

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

LINEA POTENZA-METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO-BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA

OOCC

VIADOTTI FERROVIARI

VI12 – Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2

SCALA:

-

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

I A 9 5 1 3 R 0 9 C L V I 1 2 0 0 0 0 3 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|-------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------------------------|
| A | Emissione esecutiva | G. Grimaldi | Settembre 2021 | A. Ferri | Settembre 2021 | I. D'Amore | Settembre 2021 | A. Vittozzi Dicembre 2021 |
| B | Emissione esecutiva | M. Latini | Dicembre 2021 | A. Ferri | Dicembre 2021 | I. D'Amore | Dicembre 2021 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civilie e Gestione delle stazioni
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n° 421/78

File: IA9513R09CLVI1200003B

n. Elab.:

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. DESCRIZIONE DELL'OPERA | 3 |
| 2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 6 |
| 2.1 Normative | 6 |
| 2.2 Elaborati di riferimento..... | 6 |
| 3. MATERIALI..... | 7 |
| 3.1 Calcestruzzo per elevazione..... | 7 |
| 3.2 Calcestruzzo per plinto e pali..... | 7 |
| 3.3 Acciaio per barre di armature | 7 |
| 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO..... | 8 |
| 5. MODELLI DI ANALISI E VERIFICA..... | 10 |
| 5.1 Sistemi di riferimento ed unità di misura..... | 10 |
| 6. ANALISI DEI CARICHI..... | 11 |
| 6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2)..... | 11 |
| 6.2 Carichi da traffico verticali (Q1)..... | 12 |
| 6.3 Effetti dinamici | 13 |
| 6.4 Disposizione treni di carico | 13 |
| 6.5 Carichi da traffico orizzontali | 14 |
| 6.5.1 Forza centrifuga (Q4)..... | 14 |
| 6.5.2 Serpeggio..... | 15 |
| 6.5.3 Frenatura ed avviamento (Q3) | 15 |
| 6.5.4 Forza d'attrito (Q8)..... | 15 |
| 6.6 Azione del Vento (Q5)..... | 16 |
| 6.7 Riepilogo dei carichi elementari trasmessi dall'impalcato | 16 |
| 6.8 Spinta litostatica del terrapieno..... | 17 |
| 6.9 Spinta statica del ballast sul terrapieno..... | 17 |
| 6.10 Spinta statica del sovraccarico agente sul terrapieno..... | 17 |
| 6.11 Azione Sismica (E)..... | 18 |
| 6.11.1 Inquadramento Sismico | 18 |
| 6.11.2 Definizione della domanda sismica | 18 |
| 6.11.3 Calcolo dell'azione Sismica..... | 19 |
| 7. COMBINAZIONI DI CARICO | 25 |
| 7.1 Sollecitazione alla base del muro frontale | 26 |
| 7.2 Sollecitazione intradosso fondazione..... | 26 |
| 8. PALI DI FONDAZIONE | 27 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Oggetto della presente relazione è il predimensionamento delle spalle del viadotto ferroviario, a singolo binario, *VII2*. In particolare, si analizza la *Spalla A*, caratterizzata da un sistema di vincolo dell'impalcato in direzione longitudinale di tipo fisso.

Il *VII2* si sviluppa dal km 17+351,100 al km 18+204,100 della *Tratta Salandra – Ferrandina* per complessivi 853,00 m.

Il viadotto è costituito da:

- n° 1 campate isostatiche a singolo binario in carpenteria metallica di portata teorica pari a 53.20 m (interasse pile 55 m);
- n° 32 campate isostatiche a singolo binario in c.a.p. di portata teorica pari a 22.80 m (interasse pile 25 m).

L'impalcato in carpenteria metallica è costituito da una vasca portaballast in acciaio con nervature saldate a T e da traversi in composizione saldata di altezza pari a 0.80 m. Le nervature sono vincolate all'estradosso dei traversi tramite bullonature. La struttura reticolare ha un'altezza pari a 8.50 m ed un interasse delle pareti di 5.50 m.

L'impalcato in c.a.p. è costituito da n° 2 travi a cassoncino prefabbricate di altezza 2.10 m (precompressione a fili aderenti), solidarizzate da 4 traversi (2 sull'asse appoggi e 2 in campata) prefabbricati insieme alle travi (precompressione con trefoli post-tesi) e da una soletta in c.a. gettata in opera, di spessore variabile da un minimo di 31 cm ad un massimo di 37 cm in corrispondenza dell'asse viadotto.

La spalla, su cui poggia l'impalcato in carpenteria metallica, è realizzata in c.a., ed è cava. È costituita da un muro frontale di altezza 5.50 m, da due muri di risvolto, un muro di chiusura posteriore e una soletta superiore sulla quale poggia l'armamento ferroviario. La platea di fondazione presenta una pianta rettangolare di dimensioni 11.50 m x 16.00 m e spessore 2.00 m, e poggia su 12 pali ϕ 1500 ad interasse 4.50 m.

Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|---------|
| IA95 | 13 R 09 | CL | V11200 003 | B | 4 di 29 |

