

## **INTERVENTO 1A - solaio di calpestio mezzanino (stanze 5 e 6)**

L'intervento 1a consiste nella puntellatura con profili metallici del solaio di calpestio delle stanze 5 e 6. Tali vani non fanno parte delle sale espositive del museo ma sono locali tecnici.

Allo stato attuale le travi presentano problemi in corrispondenza degli appoggi, gravemente ammalorati. Si realizza quindi un sistema di puntellatura provvisoria mediante longarine metalliche.

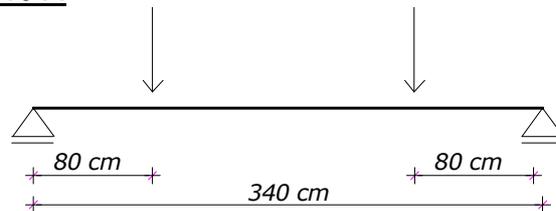
Per le sezioni resistenti delle travi in legno assunte nella verifica ed i valori di resistenza dei materiali, possono vedersi le tabelle riportate alla fine della seguente relazione sulle proprietà dei materiali.

### **STANZA 5**

#### **Rigidezze degli elementi di rinforzo**

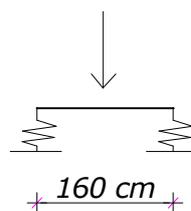
Gli elementi di rinforzo vengono considerati come appoggi deformabili (molle) per gli elementi esistenti in legno. Se ne determinano quindi preliminarmente le rigidezze alla traslazione nei punti di interesse.

#### **Profilo trasversale HE 140 A**



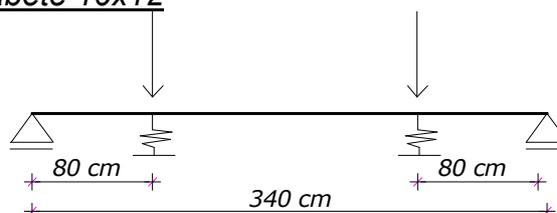
$$k = 2905 \text{ kN/m}$$

#### **Profilo longitudinale HE 100 A**



molle = HE 140 A  
 $k = 3280 \text{ kN/m}$

#### **Travetto rompitratta in abete 10x12**

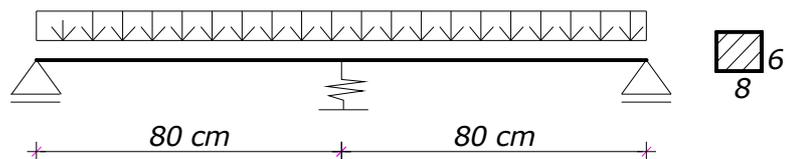


molle = HE 140 A

$k = 926 \text{ kN/m}$   
(calcolata cautelativamente con il modulo di rigidità per carichi di lunga durata)

### Verifica dei travetti 8x6 in legno di pioppo

Allo stato attuale i travetti risulterebbero non verificati con i carichi di progetto, si decide pertanto di rompitrattarli mediante un'abetella che ne spezzi la luce.  
Lo schema statico risulta quindi il seguente.



$k = 926 \text{ kN/m}$   
 $i = 30 \text{ cm}$   
 $pp = 0.022 \text{ kN/m}$   
 $perm = 3.6 \text{ kN/m}^2 \times 0.30 + 0.022 = 1.1 \text{ kN/m}$   
 $acc = 2 \times 0.3 = 0.6 \text{ kN/m}$

$q_{SLU} = 2.33 \text{ kN/m}$   
 $q_{SLE} = 1.7 \text{ kN/m}$

Reazioni appoggio interni  
 $R_{perm} = 1.02 \text{ kN}$   
 $R_{acc} = 0.56 \text{ kN}$

### Verifica agli Stati limite ultimi

Le sollecitazioni di verifica risultano  
 $M_{Sd} = 0.127 \text{ kNm}$   
 $T_{Sd} = 1.12 \text{ kN}$

### *Verifica a flessione*

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2.65 \text{ N/mm}^2}{0.65 * 13.8 \text{ N/mm}^2} = 0.29 < 1$$

### *Verifica a taglio*

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{T}{bh} = 0.35 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 0.65 * 1.44 = 0.936 \text{ N/mm}^2$$

Le verifiche agli SLU risultano quindi soddisfatte.

### Verifica SLE - deformabilità

Trattandosi di legno esistente, che ha già scontato le deformazioni viscoso sotto i carichi di lunga durata, non si applica la riduzione del modulo elastico mediante il  $k_{def}$ .

