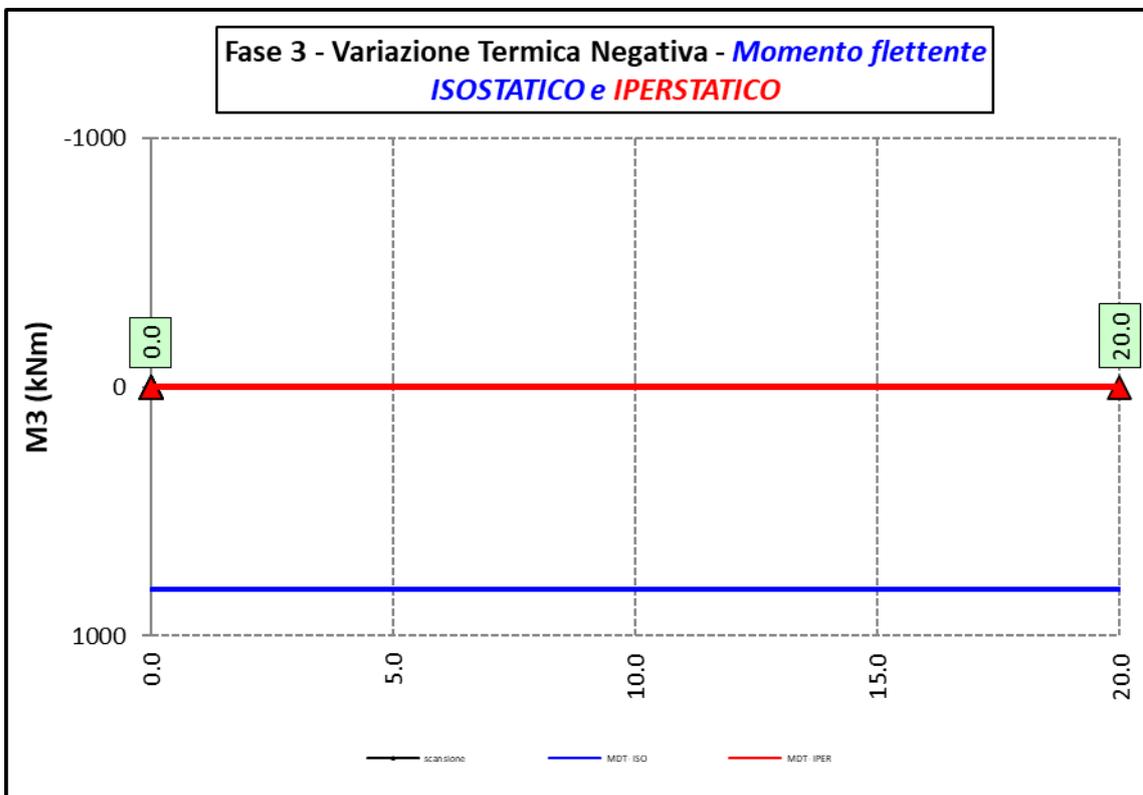


S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

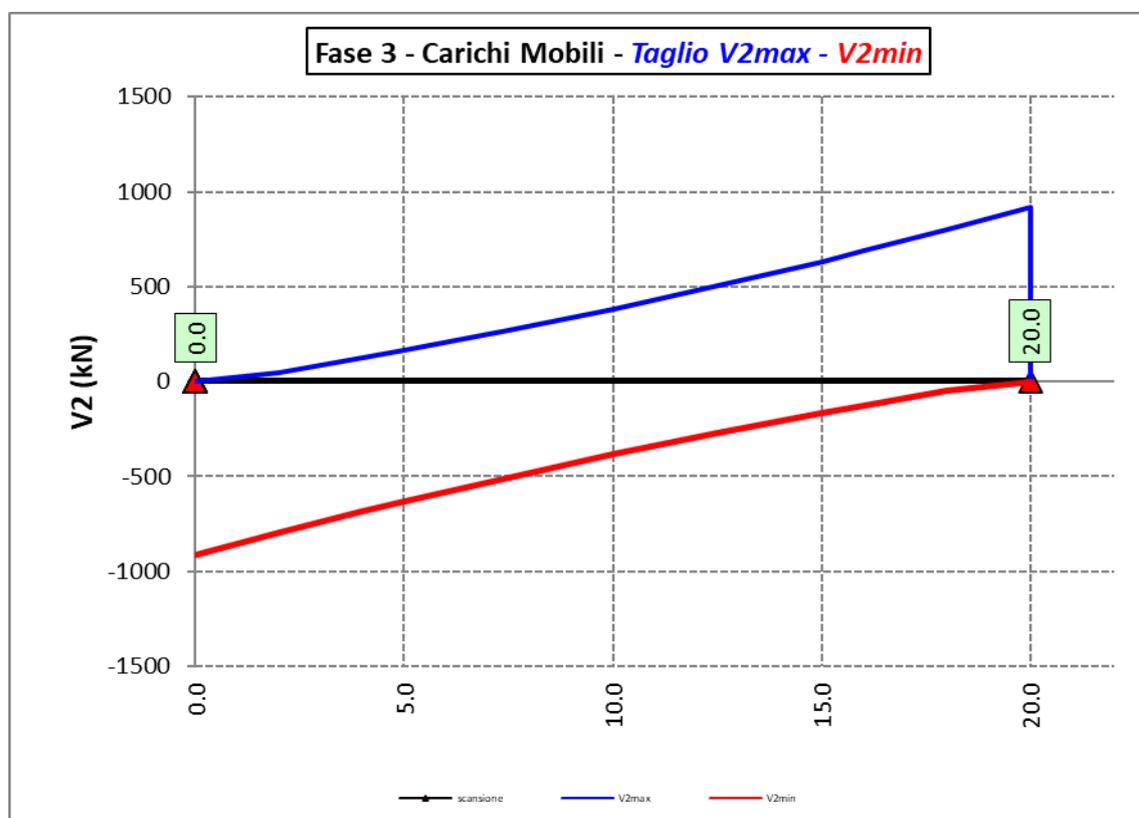
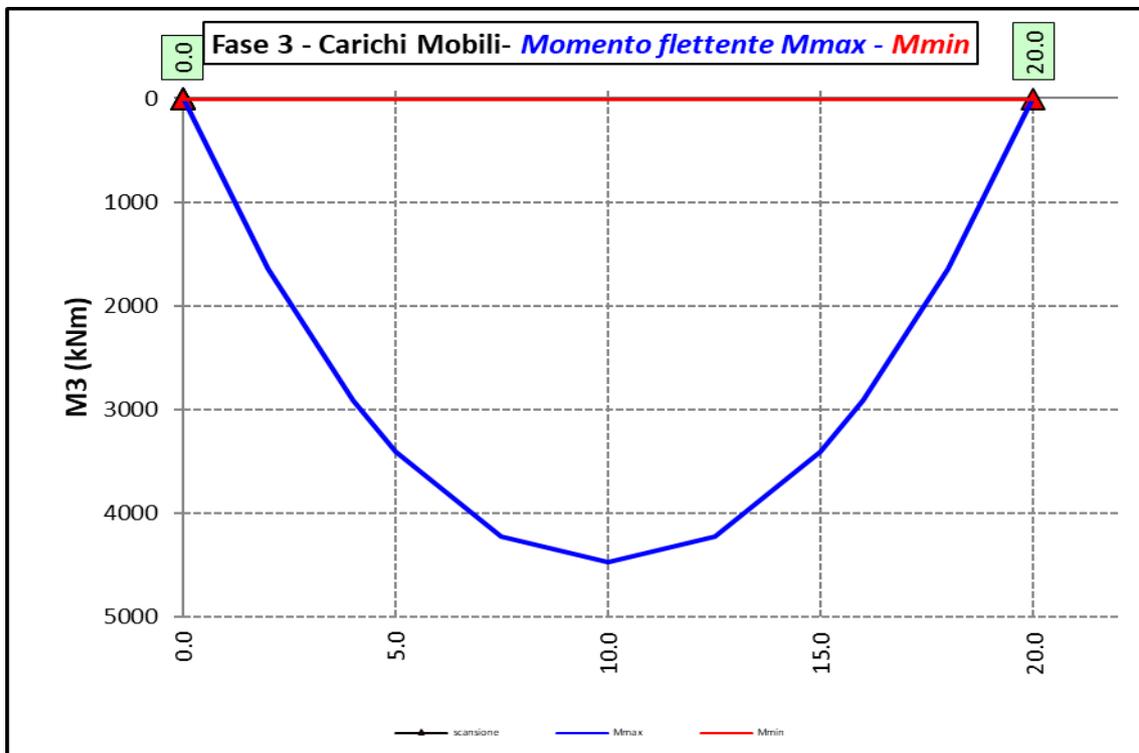
6.2.3.3 Variazioni termiche positive ($\Delta T+$) - Modello 3



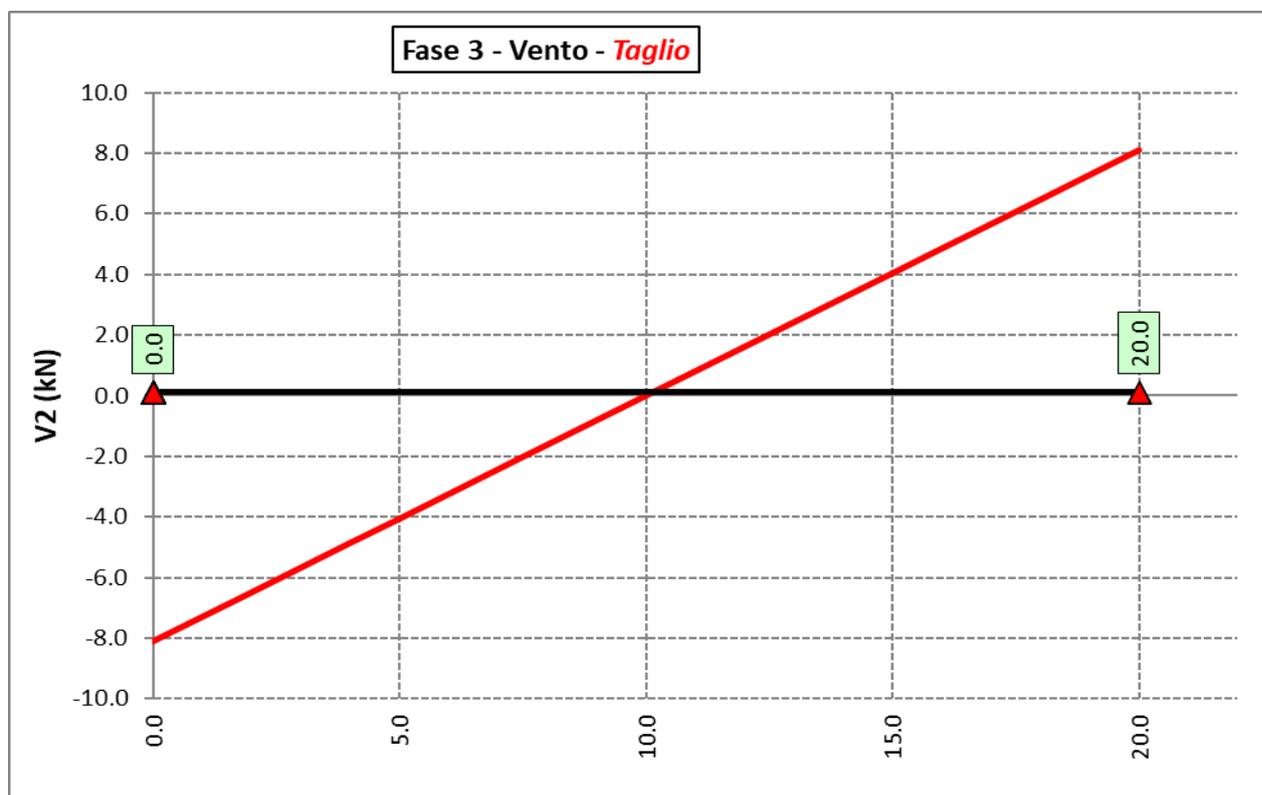
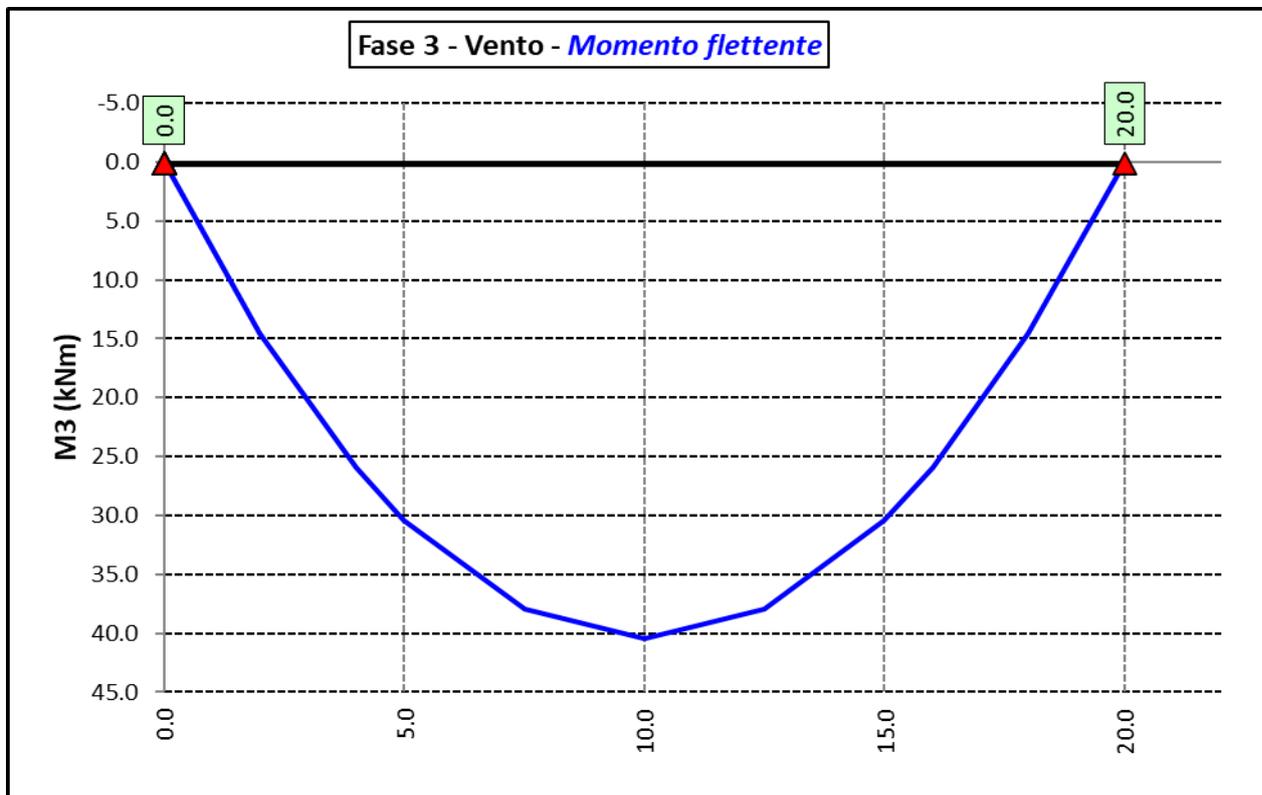
6.2.3.4 Variazioni termiche negative ($\Delta T-$) - Modello 3



6.2.3.5 Azioni variabili da traffico (Inviluppi) – Modello 3



6.2.3.6 Vento - Modello 3



S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

6.3 Verifiche delle travi principali

6.3.1 Verifiche di resistenza SLU

6.3.1.1 Classificazione delle sezioni resistenti

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

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

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

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

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

RM8401

Relazione tecnica e di calcolo PO03

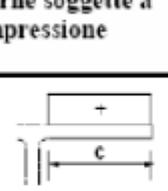
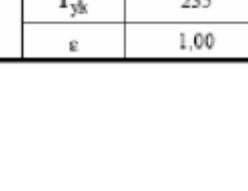
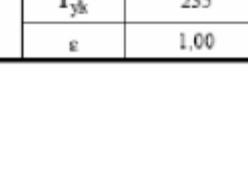
Tab. 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

		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	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$			
			quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$			
			quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi > -1: c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$			
			quando $\psi \leq -1: c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

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

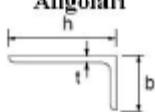
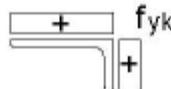
S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

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

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

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

È possibile che una sezione trasversale con anima in classe 3 e flange in classe 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.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

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

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

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

6.3.1.3 Resistenza al taglio

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

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

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

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

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

Dove:

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

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

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

per $a / h_w \geq 1$:

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

per $a / h_w < 1$:

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

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

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

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

6.3.1.4 Interazione taglio-momento flettente

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

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

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

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

in cui:

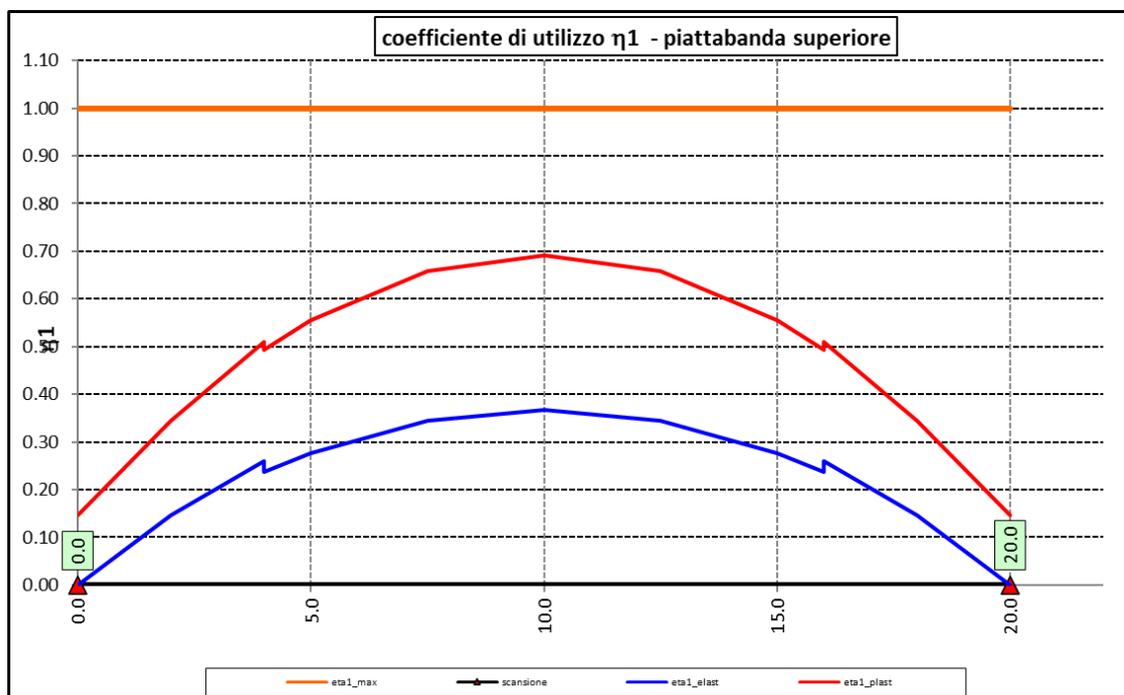
$M_{f,Rd}$ è il momento resistente di progetto delle sole flange efficaci;

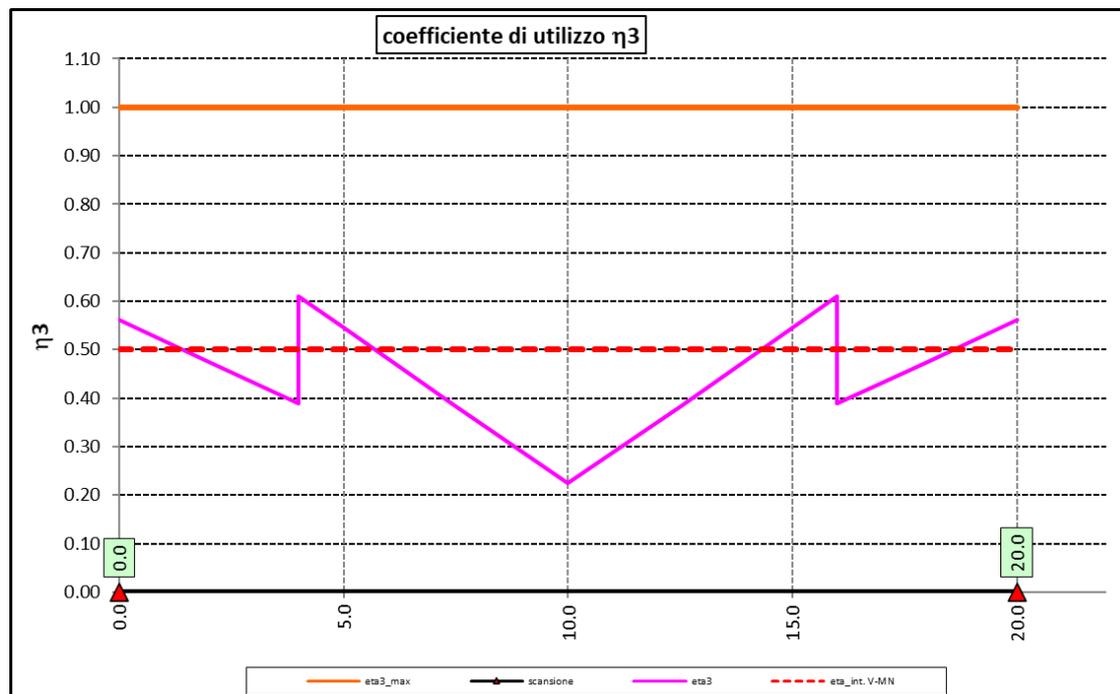
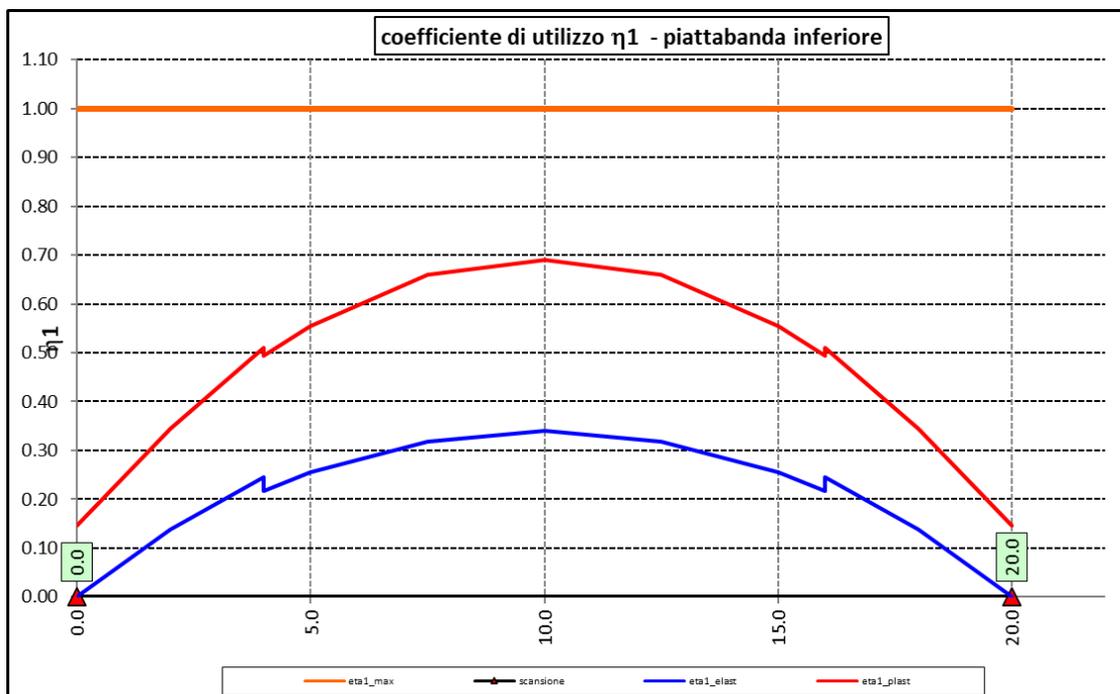
$M_{Pl,Rd}$ è la resistenza plastica della sezione trasversale composta dall'area effettiva delle flange e dall'intera anima senza tener conto della classe di quest'ultima;

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

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

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





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

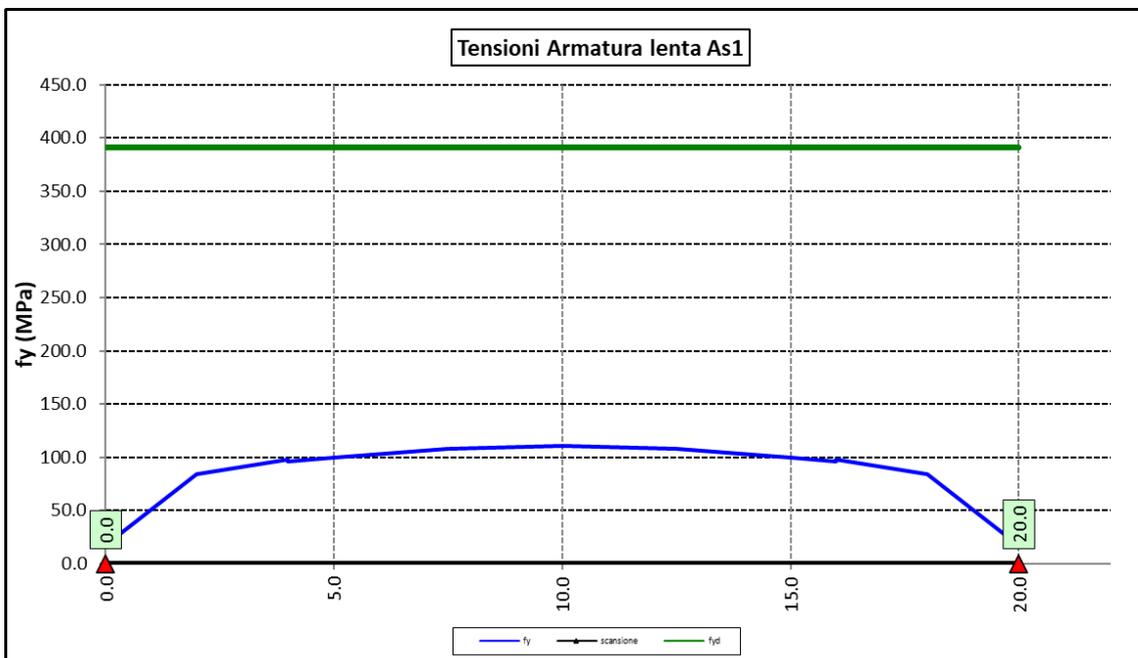
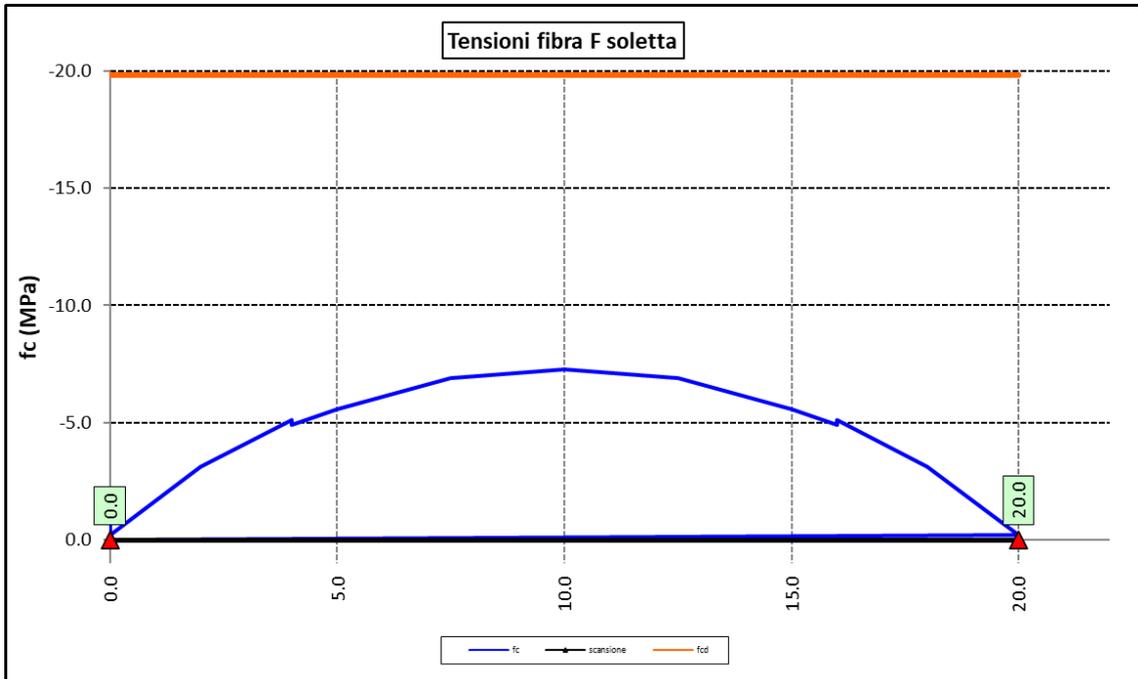
$$f_{Ed} \leq f_{ck} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$$

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

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

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 anas GRUPPO FS ITALIANE
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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.