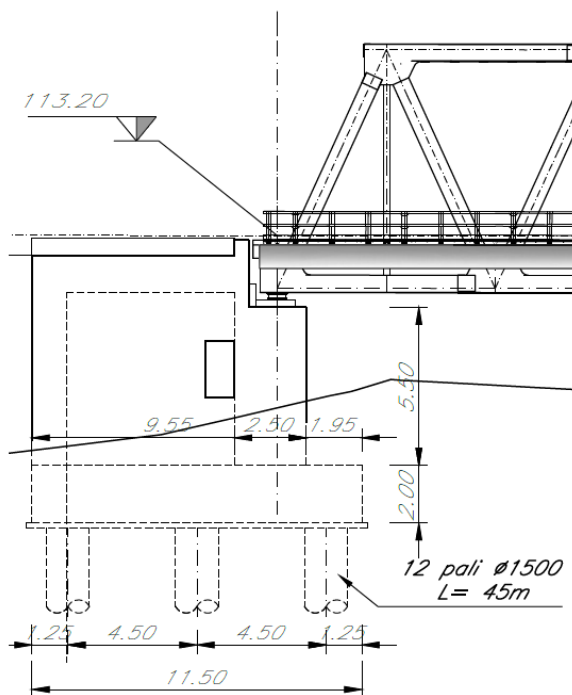


Figura 1 – Prospetto longitudinale spalla

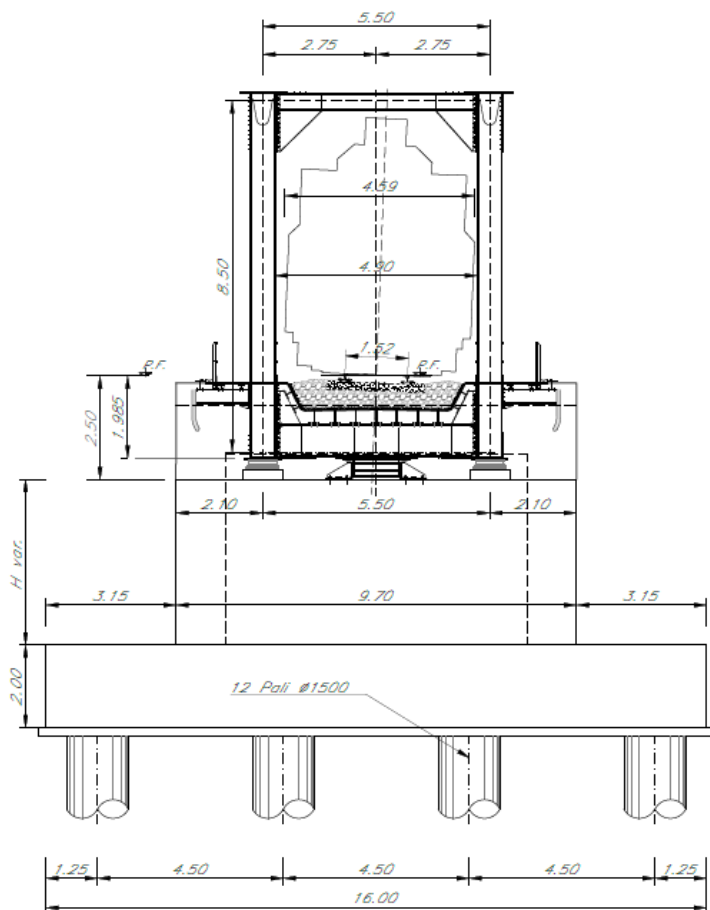


Figura 2 – Sezione trasversale spalla H=5.50 m

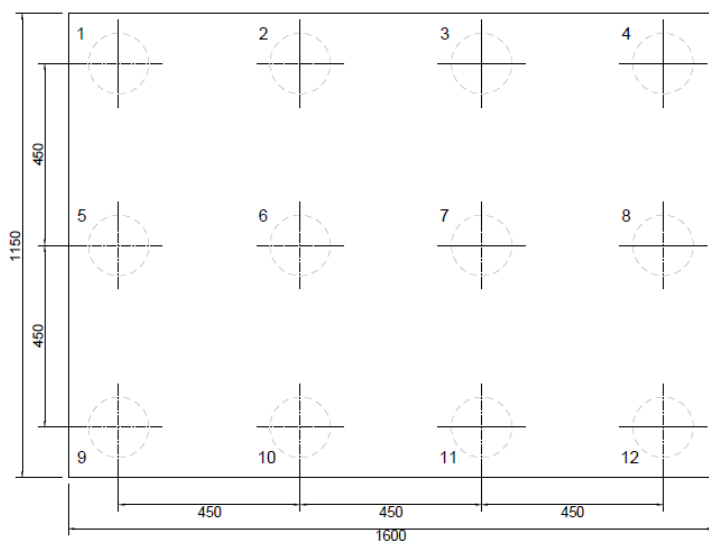


Figura 3 – Disposizione dei pali di fondazione

| | | | | | | |
|---|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normative

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- [1] *Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;*
- [2] *Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018;*
- [3] *RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture (31 Dicembre 2020);*
- [4] *RFI DTC SI CS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale (31 Dicembre 2020);*
- [5] *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.*

2.2 Elaborati di riferimento

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|---------|
| <p>Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2</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>IA95</td> <td>13 R 09</td> <td>CL</td> <td>VI1200 003</td> <td>B</td> <td>7 di 29</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IA95 | 13 R 09 | CL | VI1200 003 | B | 7 di 29 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IA95 | 13 R 09 | CL | VI1200 003 | B | 7 di 29 | | | | | | | | |

3. MATERIALI

3.1 Calcestruzzo per elevazione

Classe C32/40

| | | | |
|------------------|-------|-----|--------------------------------------|
| Rck = | 40,00 | MPa | Resistenza caratteristica cubica |
| fck = 0,83 Rck = | 32,00 | MPa | Resistenza caratteristica cilindrica |


3.2 Calcestruzzo per plinto e pali

Classe C25/30

| | | | |
|------------------|-------|-----|--------------------------------------|
| Rck = | 30,00 | MPa | Resistenza caratteristica cubica |
| fck = 0,83 Rck = | 25,00 | MPa | Resistenza caratteristica cilindrica |

3.3 Acciaio per barre di armature

B450C

| | | | | | | |
|---|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Nel presente capitolo si riporta brevemente la caratterizzazione geotecnica generale del lotto in esame, valutata sulla base dell'interpretazione di tutte le indagini geotecniche svolte.

Gli elementi ricavati dai sondaggi attraverso le misure in situ, e le determinazioni di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati e non, hanno consentito di definire l'assetto stratigrafico e le caratteristiche di resistenza e deformabilità da attribuire ai singoli strati.