Si ottiene quindi

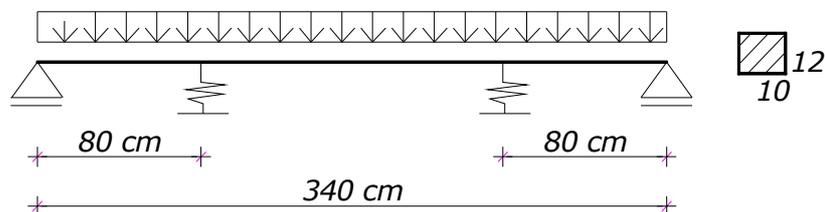
$$\delta = 1.9 \text{ mm} = L/840$$

Le verifiche gli SLE risultano quindi soddisfatte.

### Verifica abetella 10x12 a rompitrattare i travetti

Si conducono le verifiche assimilando il carico trasmesso dai travetti ad un carico uniformemente distribuito.

Il legno utilizzato è di abete massiccio C18. Lo schema statico di verifica è riportato nell'immagine seguente.



$$k = 2905 \text{ kN/m}$$

$$pp = 0.055 \text{ kN/m}$$

$$\text{perm} = 1.02/0.3 + 0.055 = 3.45 \text{ kN/m}$$

$$\text{acc} = 0.56/0.3 = 1.87 \text{ kN/m}$$

$$q_{SLU} = 7.29 \text{ kN/m}$$

$$q_{SLE} = 5.32 \text{ kN/m}$$

Reazioni appoggi interni

$$R_{SLU} = 1.3 \cdot 5.27 + 1.5 \cdot 2.76 = 10.99 \text{ kN}$$

$$R_{SLE} = 5.27 + 2.76 = 8.03 \text{ kN}$$

### **Verifica SLU**

Le sollecitazioni di verifica risultano

$$M_{Sd} = 1.3 \cdot 0.77 + 1.5 \cdot 0.50 = 1.75 \text{ kNm}$$

$$T_{Sd} = 1.3 \cdot 3.11 + 1.5 \cdot 1.68 = 6.56 \text{ kN}$$

### **Verifica a flessione**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{7.29 \text{ N/mm}^2}{9.6 \text{ N/mm}^2} = 0.76 < 1$$

### **Verifica a taglio**

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{T}{bh} = 0.82 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 1.06 \text{ N/mm}^2$$

### **Verifica SLE**

In base alle condizioni di carico relative alla combinazione SLE caratteristica definita nell'analisi dei carichi, il valore del carico distribuito sul travicello vale:

$$q_{SLE,perm} = 3.72 \text{ kN/m}$$

$$q_{SLE,accid} = 2 \text{ kN/m}$$

### **Deformabilità**

La verifica di deformabilità viene condotta separatamente per i carichi permanenti e gli accidentali. Nella verifica di deformabilità sotto carico permanente si considera il modulo di Young abbattuto per tenere in conto degli effetti a lungo termine della viscosità e dell'umidità del materiale.

$$\delta_{perm} = 5.1 \text{ mm} = L/660$$

$$\delta_{accid} = 2.3 \text{ mm} = L/1470$$

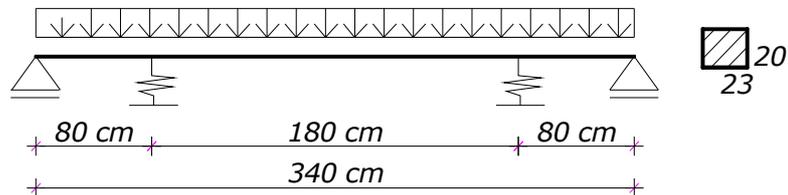
$$\delta_{tot} = 7.4 \text{ mm} = L/450$$

### **Verifica delle travi 23x20 in legno di pioppo**

Le travi in legno vengono rinforzate mediante la messa in opera di profili metallici a 80 cm di distanza dagli appoggi ammalorati.

Cautelativamente, si trascura, nel calcolo della fascia di competenza, la presenza dei travetti rompitratta.

Lo schema statico risulta quindi il seguente.



$$k = 3280 \text{ kN/m}$$

$$i = 160 \text{ cm}$$

$$pp = 0.21 \text{ kN/m}$$

$$perm = (3.6 \text{ kN/m}^2 + 0.022/0.3) \times 1.60 = 5.87 \text{ kN/m}$$

$$acc = 2 \times 1.6 = 3.2 \text{ kN/m}$$

$$q_{SLU} = 12.43 \text{ kN/m}$$

$$q_{SLE} = 9.07 \text{ kN/m}$$

Reazioni appoggi interni

$$R_{SLU} = 15.47 \text{ kN}$$

$$R_{SLE} = 11.29 \text{ kN}$$

### **Verifica agli Stati limite ultimi**

Le sollecitazioni di verifica risultano

$$M_{Sd} = 5.58 \text{ kNm}$$

$$T_{Sd} = 11.20 \text{ kN}$$

*Verifica a flessione*

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{3.64 \text{ N/mm}^2}{0.65 * 13.8 \text{ N/mm}^2} = 0.45 < 1$$

*Verifica a taglio*

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{T}{bh} = 0.36 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 0.65 * 1.44 = 0.936 \text{ N/mm}^2$$

Le verifiche gli SLU risultano quindi soddisfatte.

