



INDICE

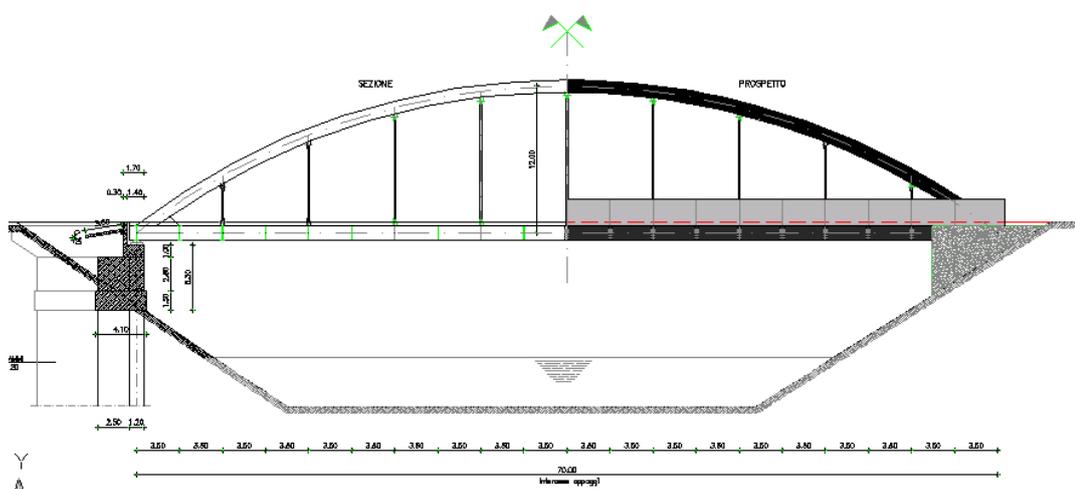
| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA..... | 2 |
| 2 | MATERIALI | 5 |
| 3 | INQUADRAMENTO NORMATIVO | 6 |
| 4 | PREDIMENSIONAMENTO DELL'IMPALCATO..... | 8 |
| 4.1 | ANALISI DEI CARICHI | 8 |
| 4.2 | RISULTATI | 10 |
| 5 | PREDIMENSIONAMENTO DELLE SPALLE | 14 |
| 5.1 | ANALISI DEI CARICHI | 14 |
| 5.2 | RISULTATI | 14 |

1 PREMESSA

Si riportano i calcoli preliminari relativi al ponte sul canale Scaricatore nell'ambito della realizzazione della linea 3 del metrobus di Padova.

Il ponte presenta una luce di 70m (interasse appoggi) ed uno schema statico ad arco a via inferiore.

Il profilo dell'impalcato è rappresentato nella figura seguente:



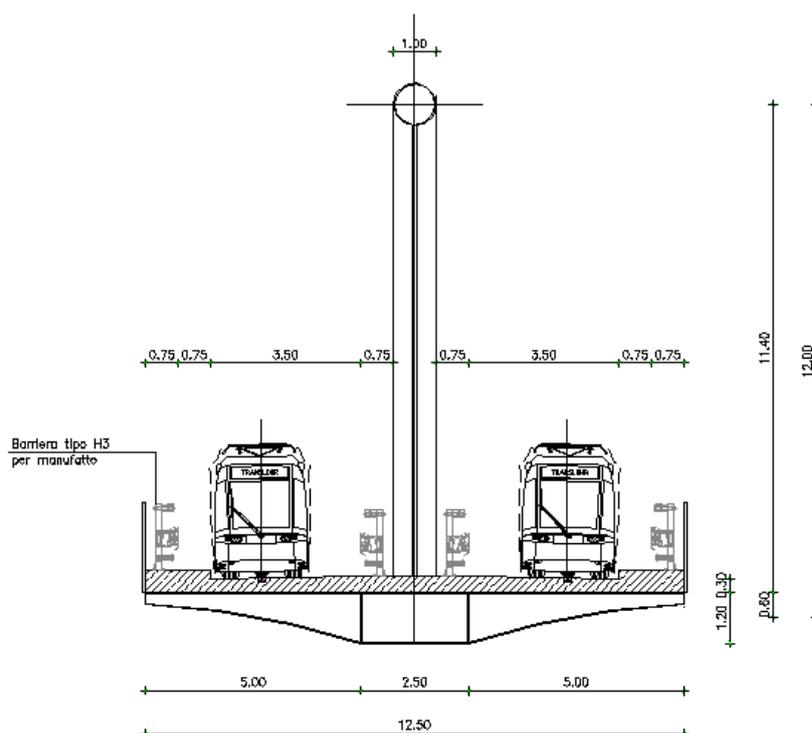
Ad un unico arco centrale in acciaio, realizzato con un tubo circolare di diametro 1000mm e sp. 30mm, è appeso tramite un sistema di tiranti $\phi 120$ mm (interasse 7m), un cassone metallico a sezione rettangolare che, insieme a mensole in acciaio a sezione variabile, sostiene l'impalcato stradale.