Di seguito si elencano le unità geotecniche individuate lungo il tracciato:

- **Terreno di riporto – Unità h:** sono formati prevalentemente da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose a sub-arrotondate, con locali frammenti di laterizi, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e nocciola, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose grigie, marroni e giallastre, a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.
- **Depositi alluvionali recenti – Unità Ar:** questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di studio, lungo tutta la piana alluvionale del Fiume Basento e, più limitatamente, lungo l'alveo di alcuni corsi d'acqua secondari. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, piana inondabile e lago di meandro, costituiti da tre differenti litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa (GS), sabbioso-limosa e argilloso-limosa (LS-LA). Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e sono caratterizzati da uno spessore massimo è di circa 20 m. Dal punto di vista cronostatigrafico, i depositi in questione sono ascrivibili all'Olocene.
- **Argille subappenniniche– Unità Sub:** La formazione in esame rappresenta il substrato e si rinviene in tutto l'area di studio, sia lungo i rilievi collinari che bordano la piana del Fiume Basento che al di sotto dei terreni di copertura più recenti. Si tratta di depositi marini di piattaforma e scarpata superiore, costituiti da due differenti litofacies a composizione argilloso-limosa e ghiaioso-conglomeratica. Poggiano in contatto stratigrafico discordante su unità non affioranti nell'area e presentano uno spessore massimo di circa 1000 m. Dal punto di vista cronologico, questi terreni sono riferibili all'intervallo Pleistocene inferiore – Pleistocene medio.

Di seguito si riportano gli spessori stratigrafici e i parametri di resistenza dei terreni, utilizzati nei predimensionamenti delle fondazioni del VII2 (avendo considerato valori caratteristici cautelativi, compresi all'interno di un range tra minimo e medio), in base ai risultati delle indagini geognostiche eseguite e ricostruzioni geologiche/geotecniche generali.

| Profondità (m da pc) | | Unità geotecnica |
|----------------------|--------------|------------------|
| da | a | |
| 0 | 4 | AR (LS-SL) |
| 4 | 8 | AR (GS) |
| >8 | | SUB (ASP) |
| Falda | a testa palo | |

| Unità geotecnica | γ | ϕ'_k | c'_k | c_{uk} |
|------------------|----------------------|------------|------------|---------------|
| | [kN/m ³] | [°] | [kPa] | [kPa] |
| Ar(LS) | (19) 19-20 | (23) 22-28 | (10) 10-20 | (70) 70-110 |
| Ar(Gs) | (20) 20-21 | (38) 38-40 | 0 | - |
| Sub(ASP) | (19) 19-21 | (20) 20-25 | (30) 20-50 | (150) 130-250 |

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Geotecnica e Sismica del progetto e ai Profili Geotecnici di linea del lotto.

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

5. MODELLI DI ANALISI E VERIFICA

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 eventuali 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.

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 frontale, paraghiaia e muro andatore che vengono tutti modellati come delle mensole incastrate alla base.

5.1 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse trasversale dell'impalcato
- Asse Y parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale

- [Lunghezze] m
- [Forze] KN

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

6. ANALISI DEI CARICHI

6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2)

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

Per il terrapieno si è considerato invece un peso specifico di 20 kN/m³.

Si considera inoltre un carico uniformemente distribuito su una superficie di lunghezza pari a quella del terrapieno e larghezza pari a 4.5 m per tener conto della presenza del ballast sulla spalla.

Tale carico è ottenuto moltiplicando il peso specifico del ballast per uno spessore assunto pari a 0.8 m.

$$q = 20.0 \cdot 0.8 = 16.0 \text{ kN/m}^2$$

Le caratteristiche dell'impalcato ed i relativi carichi G1 e G2 sono invece riassunti nella tabella riportata di seguito.

| IMPALCATO | | | |
|-------------------------------------|----------------|--------------|----|
| lunghezza travata | L | 55.00 | m |
| luce appoggi travata | L _a | 53.20 | m |
| larghezza totale impalcato | B | 8.74 | m |
| peso permanente strutturale | G ₁ | 7850 | kN |
| peso permanenti non struttrutturali | G ₂ | 7450 | kN |

Le azioni verticali trasmesse alla spalla dall'impalcato, in corrispondenza dell'asse appoggi, sono quindi pari alla metà dei valori di G1 e G2 sopra riportati.

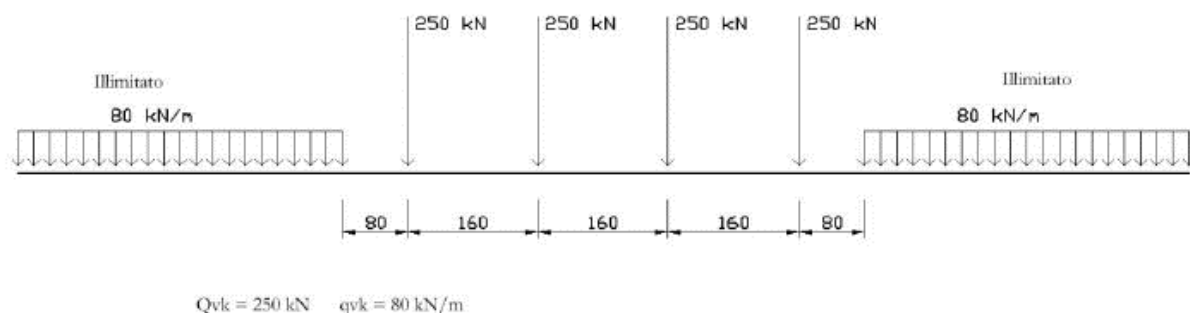
| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO–BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

6.2 Carichi da traffico verticali (Q1)

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2. Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

➤ *Modello di carico LM71*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



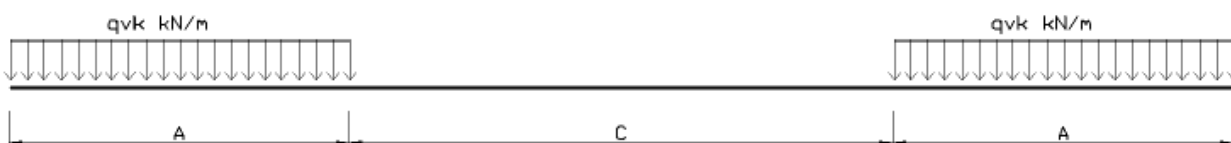
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

➤ *Modello di carico SW/2*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

SW/0

| | | | |
|--------------------|-----|-----|------|
| Carico distribuito | Qvk | 133 | KN/m |
| Lunghezza | A | 15 | m |
| Lunghezza | C | 5.3 | m |