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

6.4 Verifiche SLE di deformabilità della struttura

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

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

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

Nodo	Progr (m)	peso proprio		permanenti portati		Ritiro iperstatico	Totale permanenti	Luce campate (m)	1/150 L	Verifica	Carichi mobili - C	Carichi mobili - D	Carichi mobili - F	Carichi mobili	1/500 L	Verifica	Controfreccia teorica
		fg1 (m)	fg2 (m)	fr (m)	fperm (m)	L(m)											
1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	20	-0.133	OK!	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.040	OK!	0.000
2	2.00	-0.007	-0.001	0.000	-0.008		-0.008	20	-0.133	OK!	-0.003	-0.001	0.000	-0.004	-0.040	OK!	0.009
3	4.00	-0.013	-0.002	0.000	-0.015		-0.015	20	-0.133	OK!	-0.006	-0.003	0.000	-0.008	-0.040	OK!	0.017
4	5.00	-0.015	-0.003	0.000	-0.018		-0.018	20	-0.133	OK!	-0.007	-0.003	0.000	-0.010	-0.040	OK!	0.020
5	7.50	-0.019	-0.004	0.000	-0.023		-0.023	20	-0.133	OK!	-0.009	-0.004	0.000	-0.013	-0.040	OK!	0.026
6	10.00	-0.021	-0.004	0.000	-0.025		-0.025	20	-0.133	OK!	-0.010	-0.005	0.000	-0.014	-0.040	OK!	0.028
7	12.50	-0.019	-0.004	0.000	-0.023		-0.023	20	-0.133	OK!	-0.009	-0.004	0.000	-0.013	-0.040	OK!	0.026
8	15.00	-0.015	-0.003	0.000	-0.018		-0.018	20	-0.133	OK!	-0.007	-0.003	0.000	-0.010	-0.040	OK!	0.020
9	16.00	-0.013	-0.002	0.000	-0.015		-0.015	20	-0.133	OK!	-0.006	-0.003	0.000	-0.008	-0.040	OK!	0.017
10	18.00	-0.007	-0.001	0.000	-0.008		-0.008	20	-0.133	OK!	-0.003	-0.001	0.000	-0.004	-0.040	OK!	0.009
11	20.00	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	20	-0.133	OK!	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.040	OK!	0.000

La figura seguente fornisce evidenza dei risultati ottenuti:

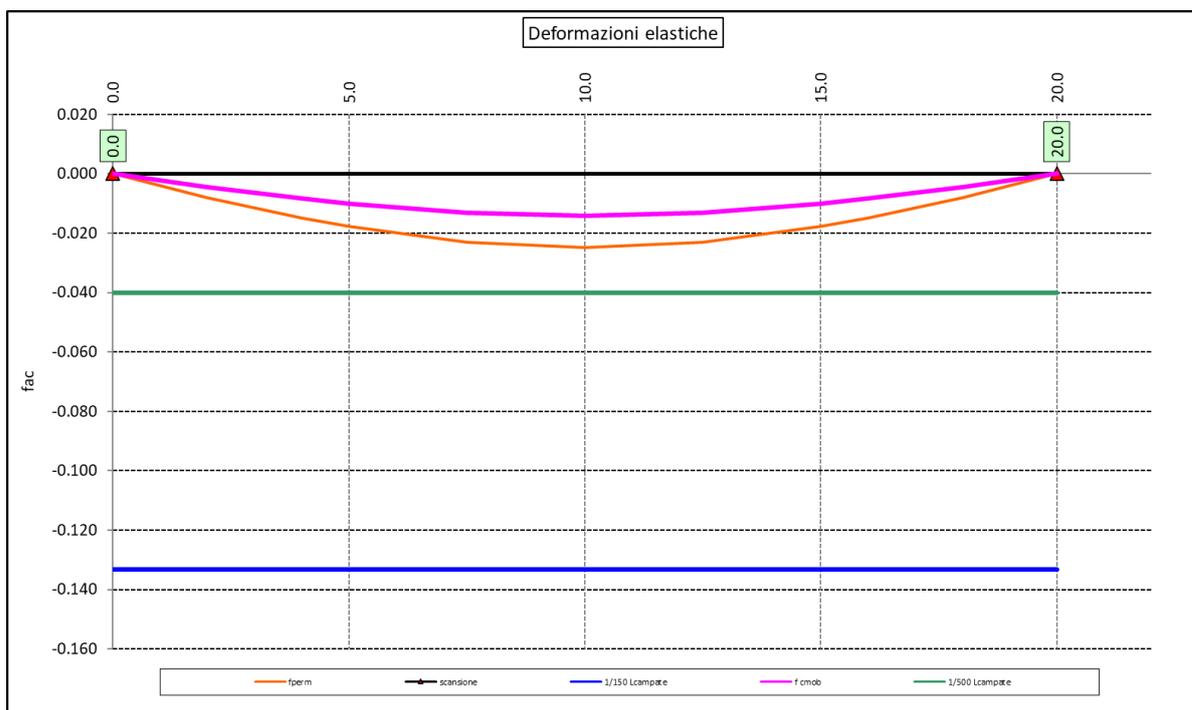


Figura 6.4. Travi principali – Verifiche di deformabilità

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.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 anas GRUPPO FS ITALIANE
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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:

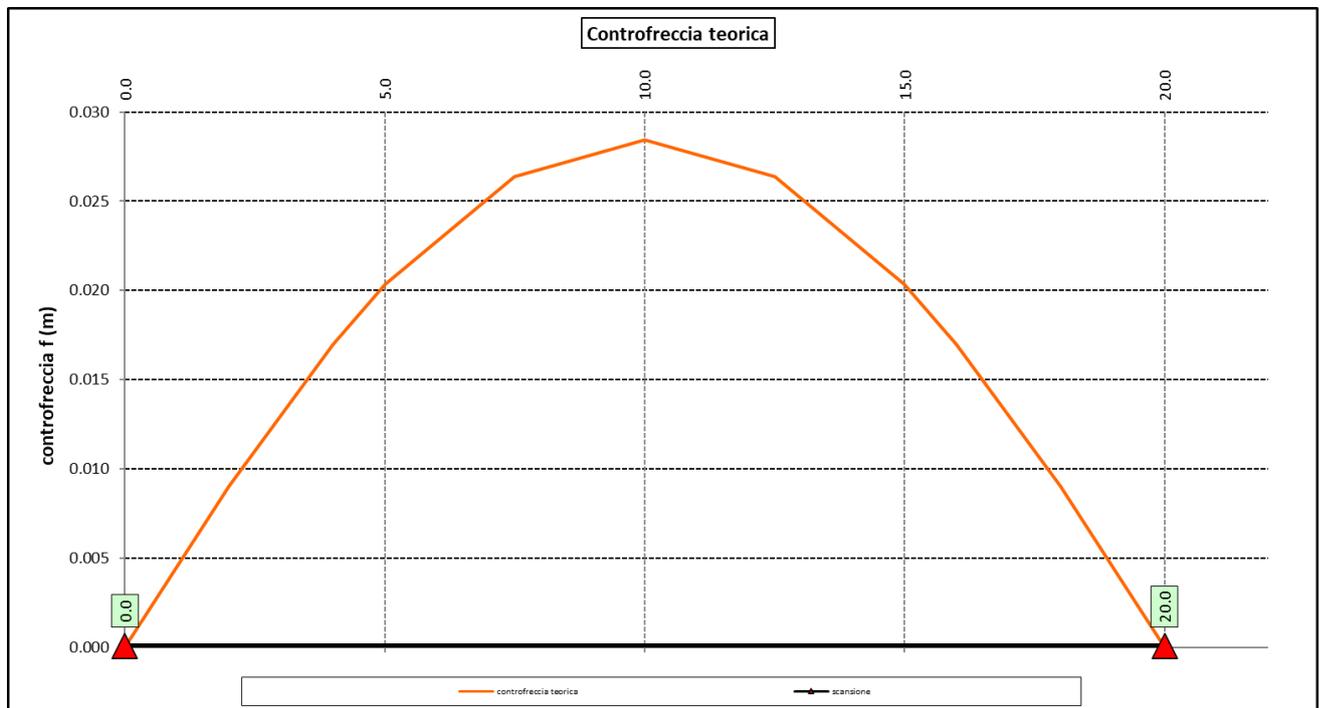


Figura 6.5. Travi principali – controfreccia teorica

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

7 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO ALLE SOTTOSTRUTTURE

Le azioni verticali trasmesse dall'impalcato alle sottostrutture per effetto dei carichi verticali relativi al peso proprio, ai permanenti portati ed ai carichi mobili, sono state determinate attraverso la seguente espressione:

$$P = p \times L_{aff} \times fac$$

Dove:

p rappresenta il carico unitario agente sulla larghezza dell'impalcato, relativo all'azione verticale presa in considerazione;

L_{aff} rappresenta la luce delle campate afferenti alla sottostruttura considerata;

fac è un fattore amplificativo che tiene conto dello schema di trave continua, assegnato con criterio cautelativo in rapporto ai risultati forniti dai modelli di analisi dell'impalcato precedentemente descritti.

A partire dalle azioni verticali P , sono state valutati i relativi momenti trasversali, moltiplicando P per la relativa eccentricità del punto di applicazione rispetto all'asse della sottostruttura considerata.

Le reazioni orizzontali longitudinali sui dispositivi di isolamento, generate dal ritiro e dalle variazioni termiche uniformi agenti sulle strutture d'impalcato, sono state determinate moltiplicando lo spostamento orizzontale in corrispondenza dell'iesimo allineamento di vincolo per la rigidezza orizzontale degli isolatori relativi.

La rigidezza dei dispositivi è influenzata dalle caratteristiche geometriche e dalle caratteristiche delle mescole elastomeriche previste.

Inoltre, il modulo di elasticità tangenziale G delle mescole elastomeriche diminuisce all'aumentare del livello di deformazione. Si può assumere che al di sotto del 50% della deformazione massima di progetto il valore di G risulta circa 2.5 volte superiore al valore corrispondente alla deformazione massima. Pertanto, nelle analisi in condizioni statiche e sismiche, sono stati considerati valori differenti per le rigidezze orizzontali equivalenti relative agli isolatori dipendenti dal livello di deformazione a taglio.

Gli effetti della frenatura si distribuiscono sulle sottostrutture in misura proporzionale alle rigidezze del sistema di isolamento.

Infine, anche le azioni orizzontali trasmesse dall'impalcato alle sottostrutture per effetto delle azioni del vento, sono state determinate secondo il medesimo criterio precedentemente descritto relativamente agli effetti dei carichi verticali.

Le azioni trasmesse dall'impalcato alle sottostrutture sono riportate negli allegati di calcolo relativi alle singole sottostrutture.

7.1 Analisi in fase sismica

Per la determinazione degli effetti indotti dalle azioni sismiche sulle sottostrutture sono state effettuate **analisi statiche lineari** su modelli separati:

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

- Il primo relativo all'impalcato più sistema di isolamento;
- Il secondo relativo alle singole sottostrutture (spalle).

L'azione sismica relativa al primo modello è caratterizzata dal coefficiente di smorzamento equivalente del sistema isolamento; quella relativa al secondo modello, da un coefficiente di smorzamento equivalente pari al 5%, tipico di strutture non isolate.

La risoluzione del primo modello, relativo ad un oscillatore semplice aventi le seguenti caratteristiche:

- Massa pari a quella dell'impalcato;
- Rigidezza pari a quella complessiva del sistema di isolamento;

permette di valutare la forza complessiva trasmessa dal sistema di isolamento alle sottostrutture, e successivamente, la forza trasmessa in corrispondenza di ciascun allineamento di vincolo in misura proporzionale alla rigidezza dei relativi dispositivi di isolamento.

Nel caso in esame si ha:

			PED
Viadotto/Ponte			PO03
Carreggiata			
Dati impalcato			Analisi SLV
Lunghezza dell'impalcato	Limp	[m]	21.2
Peso dell'impalcato al metro lineare	Pv	[kN]	163.3
Peso complessivo dell'impalcato	Pv	[kN]	3461.4
Massa dell'impalcato	M	[kN / (m/sec ²)]	352.8
Dati Sistema di isolamento			
Fattore di smorzamento viscoso	ζ	[%]	10%
Fattore η	η	[-]	0.82
Isolatori tipo 1	Tipiso_1	[-]	SI-N400/200
Numero isolatori tipo 1	niso_1	[-]	6
Rigidezza isolatori tipo 1	Kh iso_1	[kN/m]	1010
Rigidezza equivalente	Kh tot	[kN/m]	6060
Periodo equivalente della struttura isolata	T _{is}	[sec]	1.52

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

Dati Sisma			SLV
Accelerazione al suolo	a_g	[g]	0.268
Parametro F_0	F_0	[-]	2.389
Tempo T^*_C	T^*_C	[sec]	0.349
accelerazione al suolo	a_g	[m/sec ²]	2.63
Categoria di Sottosuolo	Cat_S	[-]	C
Parametro S_S	S_S	[-]	1.32
Parametro C_C	C_C	[-]	1.49
Categoria topografica	Cat_T	[-]	T1
Parametro S_T	S_T	[-]	1.00
Parametro S	S	[-]	1.32
Periodo T_B	T_B	[sec]	0.173
Periodo T_C	T_C	[sec]	0.519
Periodo T_D	T_D	[sec]	2.672
Accelerazione spettrale per $T=T_B$	$a_g S \eta F_0$	$Se(T_B)$ [m/sec ²]	6.75
Accelerazione spettrale per $T=T_C$	$a_g S \eta F_0$	$Se(T_C)$ [m/sec ²]	6.75
Accelerazione spettrale per $T=T_D$	$a_g S \eta 2.5 T_D/T_D$	$Se(T_D)$ [m/sec ²]	1.31
Spostamento assoluto orizzontale massimo del terreno	d_g	[m]	0.120
Spostamento relativo massimo del terreno tra 2 punti indipendenti	d_{ijmax}	[m]	0.212
Distanza tra due punti oltre la quale il moto può considerarsi indipendente			L_g
Lunghezza dell'impalcato continuo oltre la quale considerare gli effetti della var. spaziale del moto			L_{lim}
Spostamento relativo orizzontale massimo del terreno	d_{ri}	[m]	0.000

Risultati			
accelerazione spettrale per $T=T_{is}$	$Se(T_{is})$	[m/sec ²]	2.31
Forza complessiva trasmessa alle sottostrutture	F_{sis}	[kN]	815
Rapporto tra Forza orizzontale e peso dell'impalcato	F_{sis}/P_{imp}	[%]	24%
spostamento del centro di rigidezza	d_{dc}	[m]	0.134
Distanza massima da asse sistema isolamento	L_{max}	[m]	10.00
Coefficiente di dilatazione termica impalcato	α		1.00E-05
Allungamento per dilatazione termica positiva	$d_{\Delta T+}$	[m]	0.005
Contrazione per dilatazione termica negativa	$d_{\Delta T-}$	[m]	-0.004
deformazione totale finale per ritiro			0.00027
Area soletta soggetta a ritiro			3.110
coefficiente di omogeneizzazione a tinf (ritiro)	n_{rit}		15.8
Area sezione resistente omogeneizzata all'acciaio			0.446
Contrazione complessiva per ritiro del cls			-0.00012
Contrazione per ritiro	d_{gr}	[m]	-0.001
spost. di progetto iso: $d_{Ed} = (d_{dc}^2 + d_{ri}^2)^{0.5} + \max\{ass(d_{gr} + 0.5d_{\Delta T-}); 0.5d_{\Delta T+}\}$	d_{Ed}	m	0.138
Azioni trasmesse agli isolatori di tipo 1	F_{sis_1}	kN	135.8

Pertanto, le azioni trasmesse alle sottostrutture dal sistema di isolamento per analisi agli SLV sono pari a:

- Spalle: $F_h = 135.8 \times 3 = 407.4$ kN

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

8 VERIFICHE 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.

Si riportano le verifiche della spalla SPA. I risultati si estendono anche alla spalla SPB.

8.1 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 viadotto), a livello dell'intradosso del plinto stesso, asse x parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato ed asse z diretto verso il basso.

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

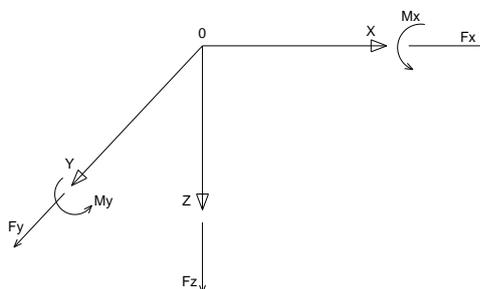


Figura 8.1. Sistema di riferimento

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

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

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

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

La palificata in oggetto è caratterizzata da una sola fila di pali accostati. Essa risulta, pertanto, rigida in direzione trasversale ma non in direzione longitudinale al viadotto.

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

In via semplificata, la risoluzione della palificata è stata comunque effettuata, a favore di sicurezza, nell'ipotesi di plinto di fondazione rigido. Pertanto, Le azioni risultanti in testa ai pali risultano pari a:

$$N_i = \frac{F_z}{n_p} \pm M_x \cdot \frac{y_{pi}}{\sum_i^n y_{pi}^2} \pm M_y \cdot \frac{x_{pi}}{\sum_i^n x_{pi}^2}$$

$$V_{xi} = \frac{F_x}{n_p}$$

$$V_{yi} = \frac{F_y}{n_p}$$

$$V = \sqrt{V_{xi}^2 + V_{yi}^2}$$

Essendo:

F_x, F_y, F_z, M_x, M_y azioni e coppie risultanti al baricentro della palificata, determinate con analisi globale;

N_i, V_{xi}, V_{yi}, V_i azioni assiale e orizzontali agenti in testa al palo iesimo;

n_p numero di pali della palificata;

x_{pi}, y_{pi} coordinate del palo iesimo rispetto al baricentro della palificata.

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

Spalla SPA

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI		ENV	SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	983	983	587	727	652	450
Azione assiale minima	Nmin	313	579	313	430	444	450
Azione trasversale massima	Vmax	279	229	279	169	148	107

8.2 Caratteristiche della sollecitazione per verifiche pali di fondazione

Per il calcolo delle sollecitazioni agenti sui pali è stato ipotizzato un modello di palo immerso in suolo alla Winkler, caratterizzato da costante di reazione orizzontale k_h costante con la profondità.

Nell'ipotesi di palo incastrato in sommità, il momento massimo viene attinto all'incastro con il plinto di fondazione e vale:

$$M_{max} = V_i \times (L_0 + H)/2$$

Essendo L_0 la lunghezza elastica del palo pari a:

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

E_p il modulo di elasticità del palo;

I_p il momento d'inerzia del palo;

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

Es Modulo di reazione orizzontale del terreno costante con la profondità, relativo agli strati superficiali, pari a:

$$E_s = 1.5 k_h d;$$

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

La costante di reazione orizzontale è stata assunta 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 **110 kPa**, che si colloca tra i valori minimi dei range caratteristici dei terreni più superficiali (litotipo **SLm**), si ha:

$$k_h = 200 \times 110 / 1.20 = 18333 \text{ kN/m}^3$$

LUNGHEZZA LIBERA D'INFLESSIONE PALI DI FONDAZIONE

Modulo di elasticità normale del calcestruzzo/malta	Ec	Mpa	31476
Modulo di Poisson del terreno	v		0.30
Diametro del palo	Dp	m	1.20
Momento d'inerzia della sezione in cls/malta	Ic	m4	0.1018
Kt Costante di reazione orizzontale (Vesic)	kt	kN/mc	18333
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	4.44

Spalla SPA:

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SU			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	983	587	727	652	450
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	579	313	430	444	450
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	508	620	376	329	238
Momento amplificato del 20%	Mmax_1a	kNm	609	744	451	395	286
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	229	279	169	148	107

8.3 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione

Spalla SPA

I pali di fondazione delle spalle saranno armati come segue:

1° gabbia:

- Armature longitudinali: **20φ20**;
- Armature trasversali: **spirale φ12/20**

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

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

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

S.S.4 "SALARIA"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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 circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	50.3	20	20

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 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	983.00	609.00	0.00	229.00	0.00
2	579.00	609.00	0.00	229.00	0.00
3	823.00	609.00	0.00	229.00	0.00
4	587.00	744.00	0.00	279.00	0.00
5	313.00	744.00	0.00	279.00	0.00
6	511.00	744.00	0.00	279.00	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	727.00	451.00	0.00
2	430.00	451.00	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)

S.S.4 "SALARIA"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 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	652.00	395.00 (651.51)	0.00 (0.00)
2	444.00	395.00 (587.27)	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	450.00	286.00 (641.22)	0.00 (0.00)
2	450.00	286.00 (641.22)	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: 13.7 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 7.5 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 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	983.00	609.00	0.00	982.95	1550.53	0.00	2.55	62.8(33.9)
2	S	579.00	609.00	0.00	578.89	1400.87	0.00	2.30	62.8(33.9)
3	S	823.00	609.00	0.00	823.19	1492.50	0.00	2.45	62.8(33.9)
4	S	587.00	744.00	0.00	586.84	1403.91	0.00	1.89	62.8(33.9)
5	S	313.00	744.00	0.00	313.23	1298.12	0.00	1.74	62.8(33.9)
6	S	511.00	744.00	0.00	510.92	1374.81	0.00	1.85	62.8(33.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 Xc 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.)

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 anas GRUPPO FS ITALIANE
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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	0.00228	0.0	50.3	-0.01032	0.0	-50.3
2	0.00350	0.0	60.0	0.00215	0.0	50.3	-0.01189	0.0	-50.3
3	0.00350	0.0	60.0	0.00223	0.0	50.3	-0.01092	0.0	-50.3
4	0.00350	0.0	60.0	0.00215	0.0	50.3	-0.01186	0.0	-50.3
5	0.00350	0.0	60.0	0.00204	0.0	50.3	-0.01305	0.0	-50.3
6	0.00350	0.0	60.0	0.00212	0.0	50.3	-0.01218	0.0	-50.3

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	0.000125300	-0.004017992	----	----
2	0.000000000	0.000139553	-0.004873176	----	----
3	0.000000000	0.000130701	-0.004342062	----	----
4	0.000000000	0.000139253	-0.004855172	----	----
5	0.000000000	0.000150055	-0.005503312	----	----
6	0.000000000	0.000142122	-0.005027334	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezi. 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
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/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	229.00	2267.42	970.27	97.4 87.7	99.8	2.500	1.061	2.7	11.3(0.0)
2	S	229.00	2184.98	991.86	99.3 89.6	96.3	2.500	1.036	2.6	11.3(0.0)
3	S	229.00	2229.71	979.88	98.3 88.6	98.1	2.500	1.051	2.6	11.3(0.0)
4	S	279.00	2185.50	991.62	99.3 89.6	96.3	2.500	1.037	3.2	11.3(0.0)
5	S	279.00	2104.80	1008.58	100.9 91.2	92.8	2.500	1.020	3.1	11.3(0.0)
6	S	279.00	2149.79	998.39	99.9 90.2	94.6	2.500	1.032	3.2	11.3(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

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.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.71	0.0	150.0	-91.1	0.0	-50.3	1536	15.7	15.7	1.00
2	S	5.10	0.0	0.0	-137.7	0.0	-50.3	1536	15.7	15.7	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.11	0.0	150.0	-77.7	0.0	-50.3	1536	15.7	15.7	0.50
2	S	4.38	0.0	0.0	-109.4	0.0	-50.3	1536	15.7	15.7	0.50

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * srm$. 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	-1.6	0	0.125	20	87	0.400	0.00015 (0.00015)	303	0.076 (0.40)	651.51	0.00
2	S	-1.7	0	0.125	20	87	0.400	0.00021 (0.00021)	303	0.107 (0.40)	587.27	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (DM96)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.00	0.0	150.0	-59.4	0.0	-50.3	1536	15.7	15.7	0.50
2	S	3.00	0.0	0.0	-59.4	0.0	-50.3	1536	15.7	15.7	0.50

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.1	0	0.125	20	87	0.400	0.00011 (0.00011)	303	0.058 (0.30)	641.22	0.00
2	S	-1.1	0	0.125	20	87	0.400	0.00011 (0.00011)	303	0.058 (0.30)	641.22	0.00

Come è possibile evincere tutte le verifiche agli SLU ed SLE sono soddisfatte.

S.S.4 "SALARIA"		 an GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

8.4 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.

8.4.1 Paraghiaia

La verifica del Paraghiaia è stata effettuata considerando le sollecitazioni derivanti dal peso proprio, dalla spinta delle terre, dalle spinte esercitate dal sovraccarico accidentale sul terrapieno, da un asse di carico Q_{1k} da 300 kN supposto agente in testa al paraghiaia e da una forza di frenatura convenzionale pari a 180 kN (60% di Q_{1k}) sempre applicata in testa al paraghiaia (vedi figura seguente).

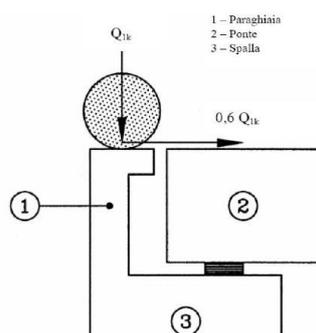


Figura 8.2. Carichi da traffico su muri paraghiaia

Inoltre, sono state valutate le sollecitazioni relative alla fase sismica, generate dalle forze inerziali, dall'incremento di spinta delle terre e dalle azioni direttamente trasmesse dal ritegno longitudinale.

