

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA      Tratta VERONA – PADOVA**

**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**PONTI E VIADOTTI**

**PONTE SUL DEVIATORE DEL DUGALE DAL Km 16+496,10 A PK 16+518,10**

**GENERALE**

**Relazione interazione treno binario struttura**

|                            |  |                  |  |            |
|----------------------------|--|------------------|--|------------|
| GENERAL CONTRACTOR         |  | DIRETTORE LAVORI |  | SCALA<br>- |
| IL PROGETTISTA INTEGRATORE | Consorzio<br>Iricav Due<br>ing. Paolo Carmona<br>Data: |                  |  |            |

|          |       |      |      |           |                  |        |      |               |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|---------------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. | FOGLIO        |
| I N 1 7  | 1 2   | E    | I 2  | C L       | V I 0 4 0 0      | 0 0 1  | A    | - - - P - - - |

|  |                            |      |
|--|----------------------------|------|
|  | VISTO CONSORZIO IRICAV DUE |      |
|  | Firma<br>Luca RANDOLFI     | Data |

Progettazione:

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data   | Verificato  | Data   | Approvato   | Data   | IL PROGETTISTA |
|------|-------------|---------|--------|-------------|--------|-------------|--------|----------------|
| A    | EMISSIONE   | E.d.in  | Giu.21 | M. Proietti | Giu.21 | G. Grimaldi | Giu.21 |                |
|      |             |         |        |             |        |             |        |                |

|                 |                      |                             |
|-----------------|----------------------|-----------------------------|
| CIG: 8377957CD1 | CUP: J41E91000000009 | File: IN1712EI2CLVI0400001A |
|                 |                      | Cod. origine:               |



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

|   |  |             |                            |   |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                            |   |
|   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2CLVI0400001 | A |

## INDICE

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | PREMESSA.....                              | 2  |
| 1   | RIFERIMENTI NORMATIVI.....                 | 3  |
| 2   | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....         | 4  |
| 3   | APPLICABILITÀ DEL METODO SEMPLIFICATO..... | 4  |
| 4   | RISULTATI DELLE ANALISI.....               | 8  |
| 4.1 | Risultati in forma estesa.....             | 8  |
| 4.2 | Conclusioni.....                           | 11 |

|   |  |             |                            |   |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                            |   |
|   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>E12CLVI0400001 | A |

## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono le analisi di interazione binario-struttura **del Ponte sul deviatore del canale Dugale (VI04)**, a doppio binario con intervallata 4.5 m, che si estende dal km 16+496,10 al km 16+518,10. L'opera si inserisce all'interno della linea AV/AC Torino – Venezia, tratta Verona – Padova, lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza.

Le analisi di interazione binario-struttura sono state svolte con lo scopo di valutare le sollecitazioni agenti sulle sottostrutture.

Le analisi sono state condotte attraverso il metodo semplificato indicato nell'allegato 3 del Manuale di Progettazione RFI [1].

Il viadotto è costituito da una campata unica di luce pari a 22m (impalcato in travi incorporate). Le spalle sono in calcestruzzo armato.

|   |  |             |                            |   |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                            |   |
|   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2CLVI0400001 | A |

## 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1] *RFIDTCSIPSMMAIFS001B - Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - Sezione 2.*
- [2] *Circolare 2 febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP..*
- [3] *Decreto ministeriale 14 Gennaio 2008.*

|   |  |             |                            |   |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                            |   |
|   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>E12CLVI0400001 | A |

## 2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le caratteristiche dei materiali dell'opera in esame si rimanda all'elaborato IN1710E12TTVI000000 "tabella materiali".

|   |  |             |                                 |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                                 |
|   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>E12CLVI0400001<br>A |

### 3 APPLICABILITÀ DEL METODO SEMPLIFICATO

La valutazione delle azioni agenti sulle sottostrutture connesse agli effetti di interazione binario struttura, è stata eseguita mediante il metodo semplificato riportato nell'allegato 3 del Manuale di Progettazione RFI [1]. Tale metodo risulta applicabile in quanto, come di seguito illustrato, il viadotto rispetta tutti i requisiti richiesti.

L'applicabilità del metodo semplificato inoltre garantisce il rispetto dei limiti sulle altre grandezze di interesse (tensioni nelle rotaie e spostamenti relativi binario-impalcato), senza la necessità di condurre specifiche verifiche.

