

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

CAVALCAFERROVIA

**IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19:
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RS3E 50 D 78 CL IV0300 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	M.Piscitelli	Dicembre 2019	A. Iorio L. Fanelli	Dicembre 2019	F. Sparacino	Dicembre 2019	ITALEFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Regionale UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Danilo Tiberti	Dicembre 2019

File: RS3E50D78CLIV0300001A.doc

n. Elab.: 877

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10476

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3E</td> <td>50</td> <td>D 78 CL</td> <td>IV0300 001</td> <td>A</td> <td>2 di 60</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	2 di 60
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	2 di 60								

SOMMARIO

1	PREMESSA	5
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	6
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	8
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
4.1	ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE (PILE E SPALLE).....	9
4.2	FONDAZIONI – PALI	10
4.3	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C.....	10
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	11
5.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO	12
5.2	CURVA DI PORTANZA PALI D1200	13
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	15
6.1	VITA NOMINALE	16
6.2	CLASSE D'USO	16
6.3	PERIODO DI RIFERIMENTO.....	17
6.4	VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	17
6.5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO.....	18
6.6	PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO E SPETTRO DI PROGETTO	20
7	VERIFICHE	22
7.1	VERIFICA AGLI SLU: PRESSOFLESSIONE E TAGLIO.....	22
7.1.1	Verifica a pressoflessione.....	22
7.1.2	Verifica a taglio.....	22
7.2	VERIFICA AGLI SLE: LIMITAZIONE DELLE TENSIONI E FESSURAZIONE	24
7.2.1	Verifica di fessurazione.....	24
7.2.2	Verifica delle tensioni di esercizio	24

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>M03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B</p>	<p>COMMESSA RS3E</p>	<p>LOTTO 50</p>	<p>CODIFICA D 78 CL</p>	<p>DOCUMENTO IV0300 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 3 di 60</p>

8	MODELLO DI CALCOLO	25
8.1	GENERALITÀ	25
8.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE	25
8.3	ANALISI DEI CARICHI.....	26
8.3.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i>	26
8.3.2	<i>Sovraccarico terrapieno</i>	26
8.3.3	<i>Spinta statica</i>	26
8.3.4	<i>Sovraccarico accidentale</i>	27
8.3.5	<i>Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche</i>	27
8.3.6	<i>Azione sismica</i>	28
8.3.7	<i>Incremento di spinta del terrapieno</i>	29
8.3.7.1	<i>Valutazione spostamento testa pali</i>	31
8.3.8	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i>	38
8.3.9	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	40
8.4	COMBINAZIONI DI CARICO.....	42
8.4.1	<i>Gruppi di carico</i>	43
8.4.2	<i>Coefficienti parziali e di combinazione</i>	44
8.4.3	<i>Combinazioni agli SLU</i>	45
8.4.4	<i>Combinazioni agli SLE</i>	45
9	ANALISI E VERIFICHE SPALLA SPA (LATO APPOGGI FISSI).....	46
9.1	MURO FRONTALE	46
9.2	MURO PARAGHIAIA	49
9.3	MURI LATERALI.....	50
9.4	PLINTO DI FONDAZIONE	51
9.5	PALI DI FONDAZIONE.....	55
9.5.1	<i>Verifiche di capacità portante Palo singolo</i>	55
9.5.2	<i>Verifiche capacità portante Pali Di Gruppo</i>	56



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	4 di 60

9.5.3	Capacità portante laterale dei pali di fondazione.....	56
9.6	VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI IN FONDAZIONE	58
10	AZIONI SUGLI APPOGGI	58
10.1	ESCURSIONE DEI GIUNTI	59

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'impalcato è costituito da una travata semplicemente appoggiata di lunghezza complessiva var. da 38.14 a 39.39 m e lunghezza netta tra gli appoggi var. da 35.77 a 37.02. La piattaforma ha una larghezza totale var. da 14.58 a 19.31 m con carreggiata di larghezza var. da 11.16 a 15.26m.

L'impalcato prevede una struttura mista in acciaio-calcestruzzo costituita da cinque travi metalliche ad interasse (distanza fra i baricentri) var da 2.50 a 2.85 m alla soletta in c.a. gettata in opera. Le travi sono poi collegate mediante diaframmi verticali posti ad interasse di 5 m.

La soletta in c.a. di spessore variabile con valore medio pari a 300 mm è gettata su predalles di 50 mm di spessore poggiate sulle piattabande superiori delle travi e collegata ad essi mediante connettori tipo "Nelson".

La soletta in calcestruzzo armato collaborante con le travi, garantisce, insieme ai traversi, la ripartizione dei carichi tra le travi dell'impalcato in esame.

Le sottostrutture consistono in due spalle di cui una di tipo "tradizionale" su pali e l'altra costituita da un muro su fondazione superficiale.

La spalla indicata con "SPA" è la spalla fissa mentre quella indicata con "SPB" è la spalla mobile. Il presente documento contiene le verifiche strutturali e geotecniche della spalla SPA.

Nel seguito del presente documento si riportano le analisi e verifiche della spalla fissa SPA rimandando ad apposita relazione di calcolo la verifica della spalla mobile SPB.

Di seguitosi riportano le principali caratteristiche geometriche della sottostruttura in esame ed a seguire le immagini delle carpenterie dell'opera in oggetto, per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici:

SPALLA FISSA SPA

Altezza muro frontale:	8.15 m
Spessore muro frontale: (dimensione in retto)	2.10 m
Altezza muro paraghiaia:	2.75 m
Spessore muro paraghiaia: (dimensione in retto)	0.40 m
Spessore plinto di fondazione:	2.50 m
Lunghezza plinto di fondazione:	11.4 m
Larghezza plinto di fondazione:	24.5 m
Spessori muri laterali:	1.00 m
Pali:	35φ1200, Interasse: 3.60 m, L = 24 m

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti, DM 14 gennaio 2008 – «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 - «Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- Rif. [4] Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- Rif. [5] UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- Rif. [6] Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 361 del 26 settembre 2017, Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;
- Rif. [7] EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- Rif. [8] EUROCODICE 7: progettazione geotecnica
- Rif. [9] Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

Documenti Tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

- Rif. [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [11] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [12] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [13] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [14] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [15] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [16] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 7 / Geologia (RFI DTC SI CS GE IFS 001 A – rev 22/12/2017)
- Rif. [17] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFIDTCSICSSPIFS005 B - rev 22/12/2017)

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche.

4.1 ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE (PILE E SPALLE)

Per le strutture in elevazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4

C32/40: $f_{ck} \geq 32$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa

Classe minima di consistenza: S3-S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	3,10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

4.2 FONDAZIONI – PALI

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

C25/30: $f_{ck} \geq 25$ MPa $R_{ck} \geq 30$ MPa

Classe minima di consistenza: S4 – S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16,60	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14,11	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	2,56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm ²

4.3 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C

B450 C (controllato in stabilimento)

f_{yk} = 450 MPa tensione caratteristica di snervamento

f_{yd} = $f_{yk} / 1.15 = 391$ MPa tensione caratteristica di calcolo

E_s = 210000 MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE RARA: $\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360$ MPa

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il cavalcferrovia è previsto in corrispondenza della viabilità della nuova stazione di Catenanuova (viabilità NI12). La fondazione della spalla A è costituita da pali D = 1200mm, mentre la spalla B è costituita da un muro su fondazione diretta.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini in sito elencate nella tabella seguente.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc / Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC / Prova DH
D32	30.0	152.00	3	7	-	5	1	-	TA[3÷30]
S1	40.0	148.5	2	5	-	8	1	-	TA[1÷9]
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante] CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

In corrispondenza del sondaggio D33 è stata eseguita una indagine sismica DH da cui evince categoria di sottosuolo tipo B: l'indagine è ubicata nelle vicinanze e presenta le stesse formazioni geologiche con spessori confrontabili, quindi anche per quest'opera si assume categoria sottosuolo B.

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente (p.c. di riferimento a quota +152.0 m s.l.m.):

STRATIGRAFIA	
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bnc	0.0-3.5
bni	3.5-7.5
bnc	7.5-11.5
bni	11.5-14.5
bnc	14.5-15.5
AAC	15.5-40.0
FALDA: a+138 m s.l.m.	

PARAMETRI GEOTECNICI



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	12 di 60

	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Vs [m/s]	Go [MPa]	Eo [MPa]	E' _{op,1} [MPa]	E' _{op,2} [MPa]
bni	20.5	-	0	38	-	-	250 (z=3.5-7.5 m) 350 (z=11.5-14.5 m)	Eo / 3	Eo / 10
bnc	20.5	150	0	25	-	-	200 (z=0.0-3.5 m) 300 (z=7.5-11.5 m) 300 (z=14.5-15.5 m)	Eo / 3	Eo / 10
AAC	20.5	250÷350	5	24	-	-	700-900	Eo / 3	Eo / 10

Dove:

γ = peso di volume naturale

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

Vs = velocità delle onde di taglio

Go = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

Eo = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E'_{op,1} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

E'_{op,2} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

5.1 TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO

Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\phi' = 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio

c' = 0 kPa coesione drenata



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
 -VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	13 di 60

5.2 CURVA DI PORTANZA PALI D1200

Nel seguito si riporta la curva di portanza dei pali D1200 della spalla SPA. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica generale.

Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
0	0	1064	0	1064	463
0.5	48	1330	3	1375	600
1	106	1596	6	1696	742
1.5	172	1608	8	1772	778
2	260	1620	11	1868	825
2.5	447	1797	14	2231	996
3	653	1975	17	2611	1175
3.5	862	2153	20	2995	1356
4	1073	2331	23	3381	1538
4.5	1286	2508	25	3769	1721
5	1502	2686	28	4160	1906
5.5	1720	2864	31	4553	2092
6	1942	2896	34	4804	2216
6.5	2165	2929	37	5057	2341
7	2391	2961	40	5312	2468
7.5	2617	2993	42	5568	2594
8	2843	3026	45	5824	2721
8.5	3069	3058	48	6080	2848
9	3296	3091	51	6335	2974
9.5	3522	3123	54	6591	3101
10	3748	3155	57	6847	3228
10.5	3974	3188	59	7102	3354
11	4200	3220	62	7358	3481
11.5	4427	3252	65	7614	3608
12	4653	3285	68	7870	3734
12.5	4879	3317	71	8125	3861
13	5105	3349	74	8381	3987
13.5	5331	3382	76	8637	4114
14	5558	3414	79	8893	4241
14.5	5784	3447	82	9148	4367
15	6010	3479	85	9404	4494
15.5	6236	3511	88	9660	4621
16	6462	3544	90	9916	4747



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	14 di 60

Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
16.5	6689	3576	93	10171	4874
17	6915	3608	96	10427	5001
17.5	7141	3641	99	10683	5127
18	7367	3673	102	10938	5254
18.5	7593	3705	105	11194	5381
19	7820	3738	107	11450	5507
19.5	8046	3770	110	11706	5634
20	8272	3803	113	11961	5761
20.5	8498	3835	116	12217	5887
21	8724	3867	119	12473	6014
21.5	8951	3900	122	12729	6141
22	9177	3932	124	12984	6267
22.5	9403	3964	127	13240	6394
23	9629	3997	130	13496	6520
23.5	9855	4029	133	13752	6647
24	10081	4062	136	14007	6774
24.5	10308	4094	139	14263	6900
25	10534	4126	141	14519	7027
25.5	10760	4159	144	14774	7154
26	10986	4191	147	15030	7280
26.5	11212	4223	150	15286	7407

Lp = Lunghezza utile del palo

Qll = Portata laterale limite

Qbl = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

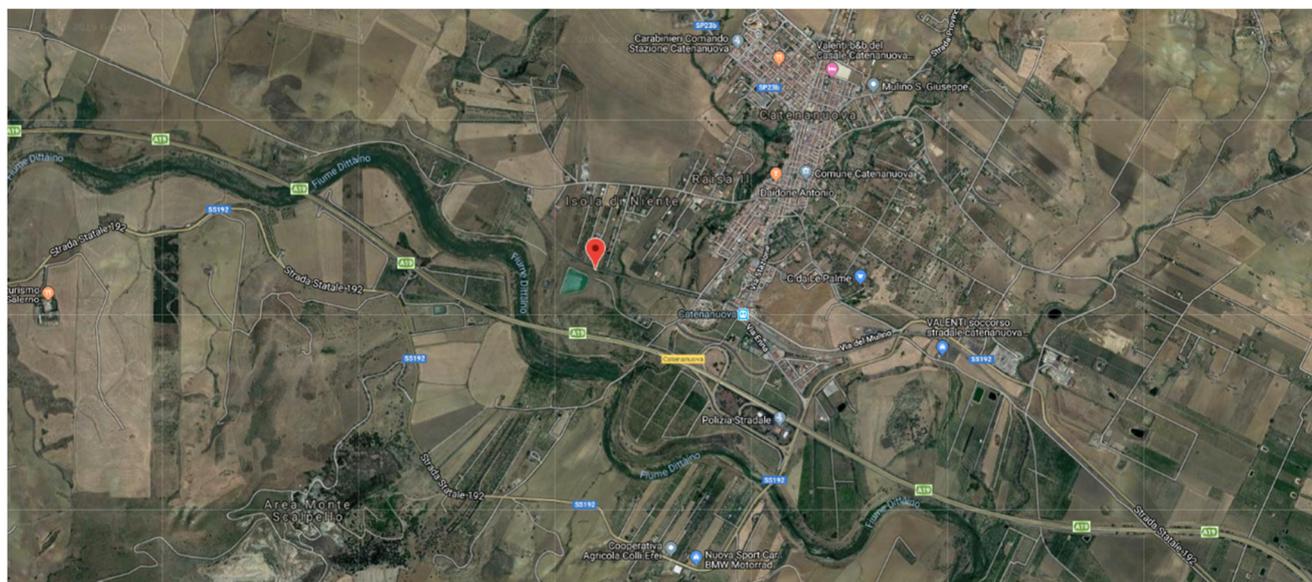
Qd = Portata di progetto = $Qll/FS,l + Qbl/FS,b - Wp$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>IV03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3E</td> <td>50</td> <td>D 78 CL</td> <td>IV0300 001</td> <td>A</td> <td>15 di 60</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	15 di 60
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	15 di 60								

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008 nonché la valutazione delle sollecitazioni di verifica e di dimensionamento dei vari elementi strutturali secondo il criterio della Gerarchia delle Resistenze.