La spinta delle terre in condizioni di esercizio, è stata valutata con riferimento al coefficiente di spinta a riposo K_0 .

Conformemente alle circolari alle NTC2018 (§C.5.1.3.3.5.1), il sovraccarico accidentale da traffico è costituito dal carico Q_{1k} supposto distribuito su un impronta di 3.0 x 2.20.

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

S.S.4 "SALARIA"		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

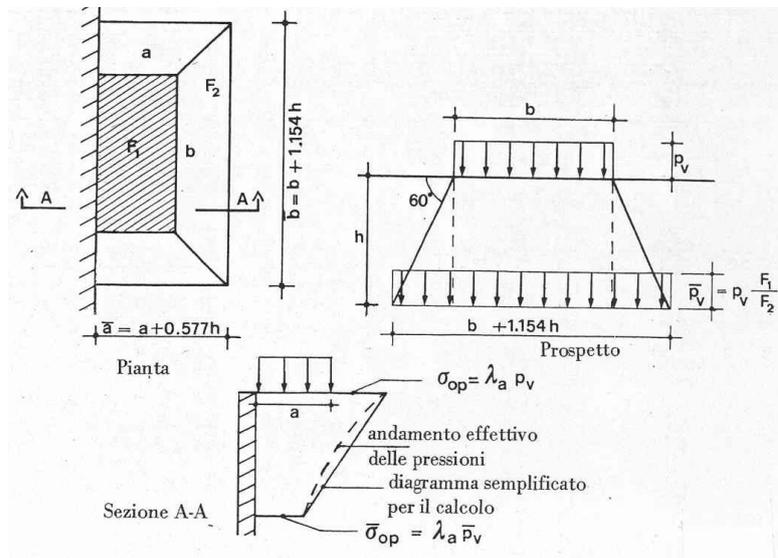


Figura 8.3. Schema di diffusione del sovraccarico accidentale.

La pressione dovuta al sovraccarico quindi decresce come indicato nella sezione A-A di **Errore. L'origine r** **iferimento non è stata trovata**. 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 $(b + 1.154h + 2.00)$.

8.4.2 Verifiche di resistenza a taglio

I tagli di calcolo sono stati confrontati con le resistenza 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.

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

9 VERIFICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E ISOLAMENTO E GIUNTI DI DILATAZIONE

9.1 Isolatori elastomerici

Come precedentemente illustrato l'impalcato sarà isolato dalle sottostrutture mediante isolatori elastomerici posizionati in corrispondenza di ciascun allineamento di appoggio delle travi principali.

Di seguito sono riepilogate le caratteristiche degli isolatori elastomerici prescelti:

Allineamento	ξ [%]	CARATTERISTICHE ISOLATORI ELASTOMERICI					
		$s_{max} \pm$ [mm]	Ned [kN]	Fzd [kN]	Ke [kN/mm]	Kv [kN/mm]	n iso
SPA	10	200	1180	3720	1.01	912	3
SPB	10	200	1180	3720	1.01	912	3

Essendo:

ξ	Coefficiente di smorzamento viscoso equivalente
s_{max}	spostamento massimo di progetto d_2 per azioni sismiche agli SLC (par. 7.10.6.2.2 NTC2018)
NEd	Carico verticale massimo ammesso in presenza di sisma che provoca uno spostamento s_{max}
Fzd	Carico verticale massimo ammesso allo SLU in condizioni statiche
Ke	Rigidezza orizzontale equivalente dell'isolatore allo spostamento s_{max}
Kv	Rigidezza verticale
Niso	Numero isolatori elastomerici per allineamento di appoggio

9.1.1 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:

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

CARICHI VERTICALI TRASMESSI AGLI APPARECCHI DI APPOGGIO
Carichi trasmessi agli appoggi - Condizioni di carico elementari

Condizione n.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili Max	Carichi mobili Min
SPA	396.6	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2	915.1	0.0
SPB	396.6	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2	915.1	0.0

Carichi trasmessi agli appoggi - Combinazioni

Fattori moltiplicativi

Combinazione n.

SLE-QP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
SLE-RARA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00
SLU-STR	1.35	1.35	1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	0.90	1.35	1.35
SLU-SIS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLE-FREQ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.00	0.75	0.75

Carichi trasmessi agli appoggi

Combinazione SLE-QP

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	MAX	MIN
											Sommano	Sommano
SPA	396.6	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	578.6	578.6
SPB	396.6	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	578.6	578.6

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
											Sommano	Sommano
SPA	396.6	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	915.1	0.0	1506.5	565.9
SPB	396.6	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	915.1	0.0	1506.5	565.9

Combinazione SLU-STR

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano
											Sommano	Sommano
SPA	535.4	245.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.1	1235.4	0.0	2035.6	762.1
SPB	535.4	245.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.1	1235.4	0.0	2035.6	762.1

Combinazione SLU-SIS

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano
											Sommano	Sommano
SPA	396.6	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	578.6	578.6
SPB	396.6	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	578.6	578.6

Combinazione SLE-FREQ

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	Sommano	Sommano
											Sommano	Sommano
SPA	396.6	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	686.3	0.0	1265.0	578.6
SPB	396.6	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	686.3	0.0	1265.0	578.6

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

9.1.2 Verifica degli spostamenti orizzontali degli isolatori in fase sismica

La tabella seguente riepiloga gli spostamenti orizzontali agli SLC in direzione longitudinale, combinati secondo quanto precedentemente illustrato, e combinati con gli spostamenti generati dal ritiro e dalle variazioni termiche, quest'ultimi conteggiati al 50%.

L'EC8-2 impone di considerare la variabilità spaziale del moto per i ponti a travata continua quando:

- fra due punti di contatto con il suolo varia la categoria stratigrafica o topografica

S.S.4 "SALARIA"		 ANAS GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

- anche in presenza di sottosuolo omogeneo, la lunghezza del segmento di impalcato continuo è maggiore del valore limite $L_{lim} = L_g/1,5$ dove L_g è la distanza oltre cui il moto di due punti può ritenersi indipendente, definito nella seguente tabella:

Tabella - Distanza oltre cui il moto può ritenersi indipendente

Categoria di sottosuolo	A	B	C	D	E
L_g [m]	600	500	400	300	500

Nel caso in esame la categoria di sottosuolo è C. Pertanto si ha $L_{lim}=400/1.5=266.7$ m.

Essendo la lunghezza d'impalcato massima pari a **21.2** minore della lunghezza limite $L_{min} = 266.7$ m, si trascurano gli effetti dovuti alla variabilità spaziale del moto.

Il modello di riferimento è di SDOF:

			PED
Viadotto/Ponte			PO03
Carreggiata			Analisi SLC
Dati impalcato			
Lunghezza dell'impalcato	L_{imp}	[m]	21.2
Peso dell'impalcato al metro lineare	P_v	[kN]	163.3
Peso complessivo dell'impalcato	P_v	[kN]	3461.4
Massa dell'impalcato	M	[kN / (m/sec ²)]	352.8
Dati Sistema di isolamento			
Fattore di smorzamento viscoso	ζ	[%]	10%
Fattore η	η	[-]	0.82
Isolatori tipo 1	Tipiso_1	[-]	SI-N400/200
Numero isolatori tipo 1	niso_1	[-]	6
Rigidezza isolatori tipo 1	K_h iso_1	[kN/m]	1010
Rigidezza equivalente	K_h tot	[kN/m]	6060
Periodo equivalente della struttura isolata	T_{is}	[sec]	1.52

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

Dati Sisma			SLC
Accelerazione al suolo	a_g	[g]	0.333
Parametro F_0	F_0	[-]	2.423
Tempo T^*_C	T^*_C	[sec]	0.362
accelerazione al suolo	a_g	[m/sec ²]	3.27
Categoria di Sottosuolo	Cat_S	[-]	C
Parametro S_s	S_s	[-]	1.22
Parametro C_C	C_C	[-]	1.47
Categoria topografica	Cat_T	[-]	T1
Parametro S_T	S_T	[-]	1.00
Parametro S	S	[-]	1.22
Periodo T_B	T_B	[sec]	0.177
Periodo T_C	T_C	[sec]	0.532
Periodo T_D	T_D	[sec]	2.932
Accelerazione spettrale per $T=T_B$	$a_g S \eta F_0$	$Se(T_B)$ [m/sec ²]	7.86
Accelerazione spettrale per $T=T_C$	$a_g S \eta F_0$	$Se(T_C)$ [m/sec ²]	7.86
Accelerazione spettrale per $T=T_D$	$a_g S \eta 2.5 T_D/T_D$	$Se(T_D)$ [m/sec ²]	1.42
Spostamento assoluto orizzontale massimo del terreno	d_g	[m]	0.155
Spostamento relativo massimo del terreno tra 2 punti indipendenti	d_{ijmax}	[m]	0.274
Distanza tra due punti oltre la quale il moto può considerarsi indipendente			400.0
Lunghezza dell'impalcato continuo oltre la quale considerare gli effetti della var. spaziale del moto			266.7
Spostamento relativo orizzontale massimo del terreno	d_{ri}	[m]	0.000

Risultati			
accelerazione spettrale per $T=T_{is}$	$Se(T_{is})$	[m/sec ²]	2.75
Forza complessiva trasmessa alle sottostrutture	F_{sis}	[kN]	972
Rapporto tra Forza orizzontale e peso dell'impalcato	F_{sis}/P_{imp}	[%]	28%
spostamento del centro di rigidità	d_{dc}	[m]	0.160
Distanza massima da asse sistema isolamento	L_{max}	[m]	10.00
Coefficiente di dilatazione termica impalcato	α		1.00E-05
Allungamento per dilatazione termica positiva	$d_{\Delta T+}$	[m]	0.005
Contrazione per dilatazione termica negativa	$d_{\Delta T-}$	[m]	-0.004
deformazione totale finale per ritiro			0.00027
Area soletta soggetta a ritiro			3.110
coefficiente di omogeneizzazione a tinf (ritiro)	n_{rit}		15.760
Area sezione resistente omogeneizzata all'acciaio			0.446
Contrazione complessiva per ritiro del cls			-0.00012
Contrazione per ritiro	d_{er}	[m]	-0.001
spost. di progetto iso: $d_{Ed} = (d_{dc}^2 + d_{ri}^2)^{0.5} + \max[\text{ass}(d_{er} + 0.5d_{\Delta T-}); 0.5d_{\Delta T+}]$	d_{Ed}	m	0.164

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a **164** mm, inferiore quindi al massimo spostamento di progetto, pari a ± 200 mm.

S.S.4 "SALARIA"		 an <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

9.2 Giunti di dilatazione

Alle estremità dell'impalcato saranno disposti giunti di dilatazione in elastomero armato in grado di garantire una escursione complessiva di 400 mm in direzione longitudinale e di 400 mm in direzione trasversale (valori calcolati allo SLC).

Allineamento	CARATTERISTICHE GIUNTI DI DILATAZIONE				
	sl_tot [mm]	str_tot [mm]	Bcord_sx [m]	Bpiat [m]	Bcord_dx [m]
SPA	400	400	0.94	13	0.92
SPB	400	400	0.93	12.76	0.91

S.S.4 "SALARIA"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

10 VERIFICHE GEOTECNICHE SLU ED SLE DELLE FONDAZIONI SU PALI

In accordo alle NTC2018 le verifiche SLU di tipo geotecnico (GEO) delle fondazioni su pali sono state effettuate con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione $E_d \leq R_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- Collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali;
- Collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- Collasso per carico limite di sfilamento del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
- Collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi trasversali;
- Collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
- Stabilità globale.

Le verifiche di stabilità globale vengono effettuate esclusivamente nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali, mentre vengono omesse per fondazioni che ricadono su aree in piano o a pendenza estremamente modesta.

Le verifiche SLU di tipo strutturale (STR) sono illustrate nei capitoli relativi alle sottostrutture.

Relativamente agli stati limite di esercizio (SLE) è stata effettuata una stima del cedimento del palo singolo e della palificata soggetti a carichi verticali.

10.1 Criteri di Calcolo

Le verifiche di stabilità globale vengono effettuate seguendo l'Approccio 1 con la combinazione dei coefficienti parziali (A2, M2, R2) definiti dalle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle NTC2018:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

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

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1} .

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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

S.S.4 "SALARIA"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Le altre verifiche agli stati limite ultimi finalizzate al dimensionamento geotecnico (carico limite della palificatane nei riguardi dei carichi assiali, trasversali e di sfilamento), sono state effettuate riferendosi all'Approccio 2 con i gruppi parziali A1, M1, R3 definiti dalle tabelle 6.2.I, 6.2.II, precedentemente illustrate, 6.4.II e 6.4.VI:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale ^{o)}	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

^{o)} da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

10.1.1 Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione

Deve essere:

$$Fcd \leq Rcd$$

Dove:

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

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

$$Rcd = Rbd + Rsd - Wp$$

Essendo:

$Rbd = Rbk / \gamma_b$ la resistenza alla base di progetto;

$Rsd = Rsk / \gamma_s$ la resistenza laterale di progetto;

Wp il peso del palo alleggerito;

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

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

$Rsk = \text{Min} [(Rsc, cal)_{media} / \xi_3; (Rsc, cal)_{min} / \xi_4]$ la resistenza laterale caratteristica;

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

ξ_3, ξ_4 coefficienti di riduzione che dipendono dal numero di verticali indagate, determinati in base alla Tab. 6.4.IV delle NTC2018:

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

$R_{b,cal}$ ed $R_{s,cal}$ rappresentano le resistenze alla base e laterale di calcolo del palo valutate con la seguenti espressioni:

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

$$R_{s,cal} = \sum^n_i q_{s_i} A_i \quad \text{la resistenza laterale}$$

i è lo strato i esimo attraversato dal palo ed n il numero totale degli strati.

10.1.1.1 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 σ_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:

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

Tipo di palo	Valori di c_u [kPa]	Valori di α
Trivellato	$c_u < 25$	0.9
	$25 \leq c_u < 50$	0.8
	$50 \leq c_u < 75$	0.6
	$c_u \geq 75$	0.4

Tabella 10.1 – Valori di α (AGI 1984)

S.S.4 "SALARIA"		 ANAS <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

10.1.1.2 Unità a comportamento incoerente (Sabbie, Sabbie limose e Ghiaie)

La verifica è effettuata in termini di tensioni efficaci.

Per pali trivellati di grande diametro la resistenza unitaria alla base viene determinata attraverso la seguente espressione:

$$q_b = N_q^* \times \sigma_v'$$

N_q^* è il coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere di un cedimento alla base del palo pari a $(0.06 - 0.1) D$ valutato secondo Berezantzev (1965), e σ_v' la tensione verticale alla base del palo in termini di tensioni efficaci.

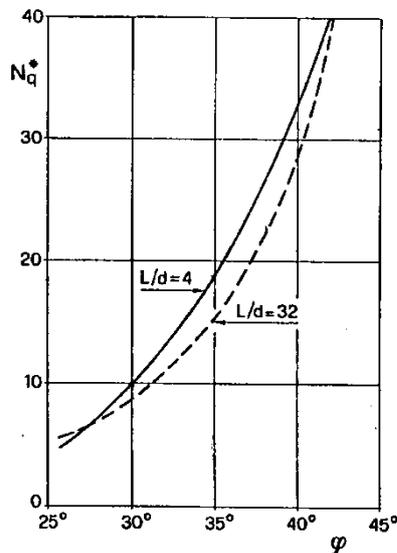


Figura 10.1 – Coefficienti N_q^* (Berezantzev, 1965), corrispondenti all'insorgere delle deformazioni plastiche alla base

In ogni caso è stato assunto per q_b un valore limite $q_{b,max}$ pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione [Gwizdala (1984), Reese&O'Neill (1988) e Matsui (1993)]:

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

Essendo:

α_N un coefficiente empirico pari a:

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

$(N_{spt})_m$ Il valore di N_{spt} medio su un tratto pari a $1.5 D$ al di sopra e al di sotto della base del palo.

e dalla seguente tabella:

$$q_{b,max2} = 7500 \text{ per ghiaie} \quad q_{b,max2} = 5800 \text{ per sabbie} \quad q_{b,max2} = 4300 \text{ per sabbie limose}$$

La resistenza unitaria laterale q_{s_i} viene determinato in accordo a Reese e O'Neill (1988) e O'Neill&Hassan (1994) come:

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

$$q_{s_i} = \sigma'_m \beta (z) \leq q_{s,max}$$

essendo:

σ'_m il valore della tensione verticale determinata alla quota media dello strato considerato;

β coefficiente empirico;

$q_{s,max}$ tensione tangenziale ultima consigliabile.

In accordo a Reese e O'Neill (1988) e O'Neill&Hassan (1994) al coefficiente empirico β possono essere assegnati i seguenti valori:

$$1.2 \geq \beta = 1.5 - 0.42 z^{0.34} \geq 0.25 \text{ per i depositi sabbiosi}$$

$$1.8 \geq \beta = 2.0 - 0.15 z^{0.75} \geq 0.25 \text{ per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi}$$

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

$$q_{s,max} = 3 \times N_{spt} \text{ (kPa)} \quad \text{per } N_{spt} \leq 53$$

$$q_{s,max} = 142 + 0,32 \times N_{spt} \text{ (kPa)} \quad \text{per } N_{spt} > 53$$

10.1.1.3 Unità rocciose

Per pali trivellati di grande diametro in roccia, il Canadian Foundation Manual (1978) suggerisce questa espressione per la portata ammissibile alla base:

$$q_{b,amm} = K_{sp} \times q_u$$

con:

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

Dove:

K_{sp} coefficiente empirico compreso tra 0.1 e 0.4, che dipende dalla spaziatura e include un fattore di sicurezza pari a 3;

q_u valore medio della resistenza a compressione monoassiale della matrice rocciosa (determinata su campioni di roccia intatta);

c spaziatura delle discontinuità;

δ apertura delle discontinuità;

B diametro del palo.

Poulos e Davis in "Analisi e progettazione di fondazioni su pali, 1980", sulla base dei dati empirici forniti da Thorne (1977), suggeriscono una pressione massima ammissibile alla punta dell'ordine di 0.3 q_{um} (resistenza monoassiale alla compressione) che sembrerebbe abbastanza prudente per quasi tutte le

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

argilliti rigonfie. Anche in questo caso, il riferimento alle soluzioni teoriche mostra che, tali valori, generalmente, implicano un coefficiente di sicurezza di almeno 3 per le rocce fratturate o con fratture a brevi intervalli, e 12 o più per rocce integre.

Sulla base di quanto sopra, la resistenza unitaria alla base è stata assunta pari a:

$$qb_{amm} = 3 K \times q_u$$

dove K è un coefficiente cautelativamente assunto pari a 0.20, sulla scorta di quanto precedentemente espresso.

La resistenza unitaria laterale q_s , per pali trivellati in roccia, viene determinata impiegando l'espressione suggerita da Horvath e Kenney (1989):

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

10.1.2 Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico assiale di compressione

L'interasse tra i pali è fissato ad un valore non minore di tre volte il loro diametro.

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

$$R_{cd,gr} = \eta n R_{cd}$$

In cui:

η è l'efficienza del gruppo di pali;

n Il numero complessivo di pali del gruppo.

R_{cd} la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo definito in accordo a quanto illustrato nel paragrafo 10.1.1.

Per palificate in terreni incoerenti e interassi usuali (non minori di tre volte il diametro dei pali), l'efficienza è sempre maggiore dell'unità e nel progetto viene assunta pari ad uno. In questi casi, la verifica di collasso per carico limite del palo singolo è certamente più gravosa di quella relativa al gruppo che, pertanto, viene omessa.

Per palificate in terreni coesivi, l'efficienza del gruppo di pali risulta minore dell'unità.

Il valore dell'efficienza è stato determinato attraverso la nota formula empirica di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 m n}$$

In cui:

d diametro dei pali;

i interasse tra i pali;

m numero di file di pali;

n numero di pali per ciascuna fila.

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

La verifica si ritiene soddisfatta se:

$$N_{\max \text{ SLU}} \leq R_{cd,gr}$$

Dove:

$N_{\max \text{ SLU}}$ è il massimo carico verticale agli SLU-STR o SLV agente sulla palificata.

10.1.3 Verifiche SLU di collasso per sfilamento del palo singolo nei riguardi del carico assiale di trazione

Deve essere:

$$F_{td} \leq R_{td}$$

Dove:

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

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

$$R_{cd} = 0.7 R_{sd} + W_p$$

Essendo:

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

W_p il peso del palo alleggerito;

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

R_{sk} la resistenza laterale caratteristica, valutata secondo quanto illustrato al paragrafo 10.1.1.

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.

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

Deve essere:

$$F_{tr,d} \leq R_{tr,d}$$

Dove:

$F_{tr,d}$ è il carico orizzontale di progetto nelle verifiche allo SLU agente sul palo singolo;

$R_{tr,d}$ la Resistenza di progetto ai carichi orizzontali allo SLU per il palo singolo fornita dalla seguente espressione:

$R_{tr,d} = R_{tr,k} / \gamma_T$ la resistenza caratteristica ai carichi orizzontali;

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

γ_T coefficiente di sicurezza parziale per le verifiche agli stati limite ultimi di apli soggetti a carichi trasversali, fornito dalla Tab. 6.4.VI delle NTC2018, precedentemente illustrata;

$R_{tr,k} = \text{Min} [(R_{tr,cal})_{media} / \xi_3; (R_{tr,cal})_{min} / \xi_4]$ la resistenza laterale caratteristica ai carichi orizzontali allo SLU;

ξ_3, ξ_4 coefficienti di riduzione che dipendono dal numero di verticali indagate, determinati in base alla Tab. 6.4.IV delle NTC2018:

$R_{tr,cal}$ rappresenta la resistenza di calcolo del palo ai carichi orizzontali H_{lim} valutata in accordo alla teoria proposta da Broms (1984).

Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

- Terreno omogeneo;
- Comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico;
- la forma del palo è ininfluente e l'interazione palo-terreno è determinata solo dalla dimensione caratteristica D della sezione del palo (il diametro per sezioni circolari, il lato per sezioni quadrate, etc.) misurata normalmente alla direzione del movimento;
- il palo ha comportamento rigido-perfettamente plastico, cioè si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

Questa ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione M_y del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua indefinitamente con momento costante.

In accordo alla condizione di vincolo dei pali nei plinti di fondazione, il palo è considerato impedito di ruotare in testa.

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili meccanismi di rottura sono riportati nella figura seguente e sono solitamente indicati come "palo corto", "intermedio" e "lungo".

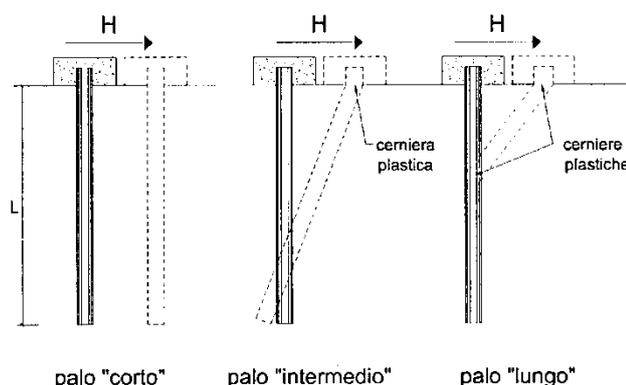


Figura 10.2 – meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984).

S.S.4 "SALARIA"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

10.1.4.1 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.

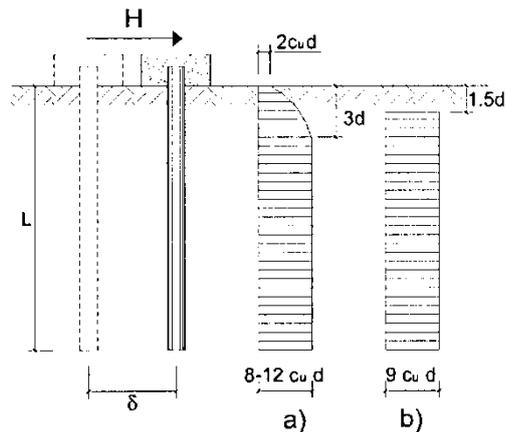


Figura 10.3 – distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984).

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

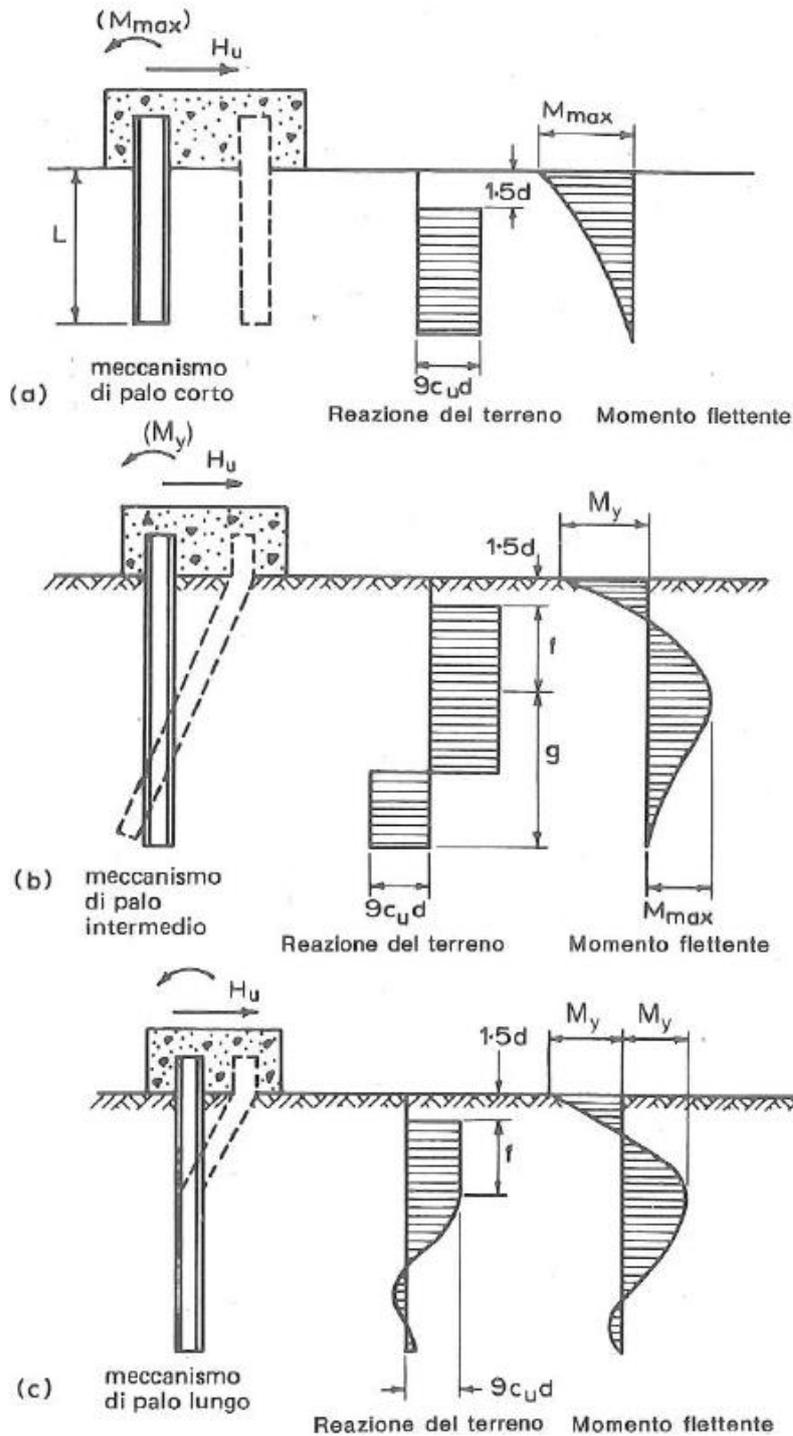


Figura 10.4 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni coesivi (Broms, 1984).

