

Località e titolo dell'opera: **COMUNE DI CANTAGALLO**
*Intervento di restauro e di
risanamento conservativo della
copertura della Sala del Consiglio nel
Palazzo Comunale di Luicciana*

Tipo di elaborato tecnico: *Relazione di calcolo strutturale*

Committente: *Comune di Cantagallo - Via G. verdi n. 24, 59025 Luicciana (PO)*

Progettazione

Il tecnico incaricato:



Arch. Stefano Gasparri

Ing. Francesco Fusi

Via Cassia 5 rosso - 50144 Firenze (FI) - Tel. 055 3245142
e-mail sgasparri@ading.it

Livello progettuale

F D E

Architettonico

Strutturale

Impiantistico

Documenti

DOCUMENTO: DOC 02

File: DOC 02 Relazione strutturale.doc

Data: Luglio 2020

Fase: VALIDAZIONE

- ☐ Conforme
☐ Non conforme
☐ Condizionata a

Responsabile procedimento:

Arch. Nicola Serini

Organismo di ispezione:

Direttore lavori:

Rev. n.	Data	Descrizione revisione	Preparato da	Controllato da	Approvato da

INDICE

A3 Relazione tecnica generale

A.3.1 Relazione generale illustrativa dell'opera pag. 2

A.3.2 Normativa di riferimento pag. 3

A4 Relazione sui materiali impiegati pag. 3

A8 Relazione di calcolo

A.8.1 Descrizione del modello strutturale pag. 4

A.8.2 Valutazione della sicurezza e delle prestazioni della struttura pag. 5

A3 - Relazione tecnica generale

A3.1 Relazione generale illustrativa dell'opera

Il progetto riguarda il restauro e il risanamento conservativo di una porzione della copertura del palazzo Comunale di Cantagallo (PO), sito in località Luicciana in Via G. Verdi n. 24; la committenza, visto lo stato di degrado di questa porzione di copertura su cui si è già intervenuti per la messa in sicurezza di alcuni punti che risultavano eccessivamente deformati con puntelli in varie zone, ha richiesto di intervenire sostituendo completamente tutti gli elementi in legno, realizzando una soletta armata collegata alla struttura in legno e alla muratura perimetrale. Inoltre per migliorare l'isolamento verranno posati su tutta questa porzione della copertura un pannello in lana di roccia e uno in stiferite.

La copertura, nella configurazione di progetto è costituita da orditura primaria e secondaria (travi e travetti) in legno, tavelloni in laterizio, soletta in calcestruzzo alleggerito armata, pannelli di isolamento, guaina impermeabilizzante e manto in tegole marsigliesi.

L'intervento consiste dunque nelle seguenti fasi:

- demolizione completa della copertura con rimozione degli elementi in legno;
- rifacimento di tutta la copertura compresa la soletta armata di collegamento alla muratura perimetrale.

Le nuove travi saranno realizzate in legno di abete "Uso Fiume", i travetti in legno di conifera di classe di resistenza C24 secondo la UNI EN 338.

Il progetto della struttura di copertura si configura come "intervento locale" in conseguenza delle seguenti scelte progettuali:

- 1) I carichi di progetto non aumentano oltre il 10%, ai sensi del D.G.R. n.606/2010 punto 2.1;
- 2) Verrà utilizzato un massetto armato di spessore 4 cm, minore dei 5 cm minimi indicati nell'art. 7.2.6, 3° capoverso del D.M. 17/1/2018 per considerare un piano come infinitamente rigido.
- 3) L'inserimento del massetto armato in sostituzione della caldana non modifica significativamente la rigidezza del piano, ai sensi dell'art. 7.2.6, 3° capoverso del D.M. 17/1/2018.

A3.2 Normativa di riferimento

1. D.M. 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.
2. Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – “Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.
3. Delibera Giunta Regionale della Toscana n.606 del 21/06/2010 – “Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti”.
4. CNR-DT 206/2007 – “Istruzioni per la progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo delle Strutture in Legno”.

A4 - Relazione sui materiali impiegati

LEGNO MASSICCIO

Per le nuove travi e i travetti sono stati utilizzati i seguenti valori dei parametri meccanici ricavati da UNI EN 11035-3:2010 e UNI EN 338:2016.