Secondo quanto riportato nell'allegato 3 del Manuale di Progettazione RFI [1]:

*“Il metodo riportato in questo allegato, ferme restando le indicazioni di carattere generale fornite nel precedente punto 1.4.5, può essere applicato solo se sono rispettate le condizioni riportate al punto 2.5.1.4.5.2 e quelle di seguito riportate:*

*a) La tipologia strutturale è ad impalcati semplicemente appoggiati (ivi compreso il ponte ad una sola campata);*

*b) Le luci delle campate sono all'incirca uguali, con differenze massime rispetto al valor medio non superiori al 20%, ad eccezione dei casi riportati nel successivo punto b')*

*c) La rigidità dei vincoli fissi dell'impalcato in corrispondenza delle pile (rigidità del sistema fondazione-pila-appoggio fisso) è all'incirca costante lungo il viadotto, con differenze massime rispetto al valor medio non superiori al 40% e differenze massime tra due campate adiacenti non superiori al 20 %, ad eccezione dei casi riportati nei successivi punti c') e c'") tali condizioni si ritengono comunque soddisfatte nei viadotti con pile di altezza massima non superiore a 14 m e rigidità minima non inferiore a 13200 kN/m/m per binario, calcolata senza tener conto della deformabilità delle fondazioni;*

*d) La successione dei vincoli fisso e mobile è la stessa per tutte le campate (ad esempio fisso a destra e mobile a sinistra), senza eccezioni;*

*e) La luce L delle singole campate è contenuta entro i seguenti limiti:*

*L < [75] m per strutture metalliche, con armamento su ballast o attacco diretto;*

*L < [65] m per strutture in C.A., C.A.P. o miste, con armamento su ballast.*

*f) Il binario è continuo lungo tutta l'opera ed alle sue estremità per almeno 100 m a monte e a valle dell'opera stessa;*

*g) Nel caso di posa del binario con attacco diretto, la disposizione degli attacchi e le relative forze di serraggio sono così distribuite:*

|   |  |             |                                 |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                                 |
|   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>E12CLVI0400001<br>A |

- A partire dall'appoggio fisso e per 0,15L sono disposti attacchi indiretti di tipo tradizionale, caratterizzati dal legame forza spostamento riportato in fig. 1.4.5.3-6a;

- Nella parte restante degli impalcati, e dunque per 0,85L, sono disposti attacchi elastici, caratterizzati dal legame forza spostamento riportato in fig. 1.4.5.3-6b;

h) La rigidezza della sottostruttura, valutata portando in conto la deformabilità della fondazione, è non inferiore a  $2000 \cdot L$  [kN/m] per binario, inoltre è tale che, nell'ipotesi di deformabilità nulla della fondazione, lo spostamento della singola campata soggetta, convenzionalmente, alle sole azioni di frenatura del modello di carico LM71 (vedi par. 1.4.3.3) competente geometricamente alla campata in esame (ossia ignorando gli effetti di interazione che ridistribuiscono parte del carico alle campate adiacenti) sia non superiore a 5 mm;

i) Lo spostamento orizzontale, conseguente all'inflessione per carichi verticali, dovuto alle azioni da traffico, del piano di regolamento o di posa del ballast o, nel caso di attacco diretto, del piano di posa delle rotaie è, salvo diverse specifiche indicazioni fornite da FERROVIE, non superiore a 8 mm, sia per gli impalcati a semplice binario che per quelli a doppio binario caricati su entrambi i binari, secondo i criteri riportati al par. 2.5.1.8.3.2.2 e nota n. 6, senza tener conto né dell'amplificazione dinamica né della presenza del binario.

Con lo stesso metodo, adottando gli opportuni correttivi riportati nel seguito, possono essere trattati anche i casi che derogano localmente alle condizioni b) e c), rispettando invece le seguenti condizioni:

b') Le luci delle campate sono all'incirca uguali, con differenze massime rispetto al valor medio non superiori al 30%, ad eccezione di due campate, la cui luce singola può essere molto più grande delle altre, fermo restando comunque il limite di cui al punto e); in tal caso il rapporto tra la rigidezza del vincolo fisso e la luce della campata più lunga deve essere all'incirca pari a quello delle campate adiacenti, con una tolleranza del  $\pm 20\%$  %

c') Possono fare eccezione alla condizione c) le ultime tre pile in vicinanza delle spalle, che possono avere rigidzze progressivamente crescenti andando verso la spalla, con rapporti di rigidezza rispetto alla rigidezza media non superiori a 10; nella valutazione della rigidezza media possono essere escluse le tre pile in prossimità della spalla;

c'') Possono fare eccezione alla condizione c) fino a tre campate interne con rapporti di rigidezza tra campate adiacenti non superiore a 5; nella valutazione della rigidezza media possono essere escluse le pile che derogano alla precedente condizione c).

