

S.S.121 "Cataneese"
Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – rotatoria Bolognetta

PROGETTO DEFINITIVO

COD. UP62

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

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

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:

PROGETTISTA:

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

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

Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*

Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*



GEOLOGO:

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

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

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

RESPONSABILE SIA:

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



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Luigi Mupo

OPERE D'ARTE MAGGIORI

VI09 – VIADOTTO ELEUTERIO 2

Relazione tecnica e di calcolo – Carreggiata SX

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	UP62_P00VI09STRRE02_A			
DPUP0062	D 23	CODICE ELAB.	P00VI09STRRE02	A	-
D		-	-		
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	FEB. 2023	V. NASUTI	E. STRAMACCI	G. PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</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.....	7
1.4	CONSIDERAZIONI SULLE METODOLOGIE COSTRUTTIVE.....	9
2	NORMATIVE E RIFERIMENTI	10
3	NORME TECNICHE	10
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO	11
4.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i>	11
4.2	CALCESTRUZZI	13
4.2.1	<i>Copriferri nominali</i>	13
4.2.2	<i>Resistenze di progetto</i>	15
4.2.3	<i>Verifiche a fessurazione</i>	17
4.3	ACCIAIO IN BARRE PER CEMENTO ARMATO E RETI ELETTRISALDATE	19
4.3.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	19
4.3.2	<i>Resistenze di progetto</i>	19
4.4	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA	20
4.4.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	20
4.4.2	<i>Resistenze di progetto</i>	20
4.5	CONNETTORI A PIOLO TIPO NELSON.....	20
4.5.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	20
4.5.2	<i>Resistenze di progetto</i>	21
4.6	GIUNZIONI BULLONATE	21
4.6.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	21
4.6.2	<i>Resistenze di progetto</i>	21

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

4.7	GIUNZIONI SALDATE	22
5	AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO	23
5.1	ELENCO DELLE AZIONI SUI PONTI STRADALI	23
5.2	ANALISI DEI CARICHI	23
5.2.1	<i>Azioni permanenti - Peso proprio degli elementi strutturali – g1</i>	<i>24</i>
5.2.2	<i>Azioni permanenti - Carichi permanenti portati – g2</i>	<i>24</i>
5.2.3	<i>Azioni permanenti - Spinta delle terre in condizioni statiche – g3.....</i>	<i>25</i>
5.2.4	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Effetti reologici: ritiro e viscosità – ε_2 e ε_3</i>	<i>25</i>
5.2.5	<i>Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – ε_4</i>	<i>28</i>
5.2.6	<i>Azioni variabili da traffico - Carichi verticali comprensivi degli effetti dinamici – q1.....</i>	<i>28</i>
5.2.7	<i>Azioni variabili da traffico – Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione – q3.....</i>	<i>31</i>
5.2.8	<i>Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q4.....</i>	<i>31</i>
5.2.9	<i>Azioni di Neve e di Vento – q5</i>	<i>32</i>
5.2.10	<i>Azioni della temperatura – q7.....</i>	<i>34</i>
5.2.11	<i>Azioni sui parapetti e urto veicolo in svio – q8</i>	<i>37</i>
5.2.12	<i>Resistenze parassite dei vincoli – q9</i>	<i>39</i>
5.2.13	<i>Azioni sismiche – E</i>	<i>39</i>
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	44
5.3.1	<i>Combinazioni di carico in esercizio</i>	<i>44</i>
5.3.2	<i>Combinazioni di carico in fase sismica.....</i>	<i>47</i>
6	ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO.....	48
7	ANALISI DELLE SOTTOSTRUTTURE	49
7.1	CRITERI DI CALCOLO	49
7.1.1	<i>Definizione del modello di calcolo</i>	<i>49</i>
7.1.2	<i>Caratteristiche geometrico-inerziali in fase di analisi</i>	<i>49</i>
7.1.3	<i>Larghezze collaboranti in fase di analisi e di verifica</i>	<i>49</i>
7.1.4	<i>Isolatori elastomerici.....</i>	<i>49</i>
7.2	ANALISI STATICA GLOBALE	50
7.2.1	<i>Caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni in fase di analisi</i>	<i>50</i>
7.2.2	<i>Applicazione dei carichi al modello.....</i>	<i>51</i>
7.2.3	<i>Analisi in fase sismica</i>	<i>53</i>

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

7.2.4	<i>Risposta sismica</i>	54
8	VERIFICHE PILE	58
8.1	CRITERI DI CALCOLO	58
8.2	ANALISI DELLA PALIFICATA	58
8.1	CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE	59
8.2	VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE	60
8.3	VERIFICA DEI PLINTI DI FONDAZIONE	63
8.4	VERIFICA DEI FUSTI PILA	64
9	VERIFICHE SPALLE	71
10	VERIFICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E GIUNTI DI DILATAZIONE	72
10.1	ISOLATORI ELASTOMERICI.....	72
10.1.1	<i>Carichi verticali trasmessi dall'impalcato</i>	72
10.1.2	<i>Verifica degli spostamenti orizzontali degli isolatori in fase sismica</i>	74
10.2	GIUNTI DI DILATAZIONE	76
11	VERIFICHE GEOTECNICHE SLU ED SLE DELLE FONDAZIONI SU PALI	77
11.1	CRITERI DI CALCOLO.....	77
11.1.1	<i>Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico assiale di compressione</i>	78
11.1.2	<i>Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico assiale di compressione</i>	82
11.1.3	<i>Verifiche SLU di collasso per sfilamento del palo singolo nei riguardi del carico assiale di trazione</i>	82
11.1.4	<i>Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale</i>	83
11.1.5	<i>Verifiche SLU di collasso per carico limite della palificata nei riguardi del carico trasversale</i>	89
11.1.6	<i>Verifiche SLE - Cedimenti del palo isolato</i>	92
11.1.7	<i>Verifiche SLE - Cedimenti della palificata</i>	95
11.2	APPLICAZIONE AL CASO IN ESAME	95
11.2.1	<i>Caratteristiche delle opere di fondazione su pali</i>	95
11.2.2	<i>Parametri geotecnici e stratigrafie di progetto</i>	95
11.2.3	<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>	95

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

11.2.4	Verifiche SLU di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi del carico trasversale	96
11.2.5	Verifiche SLE - Cedimenti del palo singolo e della palificata	97
12	DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018)	98
12.1	TIPO DI ANALISI SVOLTE	98
12.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	98
12.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO	98
12.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	98
12.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	98
12.6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	98
13	ALLEGATO 1– SOTTOSTRUTTURE: PILA P5.....	100
14	ALLEGATO 2 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL SINGOLO PALO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI ASSIALI	101
15	ALLEGATO 3 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL SINGOLO PALO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI TRASVERSALI.....	102
16	ALLEGATO 4 – FONDAZIONI SU PALI – CALCOLO DEI CEDIMENTI DEL SINGOLO PALO E DELLA PALIFICATA	103

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

1 GENERALITA'

1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche relative alle strutture del Viadotto "VI09 – Viadotto Eleuterio 2– Carreggiata SX" dalla progressiva km 8+672.0 alla progressiva km 9+052.0, previsto per la realizzazione dell'ammodernamento dell'itinerario Palermo – Agrigento (S.S. 121 – Cataneese) tratto Palermo (A19) – rotatoria Bolognetta.

Il viadotto, a doppio impalcato, è composto da 7 campate di luce rispettivamente pari a 40 – 5x60 – 40 m, per una lunghezza complessiva pari a 380 m misurata in asse appoggi spalle.

Oggetto della presente relazione sono i dimensionamenti e le verifiche delle strutture d'impalcato in carreggiata sx, delle sottostrutture (Pile) e delle relative fondazioni.

Le analisi e le verifiche statiche mirano al dimensionamento degli elementi principali per consentirne una piena definizione dal punto di vista prestazionale ed economico.

Per le verifiche delle Spalle si rimanda alla relazione di calcolo in carreggiata dx, i cui elementi risultano leggermente più sollecitati.

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

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

1.2.1 Vita Nominale V_N

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

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

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

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

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

In accordo con la Committenza Anas è stato assunto:

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

1.2.2 Classi d'Uso

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

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

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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

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

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

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

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

1.2.3 Periodo di Riferimento per l'azione sismica

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

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

1.3 Descrizione delle opere

Il viadotto è formato da 7 campate, di luce pari a 40 m per le campate di riva e 60 m per la campata centrale, per una lunghezza complessiva, misurata in asse appoggi spalle, pari a 380 m.

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

La larghezza complessiva dell'impalcato è variabile da 12.76 a 12.26 m; la piattaforma stradale ha larghezza variabile da 11.26 a 10.76 m ed è fiancheggiata da elementi marginali costituiti da cordoli di larghezza 0.75 m in sx e dx.

Gli impalcati sono a struttura mista acciaio-calcestruzzo, con sezione trasversale "aperta" su due travi metalliche principali e trave di spina per il sostegno della soletta di impalcato.

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

Le travi hanno un'altezza variabile da 2.0 m a 3.0 m in corrispondenza delle pile.

La distanza trasversale tra le travi è pari a 8.0 m. Gli sbalzi laterali hanno luce variabile da 2.38 a 2.13 m.

Le travi principali saranno realizzate mediante lamiera saldate.

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

Il graticcio 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 variabile da 5.0 a 5.8 m. Anche i traversi hanno sezione a doppio T composta mediante lamiera saldate.

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

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

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 continua di 7 campate su 8 allineamenti di appoggio.

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

S.S. 121 "Catane" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

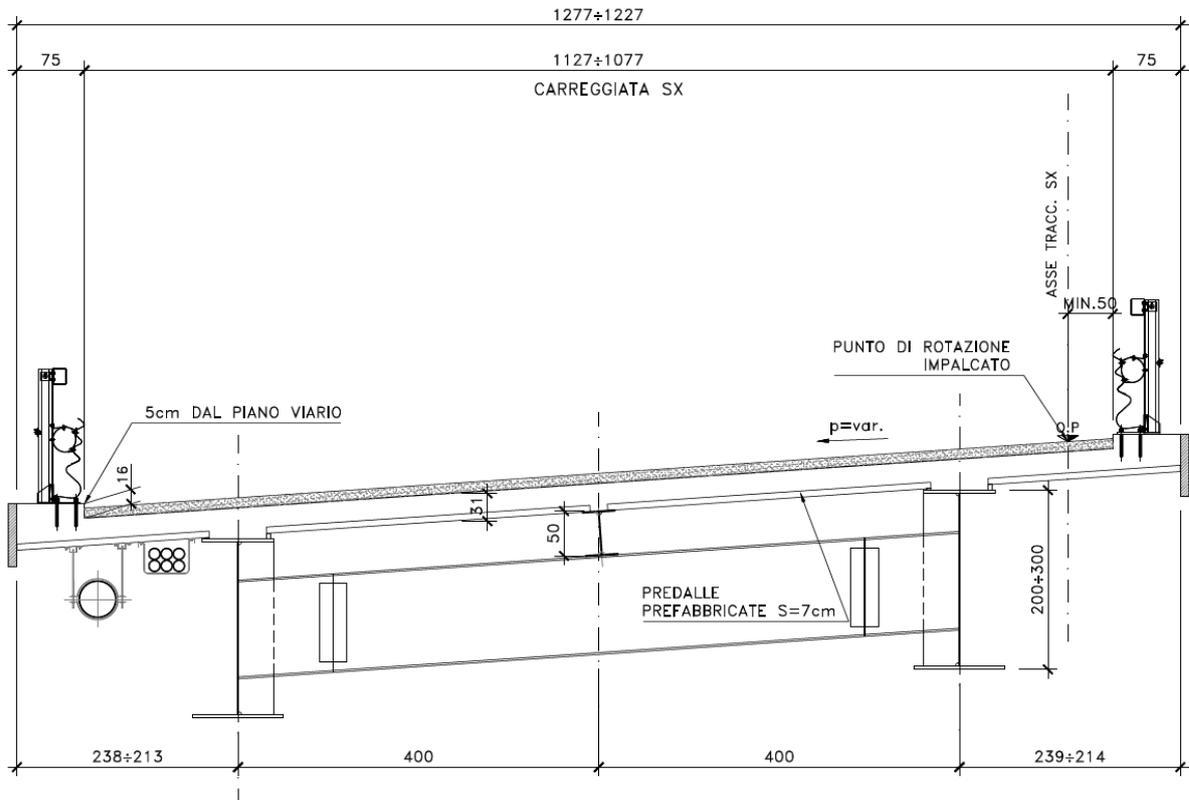


Figura 1.1. Sezione trasversale impalcato

Lo schema di vincolo prevede l'isolamento dell'impalcato dalle sottostrutture, mediante adozione di apparecchi di appoggio costituiti da isolatori elastomerici.

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 viadotto sono di tipo tradizionale con muro frontale di altezza pari a 4.51 m per la spalla A (lato carreggiata sx), e 2.0 m per la spalla B. I muri paraghiaia avranno spessore pari a 60 cm e sono previsti debitamente arretrati rispetto alle travi d'impalcato in modo da garantire varchi di ampiezza adeguata alla manutenzione.

Le fondazioni sono di tipo indiretto, costituite da zattere di spessore pari a 2.0 m e palificate da:

- 27 (9 x3) pali $\phi 1200$ per la spalla SPA, poichè la fondazione è unica per le due carreggiate;
- 8 (2 x4) pali $\phi 1200$ per la spalla SPB, che presenta fondazioni separate per ogni impalcato.

Le pile hanno sezione rettangolare, con estremità arrotondate di dimensioni allo spicco rispettivamente di 6.2 x 3.0 m.

In sommità è previsto un pulvino con forma a calice di medesimo spessore delle pile e larghezza variabile fino a 11.74 m.

Le pile hanno un'altezza dallo spicco di fondazione (compreso il pulvino) variabile dai 5.00 m agli 8.00 m.

S.S. 121 "Catane" <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

Anche per le pile le fondazioni sono di tipo indiretto, costituite da zattere di spessore pari a 2.3 m e palificate formate da 9 (3 x3) pali $\phi 1200$.

1.4 Considerazioni sulle metodologie costruttive

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

Macrofase 1: Realizzazione sottostrutture

- Fase 1b: Scavo fino a quota intradosso magrone;
- Fase 1c: Realizzazione pali di fondazione a quota magrone;
- Fase 1d: Realizzazione zattere di fondazione;
- Fase 1e: Realizzazione elevazioni;
- Fase 1f: Realizzazione cuneo di transizione;
- Fase 1g: Completamento rilevato di approccio.

Macrofase 2: Realizzazione impalcato, finiture e protezioni

- Fase 2a: Realizzazione baggioli spalle/pile e cordolo di completamento sulle spalle;
- Fase 2b: Posa in opera apparecchi di appoggio;
- Fase 2c: Posa in opera carpenteria metallica varata dal basso con l'ausilio di gru;
- Fase 2d: Completamento soletta impalcato;
- Fase 2e: realizzazione finiture.

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

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

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

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

- Fase 1: getto delle parti di soletta comprese tra le travi e degli sbalzi per 1.25 m dall'asse delle travi;
- Fase 2: getto di completamento degli sbalzi.

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

S.S.121"Cataneese" <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</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. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO

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 EN206 e UNI 11104.

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

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

Di seguito il prospetto di sintesi riportato nel report "Relazione sul monitoraggio ambientale ante operam".

Campione		S35_PZ_Amb	S02_DH_Amb	S05_PZ_Amb	S8_PZ_Amb	UNI EN 206:2016		
RAPPORTO DI PROVA		2146213-001	2145765-001	2145765-002	2145765-003			
PROFONDITÀ (m da p.c.)		9 - 10	2 - 3	2 - 3	9 - 10			
PARAMETRO	U.M.	VALORE				XA1 Aggressività debole	XA2 Aggressività moderata	XA3 Aggressività forte
So ²⁻ ₄ (ione solfato)	mg/kg	920	154	40,8	38,9	≥2000e ≤ 3000e	>3000e e ≤ 12000	> 12000 e ≤ 24000
Acidità (Baumann – Gully)	ml NaOH0,1 M/Kg	12	20	12	12	> 200	Non incontrato nella pratica	

Campione		S12_PZ_Amb	S15_PZ_Amb	S20_DH_Amb	S24_PZ_Amb	UNI EN 206:2016		
RAPPORTO DI PROVA		2145765-004	2145765-005	2145765-006	2145765-007			
PROFONDITÀ (m da p.c.)		2 - 3	10 - 11	2 - 3	2 - 3			
PARAMETRO	U.M.	VALORE				XA1 Aggressività debole	XA2 Aggressività moderata	XA3 Aggressività forte
So ²⁻ ₄ (ione solfato)	mg/kg	18000	21	862	44,1	≥2000e ≤ 3000e	>3000e e ≤ 12000	> 12000 e ≤ 24000
Acidità (Baumann – Gully)	ml NaOH0,1 M/Kg	20	16	12	8	> 200	Non incontrato nella pratica	

Tabella 4-1 - Confronto dei risultati analitici sull'aggressività del terreno con i valori delle classi UNI EN 206:2016

Sulla base delle concentrazioni rilevate, confrontate con i limiti stabiliti dalla norma UNI EN 206:2016, i campioni di terra esaminati risultano non aggressivi fatta eccezione per il campione prelevato in corrispondenza del sondaggio denominato S12_PZ_Amb il quale risulta fortemente aggressivo per il parametro So²⁻₄ (ione solfato).

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

Campione		S05_PZ_Amb	S12_PZ_Amb	S28_PZ_Amb	S35_PZ_Amb	S22	SN3	UNI EN 206:2016		
RAPPORTO DI PROVA		2146823-001	2146823-003	2146823-006	2146823-007	2149554-001	2149554-002			
PROFONDITÀ PIEZOMETRO (m da p.c.)		27	27,1	27,5	24,5	28,6	29,5			
PARAMETRO	U.M.	VALORE	VALORE	VALORE	VALORE	VALORE	VALORE	XA1 Aggressività debole	XA2 Aggressività moderata	XA3 Aggressività forte
So ²⁻ (ione solfato)	mg/l	511	2599	237	2437	124	177	≥200 e ≤600	>600 e ≤3000	> 3000 e ≤ 6000
pH	unità	7,2	7,4	8,7	7,6	7,5	7,6	≤6,5 e ≥5,5	<5,5 e ≥4,5	<4,5 e ≥4,0
CO ₂ (aggressiva)	mg/l	0,1	1,1	13,2	1,1	< 0,1	< 0,1	≥15 e ≤40	>40 e ≤100	>100 fino a saturazione
NH ⁴⁺ (ione ammonio)	mg NH4/l	< 0,04	0,24	1,1	1,3	0,5	0,6	≥15 e ≤30	>30 e ≤60	>60 e ≤100

Tabella 4-2 - Confronto dei risultati analitici sull'aggressività delle acque sotterranee con i valori delle classi UNI EN 206:2016

Sulla base delle concentrazioni rilevate, confrontate con i limiti stabiliti dalla norma UNI EN 206:2016, i campioni di acqua sotterranea prelevati in corrispondenza dei piezometri S12_PZ_Amb e S35_PZ_Amb, denotano un ambiente chimico moderatamente aggressivo per il parametro So²⁻ (ione solfato); i campioni di acqua sotterranea prelevati in corrispondenza dei piezometri S05_PZ_Amb e S28_PZ_Amb, hanno evidenziato valori di concentrazione del parametro So²⁻ (ione solfato) tali per cui si denota un ambiente chimico debolmente aggressivo. Per i restanti campioni prelevati si riscontra la presenza di un ambiente chimico non aggressivo.

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:

Tabella 4.3 – Caratteristiche dei Calce

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI (UNI EN 206-1 / UNI 11104)							
CALCESTRUZZO PER	Magrone di sottofondazione	Sottofondazioni - Pali trivellati e diaframmi	Fondazioni - Spalle e pile	Elevazioni - Spalle, pile e pulvini	Baggioli	Predalle prefabbricate	Getti in opera e cordoli marginali
Classe di resistenza (fck/Rck) (Mpa)	C12/15	C32/40	C32/40	C32/40	C35/45	C35/45	C35/45
Classe di esposizione ambientale	-	XC2 - AX2	XC2 - AX2	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	S5	S4	S5	S5	S5
Rapporto max acqua/cemento	-	0.5	0.5	0.5	0.45	0.45	0.45
Contenuto massimo di cloruri	-	0.20%	0.20%	0.20%	CEM I÷V	CEM I÷V	CEM I÷V
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	150	340	340	340	360	360	360

struzzi

* 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;

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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

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

4.2 Calcestruzzi

4.2.1 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

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

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

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

DETERMINAZIONE DEI COPRIFERRINI NOMINALI SECONDO NTC2018

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

Tabella C4.1.IV Copriferrini minimi in mm

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

Elemento		Sottofondazioni - Pali trivellati e diaframmi - Viadotti tipo B	Fondazioni - Spalle, pile e muri andatori - Viadotti tipo B	Elevazioni - Spalle, pile, pulvini e muri andatori	Elevazioni - baggioli	Solette Impalcato predalle	Soletta Impalcato getti in opera e cordoli marginali
Tipo di armatura (1=barre da c.a.; 2=cavi da c.a.p.)		1	1	1	1	1	1
Elemento a piastra		NO	SI	SI	NO	SI	SI
Classe di esposizione		XC2 - XA2	XC2 - XA2	XC4	XC4	XC4	XC4
Ambiente		aggressivo	aggressivo	aggressivo	aggressivo	aggressivo	aggressivo
Rck	Mpa	40	40	40	45	45	45
Check Rck min		OK	OK	OK	OK	OK	OK
copriferro minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	mm	35	30	30	35	30	30
incremento Per Vn=100 (tipo di costruzione 3)	mm	0	0	0	0	0	0
elem. prefabbricato con ver. Copriferri*		NO	NO	NO	NO	SI	NO
riduzione per produzioni con ver. Copriferri		0	0	0	0	-5	0
Tolleranza di posa		10	10	10	10	5	10
copriferro nominale	mm	45	40	40	45	30	40

Tabella 4.4 – Valori dei copriferri nominali in base alle NTC2018

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

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

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

Tabella 4.5 – Valori dei copriferri nominali adottati in progetto

Nelle verifiche delle opere di fondazione è stata considerata a favore di sicurezza una classe di resistenza del calcestruzzo pari a C25/30.

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

4.2.2 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

Calcestruzzo non armato o a bassa perc. di armatura	Var	unità	
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ct1d} = 0.85 f_{ctd}$	Mpa	1.02
tensione di compressione limite	$\sigma_{clim} = f_{cd} - 2(f_{ct1d}^2 + f_{cd} f_{ctd})^{0.5}$	Mpa	6.31

S.S. 121 "Catanese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

Calcestruzzo C32/40:

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

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

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

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

S.S. 121 "Catanese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

Calcestruzzo C35/45:

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

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

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

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

4.2.3 Verifiche a fessurazione

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

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Nel caso in esame si considerano:

- Condizioni **aggressive**: per le verifiche a fessurazione di tutte le opere in oggetto.

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. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</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 – condizioni ambientali **Aggressive** – Armatura poco sensibile:
 - o Combinazione di azioni frequente: $w_k \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$
 - o Combinazione di azioni quasi permanente: $w_k \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

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

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

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

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

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

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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

4.3 Acciaio in barre per cemento armato e Reti Elettrosaldate

4.3.1 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.

4.3.2 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	540
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				
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				
$\sigma_{s,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{s,max}=0.8 f_{yk}$	Mpa	360.0	360.0

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

4.4 Acciaio per carpenteria metallica

4.4.1 Qualità dell'acciaio

La carpenteria metallica sarà realizzata in Acciaio delle seguenti caratteristiche:

Acciaio per strutture principali:

Elementi principali composti per saldatura o soggetti a saldatura:

- Acciaio S355J0W +N – UNI EN10025-1÷4 per spessori ≤ 20 mm;
- Acciaio S355J2W +N – UNI EN10025-1÷4 per spessori $20 \text{ mm} < t \leq 40$ mm;
- Acciaio S355K2W +N – UNI EN10025-1÷4 per spessori $t > 40$ mm.

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

- Acciaio S355J0W +N – UNI EN10025-1÷4 .

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

- Acciaio S355J0W +N – UNI EN10025-1÷4 .

4.4.2 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	$40 \text{ mm} < t \leq 80$ 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 membrane γ_{m1}		γ_{m1}		1.05
coeff. di sicurezza per resistenza all'instabilità delle membrane 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 membrane		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1}$	Mpa	338.1
Resistenza all'instabilità delle membrane 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 membrane		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1}$	Mpa	319.0
Resistenza all'instabilità delle membrane 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

4.5 Connettori a piolo tipo Nelson

4.5.1 Qualità dell'acciaio

Acciaio secondo UNI EN ISO 13918.

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

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

4.5.2 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

4.6 Giunzioni bullonate

4.6.1 Qualità dell'acciaio

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

I bulloni avranno le seguenti caratteristiche:

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

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

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

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

4.6.2 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

S.S. 121 "Catanesa" <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

4.7 Giunzioni saldate

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

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

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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: q1
- 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) q2
- Altre azioni permanenti (spinta delle terre, spinte idrauliche, etc.) q3

Distorsioni e deformazioni impresse:

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

Azioni Variabili da traffico:

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

Altre Azioni Variabili:

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

Azioni sismiche:

E

Azioni eccezionali:

A

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

5.2 Analisi dei carichi

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

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

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

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</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 1.44 che tiene conto dell'incidenza delle strutture secondarie (traversi, controventi, saldature, bullonature etc.).

A parità di caratteristiche geometriche a favore di sicurezza i carichi, si rimanda alla relazione della carreggiata dx per le verifiche delle strutture d'impalcato in carreggiata sx.

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

$$- \text{ Soletta in c.a.: } (12.76 \times 0.31) \times 25.0 = 98.89 \text{ kN/ml}$$

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

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Peso soletta in c.a.	kN/m	49.45	49.45

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

$$- \text{ Strutture in carpenteria metallica impalcato : } 2.7 \times 12.76 = 34.45 \text{ kN/ml}$$

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

$$\text{Pg1a} = 98.89 + 34.45 = 133.34 \text{ kN/m}$$

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:

$$g_{2,pav} = 0.11 \times 24.0 = 2.64 \text{ kN/mq}$$

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

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

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

Analisi dei carichi		p (kN/m)	ecc (m)	M (kNm/m)
cordolo sx	kN/m	3.75	-6.01	-22.52
cordolo dx	kN/m	3.75	6.01	22.52
pavimentazione	kN/m	33.78	0.00	0.00
guard-rail sx	kN/m	1.50	-6.13	-9.20
guard-rail dx	kN/m	1.50	6.13	9.20
barriera antirumore /parapetto sx	kN/m	0.50	-6.23	-3.12
barriera antirumore /parapetto dx	kN/m	0.50	6.23	3.12
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in sx	kN/m	1.50	-5.63	-8.45
Tubazione smaltimento acque di piattaforma in dx	kN/m	0.00	5.63	0.00
veletta sx	kN/m	1.40	-6.38	-8.93
veletta dx	kN/m	1.40	6.38	8.93
Sommano		49.58	-0.17	-8.45

Pertanto, i carichi agenti sulle travi risultano pari a:

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
cordoli	kN/m	3.75	3.75
pavimentazione	kN/m	16.89	16.89
guard-rail	kN/m	1.50	1.50
barriere antirumore/parapetti	kN/m	0.50	0.50
Tubazione smaltimento acque di piattaforma	kN/m	1.81	-0.31
velette	kN/m	1.40	1.40
Totale permanenti portati	kN/m	25.85	23.73

5.2.2.2 Rinterro sulle spalle

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

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

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

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

Sono stati considerati i seguenti parametri:

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

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

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

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

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

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

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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	0.240
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	A_c	m ²	3.062
perimetro della sezione a contatto con l'atmosfera	u	m	13.14
coefficiente $h_0 = 2 \times A_c / u$	h_0	mm	466
umidità relativa atmosfera	RH	%	75%
deformazione finale da ritiro per essiccamento	ε_c		0.00021
deformazione finale per ritiro autogeno	ε_{ca}		0.00006
deformazione totale finale per ritiro	ε_{cs}		0.00027

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

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

$$M_r = N_r \times z$$

Essendo:

ε_{cs} la deformazione totale finale per ritiro;

A_c l'area del calcestruzzo soggetta a ritiro;

E_a modulo elastico dell'acciaio;

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

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

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

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

Effetti dovuti al ritiro del calcestruzzo (ε2)	var	unità	
distanza tra il baricentro della soletta in cls e il baricentro della sezione composta a tinf estremità sx	z	m	0.741
baricentro della sezione composta a tinf estremità dx	z	m	0.741
Forza assiale d'estremità	Ncr	kN	-10923.5
Momento flettente d'estremità sx	Mcrsx	kNm	8089.3
Momento flettente d'estremità dx	Mcrdx	kNm	8089.3
Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità sx	kN	-5461.8	-5461.8
Momento flettente d'estremità sx	kNm	4044.6	4044.6
Forza assiale d'estremità dx	kN	-5461.8	-5461.8
Momento flettente d'estremità dx	kNm	4044.6	4044.6

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. 121 "Catane" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

Viscosità del calcestruzzo (ε 3)	var	unità
coefficiente finale di viscosità per carichi permanenti	ϕ_c (inf,60)	1.32
coefficiente correttivo per azioni permanenti	ψ_L	1.10
coefficiente di omogeneizzazione a tinf (permanent) 15.09	ninf	15.09

5.2.5 Distorsioni e deformazioni impresse - Cedimenti vincolari – ε4

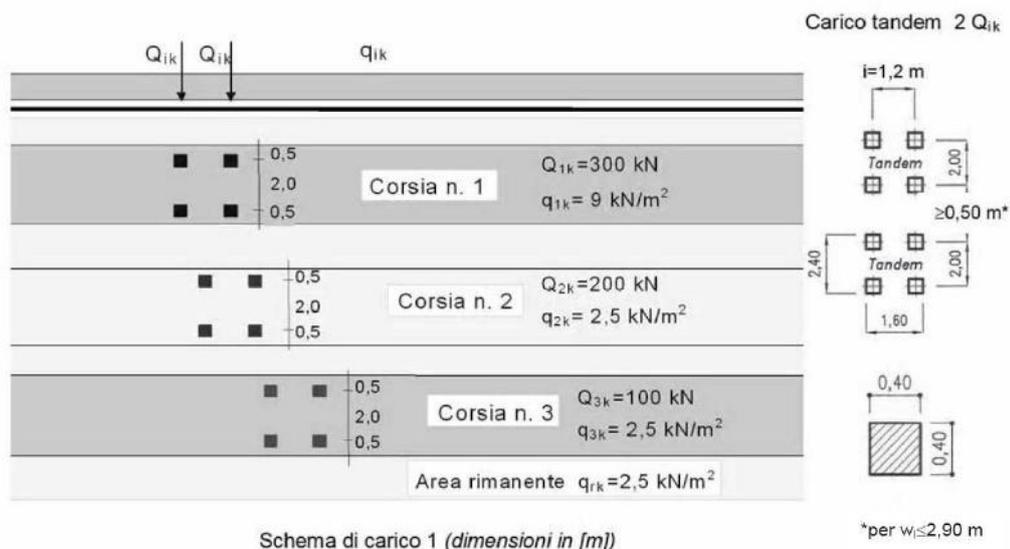
Sono stati considerati cedimenti vincolari pari a 1/5000 della luce delle campate afferenti agli appoggi.

Si ottengono valori pari a 4 mm per le Spalle e 10 mm in corrispondenza delle Pile di riva e 12 mm in corrispondenza delle Pile centrali.

5.2.6 Azioni variabili da traffico - Carichi verticali compressivi degli effetti dinamici – q1

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:

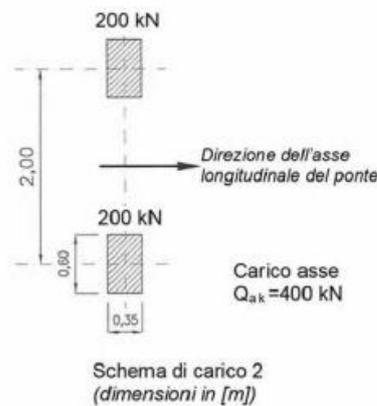
Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

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.

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):

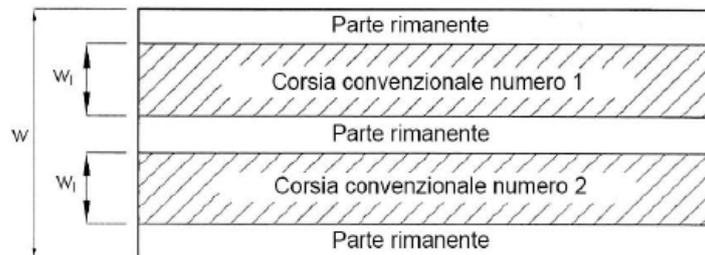


Fig. 5.1.1 - Esempio di numerazione delle corsie

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
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

5.2.6.1 Disposizione trasversale delle corsie convenzionali per analisi globali impalcato

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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.