SW/2

| | | | |
|--------------------|-----|-----|------|
| Carico distribuito | Qvk | 150 | KN/m |
| Lunghezza | A | 25 | m |
| Lunghezza | C | 7 | m |

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario. Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001).

| MODELLO DI CARICO | COEFFICIENTE “ α ” |
|-------------------|---------------------------|
| LM/71 | 1.10 |
| SW/0 | 1.10 |
| SW/2 | 1.00 |

6.3 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 17.1.2018 che per l'opera in esame riporta:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.73 \quad \text{con limitazione} \quad 1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00$$

6.4 Disposizione treni di carico

La disposizione dei treni di carico è stata individuata per ottenere le seguenti massime sollecitazioni:

- Sforzo Assiale: il convoglio è localizzato sostanzialmente al di sopra della spalla in esame; in aggiunta ai carichi da traffico trasmessi dall'impalcato, è stato

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

considerato un sovraccarico accidentale agente sul terreno di riempimento della spalla pari a 57.3 kN/m^2 . Questo valore è stato ottenuto, a favore di sicurezza, dalla ripartizione su una superficie di dimensioni $6.4 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$ dei quattro carichi concentrati del modello di carico LM71:

$$q = \frac{4 \cdot 1.1 \cdot 250}{6.4 \cdot 3.0} = 57.3 \text{ kN/m}^2$$

Tale sovraccarico si considera uniformemente distribuito su una superficie di lunghezza pari a quella del terrapieno e larghezza pari a 3.0 m

- Momento Longitudinale: il convoglio è localizzato in corrispondenza della fine dell'impalcato; si considerano quindi esclusivamente le azioni trasmesse dagli apparecchi d'appoggio.
- Momento Trasversale: si è utilizzato lo stesso schema di posizionamento del massimo sforzo assiale per massimizzare poi le azioni sismiche trasversali.

6.5 Carichi da traffico orizzontali

6.5.1 Forza centrifuga (Q4)

L'azione centrifuga è schematizzata come una forza agente in direzione orizzontale perpendicolarmente al binario e verso l'esterno della curva, applicata ad $1,80 \text{ m}$ al di sopra del p.f.. Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = V^2 \cdot f \cdot (\alpha \cdot Q_{vk}) / (127 \cdot R)$$

- dove
- V velocità di progetto espressa in km/h
 - Q_{vk} valore caratteristico dei carichi verticali
 - R raggio di curvatura in m
 - f fattore di riduzione (rif. §2.5.1.4.3.1 [3])

| | | | |
|---|------|------|------|
| raggio di curvatura | R | 5500 | m |
| velocità massima compatibile con il tracciato della linea | Vmax | 200 | km/h |
| lunghezza di influenza della parte curva del binario | Lf | 53.2 | m |
| fattore di riduzione funzione della Lf e della V | f | 0.64 | |

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

6.5.2 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si schematizza come una forza concentrata agente orizzontalmente perpendicolarmente all'asse del binario. Il valore caratteristico di tale forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica. Essa si applicherà sia in rettilineo che in curva.

6.5.3 Frenatura ed avviamento (Q3)

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato. I valori da considerare sono i seguenti:

- ✓ avviamento: $Q_{1a,k} = 33 \text{ kN/m} \cdot L \leq 1000 \text{ kN}$ per i modelli di carico LM71,SW/2
- ✓ frenatura: $Q_{1b,k} = 20 \text{ kN/m} \cdot L \leq 6000 \text{ kN}$ per i modelli di carico LM71
- $Q_{1b,k} = 35 \text{ kN/m}$ per i modelli di carico SW/2

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di avviamento devono essere moltiplicati per α e non devono essere moltiplicati per Φ . Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento e l'altro in fase di frenatura.

6.5.4 Forza d'attrito (Q8)

Le forze parassitarie dei vincoli si esplicano in corrispondenza degli apparecchi d'appoggio mobili e, per equilibrio, sui corrispondenti fissi, per traslazione relativa impalcato-apparecchi d'appoggio. Essendo funzione del carico verticale, la sua definizione è associata ai coefficienti moltiplicativi delle combinazioni γ e ψ dei carichi da peso proprio strutturali e non, e dei carichi verticali da traffico.

Per la valutazione delle coazioni generate è stato considerato un coefficiente d'attrito f pari a 0,04. Con riferimento a quanto riportato nel §2.5.1.6.3 [3] la forza agente sulle spalle per impalcato a travate isostatiche, facendo riferimento all'apparecchio d'appoggio maggiormente caricato si considera pari a:

$$F_a = f (V_G + V_Q)$$

dove V_G reazione verticale massima associata ai carichi permanenti

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

V_Q reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

6.6 Azione del Vento (Q5)

L'azione del vento viene ricondotta ad un'azione statica equivalente costituita da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici. Ricadendo nella classificazione ordinaria di ponti l'azione del vento è valutata come agente su una superficie continua, convenzionalmente alta 4m dal piano del ferro rappresentante il convoglio. L'altezza effettiva è valutata sia in funzione della presenza o meno del convoglio sia in funzione dell'altezza delle barriere antirumore, convenzionalmente alte 5m.

6.7 Riepilogo dei carichi elementari trasmessi dall'impalcato

Si riporta una tabella di sintesi dei carichi descritti nei precedenti paragrafi. I valori sono esplicitati in termini di risultante globale nel baricentro del muro frontale, in corrispondenza del piano degli appoggi.

| | N [kN] | T_x [kN] | T_y [kN] | M_x [kNm] | M_y [kNm] |
|--------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Carichi da traffico verticali | 3502 | - | - | 350 | 875 |
| Forza centrifuga | - | - | 52 | 217 | - |
| Serpeggio | - | - | 100 | 245 | - |
| Frenatura ed avviamento | - | 1750 | - | - | - |
| Forza d'attrito | - | 306 | - | - | - |
| Vento ponte scarico | - | - | 356 | 1845 | - |
| Vento ponte carico | - | - | 411 | 2459 | - |

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

6.8 Spinta litostatica del terrapieno

Si assume per il terreno a tergo delle spalle un angolo di attrito $\varphi' = 38^\circ$ ed un peso per unità di volume $\gamma_T = 20 \text{ kN/m}^3$.