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:

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

$$H \lim = 9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right)$$

palo corto

$$H \lim = -9c_u D^2 \left(\frac{L}{D} - 1.5 \right) + 9c_u D^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u D^3} + 4.5}$$

palo intermedio

$$H \lim = -13.5c_u D^2 + c_u D^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u D^3}}$$

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

10.1.4.2 Unità a comportamento incoerente

Per un terreno incoerente si assume che la resistenza opposta dal terreno alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità con legge:

$$p = 3 k_p \gamma z D$$

essendo:

k_p il coefficiente di spinta passiva;

z la profondità da piano campagna;

γ il peso di volume del terreno, nel caso in cui il terreno sia sotto falda si assume γ' .

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

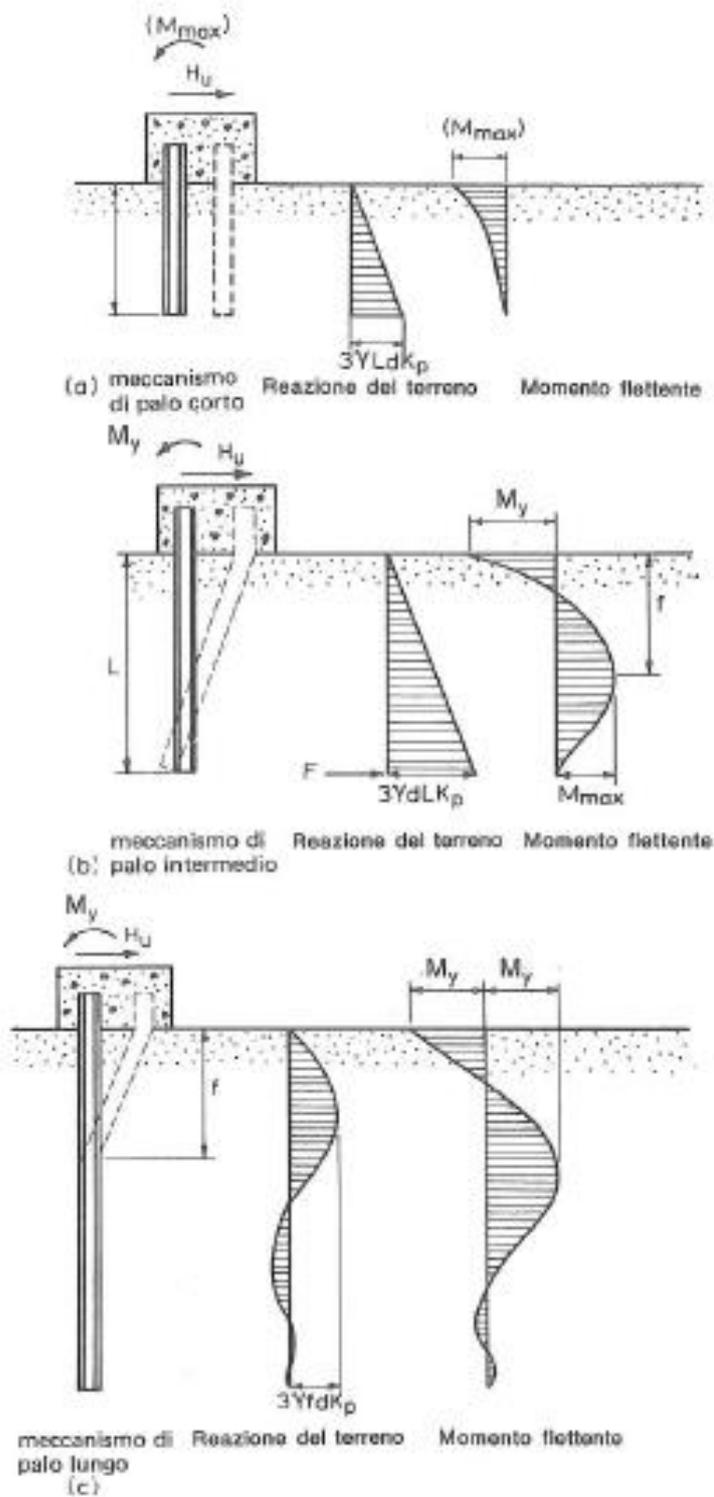


Figura 10.5 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni incoerenti (Broms, 1984).

S.S.4 "SALARIA"		 an <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

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

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

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

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

In cui:

η_{tr} è l'efficienza del gruppo di pali;

n Il numero complessivo di pali del gruppo.

$R_{tr,d1}$ la Resistenza di progetto allo SLU per il palo singolo definito in accordo a quanto illustrato nel paragrafo 10.1.1, 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.4 "SALARIA"		 an GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	Relazione tecnica e di calcolo PO03	

“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 10.6 - Schema A);
- interazione tra pali affiancati, caricati in direzione perpendicolare alla fila (Figura 10.9 - 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 10.6 – 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 10.7.

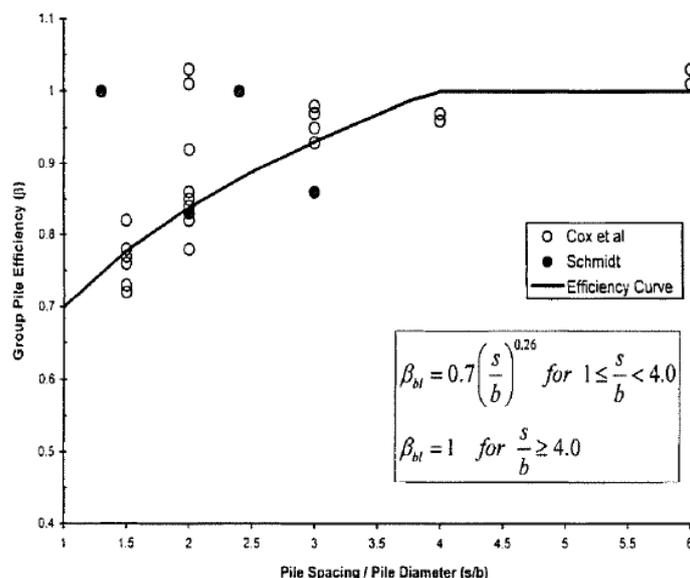


Figura 10.7 – Fattori di riduzione per pali disposti parallelamente alla direzione di carico – Pali frontali

S.S.4 "SALARIA"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

I fattori di riduzione per pali retrostanti possono essere ricavati dalle indicazioni fornite in Figura 10.8.

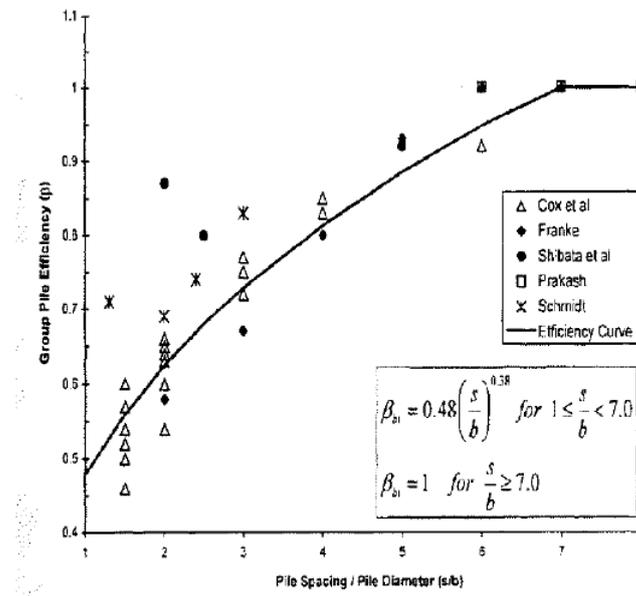


Figura 10.8 – Fattori di riduzione per pali disposti parallelamente alla direzione di carico – Pali retrostanti

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

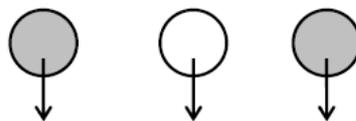


FIGURA 6-12: SCHEMA B – PALI AFFIANCATI

Figura 10.9 – 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 10.10.

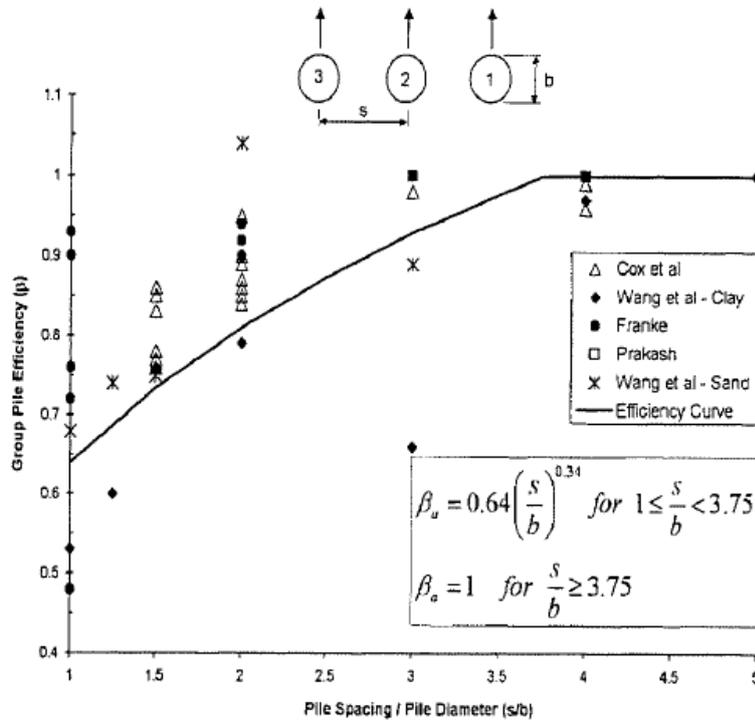


Figura 10.10 – Fattori di riduzione per pali disposti su file perpendicolari alla direzione del carico

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%.

10.2 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.

10.2.1 Caratteristiche delle opere di fondazione su pali

Le fondazioni delle spalle sono di tipo indiretto su pali trivellati $\phi 1200$, collegati in testa da rigide zattere di fondazione di altezza pari a 2.0 m.

Per le spalle sono previsti pali accostati :

- Spalla A : 10 + 6 x 2;
- Spalla B: 10 + 6 x 2.

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 GRUPPO FS ITALIANE
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

10.2.2 Parametri geotecnici e stratigrafie di progetto

Di seguito si riepilogano le stratigrafie ed i parametri geotecnici di progetto impiegati nel dimensionamento delle fondazioni su pali.

Inoltre, è indicato il numero delle verticali indagate, utile al dimensionamento dei pali.

VIADOTTO: **PO03** Numero delle verticali indagate spinte a profondità utile al dimensionamento dei pali **1**

Allineamento: **SPA - SPB**

Profondità falda da piano di campagna z_w m **0.0**

STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Strato n.	Da [m]	A [m]	Unità	PARAMETRI DI RESISTENZA				NSPT
				VALORI MEDI				
				γ_{med} [kPa]	$c_{u\ med}$ [kPa]	c'_{med} [kPa]	ϕ'_{med} [°]	
1	0.00	4.00	SLm	18.5	110			
2	4.00	34.00	G	19.5			38.0	100
3	34.00	60.00	SG	20.5			36.0	65

Tabella 10.2 – Stratigrafie e parametri geotecnici per il progetto delle fondazioni

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

In allegato si riportano le curve Resistenza di progetto R_{cd} – Lunghezza del palo (L_p), che consentono il dimensionamento della lunghezza del palo in funzione dei carichi di progetto F_{cd} .

I valori di F_{cd} , F_{td} e F_{cdgr} 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 TRAZIONE			
			PARAMETRI MEDI				MEDI			
Stratigrafia	Allineamenti	L_p [m]	R_{sd} [kN]	R_{bd} [kN]	R_{cd} [kN]	E_{dc} [kN]	c.u. %	R_{td} [kN]	E_{dt} [kN]	c.u. %
STR1	SPALLE	10.0	1113	1789	2839	990	35%	842	0	0%

Tabella 10.3 – 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		
Stratigrafia	Allineamenti	D [m]	i [m]	npali	η (%)	$R_{cd,gr\ med}$ [kN]	E_{dc} [kN]	c.u. %
STR1	SPALLE	1.20	1.40	10	59%	16861	8250	49%

Tabella 10.4 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali di compressione

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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

In allegato si riportano le curve Resistenza di progetto $R_{tr,d}$ – Momento di plasticizzazione testa palo (MRd), che consentono il dimensionamento della lunghezza del palo in funzione dei carichi di progetto $F_{tr,d}$.

I valori di $F_{tr,d}$ 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.

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	SPALLE	1719	642	279	43%	1792	642	10	80%	5135	2790	54%

Tabella 10.5 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite del palo singolo e della palificata nei riguardi dei carichi trasversali

S.S.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

11 DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018)

11.1 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.

11.2 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

11.3 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.

11.4 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.

11.5 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.4 "SALARIA"		
Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

11.6 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.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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

LAVORO: SS4 - CITTADUCALE L=20 m - 3 Travi
 Analisi della struttura - Caratteristiche geometrico-inerziali sezioni

Rck = 45 Mpa
 n0 = 6.16
 ninf = 15.06
 nr1t = 15.74

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	3	12.10	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	11.640	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000	1.920	1.820	4.100	0.240	0.070	0.460
2	3	12.10	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	11.640	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000	1.920	1.820	4.100	0.240	0.070	0.460
3	3	12.10	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	9.767	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000	1.920	1.820	4.100	0.240	0.070	0.460
4	3	12.10	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	9.767	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000	1.920	1.820	4.100	0.240	0.070	0.460
5	3	12.10	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	9.767	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000	1.920	1.820	4.100	0.240	0.070	0.460
6	3	12.10	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	9.767	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000	1.920	1.820	4.100	0.240	0.070	0.460
7	3	12.10	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	9.767	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000	1.920	1.820	4.100	0.240	0.070	0.460
8	3	12.10	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	9.767	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000	1.920	1.820	4.100	0.240	0.070	0.460
9	3	12.10	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	11.640	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000	1.920	1.820	4.100	0.240	0.070	0.460
10	3	12.10	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	11.640	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000	1.920	1.820	4.100	0.240	0.070	0.460

Analisi della struttura - Caratteristiche geometrico inerziali

Sez	Armatura soletta in c.a.											Trave isolata					Trave composta - n=ninf.					Trave composta - n=nrit.					Trave composta - n=n0					
	Brinf (m)	A (mq)	yGc (m)	Ix (m4)	As1 (mq)	Hs1 (m)	As2 (mq)	Hs2 (m)	As (mq)	yGs (m)	Ixs (m4)	Ha (m)	Aa (mq)	yGa (m)	Ixa (m4)	Iya (m4)	Ja (m4)	Ai (mq)	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	0.460	1.0162	0.185	0.00548544	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.137529	1.111	0.043841	1.705576	0.000012	0.134617	1.103	0.04341	1.671732	0.000012	0.234967	1.266	0.052332	2.838017	0.000049
2	0.460	1.0162	0.185	0.00548544	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.137529	1.111	0.043841	1.705576	0.000012	0.134617	1.103	0.04341	1.671732	0.000012	0.234967	1.266	0.052332	2.838017	0.000049
3	0.460	1.0162	0.185	0.00548544	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.139389	1.101	0.046803	1.735639	0.000016	0.136477	1.093	0.046348	1.701795	0.000016	0.236827	1.259	0.0558	2.86808	0.000053
4	0.460	1.0162	0.185	0.00548544	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.139389	1.101	0.046803	1.735639	0.000016	0.136477	1.093	0.046348	1.701795	0.000016	0.236827	1.259	0.0558	2.86808	0.000053
5	0.460	1.0162	0.185	0.00548544	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.139389	1.101	0.046803	1.735639	0.000016	0.136477	1.093	0.046348	1.701795	0.000016	0.236827	1.259	0.0558	2.86808	0.000053
6	0.460	1.0162	0.185	0.00548544	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.139389	1.101	0.046803	1.735639	0.000016	0.136477	1.093	0.046348	1.701795	0.000016	0.236827	1.259	0.0558	2.86808	0.000053
7	0.460	1.0162	0.185	0.00548544	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.139389	1.101	0.046803	1.735639	0.000016	0.136477	1.093	0.046348	1.701795	0.000016	0.236827	1.259	0.0558	2.86808	0.000053
8	0.460	1.0162	0.185	0.00548544	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.139389	1.101	0.046803	1.735639	0.000016	0.136477	1.093	0.046348	1.701795	0.000016	0.236827	1.259	0.0558	2.86808	0.000053
9	0.460	1.0162	0.185	0.00548544	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.137529	1.111	0.043841	1.705576	0.000012	0.134617	1.103	0.04341	1.671732	0.000012	0.234967	1.266	0.052332	2.838017	0.000049
10	0.460	1.0162	0.185	0.00548544	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.137529	1.111	0.043841	1.705576	0.000012	0.134617	1.103	0.04341	1.671732	0.000012	0.234967	1.266	0.052332	2.838017	0.000049

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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

LAVORO: SS4 - CITTADUCALE L=20 m - 3 Travi

Verifica della struttura - Caratteristiche geometrico-inerziali sezioni interamente reagenti

Rck = 45 Mpa
 n0 = 6.16
 ninf = 15.06
 nrit = 15.74

eps= 0.814 (c/t)max= 11.39

eps= 0.814 (c/t)max= 11.39

Sez	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	n.campata	X campata (m)	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	Lsx (m)	Lcampata	Ldx (m)	b1 (m)	b2 (m)	bcoll (m)	Hc (m)	
1	1	0.000	0.000	1	0.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	12.000	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	3.417	0.240
2	1	2.000	2.000	1	2.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	12.000	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	3.690	0.240
3	2	0.000	2.000	1	2.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	12.000	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	3.690	0.240
4	2	2.000	4.000	1	4.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	12.000	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	3.963	0.240
5	3	0.000	4.000	1	4.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	3.963	0.240
6	3	1.000	5.000	1	5.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	4.100	0.240
7	4	0.000	5.000	1	5.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	4.100	0.240
8	4	2.500	7.500	1	7.500	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	4.100	0.240
9	5	0.000	7.500	1	7.500	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	4.100	0.240
10	5	2.500	10.000	1	10.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	4.100	0.240
11	6	0.000	10.000	1	10.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	4.100	0.240
12	6	2.500	12.500	1	12.500	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	4.100	0.240
13	7	0.000	12.500	1	12.500	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	4.100	0.240
14	7	2.500	15.000	1	15.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	4.100	0.240
15	8	0.000	15.000	1	15.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	4.100	0.240
16	8	1.000	16.000	1	16.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.030	0.000	0.000	0.600	0.030	10.000	<4	0.014	1.240	0.000	0.000	0.800	0.030	0.800	0.030	13.100	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	3.963	0.240
17	9	0.000	16.000	1	16.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	12.000	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	3.963	0.240
18	9	2.000	18.000	1	18.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	12.000	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	3.690	0.240
19	10	0.000	18.000	1	18.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	12.000	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	3.690	0.240
20	10	2.000	20.000	1	20.000	3	12.100	4.000	reagente	0.600	0.025	0.000	0.000	0.600	0.025	12.000	4	0.018	1.250	0.000	0.000	0.800	0.025	0.800	0.025	15.640	4	4.200	0.360	4.000	ca	20.000				1.920	1.820	3.417	0.240

Verifica della struttura - Caratteristiche geometrico inerziali

Sez	Armatura soletta in c.a.						Trave isolata										Trave composta - n=ninf.																					
	Hcr (m)	Brsup (m)	Brinf (m)	A (mq)	yGc (m)	Ix (m4)	As1 (mq)	Hs1 (m)	As2 (mq)	Hs2 (m)	As (mq)	yGs (m)	Ixs (m4)	Ha (m)	Aa (mq)	yGa (m)	Ixa (m4)	Iya (m4)	Ja (m4)	Aw (mq)	Sx/Ix B (m-1)	Sx/Ix C (m-1)	WA (m3)	WB (m3)	WC (m3)	WD (m3)	Ai (mq)	yG (m)	yG-yGc (m)	Ixi (m4)	Iyi (m4)	Ji (m4)	Sx/Ix 1 (m-1)	WAI (m3)	WBI (m3)	WCI (m3)	WDI (m3)	WAs2i (mc)
1	0.070	0.560	0.560	0.8593	0.183	0.004851	0.005341	0.260	0.005341	0.080	0.010681	0.170	8.65197E-05	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.022500	0.685628	0.612168	0.028557	0.029811	0.024953	0.024069	0.125227	1.074	0.396	0.041819	1.705576	0.000012	0.659102	0.038940	0.039868	0.207969	0.184972	0.136626
2	0.070	0.560	0.560	0.9248	0.183	0.005169	0.005655	0.260	0.005655	0.080	0.011310	0.170	9.16091E-05	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.022500	0.685628	0.612168	0.028557	0.029811	0.024953	0.024069	0.130208	1.090	0.380	0.042664	1.705576	0.000012	0.667362	0.039151	0.040070	0.230293	0.202911	0.146986
3	0.070	0.560	0.560	0.9248	0.183	0.005169	0.005655	0.260	0.005655	0.080	0.011310	0.170	9.16091E-05	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.022500	0.685628	0.612168	0.028557	0.029811	0.024953	0.024069	0.130208	1.090	0.380	0.042664	1.705576	0.000012	0.667362	0.039151	0.040070	0.230293	0.202911	0.146986
4	0.070	0.560	0.560	0.9904	0.184	0.005486	0.005969	0.26	0.005969	0.080	0.011938	0.170	9.66984E-05	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.022500	0.685628	0.612168	0.028557	0.029811	0.024953	0.024069	0.135189	1.104	0.366	0.043449	1.705576	0.000012	0.674697	0.039342	0.040254	0.254678	0.222128	0.157651
5	0.070	0.560	0.560	0.9904	0.184	0.005486	0.005969	0.260	0.005969	0.080	0.011938	0.170	9.66984E-05	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.137049	1.094	0.376	0.046391	1.735639	0.000016	0.649853	0.042417	0.043613	0.263113	0.224854	0.162027
6	0.070	0.560	0.560	1.0232	0.184	0.005645	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.139854	1.102	0.368	0.046828	1.735639	0.000016	0.653740	0.042512	0.043702	0.277985	0.235963	0.168171
7	0.070	0.560	0.560	1.0232	0.184	0.005645	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.139854	1.102	0.368	0.046828	1.735639	0.000016	0.653740	0.042512	0.043702	0.277985	0.235963	0.168171
8	0.070	0.560	0.560	1.0232	0.184	0.005645	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.139854	1.102	0.368	0.046828	1.735639	0.000016	0.653740	0.042512	0.043702	0.277985	0.235963	0.168171
9	0.070	0.560	0.560	1.0232	0.184	0.005645	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.139854	1.102	0.368	0.046828	1.735639	0.000016	0.653740	0.042512	0.043702	0.277985	0.235963	0.168171
10	0.070	0.560	0.560	1.0232	0.184	0.005645	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.139854	1.102	0.368	0.046828	1.735639	0.000016	0.653740	0.042512	0.043702	0.277985	0.235963	0.168171
11	0.070	0.560	0.560	1.0232	0.184	0.005645	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.139854	1.102	0.368	0.046828	1.735639	0.000016	0.653740	0.042512	0.043702	0.277985	0.235963	0.168171
12	0.070	0.560	0.560	1.0232	0.184	0.005645	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.139854	1.102	0.368	0.046828	1.735639	0.000016	0.653740	0.042512	0.043702	0.277985	0.235963	0.168171
13	0.070	0.560	0.560	1.0232	0.184	0.005645	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.139854	1.102	0.368	0.046828	1.735639	0.000016	0.653740	0.042512	0.043702	0.277985	0.235963	0.168171
14	0.070	0.560	0.560	1.0232	0.184	0.005645	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.139854	1.102	0.368	0.046828	1.735639	0.000016	0.653740	0.042512	0.043702	0.277985	0.235963	0.168171
15	0.070	0.560	0.560	1.0232	0.184	0.005645	0.006283	0.260	0.006283	0.080	0.012566	0.170	0.000101788	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.139854	1.102	0.368	0.046828	1.735639	0.000016	0.653740	0.042512	0.043702	0.277985	0.235963	0.168171
16	0.070	0.560	0.560	0.9904	0.184	0.005486	0.005969	0.26	0.005969	0.080	0.011938	0.170	9.66984E-05	1.300	0.0594	0.586	0.018918	0.00182	0.000014	0.017360	0.724138	0.665241	0.032294	0.034037	0.027651	0.026490	0.137049	1.094	0.376	0.046391	1.735639	0.000016	0.649853	0.042417	0.043613	0.263113	0.224854	0.162027
17	0.070	0.560	0.560	0.9904	0.184	0.005486	0.005969	0.260	0.005969	0.080	0.011938	0.170	9.66984E-05	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.022500	0.685628	0.612168	0.028557	0.029811	0.024953	0.024069	0.135189	1.104	0.366	0.043449	1.705576	0.000012	0.674697	0.039342	0.040254	0.254678	0.222128	0.157651
18	0.070	0.560	0.560	0.9248	0.183	0.005169	0.005655	0.260	0.005655	0.080	0.011310	0.170	9.16091E-05	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.022500	0.685628	0.612168	0.028557	0.029811	0.024953	0.024069	0.130208	1.090	0.380	0.042664	1.705576	0.000012	0.667362	0.039151	0.040070	0.230293	0.202911	0.146986
19	0.070	0.560	0.560	0.9248	0.183	0.005169	0.005655	0.260	0.005655	0.080	0.011310	0.170	9.16091E-05	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.022500	0.685628	0.612168	0.028557	0.029811	0.024953	0.024069	0.130208	1.090	0.380	0.042664	1.705576	0.000012	0.667362	0.039151	0.040070	0.230293	0.202911	0.146986
20	0.070	0.560	0.560	0.8593	0.183	0.004851	0.005341	0.260	0.005341	0.080	0.010681	0.170	8.65197E-05	1.300	0.0575	0.595	0.016979	0.001517	0.000010	0.022500	0.685628	0.612168	0.028557	0.029811	0.024953	0.024069	0.125227	1.074	0.396	0.041819	1.705576	0.000012	0.659102	0.038940	0.039868	0.207969	0.184972	0.136626

