

**Comune di Calatafimi-Segesta  
Provincia di Trapani**

**RELAZIONE DI CALCOLO  
SOLAIO DI COPERTURA 2 SUD**

**OGGETTO:**

Progetto Strutturale delle cerchiature e dei solai relativo alla Ristrutturazione di una porzione di immobile, denominata "Case Barbaro", all'interno del Parco Archeologico di Segesta

**COMMITTENTE:**

Parco Archeologico di Segesta

**UBICAZIONE:**

"Case Barbaro", all'interno del Parco Archeologico di Segesta

Alcamo, 07/12/2020

Il Tecnico



(Ing. Faraci Alessandro)

**Ing. Faraci Alessandro**  
via Monte Bonifato n.77/B  
91011 - Alcamo (TP)

# DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

L'intervento consiste nella sostituzione del tetto di copertura della parte a Sud dell'edificio oggetto di ristrutturazione. Tale intervento prevede la sostituzione con travi in legno lamellare di sezione 12x20cm messe in direzione est-ovest perpendicolari al verso della falda ed appoggiate ad un cordolo in c.a. di coronamento sui muri perimetrali in modo da non essere una copertura spingente.

Si ricade in riparazione o in intervento locale quando l'intervento riguarda singole parti e/o elementi della struttura e interessano porzioni limitate della costruzione. Rientrano in questa tipologia gli interventi di riparazione, o sostituzione di singoli elementi strutturali (travi, architravi, porzioni di solaio, pilastri, pannelli murari) o parti di essi, non adeguati alla funzione strutturale che debbono svolgere, a condizione che l'intervento non cambi significativamente il comportamento globale della struttura, soprattutto ai fini della resistenza alle azioni sismiche, a causa di una variazione non trascurabile di rigidità o di peso. Può rientrare in questa categoria anche la sostituzione di coperture e solai, solo a condizione che ciò non comporti una variazione significativa di rigidità nel proprio piano, importante ai fini della redistribuzione di forze orizzontali, né un aumento dei carichi verticali statici.

Alla luce di quanto esposto, l'intervento rientra nella tipologia di intervento locale. Si osserva infatti che l'insieme delle opere di ristrutturazione e consolidamento:

- a) non ampliano né sopraelevano la precedente struttura;
- b) non incrementano in maniera superiore al 20% i carichi accidentali originari e l'incremento dei carichi permanenti che si registra complessivamente per l'edificio legato alle opere di consolidamento e rinforzo, non varia il comportamento strutturale di trasferimento dei carichi al suolo;
- c) gli interventi strutturali sono volti al consolidamento dell'edificio esistente nella sua attuale morfologia e non all'ottenimento di un organismo edilizio diverso dal precedente;
- d) il comportamento globale dell'edificio rimane immutato e/o migliorato: l'intervento ha previsto l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio (prioritariamente sostituzione di solai e apertura/chiusura varchi in murature portanti) con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza, peraltro, modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale.

I criteri adottati nella scelta del tipo d'intervento sono scaturiti dallo studio preliminare dell'organismo edilizio riguardante in particolare:

- a) le caratteristiche, nella situazione esistente, sotto il profilo architettonico, strutturale e della destinazione d'uso;
- b) l'evoluzione storica delle predette caratteristiche con particolare riferimento all'impianto edilizio originario ed alle principali modificazioni intervenute nel tempo;
- c) l'analisi globale del comportamento strutturale al fine di accertare le cause ed il meccanismo di eventuali possibili futuri dissesti.

L'intervento previsto quindi non comporta la modifica del comportamento globale della struttura rispetto alle azioni sismiche e non altera significativamente i carichi statici, pertanto il progetto si può riferire alle sole parti interessate. Per quanto detto, tale intervento, rientra di fatto nella categoria degli **interventi locali** nel rispetto delle disposizioni di cui al § 8.4.1 del D.M. 17/01/2018.

Quanto esposto viene illustrato numericamente nei successivi paragrafi.

Vengono riportate di seguito due viste prospettiche riguardanti lo stato di fatto e lo stato di progetto, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

**[1] D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord.) - "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*" (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

**[2] Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP** (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 - Suppl. Ord.) - "*Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*".

**[3] Giunta Regione Toscana - Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica 28/09/2009** - "*Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione di edifici esistenti*".

## **Verifica di un tetto in legno a orditura semplice**

### **Dati generali:**

Normativa di riferimento: DM 17/01/2018 NTC

Classe di servizio 1 - (caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65% se non per poche settimane all'anno.)