Il viadotto stradale oggetto della presente relazione è posto in prossimità della progressiva di tracciato 13+075 e presenta le seguenti coordinate geografiche:



LATITUDINE

37.564

LONGITUDINE

14.680

COMUNE

Catenanuova

PROVINCIA

ENNA

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica per la zona sismica di riferimento in cui ricade l'opera.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

6.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per la definizione della Vita Nominale da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria si rimanda al "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI" - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

Tabella 1 Vita Nominale in funzione del tipo di costruzione

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale [V_N] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE ESISTENTI OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ ($V < 250$ km/h)	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ ($V \geq 250$ Km/h)	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾
(1) - La medesima V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.	
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI.	

Tenendo conto delle indicazioni precedenti le strutture di progetto avranno vita nominale $V_N = 75$.

6.2 CLASSE D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 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.

Per la definizione della Classe di uso da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria esistente si rimanda al “*MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI*” - *RFI DTC SI PS MA IFS 001 B*.

Tabella 2 Classe d'uso Coeff. d'uso in funzione del tipo di costruzione per l'infrastruttura ferroviaria

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [CU]
GRANDI STAZIONI	C IV	2,0
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITÀ FERROVIARIA	C III	1,5
ALTRE OPERE D'ARTE	C II	1,0

Facendo riferimento all'Allegato 5 della specifica alla pagina 151 del “*MANUALE DI PROGETTAZIONE DI PONTI E STRUTTURE*” - *RFI DTC SICS MA IFS 001 B* si ricade in classe d'uso tipo **Classe III con coefficiente d'uso CU=1,5**.

6.3 PERIODO DI RIFERIMENTO

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.50 = 112.5 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

6.4 VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{V_R} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = - \frac{C_u \cdot V_s}{\ln(1 - P_{V_s})}$$

da cui si ottiene la seguente Tabella:

Tabella 3 Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

	STATO LIMITE	probabilità di superamento PVR	Valori in anni del periodo di ritorno TR
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%	68
	SLD - Stato Limite di Danno	63%	113
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%	1068
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%	2193

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati si ha:

STATO LIMITE	SLV
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	B
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1
VITA NOMINALE V_N	75
CLASSE D'USO	C III
COEFFICIENTE D'USO C_U	1.5
VITA DI RIFERIMENTO V_R	112.5

6.5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO

Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008.

Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_S \cdot S_T$ e di CC in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle Tab.18 e 19 che sono riportate di seguito:

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

Tabella 4 Tabella delle espressioni per S_S e C_C

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

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

Tabella 5 Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

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

Nel caso in esame:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

B

CATEGORIA TOPOGRAFICA

T1



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
 - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 RS3E 50 D 78 CL IV0300 001 A 20 di 60

6.6 PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO E SPETTRO DI PROGETTO

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudo statico, si eseguirà un calcolo elastico assumendo un fattore di struttura unitario. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limit&LV Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limit&LV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_z	0.173 q
F_a	2.505
T_c	0.520 r
S_z	1.200
C_c	1.250
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.220 r
T_C	0.660 r
T_D	2.292 r

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_z \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \xi)} \geq 0.55$; $\eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.4; 3.2.3.5)
 $T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.3)
 $T_C = C_c \cdot T_c$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_D = 4.0 \cdot a_z / g + 1.6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_B$ $S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_c} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C$ $S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_c$
 $T_C \leq T < T_D$ $S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T$ $S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

La pendenza di pendenza $S_c(T)$ per lo stato limite Ultimi è ottenuta dalle espressioni della pendenza elastica $S_c(T)$ ritarituendo dan con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.208
0.220	0.520
0.660	0.520
0.737	0.465
0.815	0.421
0.893	0.384
0.971	0.354
1.048	0.327
1.126	0.305
1.204	0.285
1.282	0.268
1.359	0.252
1.437	0.239
1.515	0.227
1.593	0.215
1.670	0.205
1.748	0.196
1.826	0.188
1.904	0.180
1.981	0.173
2.059	0.167
2.137	0.161
2.215	0.155
2.292	0.150
2.374	0.140
2.455	0.131
2.536	0.122
2.618	0.115
2.699	0.108
2.780	0.102
2.862	0.096
2.942	0.091
3.024	0.086
3.105	0.082
3.187	0.077
3.268	0.074
3.349	0.070
3.431	0.067
3.512	0.064
3.593	0.061
3.675	0.058
3.756	0.056
3.837	0.053
3.919	0.051
4.000	0.049

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_z	0.097 q
S_z	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 r
T_C	0.150 r
T_D	1.000 r

Parametri dipendenti

F_a	1.407
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_z \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = 1/q$ (NTC-08 § 3.2.3.5)
 $F_v = 1.35 \cdot F_c \cdot \left(\frac{a_z}{g} \right)^{0.5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$0 \leq T < T_B$ $S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_c} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C$ $S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$
 $T_C \leq T < T_D$ $S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T$ $S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

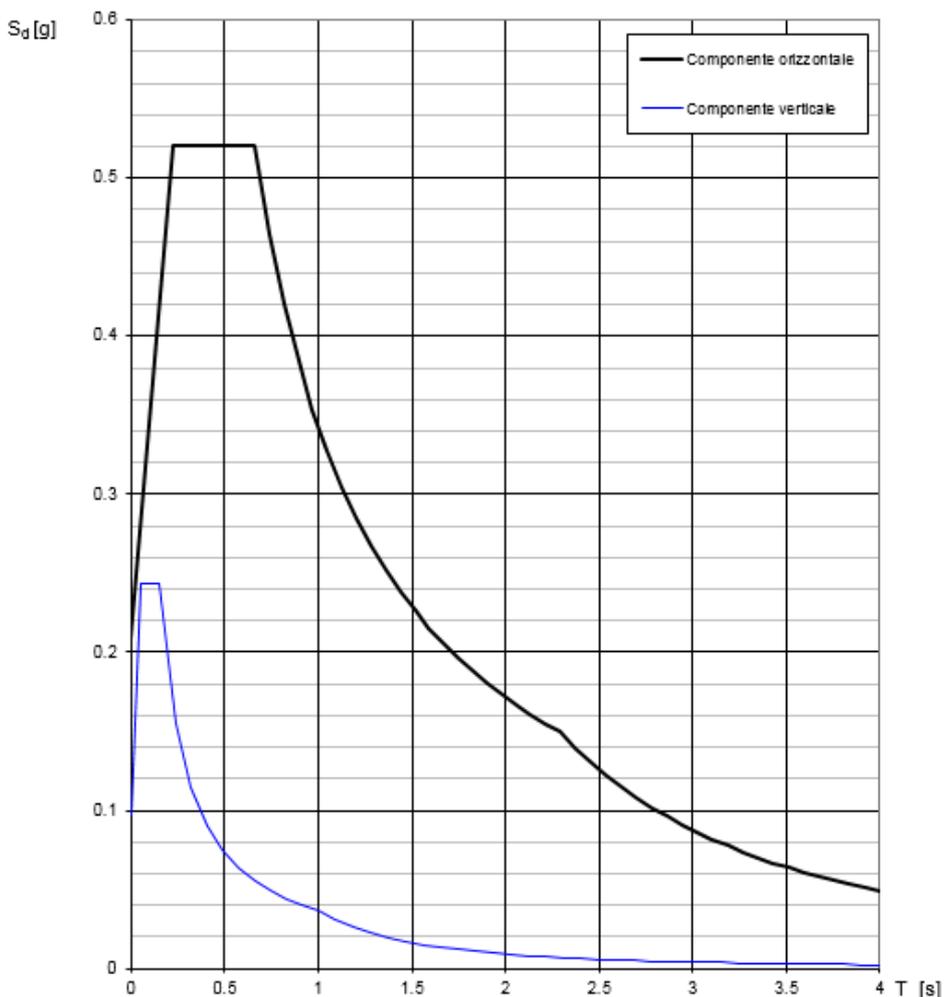
Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.097
0.050	0.243
0.150	0.243
0.235	0.155
0.320	0.114
0.405	0.090
0.490	0.075
0.575	0.064
0.660	0.055
0.745	0.049
0.830	0.044
0.915	0.040
1.000	0.037
1.094	0.031
1.188	0.026
1.281	0.022
1.375	0.019
1.469	0.017
1.563	0.015
1.656	0.013
1.750	0.012
1.844	0.011
1.938	0.010
2.031	0.009
2.125	0.008
2.219	0.007
2.313	0.007
2.406	0.006
2.500	0.006
2.594	0.005
2.688	0.005
2.781	0.005
2.875	0.004
2.969	0.004
3.063	0.004
3.156	0.004
3.250	0.003
3.344	0.003
3.438	0.003
3.531	0.003
3.625	0.003
3.719	0.003
3.813	0.003
3.906	0.002
4.000	0.002

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Gli spettri di risposta di progetto allo SLV in direzione orizzontale (con q = 1.0) e verticale (con q = 1.0) sono rappresentati nella figura seguente.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Combinazione degli effetti dell'azione sismica

In accordo con il paragrafo 7.3.5. del D.M. 14.01.2008, gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati secondo le seguenti espressioni:

- Sisma in direzione longitudinale "X" $1.0'E_X + 0.3'E_Y + 0.3'E_Z;$
- Sisma in direzione trasversale "Y" $0.3'E_X + 1.0'E_Y + 0.3'E_Z;$
- Sisma in direzione verticale "Z" $0.3'E_X + 0.3'E_Y + 1.0'E_Z.$

Per ciascuna delle precedenti relazioni, gli effetti del sisma sono stati combinati facendo variare opportunamente il segno delle singole sollecitazioni al fine di massimizzare gli sforzi nella struttura.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

7 VERIFICHE

Nelle pagine che seguono si riportano le verifiche strutturali previste dalla Normativa di riferimento allo SLU e allo SLE.

7.1 VERIFICA AGLI SLU: PRESSOFLESSIONE E TAGLIO

Le verifiche a pressoflessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di sicurezza (CS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente.

7.1.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche flessionali allo SLU sono state eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura sono state dedotte a partire dalle deformazioni utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione.

Per quanto attiene la legge σ - ϵ del calcestruzzo si è utilizzata una curva parabola-rettangolo, considerando solo la porzione compressa e con $\epsilon_{c2}=0,2\%$ ed $\epsilon_{cu}=0,35\%$.

Per quanto riguarda l'acciaio si è assunto un diagramma bilineare elastico-perfettamente elastico finito con $\epsilon_{cu}=1,0\%$.

7.1.2 Verifica a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1992-1-1:2005, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

- $V_{Rd,c} = \max \left\{ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$, resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio
- $V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$, valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
M03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A	FOGLIO 23 di 60

- $$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta}$$
 , valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

- $$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$
 con d in mm
- $$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$$
- A_{sl} è l'area dell'armatura tesa
- b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa
- $$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 \cdot f_{cd}$$
- N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi
- A_c è l'area della sezione di calcestruzzo
- $$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$$
- $k_1 = 0,15$
- $$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$
- $v = 0,5$ per calcestruzzi fino a C70/85
- $1 \leq \cot\theta \leq 2,5$
- A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio
- s è il passo delle staffe
- f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio
- $v_1 = v$ è il coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio
- α_{cw} è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A	FOGLIO 24 di 60

7.2 VERIFICA AGLI SLE: LIMITAZIONE DELLE TENSIONI E FESSURAZIONE

Il controllo delle tensioni nei materiali viene effettuato supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare.

7.2.1 *Verifica di fessurazione*

In accordo con quanto riportato al paragrafo 4, si adotta il limite $w_1 = 0.2$ mm per tutti gli elementi strutturali analizzati nella presente relazione.

7.2.2 *Verifica delle tensioni di esercizio*

In accordo con la normativa ferroviaria, che pone limiti tensionali più severi rispetto a quanto prescritto dal D.M. 14/01/2008, la massima tensione di compressione del cls deve rispettare la limitazione:

- $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara);
- $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

La massima tensione di trazione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

- $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$ per combinazione caratteristica (rara).