Le tabella seguente sintetizza la ripartizione dei carichi mobili sulle due travi per le combinazioni da C1-sx a C3-sx (carichi mobili in SX):

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
1 colonna di carico (Q1k)	kN/m	304.88	-4.88
2 colonne di carico (Q1k + Q2k)	kN/m	433.13	66.88
3 colonne di carico (Q1k + Q2k + Q3k)	kN/m	459.75	140.25
1 colonna di carico (q1k)	kN/m	27.44	-0.44
2 colonne di carico (q1k + q2k)	kN/m	32.25	2.25
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)	kN/m	34.25	7.76
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)+ parte rimanente	kN/m	34.31	9.27
Veicoli LM2 per verifiche a fatica (asse corsia lenta)	kN/m	0.75	0.25

Le tabella seguente sintetizza la ripartizione dei carichi mobili sulle due travi per le combinazioni da C1-dx a C3-dx (carichi mobili in DX):

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
1 colonna di carico (Q1k)	kN/m	-4.88	304.88
2 colonne di carico (Q1k + Q2k)	kN/m	66.88	433.13
3 colonne di carico (Q1k + Q2k + Q3k)	kN/m	140.25	459.75
1 colonna di carico (q1k)	kN/m	-0.44	27.44
2 colonne di carico (q1k + q2k)	kN/m	2.25	32.25
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)	kN/m	7.76	34.25
3 colonne di carico (q1k + q2k + q3k)+ parte rimanente	kN/m	9.27	34.31
Veicoli LM2 per verifiche a fatica (asse corsia lenta)	kN/m	0.25	0.75

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:

S.S.121"Cataneese" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

- C1: impalcato impegnato da 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata, e carico distribuito q_{ik} sulla rimanente larghezza dell'impalcato, questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;
- C2: impalcato impegnato da 2 colonne di carico (Corsia Numero 1 e n.2), disposte a partire dal margine sinistro della carreggiata, questa configurazione massimizza la coppia trasversale sulle sottostrutture;
- C3: impalcato impegnato da 3 colonne di carico (Corsia Numero 1, n.2 e n.3), disposte a partire dal margine destro della carreggiata, e carico distribuito q_{ik} sulla rimanente larghezza dell'impalcato, questa configurazione massimizza lo sforzo normale sulle sottostrutture;
- C4: impalcato impegnato da 2 colonne di carico (Corsia Numero 1 e n.2), disposte a partire dal margine destro della carreggiata, questa configurazione massimizza la coppia trasversale sulle sottostrutture.

5.2.6.3 Disposizione longitudinale dei carichi mobili

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

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

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

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

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

Nel caso in esame si ha:

$$q_3 = 900 \text{ kN}$$

5.2.8 Azioni variabili da traffico – Azione centrifuga – q₄

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

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

Tab. 5.1.III - Valori caratteristici delle forze centrifughe

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

Nel caso in esame la forza centrifuga non viene considerata.

5.2.9 Azioni di Neve e di Vento – q5

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

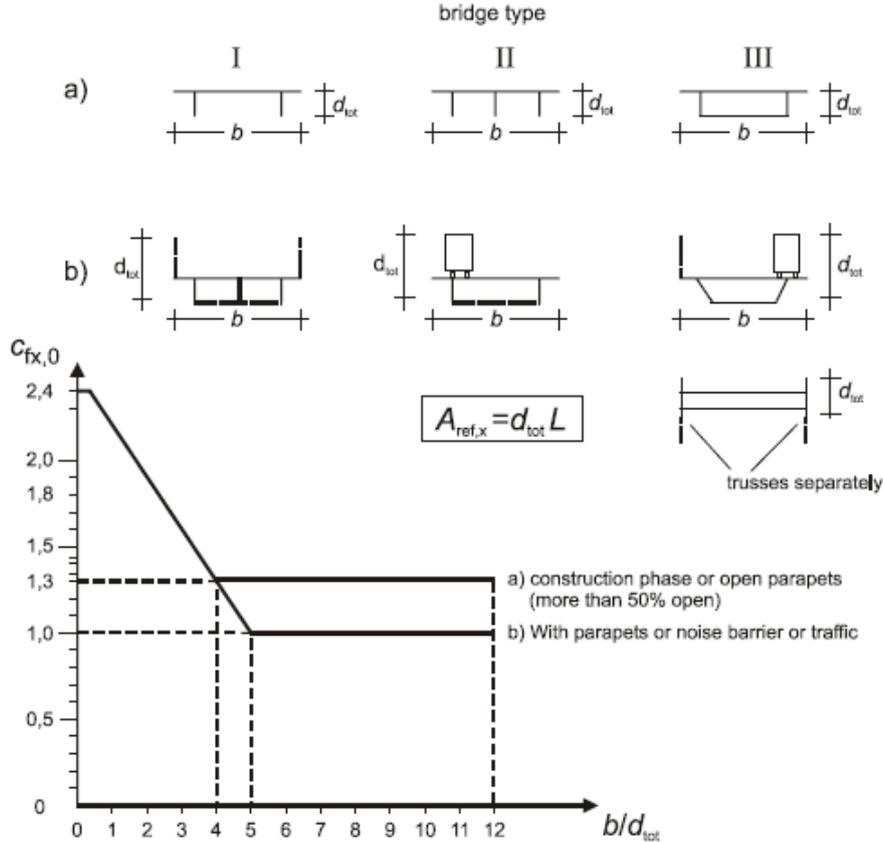


Figure 8.3 — Force coefficient for bridges, $c_{fx,0}$

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

Effetti dovuti al Vento (q5)	var	unità	
Zona del territorio italiano	Zona		4
parametro vb,0	vb0	m/sec	28.0
parametro a0	a0	m	500.0
parametro ks	ks		0.36
altitudine del viadotto s.l.m.	as	m	100
velocità di riferimento vb	vb	m/sec	28.0
pressione cinetica del vento	qb	kN/m2	0.49
Classe di rugosità del terreno			B
Categoria di esposizione del sito			III
coefficiente kr	kr		0.20
altezza di riferimento z0	z0	m	0.10
altezza di riferimento zmin	zmin	m	5.00
altezza dal suolo z	z	m	9.0
coefficiente di topografia	ct		1.0
coefficiente di esposizione ce(z)	ce		2.07
coefficiente dinamico cd	cd		1.00
coefficiente di forma cp impalcato scarico	cp1		1.99
coefficiente di forma cp impalcato carico	cp2		1.80
coefficiente di forma cp pile	cp3		1.20
pressione del vento impalcato scarico		kN/m2	2.02
pressione del vento impalcato carico		kN/m2	1.83
pressione del vento pile		kN/m2	1.22

Larghezza complessiva impalcato	b	m	13.50
Lunghezza complessiva impalcato	Ltot	m	381.2
Altezza travi (media per impalcato variabile)	ht	m	2.28
Altezza soletta	hsol	m	0.31
Altezza cordolo da estradosso soletta	hcord	m	0.16
altezza complessiva impalcato	d	m	2.75
Altezza di riferimento per sistema parapetto+guard-rail	d1	m	5.00
Altezza di calcolo impalcato scarico	dtot1	m	7.75
Altezza di calcolo impalcato carico	dtot2	m	5.69
Altezza centro di taglio	zg	m	2.44
Altezza travi in asse appoggi pila	htr_max	m	3.00

Carichi dovuti al vento	qt (kN/m)	b (m)	Mt (kNm/m)
Impalcato scarico (braccio al centro di taglio)	15.6	1.44	22.5
Impalcato carico (braccio rispetto al baricentro impalcato)	10.4	0.41	4.3
Impalcato scarico (braccio rispetto agli appoggi)	15.6	4.60	71.9
Impalcato carico (braccio rispetto agli appoggi)	10.4	3.57	37.0

Carichi verticali agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Vento ad impalcato scarico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-2.82	2.82
Vento ad impalcato carico - rispetto al baricentro impalcato	kN/m	-0.53	0.53
Vento ad impalcato scarico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-8.98	8.98
Vento ad impalcato carico - rispetto al piano appoggi	kN/m	-4.63	4.63

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

Relativamente alle azioni del vento in direzione verticale, la norma EN 1991-1-4, suggerisce di considerarle simultaneamente alle azioni orizzontali, limitatamente ai casi in cui queste azioni risultino "significative".

Al punto 8.3.3 viene poi ulteriormente specificato che le azioni del vento in direzione verticale determinano effetti "significativi" solo se l'entità del carico è dello stesso ordine di grandezza dei carichi permanenti.

Nel caso in esame si ha:

$$F_{w,z} = \pm q_b \times c_e \times c_{f,z} \times A_{ref,z} = \pm 0.49 \times 2.07 \times 0.9 \times 13.50 \times 60.0 = \pm 739.4 \text{ kN}$$

Nella quale $c_{f,z} = 0.90$ è il coefficiente di pressione in direzione verticale.

L'eccentricità di questa forza in direzione trasversale è fissata in:

$$e = b / 4 = 13.50 / 4 = 3.38 \text{ m}$$

e pertanto, si sviluppa un momento torcente pari a:

$$M_{tw,z} = \pm 739.4 \times 3.38 = \pm 2495.6 \text{ kNm}$$

Volendo stimare il rapporto tra le forze relative al vento verticali e il peso proprio della struttura, si determina la reazione massima agli appoggi generata dal vento verticale:

$$R_{F_{w,z}} = 739.4/2 + 2495.6 \times 0.125 = 682 \text{ kN}$$

Le reazioni generate dai carichi permanenti è pari complessivamente a:

$$R_{G1+G2} = 6769 \text{ kN}$$

L'entità delle forze generate dal vento in direzione verticale risulta, nel caso in esame, di un ordine di grandezza inferiore rispetto a quelle generate dai carichi permanenti e sono state ritenute trascurabili.

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 delle sottostrutture e dell'escursione longitudinale di dispositivi di appoggio e giunti di dilatazione, è stata valutata in base ai seguenti parametri:

Dati	Var	unità	
Distanza tra punto fisso e giunto di dilatazione	DL	m	
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	[°]	41.94
Temperatura minima dell'aria all'ombra al livello del mare	Tmin	[°]	-14.74
altitudine del sito sul livello del mare	as	m	100
Zona climatica	Z		IV
deformazione totale finale per ritiro	ϵ_{cs}		0.00027

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

Risultati	Var	unità	
Temperatura massima dell'aria all'ombra alla quota as	Tmax	[°]	41.8
Temperatura minima dell'aria all'ombra alla quota as	Tmin	[°]	-15.6
Temperatura massima del ponte	Te,max	[°]	45.8
Temperatura minima del ponte	Te,min	[°]	-11.6
Massima variazione termica in contrazione: $DTN,con = T_0 - T_{e,min}$	$\Delta TN,con$	[°]	26.6
Massima variazione termica in espansione: $DTN,exp = T_{e,max} - T_0$	$\Delta TN,exp$	[°]	30.8
Variazione termica complessiva: $DTn = T_{e,max} - T_{e,min}$	ΔTN	[°]	57.4
Massima variazione termica in contrazione per scorrimenti appoggi e giunti:	$\Delta TN,con_g$	[°]	46.6
Massima variazione termica in espansione per scorrimenti appoggi e giunti:	$\Delta TN,exp_g$	[°]	50.8

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

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

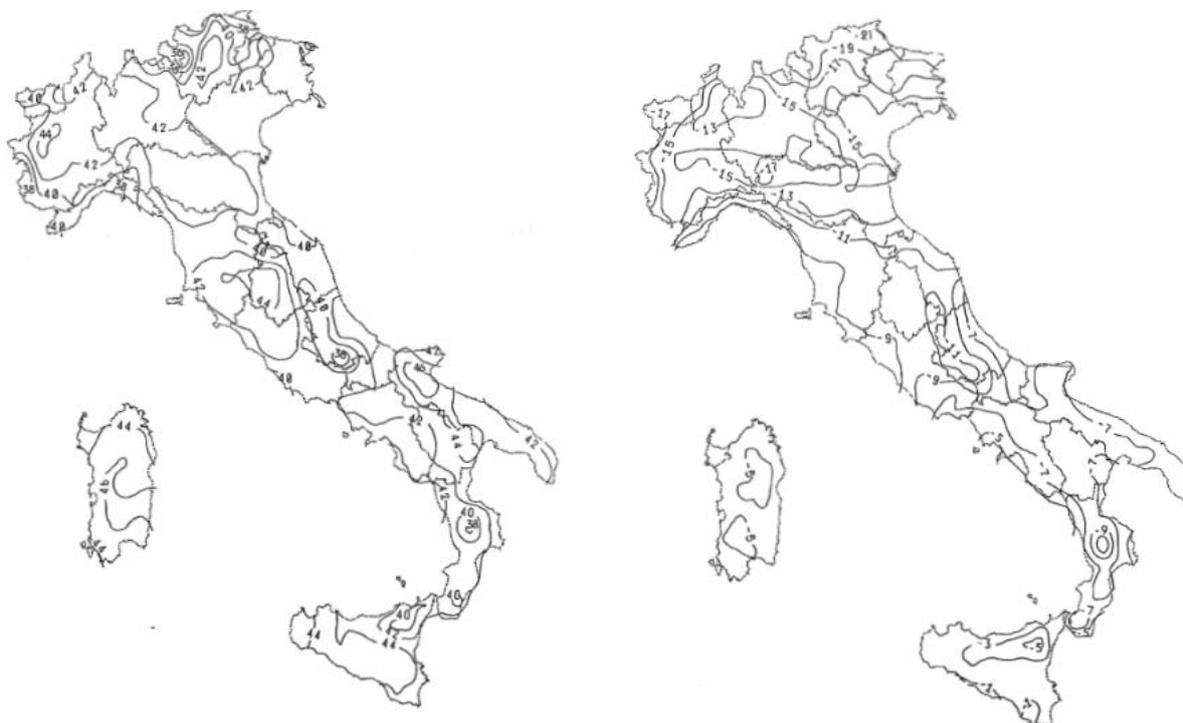


Figura 5.2: Temperature dell'aria massime T_{max} (sx) e minime T_{min} (dx) dell'aria all'ombra al livello del mare

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

Variazioni termiche positive:

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

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

Variazioni termiche negative:

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

$$M\Delta T_- = N\Delta T_- \times z$$

Essendo:

α il coefficiente di dilatazione termica;

A_c l'area della soletta gettata in opera;

E_a modulo elastico dell'acciaio;

n_0 coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clt relativo alle azioni di breve termine.

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:

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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	0.455
baricentro della sezione composta a t0 estremità dx	z	m	0.455
Forza assiale d'estremità DT+	NcdT+	kN	10435.8
Momento flettente d'estremità sx	McdT+sx	kNm	-4745.0
Momento flettente d'estremità sx	McdT+dx	kNm	-4745.0
Forza assiale d'estremità DT-	NcdT-	kN	-10435.8
Momento flettente d'estremità sx	McdT-sx	kNm	4745.0
Momento flettente d'estremità sx	McdT-dx	kNm	4745.0

Carichi agenti sulle travi		Trsx	Trdx
Forza assiale d'estremità - DT+	kN	5217.9	5217.9
Momento flettente d'estremità sx	kNm	-2372.5	-2372.5
Momento flettente d'estremità dx	kNm	-2372.5	-2372.5
Forza assiale d'estremità - DT-	kN	-5217.9	-5217.9
Momento flettente d'estremità sx	kNm	2372.5	2372.5
Momento flettente d'estremità dx	kNm	2372.5	2372.5

5.2.11 Azioni sui parapetti e urto veicolo in svio – q8

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

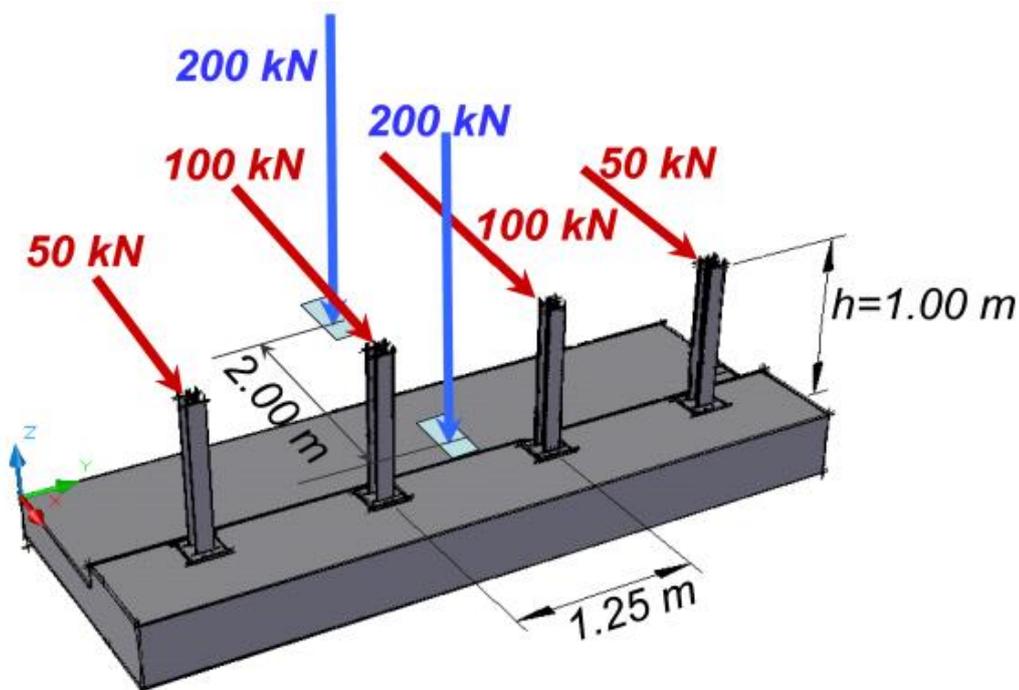


Figura 5.3: Schema di carico globale da considerare nel caso di condizioni di progettazione "ordinarie"

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

- **connessioni tra barriere e strutture:** si ipotizza l'installazione di barriere metalliche vincolate alla struttura per mezzo di connessioni pseudo-duttile, ossia in particolare mediante l'utilizzo di 3 o 4

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

tirafondi in acciaio per ciascuna piastra alla base dei montanti della barriera, ancorati chimicamente al calcestruzzo e meccanicamente alla piastra con bulloni serrati (alla coppia di serraggio stabilita dal manuale di installazione della barriera);

- **traffico stradale:** l'aliquota relativa ai veicoli pesanti è contenuta entro il 30% del flusso totale di traffico; le velocità praticate sono coerenti con la velocità di progetto della strada, per quanto riguarda i veicoli leggeri, e con i limiti legali di velocità per i veicoli pesanti;
- **configurazione geometrica della strada:** si fa riferimento a tratti stradali in rettilineo ed in orizzontale ovvero caratterizzati da andamento planimetrico e altimetrico della strada poco differente da tali condizioni.

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

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

5.2.12 Resistenze parassite dei vincoli – q9

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

5.2.13 Azioni sismiche – E

5.2.13.1 Coordinate di riferimento e parametri sismici fondamentali

I parametri sismici fondamentali sono stati determinati per la regione [Sicilia](#) utilizzando la Tabella 2, in allegato alle NTC. Si ottengono i seguenti valori:

WGS84		ED50		
Lon	Lat	Lon	Lat	
13.457787	38.017331	13.458642	38.018392	
Vita Nominale	$V_N =$	50 anni		
Classe d'uso	$Cl =$	IV		
Coefficiente d'uso	$C.u. =$	2.0		
Periodo di riferimento	$V_R =$	100 anni		
PARAMETRI SISMICI				
STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
SLO	60	0.070	2.332	0.258
SLD	101	0.092	2.322	0.269
SLV	949	0.227	2.438	0.307
SLC	1950	0.286	2.501	0.320

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.

5.2.13.2 Spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

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

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

In cui:

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

S.S. 121 "Catane" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

- 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

Nel caso in esame si ha:

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

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

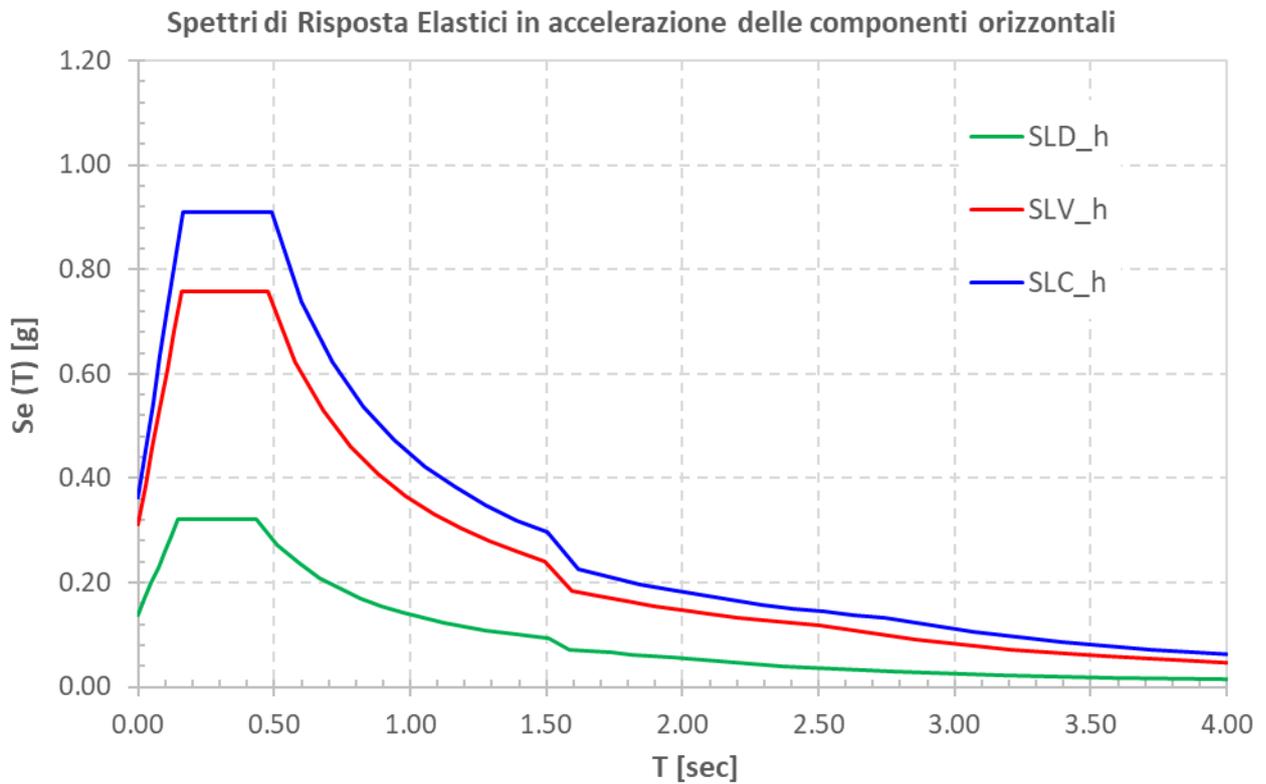


Figura 5.4 – Spettri elastici di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali

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	0.092	2.322	0.269	0.145	0.436	1.968	1.50	1.00	1.50	1.62	0.029	0.094
SLV	0.227	2.438	0.307	0.159	0.476	2.508	1.37	1.00	1.37	1.55	0.091	0.232
SLC	0.286	2.501	0.320	0.163	0.489	2.744	1.27	1.00	1.27	1.53	0.120	0.279

Tabella 5.3 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta

5.2.13.3 Spettri di risposta in accelerazione della componente verticale

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

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

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

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

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

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

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

In cui:

T è il periodo di vibrazione;

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

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

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

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

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

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

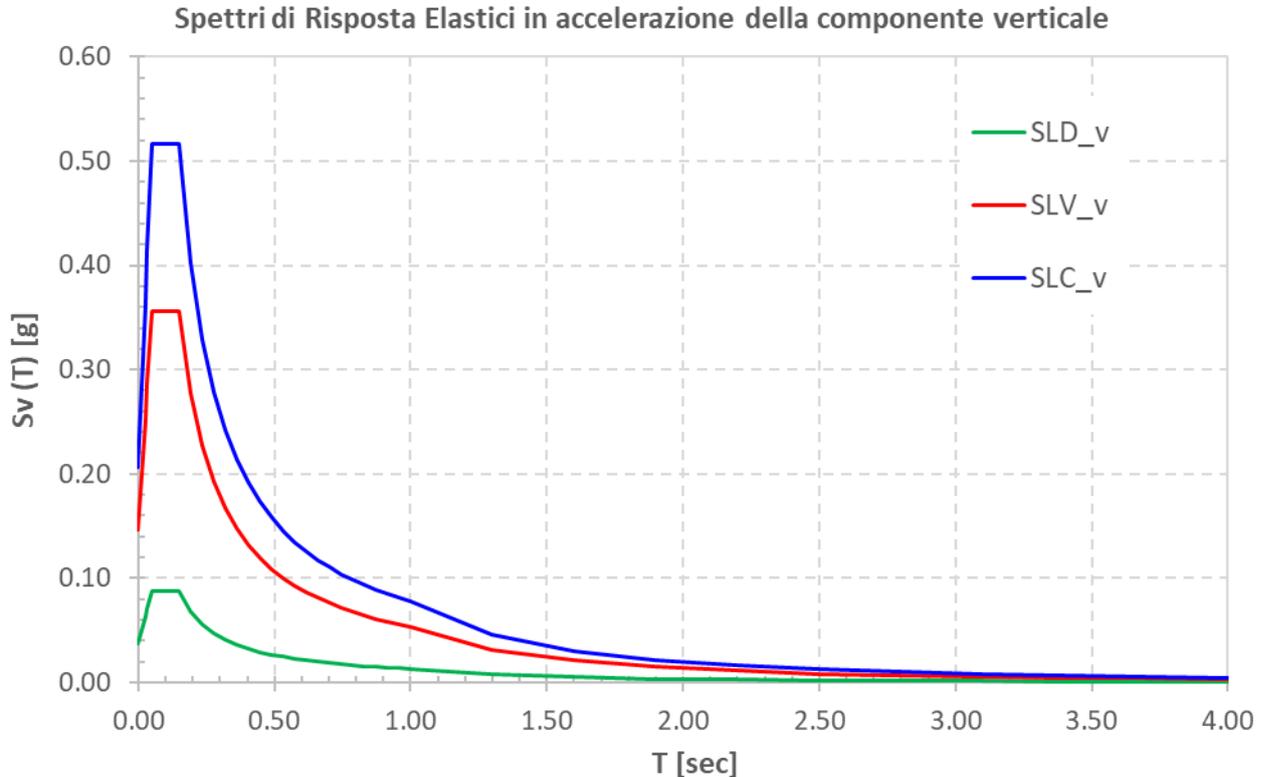


Figura 5.5 – Spettri elastici di risposta in accelerazione della componente verticale

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

S.S. 121 "Catane" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

STATO LIMITE	a_g [g]	F_0 [-]	F_V [-]	T_B [sec]	T_C [sec]	T_D [sec]	S_S [-]	S_T [-]	S [-]
SLD	0.092	2.322	0.951	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00
SLV	0.227	2.438	1.568	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00
SLC	0.286	2.501	1.806	0.050	0.150	1.000	1.00	1.00	1.00

Tabella 5.4 – Parametri caratteristici degli spettri di risposta

5.2.13.4 Masse sismiche

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

5.3 Combinazioni di Carico

5.3.1 Combinazioni di carico in esercizio

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

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:

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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

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

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

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

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

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

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

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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

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

5.3.1.1 Combinazioni per verifiche strutture d'impalcato

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

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

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

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

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

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

Dove:

- G_1 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai pesi propri;
- G_2 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai permanenti portati;
- ε_2 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute al ritiro;
- ε_4 sono le caratteristiche della sollecitazione dovute ai cedimenti dei vincoli (ove previsti);
- q_{7a} sono le caratteristiche della sollecitazione dovute alla variazione termica positiva;

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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

5.3.1.2 Combinazioni per sottostrutture

Si rimanda ai capitoli relativi ai dimensionamento di pile e 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. 121 "Catanese" <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

6 ANALISI E VERIFICHE DELLE STRUTTURE D'IMPALCATO

A parità di caratteristiche geometriche, si rimanda alla relazione della carreggiata dx per le verifiche delle strutture d'impalcato in carreggiata sx.

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

7 ANALISI DELLE SOTTOSTRUTTURE

7.1 Criteri di calcolo

7.1.1 Definizione del modello di calcolo

Le analisi strutturali sono state condotte con l'ausilio di modelli agli elementi finiti che schematizzano l'intero impalcato e le pile attraverso elementi BEAM di opportuna rigidezza.

Gli [isolatori elastomerici](#) sono stati schematizzati attraverso elementi "Link" a comportamento lineare.

Nel modello globale non sono state considerate le due spalle che possono essere considerate infinitamente rigide rispetto alle pile.

Le strutture sono state assoggettate alle azioni permanenti (peso proprio e permanenti portati), agli effetti del ritiro, alle azioni variabili verticali e orizzontali legate al traffico stradale, alle azioni del vento, della temperatura ed alle azioni sismiche.

La trave continua d'impalcato è discretizzata in conci di sezione variabile, in modo da tener conto delle variazioni geometriche e della fessurazione della soletta.

7.1.2 Caratteristiche geometrico-inerziali in fase di analisi

L'analisi è stata condotta con riferimento ad un unico modello in cui le caratteristiche geometrico-inerziali degli elementi che schematizzano l'impalcato sono ottenute considerando la sezione composta costituita dalle travi metalliche e dalla soletta in c.a. omogeneizzata all'acciaio mediante il rapporto modulare $nL = n_0$.

Nel modello si è tenuto conto della riduzione di rigidezza 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.

7.1.3 Larghezze collaboranti in fase di analisi e di verifica

Si rimanda integralmente al capitolo 6.

7.1.4 Isolatori elastomerici

Come precedentemente illustrato gli isolatori sono schematizzati mediante elementi "Link" a comportamento lineare. [Nel caso in oggetto, ciascun elemento "link" schematizza i due isolatori disposti lungo l'allineamento considerato.](#)

Sono state definite diverse sezioni tipo:

- Elementi "link" **kspalle**: relativi agli isolatori da disporre in corrispondenza delle spalle;
- Elementi "link" **kpila**: relativi agli isolatori da disporre in corrispondenza delle pile.

Di seguito se ne riepilogano le caratteristiche di rigidezza, nelle condizioni di esercizio ed in condizioni sismiche.

In particolare mentre in condizioni sismiche la rigidezza degli isolatori è la medesima per ciascun allineamento, in condizioni di esercizio la rigidezza è funzione delle variazioni termiche e del ritiro.

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

	Esercizio				Sisma		
Link	K1 [kN/m]	K2 [kN/m]	K3 [kN/m]		K1 [kN/m]	K2 [kN/m]	K3 [kN/m]
kspalle	2502000	9150	9150	▶	2502000	3660	3660
kpile	7092000	26500	26500	▶	7092000	10600	10600

Ove la direzione "1" rappresenta quella verticale, mentre le direzioni "2" e "3" sono quelle orizzontali, rispettivamente longitudinale e trasversale.

7.2 Analisi statica globale

Le analisi globali sono state condotte con l'ausilio del noto programma agli elementi finiti SAP2000®.

La figura seguente illustra la geometria del modello di calcolo:



Figura 7.1. Geometria del modello di calcolo

7.2.1 Caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni in fase di analisi

7.2.1.1 Impalcato

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

7.2.1.2 Pile e plinti

La pila è stata schematizzata attraverso due elementi BEAM, che rappresentano il baggiolo di appoggio, il fusto ed il plinto di fondazione.

Le caratteristiche geometrico-inerziali sono state introdotte nel modello con riferimento a sezioni di forma rettangolare e generica con le seguenti caratteristiche:

```

NAME=PIL1      TYPE=PRISM  SH=R  MAT=Rck40  T=5.7,2.86
NAME=PIL2      TYPE=PRISM  SH=R  MAT=Rck40  T=6.6,2.86
NAME=PIL3      TYPE=PRISM  SH=R  MAT=Rck40  T=11.3,2.86
NAME=PIL4      TYPE=PRISM  SH=R  MAT=Rck40  T=11.1,2.86
NAME=PLI1      TYPE=PRISM  SH=R  MAT=Rck0   T=9.2,9.2

```

In particolare, data la variazione di sezione lungo il fusto pila, sono stati considerati 2 tratti. Il primo a sezione costante (PIL1), il secondo a sezione variabile (da PIL2 a PIL4). Per il tratto a sezione variabile si è fatto riferimento alle caratteristiche geometriche della sezione baricentrica.