Tipo [L / M]	Classe di servizio	k_{def}	Classe durata	k_{mod}	γ_M
M	2	0.8	Breve	0.9	1.5
Tipologia	$E_{0,m,0}$ [N/mm ²]	$E_{90,m}$ [N/mm ²]	G_m [N/mm ²]	ρ_m [kg/m ³]	ρ_k [kg/m ³]
C24	11000	370	690	420	350
$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]
24	14.5	0.4	21	2.5	4
$f_{m,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,d}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]
14.40	8.7	0.24	12.6	1.5	2.4

ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO

Tipo	f_{yk} [N/mm ²]	$\gamma_{m,s}$	f_{yd} [N/mm ²]	E_s [N/mm ²]
B 450 C	450	1.15	391.3	206000

CALCESTRUZZO ALLEGGERITO PER SOLETTA

Tipo	ρ [kg/m ³]	CLASSE DI RESISTENZA	$R_{ck,min}$ [N/mm ²]	E [N/mm ²]
Calcestruzzo alleggerito D 1.7	1750	LC 30/33	33	20000

A8 - Relazione di calcolo

A8.1 - Descrizione del modello strutturale

Analisi dei carichi

Il calcolo delle azioni caratteristiche da assegnare agli elementi viene effettuato seguendo le prescrizioni del D.M. 17/01/2018.

Pesi propri e carichi permanenti:

La stratigrafia del solaio esistente di copertura fornisce il seguente valore del carico permanente.

COPERTURA ESISTENTE	[kg/m ²]
Travetti in legno 10x10cm, int.60cm	15
Tavelloni laterizio	40
Caldana calcestruzzo	60
Tegole marsigliesi	60
	175

La stratigrafia del solaio di copertura con il pacchetto di progetto fornisce, invece, il seguente valore del carico permanente.

COPERTURA DI PROGETTO	[kg/m ²]
Travetti in legno 10x10cm, int.60cm	15
Tavelloni	40
Soletta alleggerita ($\rho=1750\text{kg/m}^3$) armata	70
Lana di roccia	5
Stiferite	2
Tegole marsigliesi	60
	192

L'aumento del carico permanente risulta essere **inferiore al 10%**, limite fissato nel D.G.R. n.606/2010 al punto 2.1 per far ricadere l'intervento nella tipologia "intervento locale".

Azione della neve:

Il carico neve q_s sulle coperture è valutato secondo l'espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Per la zona climatica di riferimento la tabella seguente sintetizza il calcolo del carico neve.

Zona	a_s [m]	q_{sk} [kN/m ²]	C_E	C_T	α [°]	μ_1	q_s [kN/m ²]
II	423	1.51	1	1	15	0.8	1.21

A8.2 - Valutazione della sicurezza e delle prestazioni della struttura

Il calcolo delle sollecitazioni sugli elementi viene effettuato, vista la sua semplicità, ricorrendo agli schemi noti della Scienza delle Costruzioni. Le travi lignee della copertura sono schematizzate come travi semplicemente appoggiate.

Invece, per una più precisa determinazione degli sforzi sui puntoni, si è fatto ricorso al programma "ModeSt" (ver. 8.13), prodotto da Tecnisoft s.a.s. (Prato). La struttura è stata calcolata utilizzando come solutore agli elementi finiti il programma di calcolo "Xfinest" (ver.2016), prodotto da Ce.A.S. S.r.l. (Milano).

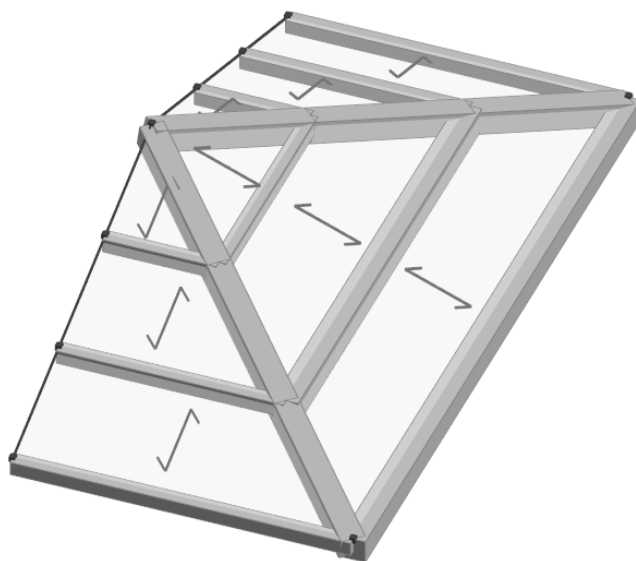


Figura 1 – Immagine del modello strutturale di ModeSt

Gli elementi strutturali monodimensionali, quali sono le travi, sono stati modellati tramite elementi "asta", connessi tra loro tramite elementi "nodo".