Nell'ipotesi di spostamenti molto piccoli della struttura rispetto al terreno, la spinta del terrapieno viene valutata sulla base dello stato di riposo:

$$S(z) = k_0 \cdot \gamma_T \cdot z$$

in cui $k_0 = 1 - \text{sen}\varphi = 0.384$ è il coefficiente di spinta a riposo

6.9 Spinta statica del ballast sul terrapieno

La spinta viene valutata considerando il carico uniformemente distribuito rappresentativo dello strato di ballast presente al di sopra del terrapieno, e descritto nel §6.1 della presente relazione. Nell'ipotesi di spostamenti molto piccoli della struttura rispetto al terreno, la spinta del ballast viene valutata sulla base dello stato di riposo:

$$S(z) = k_0 \cdot q$$

in cui $k_0 = 1 - \text{sen}\varphi = 0.384$ è il coefficiente di spinta a riposo

6.10 Spinta statica del sovraccarico agente sul terrapieno

La spinta viene valutata considerando il sovraccarico accidentale ottenuto dalla ripartizione dei quattro carichi concentrati del modello di carico LM71, come descritto nel §6.4 della presente relazione. Nell'ipotesi di spostamenti molto piccoli della struttura rispetto al terreno, la spinta del sovraccarico accidentale viene valutata sulla base dello stato di riposo:

$$S(z) = k_0 \cdot q$$

in cui $k_0 = 1 - \text{sen}\varphi = 0.384$ è il coefficiente di spinta a riposo

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

6.11 Azione Sismica (E)

L'azione sismica di progetto è rappresentata dalla massima accelerazione al suolo, definita in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione dell'azione sismica.

6.11.1 Inquadramento Sismico

La determinazione della pericolosità sismica di base è definita a partire dall'ubicazione dell'opera e dalle sue caratteristiche progettuali come la vita nominale V_N e la classe d'uso C_u . Sulla base del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili". I parametri identificativi dell'opera sono:

| Vita Nominale | Classe d'Uso | Coeff. D'uso |
|---------------|--------------|--------------|
| 75 | II | 1.0 |

La geo-localizzazione permette di ottenere le coordinate geografiche delle singole opere e individuare puntualmente la domanda sismica secondo gli spettri normativi rappresentativi delle due componenti (orizzontale e verticale), ovvero determinare i singoli parametri indipendenti di riferimento.

In particolare, si è fatto riferimento alle seguenti coordinate:

Latitudine: 40.5931

Longitudine: 16.2414

6.11.2 Definizione della domanda sismica

Secondo le NTC2018 l'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione. Sulla base dello studio geologico, i terreni in esame sono di tipo C, pianeggianti, tali da ricadere nella categoria topografica T1. Risulta quindi possibile tracciare lo spettro di riferimento normativo. Nei calcoli, per lo spettro orizzontale è stato applicato un fattore di struttura $q=1.5$.

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

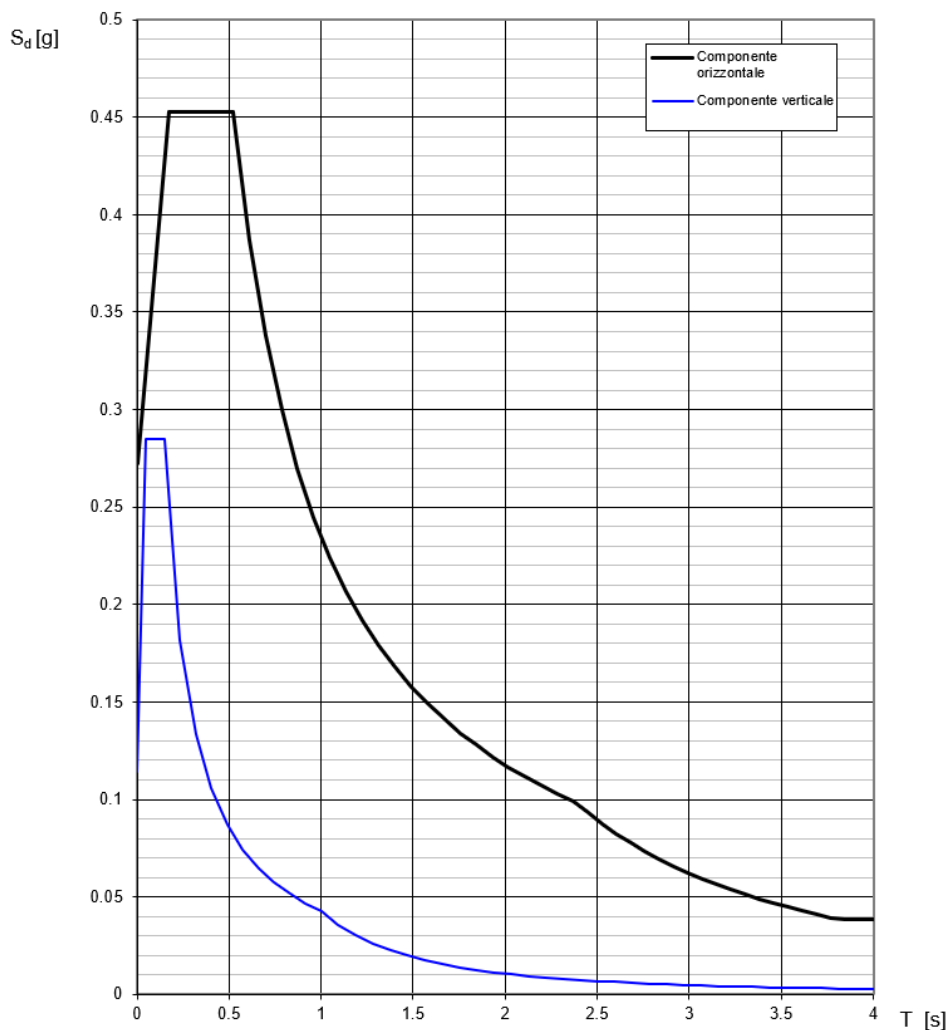


Figura 4 – Spettri di risposta per lo SLV

6.11.3 Calcolo dell'azione Sismica

L'azione sismica viene considerata attraverso un'analisi pseudo-statica. In particolare, le azioni di inerzia in direzione orizzontale sono calcolate come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

in cui k_h è il coefficiente sismico orizzontale:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

L'accelerazione orizzontale a_{max} viene ricavata dallo spettro di progetto in corrispondenza del periodo T_B .