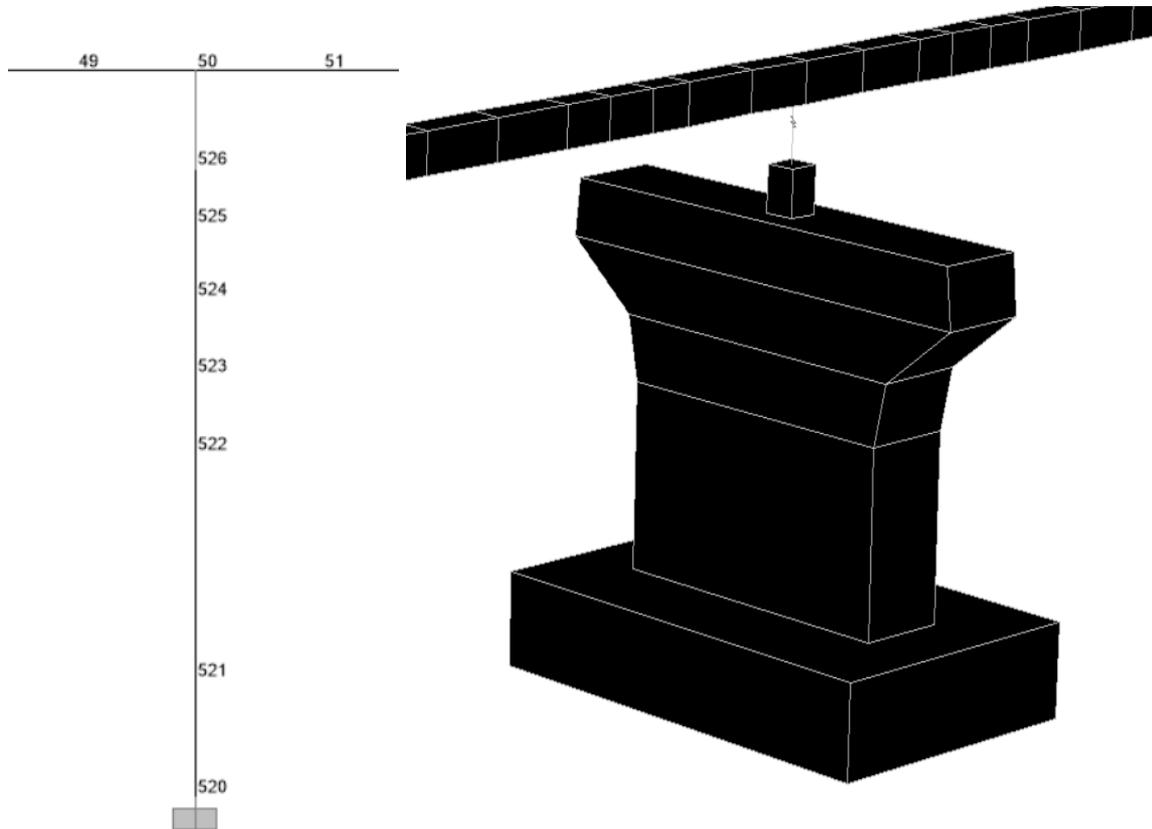


Figura 7.2. Particolare delle pile

7.2.2 Applicazione dei carichi al modello

7.2.2.1 Peso proprio della struttura (Load G1)

Il peso proprio dell'impalcato, specificato al par. 5.2.1.1, ed il peso proprio dei fusti pila è stato applicato quale carico uniformemente distribuito agli elementi che li schematizzano.

Il peso proprio dei baglioli di appoggio è stato applicato quale carico concentrato agli elementi che li schematizzano.

7.2.2.2 Carichi permanenti portati (Load G2)

I carichi permanenti portati, specificato al par. 5.2.2.1, sono stati applicati quali carichi e coppie (ove presenti) uniformemente distribuiti sugli elementi che schematizzano l'impalcato.

7.2.2.3 Ritiro – (LOAD RIT)

Gli effetti generati dal ritiro sono stati valutati tramite l'applicazione di un carico termico uniforme equivalente.

Detto carico è stato calcolato eguagliando lo sforzo normale che si esercita sulla soletta con quello generato dalla variazione termica sulla sezione composta di analisi:

$$N\Delta T_{eq} = \alpha \Delta T_{eq} \times A_r \times E_a$$

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

Essendo:

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

ϵ_{cs}	la deformazione totale finale per ritiro;
Ac	l'area del calcestruzzo soggetta a ritiro;
Ea	modulo elastico dell'acciaio;
n_r	coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cls relativo alle azioni del ritiro.
α	il coefficiente di dilatazione termica;
Ea	modulo elastico dell'acciaio;
Ar	l'area della sezione composta di analisi (omogeneizzata ad n_0);

Effetti del ritiro	Var	unità	
Altezza delle travi	Ht	m	3.00
deformazione totale finale per ritiro	ϵ_{cs}		0.00027
area del calcestruzzo soggetta a ritiro	Ac	mq	2.880
coefficiente di omogeneizzazione a tinf (ritiro)	n_r		15.73
Modulo elastico acciaio	Ea	Mpa	210000
Area della sezione composta omog. All'acciaio	Ar	mq	0.367
Variatione termica equivalente	Dteq.	°	13.3
distanza del bar. Soletta dal bar. Sezione composta	er	m	1.44
Momento flettente da ritiro	Mr	kNm	14745.2

7.2.2.4 Carichi mobili verticali (MOVE MV-C1, MV-D1, MV-F1)

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 dell'impalcato](#).

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:

- V2018-C: carichi concentrati dello schema 1
- V2018-D: carichi distribuiti dello schema 1
- F2018: carico distribuito relativo alla folla (ove presente)

7.2.2.5 Frenatura (LOAD Q3)

Gli effetti generati dalla forza di frenatura sono valutati attraverso l'applicazione di un carico orizzontale distribuito di intensità pari a quella specificata al par. 5.2.7 sugli elementi che schematizzano l'impalcato.

7.2.2.6 Forza centrifuga (LOAD Q4)

Gli effetti generati dalle forze centrifughe sulle sottostrutture sono valutati con schema di travi a mensola soggette a forze orizzontali trasversali, di intensità pari a quelle specificate al par.5.2.8, agenti a livello del piano viabile. Nel caso in oggetto non sono presenti.

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

7.2.2.7 Vento trasversale (LOAD Q5-1, Q5-2)

Le azioni orizzontali trasversali e le azioni torcenti dovute al vento, specificate al par.5.2.9, sono state applicate quali azioni uniformemente distribuite sugli elementi che schematizzano l'impalcato.

7.2.2.8 Temperatura – (LOAD DT)

Gli effetti generati dalle variazioni termiche uniformi agenti sulle strutture d'impalcato, sono state determinati, secondo quanto indicato al 5.2.10, attraverso l'applicazione di un carico termico uniforme pari a:

Risultati	Var	unità	
Temperatura massima dell'aria all'ombra alla quota as	Tmax	[°]	41.8
Temperatura minima dell'aria all'ombra alla quota as	Tmin	[°]	-15.6
Temperatura massima del ponte	Te,max	[°]	45.8
Temperatura minima del ponte	Te,min	[°]	-11.6
Massima variazione termica in contrazione: $DTN,con = T0 - Te,min$	$\Delta TN,con$	[°]	26.6
Massima variazione termica in espansione: $DTN,exp = Te,max - T0$	$\Delta TN,exp$	[°]	30.8

7.2.2.9 Sisma (SPEC SLV-X, SLV-Y, SLV-Z)

Le sollecitazioni e gli spostamenti generati dal sisma sono stati determinati mediante **Analisi Lineare Dinamica Modale**.

Le condizioni di carico corrispondenti alle analisi dinamiche modali sono:

- **SLV-X**: Analisi dinamica agli SLV in dir.X;
- **SLV-Y**: Analisi dinamica agli SLV in dir.Y;
- **SLV-Z**: Analisi dinamica agli SLV in dir.Z.

7.2.3 Analisi in fase sismica

Le analisi sismiche sono state condotte, in accordo a quanto specificato al §7 "Progettazione per azioni sismiche" delle NTC18 mediante Analisi lineari Dinamiche che si sviluppano come segue:

- Determinazione dei modi di vibrare della struttura (analisi modale);
- Calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- Combinazione degli effetti.

In accordo al §7.3.3.1 sono stati presi in considerazione tutti i modi con massa partecipante significativa, ovvero tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.

La combinazione degli effetti relativi ai singoli modi è stata effettuata mediante Combinazione Quadratica Completa (CQC).

Relativamente agli effetti torsionali, l'Eurocodice 8 – Parte 2 (EN1998-2), chiarisce che questi effetti devono essere presi in considerazione nelle analisi dei viadotti esclusivamente per impalcato obliqui con angolo di obliquità maggiore del 20%, e/o per ponti/viadotti caratterizzati da rapporto larghezza/lunghezza (B/L) maggiore di 2. Non ricadendo in nessuno dei due casi gli effetti torsionali (e pertanto l'eccentricità accidentale $e_a = 0.03$) non sono stati presi in considerazione.

Il modello è quello precedentemente descritto, con le caratteristiche degli isolatori indicate per il sisma al par. 7.1.4.

S.S. 121 "Cataneese" <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 an as GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

7.2.4 Risposta sismica

La tabella seguente riassume i periodi, la percentuale di massa eccitata e la somma delle masse eccitate, per i primi 100 modi di vibrare della struttura:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless											
EIGENMODES	Mode	1	2.010195	0%	78%	0%	0%	0%	78%	0%	0%	0%	59%	0%	59%
EIGENMODES	Mode	2	1.98813	81%	0%	0%	81%	78%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	59%
EIGENMODES	Mode	3	1.915594	0%	0%	0%	81%	78%	0%	0%	0%	20%	0%	0%	79%
EIGENMODES	Mode	4	1.662664	0%	3%	0%	81%	81%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	82%
EIGENMODES	Mode	5	1.077158	0%	0%	0%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	82%
EIGENMODES	Mode	6	0.630039	0%	0%	0%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	82%
EIGENMODES	Mode	7	0.614394	0%	0%	0%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	82%
EIGENMODES	Mode	8	0.559361	0%	0%	0%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	82%
EIGENMODES	Mode	9	0.496505	0%	0%	2%	81%	81%	2%	0%	1%	0%	0%	2%	82%
EIGENMODES	Mode	10	0.441215	0%	0%	0%	81%	81%	2%	0%	5%	0%	0%	6%	82%
EIGENMODES	Mode	11	0.402879	0%	0%	37%	81%	81%	39%	0%	28%	0%	0%	34%	82%
EIGENMODES	Mode	12	0.395685	0%	0%	0%	81%	81%	39%	0%	0%	0%	0%	34%	82%
EIGENMODES	Mode	13	0.273238	0%	0%	0%	81%	81%	39%	0%	0%	0%	0%	34%	82%
EIGENMODES	Mode	14	0.269394	0%	0%	0%	81%	81%	39%	0%	0%	0%	0%	34%	82%
EIGENMODES	Mode	15	0.220763	0%	0%	1%	81%	81%	40%	0%	10%	0%	0%	44%	82%
EIGENMODES	Mode	16	0.220296	0%	0%	15%	81%	81%	54%	0%	8%	0%	0%	52%	82%
EIGENMODES	Mode	17	0.192364	0%	0%	0%	81%	81%	54%	0%	2%	0%	0%	54%	82%
EIGENMODES	Mode	18	0.185212	0%	0%	0%	81%	81%	54%	0%	0%	0%	0%	54%	82%
EIGENMODES	Mode	19	0.179083	0%	0%	1%	81%	81%	56%	0%	1%	0%	0%	55%	82%
EIGENMODES	Mode	20	0.166163	0%	0%	0%	81%	81%	56%	0%	1%	0%	0%	56%	82%
EIGENMODES	Mode	21	0.155616	0%	0%	1%	81%	81%	56%	0%	0%	0%	0%	56%	82%
EIGENMODES	Mode	22	0.148625	0%	0%	0%	81%	81%	56%	0%	0%	0%	0%	56%	82%
EIGENMODES	Mode	23	0.143854	0%	0%	0%	81%	81%	56%	0%	0%	0%	0%	56%	82%
EIGENMODES	Mode	24	0.137707	0%	0%	0%	81%	81%	56%	0%	0%	0%	0%	56%	82%
EIGENMODES	Mode	25	0.112514	0%	0%	0%	81%	81%	56%	0%	0%	0%	0%	56%	82%
EIGENMODES	Mode	26	0.093608	0%	0%	0%	81%	81%	56%	0%	0%	0%	0%	57%	82%
EIGENMODES	Mode	27	0.092014	0%	0%	0%	81%	81%	56%	0%	0%	0%	0%	57%	82%
EIGENMODES	Mode	28	0.090783	0%	0%	0%	81%	81%	56%	0%	1%	0%	0%	57%	82%
EIGENMODES	Mode	29	0.090259	0%	0%	0%	81%	81%	56%	0%	0%	0%	0%	57%	82%
EIGENMODES	Mode	30	0.087148	0%	0%	1%	81%	81%	58%	0%	1%	0%	0%	58%	82%
EIGENMODES	Mode	31	0.083462	0%	0%	0%	81%	81%	58%	0%	1%	0%	0%	60%	82%
EIGENMODES	Mode	32	0.080353	0%	0%	6%	81%	81%	64%	0%	5%	0%	0%	64%	82%
EIGENMODES	Mode	33	0.07781	0%	0%	0%	82%	81%	64%	0%	1%	0%	0%	65%	82%
EIGENMODES	Mode	34	0.077551	0%	0%	6%	82%	81%	70%	0%	4%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	35	0.073988	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	36	0.069193	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	37	0.061763	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	38	0.055784	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	39	0.055767	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	40	0.055095	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%

EIGENMODES	Mode	41	0.054286	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	42	0.053558	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	43	0.053084	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	44	0.052485	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	45	0.048079	0%	0%	0%	82%	81%	70%	0%	0%	0%	0%	69%	82%
EIGENMODES	Mode	46	0.046896	0%	0%	2%	82%	81%	72%	0%	6%	0%	0%	75%	82%
EIGENMODES	Mode	47	0.04686	0%	0%	2%	82%	81%	75%	0%	0%	0%	0%	76%	82%
EIGENMODES	Mode	48	0.044777	0%	0%	0%	82%	81%	75%	0%	0%	0%	0%	76%	82%
EIGENMODES	Mode	49	0.039401	0%	0%	6%	82%	81%	81%	0%	5%	0%	0%	80%	82%
EIGENMODES	Mode	50	0.039057	0%	0%	0%	82%	81%	81%	0%	1%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	51	0.038855	0%	0%	0%	82%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	52	0.038539	0%	0%	0%	82%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	53	0.037926	0%	0%	0%	82%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	54	0.037738	0%	0%	0%	82%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	55	0.037434	0%	0%	0%	82%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	56	0.034016	0%	0%	0%	82%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	57	0.033536	0%	0%	0%	82%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	58	0.031971	1%	0%	0%	82%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	59	0.031647	0%	0%	0%	82%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	60	0.031228	8%	0%	0%	90%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	61	0.031179	0%	0%	0%	90%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	62	0.031077	1%	0%	0%	90%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	63	0.030775	1%	0%	0%	91%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	64	0.030023	0%	0%	0%	91%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	65	0.030015	0%	0%	0%	91%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	66	0.028602	0%	0%	0%	91%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	67	0.027912	1%	0%	0%	92%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	68	0.027585	3%	0%	0%	94%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	69	0.027251	0%	0%	0%	94%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	70	0.02715	0%	0%	0%	94%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	71	0.026758	1%	0%	0%	95%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	72	0.026691	0%	0%	0%	95%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	73	0.025857	0%	0%	0%	95%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	74	0.025067	0%	0%	0%	95%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	75	0.024774	0%	0%	0%	95%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	76	0.023872	0%	0%	0%	95%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	77	0.022578	0%	0%	0%	95%	81%	81%	0%	0%	0%	0%	81%	82%
EIGENMODES	Mode	78	0.022469	0%	0%	2%	95%	81%	83%	0%	1%	0%	0%	83%	82%
EIGENMODES	Mode	79	0.022155	0%	0%	0%	95%	81%	83%	0%	0%	0%	0%	83%	82%
EIGENMODES	Mode	80	0.021757	0%	0%	0%	95%	81%	83%	0%	0%	0%	0%	83%	82%
EIGENMODES	Mode	81	0.021543	0%	0%	0%	95%	81%	83%	0%	0%	0%	0%	83%	82%
EIGENMODES	Mode	82	0.02141	0%	0%	0%	95%	81%	83%	0%	0%	0%	0%	83%	82%
EIGENMODES	Mode	83	0.02082	0%	2%	0%	95%	84%	83%	5%	0%	6%	5%	83%	88%
EIGENMODES	Mode	84	0.020817	0%	4%	0%	95%	88%	83%	14%	0%	4%	19%	83%	91%
EIGENMODES	Mode	85	0.020816	0%	1%	0%	95%	89%	83%	3%	0%	0%	22%	83%	92%
EIGENMODES	Mode	86	0.02081	0%	2%	0%	95%	92%	83%	16%	0%	4%	38%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	87	0.020593	0%	0%	0%	95%	92%	83%	0%	0%	0%	38%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	88	0.019783	0%	0%	0%	95%	92%	83%	0%	0%	0%	38%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	89	0.019548	0%	0%	0%	95%	92%	83%	0%	0%	0%	38%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	90	0.019472	0%	0%	0%	95%	92%	83%	0%	0%	0%	38%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	91	0.019025	0%	0%	0%	95%	92%	83%	0%	0%	0%	38%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	92	0.018533	0%	2%	0%	95%	94%	83%	6%	0%	0%	44%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	93	0.01853	0%	2%	0%	95%	96%	83%	9%	0%	1%	53%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	94	0.018416	0%	0%	0%	95%	96%	83%	0%	0%	0%	53%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	95	0.018232	0%	0%	0%	95%	96%	83%	0%	0%	0%	53%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	96	0.017701	0%	0%	0%	95%	96%	83%	0%	0%	0%	53%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	97	0.017123	0%	0%	0%	95%	96%	83%	0%	0%	0%	53%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	98	0.017069	0%	0%	0%	95%	96%	83%	0%	0%	0%	53%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	99	0.016549	0%	0%	0%	95%	96%	83%	0%	0%	0%	53%	83%	96%
EIGENMODES	Mode	100	0.016164	0%	0%	0%	95%	96%	83%	0%	0%	0%	53%	83%	96%

Tabella 7.1: Periodi di vibrazione della struttura

A titolo esemplificativo si riportano i primi modi di vibrare del viadotto.

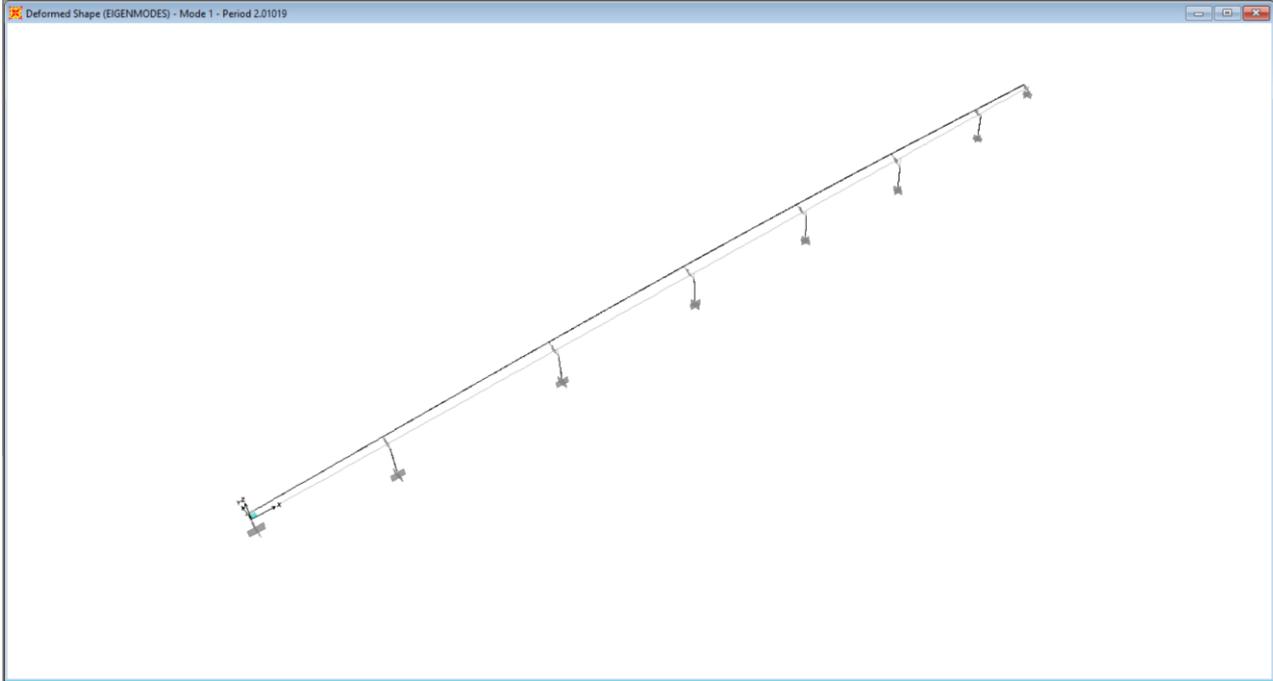


Figura 7.3. Prima forma modale

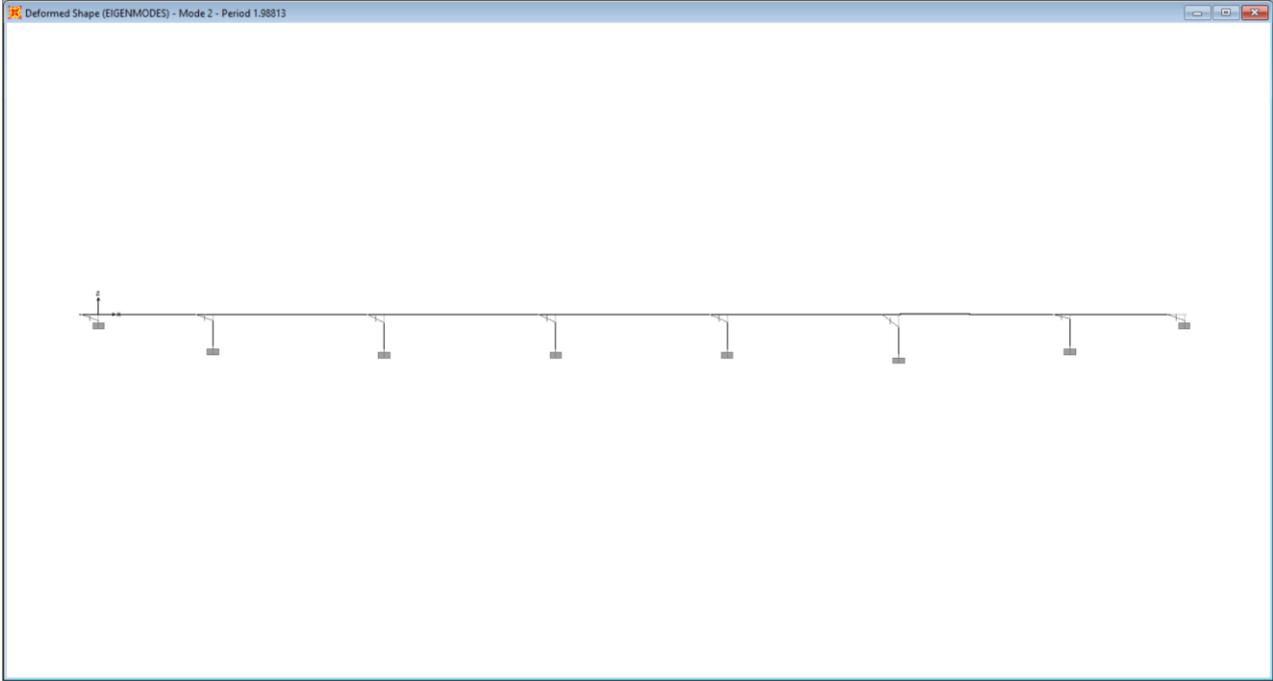


Figura 7.4. Seconda forma modale

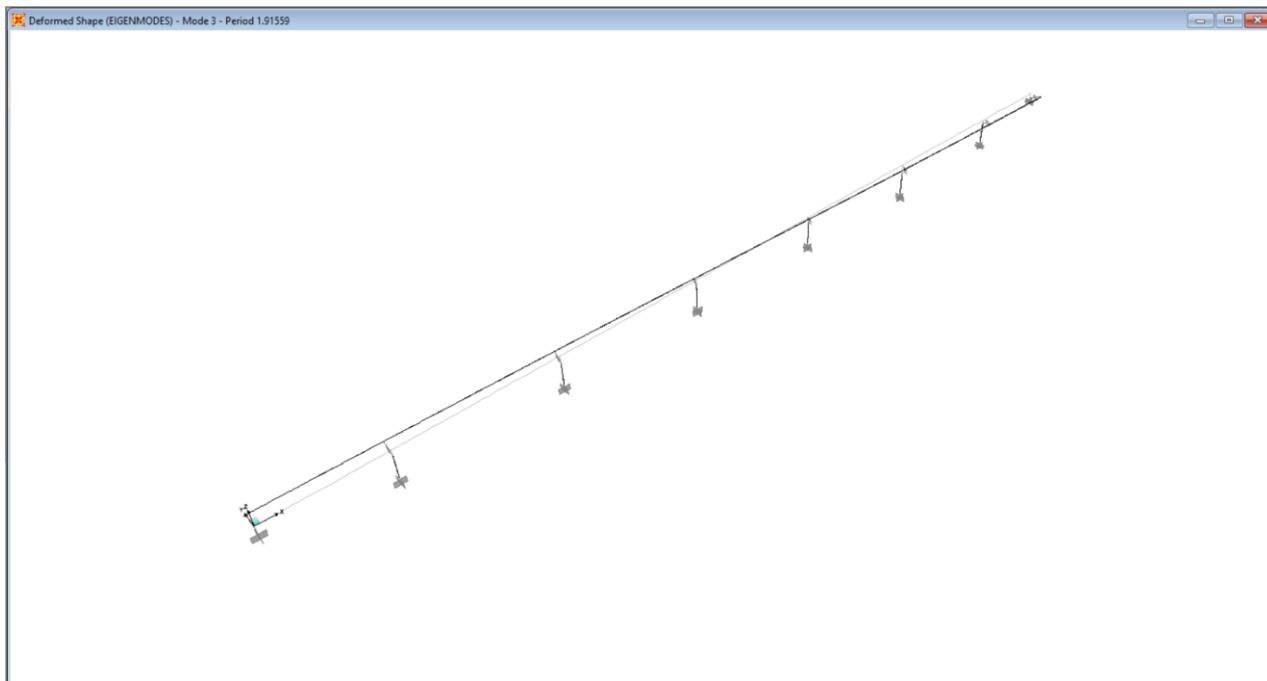


Figura 7.5. Terza forma modale

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

8 VERIFICHE PILE

Le analisi e verifiche delle pile sono state effettuate attraverso l'implementazione di specifici fogli di calcolo di excel.

I tabulati di calcolo sono riportati in allegato.

Le verifiche sono relative alla pila **P5**: pila a sezione rettangolare con estremità arrotondate, di dimensioni allo spiccatto di **6.20 x 3.00**, di altezza pari a **8.00 m** con plinto di fondazione a **9** pali.

I risultati ottenuti per tale pila si estendono alle restanti pile della carreggiata **sx**.

8.1 Criteri di calcolo

Le caratteristiche della sollecitazione relative alle condizioni di carico elementari, sono state valutate a vari livelli:

- All'estradosso del pulvino (testa pila);
- All'intradosso del pulvino, coincidente con la testa del fusto pila;
- Allo spiccatto del fusto pila;
- All'intradosso del pinto di fondazione, in corrispondenza del baricentro della palificata.

Le sollecitazioni tengono conto dei carichi trasmessi dall'impalcato e delle azioni direttamente agenti sulla pila.

Successivamente, in corrispondenza delle medesime sezioni della pila, sono state determinate le caratteristiche della sollecitazioni relative alle combinazioni di carico.

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

I tabulati di calcolo sono riportati in allegato.

8.2 Analisi della palificata

La risoluzione della palificata è stata effettuata nell'ipotesi di plinto di fondazione rigido. Pertanto, Le azioni risultanti in testa ai pali risultano pari a:

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

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

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

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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

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 involuppi delle azioni massime e minime agenti in testa ai pali di fondazione:

Pila P5

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI		SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP	
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	5205	5205	4594	3808	3318	2756
Azione assiale minima	Nmin	278	2105	278	1617	1976	2115
Azione trasversale massima	Vmax	482	151	482	105	71	68

8.1 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;

E_s 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.

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

Pila P1

LUNGHEZZA LIBERA D'INFLESSIONE PALI DI FONDAZIONE

Modulo di elasticità normale del calcestruzzo/malta	Ec	Mpa	31476
Modulo di elasticità del terreno	Et	Mpa	15
Modulo di Poisson del terreno	v		0.30
Diametro del palo	Dp	m	1.20
Momento d'inerzia della sezione in cls/malta	lc	m ⁴	0.1018
Kt Costante di reazione orizzontale (Vesic)	kt	kN/mc	12136
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	4.92

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MAX PALI			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	5205	4594	3808	3318	2756
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	2105	278	1617	1976	2115
Momento massimo in testa ai pali	Mmax	kNm	372	1187	258	174	166
Momento amplificato del 20%	Mmax	kNm	446	1424	310	209	199
Sforzo di taglio massimo	Vmax	kN	151	482	105	71	68

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA		SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata		35098	23817
Carico verticale medio agente sui pali		3900	2646

8.2 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione

Le verifiche a pressoflessione e taglio per le sezioni in c.a. sono state effettuate con il software RCSEC® prodotto da Geostru.

Di seguito si riportano le verifiche a pressoflessione e taglio in testa ai pali .

Pila P5

I pali di fondazione delle pile saranno armati con:

- Armature longitudinali: 20 ϕ 24;
- Armature trasversali: spirale ϕ 12/20.

Come è possibile osservare tutte le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	120.0	cm
Barre circonferenza:	20 ϕ 24	(90.5 cm ²)
Coprif.(dal baric. barre):	10.2	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	5205.00	446.00	151.00	0.00
2	2105.00	446.00	151.00	0.00
3	3900.00	446.00	151.00	0.00
4	4594.00	1424.00	482.00	0.00
5	278.00	1424.00	482.00	0.00
6	2646.00	1424.00	482.00	0.00

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	3808.00	310.00
2	1617.00	310.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	3318.00	209.00 (0.00)
2	1976.00	209.00 (0.00)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	2756.00	199.00 (0.00)
2	2115.00	199.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	9.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	13.2	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 30.0]
Copriferro netto minimo staffe:	7.8	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.									
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)									
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	5205.00	446.00	5205.14	2838.29	6.364	4.9	---	---	90.5 (33.9)
2	S	2105.00	446.00	2105.06	2282.78	5.118	22.4	---	---	90.5 (33.9)
3	S	3900.00	446.00	3899.82	2669.18	5.985	12.1	---	---	90.5 (33.9)
4	S	4594.00	1424.00	4594.01	2766.03	1.942	8.3	---	---	90.5 (33.9)
5	S	278.00	1424.00	277.88	1718.43	1.207	33.2	---	---	90.5 (33.9)
6	S	2646.00	1424.00	2646.04	2412.89	1.694	19.3	---	---	90.5 (33.9)

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00285	49.8	-0.00347	-49.8
2	0.00350	60.0	0.00255	49.8	-0.00671	-49.8
3	0.00350	60.0	0.00275	49.8	-0.00453	-49.8
4	0.00350	60.0	0.00281	49.8	-0.00393	-49.8
5	0.00350	60.0	0.00217	49.8	-0.01083	-49.8
6	0.00350	60.0	0.00262	49.8	-0.00595	-49.8

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe/legature:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	11.3	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw z	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Braccio coppia interna
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	151.00	2459.71	818.34	109.0 74.0	2.500	1.250	2.1
2	S	151.00	2409.54	901.16	107.1 81.5	2.500	1.131	1.9
3	S	151.00	2548.40	848.60	109.4 76.7	2.500	1.244	2.0
4	S	482.00	2506.45	833.00	109.1 75.3	2.500	1.250	6.5
5	S	482.00	2144.70	974.27	98.1 88.1	2.500	1.017	5.6
6	S	482.00	2459.80	884.51	108.2 79.9	2.500	1.165	6.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	4.57	-60.0	1.44	60.0	25.6	49.8	0.0	917	0.0	----
2	S	2.86	-60.0	0.00	60.0	-0.7	49.8	0.0	0	0.0	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00011	0.00034		----	----	----	----	----	0.00
2	S	0.00011	0.00034		----	----	----	----	----	2722.28

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.68	-60.0	1.56	60.0	26.1	49.8	0.0	0	0.0	----
2	S	2.62	-60.0	0.50	60.0	10.2	49.8	0.0	0	0.0	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00012	0.00028		----	----	----	----	----	0.00
2	S	0.00004	0.00020		----	----	----	----	----	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.18	-60.0	1.17	60.0	20.1	49.8	0.0	0	0.0	----
2	S	2.68	-60.0	0.66	60.0	12.5	49.8	0.0	0	0.0	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00009	0.00024		----	----	----	----	----	0.00
2	S	0.00005	0.00020		----	----	----	----	----	0.00

8.3 Verifica dei plinti di fondazione

Il dimensionamento dei plinti di fondazione è stato effettuato:

- con riferimento allo schema di mensola tozza (tirante-puntone) in direzione trasversale;
- con riferimento allo schema di trave a mensola in direzione longitudinale.

Per semplicità ed a favore di sicurezza viene analizzata una striscia a cavallo del palo maggiormente sollecitato (palo di spigolo).

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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 Verifica dei fusti pila

Si riportano le verifiche della sezione di spiccato della **Pila P5**.

Per i fusti delle pile è stata prevista la seguente armatura:

- Barre verticali 104 $\phi 26$;
- Staffe orizzontali $\phi 12/20$.

Di seguito si illustrano le verifiche a pressoflessione e taglio.

Come è possibile evincere le tutte le verifiche sono ampiamente soddisfatte.

