



## COMUNE DI SANTA MARIA A MONTE

Piazza della Vittoria, 47 - 56020 Santa Maria a Monte (PI)

Tel: 0587 261611 - Fax: 0587 705117

PEC: comune.santamariaamonte@postacert.toscana.it

PROGETTO:

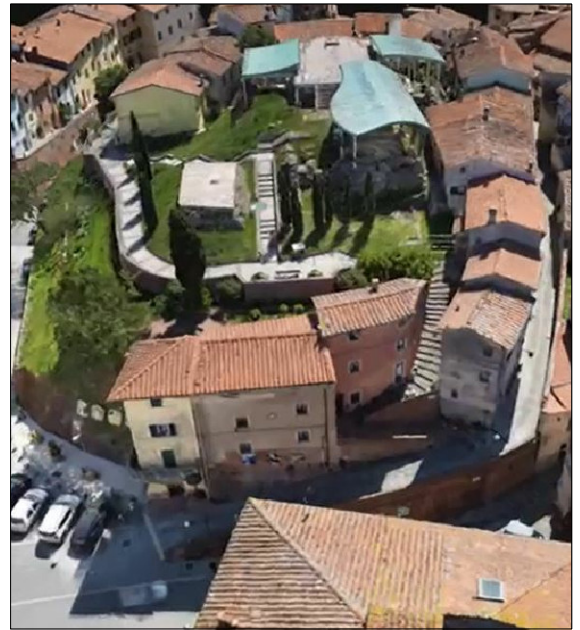
# RECUPERO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DI EDIFICIO STORICO DA DESTINARSI A MUSEO E COLLEGAMENTO CON PERCORSO ACCESSIBILE ALL' AREA ARCHEOLOGICA DELLA "ROCCA"

LIVELLO DI PROGETTAZIONE:

## PROGETTO ESECUTIVO

SERIE:

## RELAZIONI



ELABORATO:

## RELAZIONE STRUTTURALE PASSERELLA METALLICA

CODICE:

RE\_ST\_02

SCALA:

-

RESPONSABILE PROGETTAZIONE

Ing. Roberto Pinelli  
Via Lungomonte n°218/a  
Santa Maria a Monte (PI), 56020  
Tel. 3397905993  
Email. robertopinelli.ingenium@gmail.com  
Pec. roberto.pinelli@ingpec.eu

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Arch. Martino Falchi  
Via di Santa Lucia Nord n°29  
Pontedera (PI), 56025  
Tel. 3402278108  
Email. martino.falchi@gmail.com  
Pec. martino.falchi@archiworldpec.it

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO

Ing. Maurizio Iannotta

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
a	PRIMA EMISSIONE	agosto 2021	Arch. M. Falchi	Ing. R. Pinelli	Ing. M. Iannotta
b	EMISSIONE BANDO CITTA' MURATE	agosto 2022	Arch. M. Falchi	Ing. R. Pinelli	Ing. M. Iannotta

Nome file: Lotto II\_0000\_E\_b\_mascherine



COMUNE DI SANTA MARIA A MONTE

## RECUPERO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DI EDIFICIO STORICO DA DESTINARSI A MUSEO E COLLEGAMENTO CON PERCORSO ACCESSIBILE ALL'AREA ARCHEOLOGICA DELLA ROCCA

PROGETTO ESECUTIVO

# RELAZIONE STRUTTURALE PASSERELLA METALLICA

## SOMMARIO

1.	PREMESSA.....	2
2.	A01. UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO .....	2
3.	A03. RELAZIONE TECNICA .....	3
3.1.	DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTO .....	3
3.2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	5
4.	A04.MATERIALI IMPIEGATI.....	6
5.	A07.RELAZIONE SULLE FONDAZIONI .....	7
6.	A08.RELAZIONE DI CALCOLO.....	8
6.1.	METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA.....	10
6.2.	PARAMETRI SISMICI .....	10
6.3.	COMBINAZIONI DI CARICO .....	11
6.4.	METODO DI VERIFICA UTILIZZATO .....	11
6.5.	CARICHI UTILIZZATI PER VALUTARE LE SOLLECITAZIONI SULLE STRUTTURE .....	12
6.6.	VERIFICHE A FESSURAZIONE S.L.E.....	14
6.7.	SCHEMI GRAFICI.....	16
7.	A09.FASCICOLO DEI CALCOLI .....	19
7.1.	VALIDAZIONE SOFTWARE .....	20
7.2.	CONSIDERAZIONI SUL COLLEGAMENTO ALL'EDIFICIO ESISTENTE .....	21
7.3.	COLLEGAMENTO DEI MONTATI DEL PARAPETTO ALLA TRAVE LONGITUDINALE UPN220 .....	23
8.	A13.PIANO DI MANUTENZIONE.....	25