Nel caso di viadotti lunghi, per l'applicazione di questo metodo semplificato, è lecito suddividere il viadotto in tratte di almeno 6 campate e 300 m di lunghezza e analizzare ciascuna tratta come un viadotto indipendente. La suddivisione deve essere tale che l'ultima campata di una tratta e la prima campata della tratta successiva abbiano differenze di rigidezza dei vincoli non superiori al 20%. Tutte le pile di tratte che non includano una spalla saranno trattate come pile intermedie. “

|   |  |             |                            |   |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                            |   |
|   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2CLVI0400001 | A |

Le condizioni dalla a) alla d) si ritengono soddisfatte poiché il viadotto è costituita da una singola campata.

La condizioni h) si ritiene soddisfatta vista l'elevata rigidità della spalla.

La verifica richiesta per il soddisfacimento della condizione "i" è riportata nella relazione di calcolo relativa all'impalcato IN1710EI2CLVI0005002.

Le restanti condizioni e), f) e g) si ritengono soddisfatte per ovvie ragioni.

Il metodo semplificato risulta applicabile in tale circostanza.

|   |  |             |                                 |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                                 |
|   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>E12CLVI0400001<br>A |

## 4 RISULTATI DELLE ANALISI

Nel presente capitolo si illustrano i risultati ottenuti dalle analisi di interazione binario-struttura del viadotto VI04.

### 4.1 Risultati in forma estesa

Si riportano i calcoli in forma estesa delle massime azioni agenti sulla spalla lato fisso (spalla A).

Il calcolo dei coefficienti  $\alpha$  è stato eseguito in accordo con quanto indicato nel Manuale di progettazione RFI [1], a cui si rimanda per maggiori approfondimenti.

Per la spalla e per i rilevati sono state assunte rigidzze "infinite".

| DATI DI INPUT                         |                      |                   |   |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------|---|
| Calcestruzzo delle spalle             |                      |                   |   |
| $E_c$                                 | [kN/m <sup>2</sup> ] | 3.33E+07          | Modulo elastico del calcestruzzo                      |
| Caratteristiche del binario           |                      |                   |   |
| $A_b$                                 | [m <sup>2</sup> ]    | 0.0153            | Area del binario (2 rotaie)                           |
| $E_b$                                 | [kN/m <sup>2</sup> ] | 2.10E+08          | Modulo elastico dell'acciaio delle rotaie             |
| $\beta$                               | [kN] <sup>0.5</sup>  | 1794.8            | $(E_b A_b)^{1/2}$                                     |
| Caratteristiche generali del viadotto |                      |                   |   |
| Verso Perc.                           | [-]                  | FISSO-<br>>MOBILE | Verso di percorrenza dei treni                        |
| n° bin                                | [-]                  | 2                 | Numero di binari                                      |
| n° camp                               | [-]                  | 1                 | Numero di campate                                     |
| Caratteristiche della spalla in esame |                      |                   |   |
| SPALLA                                | [-]                  | SA                | Spalla in esame                                       |
| L                                     | [m]                  | 22.00             | Luce della campata con appoggio fisso sulla spalla    |
| k vs                                  | [kN/m/m]             | 1.00E+15          | Rigidezza del vincolo fisso associato alla spalla     |
| Rigidezza dei vincoli fissi adiacenti |                      |                   |   |
| kvf                                   | [kN/m/m]             | 1.00E+15          | Rigidezza del rilevato (lato fisso)                   |
| kvm                                   | [kN/m/m]             | 1.00E+15          | Rigidezza del rilevato (lato mobile)                  |
| kvp                                   | [kN/m/m]             | -                 | Rigidezza delle due pile subito adiacenti alla spalla |