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-275.3	96.0
2	-260.9	111.0
3	-244.6	123.9
4	-226.6	134.4
5	-207.4	142.3
6	-187.3	147.5
7	-166.6	149.9
8	0.0	150.0
9	166.6	149.9
10	187.3	147.5
11	207.4	142.3
12	226.6	134.4
13	244.6	123.9
14	260.9	111.0
15	275.3	96.0
16	287.5	79.1
17	297.2	60.7
18	304.3	41.1
19	308.6	20.8
20	310.0	0.0
21	308.6	-20.8
22	304.3	-41.1
23	297.2	-60.7
24	287.5	-79.1
25	275.3	-96.0
26	260.9	-111.0
27	244.6	-123.9
28	226.6	-134.4
29	207.4	-142.3
30	187.3	-147.5
31	166.6	-149.9
32	0.0	-150.0
33	-166.6	-149.9

S.S. 121 "Catanese" <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

34	-187.3	-147.5
35	-207.4	-142.3
36	-226.6	-134.4
37	-244.6	-123.9
38	-260.9	-111.0
39	-275.3	-96.0
40	-287.5	-79.1
41	-297.2	-60.7
42	-304.3	-41.1
43	-308.6	-20.8
44	-310.0	0.0
45	-308.6	20.8
46	-304.3	41.1
47	-297.2	60.7

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-301.8	14.7	26
2	-299.5	29.3	26
3	-295.7	43.6	26
4	-290.5	57.4	26
5	-283.8	70.6	26
6	-275.9	83.0	26
7	-266.7	94.5	26
8	-256.3	105.0	26
9	-244.9	114.4	26
10	-232.6	122.6	26
11	-219.6	129.5	26
12	-205.9	134.9	26
13	-191.7	138.9	26
14	-177.1	141.5	26
15	-162.4	142.5	26
16	-147.6	142.5	26
17	-132.9	142.5	26
18	-118.1	142.5	26
19	-103.3	142.5	26
20	-88.6	142.5	26
21	-73.8	142.5	26
22	-59.1	142.6	26
23	-44.3	142.5	26
24	-29.5	142.5	26
25	-14.8	142.5	26
26	301.8	14.7	26
27	299.5	29.3	26
28	295.7	43.6	26
29	290.5	57.4	26
30	283.8	70.6	26
31	275.9	83.0	26
32	266.7	94.5	26
33	256.3	105.0	26
34	244.9	114.4	26
35	232.6	122.6	26
36	219.6	129.5	26
37	205.9	134.9	26
38	191.7	138.9	26
39	177.1	141.5	26
40	162.4	142.5	26
41	147.6	142.5	26
42	132.9	142.5	26
43	118.1	142.5	26
44	103.3	142.5	26

S.S. 121 "Catanese" <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

45	88.6	142.5	26
46	73.8	142.5	26
47	59.1	142.6	26
48	44.3	142.5	26
49	29.5	142.5	26
50	14.8	142.5	26
51	-301.8	-14.7	26
52	-299.5	-29.3	26
53	-295.7	-43.6	26
54	-290.5	-57.4	26
55	-283.8	-70.6	26
56	-275.9	-83.0	26
57	-266.7	-94.5	26
58	-256.3	-105.0	26
59	-244.9	-114.4	26
60	-232.6	-122.6	26
61	-219.6	-129.5	26
62	-205.9	-134.9	26
63	-191.7	-138.9	26
64	-177.1	-141.5	26
65	-162.4	-142.5	26
66	-147.6	-142.5	26
67	-132.9	-142.5	26
68	-118.1	-142.5	26
69	-103.3	-142.5	26
70	-88.6	-142.5	26
71	-73.8	-142.5	26
72	-59.1	-142.6	26
73	-44.3	-142.5	26
74	-29.5	-142.5	26
75	-14.8	-142.5	26
76	301.8	-14.7	26
77	299.5	-29.3	26
78	295.7	-43.6	26
79	290.5	-57.4	26
80	283.8	-70.6	26
81	275.9	-83.0	26
82	266.7	-94.5	26
83	256.3	-105.0	26
84	244.9	-114.4	26
85	232.6	-122.6	26
86	219.6	-129.5	26
87	205.9	-134.9	26
88	191.7	-138.9	26
89	177.1	-141.5	26
90	162.4	-142.5	26
91	147.6	-142.5	26
92	132.9	-142.5	26
93	118.1	-142.5	26
94	103.3	-142.5	26
95	88.6	-142.5	26
96	73.8	-142.5	26
97	59.1	-142.6	26
98	44.3	-142.5	26
99	29.5	-142.5	26
100	14.8	-142.5	26
101	0.0	142.4	26
102	-302.5	0.0	26
103	0.0	-142.4	26
104	302.5	0.0	26

ARMATURE A TAGLIO

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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	25776.00	9260.00	19316.00	593.00	932.00
2	24675.00	10836.00	16469.00	593.00	1109.00
3	24675.00	9226.00	16469.00	593.00	932.00
4	24675.00	9226.00	21325.00	989.00	932.00
5	16837.00	21378.00	-7441.00	-586.00	2293.00
6	16837.00	9345.00	23619.00	1954.00	971.00

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	19095.00	6144.00	13193.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	18279.00	5528.00 (0.00)	6252.00 (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	15832.00	5528.00 (0.00)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.9 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 12.2 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 3.7 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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	25776.00	9260.00	19316.00	25775.83	33973.59	70345.26	3.65	
552.2(499.2)									
2	S	24675.00	10836.00	16469.00	24674.87	38342.52	58591.67	3.55	
552.2(499.2)									
3	S	24675.00	9226.00	16469.00	24675.28	35980.43	63718.23	3.88	
552.2(499.2)									
4	S	24675.00	9226.00	21325.00	24674.92	31178.78	72096.56	3.38	
552.2(499.2)									
5	S	16837.00	21378.00	-7441.00	16837.25	41377.18	-14466.91	1.94	
552.2(499.2)									
6	S	16837.00	9345.00	23619.00	16837.10	24613.09	62131.28	2.63	
552.2(499.2)									

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00106	226.6	134.4	0.00101	232.6	122.6	-0.00196	-232.6	-122.6
2	0.00105	207.4	142.3	0.00100	219.6	129.5	-0.00196	-219.6	-129.5
3	0.00105	226.6	134.4	0.00100	219.6	129.5	-0.00196	-219.6	-129.5
4	0.00103	244.6	123.9	0.00098	232.6	122.6	-0.00196	-232.6	-122.6
5	0.00083	-166.6	149.9	0.00076	-177.1	141.5	-0.00196	177.1	-141.5
6	0.00088	244.6	123.9	0.00084	244.9	114.4	-0.00196	-244.9	-114.4

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 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	0.000003298	0.000005829	-0.000474422	----	----
2	0.000002717	0.000006802	-0.000479314	----	----

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

3	0.000002992	0.000006332	-0.000479728	----	----
4	0.000003475	0.000005383	-0.000488012	----	----
5	-0.000000738	0.000008684	-0.000597171	----	----
6	0.000003486	0.000004739	-0.000560311	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (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]
 La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna)
 I pesi della media sono le lunghezze delle strisce.(Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
 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 calcestruzzo
 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	975.18	42376.25	3021.99310.1	273.1	442.2	2.500	1.082	3.6	11.3(0.0)
2	S	962.20	46183.88	2874.25293.8	259.8	508.4	2.500	1.079	3.8	11.3(0.0)
3	S	934.49	44293.94	2941.68300.8	265.9	476.4	2.500	1.079	3.6	11.3(0.0)
4	S	1336.43	40665.76	3106.42318.6	280.8	414.2	2.500	1.079	4.9	11.3(0.0)
5	S	777.63	48501.43	2736.05277.1	247.3	574.2	2.500	1.054	3.2	11.3(0.0)
6	S	2149.29	37331.85	3240.82328.7	292.9	373.1	2.500	1.054	7.5	11.3(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.39	226.6	134.4	-2.6	-232.6	-122.6	917	26.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_sm - e_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

	Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]										
	My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]										
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max			wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00002	0.00000	0.500	26.0	58	0.00001 (0.00001) 351 0.003 (990.00)			95027.39		
204052.14												

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.95	207.4	142.3	2.6	-205.9	-134.9	----	----

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max			wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----			0.000 (0.30)	0.00	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.58	0.0	150.0	4.0	59.1	-142.6	----	----

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max			wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----			0.000 (0.20)	0.00	0.00

S.S.121"Cataneese" <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

9 VERIFICHE SPALLE

Per le verifiche relative alle Spalle, si rimanda alla relazione della carreggiata dx:

- La Spalla A si presenta come una spalla unica di un doppio impalcato;
- La Spalla B della carreggiata sx, presenta caratteristiche dimensionali e profili geotecnici confrontabili rispetto a quella della carrggiata dx.

I risultati ottenuti per le spalle della carreggiata dx, si estendono a favore di sicurezza a quelle della carreggiata sx.

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

10 VERIFICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E GIUNTI DI DILATAZIONE

10.1 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 prescelti:

VI09 SX - ELEUTERIO 2

Allineamento	CARATTERISTICHE ISOLATORI ELASTOMERICI						
	ξ [%]	$s_{max} \pm$ [mm]	Ned [kN]	Fzd [kN]	Ke [kN/mm]	Kv [kN/mm]	n iso
SPA	10	300	2100	9070	1.83	1251	2
P1	10	300	12310	21220	5.30	3546	2
P2	10	300	12310	21220	5.30	3546	2
P3	10	300	12310	21220	5.30	3546	2
P4	10	300	12310	21220	5.30	3546	2
P5	10	300	12310	21220	5.30	3546	2
P6	10	300	12310	21220	5.30	3546	2
SPB	10	300	2100	9070	1.83	1251	2

Essendo:

LEGENDA

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 NTC2008)
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

10.1.1 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:

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	702.3	304.7	-19.9	24.5	-117.7	69.4	-69.4	55.7	1464.4	-140.0
P1	3826.1	1462.6	49.6	-54.1	118.1	-69.6	69.6	253.7	2866.5	-101.8
P2	3917.4	1499.4	-54.3	49.7	116.7	-69.0	69.0	253.8	2869.4	-103.1
SPB	751.7	325.5	24.6	-20.0	-117.1	69.2	-69.2	55.6	1465.6	-141.1

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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	702.3	304.7	-19.9	24.5	-117.7	34.7	-34.7	0.0	0.0	0.0	1066.1	834.6
P1	3826.1	1462.6	49.6	-54.1	118.1	-34.8	34.8	0.0	0.0	0.0	5491.2	5199.8
P2	3917.4	1499.4	-54.3	49.7	116.7	-34.5	34.5	0.0	0.0	0.0	5617.7	5328.1
SPB	751.7	325.5	24.6	-20.0	-117.1	34.6	-34.6	0.0	0.0	0.0	1136.4	905.5

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	MAX MIN	
											Sommano	Sommano
SPA	702.3	304.7	-19.9	24.5	-117.7	41.6	-41.6	33.4	1464.4	-140.0	2570.8	654.3
P1	3826.1	1462.6	49.6	-54.1	118.1	-41.7	41.7	152.2	2866.5	-101.8	8516.9	4938.9
P2	3917.4	1499.4	-54.3	49.7	116.7	-41.4	41.4	152.3	2869.4	-103.1	8646.3	5065.7
SPB	751.7	325.5	24.6	-20.0	-117.1	41.5	-41.5	33.4	1465.6	-141.1	2642.3	724.1

Combinazione SLU-STR

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili	Carichi mobili	MAX MIN	
											Sommano	Sommano
SPA	948.1	411.3	-23.9	29.4	-141.2	62.5	-62.5	50.1	1976.9	-188.9	3478.2	892.8
P1	5165.2	1974.6	59.5	-64.9	141.7	-62.6	62.6	228.3	3869.8	-137.4	11501.7	6646.5
P2	5288.5	2024.2	-65.1	59.6	140.1	-62.1	62.1	228.4	3873.7	-139.2	11676.7	6817.8
SPB	1014.9	439.4	29.5	-24.0	-140.5	62.3	-62.3	50.1	1978.6	-190.5	3574.7	986.9

Combinazione SLU-SIS

Allineamenti	Peso proprio	Permanenti portati	Cedimenti vincolari 1	Cedimenti vincolari 2	Ritiro iperstatico	Variazione termica positiva	Variazione termica negativa	Vento	Carichi mobili (max)	Carichi mobili (max)	MAX MIN	
											Sommano	Sommano
SPA	702.3	304.7	-19.9	24.5	-117.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1031.4	869.3
P1	3826.1	1462.6	49.6	-54.1	118.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5456.4	5234.6
P2	3917.4	1499.4	-54.3	49.7	116.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5583.2	5362.6
SPB	751.7	325.5	24.6	-20.0	-117.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1101.8	940.1

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 (max)	Carichi mobili (max)	MAX MIN	
											Sommano	Sommano
SPA	702.3	304.7	-19.9	24.5	-117.7	34.7	-34.7	0.0	1098.3	-105.0	2164.4	729.7
P1	3826.1	1462.6	49.6	-54.1	118.1	-34.8	34.8	0.0	2149.9	-76.3	7641.1	5123.5
P2	3917.4	1499.4	-54.3	49.7	116.7	-34.5	34.5	0.0	2152.1	-77.3	7769.8	5250.7
SPB	751.7	325.5	24.6	-20.0	-117.1	34.6	-34.6	0.0	1099.2	-105.8	2235.6	799.7

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

10.1.2 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
- 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:

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

Tabella - Distanza oltre cui il moto può ritenersi indipendente

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

Essendo $L_{imp}= 381.2$ m maggiore della lunghezza limite $L_{min}= 266.7$ m, dunque si considerano gli effetti della variabilità spaziale del moto.

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

Viadotto/Ponte			VI09 SX - ELEUTERIO 2	
Dati impalcato			Analisi SLV	Analisi SLC
Lunghezza dell'impalcato	Limp	[m]	381.2	381.2
Peso dell'impalcato al metro lineare	Pv	[kN]	182.7	182.7
Peso complessivo dell'impalcato	Pv	[kN]	69644.5	69644.5
Massa dell'impalcato	M	[kN / (m/sec ²)]	7099.3	7099.3
Dati Sistema di isolamento				
Fattore di smorzamento viscoso	ζ	[%]	10%	10%
Fattore η	η	[-]	0.82	0.82
Isolatori tipo 1	Tipiso_1	[-]	SI-H500/300	SI-H500/300
Numero isolatori tipo 1	niso_1	[-]	4	4
Rigidezza isolatori tipo 1	Kh iso_1	[kN/m]	1830	1830
Isolatori tipo 2	Tipiso_2	[-]	SI-H900/300	SI-H900/300
Numero isolatori tipo 2	niso_2	[-]	12	12
Rigidezza isolatori tipo 2	Kh iso_2	[kN/m]	5300	5300
Rigidezza equivalente	Kh tot	[kN/m]	70920	70920
Periodo equivalente della struttura isolata	T _{is}	[sec]	1.99	1.99
Dati Sisma			SLV	SLC
Accelerazione al suolo	a _g	[g]	0.227	0.286
Parametro F ₀	F ₀	[-]	2.438	2.501
Tempo T* _C	T* _C	[sec]	0.307	0.320
accelerazione al suolo	a _g	[m/sec ²]	2.23	2.81
Categoria di Sottosuolo	Cat_S	[-]	C	C
Parametro S _S	S _S	[-]	1.37	1.27
Parametro C _C	C _C	[-]	1.55	1.53
Categoria topografica	Cat_T	[-]	T1	T1
Parametro S _T	S _T	[-]	1.00	1.00
Parametro S	S	[-]	1.37	1.27
Periodo T _B	T _B	[sec]	0.159	0.163
Periodo T _C	T _C	[sec]	0.476	0.489
Periodo T _D	T _D	[sec]	2.508	2.744
Accelerazione spettrale per T=T _B a _g S η F ₀	Se(T _B)	[m/sec ²]	6.06	7.28
Accelerazione spettrale per T=T _C a _g S η F ₀	Se(T _C)	[m/sec ²]	6.06	7.28
Accelerazione spettrale per T=T _D a _g S η 2.5 T _C /T _D	Se(T _D)	[m/sec ²]	1.15	1.30
Spostamento assoluto orizzontale massimo del terreno	dg	[m]	0.091	0.120
Spostamento relativo massimo del terreno tra 2 punti indipendenti	dijmax	[m]	0.161	0.212
Distanza tra due punti oltre la quale il moto può considerarsi indipendente	Lg		Lg	400.0
Lunghezza dell'impalcato continuo oltre la quale considerare gli effetti della var. spaziale del moto	Llim		Llim	266.7
Spostamento relativo orizzontale massimo del terreno	dri	[m]	0.031	0.080

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

Risultati

accelerazione spettrale per $T=T_{is}$	$S_e(T_{is})$	[m/sec ²]	1.45	1.79
Forza complessiva trasmessa alle sottostrutture	F_{sis}	[kN]	10307	12725
Rapporto tra Forza orizzontale e peso dell'impalcato	F_{sis}/P_{imp}	[%]	15%	18%
Spostamento del centro di rigidità calcolato	d_{dc}	[m]	0.145	0.179
Distanza massima da asse sistema isolamento	L_{max}	[m]	190.00	190.00
Coefficiente di dilatazione termica impalcato	α		1.00E-05	1.00E-05
Variazione termica di progetto per appoggi - allungamento	$\Delta T+$	[°]	50.2	50.2
Variazione termica di progetto per appoggi - contrazione	$\Delta T-$	[°]	33.4	33.4
Allungamento per dilatazione termica positiva	$d_{\Delta T+}$	[m]	0.095	0.095
Contrazione per dilatazione termica negativa	$d_{\Delta T-}$	[m]	-0.063	-0.063
deformazione totale finale per ritiro			0.00027	0.00027
Area soletta soggetta a ritiro			2.880	2.880
coefficiente di omogeneizzazione a tinf (ritiro)	n_{rit}		15.1	15.096
Area sezione resistente omogeneizzata all'acciaio			0.375	0.375
Contrazione complessiva per ritiro del cls			-0.00014	-0.00014
Contrazione per ritiro	d_{er}	[m]	-0.026	-0.026
Spostamento Sismico di progetto iso: $d_E = (d_{dc}^2 + d_{VSM}^2)^{0.5}$			0.149	0.197
Spost. sismico di progetto iso: $d_{Ed} = d_E + \max[\text{ass}(d_{er} + 0.5d_{\Delta T-}); 0.5d_{\Delta T+}]$	d_{Ed}	[m]	0.206	0.254
spostamento di progetto consentito dagli isolatori	d_{max}	[m]	0.300	0.300

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 254 mm, inferiore quindi al massimo spostamento di progetto, pari a ± 300 mm.

10.2 Giunti di dilatazione

I giunti di dilatazione alle estremità dell'impalcato, saranno compatibili con i massimi spostamenti longitudinali e trasversali agli SLV.

Lo spostamento massimo longitudinale per combinazioni SLV risulta pari a 206 mm.

Lo spostamento massimo trasversale per combinazioni SLV risulta pari a 145 mm.

Pertanto, si prevede di disporre giunti di dilatazione in elastomero armato in grado di garantire una escursione complessiva di 500 mm in direzione longitudinale e di 350 mm in direzione trasversale.

11 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.

11.1 Criteri di Calcolo

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

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

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

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

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

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

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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 (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale [□]	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

[□] da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

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

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

11.1.1 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;

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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

Rb,cal ed Rs,cal rappresentano le resistenze alla base e laterale di calcolo del palo valutate con la seguenti espressioni:

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

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

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

11.1.1.1 Unità a comportamento coesivo (Argille e limi)

La verifica è effettuata in termini di tensioni totali.

La resistenza unitaria alla base viene determinata attraverso la seguente espressione:

$$qb = \sigma_v + 9 cu$$

essendo σ_v la tensione verticale totale alla quota della base del palo e cu la coesione non drenata del terreno di fondazione alla base.

Relativamente alla resistenza laterale, il valore di q_{s_i} viene determinato come:

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

Essendo:

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

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

Tabella 11.1 – Valori di α (AGI 1984)

11.1.1.2 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:

$$qb = Nq^* \times \sigma_v'$$

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

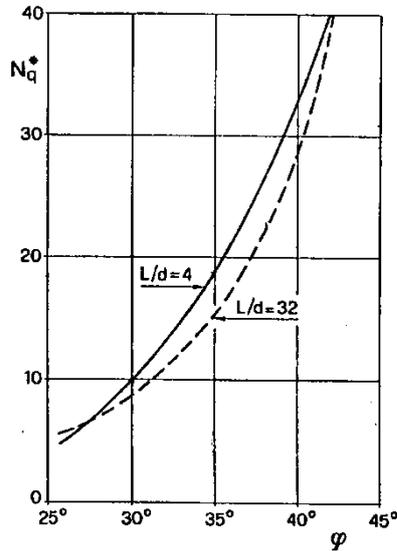


Figura 11.1 – Coefficienti Nq^* (Berezantzev, 1965), corrispondenti all'insorgere delle deformazioni plastiche alla base

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

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

Essendo:

α_N un coefficiente empirico pari a:

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

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

e dalla seguente tabella:

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

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

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

essendo:

$\sigma_v'_m$ il valore della tensione verticale determinata alla quota media dello strato considerato;

β coefficiente empirico;

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

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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:

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

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

11.1.1.3 Unità rocciose

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

$$qb_{amm} = K_{sp} \times q_u$$

con:

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

Dove:

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

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

c spaziatura delle discontinuità;

δ apertura delle discontinuità;

B diametro del palo.

Poulos e Davis in "Analisi e progettazione di fondazioni su pali, 1980", sulla base dei dati empirici forniti da Thorne (1977), suggeriscono una pressione massima ammissibile alla punta dell'ordine di $0.3 q_{um}$ (resistenza monoassiale alla compressione) che sembrerebbe abbastanza prudente per quasi tutte le argilliti rigonfie. Anche in questo caso, il riferimento alle soluzioni teoriche mostra che, tali valori, generalmente, implicano un coefficiente di sicurezza di almeno 3 per le rocce fratturate o con fratture a brevi intervalli, e 12 o più per rocce integre.

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.

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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

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

11.1.2 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 11.1.1.

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:

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

In cui:

d diametro dei pali;

i interasse tra i pali;

m numero di file di pali;

n numero di pali per ciascuna fila.

La verifica si ritiene soddisfatta se:

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

Dove:

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

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

Deve essere:

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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

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 11.1.1.

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.

11.1.4 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;

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).

S.S. 121 "Catane" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

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

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

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

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

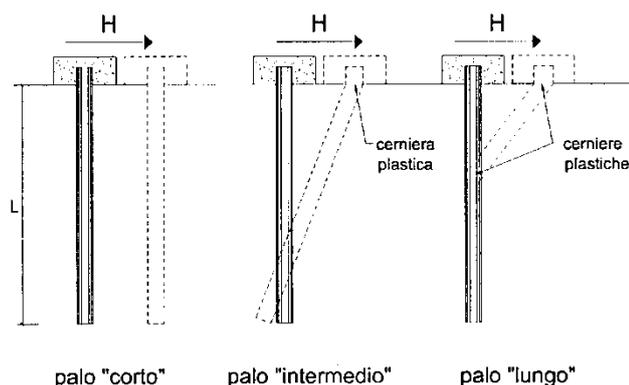


Figura 11.2 – meccanismi di rottura del complesso palo-terreno per pali impediti di ruotare alla testa soggetti a carichi orizzontali (Broms, 1984).

11.1.4.1 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.

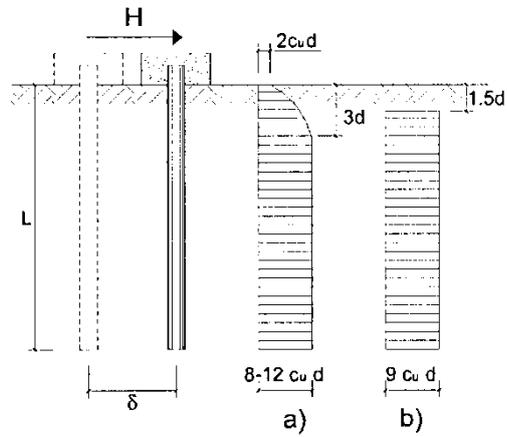


Figura 11.3 – distribuzione della resistenza offerta dal terreno a carichi orizzontali per pali impediti di ruotare alla testa (Broms, 1984).

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

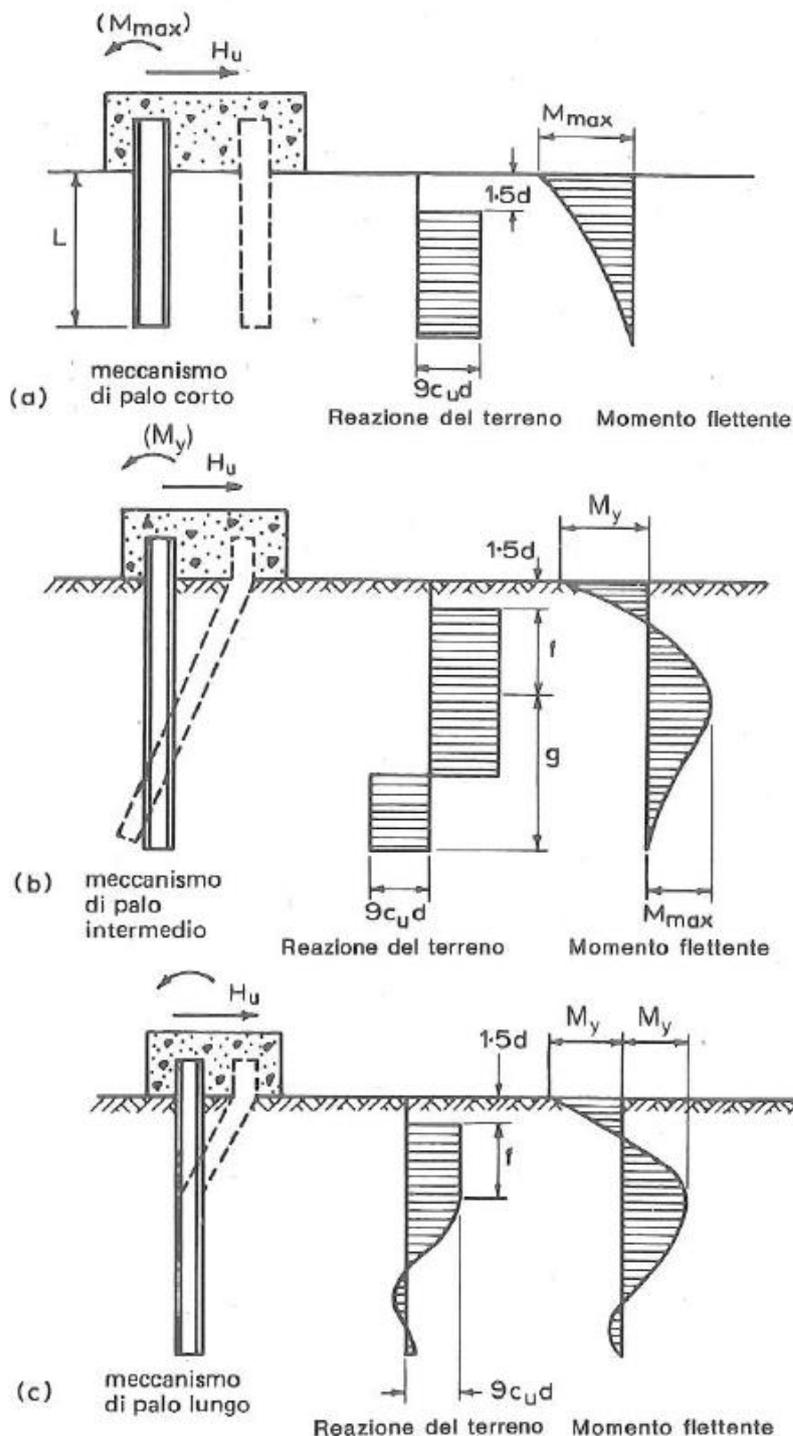


Figura 11.4 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni coesivi (Broms, 1984).

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. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

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

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

11.1.4.2 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' .

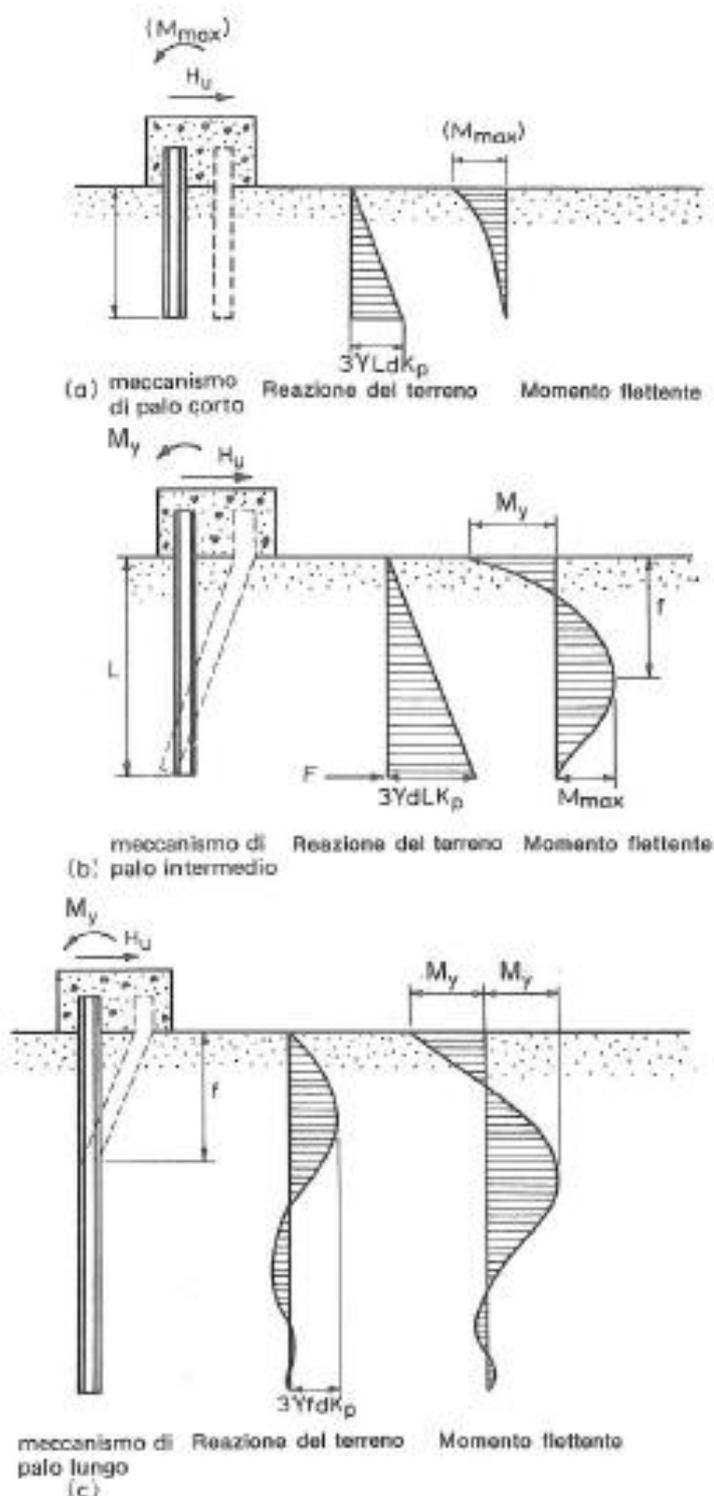


Figura 11.5 – Schemi di calcolo per pali impediti di ruotare in testa e soggetti ad azioni trasversali in terreni incoerenti (Broms, 1984).

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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

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

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

Nel caso di palo scalzato (ove presente) e per il caso di palo lungo, il valore di H_{lim} si ottiene risolvendo le seguenti equazioni:

$$H_{lim} = 1.5k_p \gamma D f^2$$

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

Essendo:

f la profondità della cerniera plastica dal piano di campagna

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

11.1.5 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 11.1.1, 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:

"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 11.6 - Schema A);
- interazione tra pali affiancati, caricati in direzione perpendicolare alla fila (Figura 11.9 - 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.

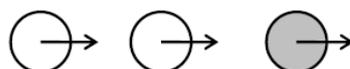


Figura 11.6 – Schema A – Pali in linea

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 11.7.

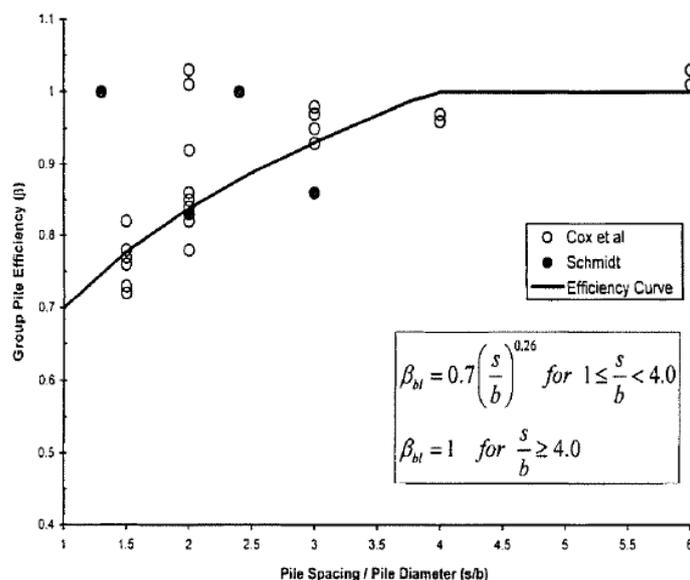


Figura 11.7 – Fattori di riduzione per pali disposti parallelamente alla direzione di carico – Pali frontali

I fattori di riduzione per pali retrostanti possono essere ricavati dalle indicazioni fornite in Figura 11.8.