## 1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a corredo del progetto ESECUTIVO di:

“RECUPERO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DI EDIFICIO STORICO DA DESTINARSI A MUSEO E COLLEGAMENTO CON PERCORSO ACCESSIBILE ALL’AREA ARCHEOLOGICA DELLA ROCCA”.

Si analizza nello specifico la passerella pedonale prevista per il collegamento tra museo e parco archeologico ai fini di descriverne le opere strutturali ed i relativi criteri di calcolo.

## 2. A01. UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO

L’intervento in oggetto sarà realizzato all’esterno del Museo Civico “Beata Diana Giuntini” a collegamento del medesimo con il parco archeologico, in Via del Cimitero 41 nel Comune di Santa Maria a Monte (PI).



*Figura 1 – Luogo dove sorgerà la passerella*

### 3. A03. RELAZIONE TECNICA

#### 3.1. DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTO

Si prevede la demolizione della scala esterna di accesso al piano primo del museo e la realizzazione in luogo di essa di una passerella pedonale per il suo collegamento aereo con l'Area Archeologica della Rocca.

La passerella sarà realizzata con profilati in acciaio zincati e verniciati di color bianco e geometrie similari a quelle già presenti all'interno del Parco.

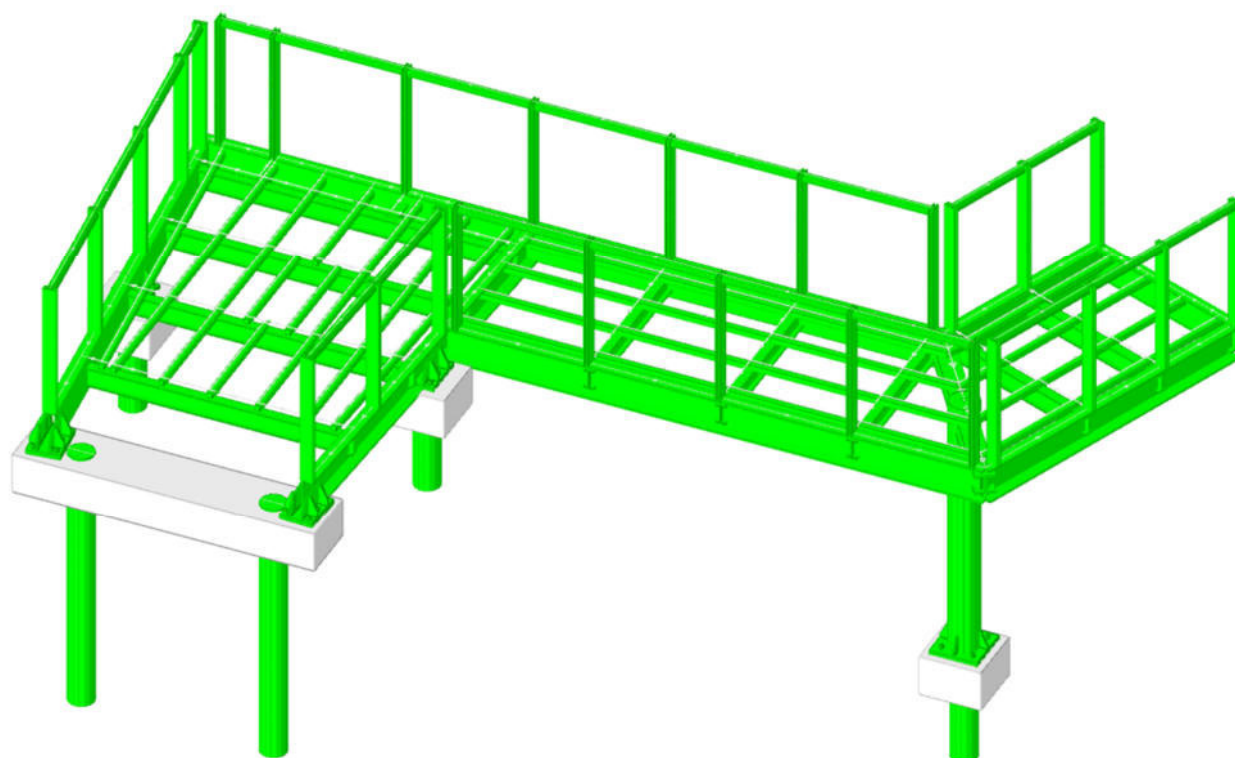
L'intervento consentirà la realizzazione di un percorso completamente "accessibile" che dal Museo Civico arriverà fino alla Cripta del Parco Archeologico, superando quelli che sono gli attuali limiti dell'Area.