Tale cassone ha anche le seguenti funzioni:

- assorbe la spinta trasmessa dall'arco;
- contrasta, con la sua rigidità torsionale, le rotazioni della sezione d'impalcato dovute ai carichi eccentrici.

Sia il cassone che le mensole laterali potranno essere rese collaboranti con la soletta d'impalcato di spessore 30 cm mediante opportuna piolatura.

La sezione d'impalcato è rappresentata schematicamente nella figura che segue:



Il cassone ha dimensioni 2500*1200 mm e spessore 30 mm; le travi a sbalzo hanno sezione variabile ad I con altezza massima 1200 mm (piattabande 250*20 mm anima 1160*12 mm).

L'impalcato, a pianta sghemba, può ospitare le vetture del metrobuss nei due sensi di marcia ma sostiene 2 corsie di larghezza pari a 3.50 m in modo che sia possibile transitare anche con mezzi stradali regolamentari.

I giunti principali, per esigenze di estetica, saranno del tipo saldato.

La struttura metallica può essere costruita a piè d'opera e varata di punta con opportuno avanbecco.



Le spalle dell'impalcato poggiano su diaframmi in c.a.. La realizzazione di tali diaframmi richiede particolare cura in quanto devono essere costruiti in corrispondenza degli argini e devono modificare il meno possibile il regime idraulico con particolare riferimento ai fenomeni di filtrazione. In fase di scavo, per arrecare il minor disturbo possibile al traffico sulla viabilità arginale, si possono utilizzare palancole per il sostegno provvisorio dello scavo.

2 MATERIALI

Per la realizzazione delle opere in oggetto sono previsti i seguenti materiali:

CALCESTRUZZI

Calcestruzzo per soletta $R_{ck} \geq 35$ MPa

Calcestruzzo per spalle e fondazioni $R_{ck} \geq 30$ MPa

Calcestruzzo per diaframmi $R_{ck} \geq 25$ MPa

ACCIAIO PER ARMATURA

Armature ordinarie Fe B44K

ACCIAIO DA CARPENTERIA

Elementi profilati e saldati Fe 510 C

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

1. Leggi

- Legge 05.11.1971, N. 1086, “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

2. Decreti

- D.M. 11.03.1988, “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce; la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- D.M. 04.05.1990, “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali”.
- D.M. 09.01.1996, “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- D.M. 16.01.1996, “Norme tecniche relative ai ‘Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi’”.

3. Circolari

- Circ. Min. LL.PP. 14.02.1974, n. 11951, “Applicazione della Legge 05.11.1971, n. 1086”.
- Circ. Min. LL.PP. 31.07.1979, n. 19581, “Legge 05.11.1971, n. 1086, art. 7, Collaudo statico”.
- Circ. Min. LL.PP. 25.02.1991, n. 34233, “Legge 02.02.1974, n. 64, art. 1, D.M. 04.05.1990, “Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali”.