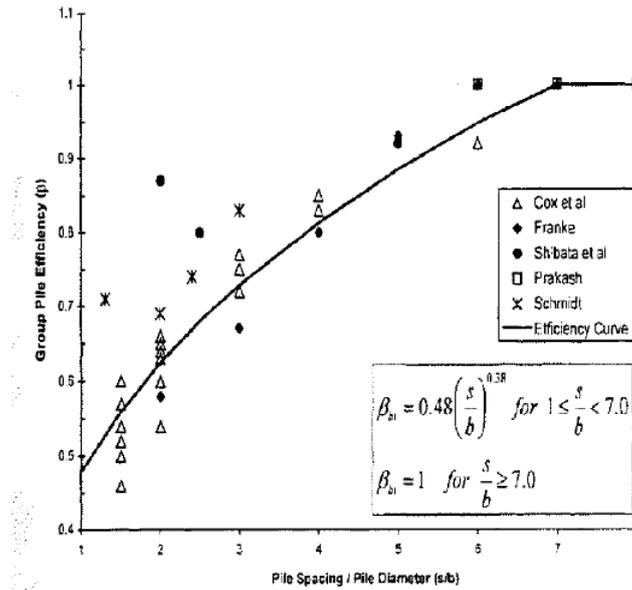


Figura 11.8 – Fattori di riduzione per pali disposti parallelamente alla direzione di carico – Pali retrostanti

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

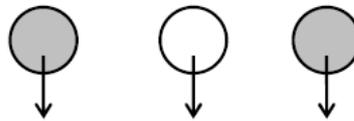


FIGURA 6-12: SCHEMA B – PALI AFFIANCATI

Figura 11.9 – 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 11.10.

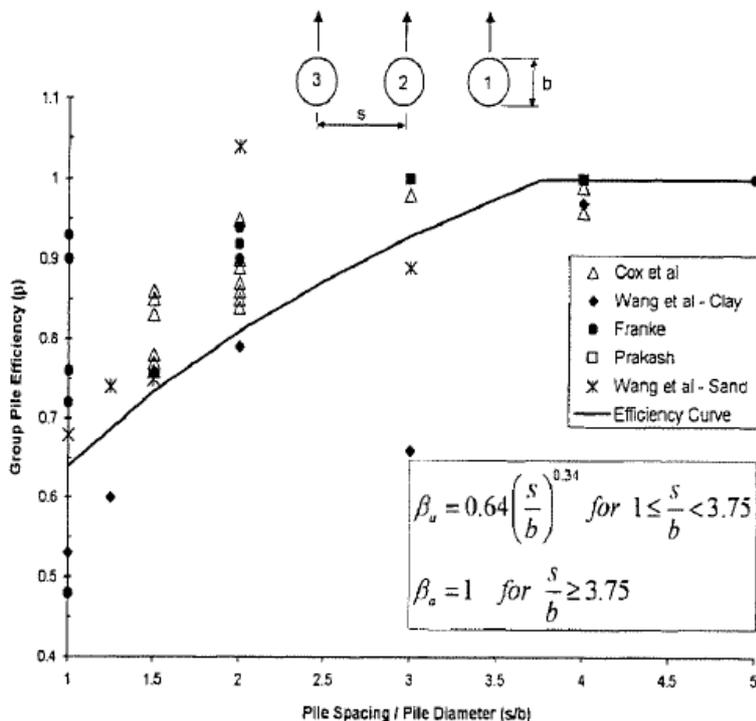


Figura 11.10 – Fattori di riduzione per pali disposti su file perpendicolari alla direzione del carico

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%.

11.1.6 Verifiche SLE - Cedimenti del palo isolato

Il calcolo dei cedimenti del palo singolo è stato effettuato in accordo al metodo proposto da Poulos.

Il terreno viene assunto omogeneo con modulo di Young e coefficiente di Poisson costanti.

Il metodo distingue due casi:

- floating pile, ovvero "palo sospeso";
- end bearing, ovvero palo ammorsato su un terreno più rigido.

Per entrambi i casi, il cedimento in testa al palo può essere stimato con sufficiente accuratezza, nell'ipotesi di palo deformabile in un semispazio elastico, attraverso la seguente relazione:

$$w_1 = \frac{PI}{E_s d}$$

nella quale:

w_1 cedimento del palo isolato;

P carico assiale applicato;

$I_{floating\ pile} = I_o \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_v$;

End bearing = $I_o \cdot R_K \cdot R_b \cdot R_v$;

I_o fattore di influenza (per un palo rigido in un semispazio elastico per $\nu = 0.5$)

R_K fattore correttivo che tiene conto della compressibilità del palo;

R_h fattore correttivo che tiene conto della profondità (finita) del substrato rigido;

R_b fattore correttivo caso End Bearing funzione del rapporto L/d e E_b/E_s ;

R_v fattore correttivo del coefficiente di Poisson;

h altezza totale dello strato di terreno;

E_s modulo elastico del terreno (assunto un valore pari alla media pesata secondo lo spessore degli strati attraversati dal palo).

Di seguito si riporta il significato dei simboli per i parametri delle correlazioni grafiche:

d_b diametro del palo alla base;

d diametro del palo in testa;

L lunghezza del palo;

K rapporto tra i moduli di elasticità del materiale costituente il palo e del terreno.

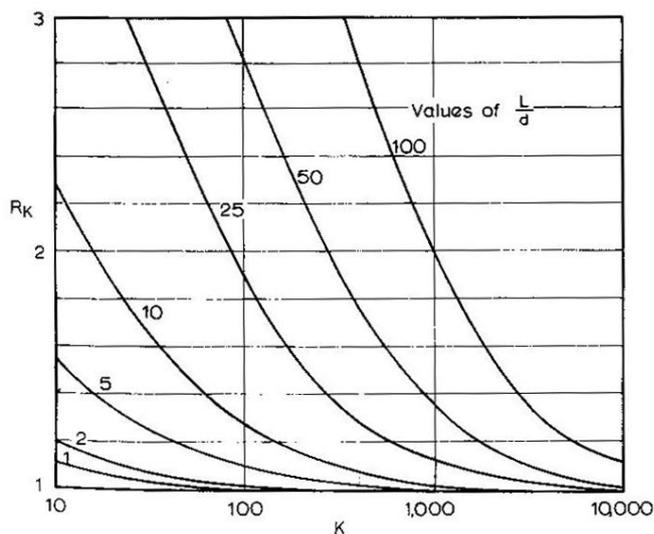
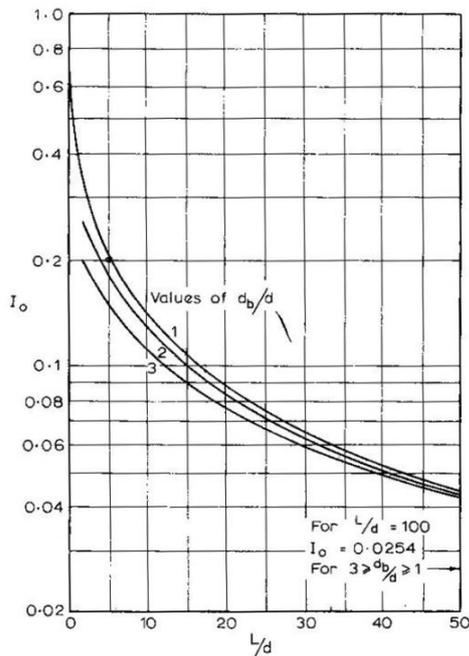


Figura 11.11 – fattori correttivi I_o ed R_K

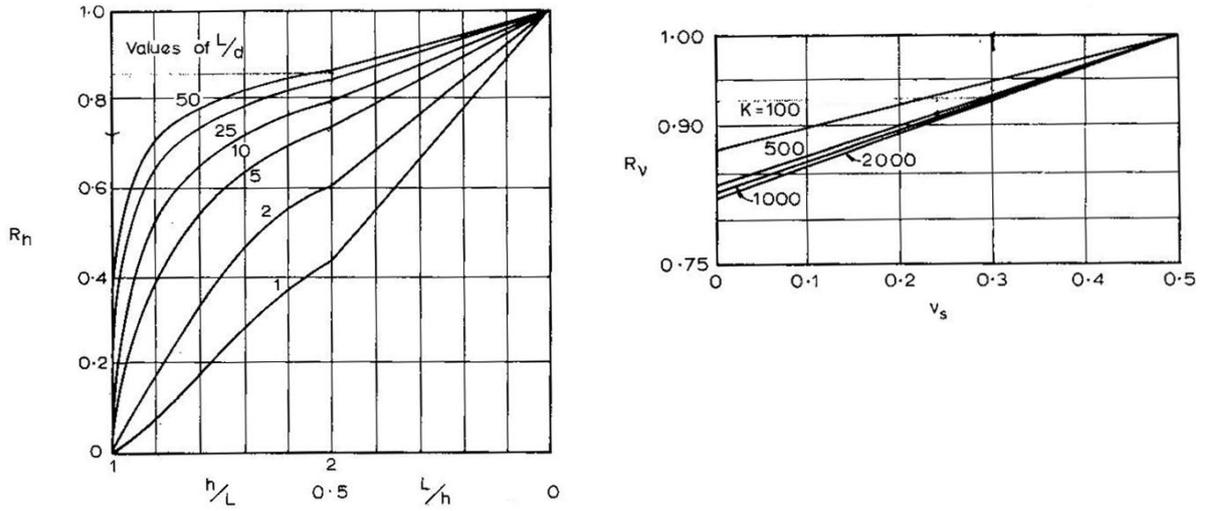


Figura 11.12 – fattori correttivi R_h ed R_v

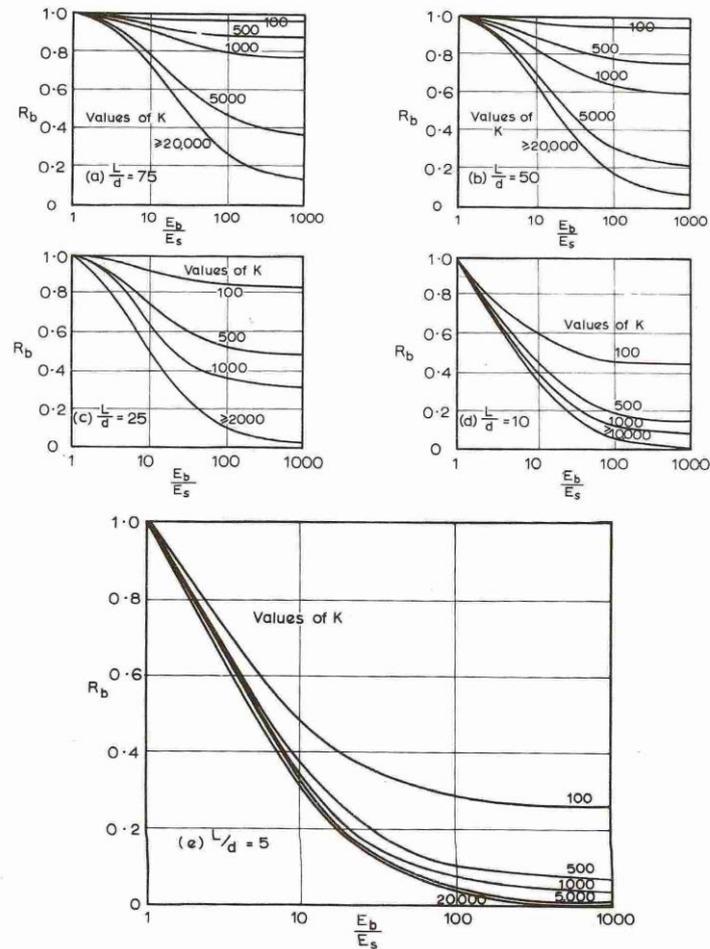


Figura 11.13 - fattore correttivo R_b : caso end-bearing

S.S. 121 "Catane" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX	

11.1.7 Verifiche SLE - Cedimenti della palificata

Il calcolo dei cedimenti della palificata viene effettuato a partire dal cedimento del palo singolo w_1 valutato a parità di carico medio per palo, attraverso la seguente espressione suggerita da AGI (1984), relativa al caso di pali trivellati:

$$w = w_1 \left(\frac{0.6B}{0.3B + 0.3} \right)^2$$

In cui B è la dimensione minima in pianta della palificata espressa in metri.

11.2 Applicazione al caso in esame

Si omettono le verifiche di stabilità globale delle fondazioni su pali del viadotto, che ricadono su aree in piano o a pendenza estremamente modesta.

11.2.1 Caratteristiche delle opere di fondazione su pali

Le fondazioni delle pile sono di tipo indiretto su pali trivellati $\phi 1200$, collegati in testa da rigide zattere di fondazione di altezza pari a 2.30 m.

Per le pile sono previste palificate con 9 pali, disposti su tre file con distanza minima tra gli assi dei pali pari a 3.6 m (3D).

11.2.2 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.

LAVORO: UP62-SS121 PALERMO BOLOGNETTA
TABELLA PARAMETRI PER VERIFICHE OPERE DI FONDAZIONE

VIADOTTO: VI09 Numero delle verticali indagate spinte a profondità utile al dimensionamento dei pali 1

Allineamento: PILE

Profondità falda da piano di campagna zw m 4.0

STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO
* da intradosso fondazione

Strato n.	Da [m]	A [m]	Unità	PARAMETRI DI RESISTENZA										
				VALORI MEDI					VALORI MINIMI					
				γ_{med} [kPa]	$q_{U,med}$ [kPa]	$c_{U,med}$ [kPa]	c'_{med} [kPa]	ϕ^*_{med} [°]	NSPT	γ_{min} [kPa]	$q_{U,min}$ [kPa]	$c_{U,min}$ [kPa]	c'_{min} [kPa]	ϕ^*_{min} [°]
1	0.00	6.00	ALF	19.0	-	-	5.0	23.0	25	18.0	50.0	0.0	20.0	20
2	6.00	60.00	FN	20.0	200*	30.0	25.0	45	19.5	150*	15.0	22.0	15	

*Per la verifica della portanza trasversale, che coinvolge solo i primi metri dello strato FN sono stati assunti valori di $C_{u,med}$ 150 kPa e $C_{u,min}$ 100 kPa

Tabella 11.2 – Stratigrafie e parametri geotecnici per il progetto delle fondazioni.

11.2.3 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 Rcd – Lunghezza del palo (L_p), che consentono il dimensionamento della lunghezza del palo in funzione dei carichi di progetto Fcd.

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

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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			PARAMETRI MEDI			PARAMETRI MINIMI			ENV	PALI SOGGETTI A TRAZIONE						
Stratigrafia	Allineamenti	Lp [m]	Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Rsd [kN]	Rbd [kN]	Rcd [kN]	Rcd [kN]	Edc [kN]	c.u. %	Rtd [kN]	Rtd [kN]	Rtd [kN]	Edt [kN]	c.u. %
STR1	P5	38.0	5975	1298	7056	5131	1064	5956	5956	5205	87%	4399	3832	3832	0	0%

Tabella 11.3 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite del palo singolo nei riguardi dei carichi assiali di compressione e di trazione (sfilamento)

RIEPILOGO RISULTATI						MEDI	MINIMI	ENV		
Stratigrafia	Allineamenti	D [m]	i [m]	npali	η (%)	Rcd,gr med [kN]	Rcd,gr min [kN]	Rcd,gr [kN]	Edc [kN]	c.u. %
STR1	P5	1.20	3.60	9	73%	46158	38965	38965	35098	90%

Tabella 11.4 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali di compressione

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

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

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

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	npali	η (%)	Rtr,dgr (kN)	Ftr,dgr (kN)	c.u.gr
STR1	P5	1718	866	482	56%	9	80%	6232	4338	70%

Tabella 11.5 – Riepilogo risultati verifiche di collasso per carico limite del palo singolo e della palificata nei riguardi dei carichi trasversali

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

11.2.5 Verifiche SLE - Cedimenti del palo singolo e della palificata

In allegato si riporta il calcolo dei cedimenti per i pali singoli e per le palificate.

Per le Pile si è fatto riferimento al comportamento di [palo sospeso su strato di spessore indefinito](#).

Si ottiene quanto segue:

RIEPILOGO RISULTATI			
Allineamenti	Nmax (kN)	w palo singolo (mm)	w palificata (mm)
Pile	3789	5.0	16.3

I valori ottenuti sono contenuti e compatibili con la funzionalità dell'opera.

S.S. 121 "Cataneese" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 anas GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

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

12.1 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.

12.2 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

12.3 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.

12.4 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.

12.5 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.

12.6 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

S.S. 121 "Catanese" <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, il Progettista delle Strutture asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

S.S. 121 "Catanese" <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 anas GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

13 ALLEGATO 1– SOTTOSTRUTTURE: PILA P5

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**DATI E CALCOLO AZIONI ELEMENTARI IN ELEVAZIONE E FONDAZIONE**

Pila oggetto di analisi e verifica		nome	P5
Azioni trasmesse da impalcato (0 = Analisi semplificata - 1 = Analisi FEM)		Analisi	1
Geometria impalcato		Var	unità
Lunghezza complessiva viadotto		Ltot	m 381.20
Lunghezza campata sx		Lsx	m 60
Lunghezza campata dx		Ldx	m 60
Larghezza impalcato		Bimp	m 11.25
Altezza impalcato da piano viario ad intradosso		Himp	m 3.42
Distanza media tra intradosso impalcato e testa baggioli		Happ	m 0.45
Altezza media baggioli		Hbag	m 0.65
eccentricità trasversale dell'impalcato rispetto all'asse della pila (+ verso sx)		etimp	m 0.00
Distanza tra pila e punto a spostamento nullo impalcato		Lall	m 90.00
Dati isolatori elastomerici		Var	unità
Rigidità complessiva degli isolatori sulla pila in fase sismica		Kiso_sis_pila	kN/m 10600
Rigidità complessiva del sistema di isolamento in fase sismica		Kiso_sis_tot	kN/m 70920
Rigidità complessiva degli isolatori sulla pila in fase statica		Kiso_st_pila	kN/m 26500
Rigidità complessiva del sistema di isolamento in fase statica		Kiso_st_tot	kN/m 177300
Geometria baggioli e ritegni		Var	unità
Volume cls baggioli e ritegni		Vbag	m ³ 5.20
Geometria pulvino		Var	unità
Altezza complessiva pulvino		Hpul	m 0.00
Dimensione pulvino in direzione longitudinale		Blpul	m 0.00
Volume pulvino		Vpul	m ³ 0.00
Altezza del baricentro delle masse pulvino da intradosso		zg_pul	m 0.00
Geometria pila		Var	unità
Altezza pila (compreso pulvino)		Hpil	m 8.00
Dimensione fusto pila in direzione longitudinale		Blpil	m 3.00
Dimensione fusto pila in direzione trasversale			6.20
Area sezione fusto pila		Apil	m ² 16.67
Volume pila		Vpil	m ³ 183.36
Momento d'inerzia in direzione longitudinale sezione fusto pila		Ilong	m ⁴ 11.18
Momento d'inerzia in direzione trasversale sezione fusto pila		ltrasv	m ⁴ 44.67
Geometria plinto di fondazione		Var	unità
Altezza plinto		Hpl	m 2.30
Dimensione plinto in direzione longitudinale		Blpl	m 9.20
Dimensione plinto in direzione trasversale		Btpl	m 9.20
Volume plinto		Vpl	m ³ 194.67
Altezza del rinterro sopra il plinto		Hrin	m 1.0
Volume rinterro		Vrint	m ³ 67.97
Carichi trasmessi dall'impalcato all'estradosso pulvino (in testa pila)			
Peso proprio impalcato		Var	unità
Peso proprio impalcato per unità di lunghezza		g1,imp	kN/m 117.56
	Carico	fac	HI
			[KN]
			Ht
			[KN]
			P
			[KN]
			Mt
			[KNm]
			MI
			[KNm]
Permanenti portati impalcato		Var	unità
peso permanenti portati per unità di lunghezza		g2,imp	kN/m 48.1
eccentricità rispetto all'asse dell'impalcato (+ verso sx)		eg2,imp	m 0.00
	Carico	fac	HI
			[KN]
			Ht
			[KN]
			P
			[KN]
			Mt
			[KNm]
			MI
			[KNm]
Effetti del ritiro		Var	unità
deformazione da ritiro equivalente sulla sezione composta		e2,imp	0.00027
		HI	
		Ht	
		P	
		Mt	
		MI	

LAVORO: UP62 - SS121 - VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**DATI E CALCOLO AZIONI ELEMENTARI IN ELEVAZIONE E FONDAZIONE**

	Carico	fac	[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]			
Ritiro	e2	1.00	269.0	0.0	10.0	0.0	295.9			
Azioni variabili da traffico - Carichi verticali							Var	unità		
fattore di amplificazione dei carichi verticali distribuiti							fac_d	1.0		
Reazione sulla pila da schema di carico 1 - corsia n.1 - Carichi concentrati							RQ1-c	kN 599.0		
Reazione sulla pila da schema di carico 1 - corsia n.1 - Carichi distribuiti							RQ1-d	kN 1772.0		
Reazione sulla pila da schema di carico 5 (folla) - Carichi distribuiti							RQf-d	kN 0.0		
Larghezza del cordolo sinistro							Bcordsx	m 0.75		
Larghezza del cordolo destro							Bcorddx	m 0.75		
Larghezza complessiva impalcato							Bimp	m 11.25		
Larghezza della piattaforma carrabile							Bpiat	m 9.75		
Numero di corsie convenzionali							ncorsie	3		
Larghezza rimanente piattaforme oltre le corsie convenzionali							Bres	m 0.75		
Larghezza della porzione di cordolo sx impegnata dalla folla							Bfolla sx	m 0.00		
Larghezza della porzione di cordolo sx impegnata dalla folla							Bfolla sx	m 0.00		
corsia 1		corsia 2		corsia 3		largh. Rimanente		folla		
facC1	1.00	facC2	0.67	facC3	0.33	facD4	0.07	facD5	0.00	
facD1	1.00	facD2	0.28	facD3	0.28	facD4	0.07	facD5	0.00	
ecc. (m)	e1	3.38	e2	0.38	e3	-2.63	e4	-4.50	e5	5.48
			HI	Ht	P	Mt	MI			
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]			
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx			Q1-a	0.0	0.0	4077.5	5966.5	0.0		
corsia 1		corsia 2		corsia 3		largh. Rimanente		folla		
facC1	1.00	facC2	0.67	facC3	0.00	facD4	0.00	facD5	0.00	
facD1	1.00	facD2	0.28	facD3	0.00	facD4	0.00	facD5	0.00	
e1	3.38	e2	0.38	e3	0.00	e4	0.00	e4	5.48	
			HI	Ht	P	Mt	MI			
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]			
Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-sx			Q1-b	0.0	0.0	3262.6	8336.5	0.0		
corsia 1		corsia 2		corsia 3		largh. Rimanente		folla		
facC1	1.00	facC2	0.67	facC3	0.33	facD4	0.07	facD5	0.00	
facD1	1.00	facD2	0.28	facD3	0.28	facD4	0.07	facD5	0.00	
e1	-3.38	e2	-0.38	e3	2.63	e4	4.50	e4	-5.48	
			HI	Ht	P	Mt	MI			
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]			
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx			Q1-c	0.0	0.0	4077.5	-5966.5	0.0		
corsia 1		corsia 2		corsia 3		largh. Rimanente		folla		
facC1	1.00	facC2	0.67	facC3	0.00	facD4	0.00	facD5	0.00	
facD1	1.00	facD2	0.28	facD3	0.00	facD4	0.00	facD5	0.00	
e1	-3.38	e2	-0.38	e3	0.00	e4	0.00	e4	-5.48	
			HI	Ht	P	Mt	MI			
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]			
Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-dx			Q1-d	0.0	0.0	3262.6	-8336.5	0.0		
Effetti della frenatura							Var	unità		
Azione longitudinale di frenatura							Hq3	kN 900.0		
			HI	Ht	P	Mt	MI			
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]			
Frenatura			q3	131.0	0.0	0.0	0.0	144.1		
Forza centrifuga							Var	unità		
Raggio di curvatura tracciato (+ se provoca Mt positivo verso sx)							R	m 0.0		
Azione centrifuga per singola colonna di carico							Hq4	kN 0.0		
			HI	Ht	P	Mt	MI			
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]			
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax			q4-a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**DATI E CALCOLO AZIONI ELEMENTARI IN ELEVAZIONE E FONDAZIONE**

Azione centrifuga - Combinazioni M _{tmax}	q4-b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Vento ad impalcato scarico					Var	unità	
azione del vento sull'impalcato scarico	q5-a				kN/m ²	2.02	
Altezza della superficie laterale impalcato investita dal vento	Himp_lat				m	7.75	
Altezza del baricentro della sezione laterale investita dal vento rispetto all'intradosso	zg_lat_a				m	4.60	
	Carico	fac	HI	Ht	P	Mt	MI
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]
Vento ad impalcato scarico	q5-a	1.00	0.0	931.0	0.0	5302.0	0.0
Vento ad impalcato carico					Var	unità	
azione del vento sull'impalcato carico	q5-b				kN/m ²	1.83	
Altezza della superficie laterale impalcato investita dal vento	Himp_lat				m	5.69	
Altezza del baricentro della sezione laterale investita dal vento rispetto all'intradosso	zg_lat_b				m	3.57	
	Carico	fac	HI	Ht	P	Mt	MI
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]
Vento ad impalcato carico	q5-b	1.00	0.0	629.8	0.0	2938.0	0.0
Azioni idrodinamiche					Var	unità	
Azione idrodinamica - Piena di progetto TR = 200 anni	Hq6				kN	0.0	
Altezza del punto di applicazione rispetto allo spiccato della pila	zq6				m	0.00	
Inclinazione della piena rispetto all'asse trasversale della pila	αq6				°	0.00	
	Carico		HI	Ht	P	Mt	MI
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]
Azione idrodinamica - Piena di progetto	q6		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Effetti Variazione termica uniforme positiva					Var	unità	
Variazione termica positiva	DT+				°	30.8	
coefficiente di dilatazione termica delle strutture d'impalcato	a				m	1.00E-05	
	Carico		HI	Ht	P	Mt	MI
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]
Variazione termica positiva	q7-a		-785.0	0.0	0.0	0.0	-863.5
Effetti Variazione termica uniforme negativa					Var	unità	
Variazione termica negativa	DT-				°	26.4	
coefficiente di dilatazione termica delle strutture d'impalcato	a				m	1.00E-05	
	Carico		HI	Ht	P	Mt	MI
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]
Variazione termica negativa	q7-b		677.0	0.0	0.0	0.0	744.7
Resistenze passive dei vincoli					Var	unità	
azione orizzontale longitudinale per resistenza passiva dei vincoli	Hq9				kN	0.0	
	Carico		HI	Ht	P	Mt	MI
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]
Resistenze passive dei vincoli	q9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Carichi agenti sulle strutture della pila							
Peso proprio pila					Var	unità	
peso proprio baggioli e ritegni	g1,pila-a				kN	130.0	
peso proprio pulvino	g1,pila-b				kN	0.0	
peso proprio fusto pila	g1,pila-c				kN	4584.0	
peso proprio plinto di fondazione	g1,pila-d				kN	4866.8	
Peso rinterro sopra plinto					Var	unità	
peso rinterro	g2,rin				kN	1223.5	
Vento su strutture pila					Var	unità	
azione del vento sulla pila	q5-c				kN/m ²	1.22	
	Carico		HI	Ht	P	Mt	MI
			[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]
Effetti del vento sul pulvino (alla base)	q5-c1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**DATI E CALCOLO AZIONI ELEMENTARI IN ELEVAZIONE E FONDAZIONE**

Effetti del vento sul fusto pila (alla base)	q5-c2	0.0	29.3	0.0	117.1	0.0
--	-------	-----	------	-----	-------	-----

Dati per analisi sismiche sottostrutture

	Var	unità	
Fattore di comportamento	q		1.00
Fattore 1/q	1/q		1.00
Accelerazione al suolo	a_g	g	0.227
Parametro F_0	F_0	[-]	2.438
Tempo T_C^*	T_C^*	sec	0.307
Parametro F_v	F_v		1.57
accelerazione al suolo	a_g	m/sec ²	2.23
Categoria di Sottosuolo	Cat_S		C
Parametro S_s	S_s		1.37
Parametro C_C	C_C		1.55
Categoria topografica	Cat_T		T1
Parametro S_T	S_T		1.00
Parametro S	S		1.37
Periodo T_B	T_B	sec	0.159
Periodo T_C	T_C	sec	0.476
Periodo T_D	T_D	sec	2.508
Accelerazione spettrale per $T=T_B$ $a_g S \eta F_0$	$Se(T_B)$	m/sec ²	7.43
Accelerazione spettrale per $T=T_C$ $a_g S \eta F_0$	$Se(T_C)$	m/sec ²	7.43
Accelerazione spettrale per $T=T_D$ $a_g S \eta 2.5 T_C/T_D$	$Se(T_D)$	m/sec ²	1.41

Sisma orizzontale su strutture di fondazione

	Var	unità	dir. Long.
coefficiente sismico orizzontale	$kh = a_g S$	kh	0.31

	Carico	HI [KN]	Ht [KN]	P [KN]	Mt [KNm]	MI [KNm]
Effetti sisma long. Su plinto e rinterro (alla base)	q6.f-x	1891.2	0.0	0.0	0.0	2611.7
Effetti sisma trasv. Su plinto e rinterro (alla base)	q6.f-y	0.0	1891.2	0.0	2611.7	0.0

Analisi sismica sottostrutture agli SLV- direzione verticale

	Var	unità	dir. Long.
coefficiente sismico verticale al pianerottolo	$kv = a_g S \eta F_v$	kv	0.49
Azione sismica sul pulvino + baggioli + ritegni	HSLV.p-Z1	kN	63.3
Azione sismica sul fusto pila	HSLV.p-Z2	kN	2232.1
Azione sismica sul plinto di fondazione + rinterro	HSLV.p-Z3	kN	2965.6

Sisma longitudinale - Impalcato isolato

	Var	unità	
azione orizzontale longitudinale trasmessa dagli isolatori agli SLV	Hsis-long	kN	1889.0

	Carico	HI [KN]	Ht [KN]	P [KN]	Mt [KNm]	MI [KNm]
Sisma longitudinale	ESLV-X	1889.0	0.0	0.0	0.0	2077.9

Sisma trasversale - Impalcato isolato

	Var	unità	
azione orizzontale trasversale trasmessa dagli isolatori agli SLV	Hsis-trasv	kN	1954.0
altezza del centro di massa rispetto all'intradosso dell'impalcato	zg	m	2.73

	Carico	HI [KN]	Ht [KN]	P [KN]	Mt [KNm]	MI [KNm]
Sisma trasversale	ESLV-Y	0.0	1954.0	0.0	7478.7	0.0

Sisma verticale - Impalcato isolato

	Var	unità	
coefficiente sismico verticale al pianerottolo	kv		0.49
azione verticale trasmessa dagli isolatori agli SLV	Psis	kN	1054.0

	Carico	HI [KN]	Ht [KN]	P [KN]	Mt [KNm]	MI [KNm]
Sisma verticale	ESLV-Z	0.0	0.0	1054.0	0.0	0.0

Riepilogo azioni trasmesse dall'impalcato all'estradosso pulvino (testa pila)

Condizione di carico	Carico	HI [KN]	Ht [KN]	P [KN]	Mt [KNm]	MI [KNm]
Peso proprio impalcato	G1-a	0.0	0.0	8164.0	0.0	0.0
Permanenti portati impalcato	G2-a	0.0	0.0	2944.0	0.0	0.0

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**DATI E CALCOLO AZIONI ELEMENTARI IN ELEVAZIONE E FONDAZIONE**

Ritiro	e2	269.0	0.0	10.0	0.0	295.9
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	Q1-a	0.0	0.0	4077.5	5966.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-sx	Q1-b	0.0	0.0	3262.6	8336.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	Q1-c	0.0	0.0	4077.5	-5966.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-dx	Q1-d	0.0	0.0	3262.6	-8336.5	0.0
Frenatura	q3	131.0	0.0	0.0	0.0	144.1
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	q4-a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Azione centrifuga - Combinazioni Mmax	q4-b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vento ad impalcato scarico	q5-a	0.0	931.0	0.0	5302.0	0.0
Vento ad impalcato carico	q5-b	0.0	629.8	0.0	2938.0	0.0
Variazione termica positiva	q7-a	-785.0	0.0	0.0	0.0	-863.5
Variazione termica negativa	q7-b	677.0	0.0	0.0	0.0	744.7
Resistenze passive dei vincoli	q9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sisma longitudinale	ESLV-X	1889.0	0.0	0.0	0.0	2077.9
Sisma trasversale	ESLV-Y	0.0	1954.0	0.0	7478.7	0.0
Sisma verticale	ESLV-Z	0.0	0.0	1054.0	0.0	0.0

Azioni all'intradosso del pulvino (testa fusto pila)