Il Museo e il Parco Archeologico saranno parte di un unico percorso valorizzandosi a vicenda.

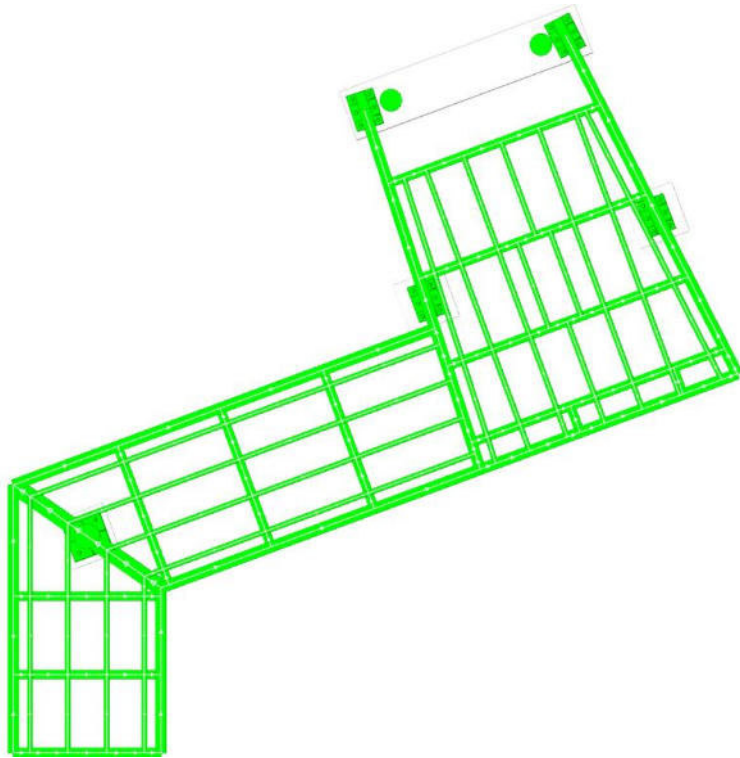
La passerella avrà larghezza interna utile di 120cm, e sarà realizzata in profili metallici longitudinali tipo UPN260 trasversalmente collegate con travi tipo IPE140. La passerella sarà impostata su fondazioni di tipo profonde costituite da plinti e cordoli su micropali D190 armati con tubolare D101.6x10mm, impostate su due diversi livelli. Il collegamento tra il plinto del livello inferiore e la passerella sarà realizzato con colonna tubolare D219.1x6mm. Il camminamento sarà realizzato con pavimentazione in legno composito per esterni formato da farine di legni duri e HDPE impostato su moganelli costituenti l'orditura secondaria dell'impalcato.

Completa l'intervento l'inserimento di un parapetto metallico per tutto lo sviluppo della passerella.

La passerella sarà vincolata al fabbricato esistente mediante appoggio scorrevole. Gli effetti trasmessi mediante questa connessione sono trascurabili sia in termini di rigidezza che di massa.