Categoria carichi variabili: H - Coperture e sottotetti

**Dati geometrici:**

Dimensioni delle travi in legno: B x H = 12.0 x 20.0 cm, interasse: i = 50.0 cm

$A = 240.0 \text{ cm}^2$ ,  $W_x = 800.0 \text{ cm}^3$ ,  $J_x = 8000.0 \text{ cm}^4$ ,  $W_y = 480.0 \text{ cm}^3$ ,  $J_y = 2880.0 \text{ cm}^4$

Angolo inclinazione della falda  $\alpha = 14.0^\circ$

Luce di calcolo: L = 488.0 cm

Spessore tavolato in legno:  $t_w = 3.0 \text{ cm}$

**Materiali:****Legno travi:**

Classe: GL24h UNI-EN 14080:2013 (lamellare)

Massa volumica caratteristica:  $\rho_k = 385.0 \text{ kg/mc}$

Peso per unità di volume:  $\gamma_{\text{legno}} = 420.0 \text{ daN/mc}$

Modulo elastico medio:  $E_m = 115000.0 \text{ daN/cm}^2$

Modulo elastico tangenziale medio:  $G_m = 6500.0 \text{ daN/cm}^2$

Moduli elastici per deformazioni a lungo termine:

Classe di servizio 1:  $K_{\text{def}} = 0.6$

$E_{m,\text{fin}} = E_m / (1 + K_{\text{def}}) = 71875.0 \text{ daN/cm}^2$

$G_{m,\text{fin}} = G_m / (1 + K_{\text{def}}) = 4062.5 \text{ daN/cm}^2$

$\gamma_m = 1.45$

$K_h = 1.100$

$K_{\text{cf}} = 1.00$

Resistenze caratteristiche:

Flessione:  $f_{\text{mk}} = 240.0 \text{ daN/cm}^2$

Taglio:  $f_{\text{vk}} = 35.0 \text{ daN/cm}^2$

Trazione:  $f_{\text{t0k}} = 192.0 \text{ daN/cm}^2$

Resistenze di calcolo:

Con durata dei carichi variabili di lunga durata (da 6 mesi a 10 anni)

$K_{\text{mod}} = 0.700$

Resistenza a flessione:  $f_{\text{md}} = (f_{\text{mk}} K_h K_{\text{mod}}) / \gamma_m = 127.45 \text{ daN/cm}^2$

Resistenza a taglio:  $f_{\text{vd}} = (f_{\text{vk}} K_{\text{mod}}) / \gamma_m = 16.90 \text{ daN/cm}^2$

Resistenza a trazione:  $f_{\text{t0d}} = (f_{\text{t0k}} K_h K_{\text{mod}}) / \gamma_m = 101.96 \text{ daN/cm}^2$

Per soli carichi permanenti:

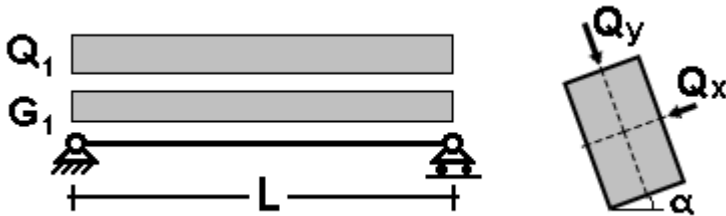
$K_{\text{mod}} = 0.600$

Resistenza a flessione:  $f_{p_{md}} = (f_{mk} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 109.24 \text{ daN/cm}^2$

Resistenza a taglio:  $f_{p_{vd}} = (f_{vk} K_{mod}) / \gamma_m = 14.48 \text{ daN/cm}^2$

Resistenza a trazione:  $f_{p_{td}} = (f_{tok} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 87.39 \text{ daN/cm}^2$

### Schema statico:



### Analisi dei carichi:

Carichi permanenti:

- tavolato in legno 12,6 daN/mq  
 $g_1 =$  12,6 daN/mq

$g_1 \times$  interasse travi 6.3 daN/m  
peso proprio trave 10.1 daN/m  
 $G_1 =$  16.4 daN/m

Carichi permanenti non strutturali:

- copertura in coppi 70,0 daN/mq  
- impermeabilizzazione+coibentazione 15,0daN/mq  
 $g_2 =$  85,0 daN/mq

$G_2 = g_2 \times$  interasse travi (0.50 m) 42.5 daN/m

Carichi variabili:

$q =$  carico da neve 100,0 daN/mq  
 $Q_1 = q \times$  interasse travi 50.0 daN/m

### Verifiche delle travi in legno:

Scomposizione delle azioni nelle direzioni degli assi principali d'inerzia:

$G_{1x} = G_1 \sin\alpha = 3.96 \text{ daN/m}$

$G_{1y} = G_1 \cos\alpha = 15.89 \text{ daN/m}$

$G_{2x} = G_2 \sin\alpha = 10.28 \text{ daN/m}$

$$G2y = G2 \cos\alpha = 41.24 \text{ daN/m}$$

$$Q1x = Q1 \sin\alpha = 12.10 \text{ daN/m}$$

$$Q1y = Q1 \cos\alpha = 48.51 \text{ daN/m}$$

Combinazione di carico: permanenti + variabili ( $K_{mod} = 0.700$ )

$$Q_x = G1x \gamma_{g1} + G2x \gamma_{g2} + Q1x \gamma_{q1} = 38.72 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \gamma_{g2} = 1.50; \gamma_{q1} = 1.50)$$

$$Q_y = G1y \gamma_{g1} + G2y \gamma_{g2} + Q1y \gamma_{q1} = 155.29 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \gamma_{g2} = 1.50; \gamma_{q1} = 1.50)$$