Questi ultimi sono caratterizzati da un grado di vincolo esterno: nel caso in esame, tale grado di vincolo è del tipo "libero" per ogni nodo, eccetto che per le estremità delle travi appoggiate alla muratura vincolate come cerniere. Il grado di vincolo "libero" consente le traslazioni nelle tre direzioni X, Y e Z e le rotazioni intorno alle tre direzioni X, Y, e Z.

Gli elementi "asta" sono descritti principalmente dai parametri "materiale" e "sezione". Il materiale viene assegnato a ciascun elemento "asta" che modella le travi secondo le indicazioni riportate nel par. A4.

Nello schema sottostante si riporta la porzione di copertura che viene demolita e ricostruita, e di seguito le relative verifiche.

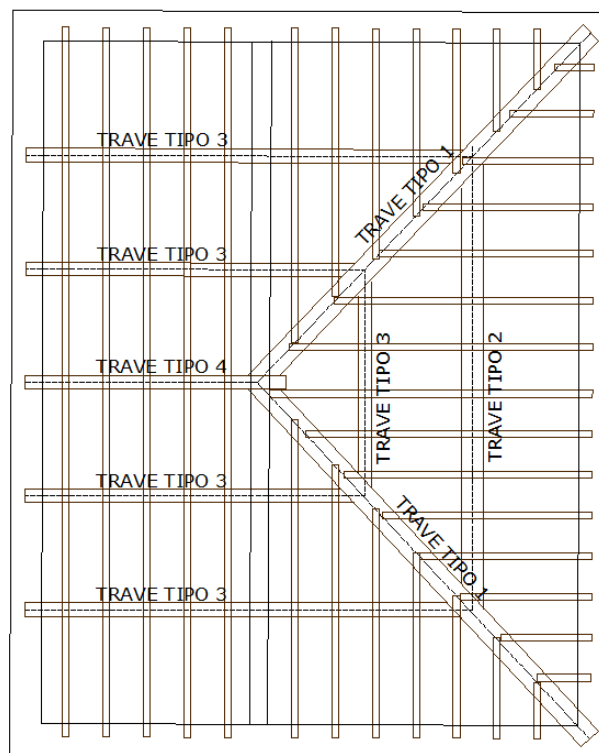


Figura 2 – Schema copertura

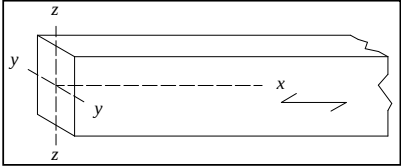
Tipo trave	B [mm]	H [mm]	$L_{calc,max}$ [m]	i_{max} [m]
1	340	340	7.20	--
2	340	340	6.60	1.60
3	200	200	3.10	1.68
4	200	340	3.10	1.68
travetto	100	100	1.80	0.60

Per quanto riguarda la verifica delle travi di tipo 1, si ricavano dal modello di calcolo le sollecitazioni massime agenti e si effettuano le verifiche a taglio e flessione.

Si riportano di seguito tutte le verifiche sulle travi e sui travetti.

Trave tipo 1

FLESSIONE



N.B.: La Verifica di stabilità deve essere condotta separatamente utilizzando il relativo foglio di calcolo

Dati geometrici e materiali

☒ Sezione Rettangolare

Base sezione y (mm)

Altezza sezione z (mm)

Diametro (mm)

Tipo Legno

Classe di servizio

Classe di durata della combinazione

Momento Flettente intorno a y (kNm)

Momento Flettente intorno a z (kNm)

☐ Sezione Circolare

340

340

EN C24 - DIN S10

2

Breve Termine

10.28

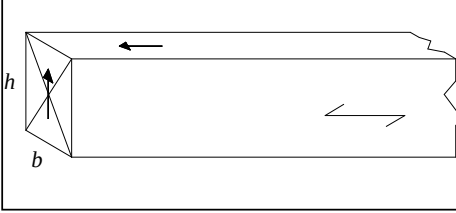
4.08

VERIFICA

Verifica

0.14 < 1

TAGLIO



N.B.: Questa verifica non è valida per il rolling shear ossia quando entrambe le componenti sono ortogonali alla fibratura