*Figura 2 – Vista assometrica della passerella, da parco archeologico a museo.*



*Figura 3 – Vista in pianta della passerella.*

## 3.2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

### **Legge 5 novembre 1971, n° 1086**

*"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".*

### **Legge 2 febbraio 1974, n° 64**

*"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche."*

### **Circolare Ministeriale 14 febbraio 1974, n° 11951**

*"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione".*

### **Decreto Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n° 380**

*"Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia".*

### **Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 gennaio 2018**

Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

### **Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21 gennaio 2019, n° 7**

*"Istruzioni per l'applicazione dell' Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".*

### **Eurocodice 3**

*"Progettazione delle strutture in acciaio"*

#### 4. A04.MATERIALI IMPIEGATI

Si prevede l'utilizzo dei seguenti materiali:

- **Calcestruzzo per strutture gettate in opera:**  
Classe: C25/30 ( $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ );  
Classe di esposizione: XC2;  
Massimo rapporto acqua/cemento: 0,60;  
Contenuto minimo di cemento:  $300 \text{ kg/m}^3$ ;  
Diametro massimo inerti: 20 mm;  
Classe di consistenza: S5;  
Copriferro minimo: 40 mm.
  
- **Acciaio per armature C.A. tipo B450C:**  
 $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$ ;  
 $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$ ;  
 $1,15 \leq (f_t/f_y)_k < 1,35$ ;  
 $(f_y/f_y \text{ nom})_k \leq 1,25$ ;  
 $(A_{gt})_k \geq 7,5\%$ .
  
- **Acciaio per carpenteria metallica tipo S275JR:**  
 $f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$ ;  
 $f_{tk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$ ;  
Zincatura a caldo.
  
- **Acciaio per carpenteria metallica micropali tipo S275JR:**  $f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$ ;  
 $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$ ;
  
- **Bulloni e barre filettate Classe 8.8:**  
 $f_{yb} \geq 640 \text{ N/mm}^2$ ;  
 $f_{tb} \geq 800 \text{ N/mm}^2$ .

## 5. A07.RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

Il suolo è stato assunto, come indicato nella relazione geologica, appartenente alla **categoria B, Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti**, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360m/s e 800m/s.

Nella stessa relazione geologica si indica inoltre la **categoria topografica T3**.

La passerella sarà impostata su fondazioni su micropali di lunghezza pari a 500cm e 600cm.

Si riporta di seguito il riepilogo delle verifiche geotecniche delle fondazioni:

### Verifica di capacità portante per la famiglia SLU

Filo	Ind.	Xp	Yp	$\gamma R$ laterale	$\gamma R$ punta	Pl,d	Pp,d	Def.vol	Comb.	Cnd	N	Ed	Rd	C.S.	Verifica
M1	1	2201.35	982.88	1.15	1.35	2184	4324		SLU 16	LT	-3894	-4567	6508	1.42	Si
M2	1	2498.05	1188.75	1.15	1.35	2621	4324		SLU 16	LT	-5521	-6194	6945	1.12	Si
M3	1	2699.05	1263.19	1.15	1.35	2621	4324		SLU 15	LT	-3852	-4525	6945	1.53	Si
M4	-	2466.96	1363.66	1.15	1.35	2186	4324		SLU 10	LT	-546	-1107	6510	5.88	Si
M5	-	2598.24	1412.29	1.15	1.35	2186	4324		SLU 9	LT	-376	-937	6510	6.95	Si

### Verifica di capacità portante per la famiglia SLD

Filo	Ind.	Xp	Yp	$\gamma R$ laterale	$\gamma R$ punta	Pl,d	Pp,d	Def.vol	Comb.	Cnd	N	Ed	Rd	C.S.	Verifica
M1	1	2201.35	982.88	1.15	1.35	2184	4324		SLD 3	LT	-2039	-2556	6508	2.55	Si
M2	1	2498.05	1188.75	1.15	1.35	2621	4324		SLD 13	LT	-2987	-3505	6945	1.98	Si
M3	1	2699.05	1263.19	1.15	1.35	2621	4324		SLD 5	LT	-2027	-2544	6945	2.73	Si
M4	-	2466.96	1363.66	1.15	1.35	2186	4324		SLD 3	LT	-231	-662	6510	9.83	Si
M5	-	2598.24	1412.29	1.15	1.35	2186	4324		SLD 15	LT	-356	-787	6510	8.27	Si