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
V03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A	FOGLIO 25 di 60

8 MODELLO DI CALCOLO

8.1 GENERALITÀ

Per le verifiche dei singoli elementi della spalla (pali, platea di fondazione ed elevazioni) è stata effettuata un'analisi dei carichi agenti sul piano appoggi e allo spiccato della fondazione; l'analisi viene riportata nelle pagine seguenti.

8.2 MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE

Le sollecitazioni di verifica della spalla sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio alle quali vanno combinate le azioni determinate dalle spinte del terreno di riempimento e del sovraccarico in condizioni sia statiche che sismiche e le azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Tutti i muri sono considerati sconnessi fra loro per la valutazione delle sollecitazioni alla base e quindi le azioni provenienti dall'impalcato sono applicate solamente al muro frontale. Tale schema pur risultando cautelativo, non fornisce sovrastime eccessive nel calcolo dei quantitativi di armatura previsti.

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali muro paraghiaia, muro frontale e muri laterali che vengono tutti modellati come delle mensole incastrate alla base.

Per il plinto di fondazione, si è utilizzato un modello tirante-puntone per l'analisi e la verifica dello zoccolo anteriore al muro frontale.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni sui pali di fondazione a partire dalle azioni risultanti nel baricentro del plinto alla quota di intradosso, sono stati calcolati, per ciascuna combinazione di carico, gli sforzi assiali e di taglio in testa ai pali di fondazione utilizzando il classico modello a piastra rigida.

Nelle tabelle riportate nei successivi paragrafi, i valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati agli apparecchi di appoggio di estremità sono indicati con:

- T_L = risultante delle azioni orizzontali dirette lungo l'asse longitudinale dell'impalcato (taglio longitudinale);
- T_T = risultante delle azioni orizzontali dirette lungo l'asse trasversale dell'impalcato (taglio trasversale);
- N = risultante delle azioni verticali (sforzo normale);
- M_T = risultante delle azioni flettenti che provocano flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato (momento trasversale);
- M_L = risultante delle azioni flettenti che provocano flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato (momento longitudinale).

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

8.3 ANALISI DEI CARICHI

8.3.1 *Peso proprio elementi strutturali*

I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

8.3.2 *Sovraccarico terrapieno*

A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

8.3.3 *Spinta statica*

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno di peso specifico γ , su una parete di altezza H, risulta:

$$S_o = 1/2 * \gamma * H^2 * K_o \quad (\text{spinta per metro lineare di spalla})$$

l'utilizzo di K_o è determinato dall'impossibilità, da parte della spalla, di subire spostamenti; si assume $K_o = 1 - \text{sen } \varphi$ (si rimanda alla tabella 2: dati di input).

Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni (1/3 H rispetto alla base della parete).

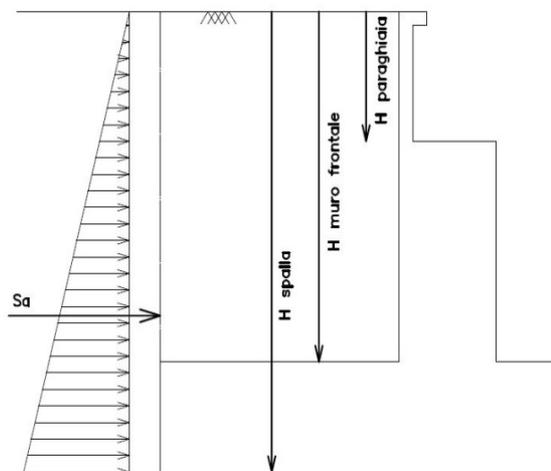


Fig. 2 Spinta statica terreno di rinterro

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati ferroviari e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

<i>Parametri Geotecnici Terreno di riempimento</i>		
γ [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]
20	35	0

Tabella 6 – Caratteristiche terreno di riempimento

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
IV03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A	FOGLIO 27 di 60

8.3.4 Sovraccarico accidentale

Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

$$q = 20 \text{ kN/ m}^2$$

8.3.5 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a $Q = 20.0 \text{ kN/m}^2$ gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa. La presenza del sovraccarico Q genera una spinta pari a: $S_q = Q \cdot H \cdot K_0$

Tale spinta è applicata ad una altezza pari a $H/2$.

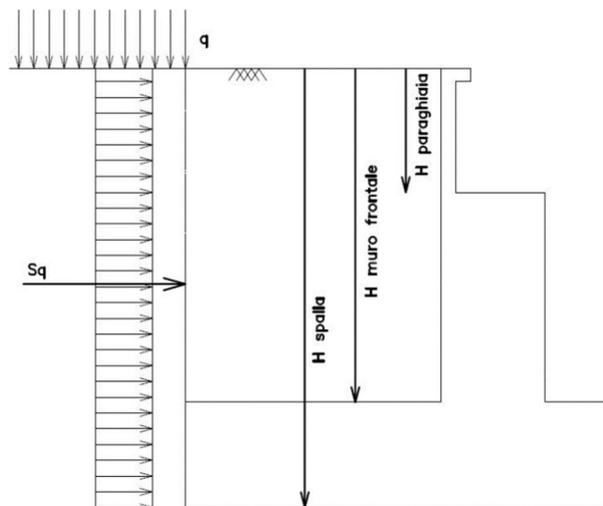


Fig. 3 : Spinta statica sovraccarico accidentale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

8.3.6 Azione sismica

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

➤ Azioni sismiche sulla Spalla

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle spalle si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k_h (coefficiente sismico orizzontale) o k_v (coefficiente sismico verticale) secondo quanto di seguito indicato:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v W$

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente β_m assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente β_m , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso delle spalle del viadotto in questione che in virtù della elevata rigidezza sia del sistema di fondazione che della parte in elevazione, è interessata da spostamenti trascurabili durante l'evento sismico) un valore del coefficiente β_m pari ad 1.0.

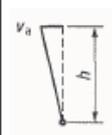
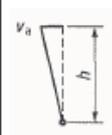
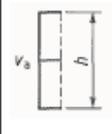
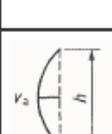
Assumendo tale valore si considera che, cautelativamente, il terreno di riempimento è rigidamente connesso alla spalla e non subisce deformazioni o movimenti relativi rispetto ad essa.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

8.3.7 Incremento di spinta del terrapieno

Per il calcolo della spinta del terreno sulle opere di sostegno, occorre tenere presente che la mobilitazione della spinta attiva avviene per spostamenti di entità contenuta, come si evince dalla seguente tabella desunta dall'EC7 - Parte 1 - Annesso C (C.3 "Movements to mobilise limit earth pressures"):

Table C.1 — Ratios v_a/h

Kind of wall movement		v_a/h	v_a/h
		loose soil %	dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:
 v_a is the wall motion to mobilise active earth pressure
 h is the height of the wall

In condizioni sismiche, l'entità degli spostamenti dipende principalmente dall'intensità dell'azione sismica e dalla rigidità del sistema pali-terreno; pertanto, la possibilità di ammettere la mobilitazione della spinta attiva è subordinata alla valutazione degli spostamenti dell'opera e potrà essere valutata caso per caso. Cautelativamente, la valutazione degli spostamenti, da effettuarsi calcolando le spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche, sarà riferita alla base dell'opera (i.e. alla sommità della palificata) e il confronto con i valori di riferimento per la mobilitazione della spinta attiva sarà effettuato in accordo con lo schema b) della tabella estratta dall'EC7 per terreni addensati (rilevati stradali e ferroviari). L'altezza h rispetto alla quale effettuare la verifica corrisponde all'altezza totale dell'opera su cui agisce la spinta del terreno, comprensiva dello spessore della fondazione.

Qualora, a seguito della verifica dell'entità degli spostamenti, non ricorressero le condizioni di spinta attiva, si procederà al calcolo delle spinte considerando la somma della spinta statica a riposo e dell'incremento di spinta sismica valutata con la teoria di Wood, secondo le indicazioni contenute nell'EC8 – Parte 5 – Annesso E (E.9 "Force due to earth pressure for rigid structures"):

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

$$\Delta S_s = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

Tale risultante è applicata ad un'altezza pari ad H/2.

Qualora, a seguito della verifica dell'entità degli spostamenti, ricorressero le condizioni di spinta attiva, si confermerà la correttezza dell'ipotesi di calcolo delle spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche.

Per la valutazione del coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche si farà in generale riferimento alla formulazione di Muller – Breslau:

$$k_a = \frac{\cos^2(\alpha + \phi)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

ϕ = angolo di attrito interno del terreno

α = inclinazione del paramento di monte rispetto alla verticale

β = inclinazione del pendio di monte rispetto al piano orizzontale

δ = angolo di attrito terra-muro

Per la valutazione del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche si farà riferimento alla formulazione di Mononobe-Okabe:

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \vartheta)}{\cos(\delta + \alpha + \vartheta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2} \quad \text{se } \beta \leq \phi - \theta$$

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta)} \quad \text{se } \beta > \phi - \theta$$

dove θ = angolo sismico, definito secondo la seguente espressione (in assenza di falda) in funzione dei coefficienti sismici k_h e k_v :

$$\tan \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

Nella determinazione dei coefficienti sismici k_h e k_v , per le spalle di ponti e viadotti ferroviari fondate su pali si porrà $\beta_m = 1$ in accordo con l'EC8-5.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

Nel caso in esame il coefficiente di spinta sismico è pari a:

β	0	
α	90	
φ	35	
δ	0,6	
β_m	1,000	
k_h	0,208	
k_v	0,104	
		$k_{a,M-O}$
$q_{sism (+kv)}$	10,776	0,374
$q_{sism (-kv)}$	13,2723	0,414
$k_{a,M-O}$	0,414	

La spinta totale di progetto E_d esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è dunque data dalla somma della spinta a riposo, della spinta sismica e della spinta statica data dal sovraccarico accidentale combinata al 20% così come riportato nella Tabella 5.2.V delle NTC2008.

$$E_d = S_{stat} + 0.2 \cdot S_q + \Delta S_s$$

8.3.7.1 Valutazione spostamento testa pali

Per valutare lo spostamento a testa pali si è considerata la trattazione di Matlock-Reese considerando il singolo palo come impedito di ruotare in testa. Mentre il terreno è stato considerato come un letto di molle a rigidità variabile linearmente con la profondità secondo la legge:

$$k_h = \frac{n_h \cdot z}{D_{palo}}$$

Valori indicativi per n_h sono riportati nelle tabelle seguenti:

Stato di addensamento	Sciolto	Medio	Denso
n_h [N/cm ³] sabbie non immerse	2.5	7.5	20
n_h [N/cm ³] sabbie immerse	1.5	5	12

Tabella correlazione tra n_h e tipologia di terreno incoerente
[da Fondazioni, di C.Viggiani – Tabella 14.5]

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

Tipo di terreno	n_h [N/cm ³]	Fonte
Argilla n.c. o lievemente o.c.	0.2 - 3.5	Reese, Matlock, 1956
	0.3 - 0.5	Davisson, Prakash
Argilla organica n.c.	0.1 - 1	Peck, Davisson, 1970
	0.1 - 0.8	Davisson 1970
Torba	0.05	Davisson, 1970
	0.03 - 0.1	Wilson, Hilt, 1967
Loess	8 - 10	Bowles, 1968

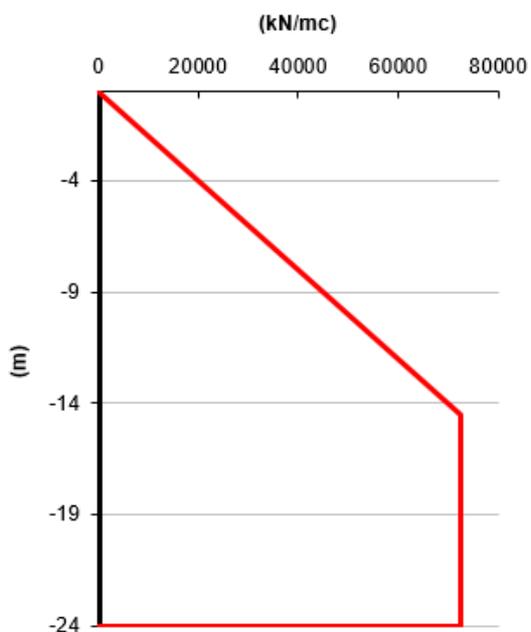
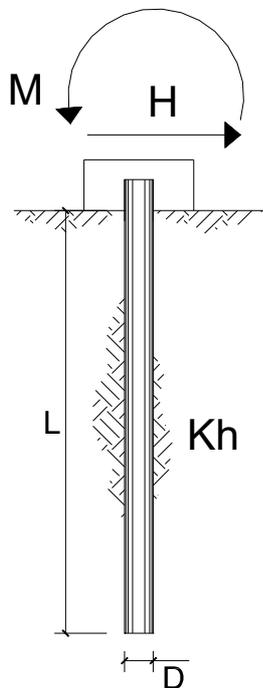
Valori orientativi di n_h per terreni coesivi
 [da Fondazioni, di C.Viggiani – Tabella 14.6]