Condizione di carico	Carico	HI [KN]	Ht [KN]	P [KN]	Mt [KNm]	MI [KNm]
Peso proprio impalcato	G1-a	0.0	0.0	8164.0	0.0	0.0
Peso proprio pila	G1-b	0.0	0.0	130.0	0.0	0.0
Permanenti portati impalcato	G2-a	0.0	0.0	2944.0	0.0	0.0
Ritiro	e2	269.0	0.0	10.0	0.0	295.9
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	Q1-a	0.0	0.0	4077.5	5966.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-sx	Q1-b	0.0	0.0	3262.6	8336.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	Q1-c	0.0	0.0	4077.5	-5966.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-dx	Q1-d	0.0	0.0	3262.6	-8336.5	0.0
Frenatura	q3	131.0	0.0	0.0	0.0	144.1
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	q4-a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Azione centrifuga - Combinazioni Mmax	q4-b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vento ad impalcato scarico	q5-a	0.0	931.0	0.0	5302.0	0.0
Vento ad impalcato carico	q5-b	0.0	629.8	0.0	2938.0	0.0
Azione idrodinamica	q6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Variazione termica positiva	q7-a	-785.0	0.0	0.0	0.0	-863.5
Variazione termica negativa	q7-b	677.0	0.0	0.0	0.0	744.7
Resistenze passive dei vincoli	q9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sisma longitudinale	ESLV-X	1889.0	0.0	0.0	0.0	2077.9
Sisma trasversale	ESLV-Y	0.0	1954.0	0.0	7478.7	0.0
Sisma verticale	ESLV-Z	0.0	0.0	1117.3	0.0	0.0

Azioni allo spiccatto del fusto pila

Condizione di carico	Carico	HI [KN]	Ht [KN]	P [KN]	Mt [KNm]	MI [KNm]
Peso proprio impalcato	G1-a	0.0	0.0	8164.0	0.0	0.0
Peso proprio pila	G1-b	0.0	0.0	4714.0	0.0	0.0
Permanenti portati impalcato	G2-a	0.0	0.0	2944.0	0.0	0.0
Ritiro	e2	269.0	0.0	10.0	0.0	2447.9
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	Q1-a	0.0	0.0	4077.5	5966.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-sx	Q1-b	0.0	0.0	3262.6	8336.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	Q1-c	0.0	0.0	4077.5	-5966.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-dx	Q1-d	0.0	0.0	3262.6	-8336.5	0.0
Frenatura	q3	131.0	0.0	0.0	0.0	1192.1
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	q4-a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Azione centrifuga - Combinazioni Mmax	q4-b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vento ad impalcato scarico	q5-a	0.0	960.3	0.0	12867.2	0.0
Vento ad impalcato carico	q5-b	0.0	659.1	0.0	8093.5	0.0
Azioni idrodinamiche	q6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Variazione termica positiva	q7-a	-785.0	0.0	0.0	0.0	-7143.5
Variazione termica negativa	q7-b	677.0	0.0	0.0	0.0	6160.7
Resistenze passive dei vincoli	q9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sisma longitudinale	ESLV-X	1889.0	0.0	0.0	0.0	17189.9
Sisma trasversale	ESLV-Y	0.0	1954.0	0.0	23110.7	0.0
Sisma verticale	ESLV-Z	0.0	0.0	3349.4	0.0	0.0

Azioni all'intradosso del plinto di fondazione

HI	Ht	P	Mt	MI
----	----	---	----	----

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**DATI E CALCOLO AZIONI ELEMENTARI IN ELEVAZIONE E FONDAZIONE**

Condizione di carico	Carico	[KN]	[KN]	[KN]	[KNm]	[KNm]
Peso proprio impalcato	G1-a	0.0	0.0	8164.0	0.0	0.0
Peso proprio pila	G1-b	0.0	0.0	9580.8	0.0	0.0
Permanenti portati impalcato	G2-a	0.0	0.0	2944.0	0.0	0.0
Permanenti portati rinterro	G2-b	0.0	0.0	1223.5	0.0	0.0
Ritiro	e2	269.0	0.0	10.0	0.0	3066.6
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	Q1-a	0.0	0.0	4077.5	5966.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-sx	Q1-b	0.0	0.0	3262.6	8336.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	Q1-c	0.0	0.0	4077.5	-5966.5	0.0
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-dx	Q1-d	0.0	0.0	3262.6	-8336.5	0.0
Frenatura	q3	131.0	0.0	0.0	0.0	1493.4
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	q4-a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Azione centrifuga - Combinazioni Mmax	q4-b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vento ad impalcato scarico	q5-a	0.0	960.3	0.0	15075.8	0.0
Vento ad impalcato carico	q5-b	0.0	659.1	0.0	9609.4	0.0
Azioni idrodinamiche	q6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Variazione termica positiva	q7-a	-785.0	0.0	0.0	0.0	-8949.0
Variazione termica negativa	q7-b	677.0	0.0	0.0	0.0	7717.8
Resistenze passive dei vincoli	q9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sisma longitudinale	ESLV-X	3780.2	0.0	0.0	0.0	24146.3
Sisma trasversale	ESLV-Y	0.0	3845.2	0.0	30216.7	0.0
Sisma verticale	ESLV-Z	0.0	0.0	6315.0	0.0	0.0

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA

Allineamento: P5

RIEPILOGO AZIONI AL BARICENTRO DELLA PALIFICATA

		HI [kN]	Ht [kN]	P [kN]	Mt [kNm]	MI [kNm]		
Peso proprio impalcato	G1-a	0	0	8164	0	0	Peso proprio impalcato	G1-b
Peso proprio pila	G1-b	0	0	9581	0	0	Peso proprio pila	G1-b
Permanenti portati impalcato	G2-a	0	0	2944	0	0	Permanenti portati impalcato	G2-a
Permanenti portati rinterro	G2-b	0	0	1223	0	0	Permanenti portati rinterro	G2-b
Ritiro	e2	269	0	10	0	3067	Ritiro	e2
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	Q1-a	0	0	4078	5967	0	Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	Q1-a
Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-sx	Q1-b	0	0	3263	8336	0	Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-sx	Q1-b
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	Q1-c	0	0	4078	-5967	0	Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	Q1-c
Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-dx	Q1-d	0	0	3263	-8336	0	Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-dx	Q1-d
Frenatura	q3	131	0	0	0	1493	Frenatura	q3
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	q4-a	0	0	0	0	0	Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	q4-a
Azione centrifuga - Combinazioni Mtmax	q4-b	0	0	0	0	0	Azione centrifuga - Combinazioni Mtmax	q4-b
Vento ad impalcato scarico	q5-a	0	960	0	15076	0	Vento ad impalcato scarico	q5-a
Vento ad impalcato carico	q5-b	0	659	0	9609	0	Vento ad impalcato carico	q5-b
Azioni idrodinamiche	q6	0	0	0	0	0		
Variazione termica positiva	q7-a	-785	0	0	0	-8949	Variazione termica positiva	q7-a
Variazione termica negativa	q7-b	677	0	0	0	7718	Variazione termica negativa	q7-b
Resistenze passive dei vincoli	q9	0	0	0	0	0	Resistenze passive dei vincoli	q9
Sisma longitudinale	ESLV-X	3780	0	0	0	24146	Sisma longitudinale	q6.i-X
Sisma trasversale	ESLV-Y	0	3845	0	30217	0	Sisma trasversale	q6.i-Y
Sisma verticale	ESLV-Z	0	0	6315	0	0	Sisma verticale	q6.i-Z

COMBINAZIONI DI CARICO

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

	q1								q3							
Peso proprio impalcato	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
Peso proprio pila	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
Permanenti portati impalcato	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
Permanenti portati rinterro	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
Ritiro	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
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-sx	0.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	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
Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-dx	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
Frenatura	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
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Mtmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato carico	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
Azioni idrodinamiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variazione termica positiva	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00
Variazione termica negativa	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA

Resistenze passive dei vincoli	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
Sisma longitudinale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma trasversale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma verticale	0.00	0.00	0.00	0.00	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							
Peso proprio impalcato	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
Peso proprio pila	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
Permanenti portati impalcato	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
Permanenti portati rinterro	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
Ritiro	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
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	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
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-sx	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
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	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
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-dx	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	1.01	1.01	0.00
Frenatura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	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
Azione centrifuga - Combinazioni Mmax	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
Vento ad impalcato scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato carico	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	-1.50
Azioni idrodinamiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variazione termica positiva	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
Variazione termica negativa	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00
Resistenze passive dei vincoli	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
Sisma longitudinale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma trasversale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma verticale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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.

					q6				
Peso proprio impalcato	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Peso proprio pila	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Permanenti portati impalcato	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Permanenti portati rinterro	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Ritiro	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-sx	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00
Frenatura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Mmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato carico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni idrodinamiche	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Variazione termica positiva	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variazione termica negativa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resistenze passive dei vincoli	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Sisma longitudinale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma trasversale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA

Sisma verticale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
									S.L.V.								
					ESLV-X							ESLV-Y					
Peso proprio impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso proprio pila	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti portati impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti portati rinterro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ritiro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-sx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frenatura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Mtmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato carico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni idrodinamiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variazione termica positiva	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.20	0.20
Variazione termica negativa	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00
Resistenze passive dei vincoli	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Sisma longitudinale	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30	0.30	0.30	-0.30	-0.30
Sisma trasversale	0.30	0.30	-0.30	-0.30	0.30	0.30	-0.30	-0.30	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
Sisma verticale	0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30
									S.L.E.car								
					q1							q3					
Peso proprio impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso proprio pila	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti portati impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti portati rinterro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ritiro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-sx	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mtmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75
Frenatura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Mtmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato carico	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60
Azioni idrodinamiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variazione termica positiva	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
Variazione termica negativa	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
Resistenze passive dei vincoli	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sisma longitudinale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma trasversale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma verticale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
									S.L.E.car								

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA

	q4								q5							
Peso proprio impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso proprio pila	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti portati impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti portati rinterro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ritiro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-sx	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00
Frenatura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Mmax	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato carico	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
Azioni idrodinamiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variazione termica positiva	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
Variazione termica negativa	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
Resistenze passive dei vincoli	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sisma longitudinale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma trasversale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma verticale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

S.L.E.car

	q6							
Peso proprio impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso proprio pila	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti portati impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti portati rinterro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ritiro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-sx	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75
Frenatura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Mmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato carico	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60
Azioni idrodinamiche	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Variazione termica positiva	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variazione termica negativa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resistenze passive dei vincoli	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sisma longitudinale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma trasversale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma verticale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

S.L.E.freq

	q1				q5				S.L.E.qp				
Peso proprio impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso proprio pila	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA**

Permanenti portati impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti portati rinterro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ritiro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-sx	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mtxmax-sx	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Nmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni var. Verticali. Comb. Mtxmax-dx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frenatura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Nmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azione centrifuga - Combinazioni Mtxmax	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.00	0.00	0.00
Vento ad impalcato carico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni idrodinamiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variazione termica positiva	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00
Variazione termica negativa	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
Resistenze passive dei vincoli	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sisma longitudinale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma trasversale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma verticale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

S.L.U.																	
					q1					q3							
HI	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-561	1109	-561	1109	-561	1109	-561	1109	
Ht	593	593	593	593	-593	-593	-593	-593	593	593	593	593	-593	-593	-593	-593	
P	35098	35098	33998	33998	35098	35098	33998	33998	33722	33722	32897	32897	33722	33722	32897	32897	
Mx	16703	16703	19903	19903	-16703	-16703	-19903	-19903	14690	14690	17089	17089	-14690	-14690	-17089	-17089	
My	-4374	10626	-4374	10626	-4374	10626	-4374	10626	-6390	12642	-6390	12642	-6390	12642	-6390	12642	
S.L.U.																	
					q4					q5							
Fx	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	
Fy	593	593	593	593	-593	-593	-593	-593	989	989	989	989	-989	-989	-989	-989	
Fz	33722	33722	32897	32897	33722	33722	32897	32897	33722	33722	32897	32897	33722	33722	32897	32897	
Mx	14690	14690	17089	17089	-14690	-14690	-17089	-17089	20455	20455	22855	22855	-20455	-20455	-22855	-22855	
My	-4374	10626	-4374	10626	-4374	10626	-4374	10626	-4374	10626	-4374	10626	-4374	10626	-4374	10626	
S.L.U.																	
					q7												
Fx	323	323	323	323	323	323	323	323									
Fy	0	0	0	0	0	0	0	0									
Fz	33722	33722	32897	32897	33722	33722	32897	32897									
Mx	6041	6041	8441	8441	-6041	-6041	-8441	-8441									
My	3680	3680	3680	3680	3680	3680	3680	3680									
S.L.V.																	
					q6.x					q6.y							
Fx	4185	4185	4185	4185	-3668	-3668	-3668	-3668	1538	1538	-1022	-1022	1538	1538	-1022	-1022	
Fy	1154	1154	-1154	-1154	1154	1154	-1154	-1154	3845	3845	3845	3845	-3845	-3845	-3845	-3845	

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA**

Fz	23817	20028	23817	20028	23817	20028	23817	20028	23817	20028	23817	20028	23817	20028	23817	20028
Mx	9065	9065	-9065	-9065	9065	9065	-9065	-9065	30217	30217	30217	30217	-30217	-30217	-30217	-30217
My	28757	28757	28757	28757	-22870	-22870	-22870	-22870	11854	11854	-5967	-5967	11854	11854	-5967	-5967

S.L.E.car

				q1								q3				
Fx	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-333	806	-333	806	-333	806	-333	806
Fy	395	395	395	395	-395	-395	-395	-395	395	395	395	395	-395	-395	-395	-395
Fz	26000	26000	25185	25185	26000	26000	25185	25185	24980	24980	24369	24369	24980	24980	24369	24369
Mx	11732	11732	14102	14102	-11732	-11732	-11732	-14102	10241	10241	12018	12018	-10241	-10241	-12018	-12018
My	-2303	7697	-2303	7697	-2303	7697	-2303	7697	-3796	9191	-3796	9191	-3796	9191	-3796	9191

S.L.E.car

				q4								q5				
Fx	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675
Fy	395	395	395	395	-395	-395	-395	-395	659	659	659	659	-659	-659	-659	-659
Fz	24980	24980	24369	24369	24980	24980	24369	24369	24980	24980	24369	24369	24980	24980	24369	24369
Mx	10241	10241	12018	12018	-10241	-10241	-12018	-12018	14084	14084	15862	15862	-14084	-14084	-15862	-15862
My	-2303	7697	-2303	7697	-2303	7697	-2303	7697	-2303	7697	-2303	7697	-2303	7697	-2303	7697

S.L.E.car

				q7												
Fx	269	269	269	269	269	269	269	269								
Fy	395	395	395	395	-395	-395	-395	-395								
Fz	24980	24980	24369	24369	24980	24980	24369	24369								
Mx	10241	10241	12018	12018	-10241	-10241	-12018	-12018								
My	3067	3067	3067	3067	3067	3067	3067	3067								

S.L.E.freq

				q1							q5				S.L.E.qp	
Fx	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608
Fy	0	0	0	0	0	0	0	0	192	192	-192	-192	192	192	0	0
Fz	24980	24980	24369	24369	24980	24980	24369	24369	21922	21922	21922	21922	21922	21922	21922	21922
Mx	4475	4475	6252	6252	-4475	-4475	-6252	-6252	3015	3015	-3015	-3015	3015	3015	0	0
My	-1408	6926	-1408	6926	-1408	6926	-1408	6926	-1408	6926	-1408	6926	-1408	6926	-1408	6926

CALCOLO AZIONI SUI PALI*N.B. File - Direzione longitudinale***Geometria della palificata**

PALO	FILA	Xp	Yp	trasv Jxi	long Jyi	trasv Yp/SJxi	long Xp/SJyi	Plinto	X	Y
1	1	-3.60	3.60	12.96	12.96	0.046	-0.046		-4.600	4.60
2	1	-3.60	0.00	0.00	12.96	0.000	-0.046		4.600	4.60
3	1	-3.60	-3.60	12.96	12.96	-0.046	-0.046		4.600	-4.60
4	2	0.00	3.60	12.96	0.00	0.046	0.000		-4.600	-4.60
5	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000		-4.60	4.60
6	2	0.00	-3.60	12.96	0.00	-0.046	0.000			
7	3	3.60	3.60	12.96	12.96	0.046	0.046			
8	3	3.60	0.00	0.00	12.96	0.000	0.046			

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA

9	3	3.60	-3.60	12.9600	12.96		-0.046	0.046
9				77.76	77.76			

		S.L.U.															
CARICO ASSIALE		q1								q3							
PALO																	
1		4876	4181	4901	4207	3329	2635	3059	2364	4723	3842	4742	3861	3363	2482	3160	2279
2		4102	3408	3980	3286	4102	3408	3980	3286	4043	3162	3951	3070	4043	3162	3951	3070
3		3329	2635	3059	2364	4876	4181	4901	4207	3363	2482	3160	2279	4723	3842	4742	3861
4		4673	4673	4699	4699	3126	3126	2856	2856	4427	4427	4446	4446	3067	3067	2864	2864
5		3900	3900	3778	3778	3900	3900	3778	3778	3747	3747	3655	3655	3747	3747	3655	3655
6		3126	3126	2856	2856	4673	4673	4699	4699	3067	3067	2864	2864	4427	4427	4446	4446
7		4471	5165	4496	5191	2924	3618	2654	3348	4131	5012	4151	5032	2771	3652	2568	3449
8		3697	4392	3575	4269	3697	4392	3575	4269	3451	4332	3359	4240	3451	4332	3359	4240
9		2924	3618	2654	3348	4471	5165	4496	5191	2771	3652	2568	3449	4131	5012	4151	5032
Nmax		4876	5165	4901	5191	4876	5165	4901	5191	4723	5012	4742	5032	4723	5012	4742	5032
Nmin		2924	2635	2654	2364	2924	2635	2654	2364	2771	2482	2568	2279	2771	2482	2568	2279
TAGLIO																	
taglio Vx		-43	104	-43	104	-43	104	-43	104	-62	123	-62	123	-62	123	-62	123
taglio Vy		66	66	66	66	-66	-66	-66	-66	66	66	66	66	-66	-66	-66	-66
V		78	123	78	123	78	123	78	123	91	140	91	140	91	140	91	140

		S.L.U.															
CARICO ASSIALE		q4								q5							
PALO																	
1		4629	3935	4649	3954	3269	2575	3067	2372	4896	4202	4916	4221	3002	2308	2800	2105
2		3949	3255	3858	3163	3949	3255	3858	3163	3949	3255	3858	3163	3949	3255	3858	3163
3		3269	2575	3067	2372	4629	3935	4649	3954	3002	2308	2800	2105	4896	4202	4916	4221
4		4427	4427	4446	4446	3067	3067	2864	2864	4694	4694	4713	4713	2800	2800	2597	2597
5		3747	3747	3655	3655	3747	3747	3655	3655	3747	3747	3655	3655	3747	3747	3655	3655
6		3067	3067	2864	2864	4427	4427	4446	4446	2800	2800	2597	2597	4694	4694	4713	4713
7		4224	4919	4244	4938	2864	3559	2662	3356	4491	5186	4511	5205	2597	3292	2395	3089
8		3544	4239	3453	4147	3544	4239	3453	4147	3544	4239	3453	4147	3544	4239	3453	4147
9		2864	3559	2662	3356	4224	4919	4244	4938	2597	3292	2395	3089	4491	5186	4511	5205
Nmax		4629	4919	4649	4938	4629	4919	4649	4938	4896	5186	4916	5205	4896	5186	4916	5205
Nmin		2864	2575	2662	2372	2864	2575	2662	2372	2597	2308	2395	2105	2597	2308	2395	2105
TAGLIO																	
taglio Vx		-43	104	-43	104	-43	104	-43	104	-43	104	-43	104	-43	104	-43	104
taglio Vy		66	66	66	66	-66	-66	-66	-66	110	110	110	110	-110	-110	-110	-110
V		78	123	78	123	78	123	78	123	118	151	118	151	118	151	118	151

		S.L.U.							
CARICO ASSIALE		q7							
PALO									
1		3856	3856	3876	3876	3297	3297	3094	3094
2		3577	3577	3485	3485	3577	3577	3485	3485
3		3297	3297	3094	3094	3856	3856	3876	3876
4		4027	4027	4046	4046	3467	3467	3264	3264
5		3747	3747	3655	3655	3747	3747	3655	3655

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA

6	3467	3467	3264	3264	4027	4027	4046	4046
7	4197	4197	4216	4216	3638	3638	3435	3435
8	3917	3917	3826	3826	3917	3917	3826	3826
9	3638	3638	3435	3435	4197	4197	4216	4216
Nmax	4197	4197	4216	4216	4197	4197	4216	4216
Nmin	3297	3297	3094	3094	3297	3297	3094	3094
TAGLIO								
taglio Vx	36	36	36	36	36	36	36	36
taglio Vy	0	0	0	0	0	0	0	0
V	36							

CARICO ASSIALE PALO	S.L.V.																
	q6.x									q6.y							
1	1735	1314	895	474	4125	3704	3285	2864		3496	3075	4321	3900	699	278	1524	1103
2	1315	894	1315	894	3705	3284	3705	3284		2098	1677	2923	2502	2098	1677	2923	2502
3	895	474	1735	1314	3285	2864	4125	3704		699	278	1524	1103	3496	3075	4321	3900
4	3066	2645	2227	1806	3066	2645	2227	1806		4045	3624	4045	3624	1247	826	1247	826
5	2646	2225	2646	2225	2646	2225	2646	2225		2646	2225	2646	2225	2646	2225	2646	2225
6	2227	1806	3066	2645	2227	1806	3066	2645		1247	826	1247	826	4045	3624	4045	3624
7	4397	3976	3558	3137	2007	1586	1168	747		4594	4173	3769	3348	1796	1375	971	550
8	3978	3557	3978	3557	1588	1167	1588	1167		3195	2774	2370	1949	3195	2774	2370	1949
9	3558	3137	4397	3976	1168	747	2007	1586		1796	1375	971	550	4594	4173	3769	3348
Nmax	4397	3976	4397	3976	4125	3704	4125	3704		4594	4173	4321	3900	4594	4173	4321	3900
Nmin	895	474	895	474	1168	747	1168	747		699	278	971	550	699	278	971	550
TAGLIO																	
taglio Vx	465	465	465	465	-408	-408	-408	-408		171	171	-114	-114	171	171	-114	-114
taglio Vy	128	128	-128	-128	128	128	-128	-128		427	427	427	427	-427	-427	-427	-427
V	482	482	482	482	427	427	427	427		460	460	442	442	460	460	442	442

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA

CARICO ASSIALE PALO	S.L.E.car																
	q1									q3							
1	3539	3076	3558	3095	2452	1989	2252	1789		3425	2824	3440	2839	2477	1876	2327	1726
2	2995	2533	2905	2442	2995	2533	2905	2442		2951	2350	2883	2282	2951	2350	2883	2282
3	2452	1989	2252	1789	3539	3076	3558	3095		2477	1876	2327	1726	3425	2824	3440	2839
4	3432	3432	3451	3451	2346	2346	2145	2145		3250	3250	3264	3264	2301	2301	2151	2151
5	2889	2889	2798	2798	2889	2889	2798	2798		2776	2776	2708	2708	2776	2776	2708	2708
6	2346	2346	2145	2145	3432	3432	3451	3451		2301	2301	2151	2151	3250	3250	3264	3264
7	3325	3788	3345	3808	2239	2702	2039	2502		3074	3675	3088	3690	2126	2727	1976	2577
8	2782	3245	2692	3155	2782	3245	2692	3155		2600	3201	2532	3133	2600	3201	2532	3133
9	2239	2702	2039	2502	3325	3788	3345	3808		2126	2727	1976	2577	3074	3675	3088	3690
Nmax	3539	3788	3558	3808	3539	3788	3558	3808		3425	3675	3440	3690	3425	3675	3440	3690
Nmin	2239	1989	2039	1789	2239	1989	2039	1789		2126	1876	1976	1726	2126	1876	1976	1726
TAGLIO																	
taglio Vx	-22	75	-22	75	-22	75	-22	75		-37	90	-37	90	-37	90	-37	90
taglio Vy	44	44	44	44	-44	-44	-44	-44		44	44	44	44	-44	-44	-44	-44
V	49	87	49	87	49	87	49	87		57	100	57	100	57	100	57	100

CARICO ASSIALE PALO	S.L.E.car																
	q4									q5							
1	3356	2893	3371	2908	2408	1945	2258	1795		3534	3071	3549	3086	2230	1767	2080	1617
2	2882	2419	2814	2351	2882	2419	2814	2351		2882	2419	2814	2351	2882	2419	2814	2351
3	2408	1945	2258	1795	3356	2893	3371	2908		2230	1767	2080	1617	3534	3071	3549	3086
4	3250	3250	3264	3264	2301	2301	2151	2151		3428	3428	3442	3442	2124	2124	1973	1973
5	2776	2776	2708	2708	2776	2776	2708	2708		2776	2776	2708	2708	2776	2776	2708	2708
6	2301	2301	2151	2151	3250	3250	3264	3264		2124	2124	1973	1973	3428	3428	3442	3442
7	3143	3606	3157	3620	2195	2658	2045	2508		3321	3784	3335	3798	2017	2480	1867	2330
8	2669	3132	2601	3064	2669	3132	2601	3064		2669	3132	2601	3064	2669	3132	2601	3064
9	2195	2658	2045	2508	3143	3606	3157	3620		2017	2480	1867	2330	3321	3784	3335	3798

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE

RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA

	3356	3606	3371	3620	3356	3606	3371	3620	3534	3784	3549	3798	3534	3784	3549	3798
Nmax	3356	3606	3371	3620	3356	3606	3371	3620	3534	3784	3549	3798	3534	3784	3549	3798
Nmin	2195	1945	2045	1795	2195	1945	2045	1795	2017	1767	1867	1617	2017	1767	1867	1617
TAGLIO																
taglio Vx	-22	75	-22	75	-22	75	-22	75	-22	75	-22	75	-22	75	-22	75
taglio Vy	44	44	44	44	-44	-44	-44	-44	73	73	73	73	-73	-73	-73	-73
V	49	87	49	87	49	87	49	87	77	105	77	105	77	105	77	105

		S.L.E.car							
		q7							
CARICO ASSIALE									
PALO									
1	3108	3108	3122	3122	2160	2160	2009	2009	
2	2634	2634	2566	2566	2634	2634	2566	2566	
3	2160	2160	2009	2009	3108	3108	3122	3122	
4	3250	3250	3264	3264	2301	2301	2151	2151	
5	2776	2776	2708	2708	2776	2776	2708	2708	
6	2301	2301	2151	2151	3250	3250	3264	3264	
7	3392	3392	3406	3406	2443	2443	2293	2293	
8	2918	2918	2850	2850	2918	2918	2850	2850	
9	2443	2443	2293	2293	3392	3392	3406	3406	
Nmax	3392	3392	3406	3406	3392	3392	3406	3406	
Nmin	2160	2160	2009	2009	2160	2160	2009	2009	
TAGLIO									
taglio Vx	30	30	30	30	30	30	30	30	
taglio Vy	44	44	44	44	-44	-44	-44	-44	
V	53								

		S.L.freq								S.L.qp				
		q1				q5								
CARICO ASSIALE														
PALO														
1	3048	2662	3062	2677	2634	2248	2483	2098	2641	2255	2361	1976	2501	2115
2	2841	2455	2773	2387	2841	2455	2773	2387	2501	2115	2501	2115	2501	2115
3	2634	2248	2483	2098	3048	2662	3062	2677	2361	1976	2641	2255	2501	2115
4	2983	2983	2997	2997	2568	2568	2418	2418	2575	2575	2296	2296	2436	2436
5	2776	2776	2708	2708	2776	2776	2708	2708	2436	2436	2436	2436	2436	2436
6	2568	2568	2418	2418	2983	2983	2997	2997	2296	2296	2575	2575	2436	2436
7	2918	3303	2932	3318	2503	2889	2353	2739	2510	2896	2231	2617	2371	2756
8	2710	3096	2643	3028	2710	3096	2643	3028	2371	2756	2371	2756	2371	2756
9	2503	2889	2353	2739	2918	3303	2932	3318	2231	2617	2510	2896	2371	2756
Nmax	3048	3303	3062	3318	3048	3303	3062	3318	2641	2896	2641	2896	2501	2756
Nmin	2503	2248	2353	2098	2503	2248	2353	2098	2231	1976	2231	1976	2371	2115
TAGLIO														
taglio Vx	-14	68	-14	68	-14	68	-14	68	-14	68	-14	68	-14	68
taglio Vy	0	0	0	0	0	0	0	0	21	21	-21	-21	0	0
V	14	68	14	68	14	68	14	68	25	71	25	71	14	68

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
RISOLUZIONE DELLA PALIFICATA

RIEPILOGO AZIONI IN TESTA AI PALI			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Azione assiale massima (compressione)	Nmax	5205	5205	4594	3808	3318	2756
Azione assiale minima	Nmin	278	2105	278	1617	1976	2115
Azione trasversale massima	Vmax	482	151	482	105	71	68

LUNGHEZZA LIBERA D'INFLESSIONE PALI DI FONDAZIONE

Modulo di elasticità normale del calcestruzzo/malta	Ec	Mpa	31476
Modulo di elasticità del terreno	Et	Mpa	15
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	12136
Lunghezza libera d'inflessione	L0	m	4.92

RIEPILOGO CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONI MAX PALI			SLU	SLV	SLE-CAR	SLE-FR	SLE-QP
Sforzo normale massimo	Nmax	kN	5205	4594	3808	3318	2756
Sforzo normale minimo	Nmin	kN	2105	278	1617	1976	2115
Momento massimo in testa ai pali	Mmax	kNm	372	1187	258	174	166
Momento amplificato del 20%	Mmax	kNm	446	1424	310	209	199
Sforzo di taglio massimo	Vmax	kN	151	482	105	71	68

RIEPILOGO AZIONI VERTICALI AGLI SLU SULLA PALIFICATA		SLU	SLV
Carico verticale massimo agente sulla palificata		35098	23817
Carico verticale medio agente sui pali		3900	2646

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**Calcolo e verifica zattera di fondazione**

Dati	Var	unità	
Larghezza del plinto in direzione trasversale	Bt	m	9.20
Larghezza del plinto in direzione longitudinale	Bl	m	9.20
Altezza del plinto	Hp	m	2.30

ANALISI IN DIREZIONE LONGITUDINALE

Modello di calcolo:

Tirante - Puntone

Dati	var	unità	
Altezza della mensola	h	m	2.30
distanza tra palo e sezione di incastro	a1	m	2.10
copriferro	c	m	0.107
larghezza puntone	b	m	2.80
larghezza tirante	bt	m	2.80
resistenza a compressione caratteristica cilindrica cls	Rck	Mpa	40
resistenza a compressione caratteristica cubica cls	fck	Mpa	32
resistenza di calcolo cls	fcd	Mpa	18.1
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
altezza della mensola ridotta	d	m	2.19
lunghezza del tirante	l1	m	2.54
fattore lambda ($l / 0.9d$) = arctan y	$\lambda 1$		1.29
fattore c (1.0 no staffe - 1.5 staffe)	c		1.5
Classe di esposizione	CIE		XA2
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

**Armatura inferiore dir. Longitudinale
sezione di larghezza pari a bt**

	passo cm	n.barre bt/passi	ϕ mm	c m	As mmq
primo strato dal basso	20	14	26	0.063	7433
secondo strato dal basso	10	28	26	0.129	14866
terzo strato dal basso	0	0	26	0.195	0
quarto strato dal basso	0	0	26	0.261	0
Armatura effettivamente disposta			26	0.107	22299

VERIFICA SLU

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	Pmax kN	Hmax kN	Tmax kN	Asmin mmq	Nmax kN
SLU-STR	5205	151	6176.5	15784	7823.7
SLU-SIS	4594	482	5800.3	14823	7347.1
			6176.5	15784	7823.7

Armatura effettivamente adottata:

Resistenza del tirante	Rt	kN	8725.7	OK!
Coefficiente di utilizzo lato acciaio	c.u.acc		71%	OK!
Resistenza del puntone	Rc	kN	41005.9	
Coefficiente di utilizzo lato calcestruzzo	c.u.cls		19%	OK!

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**Calcolo e verifica zattera di fondazione****VERIFICA SLE-CARATTERISTICA**

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	Pmax kN	Hmax kN	Tmax kN	σ Mpa
SLE-RARA	3808	105	4512.4	202

Tensione massima ammissibile $\sigma_{s,max}$ MPa 360
 coefficiente di utilizzo - Stato limite limitazione tensioni c.u. **56%**

OK!**VERIFICA SLE-FREQUENTE**

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	Pmax kN	Hmax kN	Tmax kN	σ Mpa
SLE-FREQUENTE	3318	71	3911.4	175

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile wlim mm 0.30 w2
 Tensione limite ammissibile per barre f 24.0 w mm **204.4**
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **86%**

OK!**VERIFICA SLE-QUASI PERMANENTE**

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	Pmax kN	Hmax kN	Tmax kN	σ Mpa
SLE-QUASI PERMANENTE	2756	68	3258.3	146

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile wlim mm 0.20 w1
 Tensione limite ammissibile per barre f 24.0 w mm **164.4**
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. **89%**

OK!**ANALISI IN DIREZIONE TRASVERSALE**

Modello di calcolo:

Tirante - Puntone

Dati	var	unità	
Altezza della mensola	h	m	2.30
numero di file che caricano la mensola	np		1
distanza tra palo e sezione di incastro	a1	m	0.50
copriferro	c	m	0.11
larghezza puntone	b	m	2.80
larghezza tirante	bt	m	2.80
resistenza a compressione caratteristica cls	Rck	Mpa	40
resistenza di calcolo cls	fcd	Mpa	18.1
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
altezza della mensola ridotta	d	m	2.19
lunghezza del tirante	l1	m	0.94
fattore lambda ($l1 / 0.9d$) = arctan ψ	λ_1	m	0.48
lunghezza del tirante 2° palo	l2	m	0.00
fattore lambda ($l2 / 0.9d$) = arctan ψ	λ_2		0.00
fattore c (1.0 no staffe - 1.5 staffe)	c		1.5
Classe di esposizione	CIE		XA2
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**Calcolo e verifica zattera di fondazione**

Armatura inferiore dir. Trasversale sezione di larghezza pari a bt	passo cm	n.barre bt/passa	ϕ mm	c m	As mmq
primo strato dal basso	20	14	26	0.063	7433
secondo strato dal basso	10	28	26	0.129	14866
terzo strato dal basso	0	0	26	0.195	0
quarto strato dal basso	0	0	26	0.261	0
Armatura effettivamente disposta			26	0.107	22299

VERIFICA SLU

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	P1max kN	P2max kN	Hmax kN	Tmax kN	Asmin mmq	Nmax kN
SLU-STR	5205	0	151.0	2378.8	6079	5539.0
SLU-SIS	4594	0	482.3	2448.5	6257	5701.4
				2448.5	6257	5701.4

Armatura effettivamente adottata:	As	mmq	22299	OK!
Resistenza del tirante	Rt	kN	8725.7	
Coefficiente di utilizzo lato acciaio	c.u.acc		28%	OK!
Resistenza del puntone	Rc	kN	60332.8	
Coefficiente di utilizzo lato calcestruzzo	c.u.cls		9%	OK!