Il coefficiente β_m assume valore unitario.

Per le azioni inerziali in direzione verticale, invece, risulta valida la seguente espressione:

$$F_v = k_v \cdot W$$

dove:

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Si ottengono di conseguenza i seguenti valori:

| | | |
|-----------|-------|----------|
| a_{max} | 0.452 | g |
| k_h | 0.452 | - |
| k_v | 0.226 | - |

– **Spinta del terrapieno in condizioni sismiche**

La spinta esercitata dal terrapieno in condizioni sismiche viene valutata con la teoria di Mononobe-Okabe, considerando il raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite attivo:

$$S_{a,E} = S_a + \Delta S_{a,E}$$

dove S_a rappresenta la spinta attiva del terreno valutata in condizioni statiche, e $\Delta S_{a,E}$ l'incremento dovuto all'azione sismica.

In particolare, la spinta attiva in condizioni statiche è:

$$S_a(z) = k_a \cdot \gamma_T \cdot z$$

dove k_a viene valutato con la formula di Rankine:

$$k_a = \frac{1 - \text{sen}\varphi'}{1 + \text{sen}\varphi'} = 0.238$$

L'espressione di Mononobe-Okabe permette di calcolare direttamente la risultante delle due componenti, che risulta quindi pari a:

$$S_{a,E}(z) = k_{a,E} \cdot \gamma_T \cdot z \cdot (1 \pm k_v)$$

Il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche viene calcolato come:

$$K_{a,E} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta - \theta)}{\sin(\alpha - \delta - \theta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

dove:

- α = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale del paramento del muro, pari a 90°;
- φ = angolo d'attrito del terrapieno, pari a 38°;
- δ = angolo d'attrito muro-terreno, pari a 0°;
- β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno, pari a 0°.

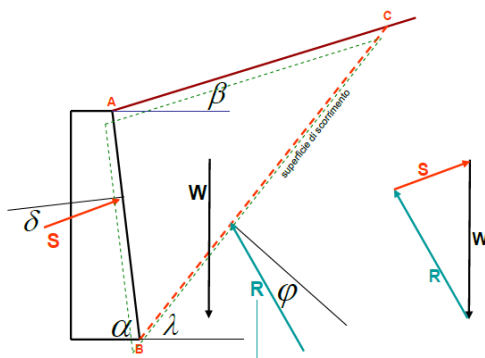


Figura 5 – Parametri per il calcolo del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche

L'angolo θ tiene conto invece della presenza della componente verticale dell'azione sismica:

$$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

In particolare, nel calcolo di θ e in quello di $S_{a,E}$ si è considerato solo il caso $1 - k_v$ essendo risultato essere quello più gravoso.

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

In questo caso k_h e k_v sono calcolati considerando un'accelerazione orizzontale pari a:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

- S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T);
- a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Si ottengono di conseguenza i seguenti valori:

| | | |
|-----------|-------|----------|
| a_{max} | 0.272 | g |
| k_h | 0.272 | - |
| k_v | 0.136 | - |
| k_{aE} | 0.443 | - |

- **Spinta del ballast sul terrapieno in condizioni sismiche**

La spinta viene valutata, attraverso l'espressione di Mononobe-Okabe, considerando il carico uniformemente distribuito rappresentativo dello strato di ballast presente al di sopra del terrapieno, nell'ipotesi di raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite attivo:

$$S_{a,E}(z) = k_{a,E} \cdot q \cdot (1 - k_v)$$

in cui:

- q è il carico del ballast;
- $k_{a,E}$ è il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche.

- **Spinta del sovraccarico agente sul terrapieno in condizioni sismiche**

La spinta viene valutata, attraverso l'espressione di Mononobe-Okabe, considerando il sovraccarico accidentale ottenuto dalla ripartizione dei quattro carichi concentrati del modello di carico LM71, nell'ipotesi di raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite attivo:

$$S_{a,E}(z) = k_{a,E} \cdot q \cdot (1 - k_v)$$

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

in cui:

- q è il sovraccarico accidentale;
- $k_{a,E}$ è il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche.

– **Azioni di inerzia legate alla massa dell'impalcato**

Le azioni inerziali trasmesse dall'impalcato sono dovute alla massa degli elementi strutturali e non strutturali, ed al 20% della massa dei treni di carico teorici considerati.

Si riassumono di seguito le azioni verticali provenienti dall'impalcato ed agenti sugli apparecchi d'appoggio.

| | | | |
|------------------------------------|-------|------|----|
| Carichi permanenti strutturali | g_1 | 3925 | kN |
| Carichi permanenti non strutturali | g_2 | 3725 | kN |
| Carichi da traffico verticali | Q_1 | 3502 | kN |

In direzione longitudinale l'inerzia di tutto l'impalcato viene assorbita dalla spalla con sistema di vincolo di tipo fisso, mentre nella direzione trasversale e in quella verticale viene ripartita fra le due sottostrutture.

$$F_{h,long} = 2 \cdot k_h \cdot (g_1 + g_2 + 0.2 \cdot Q_1)$$

$$F_{h,trasv} = k_h \cdot (g_1 + g_2 + 0.2 \cdot Q_1)$$

$$F_v = k_v \cdot (g_1 + g_2 + 0.2 \cdot Q_1)$$

– **Azioni di inerzia legate alla massa degli elementi strutturali**

Le azioni di inerzia degli elementi strutturali sono calcolate come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

dove W è il peso dei diversi elementi strutturali che compongono la spalla.

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

In direzione verticale, invece, la risultante della forza di inerzia viene calcolata come:

$$F_v = k_v \cdot W$$

– **Azioni di inerzia legate alla massa del terrapieno**

La risultante della forza di inerzia in direzione orizzontale viene calcolata come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

dove W è il peso del volume di terreno all'interno della spalla.