Nel caso in esame si è assunto un modulo di reazione orizzontale del terreno lineare nello strato di coltre caratterizzato da depositi alluvionali con gradiente $n_h=6000\text{kN/m}^3$ e costante nel substrato argilloso marnoso con modulo di rigidezza orizzontale $k_h=72500\text{ kN/m}^3$:

strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m ³)	n_h (kN/m ³)
p.c.=strato 1	coltre	0,00	0	6000
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	substrato	-15,50	72500	

IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	33 di 60



 <p>ITOLFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3E</td> <td>50</td> <td>D 78 CL</td> <td>IV0300 001</td> <td>A</td> <td>34 di 60</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	34 di 60
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	34 di 60								

Tenendo conto della geometria del palo:

Diametro del palo	1,2	(m)
J palo	0,10179	(m ⁴)
Lunghezza del palo	24	(m)
Forza orizzontale in testa	1	(kN)
Momento in testa	0	(kNm)
E cls	31447	(Mpa)
dimensione elementi	0,2	(m)

- palo impedito di ruotare
- palo impedito di traslare
- palo libero

Si è ottenuto il seguente andamento degli spostamenti lungo l'asse del palo per effetto di un'azione unitaria (1 kN):

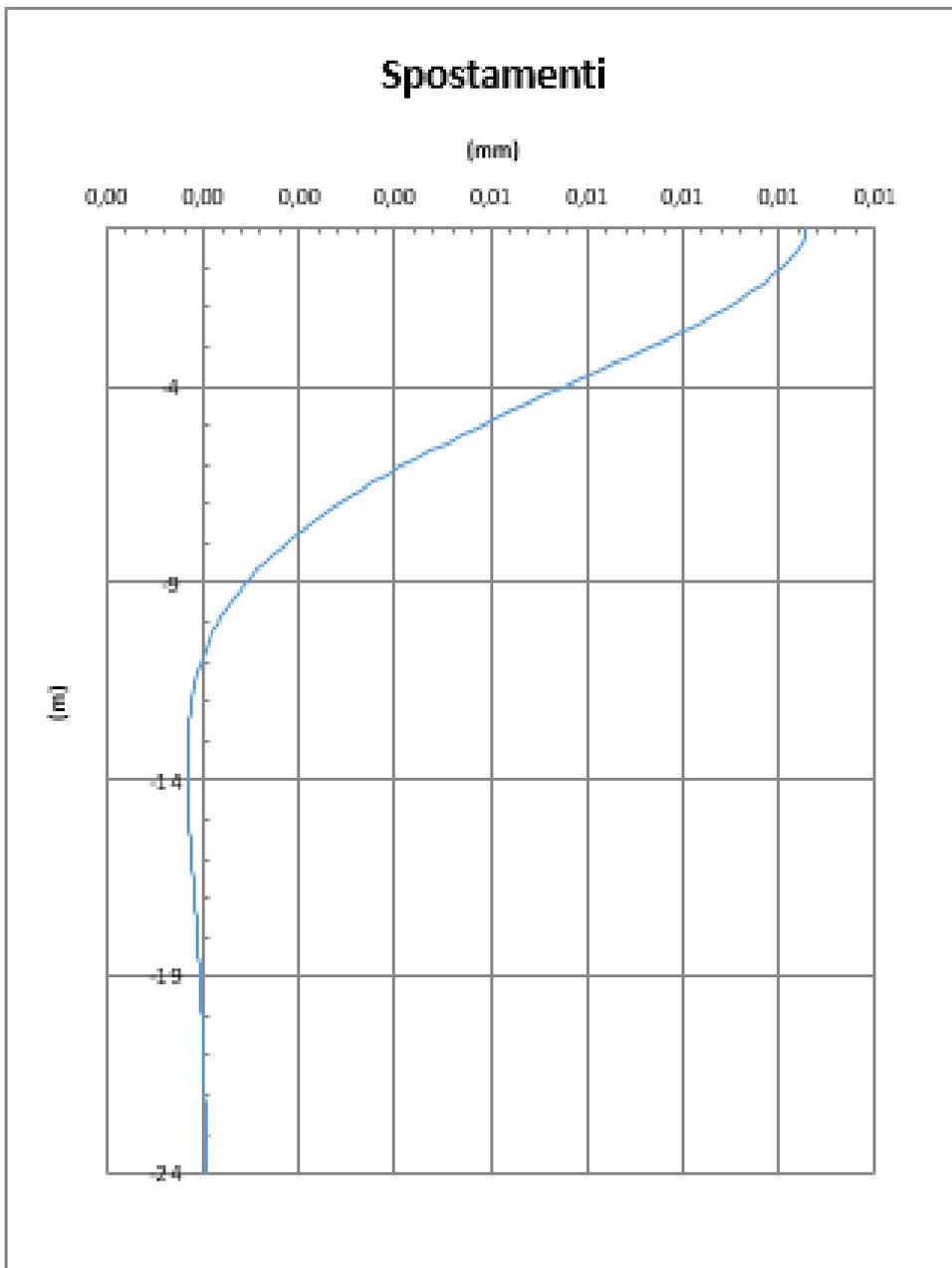


Figura 1: Grafico Spostamenti asse palo [mm]



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	36 di 60

Per conoscere lo spostamento effettivo in condizioni sismiche si riporta di seguito il calcolo dell'azione sismica in fondazione e il conseguente spostamento da esso indotto:

MURO FRONTALE		
H Muro Frontale	8,15	m
Lunghezza Muro Frontale	2,10	m
Spessore Muro Frontale	24,5	m
Spessore massimo tratto ringrossato	0,00	m
H tratto ringrossato a spessore costante	0,00	m
H tratto a spessore variabile	0,00	m
Peso Muro Frontale	10483	kN
Inerzia del Muro Frontale (H)	2176	kN
Inerzia del Muro Frontale (V)	1088	kN
MURO PARAGHIAIA		
Altezza Muro Paraghiaia	2,75	m
Spessore Muro Paraghiaia	0,40	m
Peso Muro Paraghiaia	58	kN
Inerzia del Muro Paraghiaia (H)	12	kN
Inerzia del Muro Paraghiaia (V)	6	kN
MURI LATERALI		
Muro laterale H1	10,90	m
Muro laterale s1	1,00	m
Muro laterale H2	0,00	m
Muro laterale s2	0,00	m
Muro laterale H3	0,00	m
Muro laterale s3	0,00	m
Altezza totale muri laterali	10,9	m
Spessore medio Muri Laterali	1,00	m
Lunghezza Massima muri laterali	8,1	m
Peso Muro laterale (singolo)	2207	kN
Peso totale Muri laterali	4415	kN
Inerzia dei muri laterali (H)	916	kN
Inerzia dei muri laterali (V)	458	kN
PLINTO DI FONDAZIONE		
Spessore Plinto	2	m
Lunghezza plinto	11,4	m
Larghezza plinto	24,5	m
Peso plinto di fondazione	13965	
Inerzia plinto di fondazione (H)	2899	kN
Inerzia plinto di fondazione (V)	1450	kN
RILEVATO INTERNO		
Altezza del rilevato	11,1	m
Peso Accidentali	65	kN
Peso Terreno Interno	312	kN
Inerzia rilevato interno(H)	65	kN
Inerzia rilevato interno (V)	32	kN
Componente verticale spinta sismica sovraccarichi	0,0	kN/m

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

In definitiva si hanno le seguenti azioni a quota intradosso plinto (testa pali):

VALUTAZIONE SPINTE a metro lineare		VALUTAZIONE SPINTE
Altezza Rilevato+H plinto	13,1 m	
Spinta sismica terreno (M.O.)	392,1 kN/m	9606,7 kN
SovraSpinta sismica terreni	543,0 kN/m	13304,5 kN
Spinta sismica sovraccarichi	0,0 kN/m	0,0 kN
		22911,2 kN

Infine, nel caso specifico non essendo presente la falda a tergo dell'opera, la spinta idrostatica è nulla.

TAGLIO LONG. IMPALCATO	2275,5 kN
SPINTA TOTALE SISMICA	22911,2 kN
FORZE D'INERZIA	14967,8 kN
	40154,6 kN

Pertanto lo spostamento massimo a quota testa pali è pari a:

$$\delta_{F=1 \text{ kN}} = 0,013 \text{ mm} \quad \text{Matlock-reese}$$

$$\delta_{SLV} = (0.013/0.80) * (40154.6/35) = 18,64 \text{ mm} > 0,1\%H = 13.1 \text{ mm}$$

OK

Dove 0,80 è un coefficiente riduttivo della rigidezza per tener conto dell'effetto gruppo e 35 è il numero di pali.

La spinta è dunque tale da attivare la spinta attiva.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

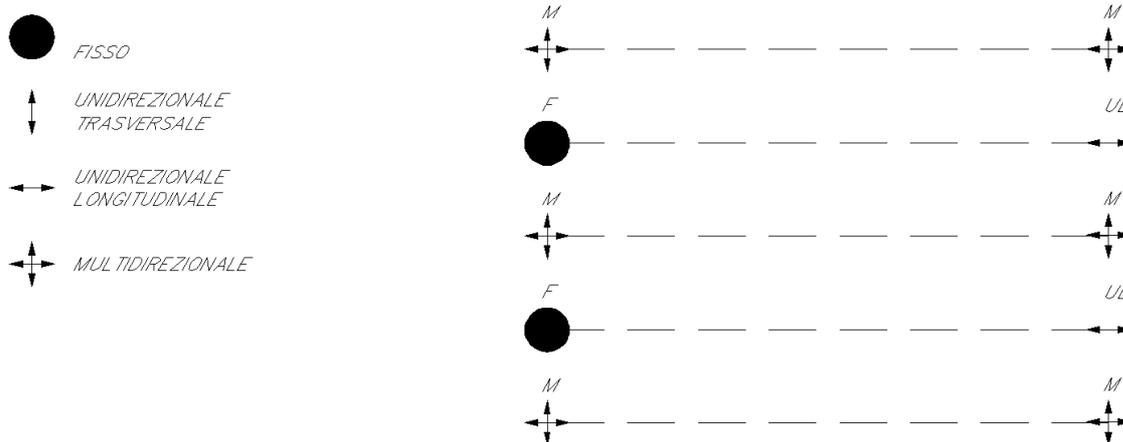
PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	38 di 60

8.3.8 Carichi trasmessi dall'impalcato

Si riportano di seguito gli scarichi agli appoggi dedotti dall'analisi dell'impalcato, a cui si rimanda per le reazioni sugli appoggi derivanti dall'analisi dell'impalcato (vedi schema appoggi campata tipo):





NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
 - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	39 di 60