- Circ. Min. LL.PP. 1988, n. 30483, “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circ. Min. LL.PP. 04.07.1996, n. 156AA.GG./STC., “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi, di cui al decreto ministeriale 16.01.1996”.
- Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996, n. 252AA.GG./STC., “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996”.

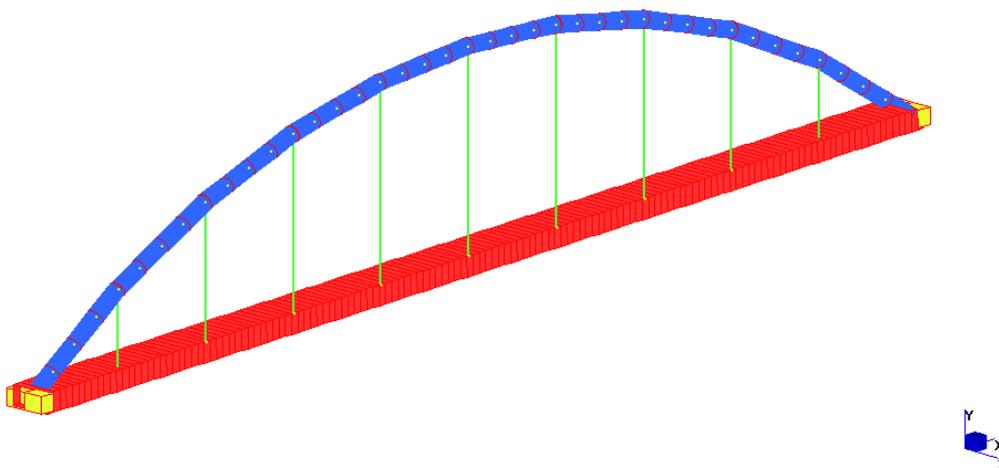
4. Norme CNR

- CNR-UNI 10011 - Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- CNR-UNI 10016 – Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l’impiego nelle costruzioni.

4 PREDIMENSIONAMENTO DELL'IMPALCATO

Per l'analisi dell'impalcato si è costruito un modello FEM con elementi monodimensionali avvalendosi del codice di calcolo Straus 7.

Il modello è rappresentato nella figura che segue.



4.1 ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti

| | | |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------|
| soletta in c.a. | $25 \cdot 0.3 \cdot 12.50 =$ | 94 kN/m |
| cordoli per marciapiedi | $25 \cdot 0.20 \cdot 1.50 \cdot 2 =$ | 15 kN/m |
| guard rail | $2 \cdot 1.5 =$ | <u>3 kN/m</u> |
| | | 112 kN/m |

Il peso proprio della struttura in acciaio viene messo in conto automaticamente.

Carichi accidentali

Carichi mobili

Sono stati considerati i carichi derivanti dall'applicazione del D.M. 04/05/1990:

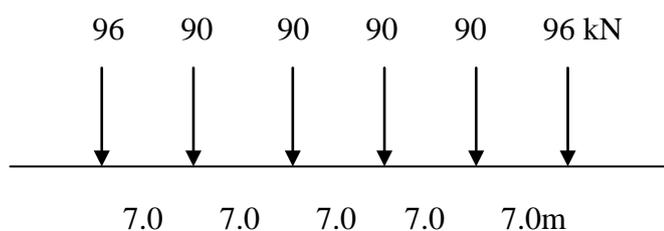
Carico $q_{1,a}$: tre assi da 200 kN su 15m

Carico $q_{1,b}$: 30 kN/m

nella posizione più gravosa.

Si riconduce il carico ad una forza in asse dell'impalcato e un momento torcente considerando agenti una o due colonne di carico.