*Verifica SLE - deformabilità*

Trattandosi di legno esistente, che ha già scontato le deformazioni viscosse sotto i carichi di lunga durata, non si applica la riduzione del modulo elastico mediante il  $k_{def}$ .

Si ottiene quindi

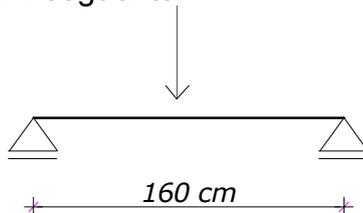
$$\delta_{perm} = 5.6 \text{ mm} = L/607$$

Le verifiche gli SLE risultano quindi soddisfatte.

**Verifica del profilo longitudinale HE 100 A**

I due profili longitudinali HE 100 A assorbono la reazione vincolare dei due appoggi interni delle travi in legno, calcolate al precedente paragrafo.

Lo schema statico risulta quindi il seguente.



$$pp = 0.167 \text{ kN/m}$$

$$F_{SLU} = 15.47 \text{ kN}$$

$$F_{SLE} = 11.29 \text{ kN}$$

Reazioni vincolari

$$R_{SLU} = 7.91 \text{ kN}$$

$$R_{SLE} = 5.78 \text{ kN}$$

*Verifica agli Stati limite ultimi*

Le sollecitazioni di verifica risultano

$$M_{Sd} = 6.26 \text{ kNm}$$

$$T_{Sd} = 15.64 \text{ kN}$$

*Verifica a flessione*

$$M_{Rd} = 19.05 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd}/M_{Rd} = 0.33 < 1$$

*Verifica a taglio*

$$V_{Rd} = 72.5 \text{ kN}$$

$$M_{Sd}/M_{Rd} = 0.22 < 1$$

Le verifiche gli SLU risultano quindi soddisfatte.

Verifica SLE - deformabilità

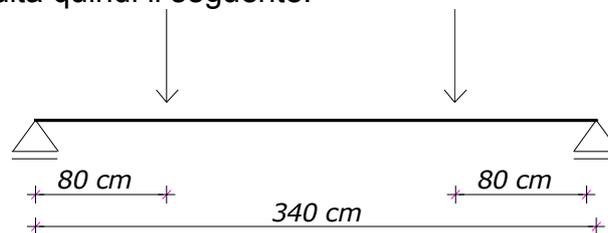
$$\delta = 1.31 \text{ mm} = L/1220$$

Le verifiche gli SLE risultano quindi soddisfatte.

**Verifica del profilo trasversale HE 140 A**

I due profili longitudinali HE 140 A costituiscono gli appoggi interni del profilo longitudinale calcolato al precedente paragrafo. A questa reazione vincolare deve essere sommata quella del travetto in abete di rompitratta.

Lo schema statico risulta quindi il seguente.



$$p_p = 0.247 \text{ kN/m}$$

$$F_{SLU} = 7.91 \cdot 2 + 10.99 = 26.81$$

$$F_{SLE} = 5.78 \cdot 2 + 8.03 = 19.59$$

Verifica agli Stati limite ultimi

Le sollecitazioni di verifica risultano

$$M_{Sd} = 21.43 \text{ kNm}$$

$$T_{Sd} = 26.81 \text{ kN}$$

*Verifica a flessione*

$$M_{Rd} = 40.07 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd}/M_{Rd} = 0.53 < 1$$

*Verifica a taglio*

$$V_{Rd} = 110.6 \text{ kN}$$

$$M_{Sd}/M_{Rd} = 0.24 < 1$$

Le verifiche gli SLU risultano quindi soddisfatte.

Verifica SLE - deformabilità

$$\delta=9.7 \text{ mm} =L/349$$

Le verifiche gli SLE risultano quindi soddisfatte.

## **STANZA 6**

### **Verifica dei travetti 8x6 in legno di pioppo**

I travetti presentano ovunque caratteristiche analoghe a quelle analizzate per l'adiacente stanza 5, pertanto non è necessario ripetere le verifiche.

### **Verifica abetella 10x12 a rompittrattare i travetti**

Si prevede l'inserimento di un travetto in abete a rompittrattare i travetti in un solo campo, in quanto nei rimanenti campi le luci risultano ridotte e non richiedono elementi di rinforzo.

Il travetto presenta le stesse caratteristiche di quello adottato nell'adiacente stanza 5 ma luci minori, pertanto non è necessario ripetere le verifiche. conducono le verifiche assimilando il carico trasmesso dai travetti ad un carico

### **Verifica delle travi in legno di pioppo**

Rispetto alla stanza adiacente, le travi esistenti presentano luci nettamente inferiori, pertanto non è necessario ripetere le verifiche.

### **Verifica dei profili metallici**

Anche in questo caso le verifiche risultano meno gravosa di quelle condotte per la stanza adiacente e quindi possono essere omesse.