SCARICHI APPOGGI FISSI - SPA

Load	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)					
ULS A1 Gr1	1	M	0.0	0.0	1871.3	2	F	-8.1	-23.2	2156.4	3	M	0.0	0.0	2243.6	4	F	8.1	-27.0	2731.4	5	M	0.0	0.0	2169.0
ULS A1 Gr2a	1	M	0.0	0.0	1637.9	2	F	-260.3	-25.1	1526.4	3	M	0.0	0.0	1886.4	4	F	-255.9	-34.9	2126.4	5	M	0.0	0.0	1846.2
ULS A1 Gr2b	1	M	0.0	0.0	1576.4	2	F	-33.4	-99.2	1591.3	3	M	0.0	0.0	1825.7	4	F	33.4	-118.8	2236.3	5	M	0.0	0.0	1832.4
ULS A1 Gr1	1	M	0.0	0.0	1325.8	2	F	-8.1	-23.2	272.9	3	M	0.0	0.0	1087.9	4	F	8.1	-27.0	1376.5	5	M	0.0	0.0	1333.9
ULS A1 Gr2a	1	M	0.0	0.0	1317.4	2	F	-260.3	-25.1	395.7	3	M	0.0	0.0	1127.2	4	F	-255.9	-34.9	1321.9	5	M	0.0	0.0	1353.3
ULS A1 Gr2b	1	M	0.0	0.0	1255.9	2	F	-33.4	-99.2	460.6	3	M	0.0	0.0	1066.4	4	F	33.4	-118.8	1431.8	5	M	0.0	0.0	1339.5
ULS A1 Q5 2	1	M	0.0	0.0	1650.3	2	F	-13.4	-38.7	1606.3	3	M	0.0	0.0	1850.4	4	F	13.4	-45.0	2242.3	5	M	0.0	0.0	1853.3
ULS A1 Q5 2	1	M	0.0	0.0	1329.9	2	F	-13.4	-38.7	475.6	3	M	0.0	0.0	1091.1	4	F	13.4	-45.0	1437.8	5	M	0.0	0.0	1360.4
SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	1	M	0.0	0.0	962.2	2	F	1147.6	1103.4	544.1	3	M	0.0	0.0	802.7	4	F	1127.9	1100.9	1058.1	5	M	0.0	0.0	954.3
SLV-0.3Ex+Ey+0.3Ez	1	M	0.0	0.0	946.4	2	F	1114.8	1101.4	537.5	3	M	0.0	0.0	785.8	4	F	1108.8	1100.7	1048.4	5	M	0.0	0.0	941.3
SLS RA Gr1 Gfav	1	M	0.0	0.0	1337.1	2	F	-5.4	-15.5	1580.8	3	M	0.0	0.0	1634.1	4	F	5.4	-18.0	1984.5	5	M	0.0	0.0	1559.9
SLS RA Gr2a Gfav	1	M	0.0	0.0	1167.8	2	F	-192.2	-16.9	1114.9	3	M	0.0	0.0	1371.0	4	F	-190.2	-23.9	1538.3	5	M	0.0	0.0	1323.9
SLS RA Gr2b Gfav	1	M	0.0	0.0	1122.2	2	F	-24.1	-71.8	1162.9	3	M	0.0	0.0	1326.0	4	F	24.1	-86.0	1619.6	5	M	0.0	0.0	1313.7
SLS RA Gr1 Gfav	1	M	0.0	0.0	933.0	2	F	-5.4	-15.5	185.6	3	M	0.0	0.0	778.1	4	F	5.4	-18.0	980.8	5	M	0.0	0.0	941.4
SLS RA Gr2a Gfav	1	M	0.0	0.0	930.4	2	F	-192.2	-16.9	277.4	3	M	0.0	0.0	808.6	4	F	-190.2	-23.9	942.3	5	M	0.0	0.0	958.8
SLS RA Gr2b Gfav	1	M	0.0	0.0	884.8	2	F	-24.1	-71.8	325.4	3	M	0.0	0.0	763.6	4	F	24.1	-86.0	1023.7	5	M	0.0	0.0	948.6
SLS RA Q5c Gfav	1	M	0.0	0.0	1174.0	2	F	-9.0	-25.8	1173.4	3	M	0.0	0.0	1343.0	4	F	9.0	-30.0	1621.7	5	M	0.0	0.0	1325.7
SLS RA Q5c Gfav	1	M	0.0	0.0	904.2	2	F	-9.0	-25.8	329.1	3	M	0.0	0.0	767.7	4	F	9.0	-30.0	1008.3	5	M	0.0	0.0	932.6
SLS FR Gr1	1	M	0.0	0.0	1178.0	2	F	0.0	0.0	1173.5	3	M	0.0	0.0	1341.6	4	F	0.0	0.0	1608.7	5	M	0.0	0.0	1309.1
SLS FR Gr1	1	M	0.0	0.0	940.6	2	F	0.0	0.0	336.0	3	M	0.0	0.0	779.2	4	F	0.0	0.0	1012.8	5	M	0.0	0.0	944.0
SLS QP	1	M	0.0	0.0	939.6	2	F	0.0	0.0	534.7	3	M	0.0	0.0	778.5	4	F	0.0	0.0	1044.2	5	M	0.0	0.0	935.6

SCARICHI APPOGGI SPALLA MOBILE - SPB

Load	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)					
ULS A1 Gr1	6	M	0.0	0.0	2126.1	7	UL	0.0	-25.1	2402.0	8	M	0.0	0.0	2291.7	9	UL	0.0	-16.1	2183.9	10	M	0.0	0.0	2213.1
ULS A1 Gr2a	6	M	0.0	0.0	1679.0	7	UL	0.0	-14.3	1969.7	8	M	0.0	0.0	1867.0	9	UL	0.0	-17.0	1773.6	10	M	0.0	0.0	1907.0
ULS A1 Gr2b	6	M	0.0	0.0	1641.7	7	UL	0.0	-118.4	1944.0	8	M	0.0	0.0	1870.1	9	UL	0.0	-88.4	1763.6	10	M	0.0	0.0	1938.3
ULS A1 Gr1	6	M	0.0	0.0	747.4	7	UL	0.0	-25.1	1088.8	8	M	0.0	0.0	980.7	9	UL	0.0	-16.1	1098.9	10	M	0.0	0.0	1502.5
ULS A1 Gr2a	6	M	0.0	0.0	904.5	7	UL	0.0	-14.3	1091.0	8	M	0.0	0.0	1017.4	9	UL	0.0	-17.0	1104.4	10	M	0.0	0.0	1462.3
ULS A1 Gr2b	6	M	0.0	0.0	867.1	7	UL	0.0	-118.4	1065.3	8	M	0.0	0.0	1020.4	9	UL	0.0	-88.4	1094.4	10	M	0.0	0.0	1493.7
ULS A1 Q5 2	6	M	0.0	0.0	1700.4	7	UL	0.0	-41.8	1976.1	8	M	0.0	0.0	1884.0	9	UL	0.0	-26.8	1789.0	10	M	0.0	0.0	1960.2
ULS A1 Q5 2	6	M	0.0	0.0	925.8	7	UL	0.0	-41.8	1097.4	8	M	0.0	0.0	1034.4	9	UL	0.0	-26.8	1119.8	10	M	0.0	0.0	1515.5
SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	6	M	0.0	0.0	854.9	7	UL	0.0	1112.2	820.0	8	M	0.0	0.0	786.0	9	UL	0.0	1115.2	816.8	10	M	0.0	0.0	1053.5
SLV-0.3Ex+Ey+0.3Ez	6	M	0.0	0.0	839.1	7	UL	0.0	1105.0	807.1	8	M	0.0	0.0	775.6	9	UL	0.0	1105.9	805.7	10	M	0.0	0.0	1038.5
SLS RA Gr1 Gfav	6	M	0.0	0.0	1535.6	7	UL	0.0	-16.7	1753.0	8	M	0.0	0.0	1669.7	9	UL	0.0	-10.7	1588.1	10	M	0.0	0.0	1583.7
SLS RA Gr2a Gfav	6	M	0.0	0.0	1207.3	7	UL	0.0	-8.7	1434.0	8	M	0.0	0.0	1356.5	9	UL	0.0	-11.4	1285.7	10	M	0.0	0.0	1360.9
SLS RA Gr2b Gfav	6	M	0.0	0.0	1179.6	7	UL	0.0	-85.8	1415.0	8	M	0.0	0.0	1358.8	9	UL	0.0	-64.3	1278.3	10	M	0.0	0.0	1384.1
SLS RA Gr1 Gfav	6	M	0.0	0.0	514.4	7	UL	0.0	-16.7	780.3	8	M	0.0	0.0	698.6	9	UL	0.0	-10.7	784.3	10	M	0.0	0.0	1057.4
SLS RA Gr2a Gfav	6	M	0.0	0.0	633.5	7	UL	0.0	-8.7	783.2	8	M	0.0	0.0	727.1	9	UL	0.0	-11.4	790.0	10	M	0.0	0.0	1031.5
SLS RA Gr2b Gfav	6	M	0.0	0.0	605.8	7	UL	0.0	-85.8	764.1	8	M	0.0	0.0	729.4	9	UL	0.0	-64.3	782.5	10	M	0.0	0.0	1054.8
SLS RA Q5c Gfav	6	M	0.0	0.0	1220.8	7	UL	0.0	-27.9	1437.7	8	M	0.0	0.0	1367.6	9	UL	0.0	-17.9	1295.6	10	M	0.0	0.0	1395.9
SLS RA Q5c Gfav	6	M	0.0	0.0	622.0	7	UL	0.0	-27.9	776.0	8	M	0.0	0.0	725.9	9	UL	0.0	-17.9	786.1	10	M	0.0	0.0	1031.1
SLS FR Gr1	6	M	0.0	0.0	1225.3	7	UL	0.0	0.0	1439.3	8	M	0.0	0.0	1361.2	9	UL	0.0	0.0	1292.5	10	M	0.0	0.0	1377.3
SLS FR Gr1	6	M	0.0	0.0	651.5	7	UL	0.0	0.0	788.4	8	M	0.0	0.0	731.8	9	UL	0.0	0.0	796.8	10	M	0.0	0.0	1048.0
SLS QP	6	M	0.0	0.0	832.3	7	UL	0.0	0.0	801.4	8	M	0.0	0.0	771.1	9	UL	0.0	0.0	801.0	10	M	0.0	0.0	1032.1

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
IV03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A	FOGLIO 40 di 60

8.3.9 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

Per ricavare le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione è stato considerato un modello di plinto rigido, in cui l'azione assiale nei pali viene valutata assumendo una rotazione rigida del plinto (palo impedito di ruotare in testa), tenendo poi conto, in maniera approssimata mediante la definizione di un apposito coefficiente, degli effetti flessionali sui pali dovuti ai carichi trasmessi dalla spalla, come mostrato nelle immagini riportate alla pagina successiva.

Lo sforzo normale nei pali è quindi calcolato come segue:

$$N_i = \frac{N_{Ed}}{n} \pm \frac{(M_{Ed})d_i}{\sum_i d_i^2}$$

Le azioni di taglio sono suddivise equamente tra i pali, mentre il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente α (espresso in metri):

$$M_i(V_{Ed}) = \alpha \frac{V_{Ed}}{n}$$

Il coefficiente α dipende principalmente dalle caratteristiche di rigidità relative palo-terreno e, generalmente, fornisce un valore del momento sollecitante conservativo. Fissato il diametro del palo, α dipende quindi dalla rigidità del terreno. Nel caso in esame:

PALI D1200 : $\alpha=2.22$

Si rimanda alla relazione geotecnica per maggiori dettagli relativi al calcolo di tale parametro.

Le azioni derivanti da questo modello sono quindi confrontate con le curve di capacità portante dei pali di fondazione.

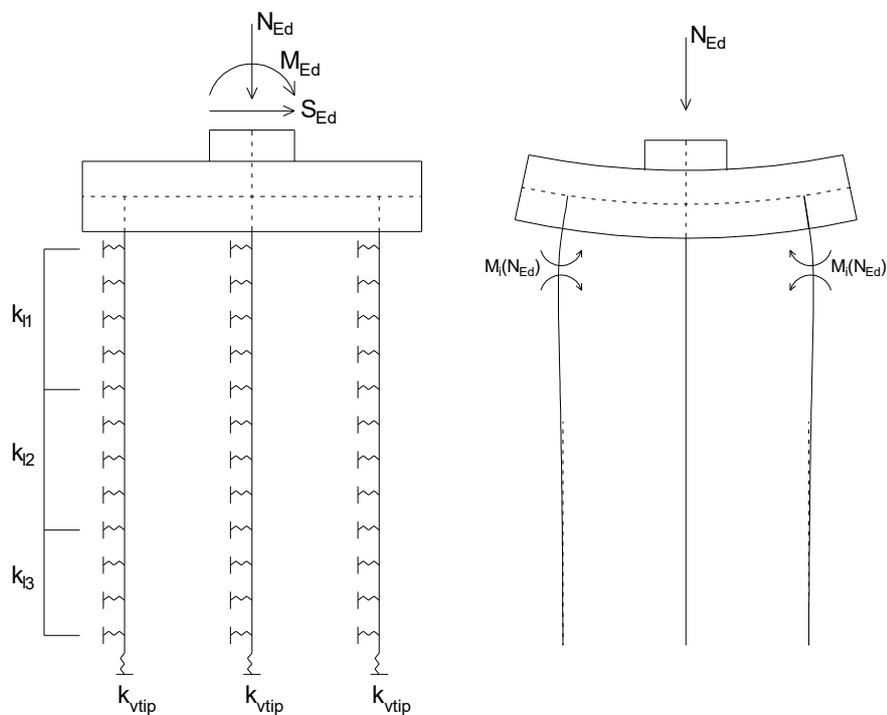


Figura 2 – Modello del plinto su pali ed effetto flessionale su pali dovuto al carico assiale agente sul plinto (a destra)

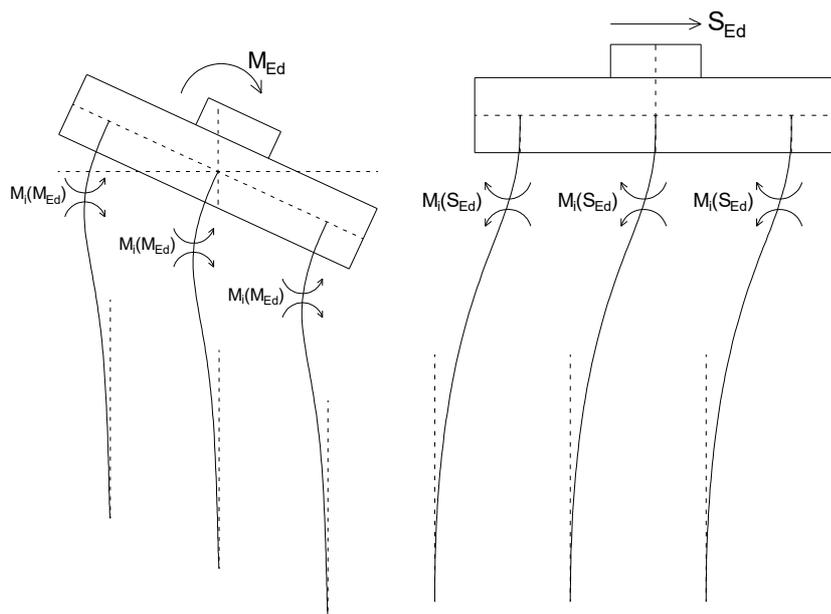


Figura 3 – Effetto flessionale sui pali dovuti al momento flettente (a sinistra) e al taglio (a destra) agenti sul plinto

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A	FOGLIO 42 di 60

8.4 COMBINAZIONI DI CARICO

Si riportano di seguito le combinazioni di carico utilizzate nei calcoli. Ai fini delle verifiche agli stati limite, in accordo con le NTC08, si definiscono le seguenti combinazioni di:

- Combinazione FONDAMENTALE, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{G3} G_3 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione RARA, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione FREQUENTE, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione QUASI PERMANENTE, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione SISMICA, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:

$$E + G_1 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nelle combinazioni per le verifiche allo stato limite di esercizio (SLE), ovvero quelle rare, frequenti e quasi permanenti, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 . Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguite facendo riferimento allo stato limite ultimo di tipo strutturale STR ovvero per il raggiungimento della resistenza ultima negli elementi strutturali.