| TABELLA DI RIEPILOGO DELLA AZIONI AGENTI SULL'APPOGGIO FISSO |      |       |  |
|--|------|-------|--|
| $F_{ts}$   | [kN] | 484.0 | Reazione del vincolo fisso associata alla variazione termica uniforme                              |
| $F_{hs}$   | [kN] | 399.3 | Reazione del vincolo fisso associata all'azione di avviamento del modello di carico LM71           |
| $F_{hs}$   | [kN] | 363.0 | Reazione del vincolo fisso associata all'azione di avviamento del modello di carico SW/2           |
| $F_{hs}$   | [kN] | 242.0 | Reazione del vincolo fisso associata all'azione di frenatura del modello di carico LM71            |
| $F_{hs}$   | [kN] | 385.0 | Reazione del vincolo fisso associata all'azione di frenatura del modello di carico SW/2            |
| $F_{vs}$   | [kN] | 263.2 | Reazione del vincolo fisso associata all'inflessione indotta dal carico verticale del modello LM71 |
| $F_{vs}$   | [kN] | 295.8 | Reazione del vincolo fisso associata all'inflessione indotta dal carico verticale del modello SW2  |

|  |          |   |                |   |
|--|----------|---|----------------|---|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br> |          | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br> |                |   |
|  | Progetto | Lotto   | Codifica       |   |
|  | IN17     | 12  | EI2CLVI0400001 | A |

**AZIONI COMBinate**

|                             |             |               |   |
|-----------------------------|-------------|---------------|---|
| $F_{N\_MF}$                 | [kN]        | 1458.0        | Combinazione 1 (Traffico Normale + 0.6*Termica). Azione diretta da appoggio mobile verso appoggio fisso       |
| $F_{P1\_MF}$                | [kN]        | 1633.7        | Combinazione 2 (Traffico Pesante tipo1 + 0.6*Termica). Azione diretta da appoggio mobile verso appoggio fisso |
| $F_{P2\_MF}$                | [kN]        | 1454.4        | Combinazione 3 (Traffico Pesante tipo2 + 0.6*Termica). Azione diretta da appoggio mobile verso appoggio fisso |
| $F_{N\_FM}$                 | [kN]        | 931.7         | Combinazione 1 (Traffico Normale + 0.6*Termica). Azione diretta da appoggio fisso verso appoggio mobile       |
| $F_{P1\_FM}$                | [kN]        | 1074.7        | Combinazione 2 (Traffico Pesante tipo1 + 0.6*Termica). Azione diretta da appoggio fisso verso appoggio mobile |
| $F_{P2\_FM}$                | [kN]        | 895.4         | Combinazione 3 (Traffico Pesante tipo2 + 0.6*Termica). Azione diretta da appoggio fisso verso appoggio mobile |
| <b><math>F_{max}</math></b> | <b>[kN]</b> | <b>1633.7</b> | Massima azione diretta sull'appoggio fisso in valore assoluto   |

**VARIAZIONE TERMICA UNIFORME**

|                            |             |              |  |
|----------------------------|-------------|--------------|--|
| $q$                        | [kN/m]      | 20           | Resistenza a scorrimento del ballast nella condizione di binario scarico   |
| $\Delta T$                 | [°C]        | 15           | Variazione termica uniforme dell'impalcato   |
| $\alpha_{ts1}$             | [-]         | 0.55         | Coeff. funzione della variazione di temperatura  |
| $\alpha_{ts2}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione della rigidezza, per unità di lunghezza della campata, $k_{vs}$ del vincolo fisso (sistema fondazione-spalla-appoggio) |
| $\alpha_{ts3}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del numero di campate dell'opera   |
| <b><math>F_{ts}</math></b> | <b>[kN]</b> | <b>484.0</b> | Reazione del vincolo fisso associata alla variazione termica uniforme  |

**AZIONE DI AVVIAMENTO - MODELLO DI CARICO LM71**

|                            |             |              |  |
|----------------------------|-------------|--------------|--|
| $q_{ia,k}$                 | [kN/m]      | 36.3         | Forza di avviamento per unità di lunghezza associata al modello LM71 ( $\alpha=1.1$ )  |
| $L_Q$                      | [m]         | 22.0         | Lunghezza sulla quale è applicata l'azione di avviamento ( $F_{max} = 1000$ kN)  |
| $\alpha_{hs1}$             | [-]         | 0.50         | Coeff. funzione della luce della campata e del tipo di posa (posa su ballast)  |
| $\alpha_{hs2}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione della rigidezza, per unità di lunghezza della campata, $k_{vs}$ del vincolo fisso (sistema fondazione-spalla-appoggio)         |
| $\alpha_{hs3}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del valore medio della rigidezza, per unità di lunghezza della campata, $k_{vp}$ del vincolo fornito dalle due pile successive |
| $\alpha_{hs4}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del numero di campate dell'opera   |
| $\alpha_{hs5}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del tipo di posa (posa su ballast)   |
| <b><math>F_{hs}</math></b> | <b>[kN]</b> | <b>399.3</b> | Reazione del vincolo fisso associata all'azione di avviamento del modello di carico LM71   |