Sez	Trave composta - n=nrit.																	Trave composta - n=n0																
	WAs1i (mc)	WEI (m3)	WFI (mc)	Ar (mq)	yG (m)	yG-yGc (m)	lXr (m4)	lYr (m4)	Ji (m4)	Sx/lx (m-1)	WAr (m3)	WBr (m3)	WCr (m3)	WDr (m3)	WAs2r (mc)	WAs1r (mc)	WER (m3)	WFr (mc)	AO (mq)	yG (m)	yG-yGc (m)	lX0 (m4)	lY0 (m4)	Ji (m4)	Sx/lx (m-1)	WAO (m3)	WBO (m3)	WCO (m3)	WDO (m3)	WAs20 (mc)	WAs10 (mc)	WEO (m3)	WFO (mc)	
1	0.086032	2.127526	1.175048	0.122764	1.066	0.404	0.041385	1.671732	0.000012	0.654617	0.038833	0.039766	0.197742	0.176642	0.131678	0.083726	2.141098	1.196992	0.207619	1.236	0.234	0.050597	2.838017	0.000049	0.729204	0.040929	0.041774	1.305112	0.793453	0.351936	0.156276	2.330933	0.834221	
2	0.090725	2.293073	1.235262	0.127557	1.082	0.388	0.04223	1.671732	0.000012	0.663085	0.039046	0.039969	0.218311	0.193325	0.141503	0.088266	2.304864	1.258072	0.218887	1.249	0.221	0.051336	2.838017	0.000049	0.733280	0.041094	0.041933	1.992692	1.011305	0.392591	0.165194	2.619676	0.876915	
3	0.090725	2.293073	1.235262	0.127557	1.082	0.388	0.04223	1.671732	0.000012	0.663085	0.039046	0.039969	0.218311	0.193325	0.141503	0.088266	2.304864	1.258072	0.218887	1.249	0.221	0.051336	2.838017	0.000049	0.733280	0.041094	0.041933	1.992692	1.011305	0.392591	0.165194	2.619676	0.876915	
4	0.095366	2.464125	1.294458	0.132351	1.096	0.374	0.043016	1.671732	0.000012	0.670613	0.039239	0.040155	0.240659	0.211130	0.151603	0.092759	2.473822	1.318153	0.230155	1.261	0.209	0.052008	2.838017	0.000049	0.736779	0.041244	0.042079	3.707101	1.332536	0.436934	0.173922	2.939559	0.918255	
5	0.099484	2.528967	1.353420	0.134211	1.085	0.385	0.045934	1.701795	0.000016	0.645655	0.042318	0.043521	0.248875	0.214078	0.155937	0.096791	2.541140	1.378515	0.232015	1.253	0.217	0.055457	2.86808	0.000053	0.714560	0.044245	0.045330	3.338707	1.189798	0.438012	0.180871	2.930718	0.958334	
6	0.102144	2.627555	1.387305	0.136922	1.093	0.377	0.046374	1.701795	0.000016	0.649660	0.042415	0.043611	0.262522	0.224411	0.161780	0.099377	2.638923	1.413057	0.237963	1.259	0.211	0.055807	2.86808	0.000053	0.716317	0.044317	0.045399	5.191964	1.369532	0.462171	0.185559	3.105295	0.980495	
7	0.102144	2.627555	1.387305	0.136922	1.093	0.377	0.046374	1.701795	0.000016	0.649660	0.042415	0.043611	0.262522	0.224411	0.161780	0.099377	2.638923	1.413057	0.237963	1.259	0.211	0.055807	2.86808	0.000053	0.716317	0.044317	0.045399	5.191964	1.369532	0.462171	0.185559	3.105295	0.980495	
8	0.102144	2.627555	1.387305	0.136922	1.093	0.377	0.046374	1.701795	0.000016	0.649660	0.042415	0.043611	0.262522	0.224411	0.161780	0.099377	2.638923	1.413057	0.237963	1.259	0.211	0.055807	2.86808	0.000053	0.716317	0.044317	0.045399	5.191964	1.369532	0.462171	0.185559	3.105295	0.980495	
9	0.102144	2.627555	1.387305	0.136922	1.093	0.377	0.046374	1.701795	0.000016	0.649660	0.042415	0.043611	0.262522	0.224411	0.161780	0.099377	2.638923	1.413057	0.237963	1.259	0.211	0.055807	2.86808	0.000053	0.716317	0.044317	0.045399	5.191964	1.369532	0.462171	0.185559	3.105295	0.980495	
10	0.102144	2.627555	1.387305	0.136922	1.093	0.377	0.046374	1.701795	0.000016	0.649660	0.042415	0.043611	0.262522	0.224411	0.161780	0.099377	2.638923	1.413057	0.237963	1.259	0.211	0.055807	2.86808	0.000053	0.716317	0.044317	0.045399	5.191964	1.369532	0.462171	0.185559	3.105295	0.980495	
11	0.102144	2.627555	1.387305	0.136922	1.093	0.377	0.046374	1.701795	0.000016	0.649660	0.042415	0.043611	0.262522	0.224411	0.161780	0.099377	2.638923	1.413057	0.237963	1.259	0.211	0.055807	2.86808	0.000053	0.716317	0.044317	0.045399	5.191964	1.369532	0.462171	0.185559	3.105295	0.980495	
12	0.102144	2.627555	1.387305	0.136922	1.093	0.377	0.046374	1.701795	0.000016	0.649660	0.042415	0.043611	0.262522	0.224411	0.161780	0.099377	2.638923	1.413057	0.237963	1.259	0.211	0.055807	2.86808	0.000053	0.716317	0.044317	0.045399	5.191964	1.369532	0.462171	0.185559	3.105295	0.980495	
13	0.102144	2.627555	1.387305	0.136922	1.093	0.377	0.046374	1.701795	0.000016	0.649660	0.042415	0.043611	0.262522	0.224411	0.161780	0.099377	2.638923	1.413057	0.237963	1.259	0.211	0.055807	2.86808	0.000053	0.716317	0.044317	0.045399	5.191964	1.369532	0.462171	0.185559	3.105295	0.980495	
14	0.102144	2.627555	1.387305	0.136922	1.093	0.377	0.046374	1.701795	0.000016	0.649660	0.042415	0.043611	0.262522	0.224411	0.161780	0.099377	2.638923	1.413057	0.237963	1.259	0.211	0.055807	2.86808	0.000053	0.716317	0.044317	0.045399	5.191964	1.369532	0.462171	0.185559	3.105295	0.980495	
15	0.102144	2.627555	1.387305	0.136922	1.093	0.377	0.046374	1.701795	0.000016	0.649660	0.042415	0.043611	0.262522	0.224411	0.161780	0.099377	2.638923	1.413057	0.237963	1.259	0.211	0.055807	2.86808	0.000053	0.716317	0.044317	0.045399	5.191964	1.369532	0.462171	0.185559	3.105295	0.980495	
16	0.099484	2.528967	1.353420	0.134211	1.085	0.385	0.045934	1.701795	0.000016	0.645655	0.042318	0.043521	0.248875	0.214078	0.155937	0.096791	2.541140	1.378515	0.232015	1.253	0.217	0.055457	2.86808	0.000053	0.714560	0.044245	0.045330	3.338707	1.189798	0.438012	0.180871	2.930718	0.958334	
17	0.095366	2.464125	1.294458	0.132351	1.096	0.374	0.043016	1.671732	0.000012	0.670613	0.039239	0.040155	0.240659	0.211130	0.151603	0.092759	2.473822	1.318153	0.230155	1.261	0.209	0.052008	2.838017	0.000049	0.736779	0.041244	0.042079	3.707101	1.332536	0.436934	0.173922	2.939559	0.918255	
18	0.090725	2.293073	1.235262	0.127557	1.082	0.388	0.04223	1.671732	0.000012	0.663085	0.039046	0.039969	0.218311	0.193325	0.141503	0.088266	2.304864	1.258072	0.218887	1.249	0.221	0.051336	2.838017	0.000049	0.733280	0.041094	0.041933	1.992692	1.011305	0.392591	0.165194	2.619676	0.876915	
19	0.090725	2.293073	1.235262	0.127557	1.082	0.388	0.04223	1.671732	0.000012	0.663085	0.039046	0.039969	0.218311	0.193325	0.141503	0.088266	2.304864	1.258072	0.218887	1.249	0.221	0.051336	2.838017	0.000049	0.733280	0.041094	0.041933	1.992692	1.011305	0.392591	0.165194	2.619676	0.876915	
20	0.086032	2.127526	1.175048	0.122764	1.066	0.404	0.041385	1.671732	0.000012	0.654617	0.038833	0.039766	0.197742	0.176642	0.131678	0.083726	2.141098	1.196992	0.207619	1.236	0.234	0.050597	2.838017	0.000049	0.729204	0.040929	0.041774	1.305112	0.793453	0.351936	0.156276	2.330933	0.834221	

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

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

LAVORO: SS4 - CITTADUCALE L=20 m - 3 Travi
 RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE - VERIFICHE SLU

Coefficienti parziali verifiche SLU (STR)

FRAME	LOC (m)	Progr. (m)	1.35		1.35		1.20				1.35						0.90		1.20			0.90			0.90										
			peso proprio		perm. Portati		Ced Max		Ced Min		Mmax		Mmin		Vmax		Vmin		Azione del vento		Ritiro: Effetti isostatici			Ritiro: effetti iperstatici			Var.Term.-: Effetti isostatici			V.T.+.: effetti iperstatici					
			M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	M (kNm)	V (kN)	N (kN)	N (kN)	M (kNm)	M (kN)	V (kN)	N (kN)	N (kN)	M (kNm)	M (kN)	V (kN)	N (kN)	N (kN)	M (kNm)	M (kN)	V (kN)
1	0.00	0.00	0.0	-535.4	0.0	-245.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1235.4	0.0	-7.3	3664.5	-3664.5	1528.9	0.0	0.0	-2635.4	2635.4	-650.1	0.0	0.0	2635.4	-2635.4	650.1	0.0	0.0		
1	2.00	2.00	964.2	-428.8	442.3	-196.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2218.4	-1074.4	0.0	0.0	1213.1	67.4	2155.8	-1077.9	13.1	-5.8	3944.1	-3944.1	1585.0	0.0	0.0	-2836.5	2836.5	-664.3	0.0	0.0	2836.5	-2836.5	664.3	0.0	0.0
2	0.00	2.00	964.2	-428.8	442.3	-196.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2218.4	-1074.4	0.0	0.0	1213.1	67.4	2155.8	-1077.9	13.1	-5.8	3944.1	-3944.1	1585.0	0.0	0.0	-2836.5	2836.5	-664.3	0.0	0.0	2836.5	-2836.5	664.3	0.0	0.0
2	2.00	4.00	1715.0	-322.1	786.2	-147.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3931.6	-913.2	0.0	0.0	2709.1	169.3	3708.9	-927.2	23.3	-4.4	4223.7	-4223.7	1637.2	0.0	0.0	-3037.5	3037.5	-677.1	0.0	0.0	3037.5	-3037.5	677.1	0.0	0.0
3	0.00	4.00	1715.0	-322.1	786.2	-147.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3931.6	-913.2	0.0	0.0	2709.1	169.3	3708.9	-927.2	23.3	-4.4	4223.7	-4223.7	1682.9	0.0	0.0	-3037.5	3037.5	-700.1	0.0	0.0	3037.5	-3037.5	700.1	0.0	0.0
3	1.00	5.00	2010.2	-268.4	921.4	-122.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4598.7	-832.7	0.0	0.0	3343.4	222.9	4272.4	-854.4	27.3	-3.6	4363.6	-4363.6	1704.9	0.0	0.0	-3138.1	3138.1	-705.5	0.0	0.0	3138.1	-3138.1	705.5	0.0	0.0
4	0.00	5.00	2010.2	-268.4	921.4	-122.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4598.7	-832.7	0.0	0.0	3343.4	222.9	4272.4	-854.4	27.3	-3.6	4363.6	-4363.6	1704.9	0.0	0.0	-3138.1	3138.1	-705.5	0.0	0.0	3138.1	-3138.1	705.5	0.0	0.0
4	2.50	7.50	2513.5	-134.2	1151.7	-61.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5714.5	-174.1	0.0	0.0	4555.7	364.4	5101.8	-680.2	34.2	-1.8	4363.6	-4363.6	1704.9	0.0	0.0	-3138.1	3138.1	-705.5	0.0	0.0	3138.1	-3138.1	705.5	0.0	0.0
5	0.00	7.50	2513.5	-134.2	1151.7	-61.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5714.5	-174.1	0.0	0.0	4555.7	364.4	5101.8	-680.2	34.2	-1.8	4363.6	-4363.6	1704.9	0.0	0.0	-3138.1	3138.1	-705.5	0.0	0.0	3138.1	-3138.1	705.5	0.0	0.0
5	2.50	10.00	2681.2	0.0	1228.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6040.9	27.3	0.0	0.0	5169.0	516.9	5169.0	-516.9	36.5	0.0	4363.6	-4363.6	1704.9	0.0	0.0	-3138.1	3138.1	-705.5	0.0	0.0	3138.1	-3138.1	705.5	0.0	0.0
6	0.00	10.00	2681.2	0.0	1228.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6040.9	27.3	0.0	0.0	5169.0	516.9	5169.0	-516.9	36.5	0.0	4363.6	-4363.6	1704.9	0.0	0.0	-3138.1	3138.1	-705.5	0.0	0.0	3138.1	-3138.1	705.5	0.0	0.0
6	2.50	12.50	2513.5	134.2	1151.7	61.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5714.5	174.1	0.0	0.0	5101.8	680.2	4555.7	-364.4	34.2	1.8	4363.6	-4363.6	1704.9	0.0	0.0	-3138.1	3138.1	-705.5	0.0	0.0	3138.1	-3138.1	705.5	0.0	0.0
7	0.00	12.50	2513.5	134.2	1151.7	61.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5714.5	174.1	0.0	0.0	5101.8	680.2	4555.7	-364.4	34.2	1.8	4363.6	-4363.6	1704.9	0.0	0.0	-3138.1	3138.1	-705.5	0.0	0.0	3138.1	-3138.1	705.5	0.0	0.0
7	2.50	15.00	2010.2	268.4	921.4	122.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4598.7	375.5	0.0	0.0	4272.4	854.4	3343.4	-222.9	27.3	3.6	4363.6	-4363.6	1704.9	0.0	0.0	-3138.1	3138.1	-705.5	0.0	0.0	3138.1	-3138.1	705.5	0.0	0.0
8	0.00	15.00	2010.2	268.4	921.4	122.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4598.7	375.5	0.0	0.0	4272.4	854.4	3343.4	-222.9	27.3	3.6	4363.6	-4363.6	1704.9	0.0	0.0	-3138.1	3138.1	-705.5	0.0	0.0	3138.1	-3138.1	705.5	0.0	0.0
8	1.00	16.00	1715.0	322.1	786.2	147.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3931.6	913.2	0.0	0.0	3708.9	927.2	2709.1	-169.3	23.3	4.4	4223.7	-4223.7	1682.9	0.0	0.0	-3037.5	3037.5	-700.1	0.0	0.0	3037.5	-3037.5	700.1	0.0	0.0
9	0.00	16.00	1715.0	322.1	786.2	147.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3931.6	913.2	0.0	0.0	3708.9	927.2	2709.1	-169.3	23.3	4.4	4223.7	-4223.7	1637.2	0.0	0.0	-3037.5	3037.5	-677.1	0.0	0.0	3037.5	-3037.5	677.1	0.0	0.0
9	2.00	18.00	964.2	428.8	442.3	196.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2218.4	1074.4	0.0	0.0	2155.8	1077.9	1213.1	-67.4	13.1	5.8	3944.1	-3944.1	1585.0	0.0	0.0	-2836.5	2836.5	-664.3	0.0	0.0	2836.5	-2836.5	664.3	0.0	0.0
10	0.00	18.00	964.2	428.8	442.3	196.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2218.4	1074.4	0.0	0.0	2155.8	1077.9	1213.1	-67.4	13.1	5.8	3944.1	-3944.1	1585.0	0.0	0.0	-2836.5	2836.5	-664.3	0.0	0.0	2836.5	-2836.5	664.3	0.0	0.0
10	2.00	20.00	0.0	535.4	0.0	245.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1235.4	0.0	0.0	0.0	7.3	3664.5	-3664.5	1528.9	0.0	0.0	-2635.4	2635.4	-650.1	0.0	0.0	2635.4	-2635.4	650.1	0.0	0.0	

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

15 ALLEGATO 4 – IMPALCATO - VERIFICHE SLU TRAVI PRINCIPALI

LAVORO: SS4 - CITTADUCALE L=20 m - 3 Travi
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 SEZI											
	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	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-35.0	355.0	355.0	355.0	0.855	4	0.0531	0.643	0.0154	0.0239
2	1	2.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	112.2	108.2	-93.2	-97.2	-65.5	-84.2	-75.8	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
3	2	0.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	112.2	108.2	-93.2	-97.2	-65.5	-84.2	-75.8	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
4	2	2.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	189.0	182.8	-125.0	-131.1	-71.5	-97.6	-61.6	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
5	3	0.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	172.1	165.2	-117.7	-124.6	-70.8	-95.6	-79.9	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
6	3	1.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	199.4	191.6	-128.6	-136.3	-72.6	-100.0	-70.7	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
7	4	0.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	199.4	191.6	-128.6	-136.3	-72.6	-100.0	-70.7	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
8	4	2.500	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	245.7	236.4	-147.8	-157.1	-76.4	-108.3	-21.4	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
9	5	0.000	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	245.7	236.4	-147.8	-157.1	-76.4	-108.3	-21.4	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
10	5	2.500	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	260.1	250.3	-154.2	-164.0	-77.6	-110.8	1.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
11	6	0.000	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	260.1	250.3	-154.2	-164.0	-77.6	-110.8	1.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
12	6	2.500	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	245.7	236.4	-147.8	-157.1	-76.4	-108.3	21.4	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
13	7	0.000	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	245.7	236.4	-147.8	-157.1	-76.4	-108.3	21.4	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
14	7	2.500	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	199.4	191.6	-128.6	-136.3	-72.6	-100.0	44.4	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
15	8	0.000	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	199.4	191.6	-128.6	-136.3	-72.6	-100.0	70.7	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
16	8	1.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	172.1	165.2	-117.7	-124.6	-70.8	-95.6	79.9	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
17	9	0.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	189.0	182.8	-125.0	-131.1	-71.5	-97.6	61.6	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
18	9	2.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	112.2	108.2	-93.2	-97.2	-65.5	-84.2	75.8	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
19	10	0.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	112.2	108.2	-93.2	-97.2	-65.5	-84.2	75.8	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
20	10	2.000	20.000	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	355.0	355.0	355.0	0.855	4	0.0575	0.595	0.0170	0.0286

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' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	κτ	(hw/t) max	Iw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter	
																																				κτ
1	0.0248	0.0243	0.0234	0.0	0.0	0.049	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4091.9	11739.9	22122	2179.0	-6299.9	10787.8	0.00	0.00	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	788	0.22	0.38	0.00
2							112.2	108.2	-93.2	-97.2	0.33	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1706	0.47		0.00
3							112.2	108.2	-93.2	-97.2	0.33	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1706	0.47		0.00
4							189.0	182.8	-125.0	-131.1	0.55	0.38	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1387	0.38		0.00
5							172.1	165.2	-117.7	-124.6	0.50	0.36	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1387	0.60		0.00
6							199.4	191.6	-128.6	-136.3	0.58	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1228	0.53		0.00
7							199.4	191.6	-128.6	-136.3	0.58	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1228	0.53		0.00
8							245.7	236.4	-147.8	-157.1	0.71	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	372	0.16		0.00
9							245.7	236.4	-147.8	-157.1	0.71	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	372	0.16		0.00
10							260.1	250.3	-154.2	-164.0	0.75	0.47	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	27	0.01		0.00
11							260.1	250.3	-154.2	-164.0	0.75	0.47	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	27	0.01		0.00
12							245.7	236.4	-147.8	-157.1	0.71	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	372	0.16		0.00
13							245.7	236.4	-147.8	-157.1	0.71	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	372	0.16		0.00
14							199.4	191.6	-128.6	-136.3	0.58	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	770	0.34		0.00
15							199.4	191.6	-128.6	-136.3	0.58	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1228	0.53		0.00
16							172.1	165.2	-117.7	-124.6	0.50	0.36	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1387	0.60		0.00
17							189.0	182.8	-125.0	-131.1	0.55	0.38	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1387	0.38		0.00
18							112.2	108.2	-93.2	-97.2	0.33	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1706	0.47		0.00
19							112.2	108.2	-93.2	-97.2	0.33	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1706	0.47		0.00
20	0.0298	0.0250	0.0241	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	5530.3	13093.8	23620	2179.0	-6299.9	12162.3	0.00	0.00	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	788	0.22	0.45	0.00

LAVORO: SS4 - CITTADUCALE L=20 m - 3 Travi
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 SEZI											
	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	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-35.0	355.0	355.0	355.0	0.855	4	0.0531	0.643	0.0154	0.0239
2	1	2.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	87.8	84.2	-92.6	-96.2	-62.9	-78.2	-25.1	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
3	2	0.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	159.3	153.7	-124.7	-130.2	-68.7	-90.6	-13.5	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
4	2	2.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	144.4	138.2	-117.4	-123.5	-68.0	-88.8	-17.5	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
5	3	0.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	171.0	164.0	-128.4	-135.4	-69.9	-93.2	-9.9	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
6	3	1.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	171.0	164.0	-128.4	-135.4	-69.9	-93.2	-9.9	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
7	4	0.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	219.5	210.9	-147.6	-156.3	-73.9	-102.0	9.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
8	4	2.500	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	219.5	210.9	-147.6	-156.3	-73.9	-102.0	9.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
9	5	0.000	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	240.4	231.1	-154.1	-163.4	-75.7	-106.1	29.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
10	5	2.500	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	240.4	231.1	-154.1	-163.4	-75.7	-106.1	29.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
11	6	0.000	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	231.9	222.9	-147.7	-156.7	-75.1	-105.0	50.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
12	6	2.500	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	231.9	222.9	-147.7	-156.7	-75.1	-105.0	50.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
13	7	0.000	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	192.0	184.4	-128.5	-136.1	-71.9	-98.2	72.0	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
14	7	2.500	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	192.0	184.4	-128.5	-136.1	-71.9	-98.2	72.0	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
15	8	0.000	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	167.0	160.3	-117.7	-124.4	-70.3	-94.4	80.7	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
16	8	1.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	183.6	177.5	-124.9	-131.0	-71.0	-96.4	62.3	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
17	9	0.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	110.7	106.7	-93.1	-97.1	-65.3	-83.9	76.0	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
18	9	2.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	110.7	106.7	-93.1	-97.1	-65.3	-83.9	76.0	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
19	10	0.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.9	355.0	355.0	355.0	0.855	4	0.0575	0.595	0.0170	0.0286
20	10	2.000	20.000	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.9	355.0	355.0	355.0	0.855	4	0.0575	0.595	0.0170	0.0286

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,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd	MPl,Rd	NPl,Rd	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	κτ	(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	(kNm)	(kNm)																			(kN)
1	0.0248	0.0243	0.0234	0.0	0.0	0.049	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4091.9	11739.9	22122	2179.0	-6299.9	10787.8	0.00	0.00	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	788	0.22	0.38	0.00
2							87.8	84.2	-92.6	-96.2	0.25	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	564	0.16		0.00
3							87.8	84.2	-92.6	-96.2	0.25	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	564	0.16		0.00
4							159.3	153.7	-124.7	-130.2	0.46	0.38	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	305	0.08		0.00
5							144.4	138.2	-117.4	-123.5	0.42	0.36	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	305	0.13		0.00
6							171.0	164.0	-128.4	-135.4	0.50	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	172	0.07		0.00
7							171.0	164.0	-128.4	-135.4	0.50	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	172	0.07		0.00
8							219.5	210.9	-147.6	-156.3	0.64	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	171	0.07		0.00
9							219.5	210.9	-147.6	-156.3	0.64	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	171	0.07		0.00
10							240.4	231.1	-154.1	-163.4	0.70	0.47	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	517	0.23		0.00
11							240.4	231.1	-154.1	-163.4	0.70	0.47	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	517	0.23		0.00
12							231.9	222.9	-147.7	-156.7	0.67	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	878	0.38		0.00
13							231.9	222.9	-147.7	-156.7	0.67	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	878	0.38		0.00
14							192.0	184.4	-128.5	-136.1	0.56	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1249	0.54		0.00
15							192.0	184.4	-128.5	-136.1	0.56	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1249	0.54		0.00
16							167.0	160.3	-117.7	-124.4	0.48	0.36	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1401	0.61		0.00
17							183.6	177.5	-124.9	-131.0	0.53	0.38	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1401	0.39		0.00
18							110.7	106.7	-93.1	-97.1	0.32	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1709	0.47		0.00
19							110.7	106.7	-93.1	-97.1	0.32	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1709	0.47		0.00
20	0.0298	0.0250	0.0241	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	5530.3	13093.8	23620	2179.0	-6299.9	12162.3	0.00	0.00	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	2024	0.56	0.45	0.46

LAVORO: SS4 - CITTADUCALE L=20 m - 3 Travi
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 SEZI											
	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	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-89.9	355.0	355.0	355.0	0.855	4	0.0531	0.643	0.0154	0.0239
2	1	2.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	110.7	106.7	-93.1	-97.1	-65.3	-83.9	-76.0	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
3	2	0.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	110.7	106.7	-93.1	-97.1	-65.3	-83.9	-76.0	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
4	2	2.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	183.6	177.5	-124.9	-131.0	-71.0	-96.4	-62.3	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
5	3	0.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	167.0	160.3	-117.7	-124.4	-70.3	-94.4	-80.7	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
6	3	1.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	192.0	184.4	-128.5	-136.1	-71.9	-98.2	-72.0	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
7	4	0.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	192.0	184.4	-128.5	-136.1	-71.9	-98.2	-72.0	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
8	4	2.500	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	231.9	222.9	-147.7	-156.7	-75.1	-105.0	-50.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
9	5	0.000	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	231.9	222.9	-147.7	-156.7	-75.1	-105.0	-50.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
10	5	2.500	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	240.4	231.1	-154.1	-163.4	-75.7	-106.1	-29.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
11	6	0.000	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	240.4	231.1	-154.1	-163.4	-75.7	-106.1	-29.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
12	6	2.500	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	219.5	210.9	-147.6	-156.3	-73.9	-102.0	-9.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
13	7	0.000	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	219.5	210.9	-147.6	-156.3	-73.9	-102.0	-9.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
14	7	2.500	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	171.0	164.0	-128.4	-135.4	-69.9	-93.2	9.9	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
15	8	0.000	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	171.0	164.0	-128.4	-135.4	-69.9	-93.2	9.9	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
16	8	1.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	144.4	138.2	-117.4	-123.5	-68.0	-88.8	17.5	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
17	9	0.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	159.3	153.7	-124.7	-130.2	-68.7	-90.6	13.5	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
18	9	2.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	87.8	84.2	-92.6	-96.2	-62.9	-78.2	25.1	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
19	10	0.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	87.8	84.2	-92.6	-96.2	-62.9	-78.2	25.1	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
20	10	2.000	20.000	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	fessurata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	355.0	355.0	355.0	0.855	4	0.0575	0.595	0.0170	0.0286