### Verifica di capacità portante per la famiglia SLV

Filo	Ind.	Xp	Yp	$\gamma R$ laterale	$\gamma R$ punta	Pl,d	Pp,d	Def.vol	Comb.	Cnd	N	Ed	Rd	C.S.	Verifica
M1	1	2201.35	982.88	1.15	1.35	2184	4324		SLV 3	LT	-2162	-2679	6508	2.43	Si
M2	1	2498.05	1188.75	1.15	1.35	2621	4324		SLV 13	LT	-3429	-3946	6945	1.76	Si
M3	1	2699.05	1263.19	1.15	1.35	2621	4324		SLV 1	LT	-2260	-2778	6945	2.5	Si
M4	-	2466.96	1363.66	1.15	1.35	2186	4324		SLV 3	LT	-625	-1056	6510	6.16	Si
M5	-	2598.24	1412.29	1.15	1.35	2186	4324		SLV 15	LT	-659	-1090	6510	5.97	Si



## 6. A08.RELAZIONE DI CALCOLO

La soluzione costruttiva adottata prevede la realizzazione di una struttura intelaiata in acciaio.

Il comportamento strutturale prevalente è assimilabile a un ponte a travata, seppur di ridotte dimensioni e modesto impegno sollecitante. Per cui l'impalcato è composto da una sezione generale aperta con traversi rigidi che accoppiano travi longitudinali. Sui traversi poggia un'orditura di travi su cui è impostato il piano di calpestio. Le travi longitudinali sono costituite da profili metallici di sezione UPN260, i traversi da IPE140 e l'orditura secondaria da scatolari 40x40x3.

Il piano di calpestio, costituito da pavimentazione in legno composito per esterni, non può essere assunto rigido: per cui la connessione tra le travi longitudinali e la capacità di incassare le sollecitazioni torsionali della sezione sono affidate ai traversi e al grado di connessione di questi ultimi con le travi longitudinali. Nella modellazione e nel calcolo i traversi sono stati considerati con incastrici parziali rispetto ai cosciali laterali mentre le travi di orditura secondaria che reggono il tavolato sono state considerate incernierate alle estremità.

Il parapetto metallico collegato direttamente alle travi longitudinali d'impalcato è stato interamente modellato. I montanti, composti da un doppio piatto metallico accoppiato con calastrelli, sono stati considerati incastrati nell'asse forte della sezione e incernierati nella direzione debole. Il corrimano è composto da un tubolare metallico saldato in officina ai montanti.

I vincoli esterni dal lato del fabbricato esistente sono assimilabili a carrelli (è prevista la realizzazione di mensole di appoggio).

Lungo lo sviluppo l'impalcato poggerà su plinti/cordoli in c.a. su micropali di fondazione.

Per le verifiche strutturali e geotecniche è stato realizzato un modello tridimensionale agli elementi finiti.