Dati geometrici e materiali

☒ Sezione Rettangolare

Base b sezione (mm)

Altezza h sezione (mm)

Diametro (mm)

Tipo Legno

Classe di servizio

Classe di durata della combinazione

Taglio (kN)

☐ Sezione Circolare

340

340

EN C24 - DIN S10

2

Breve Termine

8.63

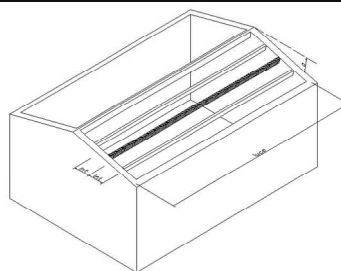
VERIFICA

τ_d
0.11 <

$f_{v,d}$
1.50

verifica deformazione trave 1								istantanea		finale		
ug,ist [mm]	uq,ist [mm]	kdef	ψ_2	ug,fin [mm]	uq,fin [mm]	uist [mm]	ufin [mm]	L [mm]	L/fmax	L/uist	L/fmax	L/ufin
2	1.2	0.8	0	3.6	1.2	3.2	4.8	7200	300	2250	250	1500
									0.13	<1	0.17	<1

CASO B - Trave in flessione deviata



Dati geometrici e materiali

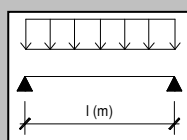
☒ Sezione Rettangolare

☐ Sezione Circolare

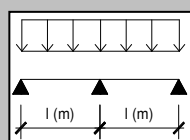
Base (mm)	340
Altezza (mm)	340
Diametro (mm)	
Luce (m)	6.6
Interasse travi (m)	1.6
Distanza fra i ritegni flessotorsionali (m)	6.6
Tipo Legno	EN C24 - DIN S10
Classe di servizio	2
Classe di durata del carico accidentale	Breve Termine
Tipologia falda	Falda non rigida
Legno posto in opera umido	☒

Schema statico

☒ Due Appoggi



☐ Tre Appoggi



Pendenza copertura e carichi

☒ Dati da Analisi dei Carichi

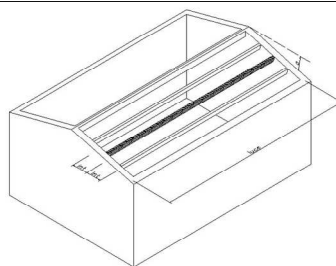
☐ Dati Utente

Angolo (°)	
Carico Permanente (kN/m ²)	
Carico Accidentale (kN/m ²)	
Angolo (°)	15.0
Carico Permanente (kN/m ²)	1.92
Carico Accidentale (kN/m ²)	1.21
Rapporto luce/freccia tempo zero	300
Rapporto luce/freccia tempo infinito	250
Coefficiente di combinazione ψ_2	0

VERIFICHE

Flessione	0.51
Taglio	0.14
Deformabilità tempo zero	0.50
Deformabilità tempo infinito	0.91

CASO B - Trave in flessione deviata



Dati geometrici e materiali

☒ Sezione Rettangolare

☐ Sezione Circolare

Base (mm)

200

Altezza (mm)

200

Diametro (mm)

Luce (m)

3.1

Interasse travi (m)

1.68

Distanza fra i ritegni flessotorsionali (m)

3.1

Tipo Legno

EN C24 - DIN S10

Classe di servizio

2

Classe di durata del carico accidentale

Breve Termine

Tipologia falda

Falda non rigida

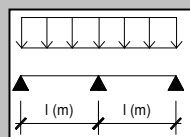
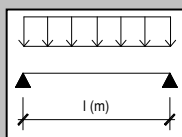
Legno posto in opera umido



Schema statico

☒ Due Appoggi

☐ Tre Appoggi



Pendenza copertura e carichi

☒ Dati da Analisi dei Carichi

☐ Dati Utente

Angolo (°)

Carico Permanente (kN/m²)

Carico Accidentale (kN/m²)

Angolo (°)

15.0

Carico Permanente (kN/m²)

1.92

Carico Accidentale (kN/m²)