Alternativamente, si sono considerati i carichi massimi trasmessi dal Metrobus (già amplificati dinamicamente) rappresentati schematicamente nella figura seguente:



Folla

Carico $q_{1,f}$: $4.0 \text{ kN/m}^2 \times 0.75\text{m} = 3.0 \text{ kN/m}$

Vento

Carico trasversale distribuito sull'altezza della struttura e su un mezzo

convenzionale in transito di altezza pari a 3m. Il carico per unità di superficie è pari a $p = 2.5 \text{ kN/m}^2$.

4.2 RISULTATI

Nelle figure che seguono sono riportati i diagrammi delle sollecitazioni (momento flettente, taglio, sforzo normale, momento torcente) nella combinazione peggiore dei carichi che prevede sempre il transito di carichi stradali da normativa (più gravosi rispetto al metrobus).

| | MIN | MAX |
|----------|------------|-----------|
| BM2(kNm) | -2159.7444 | 4201.1433 |
| | [Bm:151] | [Bm:97] |

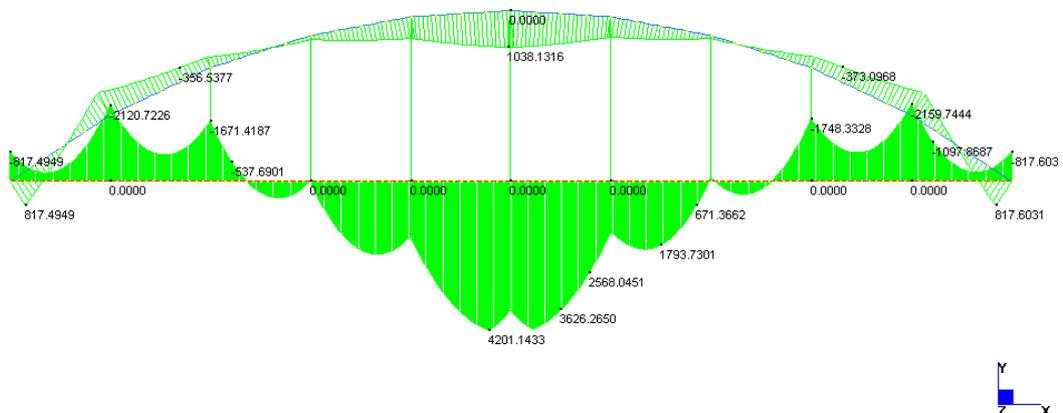


Diagramma del momento flettente nella combinazione di carico più gravosa

| | MIN | MAX |
|---------|-----------|-----------|
| SF2(kN) | -902.1149 | 1188.6045 |
| | [Em.11] | [Em.34] |

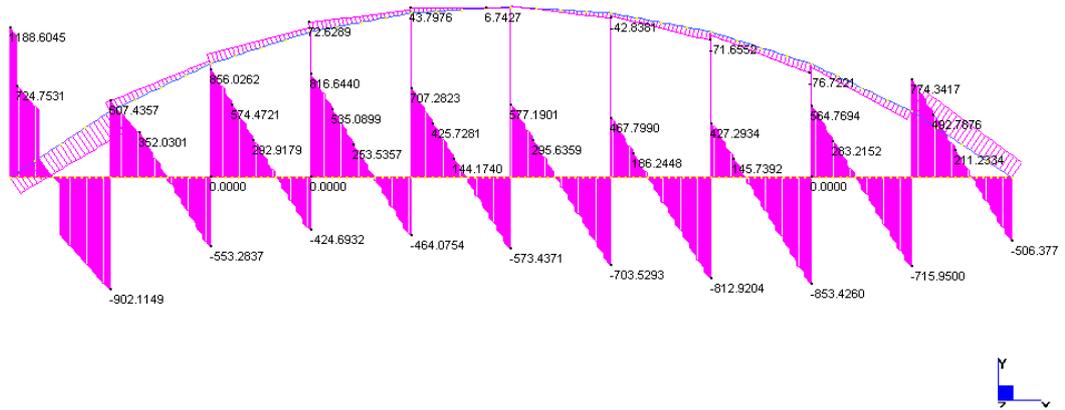


Diagramma del taglio nella combinazione di carico più gravosa

| | MIN | MAX |
|-----------|-------------|------------|
| Force(kN) | -12012.9044 | 10088.5930 |
| | [Em.164] | [Em.19] |