Come anticipato precedentemente gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \Psi_{2i} \times Q_{ki}$$

Il valore assunto per il coefficiente Ψ_{2i} per i carichi mobili è pari a $\Psi_{2i} = 0.0$.

Le combinazioni allo stato limite ultimo SLU fanno riferimento in questa relazione al solo gruppo denominato STR poiché le verifiche riguardano solo l'impalcato.

I coefficienti di combinazione g_G , g_Q e Y sono riepilogati nei paragrafi seguenti.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

8.4.1 Gruppi di carico

Nella tabella seguente, in accordo a quanto specificato in tabella 5.1.3.12 del D.M.14/01/2008., sono esplicitati i gruppi di carico considerati per i carichi accidentali da traffico.

Tabella 7 – Valori caratteristici delle azioni da traffico

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

Coerentemente nel seguito si fa riferimento ai gruppi di azioni da traffico 1, 2a e 2b.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

8.4.2 Coefficienti parziali e di combinazione

Si utilizzano i coefficienti parziali di sicurezza e i coefficienti di combinazione di seguito riportati.

Tabella 8 – Coefficienti parziali di sicurezza agli SLU

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

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

⁽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

Tabella 9 – Coefficienti di combinazione

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 combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	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

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

8.4.3 Combinazioni agli SLU

Di seguito si esplicitano i coefficienti utilizzati per le singole combinazioni di carico rilevanti per le verifiche strutturali dell'impalcato agli SLU.

Combinazione		G1	G2	E1	E2	E3	Gr.1	Gr.2a	Gr.2b	Q5	Q6	Q7	Q8
A1 STR	Gr.1	1.35	1.35	0	1.2	0.72	1.35	0	0	0.9	0	0	0
	Gr.2a	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	1.35	0	0.9	0	0	0
	Gr.2b	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	0	1.35	0.9	0	0	0
	Q5	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	0	1	1.5	0	0	0
SISMA	SLV Z	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0	1	0	0
ECCEZIONALE	-	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0	1

8.4.4 Combinazioni agli SLE

Di seguito si esplicitano i coefficienti utilizzati per le singole combinazioni di carico rilevanti per le verifiche dell'impalcato agli SLE.

Combinazione		G1	G2	E1	E2	E3	Gr.1	Gr.2a	Gr.2b	Q5
RARA	Gr.1	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0.6
	Gr.2a	1	1	0	1	0.6	0	1	0	0.6
	Gr.2b	1	1	0	1	0.6	0	0	1	0.6
FREQUENTE	Gr.2a	1	1	0	1	0.5	0	1	0	0
	Gr.2b	1	1	0	1	0.5	0	0	1	0
QUASI PERMANENTE	-	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

9 ANALISI E VERIFICHE SPALLA SPA (LATO APPOGGI FISSI)

Di seguito si riportano le sollecitazioni e le verifiche di resistenza nei diversi elementi.

9.1 MURO FRONTALE

Il muro frontale della spalla in esame riceve le azioni provenienti dall'impalcato trasmesse dagli apparecchi di appoggio riportate al paragrafo 0. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione di calcolo dell'impalcato.

Le sollecitazioni a quota testa muro, riportate nella tabella seguente, si ottengono a partire dagli scarichi dei singoli appoggi e considerando le eccentricità dei singoli appoggi rispetto all'asse del muro frontale.

Tabella 10– Scarichi dall'impalcato per combinazioni di carico a quota testa muro

TESTA MURO FRONTALE					
Combinazioni	N KN	Mlong kNm	Mtrasv kNm	Tlong KN	Ttrasv KN
ULS A1 Gr1	11172	0	8375	0	50
ULS A1 Gr2a	9023	1	6421	516	60
ULS A1 Gr2b	9062	2	7119	0	218
ULS A1 Gr1	5397	3	3540	0	50
ULS A1 Gr2a	5515	4	3547	516	60
ULS A1 Gr2b	5554	5	4246	0	218
ULS A1 Q5 2	9203	6	6717	0	84
ULS A1 Q5 2	5695	7	3844	0	84
SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	4321	8	-153	2276	2204
SLV-0.3Ex+Ey+0.3Ez	4259	9	-158	2224	2202
SLS RA Gr1 Gfav	8096	10	6114	0	33
SLS RA Gr2a Gfav	6516	11	4669	382	41
SLS RA Gr2b Gfav	6545	12	5186	0	158
SLS RA Gr1 Gfav	3819	13	2533	0	33
SLS RA Gr2a Gfav	3917	14	2540	382	41
SLS RA Gr2b Gfav	3946	15	3058	0	158
SLS RA Q5c Gfav	6638	16	4877	0	56
SLS RA Q5c Gfav	3942	17	2727	0	56
SLS FR Gr1	6611	18	4677	0	0
SLS FR Gr1	4013	19	2549	0	0
SLS_QP	4233	20	2591	0	0

Ai carichi prima riportati, si aggiungono il peso proprio del muro frontale, del muro paraghiaia, del solettone superiore e la spinta del terreno di riempimento che nel caso in esame è nulla in quanto non è presente terreno di riempimento.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	47 di 60

MURO FRONTALE		
H Muro Frontale	8,15	m
Spessore Muro Frontale	2,10	m
Lunghezza Muro Frontale	24,5	m
Spessore massimo tratto ringrossato	0,00	m
H tratto ringrossato a spessore costante	0,00	m
H tratto a spessore variabile	0,00	m
Altezza del rilevato	10,90	m
Peso Muro Frontale	10483	kN
Eccentr. appoggi - muro frontale (base)	0,50	m
Eccentr. paraghiaia - muro frontale (base)	-0,85	m
Spinta statica terreno	506,6	kN/m
Componente verticale spinta statica terreno	0,0	kN/m
Spinta statica sovraccarichi	93,0	kN/m
Componente verticale spinta statica sovraccarichi	0,0	kN/m
Spinta sismica terreno	271,5	kN/m
Componente verticale spinta sismica terreno	104,2	kN/m
SovraSpinta sismica terreni	376,0	kN/m
Componente verticale sovraspinta sismica	13,2	kN/m
Spinta sismica sovraccarichi	0,0	kN/m
Componente verticale spinta sismica sovraccarichi	0,0	kN/m
Inerzia del Muro Frontale (H)	2176	kN
Inerzia del Muro Frontale (V)	1088	kN

Tabella 11 – Valutazioni pesi e spinte agenti sul muro frontale

Per la verifica del muro frontale, a quota spiccato, tali azioni possono essere considerate uniformemente distribuite in quanto l'altezza del muro frontale è tale che nell' ipotesi di ripartizione a 45°, tali scarichi si ripartiscono uniformemente alla base del muro

Si ottengono quindi le seguenti sollecitazioni, con riferimento alle combinazioni maggiormente significative.

BASE MURO FRONTALE					
Combinazioni	N	Mlong	Mtrasv	Tlong	Ttrasv
	KN	kNm	kNm	KN	KN
ULS_A1_Gr1	26233	77255	8784	18422	50
ULS_A1_Gr2a	24085	80389	6910	18938	60
ULS_A1_Gr2b	24124	76202	8896	18422	218
ULS_A1_Gr1	20459	74371	3949	18422	50
ULS_A1_Gr2a	20577	70374	4037	17422	60
ULS_A1_Gr2b	20616	66187	6023	16905	218
ULS_A1 Q5_2	24264	76276	7399	18422	84
ULS_A1 Q5_2	20756	74524	4526	18422	84
SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	18468	98637	20872	19159	2899
SLV-0.3Ex+Ey+0.3Ez	16556	58772	27989	11564	4518
SLS_RA_Gr1_Gfav	19253	56302	6387	13491	33
SLS_RA_Gr2a_Gfav	17673	58629	5001	13873	41
SLS_RA_Gr2b_Gfav	17701	55528	6472	13491	158
SLS_RA_Gr1_Gfav	14976	54166	2805	13491	33
SLS_RA_Gr2a_Gfav	15074	51633	2873	12827	41
SLS_RA_Gr2b_Gfav	15103	48532	4344	12445	158
SLS_RA Q5c_Gfav	17794	55579	5332	13491	56
SLS_RA Q5c_Gfav	15098	54232	3182	13491	56
SLS_FR_Gr1	17768	53288	4677	13073	0
SLS_FR_Gr1	15169	51989	2549	13073	0
SLS_QP	15389	42981	2591	11399	0

Le sollecitazioni in direzione trasversale risultano trascurabili rispetto a quelle in direzione longitudinale, tenuto anche conto della geometria della sezione del muro frontale. Di seguito si riportano le verifiche di resistenza con riferimento ad una striscia di un metro per le combinazioni che provocano il massimo e il minimo sforzo normale, il massimo momento longitudinale ed il massimo taglio alla base del muro frontale.

Tabella 12 – Geometria sezione e armatura del muro frontale

Muro	Sezione di verifica		Armatura		
	Base [m]	Altezza [m]	Tesa	Compressa	Taglio
Frontale	1.0	2.10	1φ30/10	1φ26/20	Spilli Φ16/40x40cm

BASE MURO FRONTALE - Verifiche allo SLE							
Combinazioni	N	Mlong	Tlong	σ _c	σ _s	Wk	
	kN/m	kNm/m	kN/m	Mpa	Mpa	mm	
RARA	SLS RA Gr2b Gfav - Max N	786	2298	551	-4.44	152.24	0.077
	SLS RA Gr2b Gfav - Min N	611	2211	551	-4.24	156.69	0.079
	SLS RA Gr1 Gfav - Max ML	721	2393	566	-5.59	221.01	0.110
FREQ	SLS FR Gr1 - Max N	725	2175	534	-3.74	131.82	0.066
	SLS FR Gr1 - Min N	619	2122	534	-3.96	142.71	0.072
	SLS FR Gr1 - Max ML	725	2175	534	-3.96	142.71	0.072
QP	SLS QP	628	1754	465	-3.52	112.77	0.057

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

BASE MURO FRONTALE - Verifiche allo SLU - SLV						
Combinazioni		N kN/m	Mlong kNm/m	Tlong kN/m	C.S. (NRd, MRd)	C.S. (VRd)
Max N	ULS A1 Gr1	1071	3153	752	2.37	2.94
Min N	SLV-0.3Ex+Ey+0.3Ez	676	2399	472	2.27	2.94
Max ML	SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	754	4026	782	1.58	2.59
Max VL	SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	754	4026	782	1.58	2.59

9.2 MURO PARAGHIAIA

In condizioni statiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta a riposo del rilevato, dalla spinta dei sovraccarichi accidentali, dai sovraccarichi mobili agenti sulla mensola del muro e dall'azione di frenatura. In condizioni sismiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta sismica del rilevato, dalle masse del muro e della mensola.

Nella tabella che segue sono indicati i parametri geometrici, meccanici e di carico utilizzati nell'analisi. Il modello di calcolo utilizzato è quello di mensola incastrata al muro frontale.

MURO PARAGHIAIA	
Altezza Muro Paraghiaia	2,75 m
Spessore Muro Paraghiaia	0,40 m
Peso Muro Paraghiaia	27,50 kN/m
Spinta statica terreno	32,25 kN/m
Componente verticale spinta statica terreno	0,00 kN/m
Spinta statica sovraccarichi	23,45 kN/m
Componente verticale spinta statica sovraccarichi	0,00 kN/m
Spinta sismica terreno	17,28 kN/m
Componente verticale spinta sismica terreno	6,63 kN/m
SovraSpinta sismica terreni	23,93 kN/m
Componente verticale sovraspinta sismica	3,34 kN/m
Spinta sismica sovraccarichi	0,00 kN/m
Componente verticale spinta sismica sovraccarichi	0,00 kN/m
Inerzia del Muro Paraghiaia (H)	5,71 kN/m
Inerzia del Muro Paraghiaia (V)	2,85 kN/m

Tabella 13 – Valutazioni pesi e spinte agenti sul muro paraghiaia

Muro	Sezione di verifica		Armatura		
	Base [m]	Altezza [m]	Tesa	Compressa	Taglio
Paraghiaia	1.0	0.40	1φ16/10	1φ16/20	-

Tabella 14 – Geometria sezione e armatura del muro paraghiaia

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

VERIFICHE DI ESERCIZIO						
Combinazione	N	M	V	σ_c	σ_s	Wk
	KN/m	kNm/m	KN/m	Mpa	Mpa	mm
SLE RARA	28	62	56	-2.1	76.2	0

VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU/SLV					
Combinazione	N	M	V	C.S. (NRd, MRd)	C.S. (VRd)
	KN/m	kNm/m	KN/m		
SLU	37	83	75	2.83	3.3
SLV	40	57	47	8.30	5.2

Tabella 15 – Verifiche del muro paragliaia

9.3 MURI LATERALI

In questo paragrafo si riporta il calcolo dei muri laterali della spalla. Nel caso in esame data l'esigua altezza del terreno spingente ai lati dei muri questi sono stati dimensionati considerando unicamente le azioni trasmesse a testa muro dal solettone superiore. Nella tabella che segue sono indicati i parametri geometrici, meccanici e di carico utilizzati nell'analisi.