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' C1Mmax (Mpa)	σB' C1Mmax (Mpa)	σC' C1Mmax (Mpa)	σD' C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPI,Rd (kNm)	NPI,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	κτ	(hw/t) max	Iw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter	
																																				0.0248
1	0.0248	0.0243	0.0234	0.0	0.0	0.049	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	4091.9	11739.9	22122	2179.0	-6299.9	10787.8	0.00	0.00	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	2024	0.56	0.38	0.39
2							110.7	106.7	-93.1	-97.1	0.32	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1709	0.47	0.00	0.00
3							110.7	106.7	-93.1	-97.1	0.32	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1709	0.47	0.00	0.00
4							183.6	177.5	-124.9	-131.0	0.53	0.38	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1401	0.39	0.00	0.00
5							167.0	160.3	-117.7	-124.4	0.48	0.36	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1401	0.61	0.00	0.00
6							192.0	184.4	-128.5	-136.1	0.56	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1249	0.54	0.00	0.00
7							192.0	184.4	-128.5	-136.1	0.56	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1249	0.54	0.00	0.00
8							231.9	222.9	-147.7	-156.7	0.67	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	878	0.38	0.00	0.00
9							231.9	222.9	-147.7	-156.7	0.67	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	878	0.38	0.00	0.00
10							240.4	231.1	-154.1	-163.4	0.70	0.47	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	517	0.23	0.00	0.00
11							240.4	231.1	-154.1	-163.4	0.70	0.47	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	517	0.23	0.00	0.00
12							219.5	210.9	-147.6	-156.3	0.64	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	171	0.07	0.00	0.00
13							219.5	210.9	-147.6	-156.3	0.64	0.45	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	171	0.07	0.00	0.00
14							171.0	164.0	-128.4	-135.4	0.50	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	172	0.07	0.00	0.00
15							171.0	164.0	-128.4	-135.4	0.50	0.39	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	172	0.07	0.00	0.00
16							144.4	138.2	-117.4	-123.5	0.42	0.36	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	305	0.13	0.00	0.00
17							159.3	153.7	-124.7	-130.2	0.46	0.38	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	305	0.08	0.00	0.00
18							87.8	84.2	-92.6	-96.2	0.25	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	564	0.16	0.00	0.00
19							87.8	84.2	-92.6	-96.2	0.25	0.28	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	564	0.16	0.00	0.00
20	0.0298	0.0250	0.0241	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	5530.3	13093.8	23620	2179.0	-6299.9	12162.3	0.00	0.00	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	788	0.22	0.45	0.00

LAVORO: SS4 - CITTADUCALE L=20 m - 3 Travi
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 SEZI											
	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	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	-3.2	-2.9	13.2	13.5	14.5	16.9	-35.0	355.0	355.0	355.0	1.385	1				
2	1	2.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	96.2	93.7	-28.4	-30.8	6.0	-1.4	-75.8	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
3	2	0.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	96.2	93.7	-28.4	-30.8	6.0	-1.4	-75.8	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
4	2	2.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	172.7	168.2	-59.5	-64.1	0.8	-13.9	-61.6	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
5	3	0.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	158.3	153.3	-52.9	-57.9	0.9	-12.8	-79.9	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
6	3	1.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	185.6	179.7	-63.6	-69.5	-0.8	-17.0	-70.7	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
7	4	0.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	185.6	179.7	-63.6	-69.5	-0.8	-17.0	-70.7	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
8	4	2.500	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	231.9	224.5	-82.8	-90.3	-4.6	-25.3	-21.4	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
9	5	0.000	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	231.9	224.5	-82.8	-90.3	-4.6	-25.3	-21.4	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
10	5	2.500	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	246.3	238.4	-89.2	-97.2	-5.7	-27.8	1.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
11	6	0.000	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	246.3	238.4	-89.2	-97.2	-5.7	-27.8	1.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
12	6	2.500	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	231.9	224.5	-82.8	-90.3	-4.6	-25.3	21.4	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
13	7	0.000	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	231.9	224.5	-82.8	-90.3	-4.6	-25.3	21.4	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
14	7	2.500	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	185.6	179.7	-63.6	-69.5	-0.8	-17.0	44.4	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
15	8	0.000	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	185.6	179.7	-63.6	-69.5	-0.8	-17.0	70.7	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
16	8	1.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	158.3	153.3	-52.9	-57.9	0.9	-12.8	79.9	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
17	9	0.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	172.7	168.2	-59.5	-64.1	0.8	-13.9	61.6	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
18	9	2.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	96.2	93.7	-28.4	-30.8	6.0	-1.4	75.8	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
19	10	0.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	96.2	93.7	-28.4	-30.8	6.0	-1.4	75.8	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
20	10	2.000	20.000	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	-3.2	-2.9	13.2	13.5	14.5	16.9	35.0	355.0	355.0	355.0	1.385	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,inf	η1,sup	η1,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd	MPl,Rd	NPl,Rd	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr.		κτ	(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	(kNm)	(kNm)							(kN)	Long										
1							-3.2	-2.9	13.2	13.5	0.01	0.04	0.00	0.00	7516.9	15364.3	39164	2179.0	-6299.9	14966.7	0.15	0.15	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	788	0.22	0.00
2							96.2	93.7	-28.4	-30.8	0.28	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1706	0.47	0.00
3							96.2	93.7	-28.4	-30.8	0.28	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1706	0.47	0.00
4							172.7	168.2	-59.5	-64.1	0.50	0.18	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1387	0.38	0.00
5							158.3	153.3	-52.9	-57.9	0.46	0.16	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1387	0.60	0.00
6							185.6	179.7	-63.6	-69.5	0.54	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1228	0.53	0.00
7							185.6	179.7	-63.6	-69.5	0.54	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1228	0.53	0.00
8							231.9	224.5	-82.8	-90.3	0.67	0.26	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	372	0.16	0.00
9							231.9	224.5	-82.8	-90.3	0.67	0.26	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	372	0.16	0.00
10							246.3	238.4	-89.2	-97.2	0.72	0.28	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	27	0.01	0.00
11							246.3	238.4	-89.2	-97.2	0.72	0.28	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	27	0.01	0.00
12							231.9	224.5	-82.8	-90.3	0.67	0.26	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	372	0.16	0.00
13							231.9	224.5	-82.8	-90.3	0.67	0.26	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	372	0.16	0.00
14							185.6	179.7	-63.6	-69.5	0.54	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	770	0.34	0.00
15							185.6	179.7	-63.6	-69.5	0.54	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1228	0.53	0.00
16							158.3	153.3	-52.9	-57.9	0.46	0.16	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1387	0.60	0.00
17							172.7	168.2	-59.5	-64.1	0.50	0.18	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1387	0.38	0.00
18							96.2	93.7	-28.4	-30.8	0.28	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1706	0.47	0.00
19							96.2	93.7	-28.4	-30.8	0.28	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1706	0.47	0.00
20							-3.2	-2.9	13.2	13.5	0.01	0.04	0.00	0.00	7516.9	15364.3	39164	2179.0	-6299.9	14966.7	0.15	0.15	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	788	0.22	0.00

LAVORO: SS4 - CITTADUCALE L=20 m - 3 Travi
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 SEZI											
	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	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	-3.2	-2.9	13.2	13.5	14.5	16.9	-35.0	355.0	355.0	355.0	1.385	1				
2	1	2.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	71.7	69.7	-27.9	-29.8	8.6	4.8	-25.1	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
3	2	0.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	71.7	69.7	-27.9	-29.8	8.6	4.8	-25.1	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
4	2	2.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	143.1	139.1	-59.2	-63.1	3.6	-6.9	-13.5	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
5	3	0.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	130.7	126.3	-52.5	-56.9	3.7	-6.0	-17.5	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
6	3	1.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	157.2	152.0	-63.3	-68.6	2.1	-10.2	-9.9	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
7	4	0.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	157.2	152.0	-63.3	-68.6	2.1	-10.2	-9.9	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
8	4	2.500	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	205.8	198.9	-82.6	-89.4	-2.1	-19.0	9.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
9	5	0.000	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	205.8	198.9	-82.6	-89.4	-2.1	-19.0	9.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
10	5	2.500	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	226.7	219.2	-89.1	-96.5	-3.9	-23.1	29.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
11	6	0.000	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	226.7	219.2	-89.1	-96.5	-3.9	-23.1	29.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
12	6	2.500	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	218.1	211.0	-82.7	-89.8	-3.2	-22.0	50.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
13	7	0.000	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	218.1	211.0	-82.7	-89.8	-3.2	-22.0	50.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
14	7	2.500	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	178.2	172.5	-63.5	-69.2	-0.1	-15.2	72.0	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
15	8	0.000	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	178.2	172.5	-63.5	-69.2	-0.1	-15.2	72.0	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
16	8	1.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	153.3	148.4	-52.8	-57.7	1.4	-11.6	80.7	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
17	9	0.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	167.3	162.9	-59.4	-63.9	1.3	-12.6	62.3	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
18	9	2.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	94.6	92.2	-28.4	-30.8	6.2	-1.0	76.0	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
19	10	0.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	94.6	92.2	-28.4	-30.8	6.2	-1.0	76.0	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
20	10	2.000	20.000	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	-3.2	-2.9	13.2	13.5	14.5	16.9	89.9	355.0	355.0	355.0	1.385	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		Mf,Rd	MPl,Rd	NPl,Rd	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr.		(hw/t)		l _w	X _w	V _{bw} ,Rd (kN)	V _b ,Rd (kN)	V _{Ed} (kN)	η3	η1_s	η1_inter				
							C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	C1Mmax (Mpa)	η1,inf	η1,sup	grafico	grafico	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	Long	Isl (m4)	κτ	max	d'anima	l _w	X _w	V _{bw} ,Rd (kN)	V _b ,Rd (kN)	V _{Ed} (kN)	η3	η1_s	η1_inter				
1							-3.2	-2.9	13.2	13.5	0.01	0.04	0.00	0.00	7516.9	15364.3	39164	2179.0	-6299.9	14966.7	0.15	0.15	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	788	0.22	0.00				
2							71.7	69.7	-27.9	-29.8	0.21	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	564	0.16	0.00				
3							71.7	69.7	-27.9	-29.8	0.21	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	564	0.16	0.00				
4							143.1	139.1	-59.2	-63.1	0.42	0.18	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	305	0.08	0.00				
5							130.7	126.3	-52.5	-56.9	0.38	0.16	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	305	0.13	0.00				
6							157.2	152.0	-63.3	-68.6	0.46	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	172	0.07	0.00				
7							157.2	152.0	-63.3	-68.6	0.46	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	172	0.07	0.00				
8							205.8	198.9	-82.6	-89.4	0.60	0.25	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	171	0.07	0.00				
9							205.8	198.9	-82.6	-89.4	0.60	0.25	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	171	0.07	0.00				
10							226.7	219.2	-89.1	-96.5	0.66	0.27	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	517	0.23	0.00				
11							226.7	219.2	-89.1	-96.5	0.66	0.27	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	517	0.23	0.00				
12							218.1	211.0	-82.7	-89.8	0.63	0.26	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	878	0.38	0.00				
13							218.1	211.0	-82.7	-89.8	0.63	0.26	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	878	0.38	0.00				
14							178.2	172.5	-63.5	-69.2	0.52	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1249	0.54	0.00				
15							178.2	172.5	-63.5	-69.2	0.52	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1249	0.54	0.00				
16							153.3	148.4	-52.8	-57.7	0.45	0.16	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1401	0.61	0.00				
17							167.3	162.9	-59.4	-63.9	0.49	0.18	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1401	0.39	0.00				
18							94.6	92.2	-28.4	-30.8	0.28	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1709	0.47	0.00				
19							94.6	92.2	-28.4	-30.8	0.28	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1709	0.47	0.00				
20							-3.2	-2.9	13.2	13.5	0.01	0.04	0.00	0.00	7516.9	15364.3	39164	2179.0	-6299.9	14966.7	0.15	0.15	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	2024	0.56	0.00				

LAVORO: SS4 - CITTADUCALE L=20 m - 3 Travi
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 SEZI											
	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	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	-3.2	-2.9	13.2	13.5	14.5	16.9	-89.9	355.0	355.0	355.0	1.385	1				
2	1	2.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	94.6	92.2	-28.4	-30.8	6.2	-1.0	-76.0	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
3	2	0.000	2.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	94.6	92.2	-28.4	-30.8	6.2	-1.0	-76.0	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
4	2	2.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	167.3	162.9	-59.4	-63.9	1.3	-12.6	-62.3	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
5	3	0.000	4.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	153.3	148.4	-52.8	-57.7	1.4	-11.6	-80.7	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
6	3	1.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	178.2	172.5	-63.5	-69.2	-0.1	-15.2	-72.0	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
7	4	0.000	5.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	178.2	172.5	-63.5	-69.2	-0.1	-15.2	-72.0	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
8	4	2.500	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	218.1	211.0	-82.7	-89.8	-3.2	-22.0	-50.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
9	5	0.000	7.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	218.1	211.0	-82.7	-89.8	-3.2	-22.0	-50.6	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
10	5	2.500	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	226.7	219.2	-89.1	-96.5	-3.9	-23.1	-29.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
11	6	0.000	10.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	226.7	219.2	-89.1	-96.5	-3.9	-23.1	-29.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
12	6	2.500	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	205.8	198.9	-82.6	-89.4	-2.1	-19.0	-9.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
13	7	0.000	12.500	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	205.8	198.9	-82.6	-89.4	-2.1	-19.0	-9.8	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
14	7	2.500	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	157.2	152.0	-63.3	-68.6	2.1	-10.2	9.9	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
15	8	0.000	15.000	4.100	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	157.2	152.0	-63.3	-68.6	2.1	-10.2	9.9	355.0	355.0	355.0	1.424	1				
16	8	1.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.030	1.240	0.014	0.800	0.030	reagente	130.7	126.3	-52.5	-56.9	3.7	-6.0	17.5	355.0	355.0	355.0	1.414	1				
17	9	0.000	16.000	3.963	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	143.1	139.1	-59.2	-63.1	3.6	-6.9	13.5	355.0	355.0	355.0	1.422	1				
18	9	2.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	71.7	69.7	-27.9	-29.8	8.6	4.8	25.1	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
19	10	0.000	18.000	3.690	0.240	0.070	0.560	0.006	0.260	0.006	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	71.7	69.7	-27.9	-29.8	8.6	4.8	25.1	355.0	355.0	355.0	1.405	1				
20	10	2.000	20.000	3.417	0.240	0.070	0.560	0.005	0.260	0.005	0.080	0.600	0.025	1.250	0.018	0.800	0.025	reagente	-3.2	-2.9	13.2	13.5	14.5	16.9	35.0	355.0	355.0	355.0	1.385	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,inf grafico	η1,sup grafico	Mf,Rd (kNm)	MPl,Rd (kNm)	NPl,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	kτ	(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	Mf,Rd (kNm)	MPl,Rd (kNm)	NPl,Rd (kN)	MEd (kN)	Ned (kN)	MN,Rd	η1,plast	η1	a (m)	n.irr. Long	Isl (m4)	kτ	(hw/t) max	lw	Xw	Vbw,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	VEd (kN)	η3	η1_s	η1_inter				
1							-3.2	-2.9	13.2	13.5	0.01	0.04	0.00	0.00	7516.9	15364.3	39164	2179.0	-6299.9	14966.7	0.15	0.15	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	2024	0.56		0.00			
2							94.6	92.2	-28.4	-30.8	0.28	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1709	0.47		0.00			
3							94.6	92.2	-28.4	-30.8	0.28	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1709	0.47		0.00			
4							167.3	162.9	-59.4	-63.9	0.49	0.18	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	1401	0.39		0.00			
5							153.3	148.4	-52.8	-57.7	0.45	0.16	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1401	0.61		0.00			
6							178.2	172.5	-63.5	-69.2	0.52	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1249	0.54		0.00			
7							178.2	172.5	-63.5	-69.2	0.52	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	1249	0.54		0.00			
8							218.1	211.0	-82.7	-89.8	0.63	0.26	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	878	0.38		0.00			
9							218.1	211.0	-82.7	-89.8	0.63	0.26	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	878	0.38		0.00			
10							226.7	219.2	-89.1	-96.5	0.66	0.27	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	517	0.23		0.00			
11							226.7	219.2	-89.1	-96.5	0.66	0.27	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	12397.5	-7501.7	17948.1	0.69	0.69	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	517	0.23		0.00			
12							205.8	198.9	-82.6	-89.4	0.60	0.25	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	171	0.07		0.00			
13							205.8	198.9	-82.6	-89.4	0.60	0.25	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	11824.3	-7501.7	17948.1	0.66	0.66	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	171	0.07		0.00			
14							157.2	152.0	-63.3	-68.6	0.46	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	172	0.07		0.00			
15							157.2	152.0	-63.3	-68.6	0.46	0.20	0.00	0.00	11165.8	18454.6	45280	9968.1	-7501.7	17948.1	0.56	0.56	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	172	0.07		0.00			
16							130.7	126.3	-52.5	-56.9	0.38	0.16	0.00	0.00	11142.6	18392.6	44384	8839.1	-7261.3	17900.3	0.49	0.49	5.000	0	0	5.586	49.7	SI	1.23	0.709	2295	2295	305	0.13		0.00			
17							143.1	139.1	-59.2	-63.1	0.42	0.18	0.00	0.00	9323.1	17699.1	43755	8770.4	-7261.3	17211.7	0.51	0.51	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	305	0.08		0.00			
18							71.7	69.7	-27.9	-29.8	0.21	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	564	0.16		0.00			
19							71.7	69.7	-27.9	-29.8	0.21	0.09	0.00	0.00	9318.7	17580.8	42209	5887.3	-6780.6	17127.1	0.34	0.34	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	564	0.16		0.00			
20							-3.2	-2.9	13.2	13.5	0.01	0.04	0.00	0.00	7516.9	15364.3	39164	2179.0	-6299.9	14966.7	0.15	0.15	5.000	0	0	5.590	49.7	SI	0.96	0.860	3606	3606	788	0.22		0.00			

LAVORO: SS4 - CITTADUCALE L=20 m - 3 Travi**Verifica di resistenza sezioni in Classe 4**

Sez	INVILUPPI										
	FRAME	LOC (m)	Progr (m)	$\eta_{1,inf}$	$\eta_{1,sup}$	$\eta_{1,inf}$ grafico	$\eta_{1,sup}$ grafico	$\eta_{1,plast}$	η_1	η_3	η_{1_inter}
1	1	0.000	0.000	0.01	0.04	0.00	0.00	0.15	0.15	0.56	0.39
2	1	2.000	2.000	0.33	0.28	0.14	0.15	0.34	0.34	0.47	0.00
3	2	0.000	2.000	0.33	0.28	0.14	0.15	0.34	0.34	0.47	0.00
4	2	2.000	4.000	0.55	0.38	0.25	0.26	0.51	0.51	0.39	0.00
5	3	0.000	4.000	0.50	0.36	0.22	0.24	0.49	0.49	0.61	0.00
6	3	1.000	5.000	0.58	0.39	0.25	0.28	0.56	0.56	0.54	0.00
7	4	0.000	5.000	0.58	0.39	0.25	0.28	0.56	0.56	0.54	0.00
8	4	2.500	7.500	0.71	0.45	0.32	0.35	0.66	0.66	0.38	0.00
9	5	0.000	7.500	0.71	0.45	0.32	0.35	0.66	0.66	0.38	0.00
10	5	2.500	10.000	0.75	0.47	0.34	0.37	0.69	0.69	0.23	0.00
11	6	0.000	10.000	0.75	0.47	0.34	0.37	0.69	0.69	0.23	0.00
12	6	2.500	12.500	0.71	0.45	0.32	0.35	0.66	0.66	0.38	0.00
13	7	0.000	12.500	0.71	0.45	0.32	0.35	0.66	0.66	0.38	0.00
14	7	2.500	15.000	0.58	0.39	0.25	0.28	0.56	0.56	0.54	0.00
15	8	0.000	15.000	0.58	0.39	0.25	0.28	0.56	0.56	0.54	0.00
16	8	1.000	16.000	0.50	0.36	0.22	0.24	0.49	0.49	0.61	0.00
17	9	0.000	16.000	0.55	0.38	0.25	0.26	0.51	0.51	0.39	0.00
18	9	2.000	18.000	0.33	0.28	0.14	0.15	0.34	0.34	0.47	0.00
19	10	0.000	18.000	0.33	0.28	0.14	0.15	0.34	0.34	0.47	0.00
20	10	2.000	20.000	0.01	0.04	0.00	0.00	0.15	0.15	0.56	0.46

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

16 ALLEGATO 5 – SOTTOSTRUTTURE: SPA

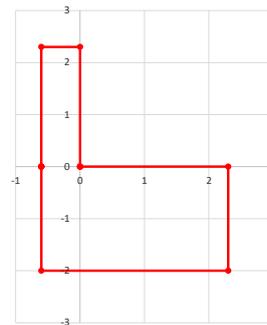
LAVORO: SS4 - SPALLA SU PALI - PO03 SPALLA A

Dati e risoluzione della palificata

Caratteristiche geometriche elevazione

N.B. Origine mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Lx sup (m)	Lx inf (m)	Ly (m)	h (m)	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)
Paragliaia - 1	0.60	0.60	14.89	2.30	0.00	0.00	0.00
Muro frontale - 2	2.90	2.90	14.89	0.00	0.00	0.00	0.00
Muro frontale - 3	2.90	2.90	14.89	0.00	0.00	0.00	0.00
Muro frontale - 4	2.90	2.90	14.89	0.00	0.00	0.00	0.00
Muro risolto posteriore sx - 1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	-7.44	0.00
Muro risolto posteriore sx - 2	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.90	-7.44	0.00
Muro risolto posteriore sx - 3	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.90	-7.44	0.00
Muro risolto posteriore sx - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.90	-7.44	0.00
Muro risolto posteriore dx - 1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	7.44	0.00
Muro risolto posteriore dx - 2	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.90	7.44	0.00
Muro risolto posteriore dx - 3	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.90	7.44	0.00
Muro risolto posteriore dx - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.90	7.44	0.00
Cordolo risolto sx	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	-7.44	0.00
Cordolo risolto dx	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	7.44	0.00
Orecchia sx - 1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	-7.44	0.00
Orecchia sx - 2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	-7.44	0.00
Orecchia dx - 1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	7.44	0.00
Orecchia dx - 2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	7.44	0.00



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	2.90	14.86	2.00	-2.30	0.00

Caratteristiche geometriche complessive muro frontale (Paragliaia+Muro frontale)

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore muro frontale

Descrizione	Unità	Valore	
Altezza complessiva elevazione	Hfron	m	2.30
Area sezione trasversale	Afron	m ²	1.38
Volume c.a.	Vfron	mc	20.55
Xbaricentro	Xg fron	m	-0.30
Ybaricentro	Yg fron	m	0.00
Zbaricentro	Zg fron	m	1.15
Dis. spigolo ant. Baric. spiccato	Lxinf/2	m	1.45

Caratteristiche geometriche complessive elevazione (Paragliaia+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	20.55
Xbaricentro	Xg ele	m	-0.30
Ybaricentro	Yg ele	m	0.00
Zbaricentro	Zg ele	m	1.15

Caratteristiche geometriche complessive fondazione

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Descrizione	Unità	Valore	
Volume c.a.	Vfon	mc	86.19
Xbaricentro	Xg fon	m	-1.45
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

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

Caratteristiche geometriche complessive rinterro

Descrizione	Lx sup (m)	Lx inf (m)	Ly (m)	h (m)	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)
Rinterro - 1	0.00	0.00	14.89	2.30	-0.60	0.00	0.00
Rinterro - 2	0.00	0.00	14.89	0.00	-2.90	0.00	0.00
Rinterro - 3	0.00	0.00	14.89	0.00	-2.90	0.00	0.00
Rinterro - 4	0.00	0.00	14.89	0.00	-2.90	0.00	0.00

Coordinate baricentro rispetto a mezzeria spigolo anteriore zattera di fondazione

Descrizione	Unità	Valore	
Volume rinterro	Vrin	mc	0.00
Xbaricentro	Xg rin	m	-2.90
Ybaricentro	Yg rin	m	0.00
Zbaricentro	Zg rin	m	3.14

Dati sovraccarico terrapieno

Descrizione	Unità	Valore	
sovraccarico	Q	kN/mq	20.0

AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Rispetto al baricentro della palificata

Peso proprio spalla

Descrizione	Unità	Valore	
Peso proprio spalla	Fzg1	kN	2668
Momento longitudinale	Myg1	kNm	-591
Momento trasversale	Mxg1	kNm	0.0

Peso terreno su fondazione

Descrizione	Unità	Valore	
Peso rinterro	Fzg2	kN	0
Momento longitudinale	Myg1	kNm	0
Momento trasversale	Mxg1	kNm	0.0

Spinta statica del terreno

Descrizione	Unità	Valore	
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	1054
Momento longitudinale	Myg3	kNm	1511

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato

Descrizione	Unità	Valore	
Spinta in direzione longitudinale	Fxg3	kN	546
Carico verticale	Fzg3	kN	0
Momento longitudinale	Myg3	kNm	1174

Azioni sismiche

Descrizione	Unità	Valore	
parametri sismici			
Categoria di suolo fondazione	Cat		C
Fattore Ss			1.3

LAVORO: SS4 - SPALLA SU PALI - PO03 SPALLA A

Dati e risoluzione della palificata

Fattore St		1.0
Fattore S	S	1.32
Valore di ag/g	ag/g	0.268
fattore bm	βm	1.00
Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.354
Coefficiente sismico verticale	kv	0.177

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	v	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	4.30
peso specifico del terreno	γ*	kN/mc	18.0
tangente teta a= kh/(1+kv)	tanθa		0.301
angolo teta a	θa	deg	16.7
coefficiente di spinta attiva Ka-a	Ka-a		0.479
tangente teta b= kh/(1-kv)	tanθb		0.430
angolo teta b	θb	deg	23.3
coefficiente di spinta attiva Ka-b	Ka-b		0.617
Spinta totale del terreno -a	Ed-a	kN	1392.8
Spinta totale del terreno -b	Ed-b	kN	1256.3
Spinta massima in caso sismico	Ed	kN	1392.8
altezza di applicazione	H	kN	2.15
Momento longitudinale	MyDP	kNm	2995

Spinte complessive del terreno in caso sismico di calcolo

Condizioni di spinta adottate:	Struttura che ammette spostamenti (Mononobe - Okabe)		
Spinta del terreno	Es	kN	1393
Momento longitudinale	MyEs	kNm	2995

Forze inerziali

Sisma longitudinale

Forza orizzontale longitudinale	FxE.2x	kN	944
Momento longitudinale	MyE.2x	kNm	1335

Sisma trasversale

Forza orizzontale trasversale	FyE.2y	kN	944
Momento trasversale	MxE.2y	kNm	1335

Sisma verticale

Forza verticale	FzE.2z	kN	-472
Momento longitudinale	MyE.2z	kNm	105
Momento trasversale	MxE.2z	kNm	0

fattore conversione angoli	x	0.017453293
----------------------------	---	-------------

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Altezza appoggi + baggioli + muro frontale + fondazioni	2.75
Distanza asse appoggi - asse fondazione	0.45