In direzione verticale, invece, la risultante della forza di inerzia viene calcolata come:

$$F_v = k_v \cdot W$$

– **Azioni di inerzia legate alla massa del ballast sul terrapieno**

La risultante della forza d'inerzia in direzione orizzontale è calcolata come:

$$F_h = k_h \cdot W_b$$

dove W_b è il peso complessivo del ballast presente sul terrapieno.

– **Azioni di inerzia legate al sovraccarico agente sul terrapieno**

La risultante della forza d'inerzia in direzione orizzontale è calcolata come:

$$F_h = k_h \cdot W_q$$

dove W_q è il peso complessivo del sovraccarico accidentale agente sul terrapieno.

7. COMBINAZIONI DI CARICO

Le sollecitazioni dovute ai carichi descritti nei paragrafi precedenti sono state combinate in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12.

Si riportano di seguito tutte le combinazioni analizzate, ed i valori dei coefficienti assunti per le singole condizioni di carico elementari.

| Caso di carico | SLU_1 | SLU_2 | SLV_1 | SLV_2 | SLV_3 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso proprio elementi strutturali | 1.35 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Peso proprio terrapieno | 1.35 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Peso proprio ballast | 1.50 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Sovraccarico accidentale | 1.45 | 0.00 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Permanenti strutturali impalcato | 1.35 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti non strutturali impalcato | 1.50 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Carichi mobili impalcato | 1.45 | 1.45 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Spinta litostatica | 1.35 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Spinta statica ballast | 1.50 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Spinta statica sovraccarico | 1.45 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Frenatura/ avviamento | 1.45 | 1.45 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Azione centrifuga | 0.73 | 0.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Serpeggio | 0.73 | 0.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Vento | 0.90 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Resistenze parassite permanenti | 1.35 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Resistenze parassite mobili | 1.45 | 1.45 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Inerzia elementi strutturali X | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.30 | 0.30 |
| Inerzia elementi strutturali Y | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 1.00 | 0.30 |
| Inerzia elementi strutturali Z | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.30 | 1.00 |
| Inerzia impalcato X | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.30 | 0.30 |
| Inerzia impalcato Y | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 1.00 | 0.30 |
| Inerzia impalcato Z | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.30 | 1.00 |
| Inerzia terrapieno X | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.30 | 0.30 |
| Inerzia terrapieno Y | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 1.00 | 0.30 |
| Inerzia terrapieno Z | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.30 | 1.00 |
| Inerzia ballast X | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.30 | 0.30 |
| Inerzia ballast Y | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 1.00 | 0.30 |
| Inerzia sovraccarico accidentale X | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.06 | 0.06 |
| Inerzia sovraccarico accidentale Y | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.20 | 0.06 |
| Spinta attiva terrapieno | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Sovraspinta sismica terrapieno X | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.30 | 0.30 |
| Sovraspinta sismica terrapieno Y | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 1.00 | 0.30 |
| Spinta sismica ballast X | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.30 | 0.30 |
| Spinta sismica ballast Y | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 1.00 | 0.30 |
| Spinta sismica sovraccarico accidentale X | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.06 | 0.06 |
| Spinta sismica sovraccarico accidentale Y | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.20 | 0.06 |

In particolar modo, sono state definite 2 combinazioni di carico in condizioni statiche (SLU) e 3 in condizioni sismiche (SLV), in modo da considerare l'azione sismica prevalente nelle tre direzioni principali della struttura. Le sollecitazioni sono state calcolate alla base del muro frontale, considerando una striscia di larghezza unitaria, e all'intradosso della platea di fondazione.

7.1 Sollecitazione alla base del muro frontale

| | N [kN] | Tx [kN] | Ty [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] |
|--------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| SLU_1 | -2386 | 325 | 50 | -612 | 3416 |
| SLU_2 | -2386 | 325 | 50 | -612 | 3416 |
| SLV_1 | -1505 | 1091 | 191 | -928 | 6596 |
| SLV_2 | -1505 | 351 | 637 | -3077 | 2647 |
| SLV_3 | -1728 | 351 | 191 | -928 | 2756 |

7.2 Sollecitazione intradosso fondazione

| | N [kN] | Tx [kN] | Ty [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] |
|--------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| SLU_1 | -44064 | 9423 | 480 | -6898 | 120585 |
| SLU_2 | -42307 | 8477 | 480 | -6898 | 118940 |
| SLV_1 | -29032 | 20766 | 4103 | -20789 | 155591 |
| SLV_2 | -29032 | 8040 | 13676 | -69133 | 85448 |
| SLV_3 | -33072 | 8040 | 4103 | -20789 | 92583 |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA-METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO-BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

8. PALI DI FONDAZIONE

La progettazione del plinto di fondazione vede la determinazione dello stato sollecitativo in funzione dell'interazione tra pali e terreno di fondazione. È lecito ipotizzare la platea come infinitamente rigida e dedurre le sollecitazioni agenti in testa palo attraverso la relazione:

$$R(x, y) = \frac{N}{n} + \frac{M_l}{J_l} \cdot y + \frac{M_t}{J_t} \cdot x$$

dove N , M_l , M_t sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti nel baricentro della palificata, n è il numero di pali e J_l , J_t sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata:

$$J_l = \sum y_i^2 \qquad J_t = \sum x_i^2$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali agenti in testa al palo, si assume che le azioni di taglio di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando:

$$T(x, y) = \frac{\sqrt{H_l^2 + H_t^2}}{n}$$

dove H_l , H_t sono le azioni orizzontali nelle due direzioni principali del ponte.

Si riportano di seguito le coordinate dei pali rispetto al baricentro della platea di fondazione:

| PALO | X (m) | Y (m) |
|------|-------|-------|
| 1 | -6.75 | 4.50 |
| 2 | -2.25 | 4.50 |
| 3 | 2.25 | 4.50 |
| 4 | 6.75 | 4.50 |
| 5 | -6.75 | 0.00 |
| 6 | -2.25 | 0.00 |
| 7 | 2.25 | 0.00 |
| 8 | 6.75 | 0.00 |
| 9 | -6.75 | -4.50 |
| 10 | -2.25 | -4.50 |
| 11 | 2.25 | -4.50 |
| 12 | 6.75 | -4.50 |

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA POTENZA–METAPONTO INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE TRATTA GRASSANO– BERNALDA INTERVENTI TRA GRASSANO E FERRANDINA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | | | | | |
| | Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2 | COMMESSA IA95 | LOTTO 13 R 09 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1200 003 | REV. B |

Considerando le sollecitazioni riportate nel paragrafo 7.2 della presente relazione è possibile calcolare lo sforzo assiale massimo e minimo nei pali di fondazione per tutte le combinazioni analizzate. In particolare, nel calcolo di tali azioni, è stato utilizzato un coefficiente amplificativo nelle combinazioni SLV pari a 1.10, secondo quanto stabilito nel §7.2.5 delle NTC 2018 per le strutture in CD”B”.