VERIFICA SLE-CARATTERISTICA

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	P1max kN	P2max kN	Hmax kN	Tmax kN	σ Mpa
SLE-CARATTERISTICA	3807.5	0	104.8	1734.5	78

Tensione massima ammissibile	$\sigma_{s,max}$	MPa	360	
coefficiente di utilizzo - Stato limite limitazione tensioni	c.u.		22%	OK!

VERIFICA SLE-FREQUENTE

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	P1max kN	P2max kN	Hmax kN	Tmax kN	σ Mpa
SLE-FREQUENTE	3317.8	0	70.8	1490.8	67

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.30	w2
Tensione limite ammissibile per barre f	w	mm	204.4	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		33%	OK!

VERIFICA SLE-QUASI PERMANENTE

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	P1max kN	P2max kN	Hmax kN	Tmax kN	σ Mpa
SLE-QUASI PERMANENTE	2756.4	0	67.5	1247.2	56

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile	wlim	mm	0.20	w1
Tensione limite ammissibile per barre f	w	mm	164.4	
coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure	c.u.		34%	OK!

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE**CALCOLO E VERIFICA PULVINO**

Dati	Var	unità	
Lunghezza dello sbalzo del pulvino rispetto al fusto pila	Bt	m	4.30
Larghezza del pulvino	Bl	m	3.00
Altezza parte superiore del pulvino(costante)	hp1	m	1.44
Altezza parte inferiore del pulvino (variabile)	hp2	m	3.06
Altezza complessiva del pulvino	Hp	m	4.50
Peso proprio parte aggettante pulvino	Pg1a	kN	318.2

Modello di calcolo:

Tirante - Puntone

Dati	var	unità	
Altezza della mensola	h	m	4.50
distanza tra asse appoggio e sezione di incastro	a	m	2.40
copriferro	c	m	0.208
larghezza puntone	b	m	3.00
larghezza tirante	bt	m	3.00
resistenza a compressione cubica cls	Rck	Mpa	40
resistenza a compressione cilindrica cls	fck	Mpa	32
resistenza di calcolo cls	fcd	Mpa	18.1
resistenza di calcolo acciaio armatura	fyd	MPa	391
altezza della mensola ridotta	d	m	4.29
lunghezza del tirante	l	m	3.26
fattore lambda ($l / 0.9d$) = ctan y	λ		0.84
fattore c (1.0 no staffe - 1.5 staffe)	c		1.5
Classe di esposizione	CIE		XC4
Condizioni ambientali	Cond_Am		Aggressive

Armatura inferiore dir. Longitudinale**sezione di larghezza pari a bt**

	n.barre	ϕ mm	c m	As mmq
primo strato dall'alto	16	24	0.073	7238
secondo strato dall'alto	16	24	0.127	7238
terzo strato dall'alto	16	24	0.181	7238
quarto strato dall'alto	16	24	0.235	7238
quinto strato dall'alto	16	24	0.289	7238
sesto strato dall'alto	16	24	0.343	7238
settimo strato dall'alto	0	24	0.397	0
ottavo strato dall'alto	0	20	0.449	0
Armatura effettivamente disposta		24	0.208	43429

VERIFICA SLU

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	Papp kN	Pg1 kN	Pmax kN	Hmax kN	Tmax kN	Asmin mmq	Nmax kN
SLU-STR	11000	318	11430	1100	9777.1	24986	15163.7
SLU-SIS	3400	318	3718	463	3285.8	8397	5096.1
					9777.1	24986	15163.7

Armatura effettivamente adottata:

Resistenza del tirante	Rt	kN	16994.1	
Coefficiente di utilizzo lato acciaio	c.u.acc		58%	OK!
Resistenza del puntone	Rc	kN	107081.7	
Coefficiente di utilizzo lato calcestruzzo	c.u.cls		14%	OK!

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE

CALCOLO E VERIFICA PULVINO

VERIFICA SLE-CARATTERISTICA

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	Papp kN	Pg1 kN	Pmax kN	Hmax kN	Tmax kN	σ Mpa
SLE-RARA	8000	318	8318	800	7115	164

Tensione massima ammissibile $\sigma_{s,max}$ MPa 360
 coefficiente di utilizzo - Stato limite limitazione tensioni c.u. 46% **OK!**

VERIFICA SLE-FREQUENTE

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	Papp kN	Pg1 kN	Pmax kN	Hmax kN	Tmax kN	σ Mpa
SLE-FREQUENTE	7100	318	7418	710	6342	146

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile wlim mm 0.30 w2
 Tensione limite ammissibile per barre f 24.0 σ_{slim} MPa 204.4
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. 71% **OK!**

VERIFICA SLE-QUASI PERMANENTE

Sollecitazioni massime Combinazione di carico	Papp kN	Pg1 kN	Pmax kN	Hmax kN	Tmax kN	σ Mpa
SLE-QUASI PERMANENTE	5100	318	5418	510	4623	106

valore limite di apertura delle fessure per armatura poco sensibile wlim mm 0.20 w1
 Tensione limite ammissibile per barre f 24.0 σ_{slim} MPa 164.4
 coefficiente di utilizzo - Stato limite di apertura delle fessure c.u. 65% **OK!**

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - TESTA FUSTO PILA

Allineamento: P5

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DELLA PILA

	VI [kN]	Vt [kN]	N [kN]	Mt [kNm]	MI [kNm]
G1-a	0	0	8164	0	0
G1-b	0	0	130	0	0
G2-a	0	0	2944	0	0
G2-b					
e2	269	0	10	0	296
Q1-a	0	0	4078	5967	0
Q1-b	0	0	3263	8336	0
Q1-c	0	0	4078	-5967	0
Q1-d	0	0	3263	-8336	0
q3	131	0	0	0	144
q4-a	0	0	0	0	0
q4-b	0	0	0	0	0
q5-a	0	931	0	5302	0
q5-b	0	630	0	2938	0
q6	0	0	0	0	0
q7-a	-785	0	0	0	-864
q7-b	677	0	0	0	745
q9	0	0	0	0	0
ESLV-X	1889	0	0	0	2078
ESLV-Y	0	1954	0	7479	0
ESLV-Z	0	0	1117	0	0

COMBINAZIONI DI CARICO

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

	q1									S.L.U.			q3				
	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G1-a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G1-b	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
G2-a	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
G2-b	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
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
Q1-a	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
Q1-b	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
Q1-c	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
Q1-d	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
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
q4-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-b	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
q6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-a	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
q7-b	0.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90
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

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - TESTA FUSTO PILA

ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - TESTA FUSTO PILA

				S.L.U.												
				q4					q5							
G1-a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G1-b	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
G2-a	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
G2-b	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
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
Q1-a	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
Q1-b	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
Q1-c	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
Q1-d	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
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
q4-a	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
q4-b	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
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-b	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
q6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-a	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
q7-b	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90
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
ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	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.				
				q6				
G1-a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G1-b	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G2-a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G2-b	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Q1-a	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-b	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-c	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00
Q1-d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q6	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
q7-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q9	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

				S.L.V.					ESLV-Y							
				ESLV-X												
G1-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - TESTA FUSTO PILA

Table with 17 columns and 20 rows. Columns represent different load cases (G2-b, e2, Q1-a, etc.). Values range from 0.00 to 1.30 and -1.00 to -0.30.

Table with 17 columns and 20 rows. Columns are grouped under 'S.L.E.car' with sub-headers 'q1' and 'q3'. Values range from 0.00 to 1.00 and -1.00 to -0.60.

Table with 17 columns and 10 rows. Columns are grouped under 'S.L.E.car' with sub-headers 'q4' and 'q5'. Values range from 0.00 to 1.00 and 0.75 to 0.00.

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - TESTA FUSTO PILA

Q1-d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-a	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-b	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-b	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
q6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-a	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
q7-b	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

S.L.E.car
q6

G1-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q1-a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	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
q4-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-b	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	0.00	0.00
q6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
q7-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

S.L.E.freq

q1

q5

S.L.E.qp

G1-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q1-a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
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
q4-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.00	0.00	0.00

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - TESTA FUSTO PILA

q5-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-a	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
q7-b	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - TESTA FUSTO PILA

SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DELLA PILA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

S.L.U.																	
q1										q3							
VI	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-561	1109	-561	1109	-561	1109	-561	1109	
Vt	567	567	567	567	-567	-567	-567	-567	567	567	567	567	-567	-567	-567	-567	
N	20688	20688	19588	19588	20688	20688	19588	19588	19312	19312	18487	18487	19312	19312	18487	18487	
Mt	10699	10699	13898	13898	-10699	-10699	-13898	-13898	8685	8685	11085	11085	-8685	-8685	-11085	-11085	
MI	-422	1025	-422	1025	-422	1025	-422	1025	-617	1220	-617	1220	-617	1220	-617	1220	
Mris	10707	10748	13905	13936	10707	10748	13905	13936	8707	8771	11102	11152	8707	8771	11102	11152	
Vris	684	1091	684	1091	684	1091	684	1091	797	1245	797	1245	797	1245	797	1245	

S.L.U.																	
q4										q5							
VI	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	
Vt	567	567	567	567	-567	-567	-567	-567	945	945	945	945	-945	-945	-945	-945	
N	19312	19312	18487	18487	19312	19312	18487	18487	19312	19312	18487	18487	19312	19312	18487	18487	
Mt	8685	8685	11085	11085	-8685	-8685	-11085	-11085	10448	10448	12848	12848	-10448	-10448	-12848	-12848	
MI	-422	1025	-422	1025	-422	1025	-422	1025	-422	1025	-422	1025	-422	1025	-422	1025	
Mris	8696	8746	11093	11132	8696	8746	11093	11132	10457	10498	12855	12889	10457	10498	12855	12889	
Vris	684	1091	684	1091	684	1091	684	1091	1020	1327	1020	1327	1020	1327	1020	1327	

S.L.U.																	
q6																	
VI	323	323	323	323	323	323	323	323									
Vt	0	0	0	0	0	0	0	0									
N	19312	19312	18487	18487	19312	19312	18487	18487									
Mt	6041	6041	8441	8441	-6041	-6041	-8441	-8441									
MI	355	355	355	355	355	355	355	355									
Mris	6052	6052	8448	8448	6052	6052	8448	8448									
Vris	323	323	323	323	323	323	323	323									

S.L.V.										ESLV-Y							
ESLV-X																	
VI	2293	2293	2293	2293	-1777	-1777	-1777	-1777	971	971	-455	-455	971	971	-455	-455	
Vt	586	586	-586	-586	586	586	-586	-586	1954	1954	1954	1954	-1954	-1954	-1954	-1954	
N	11583	10913	11583	10913	11583	10913	11583	10913	11583	10913	11583	10913	11583	10913	11583	10913	
Mt	2244	2244	-2244	-2244	2244	2244	-2244	-2244	7479	7479	7479	7479	-7479	-7479	-7479	-7479	
MI	2523	2523	2523	2523	-1955	-1955	-1955	-1955	1068	1068	-500	-500	1068	1068	-500	-500	
Mris	3376	3376	3376	3376	2976	2976	2976	2976	7555	7555	7495	7495	7555	7555	7495	7495	
Vris	2367	2367	2367	2367	1871	1871	1871	1871	2182	2182	2006	2006	2182	2182	2006	2006	

S.L.E.car																	
q1										q3							
VI	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-333	806	-333	806	-333	806	-333	806	
Vt	378	378	378	378	-378	-378	-378	-378	378	378	378	378	-378	-378	-378	-378	
N	15326	15326	14511	14511	15326	15326	14511	14511	14306	14306	13695	13695	14306	14306	13695	13695	
Mt	7729	7729	10099	10099	-7729	-7729	-10099	-10099	6238	6238	8015	8015	-6238	-6238	-8015	-8015	
MI	-222	743	-222	743	-222	743	-222	743	-366	887	-366	887	-366	887	-366	887	
Mris	7733	7765	10102	10127	7733	7765	10102	10127	6248	6300	8024	8064	6248	6300	8024	8064	
Vris	428	774	428	774	428	774	428	774	504	890	504	890	504	890	504	890	

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - TESTA FUSTO PILA

										S.L.E.car							
										q4				q5			
VI	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	
Vt	378	378	378	378	-378	-378	-378	-378	630	630	630	630	-630	-630	-630	-630	
N	14306	14306	13695	13695	14306	14306	13695	13695	14306	14306	13695	13695	14306	14306	13695	13695	
Mt	6238	6238	8015	8015	-6238	-6238	-8015	-8015	7413	7413	9190	9190	-7413	-7413	-9190	-9190	
MI	-222	743	-222	743	-222	743	-222	743	-222	743	-222	743	-222	743	-222	743	
Mris	6242	6282	8018	8049	6242	6282	8018	8049	7416	7450	9193	9220	7416	7450	9193	9220	
Vris	428	774	428	774	428	774	428	774	661	923	661	923	661	923	661	923	

										S.L.E.car			
										q6			
VI	269	269	269	269	269	269	269	269	269				
Vt	378	378	378	378	-378	-378	-378	-378					
N	14306	14306	13695	13695	14306	14306	13695	13695					
Mt	6238	6238	8015	8015	-6238	-6238	-8015	-8015					
MI	296	296	296	296	296	296	296	296					
Mris	6245	6245	8021	8021	6245	6245	8021	8021					
Vris	464	464	464	464	464	464	464	464					

										S.L.E.freq				S.L.E.qp	
										q1				q5	
VI	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	
Vt	0	0	0	0	0	0	0	0	186	186	-186	-186	0	0	
N	14306	14306	13695	13695	14306	14306	13695	13695	11248	11248	11248	11248	11248	11248	
Mt	4475	4475	6252	6252	-4475	-4475	-6252	-6252	1060	1060	-1060	-1060	0	0	
MI	-136	668	-136	668	-136	668	-136	668	-136	668	-136	668	-136	668	
Mris	4477	4524	6254	6288	4477	4524	6254	6288	1069	1253	1069	1253	136	668	
Vris	124	608	124	608	124	608	124	608	223	635	223	635	124	608	

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - SPICCATO FUSTO PILA

Allineamento: P5

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLO SPICCATO PILA

	VI [kN]	Vt [kN]	N [kN]	Mt [kNm]	MI [kNm]
G1-a	0	0	8164	0	0
G1-b	0	0	4714	0	0
G2-a	0	0	2944	0	0
G2-b					
e2	269	0	10	0	2448
Q1-a	0	0	4078	5967	0
Q1-b	0	0	3263	8336	0
Q1-c	0	0	4078	-5967	0
Q1-d	0	0	3263	-8336	0
q3	131	0	0	0	1192
q4-a	0	0	0	0	0
q4-b	0	0	0	0	0
q5-a	0	960	0	12867	0
q5-b	0	659	0	8094	0
q6	0	0	0	0	0
q7-a	-785	0	0	0	-7144
q7-b	677	0	0	0	6161
q9	0	0	0	0	0
ESLV-X	1889	0	0	0	17190
ESLV-Y	0	1954	0	23111	0
ESLV-Z	0	0	3349	0	0

COMBINAZIONI DI CARICO

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

	q1									S.L.U.				q3			
	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G1-a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G1-b	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
G2-a	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
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
Q1-a	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
Q1-b	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
Q1-c	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
Q1-d	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
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
q4-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-b	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
q6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-a	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
q7-b	0.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90
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

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - SPICCATO FUSTO PILA

ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - SPICCATO FUSTO PILA

				S.L.U.					q5							
				q4												
G1-a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G1-b	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
G2-a	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
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
Q1-a	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
Q1-b	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
Q1-c	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
Q1-d	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
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
q4-a	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
q4-b	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
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-b	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
q6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-a	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
q7-b	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90
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
ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	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.				
				q6				
G1-a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G1-b	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G2-a	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Q1-a	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-b	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-c	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.00
Q1-d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q6	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
q7-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q9	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

				S.L.V.					ESLV-Y							
				ESLV-X												
G1-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - SPICCATO FUSTO PILA

Table with 17 columns and 20 rows. Columns 1-9 are grouped under 'S.L.E.car'. Rows include e2, Q1-a, Q1-b, Q1-c, Q1-d, q3, q4-a, q4-b, q5-a, q5-b, q6, q7-a, q7-b, q9, ESLV-X, ESLV-Y, and ESLV-Z.

Table with 17 columns and 20 rows. Columns 1-9 are grouped under 'S.L.E.car'. This section is divided into two sub-sections: 'q1' and 'q3'. Rows include G1-a, G1-b, G2-a, G2-b, e2, Q1-a, Q1-b, Q1-c, Q1-d, q3, q4-a, q4-b, q5-a, q5-b, q6, q7-a, q7-b, q9, ESLV-X, ESLV-Y, and ESLV-Z.

Table with 17 columns and 10 rows. Columns 1-9 are grouped under 'S.L.E.car'. This section is divided into two sub-sections: 'q4' and 'q5'. Rows include G1-a, G1-b, G2-a, G2-b, e2, Q1-a, Q1-b, and Q1-c.

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - SPICCATO FUSTO PILA

Q1-d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-a	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-b	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-b	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
q6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-a	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
q7-b	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

S.L.E.car
q6

G1-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q1-a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00
Q1-d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-b	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	0.00
q6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
q7-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

S.L.E.freq

q1

q5

S.L.E.qp

G1-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
e2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q1-a	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-b	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q1-d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
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
q4-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q4-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q5-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.00	0.00	0.00

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - SPICCATO FUSTO PILA

q5-b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q7-a	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
q7-b	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
q9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ESLV-X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESLV-Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - SPICCATO FUSTO PILA

SOLLECITAZIONI ALLO SPICCATO PILE NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

S.L.U.																	
q1										q3							
VI	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-561	1109	-561	1109	-561	1109	-561	1109	
Vt	593	593	593	593	-593	-593	-593	-593	593	593	593	593	-593	-593	-593	-593	
N	26876	26876	25776	25776	26876	26876	25776	25776	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	
Mt	15339	15339	18538	18538	-15339	-15339	-18538	-18538	13325	13325	15725	15725	-13325	-13325	-15725	-15725	
MI	-3492	8482	-3492	8482	-3492	8482	-3492	8482	-5101	10091	-5101	10091	-5101	10091	-5101	10091	
Mris	15731	17528	18864	20387	15731	17528	18864	20387	14268	16715	16532	18684	14268	16715	16532	18684	
Vris	706	1105	706	1105	706	1105	706	1105	816	1258	816	1258	816	1258	816	1258	

S.L.U.																	
q4										q5							
VI	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	
Vt	593	593	593	593	-593	-593	-593	-593	989	989	989	989	-989	-989	-989	-989	
N	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	
Mt	13325	13325	15725	15725	-13325	-13325	-15725	-15725	18181	18181	20581	20581	-18181	-18181	-20581	-20581	
MI	-3492	8482	-3492	8482	-3492	8482	-3492	8482	-3492	8482	-3492	8482	-3492	8482	-3492	8482	
Mris	13775	15796	16108	17867	13775	15796	16108	17867	18514	20063	20875	22260	18514	20063	20875	22260	
Vris	706	1105	706	1105	706	1105	706	1105	1060	1359	1060	1359	1060	1359	1060	1359	

S.L.U.																	
q6																	
VI	323	323	323	323	323	323	323	323									
Vt	0	0	0	0	0	0	0	0									
N	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675									
Mt	6041	6041	8441	8441	-6041	-6041	-8441	-8441									
MI	2937	2937	2937	2937	2937	2937	2937	2937									
Mris	6717	6717	8937	8937	6717	6717	8937	8937									
Vris	323	323	323	323	323	323	323	323									

S.L.V.										ESLV-Y							
ESLV-X																	
VI	2293	2293	2293	2293	-1777	-1777	-1777	-1777	971	971	-455	-455	971	971	-455	-455	
Vt	586	586	-586	-586	586	586	-586	-586	1954	1954	1954	1954	-1954	-1954	-1954	-1954	
N	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	
Mt	6933	6933	-6933	-6933	6933	6933	-6933	-6933	23111	23111	23111	23111	-23111	-23111	-23111	-23111	
MI	20870	20870	20870	20870	-16171	-16171	-16171	-16171	8837	8837	-4138	-4138	8837	8837	-4138	-4138	
Mris	21991	21991	21991	21991	17594	17594	17594	17594	24743	24743	23478	23478	24743	24743	23478	23478	
Vris	2367	2367	2367	2367	1871	1871	1871	1871	2182	2182	2006	2006	2182	2182	2006	2006	

S.L.E.car																	
q1										q3							
VI	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-333	806	-333	806	-333	806	-333	806	
Vt	395	395	395	395	-395	-395	-395	-395	395	395	395	395	-395	-395	-395	-395	

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - SPICCATO FUSTO PILA

N	19910	19910	19095	19095	19910	19910	19095	19095	18890	18890	18279	18279	18890	18890	18279	18279
Mt	10823	10823	13193	13193	-10823	-10823	-13193	-13193	9331	9331	11108	11108	-9331	-9331	-11108	-11108
MI	-1838	6144	-1838	6144	-1838	6144	-1838	6144	-3030	7336	-3030	7336	-3030	7336	-3030	7336
Mris	10978	12445	13320	14553	10978	12445	13320	14553	9811	11870	11514	13312	9811	11870	11514	13312
Vris	444	782	444	782	444	782	444	782	517	898	517	898	517	898	517	898

					S.L.E.car												
					q4								q5				
VI	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	-202	675	
Vt	395	395	395	395	-395	-395	-395	-395	659	659	659	659	-659	-659	-659	-659	
N	18890	18890	18279	18279	18890	18890	18279	18279	18890	18890	18279	18279	18890	18890	18279	18279	
Mt	9331	9331	11108	11108	-9331	-9331	-11108	-11108	12568	12568	14346	14346	-12568	-12568	-14346	-14346	
MI	-1838	6144	-1838	6144	-1838	6144	-1838	6144	-1838	6144	-1838	6144	-1838	6144	-1838	6144	
Mris	9510	11172	11260	12695	9510	11172	11260	12695	12702	13990	14463	15606	12702	13990	14463	15606	
Vris	444	782	444	782	444	782	444	782	689	944	689	944	689	944	689	944	

					S.L.E.car												
					q6												
VI	269	269	269	269	269	269	269	269									
Vt	395	395	395	395	-395	-395	-395	-395									
N	18890	18890	18279	18279	18890	18890	18279	18279									
Mt	9331	9331	11108	11108	-9331	-9331	-11108	-11108									
MI	2448	2448	2448	2448	2448	2448	2448	2448									
Mris	9647	9647	11375	11375	9647	9647	11375	11375									
Vris	478	478	478	478	478	478	478	478									

					S.L.E.freq								S.L.E.qp				
					q1								q5				
VI	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608	-124	608			
Vt	0	0	0	0	0	0	0	0	192	192	-192	-192	0	0			
N	18890	18890	18279	18279	18890	18890	18279	18279	15832	15832	15832	15832	15832	15832			
Mt	4475	4475	6252	6252	-4475	-4475	-6252	-6252	2573	2573	-2573	-2573	0	0			
MI	-1124	5528	-1124	5528	-1124	5528	-1124	5528	-1124	5528	-1124	5528	-1124	5528			
Mris	4614	7112	6353	8346	4614	7112	6353	8346	2808	6098	2808	6098	1124	5528			
Vris	124	608	124	608	124	608	124	608	228	637	228	637	124	608			

SOLLECITAZIONI ALLO SPICCATO PILE NELLE COMBINAZIONI DI CARICO CON GLI EFFETTI AMPLIFICATIVI DOVUTI ALLE IMPERFEZIONI
SOLO COMBINAZIONI SLU

inclinazione pila $\theta_i = 0.00331$ §5.2 - EC2
 eccentricità per imperfezioni $ei = 0.030$ §5.2 - EC2

					S.L.U.								q3			
VI	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-561	1109	-561	1109	-561	1109	-561	1109
Vt	593	593	593	593	-593	-593	-593	-593	593	593	593	593	-593	-593	-593	-593
N	26876	26876	25776	25776	26876	26876	25776	25776	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675
Mt	16150	16150	19316	19316	-16150	-16150	-19316	-19316	14095	14095	16469	16469	-14095	-14095	-16469	-16469
MI	-4302	9293	-4269	9260	-4302	9293	-4269	9260	-5870	10861	-5845	10836	-5870	10861	-5845	10836
Mris	16713	18633	19782	21421	16713	18633	19782	21421	15268	17794	17476	19714	15268	17794	17476	19714
Vris	706	1105	706	1105	706	1105	706	1105	816	1258	816	1258	816	1258	816	1258

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - SPICCATO FUSTO PILA

S.L.U.																		
q4										q5								
VI	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932	-384	932
Vt	593	593	593	593	-593	-593	-593	-593	989	989	989	989	-989	-989	-989	-989	-989	-989
N	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	24675	24675
Mt	14095	14095	16469	16469	-14095	-14095	-16469	-16469	18951	18951	21325	21325	-18951	-18951	-21325	-21325	-21325	-21325
MI	-4261	9251	-4236	9226	-4261	9251	-4236	9226	-4261	9251	-4236	9226	-4261	9251	-4236	9226	-4236	9226
Mris	14724	16859	17005	18878	14724	16859	17005	18878	19424	21088	21742	23236	19424	21088	21742	23236	19424	23236
Vris	706	1105	706	1105	706	1105	706	1105	1060	1359	1060	1359	1060	1359	1060	1359	1060	1359

S.L.U.																		
q6																		
VI	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
Vt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	24675	24675
Mt	6810	6810	9185	9185	-6810	-6810	-9185	-9185	9185	9185	-9185	-9185	9185	9185	-9185	-9185	-9185	-9185
MI	3707	3707	3682	3682	3707	3707	3682	3682	3707	3707	3682	3682	3707	3707	3682	3682	3707	3707
Mris	7754	7754	9895	9895	7754	7754	9895	9895	7754	7754	9895	9895	7754	7754	9895	9895	7754	7754
Vris	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323

S.L.V.																		
ESLV-X										ESLV-Y								
VI	2293	2293	2293	2293	-1777	-1777	-1777	-1777	971	971	-455	-455	971	971	-455	-455	-455	-455
Vt	586	586	-586	-586	586	586	-586	-586	1954	1954	1954	1954	-1954	-1954	-1954	-1954	-1954	-1954
N	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827
Mt	7441	7380	-7441	-7380	7441	7380	-7441	-7380	23619	23558	23619	23558	-23619	-23558	-23619	-23558	-23619	-23558
MI	21378	21317	21378	21317	-16679	-16679	-16679	-16618	9345	9284	-4646	-4585	9345	9284	-4646	-4585	-4646	-4585
Mris	22636	22559	22636	22559	18263	18183	18263	18183	25400	25321	24071	24000	25400	25321	24071	24000	25321	24071
Vris	2367	2367	2367	2367	1871	1871	1871	1871	2182	2182	2006	2006	2182	2182	2006	2006	2182	2006

INCREMENTI DI MOMENTO DA SOMMARE ALLE AZIONI IN FONDAZIONE PER EFFETTI AMPLIFICATIVI DOVUTI ALLE IMPERFEZIONI

S.L.U.																		
q1										q3								
DMt	811	811	778	778	-811	-811	-778	-778	769	769	744	744	-769	-769	-744	-744	-744	-744
DMI	-811	811	-778	778	-811	811	-778	778	-769	769	-744	744	-769	769	-744	744	-744	744

S.L.U.																		
q4										q5								
DMt	769	769	744	744	-769	-769	-744	-744	769	769	744	744	-769	-769	-744	-744	-744	-744
DMI	-769	769	-744	744	-769	769	-744	744	-769	769	-744	744	-769	769	-744	744	-744	744

S.L.U.																		
q6																		
DMt	769	769	744	744	-769	-769	-744	-744	769	769	744	744	-769	-769	-744	-744	-744	-744
DMI	769	769	744	744	769	769	744	744	-769	-769	-744	-744	769	769	744	744	-769	-769

LAVORO: UP62 - SS121 -VI09 SX VIADOTTO ELEUTERIO 2 - SOTTOSTRUTTURE
CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE PER COMBINAZIONI DI CARICO - SPICCATO FUSTO PILA

	ESLV-X								S.L.U.				ESLV-Y			
DMt	508	447	-508	-447	508	447	-508	-447	508	447	508	447	-508	-447	-508	-447
DMI	508	447	508	447	-508	-447	-508	-447	508	447	-508	-447	508	447	-508	-447

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE

Altezza della pila	hpila	m	9.10
Lunghezza libera d'inflessione	l0	m	18.20
Area pila	Apila	m ²	16.670
Momento d'inerzia pila attorno asse y (dir.longitudinale)	lypila	m ⁴	11.180
Momento d'inerzia pila attorno asse x (dir. Trasversale)	lxpila	m ⁴	44.670
raggio d'inerzia in dir. Longitudinale	r0y	m	0.819
raggio d'inerzia in dir. Trasversale	r0x	m	1.637
resistenza di progetto cls pila	fcd	Mpa	18.13
snellezza della pila in dir. Longitudinale	λ0y		22.22
snellezza della pila in dir. Trasversale	λ0x		11.12

Se λ0x - λ0y < λlim possono essere trascurati gli effetti del secondo ordine

Valutazione della snellezza limite

	q1								q3							
NEd	26876	26876	25776	25776	26876	26876	25776	25776	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675
v	0.089	0.089	0.085	0.085	0.089	0.089	0.085	0.085	0.084	0.084	0.082	0.082	0.084	0.084	0.082	0.082
λlim	83.8	83.8	85.6	85.6	83.8	83.8	85.6	85.6	86.1	86.1	87.5	87.5	86.1	86.1	87.5	87.5

	q4								q5							
NEd	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675
v	0.084	0.084	0.082	0.082	0.084	0.084	0.082	0.082	0.084	0.084	0.082	0.082	0.084	0.084	0.082	0.082
λlim	86.1	86.1	87.5	87.5	86.1	86.1	87.5	87.5	86.1	86.1	87.5	87.5	86.1	86.1	87.5	87.5

	q6							
N	25500	25500	24675	24675	25500	25500	24675	24675
v	0.084	0.084	0.082	0.082	0.084	0.084	0.082	0.082
λlim	86.1	86.1	87.5	87.5	86.1	86.1	87.5	87.5

	ESLV-X								ESLV-Y							
N	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827	16837	14827
v	0.056	0.049	0.056	0.049	0.056	0.049	0.056	0.049	0.056	0.049	0.056	0.049	0.056	0.049	0.056	0.049
λlim	105.9	112.9	105.9	112.9	105.9	112.9	105.9	112.9	105.9	112.9	105.9	112.9	105.9	112.9	105.9	112.9

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN DIREZIONE LONGITUDINALE: **l0y < llim - Non necessario considerare effetti del 2° ordine**
 EFFETTI DEL SECONDO ORDINE IN DIREZIONE TRASVERSALE: **l0x < llim - Non necessario considerare effetti del 2° ordine**

S.S. 121 "Catanese" <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

14 ALLEGATO 2 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL SINGOLO PALO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI ASSIALI

LAVORO: UP62-SS121 - PALERMO BOLOGNETTA **OPERA: VI09 SX - ELEUTERIO 2** **ALLINEAMENTI: SPALLE E PILE**
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 αN con:
 αN = 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^{0.24} >= 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			76.0
Tensione efficace in testa palo			76.0

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

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	4.00
Affondamento della testa del palo da piano di campagna	ztp	m	4.00

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	Tipo	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt base
1	ALF	0.0	6.0	SL	0	23.0	1.00	1.00	0.0	23.0	19.0	25	75	85	2125	2125	25
2	FN	6.0	60.0	C	200		1.00	1.00	200.0	0.0	20.0		100			4000	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	