	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
g1a	0	0	1268	0	0
g2a	0	0	560	0	0
e4	0	0	0	0	0
e2	11	0	0	0	0
q1a	0	0	1603	2808	0
q1b	0	0	1302	3550	0
q1c	0	0	1603	-2808	0
q1d	0	0	1302	-3550	0
q3	209	0	0	0	0
q4a	0	0	0	0	0
q4b	0	0	0	0	0
q5a	0	47	0	88	0
q5b	0	66	0	156	0
q7a	-23	0	0	0	0
q7b	15	0	0	0	0
q9	0	0	0	0	0
Ex	406	0	0	0	0
Ey	0	406	0	591	0
Ez	0	0	1088	0	0

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

Coordinate baricentro pali			
x	=	1.45	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	1268	0	-571
g1b-sp	0	0	2668	0	591
g2a	0	0	560	0	-252
g2b-sp	0	0	0	0	0
g3-sp	1054	0	0	0	-1511
e4	0	0	0	0	0
e2	11	0	0	0	-31
q1a	0	0	1603	2808	-721
q1b	0	0	1302	3550	-586
q1c	0	0	1603	-2808	-721
q1d	0	0	1302	-3550	-586
q1e-sp	546	0	0	0	-1174
q3	209	0	0	0	-575
q4a	0	0	0	0	0
q4b	0	0	0	0	0
q5a	0	47	0	216	0
q5b	0	66	0	338	0
q7a	-23	0	0	0	62
q7b	15	0	0	0	-42
q9	0	0	0	0	0
Ex	406	0	0	0	-1117
Ey	0	406	0	1708	0

LAVORO: SS4 - SPALLA SU PALI - PO03 SPALLA A

Dati e risoluzione della palificata

Ez	Sisma verticale	0	0	1088	0	-489
E.1x-sp	spinta del terreno in fase sismica	1393	0	0	0	-2995
E.2x-sp	Forze inerziali longitudinali spalla	944	0	0	0	-1335
E.2y-sp	Forze inerziali trasversali spalla	0	944	0	1335	0
E.2z-sp	Forze inerziali verticali spalla	0	0	-472	0	-105

COMBINAZIONI DI CARICO

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

				S.L.U.													
				q1						q3							
g1a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1b-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
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
g2b-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
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
q1a	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01
q1e-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5b	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
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	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90
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
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

				S.L.U.													
				q4						q5							
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
g1b-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
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
g2b-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
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
q1a	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q1b	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00
q1c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00
q1d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01
q1e-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4a	1.35	1.35	0.00	0.00	1.35	1.35	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	1.35	1.35	0.00	0.00	1.35	1.35	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5b	0.90	0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	1.50	1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	-1.50	-1.50
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	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90
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
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

				S.L.U.				S.L.V.					
				q7				E.x		E.y		E.z	
g1a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g1b-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g2a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g2b-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
e4	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
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	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	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	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	0.00
q1e-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
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
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
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	0.90	0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
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	0.00
q7b	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0						

LAVORO: SS4 - SPALLA SU PALI - PO03 SPALLA A

Dati e risoluzione della palificata

Fy	60	60	60	60	-59	-59	-59	-59	60	60	60	60	-59	-59	-59	-59
Fz	8234	8234	7828	7828	8234	8234	7828	7828	7693	7693	7389	7389	7693	7693	7389	7389
Mx	4096	4096	5097	5097	-4095	-4095	-5096	-5096	3148	3148	3899	3899	-3147	-3147	-3898	-3898
My	-4893	-4987	-4711	-4804	-4893	-4987	-4711	-4804	-5030	-5123	-4893	-4986	-5030	-5123	-4893	-4986

S.L.U.																
	q4								q5							
Fx	1970	2004	1970	2004	1970	2004	1970	2004	1970	2004	1970	2004	1970	2004	1970	2004
Fy	60	60	60	60	-59	-59	-59	-59	99	99	99	99	-99	-99	-99	-99
Fz	7693	7693	7389	7389	7693	7693	7389	7389	7693	7693	7389	7389	7693	7693	7389	7389
Mx	3148	3148	3899	3899	-3147	-3147	-3898	-3898	3350	3350	4101	4101	-3350	-3350	-4101	-4101
My	-4254	-4347	-4117	-4210	-4254	-4347	-4117	-4210	-4254	-4347	-4117	-4210	-4254	-4347	-4117	-4210

S.L.U.																	
	e3								E.x				S.L.V.				E.z
Fx	1956	2013	1956	2013	1956	2013	1956	2013	2762	2762	842	842	842	842	842	842	
Fy	60	60	60	60	-59	-59	-59	-59	405	405	1350	1350	405	405	405	405	
Fz	7693	7693	7389	7389	7693	7693	7389	7389	4682	4312	4682	4312	5112	3881	5112	3881	
Mx	3148	3148	3899	3899	-3147	-3147	-3898	-3898	913	913	3043	3043	913	913	913	913	
My	-4216	-4372	-4079	-4235	-4216	-4372	-4079	-4235	-5908	-5552	-2096	-1740	-2512	-1324	-2512	-1324	

S.L.E.car																
	q1								q3							
Fx	1598	1621	1598	1621	1598	1621	1598	1621	1671	1693	1671	1693	1671	1693	1671	1693
Fy	40	40	40	40	-40	-40	-40	-40	40	40	40	40	-40	-40	-40	-40
Fz	6099	6099	5799	5799	6099	6099	5799	5799	5699	5699	5473	5473	5699	5699	5473	5473
Mx	3011	3011	3753	3753	-3011	-3011	-3753	-3753	2309	2309	2866	2866	-2309	-2309	-2865	-2865
My	-3632	-3695	-3497	-3559	-3632	-3695	-3497	-3559	-3733	-3796	-3632	-3694	-3733	-3796	-3632	-3796

S.L.E.car																
	q4								q5							
Fx	1462	1484	1462	1484	1462	1484	1462	1484	1462	1484	1462	1484	1462	1484	1462	1484
Fy	40	40	40	40	-40	-40	-40	-40	66	66	66	66	-66	-66	-66	-66
Fz	5699	5699	5473	5473	5699	5699	5473	5473	5699	5699	5473	5473	5699	5699	5473	5473
Mx	2309	2309	2866	2866	-2309	-2309	-2865	-2865	2444	2444	3001	3001	-2444	-2444	-3000	-3000
My	-3158	-3221	-3057	-3119	-3158	-3221	-3057	-3119	-3158	-3221	-3057	-3119	-3158	-3221	-3057	-3119

S.L.E.car																
	e3															
Fx	1453	1491	1453	1491	1453	1491	1453	1491	1453	1491	1453	1491	1453	1491	1453	1491
Fy	40	40	40	40	-40	-40	-40	-40	40	40	40	40	-40	-40	-40	-40
Fz	5699	5699	5473	5473	5699	5699	5473	5473	5699	5699	5473	5473	5699	5699	5473	5473
Mx	2309	2309	2866	2866	-2309	-2309	-2865	-2865	2309	2309	2866	2866	-2309	-2309	-2865	-2865
My	-3134	-3237	-3032	-3136	-3134	-3237	-3032	-3136	-3134	-3237	-3032	-3136	-3134	-3237	-3032	-3136

S.L.freq																	
	q1								e3				q5				S.L.qp
Fx	1464	1483	1464	1483	1464	1483	1464	1483	1052	1075	1055	1073	1055	1073	1055	1073	
Fy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	-9	0	0	0	0	
Fz	5699	5699	5473	5473	5699	5699	5473	5473	4497	4497	4497	4497	4497	4497	4497	4497	
Mx	2107	2107	2663	2663	-2106	-2106	-2662	-2662	0	0	43	-43	0	0	0	0	
My	-3165	-3217	-3063	-3115	-3165	-3217	-3063	-3115	-1737	-1799	-1743	-1795	-1743	-1795	-1743	-1795	

CALCOLO AZIONI SUI PALI

Geometria della palificata

Attenzione: 1° fila sempre posteriore																
PALO	Fila	X	Y	Xp	Yp	trav Jxi	long Jyi	trav Yp/Sjxi	long Xp/Sjyi	Plinto	X	Y				
1	1	1.45	6.30	0.00	6.30	39.69	0.0000	0.039	0.000	0.00	7.43					
2	1	1.45	4.90	0.00	4.90	24.01	0.0000	0.030	0.000	2.90	7.43					
3	1	1.45	3.50	0.00	3.50	12.25	0.00	0.022	0.000	2.90	-7.43					
4	1	1.45	2.10	0.00	2.10	4.41	0.00	0.013	0.000	0.00	-7.43					
5	1	1.45	0.70	0.00	0.70	0.49	0.00	0.004	0.000	0.00	7.43					
6	1	1.45	-0.70	0.00	-0.70	0.49	0.00	-0.004	0.000	0.00	7.43					
7	1	1.45	-2.10	0.00	-2.10	4.41	0.00	-0.013	0.000	0.00	7.43					
8	1	1.45	-3.50	0.00	-3.50	12.25	0.00	-0.022	0.000	0.00	7.43					
9	1	1.45	-4.90	0.00	-4.90	24.01	0.00	-0.030	0.000	0.00	7.43					
10	1	1.45	-6.30	0.00	-6.30	39.69	0.00	-0.039	0.000	0.00	7.43					
10	1					161.70	0.00									

S.L.U.																	
CARICO ASSIALE																	
PALO	FILA	q1								q3							
1	1	983	983	981	981	664	664	584	584	892	892	891	891	647	647	587	587
2	1	948	948	937	937	699	699	628	628	865	865	857	857	674	674	621	621
3	1	912	912	893	893	735	735	673	673	838	838	823	823	701	701	655	655
4	1	877	877	849	849	770	770	717	717	810	810	790	790	729	729	688	688
5	1	841	841	805	805	806	806	761	761	783	783	756	756	756	756	722	722
6	1	806	806	761	761	841	841	805	805	756	756	722	722	783	783	756	756
7	1	770	770	717	717	877	877	849	849	729	729	688	688	810	810	790	790
8	1	735	735	673	673	912	912	893	893	701	701	655	655	838	838	823	823
9	1	699	699	628	628	948	948	937	937	674	674	621	621	865	865	857	857
10	1	664	664	584	584	983	983	981	981	647	647	587	587	892	892	891	891
Nmax		983	983	981	981	983	983	981	981	892	892	891	891	892	892	891	891
Nmin		664	664	584	584	664	664	584	584	647	647	587	587	647	647	587	587
TAGLIO																	
taglio Vx		215	219	215	219	215	219	215	219	225	229	225	229	225	229	225	229
taglio Vy		6	6	6	6	-6	-6	-6	-6	6	6	6	6	-6	-6	-6	-6
V		215	219	215	219	215	219	215	219	225	229	225	229	225	229	225	229

S.L.U.																	
CARICO ASSIALE																	
PALO		q4								q5							
1	1	892	892	891	891	647	647	587	587	900	900	899	899	639	639	579	579
2	1	865	865	857	857	674	674	621	621	871	871	863	863	668	668	615	615
3	1	838	838	823	823	701	701	655	655	842	842	828	828	697	697	650	650
4	1	810	810	790	790	729	729	688	688	813	813	792	792	726	726	686	686
5	1	783	783	756	756	756	756	722	722	784	784	757	757	755	755	721	721
6	1	756	756	722	722	783	783	756	756	755	755	721	721	784	784	757	757
7	1	728	728	688	688	810	810	790	790	726	726	686	686	813	813	792	792
8	1	701	701	655	655	837	837	823	823	697	697	650	650	842	842	828	828
9	1	674	674	621	621	865	865	857	857	668	668	615	615	871	871	863	863
10	1	647	647	587	587	892	892	891	891	639	639	579	579	900	900	899	899
Nmax		892	892	891	891	892	892	891	891	900	900	899	899	900	900	899	899
Nmin		647	647	587	587	647	647	587	587	639	639	579	579	639	639	579	579
TAGLIO																	
taglio Vx		197	200	197	200	197	200	197	200	197	200	197	200	197	200	197	200
taglio Vy		6	6	6	6	-6	-6	-6	-6	10	10	10	10	-10	-10	-10	-10
V		197	200	197	200	197	200	197	200	197	200	197	200	197	200	197	200

LAVORO: SS4 - SPALLA SU PALI - PO03 SPALLA A

Dati e risoluzione della palificata

PALO															
1	1	892	892	891	891	647	647	587	587	504	467	587	550	547	424
2	1	865	865	857	857	674	674	621	621	496	459	580	523	539	416
3	1	838	838	823	823	701	701	655	655	488	451	534	497	531	408
4	1	810	810	790	790	729	729	688	688	480	443	508	471	523	400
5	1	783	783	756	756	756	756	722	722	472	435	481	444	515	392
6	1	756	756	722	722	783	783	756	756	464	427	455	418	507	384
7	1	728	728	688	688	810	810	790	790	456	419	429	392	499	376
8	1	701	701	655	655	837	837	823	823	448	412	402	365	492	368
9	1	674	674	621	621	865	865	857	857	441	404	376	339	484	360
10	1	647	647	587	587	892	892	891	891	433	396	350	313	476	353
Nmax		892	892	891	891	892	892	891	891	504	467	587	550	547	424
Nmin		647	647	587	587	647	647	587	587	433	396	350	313	476	353
TAGLIO															
taglio Vx		196	201	196	201	196	201	196	201	276	276	84	84	84	84
taglio Vy		6	6	6	6	-6	-6	-6	-6	41	41	135	135	41	41
V		196	201	196	201	196	201	196	201	279	279	159	159	93	93

CARICO ASSIALE																	
S.L.E.car										q1				q3			
PALO																	
1	1	727	727	726	726	493	493	434	434	660	660	659	659	480	480	436	436
2	1	701	701	694	694	519	519	466	466	640	640	634	634	500	500	461	461
3	1	675	675	661	661	545	545	499	499	620	620	609	609	520	520	485	485
4	1	649	649	629	629	571	571	531	531	600	600	585	585	540	540	510	510
5	1	623	623	596	596	597	597	564	564	580	580	560	560	560	560	535	535
6	1	597	597	564	564	623	623	596	596	560	560	535	535	580	580	560	560
7	1	571	571	531	531	649	649	629	629	540	540	510	510	600	600	585	585
8	1	545	545	499	499	675	675	661	661	520	520	485	485	620	620	609	609
9	1	519	519	466	466	701	701	694	694	500	500	461	461	640	640	634	634
10	1	493	493	434	434	727	727	726	726	480	480	436	436	660	660	659	659
11	0	610	610	580	580	610	610	580	580	570	570	547	547	570	570	547	547
12	0	610	610	580	580	610	610	580	580	570	570	547	547	570	570	547	547
13	0	610	610	580	580	610	610	580	580	570	570	547	547	570	570	547	547
14	0	610	610	580	580	610	610	580	580	570	570	547	547	570	570	547	547
15	0	610	610	580	580	610	610	580	580	570	570	547	547	570	570	547	547
16	0	610	610	580	580	610	610	580	580	570	570	547	547	570	570	547	547
17	0	610	610	580	580	610	610	580	580	570	570	547	547	570	570	547	547
18	0	610	610	580	580	610	610	580	580	570	570	547	547	570	570	547	547
Nmax		727	727	726	726	727	727	726	726	660	660	659	659	660	660	659	659
Nmin		493	493	434	434	493	493	434	434	480	480	436	436	480	480	436	436
TAGLIO																	
taglio Vx		160	162	160	162	160	162	160	162	167	169	167	169	167	169	167	148
taglio Vy		4	4	4	4	-4	-4	-4	-4	4	4	4	4	-4	-4	-4	-4
V		160	162	160	162	160	162	160	162	167	169	167	169	167	169	167	148

CARICO ASSIALE																	
S.L.E.car										q4				q5			
PALO																	
1	1	660	660	659	659	480	480	436	436	665	665	664	664	475	475	430	430
2	1	640	640	634	634	500	500	461	461	644	644	638	638	496	496	456	456
3	1	620	620	609	609	520	520	485	485	623	623	612	612	517	517	482	482
4	1	600	600	585	585	540	540	510	510	602	602	586	586	538	538	508	508
5	1	580	580	560	560	560	560	535	535	580	580	560	560	559	559	534	534
6	1	560	560	535	535	580	580	560	560	559	559	534	534	580	580	560	560
7	1	540	540	510	510	600	600	585	585	538	538	508	508	602	602	586	586
8	1	520	520	485	485	620	620	609	609	517	517	482	482	623	623	612	612
9	1	500	500	461	461	640	640	634	634	496	496	456	456	644	644	638	638
10	1	480	480	436	436	660	660	659	659	475	475	430	430	665	665	664	664
Nmax		660	660	659	659	660	660	659	659	665	665	664	664	665	665	664	664
Nmin		480	480	436	436	480	480	436	436	475	475	430	430	475	475	430	430
TAGLIO																	
taglio Vx		146	148	146	148	146	148	146	148	146	148	146	148	146	148	146	148
taglio Vy		4	4	4	4	-4	-4	-4	-4	7	7	7	7	-7	-7	-7	-7
V		146	148	146	148	146	148	146	148	146	149	146	149	146	149	146	149

CARICO ASSIALE																	
S.L.E.car										q7							
PALO																	
1	1	660	660	659	659	480	480	436	436	665	665	664	664	475	475	430	430
2	1	640	640	634	634	500	500	461	461	644	644	638	638	496	496	456	456
3	1	620	620	609	609	520	520	485	485	623	623	612	612	517	517	482	482
4	1	600	600	585	585	540	540	510	510	602	602	586	586	538	538	508	508
5	1	580	580	560	560	560	560	535	535	580	580	560	560	559	559	534	534
6	1	560	560	535	535	580	580	560	560	559	559	534	534	580	580	560	560
7	1	540	540	510	510	600	600	585	585	538	538	508	508	602	602	586	586
8	1	520	520	485	485	620	620	609	609	517	517	482	482	623	623	612	612
9	1	500	500	461	461	640	640	634	634	496	496	456	456	644	644	638	638
10	1	480	480	436	436	660	660	659	659	475	475	430	430	665	665	664	664
Nmax		660	660	659	659	660	660	659	659	665	665	664	664	665	665	664	664
Nmin		480	480	436	436	480	480	436	436	475	475	430	430	475	475	430	430
TAGLIO																	
taglio Vx		145	149	145	149	145	149	145	149	145	149	145	149	145	149	145	149
taglio Vy		4	4	4	4	-4	-4	-4	-4	7	7	7	7	-7	-7	-7	-7
V		145	149	145	149	145	149	145	149	145	149	145	149	145	149	145	149

CARICO ASSIALE																	
S.L.freq										q7		q5		S.L.qp			
PALO																	
1	1	652	652	651	651	488	488	444	444	450	450	451	448	450	450		
2	1	634	634	628	628	506	506	467	467	450	450	451	448	450	450		
3	1	616	616	605	605	524	524	490	490	450	450	451	449	450	450		
4	1	597	597	582	582	543	543	513	513	450	450	450	449	450	450		
5	1	579	579	559	559	561	561	536	536	450	450	450	450	450	450		
6	1	561	561	536	536	579	579	559	559	450	450	450	450	450	450		
7	1	543	543	513	513	597	597	582	582	450	450	449	450	450	450		
8	1	524	524	490	490	615	615	605	605	450	450	449	451	450	450		
9	1	506	506	467	467	634	634	628	628	450	450	448	451	450	450		
10	1	488	488	444	444	652	652	651	651	450	450	448	451	450	450		
Nmax		652	652	651	651	652	652	651	651	450	450	451	451	450	450		
Nmin		488	488	444	444	488	488	444	444	450	450	448	448	450	450		
TAGLIO																	
taglio Vx		146	148	146	148	146	148	146	148	105	107	105	107	105	107		
taglio Vy		0	0	0	0	-4	-4	-4	-4	0</							

LAVORO: SS4 - SPALLA SU PALI - PO03 SPALLA A**Dati e risoluzione della palificata****LUNGHEZZA LIBERA D'INFLESSIONE PALI DI FONDAZIONE**

Modulo di elasticità normale del calcestruzzo/malta	Ec	Mpa	31476
Modulo di Poisson del terreno	v		0.30
Diametro del palo	Dp	m	1.20
Momento d'inerzia della sezione in cls/malta	Ic	m4	0.1018
Kt Costante di reazione orizzontale (Vesic)	kt	kN/mc	18333
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	4.44

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MASSIME SUI

			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	983	587	727	652	450
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	579	313	430	444	450
Momento flettente massimo - 1° gabbia	Mmax_1a	kNm	508	620	376	329	238
Momento amplificato del 20%	Mmax_1a	kNm	609	744	451	395	286
Sforzo di taglio massimo - 1° gabbia	Vmax_1a	kN	229	279	169	148	107

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA

	SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata	8234	5112
Carico verticale medio agente sui pali	823	511

LAVORO: SS4 - SPALLA SU PALI - PO03 SPALLA A
Calcolo e Verifica del muro paraghiaia

Dati	var	unità	
Altezza paraghiaia	h	m	2.30
spessore paraghiaia	spar	m	0.60
spessore pavimentazione	spav	m	0.10
resistenza di calcolo acciaio armatura	f _{yd}	MPa	391
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Effetti dovuti al sovraccarico accidentale

larghezza dell'impronta del carico Q _{ik} in sommità	b ₁	m	3.20
lunghezza dell'impronta di carico Q _{ik} in sommità	a ₁	m	2.40
larghezza dell'impronta del carico Q _{ik} alla base	b ₂	m	5.86
lunghezza dell'impronta di carico Q _{ik} alla base	a ₂	m	3.73
pressione orizzontale dovuta al carico Q _{ik} in sommità	sh ₁	kPa	33.3
pressione orizzontale dovuta al carico Q _{ik} alla base	sh ₂	kPa	11.7
pressione orizzontale dovuta al carico q _{ik} distribuito	sh _d	kPa	3.8
Taglio alla base complessivo	V _{max}	kNm	232.3
Momento alla base complessivo	M _{max}	kNm	283.9

Effetti dovuti al carico Q_{ik} sul paraghiaia

larghezza dell'impronta di carico Q _{ik} in sommità	b ₁	m	2.6
larghezza dell'impronta di carico alla base	b ₂	m	7.2
Carico verticale in testa al paraghiaia	Q _{ik}	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	34.5	0.0	0.0
Spinta statica del terreno	0.0	20.3	15.6
Spinta dovuta al carico Q _{ik}	0.0	39.7	48.5
Carico Q _{ik} sul paraghiaia	41.7	25.0	60.0
Sisma - forze inerziali	0.0	12.2	14.0
Spinta sismica del terreno	0.0	22.8	26.2

Armatura zona tesa paraghiaia

sezione di larghezza unitaria	passo cm	n.barre 1.0/pass	φ mm	c m	As mm ²
primo strato	20	5	20	0.076	1571
secondo strato	0	0	20	0.126	0
Armatura effettivamente disposta			20	0.076	1571

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 Q _{ik}	1.35	0.00
Carico Q _{ik} sul paraghiaia	1.35	0.00
Sisma - forze inerziali	0.00	1.00
Spinta sismica del terreno	0.00	1.00

Combinazioni SLU-STR

Combinazione	N kN	V kN	M kN
SLU-STR	90.8	114.7	167.5
SLU-SIS	34.5	35.0	40.2

Armatura minima richiesta	A _{fs_min}	mm ² /ml	907	
Armatura effettivamente adottata:	A _{fs}	mm ²	1571	OK!
Momento Resistente	M _{R_sup}	kNm/ml	290	
Coefficiente di utilizzo	c.u.		58%	OK!