1.21

Rapporto luce/freccia tempo zero

300

Rapporto luce/freccia tempo infinito

250

Coefficiente di combinazione ψ_2

0

VERIFICHE

Flessione

0.55

Taglio

0.18

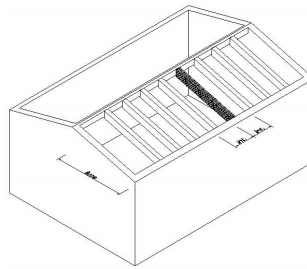
Deformabilità tempo zero

0.43

Deformabilità tempo infinito

0.76

CASO A - Trave in flessione retta disposta in pendenza

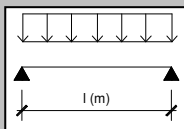


Dati geometrici e materiali

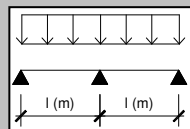
☒ Sezione Rettangolare	☐ Sezione Circolare
Base (mm)	100
Altezza (mm)	100
Diametro (mm)	
Luce (m)	1.8
Interasse travi (m)	0.6
Distanza fra i ritegni flessotorsionali (m)	1.8
Tipo Legno	EN C24 - DIN S10
Classe di servizio	2
Classe di durata del carico accidentale	Breve Termine
Legno posto in opera umido	☒

Schema statico

☒ Due appoggi



☐ Tre appoggi



Pendenza copertura e carichi

☒ Dati da Analisi dei Carichi	☐ Dati Utente
Angolo (°)	
Carico Permanente (kN/m ²)	
Carico Accidentale (kN/m ²)	
Angolo (°)	15.0
Carico Permanente (kN/m ²)	1.92
Carico Accidentale (kN/m ²)	1.21
Rapporto luce/freccia tempo zero	300
Rapporto luce/freccia tempo infinito	250
Coefficiente di combinazione ψ_2	0

VERIFICHE

Flessione	0.46
Taglio	0.15
Deformabilità tempo zero	0.51
Deformabilità tempo infinito	0.90

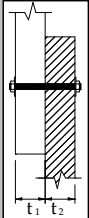
Infine si progettano i collegamenti tra le travi di tipo 2 e 3 con le travi tipo 1 con degli spinotti di diametro 16 mm.

- Sollecitazione di taglio massima da trave tipo 2:

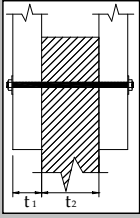
$$T_S = 6,6\text{m [luce trave tipo 2]} \times 1,68\text{m [interasse trave]} \times (1,92 \text{ kN/mq [permanente]} \times 1,3 + 1,2 \text{ kN/mq [neve]} \times 1,5) / 2 = 23,8 \text{ kN}$$

Unioni Legno-Legno
 Controllare interassi fra i bulloni e distanze dai bordi come specificato nella tabella 8.4 del paragrafo 8.5.1.1 della EN 1995-1-1:2004

☐ Singola sezione resistente ☒ Doppia sezione resistente



MENU
UNIONI



Tipo Legno 1	EN C24 - DIN S10
Spessore t ₁ (mm)	170
Tipo Legno 2	EN C24 - DIN S10
Spessore t ₂ (mm)	340
Diametro bullone (mm)	16
Diametro rondella (mm)	60
Ang. fra azione e fibr. Legno 1	90
Ang. fra azione e fibr. Legno 2	90
Resist. a traz. acciaio f _u (N/mm ²)	460
Classe di durata del carico	Breve Termine
Classe di servizio	2
Combinazione di carico	Fondamentale (non sismica)

Valore resistente di progetto a taglio per singolo elemento di collegamento e per singola sezione resistente

Taglio Resistente di progetto (N)	8203.7
Modo di rottura	modo k

E' necessario quindi utilizzare 3 spinotti perchè la verifica sia soddisfatta, per cui si ha che il taglio resistente è $T_R = 24,6 \text{ kN}$.

- Sollecitazione di taglio massima da trave tipo 3:

$$T_S = 3,1\text{m [luce trave tipo 3]} \times 1,68\text{m [interasse trave]} \times (1,92 \text{ kN/mq [permanente]} \times 1,3 + 1,2 \text{ kN/mq [neve]} \times 1,5) / 2 = 11,2 \text{ kN}$$

E' necessario quindi utilizzare 2 spinotti perchè la verifica sia soddisfatta, per cui si ha che il taglio resistente è $T_R = 16,4 \text{ kN}$.

Per il dettaglio di esecuzione si rimanda alla tavola di progetto allegata, in cui oltre agli spinotti sono state rappresentate anche due viti tutto filetto inserite negli elementi da collegare, una su una faccia e una sull'altra per evitare lo sfilamento degli elementi.