Verifica a flessione deviata:

$$M_x = (Q_y L^2) / 8 = 46226.7 \text{ daN cm}$$

$$M_y = (Q_x L^2) / 8 = 11525.6 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_{xw} = M_x / W_x = 57.78 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_{yw} = M_y / W_y = 24.01 \text{ daN/cm}^2$$

$$(\sigma_{xw} / f_{md}) + 0,7 (\sigma_{yw} / f_{md}) = 0.585 < 1 \text{ (Ok)}$$

$$(\sigma_{yw} / f_{md}) + 0,7 (\sigma_{xw} / f_{md}) = 0.506 < 1 \text{ (Ok)}$$

Verifica a taglio:

$$V_x = (Q_y L) / 2 = 378.9 \text{ daN}$$

$$V_y = (Q_x L) / 2 = 94.5 \text{ daN}$$

$$\tau_{wx} = 1,5 V_x / A = 2.37 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_{wy} = 1,5 V_y / A = 0.59 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_w = (\tau_{wx}^2 + \tau_{wy}^2)^{1/2} = 2.44 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 16.90 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Combinazione di carico: soli carichi permanenti ( $K_{mod} = 0.600$ )

$$Q_x = G1x \gamma_{g1} + G2x \gamma_{g2} = 20.57 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \gamma_{g2} = 1.50)$$

$$Q_y = G1y \gamma_{g1} + G2y \gamma_{g2} = 82.52 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \gamma_{g2} = 1.50)$$

Verifica a flessione deviata:

$$M_x = (Q_y L^2) / 8 = 24563.9 \text{ daN cm}$$

$$M_y = (Q_x L^2) / 8 = 6124.5 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_{xw} = M_x / W_x = 30.70 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_{yw} = M_y / W_y = 12.76 \text{ daN/cm}^2$$

$$(\sigma_{xw} / f_{md}) + 0,7 (\sigma_{yw} / f_{md}) = 0.363 < 1 \text{ (Ok)}$$

$$(\sigma_{yw} / f_{md}) + 0,7 (\sigma_{xw} / f_{md}) = 0.314 < 1 \text{ (Ok)}$$

Verifica a taglio:

$$V_x = (Q_y L) / 2 = 201.3 \text{ daN}$$

$$V_y = (Q_x L) / 2 = 50.2 \text{ daN}$$

$$\tau_{wx} = 1,5 V_x / A = 1.26 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_{wy} = 1,5 V_y / A = 0.31 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_w = (\tau_{wx}^2 + \tau_{wy}^2)^{1/2} = 1.30 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 14.48 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Ok)}$$

Frecce in esercizio:

Deformazione istantanea per effetto dei carichi permanenti:

$$U_{1Xi} = ((5 G_{1x} L^4) / (384 E_m J_y)) + ((1.2 G_{1x} L^2) / (8 G_m A)) = 3.209 \text{ mm}$$

$$U_{1Yi} = ((5 G_{1y} L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 G_{1y} L^2) / (8 G_m A)) = 4.716 \text{ mm}$$

Deformazione istantanea per effetto dei carichi variabili:

$$U_{2Xi} = ((5 Q_{1x} L^4) / (384 E_m J_y)) + ((1.2 Q_{1x} L^2) / (8 G_m A)) = 2.725 \text{ mm}$$

$$U_{2Yi} = ((5 Q_{1y} L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 Q_{1y} L^2) / (8 G_m A)) = 4.005 \text{ mm}$$

$$U_{2i} = (U_{2Xi}^2 + U_{2Yi}^2)^{1/2} = 4.844 \text{ mm}$$

Deformazione finale per effetto dei carichi permanenti + variabili:

$$U_{Xfin} = U_{1Xi} (1 + K_{def}) + U_{2Xi} (1 + \psi/2 K_{def}) = 7.858 \text{ mm} \quad (K_{def} = 0.600, \psi/2 = 0.00):$$

$$U_{Yfin} = U_{1Yi} (1 + K_{def}) + U_{2Yi} (1 + \psi/2 K_{def}) = 11.552 \text{ mm} \quad (K_{def} = 0.600, \psi/2 = 0.00):$$

$$U_{fin} = (U_{Xfin}^2 + U_{Yfin}^2)^{1/2} = 13.971 \text{ mm}$$

Verifiche di deformazione:

$$U_{2i} / L = 1 / 1007 < 1 / 300 \text{ (Ok)}$$

$$U_{fin} / L = 1 / 349 < 1 / 200 \text{ (Ok)}$$

# CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Nome del Software	<b>PRO_CAD Interventi locali - Solai e tetti in legno</b>
Versione	2020.08.0015m
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di Solai e Tetti in legno
Produzione e Distribuzione	<b>2si - Software e Servizi per l'Ingegneria srl</b> Via G. Garibaldi 90 - 44121 Ferrara

*Alcamo, 07/12/2020*

## Il Tecnico



The image shows a handwritten signature in black ink that reads "Faraci Alessandro". The signature is written over a circular blue stamp. The stamp contains the following text: "ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TRAPANI" around the perimeter, "Sezione A" at the bottom, and "dot. ing. Alessandro FARACI" in the center.

*(Ing. Faraci Alessandro)*