VERIFICHE SLE-RARA

Condizione di carico	fattori parziali per azioni	
	SLE-RARA	
Peso proprio	1.00	
Spinta statica del terreno	1.00	

LAVORO: SS4 - SPALLA SU PALI - PO03 SPALLA A**Calcolo e Verifica del muro paraghiaia**

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	76.2	85.0	124.1

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **167**

Tensione massima ammissibile $\sigma_{s,max}$ MPa 360
 coefficiente di utilizzo armature - Stato limite limitazione tensioni c.u. **47%** **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	65.8	68.8	96.9

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **131**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile w_{lim} mm 0.30 w2
 Tensione limite ammissibile per barre f 20.0 σ_{slim} MPa **222**
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **59%** **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	34.5	20.3	15.6

Tasso di lavoro armature σ_s Mpa **21**

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile w_{lim} mm 0.20 w1
 Tensione limite ammissibile per barre f 20.0 σ_{slim} MPa **182**
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **12%** **OK!**

LAVORO: SS4 - SPALLA SU PALI - PO03 SPALLA A
Verifiche SLU per sollecitazioni taglianti

Sollecitazioni di calcolo	Var	unità	Paraghiata
Taglio di calcolo	V_{Ed}	kN	114.7

Dati	Var	unità	
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	40
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	32
Coefficiente parziale γ_c	γ_c		1.50
Coefficiente parziale α_{cc}	α_{cc}		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	18.1
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3

Caratteristiche geometriche sezione

Altezza (porre = 0 in caso di sezione circolare)	H	m	0.60
Larghezza/ Diametro	B	m	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m ²	0.60
Larghezza anima	bw	m	1.00
copriferro	c	m	0.076
altezza utile della sezione	d	m	0.52

Compressione agente nella sezione

Sforzo normale di calcolo	N _{Ed}	kN	0.0
---------------------------	-----------------	----	-----

Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio

Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	Asl	mmq	1571
Coefficiente k	k	m	1.62
vmin	vmin		0.4
rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_1		0.00300
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	Mpa	0.00

Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	216.1
----------------------------	-----------------------	-----------	--------------

OK

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

Verifica del conglomerato

Resistenza a taglio del conglomerato	V _{Rcd}	kN	2850.6
--------------------------------------	------------------	----	--------

Verifica dell'armatura trasversale

diametro staffe	fsw	mm	10
passo staffe	scp	m	0.40
numero di bracci	nb		2.5
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	196
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	deg	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	θ	deg	21.8
tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	kPa	0
coefficiente alpha	α_c		1.00
Resistenza a "taglio trazione"	V _{Rsd}	kN	226.5
Resistenza a "taglio compressione"	V _{Rcd}	kN	1474.4

Resistenza a taglio	V_{Rd}	kN	226.5
----------------------------	-----------------------	-----------	--------------

OK

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

**17 ALLEGATO 6 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER
 CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI
 ASSIALI**

LAVORO: SS4 CITTADUCALE **OPERA: PO03** **ALLINEAMENTI: SPALLE**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ₃; (Rbc,cal)_{min} / ξ₄] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ₃; (Rsc,cal)_{min} / ξ₄] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qs: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali γR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γb	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γ_{cls} - γ_{nat}) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali
Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu
Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci
Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev⁽¹⁾:
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)
 In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x α_N con:
 α_N = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella
 Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa
Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.25 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.20
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	3.77
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

	kPa	σvi	
Tensione totale in testa palo			46.3
Tensione efficace in testa palo			46.3

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

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	2.50
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	2.50

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

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	1
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	1
coefficiente ξ	1.70

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

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa	Nspt base
1	SLm	0.0	4.0	C	110		1.00	1.00	110.0	0.0	18.5		100			4000	
2	G	4.0	34.0	S		38.0	1.00	1.00	0.0	38.0	19.5	100	174	120	12000	5800	100
3	SG	34.0	60.0	S		36.0	1.00	1.00	0.0	36.0	20.5	65	163	120	3600	3600	30
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	

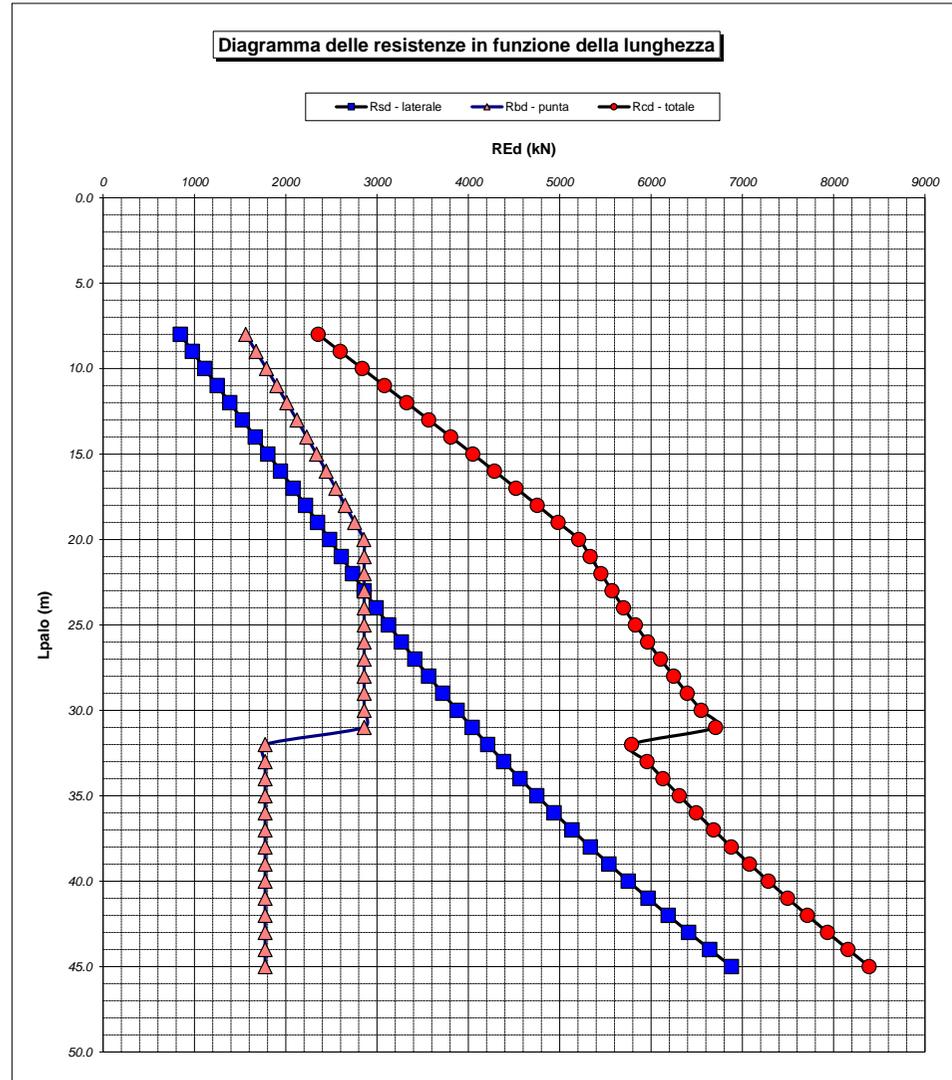
Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: SS4 CITTADUCALE **OPERA: PO03** **ALLINEAMENTI:** **SPALLE**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:** **MEDI**

Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud - qud kPa	φ'd deg	γ kN/m³	γ' kN/m³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	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	C	2.5	0.0			18.5	18.5		46.3	46.3												0		
1	C	3.5	1.0	110.0	0.0	18.5	8.7	30.2	64.8	54.9		100	30.2	114		990.0	4000	1054.8	1193	58	520	7	571	48
2	S	4.5	2.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	84.3	64.6	0.800	174	47.8	294	26.6		5800	1718.5	1944	150	847	14	984	119
2	S	5.5	3.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	103.8	74.3	0.750	174	52.1	491	26.5		5800	1966.4	2224	251	969	20	1200	195
2	S	6.5	4.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	123.3	84.0	0.706	174	55.9	701	26.3		5800	2211.7	2501	359	1090	26	1423	277
2	S	7.5	5.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	142.8	93.7	0.667	174	59.2	925	26.2		5800	2454.5	2776	473	1210	32	1650	363
2	S	8.5	6.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	162.3	103.4	0.631	174	62.1	1159	26.1		5800	2694.8	3048	593	1328	38	1882	453
2	S	9.5	7.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	181.8	113.1	0.597	174	64.6	1403	25.9		5800	2932.5	3317	717	1445	45	2118	547
2	S	10.5	8.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	201.3	122.8	0.566	174	66.7	1654	25.8		5800	3167.7	3583	846	1561	51	2356	643
2	S	11.5	9.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	220.8	132.5	0.536	174	68.5	1912	25.7		5800	3400.3	3846	978	1676	57	2597	742
2	S	12.5	10.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	240.3	142.2	0.509	174	69.8	2176	25.5		5800	3630.4	4106	1113	1789	63	2839	842
2	S	13.5	11.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	259.8	151.8	0.482	174	70.9	2443	25.4		5800	3858.0	4363	1250	1901	70	3081	944
2	S	14.5	12.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	279.3	161.5	0.457	174	71.7	2713	25.3		5800	4083.0	4618	1388	2012	76	3324	1047
2	S	15.5	13.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	298.8	171.2	0.433	174	72.1	2985	25.1		5800	4305.4	4869	1527	2122	82	3567	1151
2	S	16.5	14.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	318.3	180.9	0.411	174	72.3	3257	25.0		5800	4525.4	5118	1666	2230	88	3808	1255
2	S	17.5	15.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	337.8	190.6	0.389	174	72.2	3530	24.9		5800	4742.7	5364	1805	2337	94	4048	1358
2	S	18.5	16.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	357.3	200.3	0.367	174	71.8	3800	24.8		5800	4957.6	5607	1944	2443	101	4286	1461
2	S	19.5	17.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	376.8	210.0	0.347	174	71.2	4069	24.6		5800	5169.8	5847	2081	2548	107	4522	1564
2	S	20.5	18.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	396.3	219.7	0.327	174	70.3	4334	24.5		5800	5379.6	6084	2217	2651	113	4755	1665
2	S	21.5	19.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	415.8	229.4	0.308	174	69.1	4594	24.4		5800	5586.8	6318	2350	2753	119	4984	1764
2	S	22.5	20.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	435.3	239.1	0.289	174	67.8	4850	24.2		5800	5791.4	6550	2481	2854	126	5209	1862
2	S	23.5	21.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	454.8	248.7	0.271	174	66.2	5099	24.1		5800	5800.0	6560	2608	2858	132	5335	1958
2	S	24.5	22.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	474.3	258.4	0.254	174	64.4	5342	24.0		5800	5800.0	6560	2732	2858	138	5453	2051
2	S	25.5	23.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	493.8	268.1	0.250	174	65.8	5590	23.8		5800	5800.0	6560	2859	2858	144	5573	2146
2	S	26.5	24.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	513.3	277.8	0.250	174	68.2	5847	23.7		5800	5800.0	6560	2991	2858	150	5699	2244
2	S	27.5	25.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	532.8	287.5	0.250	174	70.7	6114	23.6		5800	5800.0	6560	3127	2858	157	5829	2346
2	S	28.5	26.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	552.3	297.2	0.250	174	73.1	6389	23.4		5800	5800.0	6560	3268	2858	163	5964	2451
2	S	29.5	27.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	571.8	306.9	0.250	174	75.5	6674	23.3		5800	5800.0	6560	3414	2858	169	6103	2559
2	S	30.5	28.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	591.3	316.6	0.250	174	77.9	6968	23.2		5800	5800.0	6560	3564	2858	175	6247	2670
2	S	31.5	29.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	610.8	326.3	0.250	174	80.4	7271	23.0		5800	5800.0	6560	3719	2858	182	6396	2785
2	S	32.5	30.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	630.3	336.0	0.250	174	82.8	7583	22.9		5800	5800.0	6560	3879	2858	188	6549	2903
2	S	33.5	31.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	649.8	345.6	0.250	174	85.2	7904	22.8		5800	5800.0	6560	4043	2858	194	6707	3024
3	S	34.5	32.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	670.3	356.3	0.250	163	87.7	8235	17.6		3600	3600.0	4072	4212	1774	199	5787	3148
3	S	35.5	33.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	690.8	367.0	0.250	163	90.4	8576	17.5		3600	3600.0	4072	4386	1774	204	5956	3275
3	S	36.5	34.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	711.3	377.7	0.250	163	93.1	8927	17.4		3600	3600.0	4072	4566	1774	209	6131	3405
3	S	37.5	35.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	731.8	388.4	0.250	163	95.8	9288	17.3		3600	3600.0	4072	4751	1774	214	6310	3540
3	S	38.5	36.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	752.3	399.1	0.250	163	98.4	9659	17.2		3600	3600.0	4072	4940	1774	219	6495	3678
3	S	39.5	37.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	772.8	409.8	0.250	163	101.1	10040	17.2		3600	3600.0	4072	5135	1774	224	6685	3819
3	S	40.5	38.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	793.3	420.5	0.250	163	103.8	10431	17.2		3600	3600.0	4072	5336	1774	230	6880	3964
3	S	41.5	39.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	813.8	431.2	0.250	163	106.5	10832	17.2		3600	3600.0	4072	5541	1774	235	7080	4113
3	S	42.5	40.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	834.3	441.9	0.250	163	109.1	11244	17.2		3600	3600.0	4072	5751	1774	240	7286	4266
3	S	43.5	41.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	854.8	452.5	0.250	163	111.8	11665	17.2		3600	3600.0	4072	5967	1774	245	7496	4422
3	S	44.5	42.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	875.3	463.2	0.250	163	114.5	12097	17.2		3600	3600.0	4072	6188	1774	250	7712	4581
3	S	45.5	43.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	895.8	473.9	0.250	163	117.1	12538	17.2		3600	3600.0	4072	6414	1774	255	7933	4744
3	S	46.5	44.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	916.3	484.6	0.250	163	119.8	12990	17.2		3600	3600.0	4072	6645	1774	260	8159	4911
3	S	47.5	45.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	936.8	495.3	0.250	163	122.5	13452	17.2		3600	3600.0	4072	6881	1774	265	8390	5082

LAVORO: SS4 CITTADUCALE OPERA: PO03
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE

ALLINEAMENTI: SPALLE
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI



RESISTENZA A COMPRESIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ecd (kN)	c.u.c	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
SPALLE	10.0	1113	1789	2839	990	35%	842	0	0%

RESISTENZA A COMPRESIONE A COMPRESIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

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

in cui:

npali:

η

Rcd

è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η è la Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) \cdot (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali

diametro dei pali

numero di file

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
SPALLE	1.20	1.40	10	1	10	0.59	16861	8250	49%

S.S.4 "SALARIA" Adeguamento nel tratto tra Rieti e Sigillo - 3° Lotto 1° Stralcio - Tratto di adeguamento in sede e in variante dal km 83+400 al km 87+400		
RM8401	<i>Relazione tecnica e di calcolo PO03</i>	

18 ALLEGATO 7 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI TRASVERSALI

LAVORO: SS4 CITTADUCALE **OPERA: PO03** **ALLINEAMENTI: SPALLE**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di compressione è pari a:
Rcd = Rbd + Rsd - Wp
 Il valore di progetto Rtd della Resistenza di pali soggetti a carichi assiali di trazione è pari a:
Rtd = 0.7 Rsd + Wp
 in cui:
 Rbd = Rbk / γb: Resistenza alla base di progetto
 Rsd = Rsk / γs: Resistenza laterale di progetto
 Rbk = Min [(Rbc,cal)_{media} / ξ₃; (Rbc,cal)_{min} / ξ₄] Resistenza alla punta caratteristica
 Rsk = Min [(Rsc,cal)_{media} / ξ₃; (Rsc,cal)_{min} / ξ₄] Resistenza laterale caratteristica
 Rsc,calc = Qs: Resistenza alla base di calcolo
 Rsc,calc = Qs: Resistenza laterale di calcolo
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

I Coefficienti parziali γR da applicare alle resistenze Rk a carico verticale sono forniti dalla presente tabella:	γR	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γb	1.15	1.35	1.30
Laterale in compressione	γs	1.15	1.15	1.15
Totale (*)	γ	1.15	1.30	1.25
Laterale in trazione	γst	1.25	1.25	1.25

I Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate sono dati dalla seguente tabella

n. Vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Peso del palo
 Si considera il peso del palo dovuto alla differenza tra il peso di volume del cls e quello del volume di terreno asportato:
 Wp(z) = (γ_{cls} - γ_{nat}) Ap Δz

La Resistenza alla base di calcolo è pari a:
 Qb = qb x Ab
 dove:
 Ab: Area della superficie di base del palo
 qb: resistenza unitaria alla base approsso specificata per terreni coesivi e granulari
 La Resistenza laterale di calcolo è pari a:
 Qs = As x Σ (qsi x dzi)
 dove:
 As: Area della superficie laterale del palo
 qsi: resistenza laterale unitaria dell'iesimo strato
 dzi: altezza dell'iesimo strato

Terreni coesivi (c <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Totali
Resistenza unitaria alla base
 La resistenza alla base viene espressa come:
 qb = σv + 9 cu
Resistenza laterale unitaria
 qs = α cu con:
 α variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella [AGI]

cu (kPa)	α
<=25	0.9
da 26 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di:
 qs,max = 100 kPa (AGI 1984).

Terreni granulari (c' = 0, φ' <> 0)
 Il calcolo è svolto in termini di Tensioni Efficaci
Resistenza unitaria alla base
 In accordo alla teoria di Berenzantsev⁽¹⁾:
 qb = Nq* x σ'v con:
 Nq*: coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (dp = 0,06-0,1 D)
 In ogni caso viene assunto per qp il valore limite qp,max pari al minimo tra i valori forniti dalla seguente espressione:
 qbmax1 = Nspt x α_N con:
 α_N = 150 per Ghiaie, 120 per Sabbie e 85 per Sabbie limose [Gwizdala (1984), Reese & O'Neill (1988), Matsui (1993)] e dalla seguente tabella
 Ghiaie: qb,max = 7500 kPa
 Sabbie: qb,max = 5800 kPa
 Sabbie limose: qb,max = 4300 kPa
Resistenza laterale unitaria
 ql = β σ'v con:
 1.20 >= β = 1.50 - 0.42 z^{0.34} >= 0.25 per i depositi sabbiosi
 1.80 >= β = 2.0 - 0.15 z^{0.75} >= 0.25 per i depositi sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi
 In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,max, ricavabile dalle seguenti espressioni per pali trivellati con uso di fanghi (Reese&Wright 1977):
 qsmax = 3 x Nspt per Nspt <= 53
 qsmax = 142 + 0.32 x Nspt per Nspt > 53

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

	unità	var	
Diametro palo	m		1.20
Superficie resistente alla base	m ²	Ab	1.13
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	As	3.77
peso specifico del palo	kN/m ³	γp	25.00

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

	kPa	σvi	
Tensione totale in testa palo			46.3
Tensione efficace in testa palo			46.3

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

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	2.50
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	2.50

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

COEFFICIENTI PARZIALI RESISTENZE CARATTERISTICHE

	R3
Metodologia realizzativa (1 = Pali infissi; 2 = Pali trivellati; 3 =pali ad elica)	2
coefficiente γb	1.35
coefficiente γs	1.15

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

	MEDI
Valori dei parametri geotecnici (MEDI - MINIMI)	1
Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	1
coefficiente ξ	1.70

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

Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	α _N	Nspt*α _N	qp,max kPa	Nspt base
1	SLm	0.0	4.0	C	110		1.00	1.00	110.0	0.0	18.5		100			4000	
2	G	4.0	34.0	S		38.0	1.00	1.00	0.0	38.0	19.5	100	174	120	12000	5800	100
3	SG	34.0	60.0	S		36.0	1.00	1.00	0.0	36.0	20.5	65	163	120	3600	3600	30
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	

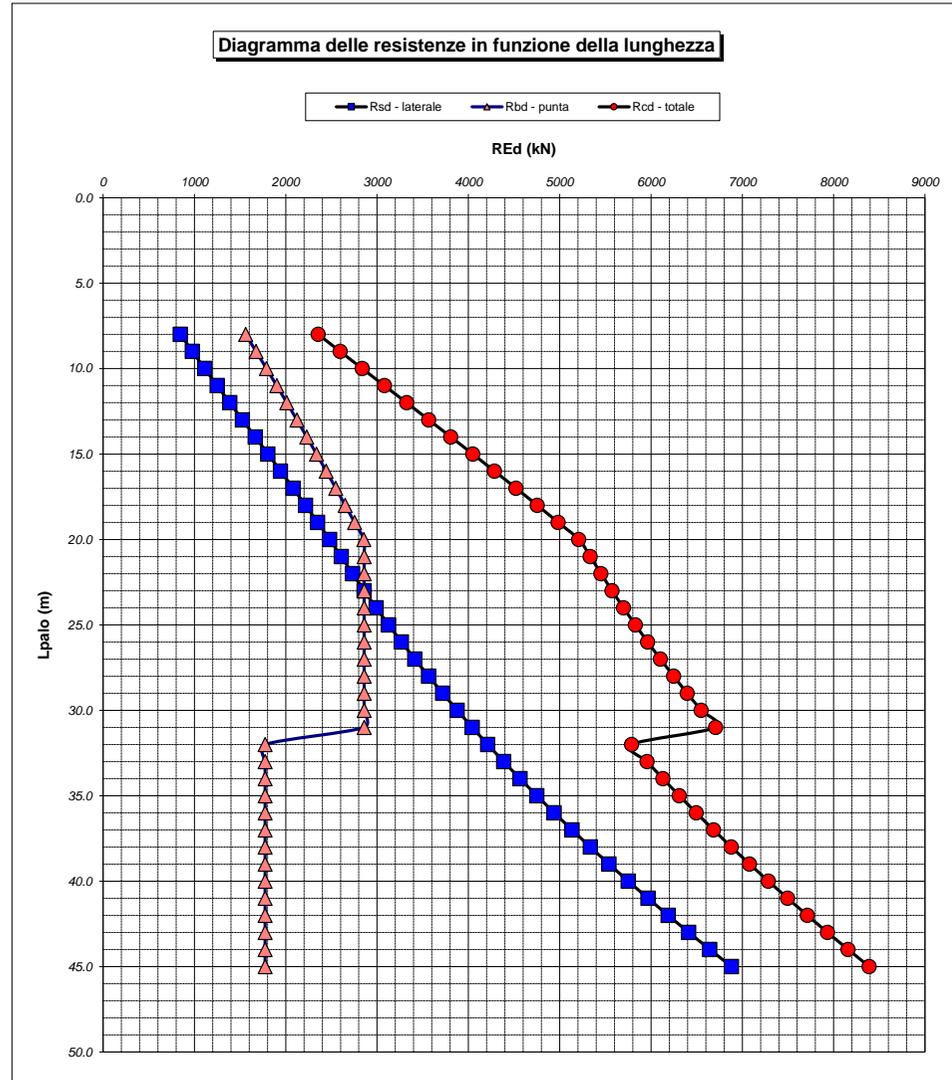
Tip = C: Terreni coesivi - S: sabbie - G: ghiaie - SL: sabbie limose - R: roccia

LAVORO: SS4 CITTADUCALE **OPERA: PO03** **ALLINEAMENTI: SPALLE**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI**

Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud - qud kPa	φ'd deg	γ kN/m³	γ' kN/m³	qa kPa	σv kPa	σv' kPa	β	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	C	2.5	0.0			18.5	18.5		46.3	46.3												0		
1	C	3.5	1.0	110.0	0.0	18.5	8.7	30.2	64.8	54.9		100	30.2	114		990.0	4000	1054.8	1193	58	520	7	571	48
2	S	4.5	2.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	84.3	64.6	0.800	174	47.8	294	26.6		5800	1718.5	1944	150	847	14	984	119
2	S	5.5	3.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	103.8	74.3	0.750	174	52.1	491	26.5		5800	1966.4	2224	251	969	20	1200	195
2	S	6.5	4.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	123.3	84.0	0.706	174	55.9	701	26.3		5800	2211.7	2501	359	1090	26	1423	277
2	S	7.5	5.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	142.8	93.7	0.667	174	59.2	925	26.2		5800	2454.5	2776	473	1210	32	1650	363
2	S	8.5	6.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	162.3	103.4	0.631	174	62.1	1159	26.1		5800	2694.8	3048	593	1328	38	1882	453
2	S	9.5	7.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	181.8	113.1	0.597	174	64.6	1403	25.9		5800	2932.5	3317	717	1445	45	2118	547
2	S	10.5	8.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	201.3	122.8	0.566	174	66.7	1654	25.8		5800	3167.7	3583	846	1561	51	2356	643
2	S	11.5	9.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	220.8	132.5	0.536	174	68.5	1912	25.7		5800	3400.3	3846	978	1676	57	2597	742
2	S	12.5	10.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	240.3	142.2	0.509	174	69.8	2176	25.5		5800	3630.4	4106	1113	1789	63	2839	842
2	S	13.5	11.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	259.8	151.8	0.482	174	70.9	2443	25.4		5800	3858.0	4363	1250	1901	70	3081	944
2	S	14.5	12.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	279.3	161.5	0.457	174	71.7	2713	25.3		5800	4083.0	4618	1388	2012	76	3324	1047
2	S	15.5	13.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	298.8	171.2	0.433	174	72.1	2985	25.1		5800	4305.4	4869	1527	2122	82	3567	1151
2	S	16.5	14.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	318.3	180.9	0.411	174	72.3	3257	25.0		5800	4525.4	5118	1666	2230	88	3808	1255
2	S	17.5	15.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	337.8	190.6	0.389	174	72.2	3530	24.9		5800	4742.7	5364	1805	2337	94	4048	1358
2	S	18.5	16.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	357.3	200.3	0.367	174	71.8	3800	24.8		5800	4957.6	5607	1944	2443	101	4286	1461
2	S	19.5	17.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	376.8	210.0	0.347	174	71.2	4069	24.6		5800	5169.8	5847	2081	2548	107	4522	1564
2	S	20.5	18.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	396.3	219.7	0.327	174	70.3	4334	24.5		5800	5379.6	6084	2217	2651	113	4755	1665
2	S	21.5	19.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	415.8	229.4	0.308	174	69.1	4594	24.4		5800	5586.8	6318	2350	2753	119	4984	1764
2	S	22.5	20.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	435.3	239.1	0.289	174	67.8	4850	24.2		5800	5791.4	6550	2481	2854	126	5209	1862
2	S	23.5	21.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	454.8	248.7	0.271	174	66.2	5099	24.1		5800	5800.0	6560	2608	2858	132	5335	1958
2	S	24.5	22.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	474.3	258.4	0.254	174	64.4	5342	24.0		5800	5800.0	6560	2732	2858	138	5453	2051
2	S	25.5	23.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	493.8	268.1	0.250	174	65.8	5590	23.8		5800	5800.0	6560	2859	2858	144	5573	2146
2	S	26.5	24.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	513.3	277.8	0.250	174	68.2	5847	23.7		5800	5800.0	6560	2991	2858	150	5699	2244
2	S	27.5	25.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	532.8	287.5	0.250	174	70.7	6114	23.6		5800	5800.0	6560	3127	2858	157	5829	2346
2	S	28.5	26.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	552.3	297.2	0.250	174	73.1	6389	23.4		5800	5800.0	6560	3268	2858	163	5964	2451
2	S	29.5	27.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	571.8	306.9	0.250	174	75.5	6674	23.3		5800	5800.0	6560	3414	2858	169	6103	2559
2	S	30.5	28.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	591.3	316.6	0.250	174	77.9	6968	23.2		5800	5800.0	6560	3564	2858	175	6247	2670
2	S	31.5	29.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	610.8	326.3	0.250	174	80.4	7271	23.0		5800	5800.0	6560	3719	2858	182	6396	2785
2	S	32.5	30.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	630.3	336.0	0.250	174	82.8	7583	22.9		5800	5800.0	6560	3879	2858	188	6549	2903
2	S	33.5	31.0	0.0	38.0	19.5	9.7	0.0	649.8	345.6	0.250	174	85.2	7904	22.8		5800	5800.0	6560	4043	2858	194	6707	3024
3	S	34.5	32.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	670.3	356.3	0.250	163	87.7	8235	17.6		3600	3600.0	4072	4212	1774	199	5787	3148
3	S	35.5	33.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	690.8	367.0	0.250	163	90.4	8576	17.5		3600	3600.0	4072	4386	1774	204	5956	3275
3	S	36.5	34.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	711.3	377.7	0.250	163	93.1	8927	17.4		3600	3600.0	4072	4566	1774	209	6131	3405
3	S	37.5	35.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	731.8	388.4	0.250	163	95.8	9288	17.3		3600	3600.0	4072	4751	1774	214	6310	3540
3	S	38.5	36.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	752.3	399.1	0.250	163	98.4	9659	17.2		3600	3600.0	4072	4940	1774	219	6495	3678
3	S	39.5	37.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	772.8	409.8	0.250	163	101.1	10040	17.2		3600	3600.0	4072	5135	1774	224	6685	3819
3	S	40.5	38.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	793.3	420.5	0.250	163	103.8	10431	17.2		3600	3600.0	4072	5336	1774	230	6880	3964
3	S	41.5	39.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	813.8	431.2	0.250	163	106.5	10832	17.2		3600	3600.0	4072	5541	1774	235	7080	4113
3	S	42.5	40.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	834.3	441.9	0.250	163	109.1	11244	17.2		3600	3600.0	4072	5751	1774	240	7286	4266
3	S	43.5	41.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	854.8	452.5	0.250	163	111.8	11665	17.2		3600	3600.0	4072	5967	1774	245	7496	4422
3	S	44.5	42.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	875.3	463.2	0.250	163	114.5	12097	17.2		3600	3600.0	4072	6188	1774	250	7712	4581
3	S	45.5	43.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	895.8	473.9	0.250	163	117.1	12538	17.2		3600	3600.0	4072	6414	1774	255	7933	4744
3	S	46.5	44.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	916.3	484.6	0.250	163	119.8	12990	17.2		3600	3600.0	4072	6645	1774	260	8159	4911
3	S	47.5	45.0	0.0	36.0	20.5	10.7	0.0	936.8	495.3	0.250	163	122.5	13452	17.2		3600	3600.0	4072	6881	1774	265	8390	5082

LAVORO: SS4 CITTADUCALE OPERA: PO03
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE

ALLINEAMENTI: SPALLE
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MEDI



RESISTENZA A COMPRESIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ecd (kN)	c.u.c	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
SPALLE	10.0	1113	1789	2839	990	35%	842	0	0%

RESISTENZA A COMPRESIONE A COMPRESIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

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

in cui:

npali:

η

Rcd

è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
 efficienza della palificata

L'efficienza della palificata η è la Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(d/i) \cdot (m-1)n + (n-1)m}{\pi/2 \cdot m \cdot n}$$

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali

diametro dei pali

numero di file

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
SPALLE	1.20	1.40	10	1	10	0.59	16861	8250	49%