**AZIONE DI AVVIAMENTO - MODELLO DI CARICO SW/2**

|                            |             |              |  |
|----------------------------|-------------|--------------|--|
| $q_{ia,k}$                 | [kN/m]      | 33           | Forza di avviamento per unità di lunghezza associata al modello SW/2 ( $\alpha=1.0$ )  |
| $L_Q$                      | [m]         | 22.0         | Lunghezza sulla quale è applicata l'azione di avviamento ( $F_{max} = 1000$ kN)  |
| $\alpha_{hs1}$             | [-]         | 0.50         | Coeff. funzione della luce della campata e del tipo di posa (posa su ballast)  |
| $\alpha_{hs2}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione della rigidezza, per unità di lunghezza della campata, $k_{vs}$ del vincolo fisso (sistema fondazione-spalla-appoggio)         |
| $\alpha_{hs3}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del valore medio della rigidezza, per unità di lunghezza della campata, $k_{vp}$ del vincolo fornito dalle due pile successive |
| $\alpha_{hs4}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del numero di campate dell'opera   |
| $\alpha_{hs5}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del tipo di posa (posa su ballast)   |
| <b><math>F_{hs}</math></b> | <b>[kN]</b> | <b>363.0</b> | Reazione del vincolo fisso associata all'azione di avviamento del modello di carico SW/2   |

**AZIONE DI FRENATURA - MODELLO DI CARICO LM71**

|            |        |    |  |
|------------|--------|----|--|
| $q_{fb,k}$ | [kN/m] | 22 | Forza di frenatura per unità di lunghezza associata al modello LM71 ( $\alpha=1.1$ ) |
|------------|--------|----|--|

|  |          |   |                |   |
|--|----------|---|----------------|---|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br> |          | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br> |                |   |
|  | Progetto | Lotto   | Codifica       |   |
|  | IN17     | 12  | EI2CLVIO400001 | A |

|                            |             |              |  |
|----------------------------|-------------|--------------|--|
| $L_Q$                      | [m]         | 22.0         | Lunghezza sulla quale è applicata l'azione di avviamento ( $F_{max} = 6000$ kN)  |
| $\alpha_{hs1}$             | [-]         | 0.50         | Coeff. funzione della luce della campata e del tipo di posa (posa su ballast)  |
| $\alpha_{hs2}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione della rigidezza, per unità di lunghezza della campata, $k_{vs}$ del vincolo fisso (sistema fondazione-spalla-appoggio)         |
| $\alpha_{hs3}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del valore medio della rigidezza, per unità di lunghezza della campata, $k_{vp}$ del vincolo fornito dalle due pile successive |
| $\alpha_{hs4}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del numero di campate dell'opera   |
| <b><math>F_{hs}</math></b> | <b>[kN]</b> | <b>242.0</b> | Reazione del vincolo fisso associata all'azione di frenatura del modello di carico LM71  |

#### AZIONE DI FRENATURA - MODELLO DI CARICO SW/2

|                            |             |              |  |
|----------------------------|-------------|--------------|--|
| $q_{lb,k}$                 | [kN/m]      | 35           | Forza di frenatura per unità di lunghezza associata al modello LM71 ( $\alpha=1.1$ )   |
| $L_Q$                      | [m]         | 22.0         | Lunghezza sulla quale è applicata l'azione di avviamento ( $L_Q=L$ )   |
| $\alpha_{hs1}$             | [-]         | 0.50         | Coeff. funzione della luce della campata e del tipo di posa (posa su ballast)  |
| $\alpha_{hs2}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione della rigidezza, per unità di lunghezza della campata, $k_{vs}$ del vincolo fisso (sistema fondazione-spalla-appoggio)         |
| $\alpha_{hs3}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del valore medio della rigidezza, per unità di lunghezza della campata, $k_{vp}$ del vincolo fornito dalle due pile successive |
| $\alpha_{hs4}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione del numero di campate dell'opera   |
| <b><math>F_{hs}</math></b> | <b>[kN]</b> | <b>385.0</b> | Reazione del vincolo fisso associata all'azione di frenatura del modello di carico SW/2  |