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

LAVORO: UP62-SS121 - PALERMO BOLOGNETTA **OPERA: VI09 SX - ELEUTERIO 2** **ALLINEAMENTI: SPALLE E PILE**
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	SL	4.0	0.0			19.0	19.0		76.0	76.0												0		
1	SL	5.0	1.0	0.0	23.0	19.0	9.2	0.0	95.0	85.2	0.774	75	62.4	235	1.8		2125	154.2	174	120	76	7	190	91
1	SL	6.0	2.0	0.0	23.0	19.0	9.2	0.0	114.0	94.4	0.728	75	65.3	481	1.9		2125	175.8	199	246	87	14	319	186
2	C	7.0	3.0	200.0	0.0	20.0	10.2	57.5	134.0	104.6		100	57.5	698		1800.0	4000	1934.0	2187	357	953	19	1291	269
2	C	8.0	4.0	200.0	0.0	20.0	10.2	63.1	154.0	114.8		100	63.1	936		1800.0	4000	1954.0	2210	479	963	25	1417	360
2	C	9.0	5.0	200.0	0.0	20.0	10.2	68.7	174.0	125.0		100	68.7	1195		1800.0	4000	1974.0	2233	611	973	31	1554	459
2	C	10.0	6.0	200.0	0.0	20.0	10.2	74.3	194.0	135.1		100	74.3	1476		1800.0	4000	1994.0	2255	755	983	36	1701	565
2	C	11.0	7.0	200.0	0.0	20.0	10.2	79.9	214.0	145.3		100	79.9	1777		1800.0	4000	2014.0	2278	909	992	42	1860	678
2	C	12.0	8.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	234.0	155.5		100	80.0	2078		1800.0	4000	2034.0	2300	1063	1002	48	2018	792
2	C	13.0	9.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	254.0	165.7		100	80.0	2380		1800.0	4000	2054.0	2323	1217	1012	53	2176	905
2	C	14.0	10.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	274.0	175.9		100	80.0	2682		1800.0	4000	2074.0	2346	1372	1022	59	2335	1019
2	C	15.0	11.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	294.0	186.1		100	80.0	2983		1800.0	4000	2094.0	2368	1526	1032	64	2493	1133
2	C	16.0	12.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	314.0	196.3		100	80.0	3285		1800.0	4000	2114.0	2391	1680	1042	70	2652	1246
2	C	17.0	13.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	334.0	206.5		100	80.0	3586		1800.0	4000	2134.0	2413	1834	1052	76	2810	1360
2	C	18.0	14.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	354.0	216.7		100	80.0	3888		1800.0	4000	2154.0	2436	1989	1061	81	2969	1474
2	C	19.0	15.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	374.0	226.9		100	80.0	4190		1800.0	4000	2174.0	2459	2143	1071	87	3127	1587
2	C	20.0	16.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	394.0	237.0		100	80.0	4491		1800.0	4000	2194.0	2481	2297	1081	93	3286	1701
2	C	21.0	17.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	414.0	247.2		100	80.0	4793		1800.0	4000	2214.0	2504	2452	1091	98	3444	1814
2	C	22.0	18.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	434.0	257.4		100	80.0	5094		1800.0	4000	2234.0	2527	2606	1101	104	3603	1928
2	C	23.0	19.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	454.0	267.6		100	80.0	5396		1800.0	4000	2254.0	2549	2760	1111	110	3761	2042
2	C	24.0	20.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	474.0	277.8		100	80.0	5698		1800.0	4000	2274.0	2572	2914	1121	115	3920	2155
2	C	25.0	21.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	494.0	288.0		100	80.0	5999		1800.0	4000	2294.0	2594	3069	1130	121	4078	2269
2	C	26.0	22.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	514.0	298.2		100	80.0	6301		1800.0	4000	2314.0	2617	3223	1140	127	4237	2383
2	C	27.0	23.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	534.0	308.4		100	80.0	6602		1800.0	4000	2334.0	2640	3377	1150	132	4395	2496
2	C	28.0	24.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	554.0	318.6		100	80.0	6904		1800.0	4000	2354.0	2662	3531	1160	138	4554	2610
2	C	29.0	25.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	574.0	328.8		100	80.0	7206		1800.0	4000	2374.0	2685	3686	1170	144	4712	2724
2	C	30.0	26.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.0	594.0	338.9		100	80.0	7507		1800.0	4000	2394.0	2708	3840	1180	149	4870	2837
2	C	31.0	27.0	200.0	0.0	20.0	10.2	80.3	614.0	349.1		100	80.3	7810		1800.0	4000	2414.0	2730	3995	1190	155	5029	2951
2	C	32.0	28.0	200.0	0.0	20.0	10.2	82.6	634.0	359.3		100	82.6	8121		1800.0	4000	2434.0	2753	4154	1199	161	5193	3069
2	C	33.0	29.0	200.0	0.0	20.0	10.2	85.0	654.0	369.5		100	85.0	8442		1800.0	4000	2454.0	2775	4318	1209	166	5361	3189
2	C	34.0	30.0	200.0	0.0	20.0	10.2	87.3	674.0	379.7		100	87.3	8771		1800.0	4000	2474.0	2798	4486	1219	172	5534	3312
2	C	35.0	31.0	200.0	0.0	20.0	10.2	89.7	694.0	389.9		100	89.7	9109		1800.0	4000	2494.0	2821	4659	1229	178	5711	3439
2	C	36.0	32.0	200.0	0.0	20.0	10.2	92.0	714.0	400.1		100	92.0	9456		1800.0	4000	2514.0	2843	4837	1239	183	5893	3569
2	C	37.0	33.0	200.0	0.0	20.0	10.2	94.4	734.0	410.3		100	94.4	9812		1800.0	4000	2534.0	2866	5019	1249	189	6079	3702
2	C	38.0	34.0	200.0	0.0	20.0	10.2	96.7	754.0	420.5		100	96.7	10176		1800.0	4000	2554.0	2889	5205	1259	195	6269	3838
2	C	39.0	35.0	200.0	0.0	20.0	10.2	99.0	774.0	430.7		100	99.0	10550		1800.0	4000	2574.0	2911	5396	1268	200	6465	3978
2	C	40.0	36.0	200.0	0.0	20.0	10.2	101.4	794.0	440.8		100	100.0	10927		1800.0	4000	2594.0	2934	5589	1278	206	6662	4118
2	C	41.0	37.0	200.0	0.0	20.0	10.2	103.7	814.0	451.0		100	100.0	11304		1800.0	4000	2614.0	2956	5782	1288	211	6859	4259
2	C	42.0	38.0	200.0	0.0	20.0	10.2	106.1	834.0	461.2		100	100.0	11681		1800.0	4000	2634.0	2979	5975	1298	217	7056	4399
2	C	43.0	39.0	200.0	0.0	20.0	10.2	108.4	854.0	471.4		100	100.0	12058		1800.0	4000	2654.0	3002	6168	1308	223	7253	4540
2	C	44.0	40.0	200.0	0.0	20.0	10.2	110.8	874.0	481.6		100	100.0	12435		1800.0	4000	2674.0	3024	6360	1318	228	7450	4681
2	C	45.0	41.0	200.0	0.0	20.0	10.2	113.1	894.0	491.8		100	100.0	12812		1800.0	4000	2694.0	3047	6553	1328	234	7647	4821
2	C	46.0	42.0	200.0	0.0	20.0	10.2	115.5	914.0	502.0		100	100.0	13189		1800.0	4000	2714.0	3069	6746	1337	240	7844	4962
2	C	47.0	43.0	200.0	0.0	20.0	10.2	117.8	934.0	512.2		100	100.0	13566		1800.0	4000	2734.0	3092	6939	1347	245	8041	5103
2	C	48.0	44.0	200.0	0.0	20.0	10.2	120.1	954.0	522.4		100	100.0	13943		1800.0	4000	2754.0	3115	7132	1357	251	8238	5243
2	C	49.0	45.0	200.0	0.0	20.0	10.2	122.5	974.0	532.6		100	100.0	14320		1800.0	4000	2774.0	3137	7325	1367	257	8435	5384
2	C	50.0	46.0	200.0	0.0	20.0	10.2	124.8	994.0	542.7		100	100.0	14697		1800.0	4000	2794.0	3160	7517	1377	262	8632	5525
2	C	51.0	47.0	200.0	0.0	20.0	10.2	127.2	1014.0	552.9		100	100.0	15074		1800.0	4000	2814.0	3183	7710	1387	268	8829	5665
2	C	52.0	48.0	200.0	0.0	20.0	10.2	129.5	1034.0	563.1		100	100.0	15451		1800.0	4000	2834.0	3205	7903	1397	274	9026	5806
2	C	53.0	49.0	200.0	0.0	20.0	10.2	131.9	1054.0	573.3		100	100.0	15828		1800.0	4000	2854.0	3228	8096	1406	279	9223	5947
2	C	54.0	50.0	200.0	0.0	20.0	10.2	134.2	1074.0	583.5		100	100.0	16205		1800.0	4000	2874.0	3250	8289	1416	285	9420	6087

LAVORO: UP62-SS121 - PALERMO BOLOGNETTA

OPERA: VI09 SX - ELEUTERIO 2

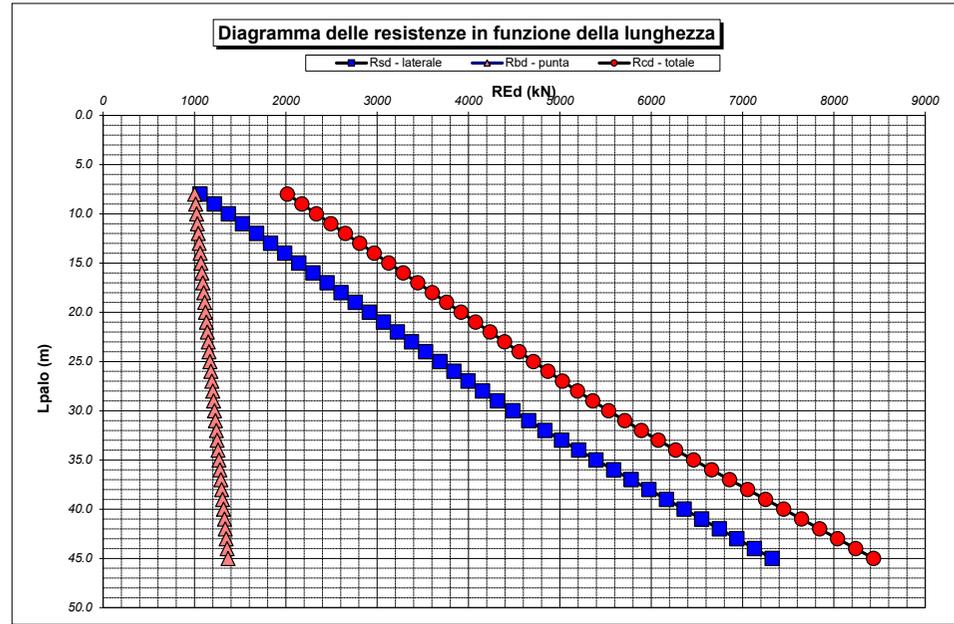
ALLINEAMENTI:

SPALLE E PILE

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

VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

MEDI



RESISTENZA A COMPRESIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ecd (kN)	c.u.c	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
P5	38.0	5975	1298	7056	5205	74%	4399	0	0%

RESISTENZA A COMPRESIONE A COMPRESIONE DELLA PALIFICATA

La resistenza ai carichi assiali di compressione del gruppo Rcd,gr viene determinata in base alla seguente espressione:

$$R_{cd,gr} = npali \times \eta \times R_{cd}$$

in cui:

npali:

η

Rcd è il numero complessivo di pali presenti nella palificata
efficienza della palificata

L'efficienza della palificata è la resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse- Labarre:

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

nella quale:

i

interasse tra i

d

diametro dei pali

m

numero di file

n

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
P5	1.20	3.60	9	3	3	0.73	46158	35098	76%

LAVORO: UP62-SS121 - PALERMO BOLOGNETTA **OPERA: V109 SX - ELEUTERIO 2** **ALLINEAMENTI: SPALLE E PILE**
RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MINIMI**

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

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 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 αN con:
 αN = 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

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 cv
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).

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

I Coefficienti parziali gR 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
ξ3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

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) = (γcls - γnat) Ap Δz

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

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

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

	unità	var	
Profondità della falda da piano di campagna	zw	m	4.00
Affondamento della testa del palo da piano di compagna	ztp	m	4.00

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

SOVRACCARICO A PIANO TESTA PALO

	kPa	σvi	
Tensione totale in testa palo			72.0
Tensione efficace in testa palo		σv'i	72.0

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

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

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA p.c.)

		COMBINAZIONE M1															
Unità n.	DESCRIZIONE	DA m	A m	Tip	cuk - quk kPa	φ'k deg	γcu	γφ'	cud-qud kPa	φ'd deg	γ kN/m ³	Nspt side	ql,max kPa	αN	Nspt*αN	qp,max kPa	Nspt base
1	ALF	0.0	6.0	SL		20.0	1.00	1.00	0.0	20.0	18.0	20	60	85	1700	1700	20
2	FN	6.0	60.0	C	150		1.00	1.00	150.0	0.0	19.5		100			4000	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	

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

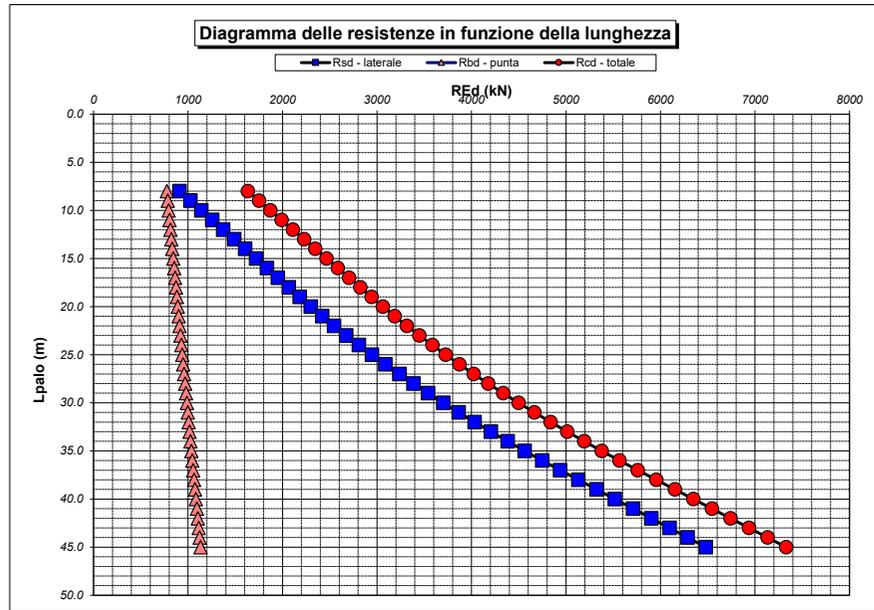
LAVORO: UP62-SS121 - PALERMO BOLOGNETTA OPERA: V109 SX - ELEUTERIO 2 ALLINEAMENTI: SPALLE E PILE
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESIONE/TRAZIONE VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI: MINIMI

Unità	Tip	z m	Lp (m)	cud 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	SL	4.0	0.0			18.0	18.0		72.0	72.0														
1	SL	5.0	1.0	0.0	20.0	18.0	8.2	0.0	90.0	80.2	0.774	60	58.9	222	-1.4		1700	-114.1	-129	114	-56	8	49	87
1	SL	6.0	2.0	0.0	20.0	18.0	8.2	0.0	108.0	88.4	0.728	60	60.0	448	-1.3		1700	-117.9	-133	229	-58	16	155	176
2	C	7.0	3.0	150.0	0.0	19.5	9.7	53.9	127.5	98.1		100	53.9	652		1350.0	4000	1477.5	1671	333	728	22	1039	255
2	C	8.0	4.0	150.0	0.0	19.5	9.7	59.3	147.0	107.8		100	59.3	875		1350.0	4000	1497.0	1693	448	738	28	1157	342
2	C	9.0	5.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	166.5	117.5		100	60.0	1101		1350.0	4000	1516.5	1715	563	747	34	1276	429
2	C	10.0	6.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	186.0	127.1		100	60.0	1327		1350.0	4000	1536.0	1737	679	757	41	1395	516
2	C	11.0	7.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	205.5	136.8		100	60.0	1554		1350.0	4000	1555.5	1759	795	767	47	1514	603
2	C	12.0	8.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	225.0	146.5		100	60.0	1780		1350.0	4000	1575.0	1781	910	776	53	1633	690
2	C	13.0	9.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	244.5	156.2		100	60.0	2006		1350.0	4000	1594.5	1803	1026	786	59	1752	778
2	C	14.0	10.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	264.0	165.9		100	60.0	2232		1350.0	4000	1614.0	1825	1142	795	66	1872	865
2	C	15.0	11.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	283.5	175.6		100	60.0	2458		1350.0	4000	1633.5	1847	1257	805	72	1991	952
2	C	16.0	12.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	303.0	185.3		100	60.0	2685		1350.0	4000	1653.0	1869	1373	815	78	2110	1039
2	C	17.0	13.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	322.5	195.0		100	60.0	2911		1350.0	4000	1672.5	1892	1489	824	84	2229	1126
2	C	18.0	14.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	342.0	204.7		100	60.0	3137		1350.0	4000	1692.0	1914	1605	834	90	2348	1214
2	C	19.0	15.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	361.5	214.4		100	60.0	3363		1350.0	4000	1711.5	1936	1720	843	97	2467	1301
2	C	20.0	16.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	381.0	224.0		100	60.0	3589		1350.0	4000	1731.0	1958	1836	853	103	2586	1388
2	C	21.0	17.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	400.5	233.7		100	60.0	3816		1350.0	4000	1750.5	1980	1952	863	109	2705	1475
2	C	22.0	18.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	420.0	243.4		100	60.0	4042		1350.0	4000	1770.0	2002	2067	872	115	2824	1563
2	C	23.0	19.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.0	439.5	253.1		100	60.0	4268		1350.0	4000	1789.5	2024	2183	882	122	2943	1650
2	C	24.0	20.0	150.0	0.0	19.5	9.7	60.4	459.0	262.8		100	60.4	4496		1350.0	4000	1809.0	2046	2300	891	128	3063	1738
2	C	25.0	21.0	150.0	0.0	19.5	9.7	62.7	478.5	272.5		100	62.7	4732		1350.0	4000	1828.5	2068	2421	901	134	3188	1828
2	C	26.0	22.0	150.0	0.0	19.5	9.7	64.9	498.0	282.2		100	64.9	4977		1350.0	4000	1848.0	2090	2546	911	140	3316	1922
2	C	27.0	23.0	150.0	0.0	19.5	9.7	67.1	517.5	291.9		100	67.1	5230		1350.0	4000	1867.5	2112	2675	920	146	3449	2019
2	C	28.0	24.0	150.0	0.0	19.5	9.7	69.4	537.0	301.6		100	69.4	5491		1350.0	4000	1887.0	2134	2809	930	153	3586	2119
2	C	29.0	25.0	150.0	0.0	19.5	9.7	71.6	556.5	311.3		100	71.6	5761		1350.0	4000	1906.5	2156	2947	940	159	3728	2222
2	C	30.0	26.0	150.0	0.0	19.5	9.7	73.8	576.0	320.9		100	73.8	6039		1350.0	4000	1926.0	2178	3089	949	165	3873	2328
2	C	31.0	27.0	150.0	0.0	19.5	9.7	76.0	595.5	330.6		100	76.0	6326		1350.0	4000	1945.5	2200	3236	959	171	4023	2436
2	C	32.0	28.0	150.0	0.0	19.5	9.7	78.3	615.0	340.3		100	78.3	6621		1350.0	4000	1965.0	2222	3387	968	178	4178	2548
2	C	33.0	29.0	150.0	0.0	19.5	9.7	80.5	634.5	350.0		100	80.5	6925		1350.0	4000	1984.5	2244	3542	978	184	4336	2663
2	C	34.0	30.0	150.0	0.0	19.5	9.7	82.7	654.0	359.7		100	82.7	7237		1350.0	4000	2004.0	2266	3702	988	190	4499	2781
2	C	35.0	31.0	150.0	0.0	19.5	9.7	85.0	673.5	369.4		100	85.0	7557		1350.0	4000	2023.5	2289	3865	997	196	4666	2902
2	C	36.0	32.0	150.0	0.0	19.5	9.7	87.2	693.0	379.1		100	87.2	7886		1350.0	4000	2043.0	2311	4034	1007	202	4838	3026
2	C	37.0	33.0	150.0	0.0	19.5	9.7	89.4	712.5	388.8		100	89.4	8223		1350.0	4000	2062.5	2333	4206	1016	209	5014	3153
2	C	38.0	34.0	150.0	0.0	19.5	9.7	91.6	732.0	398.5		100	91.6	8568		1350.0	4000	2082.0	2355	4383	1026	215	5194	3283
2	C	39.0	35.0	150.0	0.0	19.5	9.7	93.9	751.5	408.2		100	93.9	8922		1350.0	4000	2101.5	2377	4564	1036	221	5378	3416
2	C	40.0	36.0	150.0	0.0	19.5	9.7	96.1	771.0	417.8		100	96.1	9284		1350.0	4000	2121.0	2399	4749	1045	227	5567	3552
2	C	41.0	37.0	150.0	0.0	19.5	9.7	98.3	790.5	427.5		100	98.3	9655		1350.0	4000	2140.5	2421	4939	1055	234	5760	3691
2	C	42.0	38.0	150.0	0.0	19.5	9.7	100.6	810.0	437.2		100	100.0	10032		1350.0	4000	2160.0	2443	5131	1064	240	5956	3832
2	C	43.0	39.0	150.0	0.0	19.5	9.7	102.8	829.5	446.9		100	100.0	10409		1350.0	4000	2179.5	2465	5324	1074	246	6152	3973
2	C	44.0	40.0	150.0	0.0	19.5	9.7	105.0	849.0	456.6		100	100.0	10786		1350.0	4000	2199.0	2487	5517	1084	252	6349	4114
2	C	45.0	41.0	150.0	0.0	19.5	9.7	107.2	868.5	466.3		100	100.0	11163		1350.0	4000	2218.5	2509	5710	1093	258	6545	4255
2	C	46.0	42.0	150.0	0.0	19.5	9.7	109.5	888.0	476.0		100	100.0	11540		1350.0	4000	2238.0	2531	5903	1103	265	6741	4397
2	C	47.0	43.0	150.0	0.0	19.5	9.7	111.7	907.5	485.7		100	100.0	11917		1350.0	4000	2257.5	2553	6096	1112	271	6937	4538
2	C	48.0	44.0	150.0	0.0	19.5	9.7	113.9	927.0	495.4		100	100.0	12294		1350.0	4000	2277.0	2575	6289	1122	277	7134	4679
2	C	49.0	45.0	150.0	0.0	19.5	9.7	116.2	946.5	505.1		100	100.0	12671		1350.0	4000	2296.5	2597	6481	1132	283	7330	4820
2	C	50.0	46.0	150.0	0.0	19.5	9.7	118.4	966.0	514.7		100	100.0	13048		1350.0	4000	2316.0	2619	6674	1141	290	7526	4961
2	C	51.0	47.0	150.0	0.0	19.5	9.7	120.6	985.5	524.4		100	100.0	13425		1350.0	4000	2335.5	2641	6867	1151	296	7722	5103
2	C	52.0	48.0	150.0	0.0	19.5	9.7	122.8	1005.0	534.1		100	100.0	13802		1350.0	4000	2355.0	2663	7060	1161	302	7918	5244
2	C	53.0	49.0	150.0	0.0	19.5	9.7	125																

LAVORO: UP62-SS121 - PALERMO BOLOGNETTA OPERA: VI09 SX - ELEUTERIO 2
 RESISTENZA DI UN PALO TRIVELLATO SOGGETTO AD AZIONI ASSIALI DI COMPRESSIONE/TRAZIONE

ALLINEAMENTI:
 VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI:

SPALLE E PILE
 MINIMI



RESISTENZA A COMPRESSIONE TRAZIONE DEL PALO SINGOLO									
ALLINEAMENTO	Lp (m)	Rsd (kN)	Rbd (kN)	Rcd (kN)	Ed (kN)	c.u.	Rtd (kN)	Etd (kN)	c.u.t
P5	38.0	5131	1064	5956	5205	87%	3832	0	0%

RESISTENZA A COMPRESSIONE A COMPRESSIONE 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 | Resistenza di progetto del palo singolo ai carichi assiali di compressione

Relativamente ai terreni coesivi aventi interasse tra i pali non inferiore a 3D, l'efficienza viene determinata mediante la nota espressione di Converse-Labarre:

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

nella quale:

i

d

m

n

interasse tra i pali

diametro dei pali

numero di file

numero massimo di pali in ciascuna fila

RESISTENZA DELLA PALIFICATA

ALLINEAMENTO	Dp (m)	i (m)	npali	m	n	η	Rcd,gr (kN)	Ecd,gr (kN)	c.u.gr
P5	1.20	3.60 0.00	9	3	3	0.73	38965	35098	90%

S.S.121"Cataneese" <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

15 ALLEGATO 3 – FONDAZIONI SU PALI – VERIFICHE SLU DI COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL SINGOLO PALO E DELLA PALIFICATA PER CARICHI TRASVERSALI

RESISTENZA DI UN PALO SOGGETTO AD AZIONI TRASVERSALI ALLINEAMENTI:

Il valore di progetto Rcd della Resistenza di pali soggetti a carichi trasversali $R_{tr,d}$ è pari a:

$R_{tr,d} = R_{tr,k} / \gamma_T$:	Resistenza ai carichi trasversali di progetto
$R_{tr,k} = \text{Min} [(R_{tr,cal})_{media} / \xi_3; (R_{tr,cal})_{min} / \xi_4]$	Resistenza ai carichi trasversali caratteristica
$R_{tr,calc} = H_{lim}$:	Resistenza ai carichi trasversali di calcolo

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

Coefficiente parziale (R3)	γ_T	1.30
----------------------------	------------	------

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

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PALO

Diametro del palo	D	m	1.20
Momento di plasticizzazione: $M_y = W_p \times f_{yk} / \gamma_{M0}$	$M_y = MR_d$	kNm	1718.0

AFFONDAMENTO DEL PALO

Profondità della testa del palo da piano di campagna	Hr	m	3.5
--	----	---	-----

CONDIZIONI DI FALDA

Palo sopra falda (0) - Palo sotto falda (1)	Falda	1
---	-------	---

FATTORI DI CORRELAZIONE RESISTENZA CARATTERISTICA

Numero delle verticali indagate spinte a profondità superiore della lunghezza dei pali	1
coefficiente ξ_3	1.70
coefficiente ξ_4	1.70

DESCRIZIONE	$\gamma_{n,med}$ kN/m ³	γ'_{med} kN/m ³	ϕ'_{med} deg	kp_{med}	L_{med} (m)	$H_{lim,med}$ (kN)	$R_{tr,d,med}$ (kN)
PARAMETRI MEDI ALF	19.0	9.2	23.0	2.28	3.12	2076.3	939.5

DESCRIZIONE	$\gamma_{n,min}$ kN/m ³	γ'_{min} kN/m ³	ϕ'_{min} deg	kp_{min}	L_{min} (m)	$H_{lim,min}$ (kN)	$R_{tr,d,min}$ (kN)
PARAMETRI MINIMI ALF	18.0	8.2	20.0	2.04	3.39	1912.8	865.5

Resistenza di progetto del palo impedito di ruotare in testa (incastro) alle azioni trasversali	$R_{tr,d}$	kN	865.5
---	------------	----	-------

ALLINEAMENTO	PALO SINGOLO			PALIFICATA				
	$R_{tr,d}$ (kN)	Ftr,d (kN)	c.u.1	n_{pali}	η (%)	$R_{tr,dgr}$ (kN)	Ftr,dgr (kN)	c.u.gr
P5	865.5	482	56%	9	80%	6232	4338	70%

S.S. 121 "Catanese" <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		
UP62	<i>Relazione tecnica e di calcolo VI09 – Viadotto Eleuterio 2 SX</i>	

16 ALLEGATO 4 – FONDAZIONI SU PALI – CALCOLO DEI CEDIMENTI DEL SINGOLO PALO E DELLA PALIFICATA

CALCOLO DEI CEDIMENTI - METODO DI POULOS - FLOATING PILE
LAVORO: VIADOTTO VI09 SX - PALI Dn1200 - FONDAZIONI PILE

CEDIMENTI DEL PALO SINGOLO

Dati	var	unità	
Diametro del fusto del palo	D	m	1.20
Diametro della base del palo	Db	m	1.20
Lunghezza del palo	L	m	38.00
Modulo elastico del palo	Ep	Mpa	31476
Spessore dello strato	h	m	100000

Modulo elastico del terreno lungo il fusto

Strato n.	Da (m)	A (m)	sp. (m)	Esi (Mpa)	Esi x sp.	n	n x sp.
1	0.00	2.00	2.00	15	30	0.30	0.6
2	2.00	38.00	36.00	50	1800	0.30	10.8
3							
4							
5							
6							
7							
8							
			38.00		1830		11.4

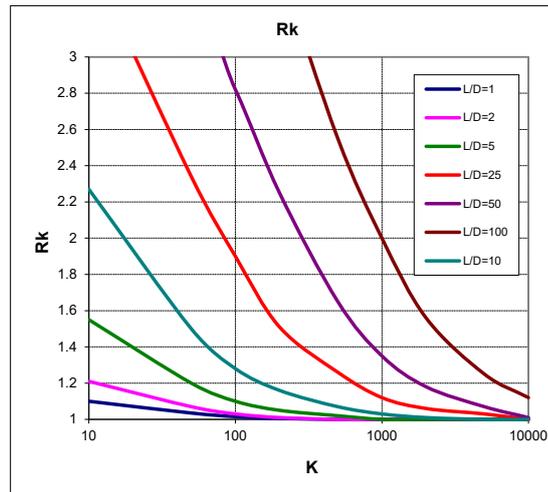
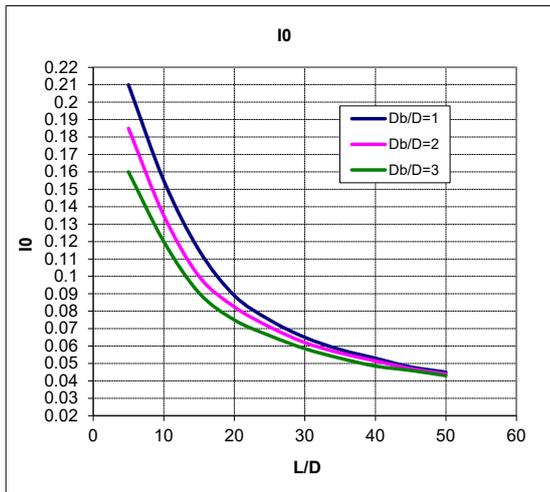
Modulo elastico medio lungo il fusto	Es	Mpa	48
Modulo di Poisson	ns		0.30

Fattore di influenza I0

Rapporto Db/D	Db/D	1.0
Rapporto L/D	L/D	31.7
Fattore di influenza I0	I0	0.063

Fattore correttivo Rk (compressibilità del palo)

Rapporto L/D	L/D	31.7
Rapporto di rigidezza	K	654
Fattore correttivo Rn	Rn	1.31

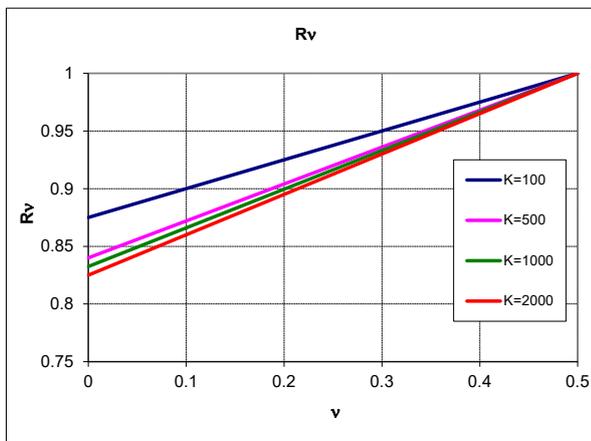
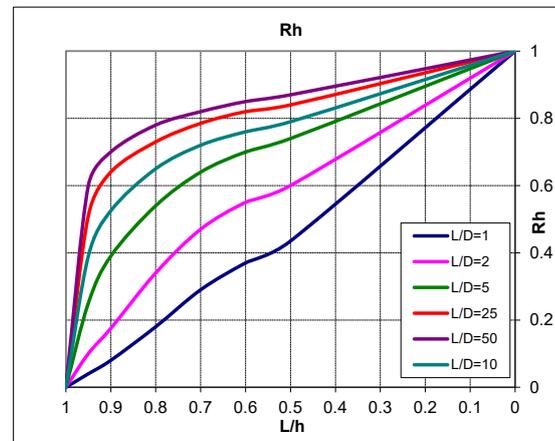


Fattore correttivo Rh

Rapporto L/h	L/h	0.0
Rapporto L/D	L/D	31.7
Fattore di influenza Rh	Rh	1.00

Fattore correttivo Rv

Modulo di Poisson	n	0.30
Rapporto di rigidezza	K	654
Fattore di influenza Rv	Rv	0.94



Fattore di influenza per palo sospeso: $I = I0 \times Rk \times Rh \times Rv =$ **0.077**

Cedimenti del palo singolo	Combinazione	SLE-R	SLE-FR	SLE-QP
Carichi di esercizio	kN	3789	3317	2755
Cedimento del palo sospeso: $w1 = Q \times I / (Es \times D)$	mm	5.0	4.4	3.7

CEDIMENTI DELLA PALIFICATA

Dati	var	unità	
Larghezza della palificata	B	m	9.20
fattore $(0.6B / (0.3B + 0.3))^2$	fac p		3.25

Cedimenti della palificata	Combinazione	SLE-R	SLE-FR	SLE-QP
$w = w1 \times facp$	mm	16.3	14.3	11.9