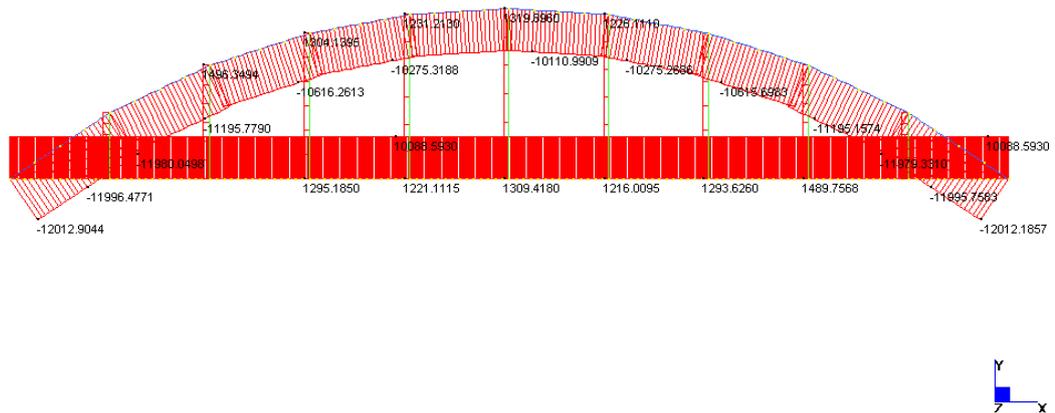


Diagramma dello sforzo normale nella combinazione di carico più gravosa

| | MIN | MAX |
|---------|------------|-----------|
| ue(kNm) | -4177.5856 | 5174.6544 |
| | [Bm.20] | [Bm.34] |

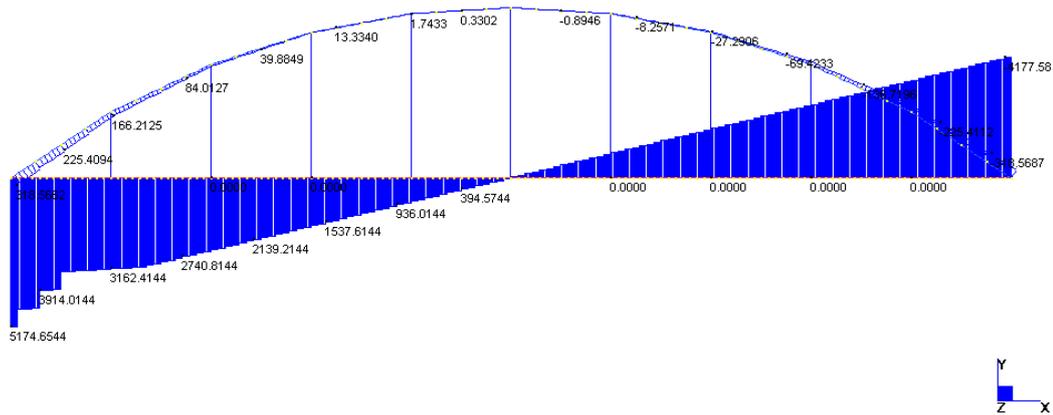


Diagramma del momento torcente nella combinazione di carico più gravosa

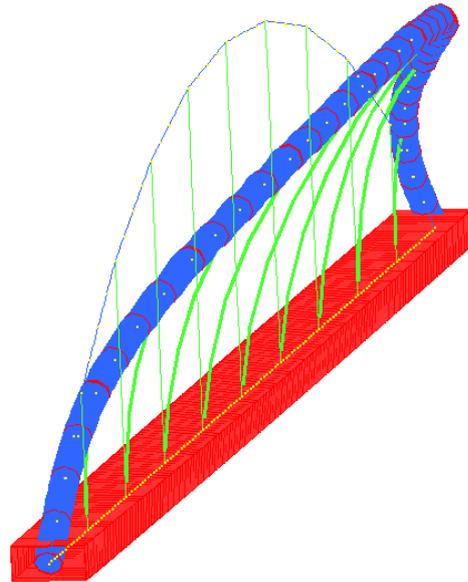
Sono stati verificati gli elementi strutturali principali: arco, catena, tiranti e sbalzi.