Nella tabella seguente i riassumo di seguito i risultati ottenuti.

| | Nmax | Nmin | V |
|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | [kN] | [kN] | [kN] |
| SLU_1 | 7175 | 169 | 786 |
| SLU_2 | 6983 | 68 | 708 |
| SLV_1 | 7924 | -2601 | 1940 |
| SLV_2 | 6962 | -1640 | 1454 |
| SLV_3 | 6369 | -305 | 827 |

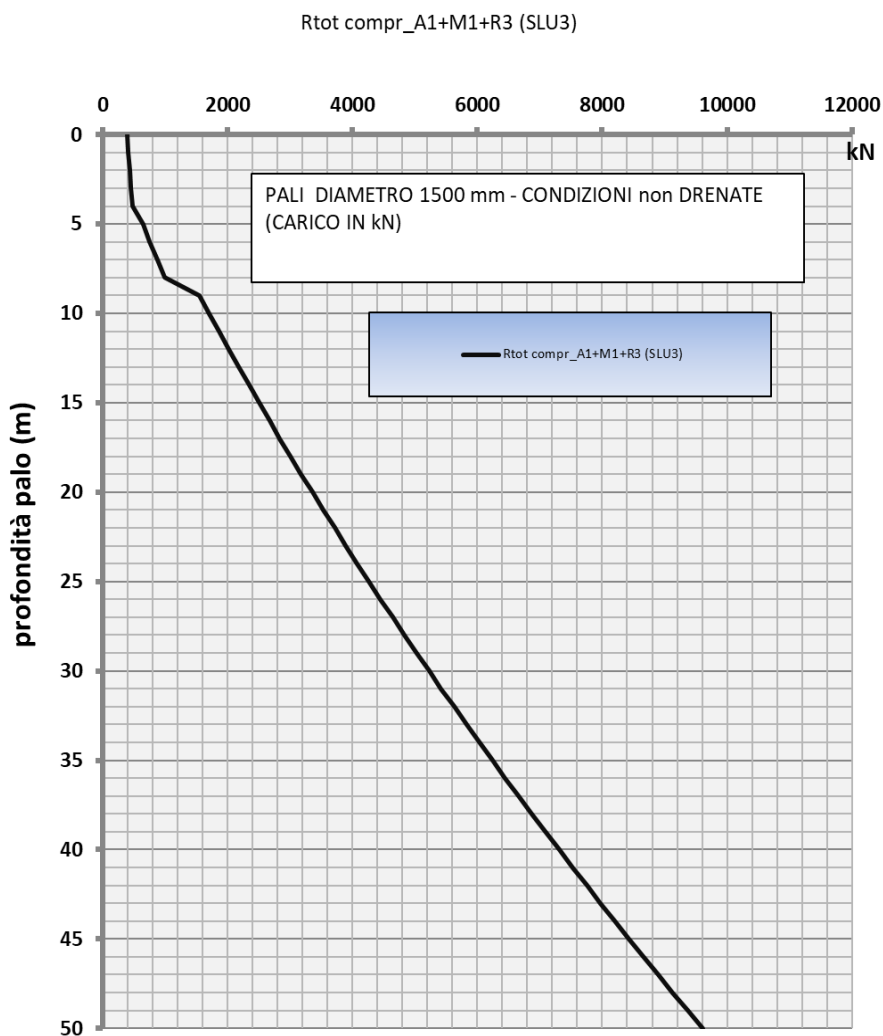
Si riporta di seguito la curva di portanza per pali ϕ 1500, calcolata considerando la stratigrafia del sito in esame, descritta nel § 4 della presente relazione.

Tale curva è stata ricavata considerando un sovraccarico dovuto alla profondità della testa palo da piano campagna assunta pari a 2.00 m. Nella successiva curva di portanza, come p.c. è indicata la quota di testa palo.

La lunghezza assunta per il palo, in base a tale curva, è pari a 45 m.

Spalle: Relazione specialistica di predimensionamento 1/2

| | | | | | |
|----------|---------|----------|------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA95 | 13 R 09 | CL | VI1200 003 | B | 29 di 29 |



| Rtot_slu3 | Z |
|-----------|------------|
| kN | m, da p.c. |
| 396 | 0 |
| 409 | 1 |
| 426 | 2 |
| 449 | 3 |
| 476 | 4 |
| 643 | 5 |
| 752 | 6 |
| 869 | 7 |
| 993 | 8 |
| 1552 | 9 |
| 1705 | 10 |
| 1861 | 11 |
| 2018 | 12 |
| 2178 | 13 |
| 2340 | 14 |
| 2504 | 15 |
| 2670 | 16 |
| 2838 | 17 |
| 3009 | 18 |
| 3181 | 19 |
| 3356 | 20 |
| 3533 | 21 |
| 3713 | 22 |
| 3894 | 23 |
| 4077 | 24 |
| 4263 | 25 |
| 4451 | 26 |
| 4641 | 27 |
| 4833 | 28 |
| 5027 | 29 |
| 5224 | 30 |
| 5423 | 31 |
| 5624 | 32 |
| 5827 | 33 |
| 6032 | 34 |
| 6239 | 35 |
| 6449 | 36 |
| 6660 | 37 |
| 6874 | 38 |
| 7090 | 39 |
| 7309 | 40 |
| 7529 | 41 |
| 7751 | 42 |
| 7976 | 43 |
| 8203 | 44 |
| 8432 | 45 |
| 8663 | 46 |
| 8897 | 47 |
| 9132 | 48 |
| 9372 | 49 |
| 9617 | 50 |