Tabella 16 – Valutazioni pesi e spinte agenti sui muri laterali

MURI LATERALI		
Muro laterale H1	10,90	m
Muro laterale s1	1,00	m
Altezza totale muri laterali	10,9	m
Spessore medio Muri Laterali	1,00	m
Lunghezza Massima muri laterali	8,1	m
Peso Muro laterale (singolo)	2207	kN
Peso totale Muri laterali	4415	kN
Spinta statica terreno	506,6	kN/m
Componente verticale spinta statica terreno	0,0	kN/m
Spinta statica sovraccarichi	93,0	kN/m
Componente verticale spinta statica sovraccarichi	0,0	kN/m
Spinta sismica terreno	271,5	kN/m
Componente verticale spinta sismica terreno	104,2	kN/m
SovraSpinta sismica terreni	376,0	KN/m
Componente verticale sovraspinta sismica	13,2	kN/m
Spinta sismica sovraccarichi	0,0	kN/m
Componente verticale spinta sismica sovraccarichi	0,0	kN/m
Inerzia del singolo Muro laterale (H)	56,6	kN/m
Inerzia del singolo Muro Laterale (V)	28,29	kN/m

Muro	Sezione di verifica		Armatura		
	Base [m]	Altezza [m]	Tesa	Compressa	Taglio
Laterale	1.0	1.0	Doppio strato 1φ30/10	1φ30/10	Φ16/40X20 cm

Tabella 17 – Geometria sezione e armatura dei muri laterali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

VERIFICHE DI ESERCIZIO						
Combinazione	N	M	V	σ_c	σ_s	Wk
	KN/m	kNm/m	KN/m	Mpa	Mpa	mm
SLE RARA	273	2347	600	-11.6	222.6	0.187

VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU/SLV					
Combinazione	N	M	V	C.S. (NRd, MRd)	C.S. (VRd)
	KN/m	kNm/m	KN/m		
SLU	368	3169	809	1.40	1.75
SLV	418	3344	704	1.46	2.02

Tabella 18 – Verifiche dei muri laterali

9.4 PLINTO DI FONDAZIONE

In questo paragrafo si riporta la determinazione delle sollecitazioni in quota testa pali che si ottengono sommando, alle azioni provenienti dall'impalcato, la risultante e il momento risultante dei pesi della struttura. In condizioni sismiche si è tenuto conto dell'incremento di spinta delle inerzie

Nella tabella che segue sono indicati i parametri geometrici, meccanici e di carico del plinto utilizzati nell'analisi per il calcolo della risultante e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

Tabella 19 – Valutazioni pesi e spinte agenti sul plinto di fondazione

PLINTO DI FONDAZIONE	
Eccentricità long Muri laterali -Plinto	-2,6 m
Ecc. Long. Muro Frontale - Plinto	2,85 m
Ecc.Appoggi Plinto	3,35 m
Ecc. Long. Muro Paraghiaia - Plinto	2,00 kN
Peso Terreno Interno	41834 kN
Peso Accidentali	4590 kN
Eccentricità long Terreno -Plinto	-2,6 m
Spessore Plinto	2 m
Lunghezza plinto	11,4 m
Larghezza plinto	24,5 m
Peso plinto di fondazione	13965
Altezza Rilevato+H plinto	12,9 m
Spinta statica terreno	709,6 kN/m
Componente verticale spinta statica terreno	0,0 kN/m
Spinta statica sovraccarichi	110,0 kN/m
Componente verticale spinta statica sovraccarichi	0,0 kN/m
Spinta sismica terreno	380,2 kN/m
Componente verticale spinta sismica terreno	146,0 kN/m
SovraSpinta sismica terreni	526,6 kN/m
Componente verticale sovraspinta sismica	15,7 kN/m
Spinta sismica sovraccarichi	0,0 kN/m
Componente verticale spinta sismica sovraccarichi	0,0 kN/m
Inerzia plinto di fondazione (H)	2899 kN
Inerzia plinto di fondazione (V)	1450 kN
Inerzia rilevato interno(H)	8685 kN
Inerzia rilevato interno (V)	4342 kN

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

Tabella 20 – Sollecitazioni ad intradosso plinto (quota testa pali)

SOLLECITAZIONI A QUOTA TESTA PALI (BARICENTRO PLINTO)					
Combinazioni	Taglio impalcato concorde con le spinte				
	N KN	Mlong kNm	Mtrasv kNm	Tlong KN	Ttrasv KN
ULS_A1_Gr1	114177	43376	8885	27379	50
ULS_A1_Gr2a	112029	41419	7030	27895	60
ULS_A1_Gr2b	112068	36309	9332	27379	218
ULS_A1_Gr1	108403	24031	4050	27379	50
ULS_A1_Gr2a	105193	17063	4157	25941	60
ULS_A1_Gr2b	105232	11953	6459	25425	218
ULS_A1 Q5_2	112208	36779	7567	27379	84
ULS_A1 Q5_2	108700	56186	4693	27379	84
SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	82792	161082	48999	39309	6649
SLV-0.3Ex+Ey+0.3Ez	82730	39615	111454	19855	17019
SLS_RA_Gr1_Gfav	84057	30243	6454	20081	33
SLS_RA_Gr2a_Gfav	82476	28830	5083	20463	41
SLS_RA_Gr2b_Gfav	82505	25044	6788	20081	158
SLS_RA_Gr1_Gfav	79779	15914	2872	20081	33
SLS_RA_Gr2a_Gfav	77583	11432	2954	19116	41
SLS_RA_Gr2b_Gfav	77612	7647	4659	18733	158
SLS_RA Q5c_Gfav	82598	25357	5444	20081	56
SLS_RA Q5c_Gfav	79902	16325	3293	20081	56
SLS_FR_Gr1	81653	21790	4677	19542	0
SLS_FR_Gr1	79055	13085	2549	19542	0
SLS_QP	75603	88937	2591	17385	0

Per la valutazione delle sollecitazioni nel plinto di fondazione, è necessario valutare preventivamente le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione. Tali sollecitazioni sono state valutate mediante una ripartizione rigida delle sollecitazioni agenti a base plinto. Nel calcolo degli sforzi nei pali si è tenuto del parametro α (vedi paragrafo 4) sia per la valutazione dello sforzo nei pali (effetto della deformabilità a taglio degli stessi pali) sia per la valutazione del momento flettente agente in testa al palo ($M_{Ed} = \alpha V_{Ed}$). La situazione peggiore risulta essere sempre quella sismica.

Si riportano nel seguito le coordinate dei pali di fondazione e per ogni combinazione di carico, le sollecitazioni nei pali sollecitati dal massimo e dal minimo sforzo normale.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
z	-7.20	-3.60	0.00	3.60	7.20	-7.20	-3.60	0.00	3.60	7.20	-7.20	-3.60
y	8.82	8.82	8.82	8.82	8.82	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	2.94	2.94
z²	51.84	12.96	2.94	12.96	51.84	51.84	12.96	0.00	12.96	51.84	51.84	12.96
y²	77.79	77.79	77.79	77.79	77.79	34.57	34.57	34.57	34.57	34.57	8.64	8.64
W_Y	137.20	137.20	137.20	137.20	137.20	205.80	205.80	205.80	205.80	205.80	411.60	411.60
W_Z	-126.96	-253.91	0.00	253.91	126.96	-126.96	-253.91	0.00	253.91	126.96	-126.96	-253.91



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
 - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 RS3E 50 D 78 CL IV0300 001 A 53 di 60

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
z	0.00	3.60	7.20	-7.20	-3.60	0.00	3.60	7.20	-7.20	-3.60	0.00	3.60
y	2.94	2.94	2.94	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.94	-2.94	-2.94	-2.94
z ²	0.00	12.96	51.84	51.84	12.96	0.00	12.96	51.84	51.84	12.96	3.94	12.96
y ²	8.64	8.64	8.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.64	8.64	8.64	8.64
W _Y	411.60	411.60	411.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-411.60	-411.60	-411.60	-411.60
W _Z	0.00	253.91	126.96	-126.96	-253.91	0.00	253.91	126.96	-126.96	-253.91	0.00	253.91

	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
z	7.20	-7.20	-3.60	0.00	3.60	7.20	-7.20	-3.60	0.00	3.60	7.20
y	-2.94	-5.88	-5.88	-5.88	-5.88	-5.88	-8.82	-8.82	-8.82	-8.82	-8.82
z ²	51.84	51.84	12.96	0.00	12.96	51.84	51.84	12.96	0.00	12.96	51.84
y ²	8.64	34.57	34.57	34.57	34.57	34.57	77.79	77.79	77.79	77.79	77.79
W _Y	-411.60	-205.80	-205.80	-205.80	-205.80	-205.80	-137.20	-137.20	-137.20	-137.20	-137.20
W _Z	126.96	-126.96	-253.91	0.00	253.91	126.96	-126.96	-253.91	0.00	253.91	126.96

Tabella 21 – Numero di pali e coordinate rispetto al baricentro del plinto

Tabella 22 – Massime e minime sollecitazioni nei pali di fondazione

SFORZI MASSIMI E MINIMI NEI PALI						
Combo	N _{min}		N _{max}		V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
	Palo	[kN]	Palo	[kN]		
ULS_A1_Gr1	31	-3669	5	-2856	782	1735
ULS_A1_Gr2a	31	-3578	5	-2823	797	1767
ULS_A1_Gr2b	31	-3556	5	-2848	782	1735
ULS_A1_Gr1	31	-3316	5	-2878	782	1735
ULS_A1_Gr2a	31	-3170	5	-2841	741	1644
ULS_A1_Gr2b	31	-3148	5	-2865	726	1611
ULS_A1 Q5_2	31	-3551	5	-2861	782	1735
ULS_A1 Q5_2	31	-3582	5	-2629	782	1735
SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	31	-3991	5	-740	1139	2526
SLV-0.3Ex+Ey+0.3Ez	31	-3488	5	-1239	747	1657
SLS_RA_Gr1_Gfav	31	-2687	5	-2116	574	1272
SLS_RA_Gr2a_Gfav	31	-2621	5	-2092	585	1297
SLS_RA_Gr2b_Gfav	31	-2604	5	-2111	574	1272
SLS_RA_Gr1_Gfav	31	-2426	5	-2133	574	1272
SLS_RA_Gr2a_Gfav	31	-2328	5	-2105	546	1211
SLS_RA_Gr2b_Gfav	31	-2312	5	-2123	535	1187
SLS_RA Q5c_Gfav	31	-2599	5	-2121	574	1272
SLS RA Q5c Gfav	31	-2436	5	-2130	574	1272
SLS_FR_Gr1	31	-2539	5	-2127	558	1238
SLS_FR_Gr1	31	-2380	5	-2137	558	1238
SLS_QP	31	-2880	5	-1441	497	1102

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

Il tacco anteriore del plinto di fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di tirante puntone. Si riporta di seguito la verifica. La larghezza di diffusione è stata valutata in corrispondenza del filo anteriore del muro frontale, mediante una diffusione a 45° a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a 0.2 dp (con dp altezza utile della sezione del plinto). La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato (generalmente quello di spigolo).

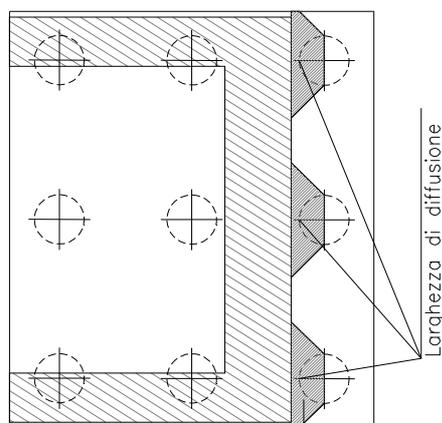


Figura 4 – Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

Tabella 23 – Verifica dello zoccolo anteriore del plinto di fondazione con meccanismo tirante-puntone

VERIFICA DELLO ZOCCOLO ANTERIORE DEL PLINTO DI FONDAZIONE	
Nmax (palo)	3669 kN
Dist. Asse palo-bordo muro frontale	0,60 m
Diametro palo	1,50 m
Larghezza di diffusione	2,30 m
Spessore della Fondazione	2,00 m
Copriferro nominale	0,10 m
Altezza utile della sezione	1,86 m
Altezza della biella compressa	0,4 m
Sforzo di Trazione	1481 kN
Sforzo di compressione	3956 kN
Diametro armatura primo strato	28 mm
Passo armatura primo strato	10 cm
Diametro armatura secondo strato	28 mm
Passo armatura secondo strato	10 cm
Area complessiva delle armature	28325 mm ²
Tensione nel calcestruzzo	4,6 Mpa
Tensione nell'acciaio	52,3 Mpa

I valori di tensione ottenuti sono inferiori ai limiti di normativa riportati al paragrafo 7.2.2. La verifica è pertanto soddisfatta.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

9.5 PALI DI FONDAZIONE

I pali saranno armati longitudinalmente con un I strato di 56 \square 30 \square a doppiette e con un II strato di 28 \square 30 \square . Inoltre si prevede una spirale Φ 14/15 (2 bracci resistenti). Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 12 metri a partire dalla testa del palo. Le successive gabbie di armatura potranno essere realizzate con un'armatura longitudinale e trasversale pari alla metà di quella verificata.