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

La reazione totale massima in direzione verticale trasmessa agli appoggi è pari a:

$$R = 7710 \text{ kN}$$

E' stato eseguito uno studio dell'instabilità dell'arco nel piano e fuori dal piano mediante analisi di buckling. Nella figura seguente si riporta la deformata della struttura in regime di instabilità fuori dal piano (in questo caso il più probabile).



5 PREDIMENSIONAMENTO DELLE SPALLE

Per il dimensionamento della spalla e della relativa fondazione su diaframma a T (spessore 1.20 m) si ritiene opportuno soffermarsi sul comportamento orizzontale della struttura nel suo complesso.

Si schematizza la struttura con elementi monodimensionali sottoposti alla spinta del terreno e del carico accidentale per i primi 7m di altezza oltre alla forza di frenamento applicata in corrispondenza del piano degli appoggi. Il suolo viene schematizzato con molle elastiche.

5.1 ANALISI DEI CARICHI

Su un diaframma a T (h=2.50m, B=2.50m):

Spinta massima del terreno (diagramma triangolare): $20 \cdot 7.0 \cdot 0.5 \cdot 2.5 = 175 \text{ kN/m}$

Spinta carico accidentale (diagramma rettangolare): $20 \cdot 0.5 \cdot 2.5 = 25 \text{ kN/m}$

Frenamento: $1/7 \cdot [600 \cdot 2 + 30 \cdot 2 \cdot (70 - 9.0)] / 10 = 70 \text{ kN}$

Nel caso in questione, sulla base di dati reperiti in letteratura, per la rigidità orizzontale delle molle si assume:

$$n_h = 300 \text{ kN/m}^3$$

5.2 RISULTATI

Si rappresentano nelle figure che seguono i diagrammi del momento flettente e dello sforzo di taglio.

Si è verificata la sezione del diaframma a T più sollecitata e la verifica risulta soddisfatta.

| | MIN | MAX |
|----------|--------|-----------|
| BM2(kNm) | 0.0000 | 3428.5130 |
| | [Em.2] | [Em.12] |

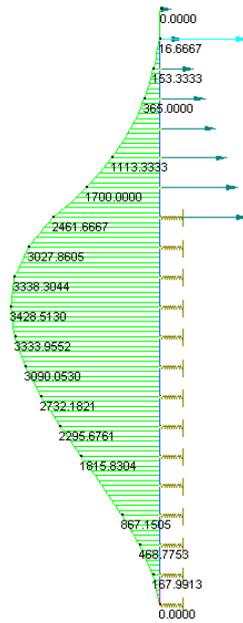


Diagramma del momento flettente

| | MIN | MAX |
|---------|-----------|----------|
| SF2(kN) | -487.9214 | 857.5000 |
| | [Em.17] | [Em.8] |

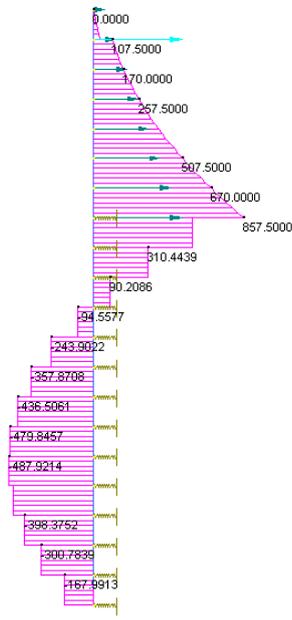


Diagramma del taglio