#### INFLESSIONE DELL'IMPALCATO PER CARICO VERTICALE LM71

|                |          |          |  |
|----------------|----------|----------|--|
| $\theta$       | [rad]    | 0.00135  | Rotazione di estremità dell'impalcato sotto l'azione del treno di calcolo LM71, senza tener conto del binario nell'analisi |
| H              | [m]      | 1.335    | Distanza del piano di regolamento del ballast dal centro di rotazione dell'appoggio fisso                                  |
| x              | [m]      | 0.706    | Distanza del piano di regolamento del ballast dall'asse neutro della sezione dell'impalcato (>0 se via superiore)          |
| $\delta_{yfo}$ | [mm]     | 2.00     | Spostamento al limite elastico del binario della parte limitrofa alla campata in esame lato appoggio fisso                 |
| $\delta_{ym0}$ | [mm]     | 2.00     | Spostamento al limite elastico del binario della parte limitrofa alla campata in esame lato appoggio mobile                |
| $k_{vf}$       | [kN/m/m] | 1.00E+15 | Rigidezza long. per unità di lunghezza della campata limitrofa alla campata in esame lato appoggio fisso                   |
| $k_{vm}$       | [kN/m/m] | 1.00E+15 | Rigidezza long. per unità di lunghezza della campata limitrofa alla campata in esame lato appoggio mobile                  |
| $q_f$          | [kN/m]   | 60       | Resistenza del ballast per unità di lunghezza nella tratta adiacente alla campata in esame lato appoggio fisso             |
| $q_m$          | [kN/m]   | 60       | Resistenza del ballast per unità di lunghezza nella tratta adiacente alla campata in esame lato appoggio mobile            |

|                            |             |              |   |
|----------------------------|-------------|--------------|---|
| $\delta_0$                 | [mm]        | 0.42         | Per impalcato a più binari: $0.5 * \theta * (H-x)$ . Per impalcato a singolo binario $(0.5 \pm 0.4x/H) * \theta * (H-x)$ , con $\pm$ in funzione del verso di percorrenza |
| $\delta_{yf}$              | [mm]        | 2.00         | $\delta_{yfo} + q_f / k_{vf}$   |
| $\delta_{ym}$              | [mm]        | 2.00         | $\delta_{ym0} + q_m / k_{vm}$   |
| $\delta_f$                 | [mm]        | 2.00         | $\max(\delta_0, \delta_{yf})$   |
| $\delta_m$                 | [mm]        | 2.00         | $\max(\delta_0, \delta_{ym})$   |
| $\alpha_{vp1}$             | [-]         | 1.00         | Coeff. funzione della rigidezza, per unità di lunghezza della campata, $k_{vs}$ del vincolo fisso (sistema fondazione-spalla-appoggio)                                    |
| <b><math>F_{vs}</math></b> | <b>[kN]</b> | <b>263.2</b> | Reazione del vincolo fisso associata all'inflessione indotta dal carico verticale del modello LM71  |

#### INFLESSIONE DELL'IMPALCATO PER CARICO VERTICALE SW/2

|                |       |         |   |
|----------------|-------|---------|---|
| $\theta$       | [rad] | 0.00151 | Rotazione di estremità dell'impalcato sotto l'azione del treno di calcolo, senza tener conto del binario          |
| H              | [m]   | 1.335   | Distanza del piano di regolamento del ballast dal centro di rotazione dell'appoggio fisso                         |
| x              | [m]   | 0.706   | Distanza del piano di regolamento del ballast dall'asse neutro della sezione dell'impalcato (>0 se via superiore) |
| $\delta_{yfo}$ | [mm]  | 2.00    | Spostamento al limite elastico del binario della parte limitrofa alla campata in esame lato appoggio fisso        |

|   |          |  |                |   |
|---|----------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |          | ALTA SORVEGLIANZA<br> |                |   |
|   | Progetto | Lotto  | Codifica       |   |
|   | IN17     | 12   | EI2CLVI0400001 | A |