Palo	Sezione di verifica	Armatura	
	D [m]	Armatura longitudinale	Taglio
Φ 1200	1.2	I Strato: 2x28 ϕ 30 II Strato: 28 ϕ 30	Spirale ϕ 14/10

PALO - Verifiche allo SLU						
Combinazioni		N kN	Mlong kNm	Tlong kN	C.S. (NRd, MRd)	C.S. (VRd)
Max N	SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	-3991	2526	1139	3,20	2,1
Min N	SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	-740	2526	1139	2,90	2,1
Max VL	SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	-740	2526	1139	2,90	2,1

PALO - Verifiche allo SLE							
Combinazioni		N kN	Mlong kNm	Tlong kN	σ_c Mpa	σ_s Mpa	Wk mm
RARA	SLS_RA_Gr1_Gfav	-2687	1272	574	-5.73	47.20	0.021
	SLS_RA_Gr1_Gfav	-2092	1297	585	-5.98	37.92	0.017
FREQ	SLS_FR_Gr1	-2539	1238	558	-4.92	31.70	0.014
	SLS_FR_Gr1	-2127	1238	558	-4.92	31.70	0.012
QP	SLS_QP	-2880	1102	497	-4.71	272.20	0.012
	SLS_QP	-1441	1102	497	-4.79	247.57	0.011

Tabella 24 – Verifica dei pali di fondazione

9.5.1 Verifiche di capacità portante Palo singolo

In accordo con le curve di capacità portante ottenute per il viadotto in esame, nelle seguenti tabelle si riporta le lunghezze dei pali utilizzate. Agli SLE si è verificato che il rapporto tra la resistenza laterale e il carico assiale in combinazione caratteristica risulta maggiore di 1.25, come prescritto dalla normativa ferroviaria.

FONDAZIONE			SFORZI NEI PALI SLU			SFORZI NEI PALI SLE			
D _{pali} [m]	n _{pali} [m]	L _{pali} [m]	Combinazione	N _{min} [kN]	Q _{d,c} [kN]	Combinazione	N _{min} [kN]	Q _{ll,k} [kN]	Q _{ll/Nmin} [-]
1.2	35	24	SLV-Ex+0.3Ey+0.3Ez	3991	6774	SLS_RA_Gr1_Gfav	2887	10081	3.75

Tabella 25 – Verifica della portanza verticale dei pali di fondazione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

9.5.2 Verifiche capacità portante Pali Di Gruppo

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguito con la seguente relazione:

$$Q_{d, Gruppo} = N \cdot E \cdot Q_{d, \text{ singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo ($Q_{d, \text{ singolo palo}}$) per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre.

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite per le fondazioni in esame:

Lpali	Rd = Q _d	PORTANZA PALI DI GRUPPO								
		Dametro	interasse	n. pali x fila	m. n. fila	Φ	E efficienza	N _{max, SLU}	Q _{d Gruppo}	FS
[m]	[kN]	[m]	[m]	[-]	[-]	[°]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
24	6774	1.2	3.6	5	7	18.43	0.66	114177	156613	1.37

Le verifiche risultano soddisfatte.

9.5.3 Capacità portante laterale dei pali di fondazione

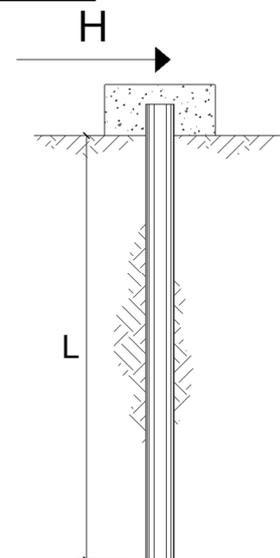
Per i pali di fondazione da realizzare nei terreni non suscettibili ai fenomeni di liquefazione, le verifiche di capacità portante laterale dei pali di fondazione vengono eseguite secondo la consolidata metodologia di Broms (1964) per terreni incoerenti sotto falda attraverso un apposito foglio di calcolo:

CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ _φ	γ _T
			γ _G	γ _Q		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.25	1.00



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.R.	prog.
γ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.45
γ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	57 di 60

Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	φ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	φ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	bnc	100,00	20,5	10	25	2,46		25	2,46	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	bni	96,50	20,5	10	38	4,20		38	4,20	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	bnc	92,50	20,5	10	25	2,46		25	2,46	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	bni	88,50	20,5	10	38	4,20		38	4,20	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 5	bnc	85,50	20,5	10	25	2,46		25	2,46	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 6	AAC	84,50	20,5	10	24	2,37		24	2,37	

Quota falda 86 (m)
 Diametro del palo D 1,20 (m)
 Lunghezza del palo L 24,00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M 8566,01 (kNm)
 Step di calcolo 0,05 (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	4209,3 (kN)		4209,3 (kN)	
Palo intermedio	8164,3 (kN)		8164,3 (kN)	
Palo corto	29562,5 (kN)		29562,5 (kN)	

H_{max} 4209,3 (kN) Palo lungo H_{min} 4209,3 (kN) Palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{max}/\gamma_s ; R_{sd}/\gamma_{Rd})$ 2551,11 (kN)

$H_d = H_k / \gamma_T$ **1962,39 (kN)**

Carico Assiale Permanente (G): $G =$ 1139 (kN)

Carico Assiale variabile (Q): $Q =$ (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$ **1139,00 (kN)**

$FS = H_d / F_d =$ **1,72**

— M. Mancino, R. Neri, P. Jariella - Progetti e Calcoli di Geotecnica con Excel vol.2 - ed. DEI —

Per tener conto degli effetti di gruppo si considera un coefficiente riduttivo del carico limite pari a 0,8 (coefficiente di gruppo) pertanto si ha:

$FS_{gruppo} = 1.72 \times 0.80 = 1.376$

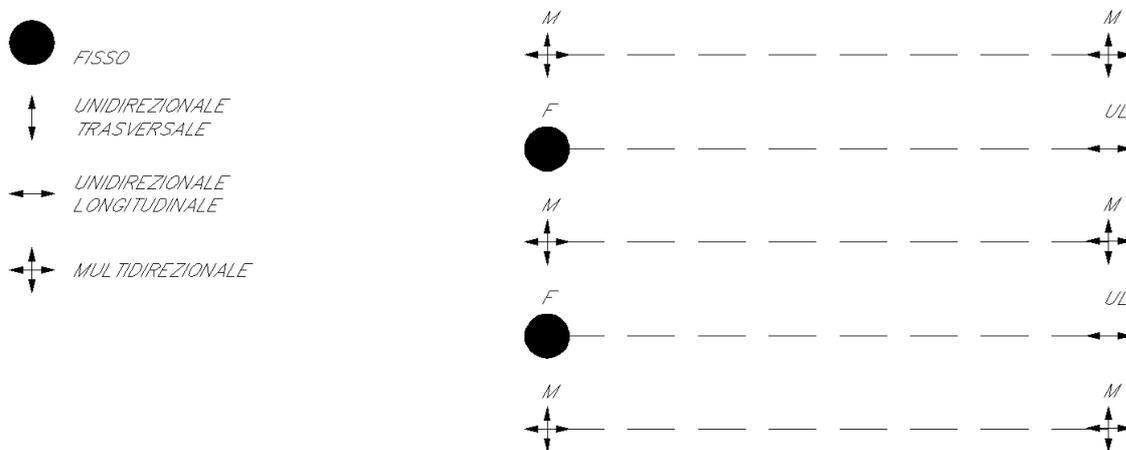
 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

9.6 VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI IN FONDAZIONE

Per la valutazione dei cedimenti in fondazione si rimanda alla relazione geotecnica di calcolo per le fondazioni dei viadotti

10 AZIONI SUGLI APPOGGI

Nel seguito si riepilogano i valori delle azioni sugli appoggi per effetto dei carichi descritti in precedenza. Per la determinazione dei valori complessivi delle azioni sugli appoggi si rimanda alla relazione di calcolo delle sottostrutture.



Condizione statica SLU	N [kN]	TL [kN]	TT [kN]
MULTI	2500	0	0
UNI-LONG	2500	0	100
FISSI	3000	100	0

Condizione statica SLE-RARA	N [kN]	TL [kN]	TT [kN]
MULTI	1800	0	0
UNI-LONG	1800	0	100
FISSI	2200	100	0

Condizione sismica SLV	N [kN]	TL [kN]	TT [kN]
MULTI	1250	0	0
UNI-LONG	1000	0	1500
FISSI	1250	1500	1500

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 001	REV. A

10.1 ESCURSIONE DEI GIUNTI

In accordo con il p.to 2.5.2.1.5.1 del RFI DTC SICS PS MA IFS 001 B, per ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate di uguale luce, l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi di appoggio può essere valutata come segue:

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2D_t + 4d_{Ed} \cdot k_2 + 2d_{eg})$$

dove:

- E_1 è lo spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;
- E_2 è lo spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;
- E_3 è lo spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni non collegate;
- $k_1 = 0.45$ è un coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;
- $k_2 = 0.55$ è un coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;
- d_{Ed} è lo spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento d_E prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel paragrafo 7.3.3.3 del D.M. 14/01/2008: $d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$

dove d_{Ee} è lo spostamento corrispondente al periodo di vibrazione della pila ricavato dallo spettro elastico in termini di spostamento e $\mu_D = q$ per $T_1 \geq T_C$ oppure $\mu_D = 1 + (q-1) \cdot T_C/T_1$ per $T_1 < T_C$ e con la limitazione $\mu_D \leq 5q-4$ (q è il fattore di struttura). Nel caso delle spale. Data la loro elevata rigidità si assume $d_{Ee}=0$

- d_{eg} è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il paragrafo 3.2.3.3 del D.M. 14/01/2008. Il valore di spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo (d_g) di un punto può calcolarsi secondo l'espressione seguente:

$$d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C T_D$$

dove a_g , S , T_C , T_D sono le grandezze definite al paragrafo 6.6. Nel caso in esame si suppone in via cautelativa che tale spostamento assoluto coincida con lo spostamento relativo tra due punti, ossia si sta valutando lo spostamento relativo della fondazione in esame rispetto ad un punto fermo.

Di seguito è riportato il calcolo per le sottostrutture in esame:

Calcolo escursione longitudinale dei giunti													
Azione termica				Azione sismica					Azione sismica in fondazione		Escursione giunti		Limitazioni Normative
L	ΔT	D_t	E_1	T_1	μ_d	d_E	k_2	E_2	d_g	E_3	k_1	E_L	$E_L = \max(E_0 + E_i)$
[mm]	[°]	[mm]	[mm]	[s]	[-]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
36500	25.0	9.125	18.25	-	-	0.00	-	0.00	77	154.04	0.45	77.53	154.04

Per garantire infine un minimo di escursione in funzione della sismicità del sito, il valore E_L dovrà essere assunto non minore di:



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NV19: RELAZIONE DI CALCOLO SPALLAB

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 001	A	60 di 60

Per valori di $a_g(\text{SLV}) < 0.25g$: $E_L \geq \max(0.10m; 2.3 \cdot L/1000 + 0.073)$ = $E_{L\min}$ 156.95 mm

Per valori di $a_g(\text{SLV}) \geq 0.25g$: $E_L \geq \max(0.15m; 3.3 \cdot L/1000 + 0.1)$ = $E_{L\min}$ 220.45 mm

ove: L = Lunghezza del ponte (m)

Nel caso in esame:

$$E_L = 157.0 \text{ mm}$$

Pertanto:

ESCURSIONE DEI GIUNTI ($\delta_{\text{Giù}}$)

$$\delta_{\text{GIU}} = \pm E_L/2 + 10\text{mm} = \pm 88.5 \text{ mm}$$

AMPIEZZA DEI VARCHI (V)

$$V \geq E_L/2 + V_0 = 98.5 \text{ mm}$$

ove: $V_0 = 20 \text{ mm}$

Pertanto le escursioni dei giunti e le corse degli apparecchi d'appoggio devono essere pari a:

Escursioni	EL [mm]
Appoggi	\pm 160
Giunti	\pm 110