|                |          |          |   |
|----------------|----------|----------|---|
| $\delta_{ym0}$ | [mm]     | 2.00     | Spostamento al limite elastico del binario della parte limitrofa alla campata in esame lato appoggio mobile   |
| $k_{vf}$       | [kN/m/m] | 1.00E+15 | Rigidità long. per unità di lunghezza della campata limitrofa alla campata in esame lato appoggio fisso   |
| $k_{vm}$       | [kN/m/m] | 1.00E+15 | Rigidità long. per unità di lunghezza della campata limitrofa alla campata in esame lato appoggio mobile  |
| $q_f$          | [kN/m]   | 60       | Resistenza del ballast per unità di lunghezza nella tratta adiacente alla campata in esame lato appoggio fisso  |
| $q_m$          | [kN/m]   | 60       | Resistenza del ballast per unità di lunghezza nella tratta adiacente alla campata in esame lato appoggio mobile   |
| $\delta_0$     | [mm]     | 0.48     | Per impalcati a più binari: $0.5 * \Theta * (H-x)$ . Per impalcati a singolo binario $(0.5 \pm 0.4x/H) * \Theta * (H-x)$ , con $\pm$ in funzione del verso di percorrenza |
| $\delta_{vf}$  | [mm]     | 2.00     | $\delta_{yf0} + q_f / k_{vf}$   |
| $\delta_{ym}$  | [mm]     | 2.00     | $\delta_{ym0} + q_m / k_{vm}$   |
| $\delta_f$     | [mm]     | 2.00     | $\max(\delta_0, \delta_{vf})$   |
| $\delta_m$     | [mm]     | 2.00     | $\max(\delta_0, \delta_{ym})$   |
| $\alpha_{vp1}$ | [-]      | 1.00     | Coeff. funzione della rigidità, per unità di lunghezza della campata, $k_{vs}$ del vincolo fisso (sistema fondazione-spalla-appoggio)                                     |
| $F_{vs}$       | [kN]     | 295.8    | Reazione del vincolo fisso associata all'inflessione indotta dal carico verticale del modello SW/2  |

## 4.2 Conclusioni

L'azione caratteristica agente sul vincolo fisso è stata calcolata come segue:

$$F = 0.5F_{ts} + F_{hs} + F_{vs}$$

dove il pedice "s" sta per spalla, mentre i pedici "t", "h" e "v" indicano rispettivamente: azione termica, azioni orizzontali (frenatura e avviamento) e carichi verticali da traffico.

Le azioni conseguenti alle deformazioni da carichi verticali hanno sempre verso ad uscire (azione diretta da appoggio mobile verso appoggio fisso), mentre le azioni conseguenti alla termica, alla frenatura e all'avviamento possono agire in entrambi i versi (ad entrare e ad uscire). Nel calcolo della massima sollecitazione agente in direzione uscente i tre effetti sono dunque stati sommati; nel calcolo invece della massima sollecitazione agente in direzione entrante, l'azione causata dai carichi verticali è stata, a favore di sicurezza, assunta pari a zero.

Il valore della forza "F", associata agli effetti di interazione binario-struttura indotti dai carichi già menzionati, viene confrontato con l'azione longitudinale "F<sub>0</sub>", prodotta dagli stessi carichi, ottenuta però da un'analisi in assenza di binario.

Poiché le analisi senza binario portano a reazioni nulle sui vincoli fissi associate alle variazioni termiche e all'inflessione per carichi verticali, la forza "F<sub>0</sub>" si riduce alla reazione associata dalla frenatura e dall'avviamento agenti sulla campata il cui appoggio fisso grava sulla spalla in esame. Tale forza è pari a:

$$F_0 = 1568.6 \text{ kN}$$

La massima azione sulla stessa spalla, ricavata dall'analisi di interazione binario-struttura, è pari a:

|   |  |             |                            |   |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                            |   |
|   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>12 | Codifica<br>EI2CLVI0400001 | A |

$$F = 1633.7 \text{ kN}$$

Si conclude quindi che:

- l'analisi di interazione binario-struttura porta in tale circostanza ad azioni sulla spalla leggermente maggiori rispetto ad una analisi senza binario;
- la variazione in termini di sollecitazioni non è significativa (circa 4%), dunque non si è tenuto conto degli effetti di interazione binario-struttura nel calcolo della spalla.