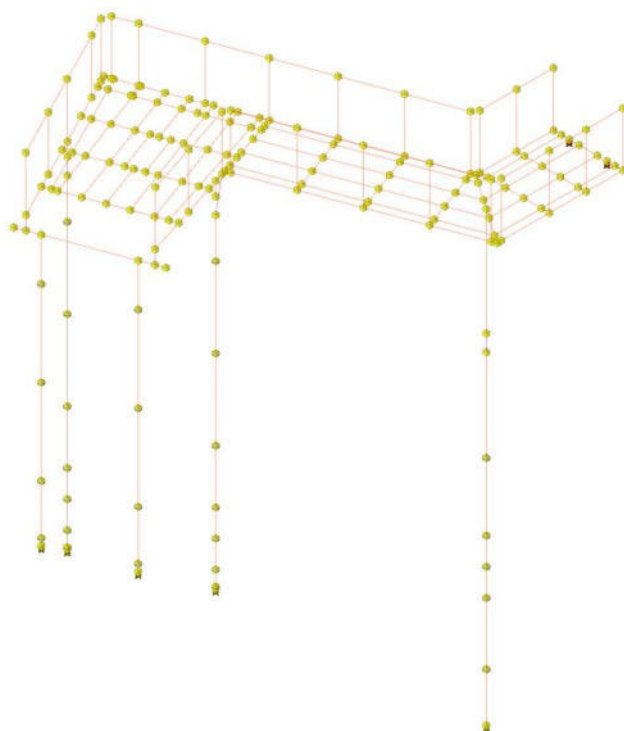
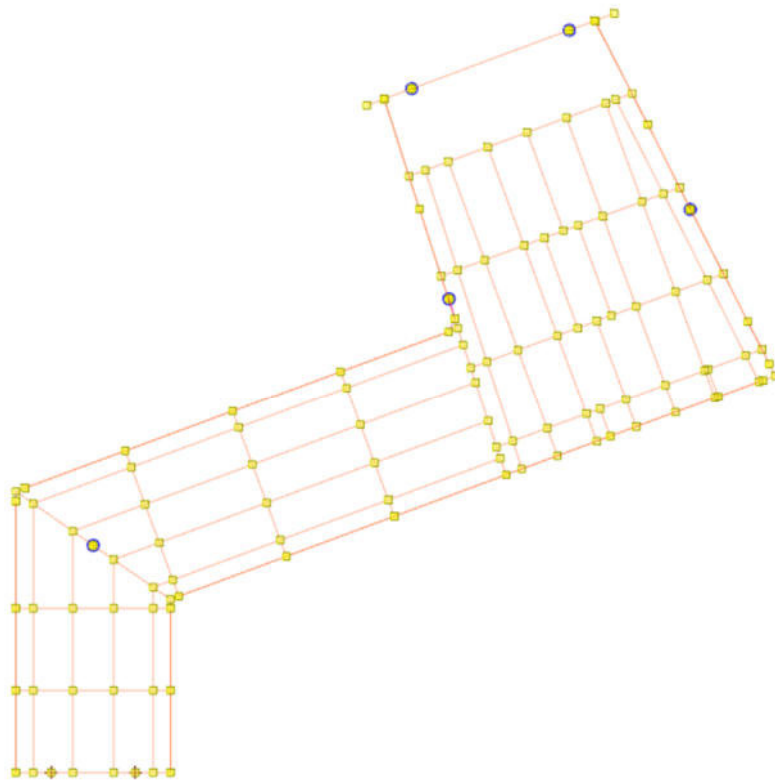


Figura 4 – Modello strutturale.



*Figura 5 – Pianta del modello strutturale.*

## 6.1. METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

Metodo di analisi adottato:	Dinamica Lineare
Comportamento strutturale assunto:	Non dissipativo
Classe di duttilità:	ND
Fattore di duttilità:	$q_{CD}^{ND} = 1,5$

## 6.2. PARAMETRI SISMICI

### Parametri utilizzati

I parametri sismici del sito sono calcolati in base a quanto prescritto dal D.M. del 17 Gennaio 2018. La **vita nominale**  $V_N$  è assunta pari a **50 anni** e il coefficiente d'uso  $C_U$  pari a 1.5 (assunta una classe d'uso III), di conseguenza la **vita di riferimento**  $V_R$  è pari a **75 anni** in coerenza con le tabelle del succitato Decreto.

I parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ , riportati nella Tabella 2, sono ricavati per le seguenti coordinate:

Tipo di costruzione 2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari

Vn Default (50)

Classe d'uso III

Località: Pisa, Santa Maria A Monte  
 Latitudine ED50 43,6994° (43° 41' 58")  
 Longitudine ED50 10,6937° (10° 41' 37")  
 Altitudine s.l.m. 69,45 m Dettagli...

Vr Default (75)

Stato limite	Pvr(%)	Tr(anni)	Ag/g	Fo	Tc*(s)
SLO	Default (81)	45	Default (0,0507)	Default (2,553)	Default (0,248)
SLD	Default (63)	75	Default (0,062)	Default (2,562)	Default (0,261)
SLV	Default (10)	712	Default (0,1419)	Default (2,494)	Default (0,286)
SLC	Default (5)	1462	Default (0,1794)	Default (2,471)	Default (0,291)

Tabella 2 – Parametri sismici di base SLO, SLD, SLV e SLC.

### 6.3. COMBINAZIONI DI CARICO

Nei tabulati di calcolo si riportano tutte le combinazioni delle azioni significative per le rispettive verifiche agli stati limite di esercizio ed ultimi.

Le combinazioni delle azioni sono stata effettuate con il seguente metodo:

- Combinazione fondamentale (SLU)

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \Psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione caratteristica rara (SLE irreversibili)

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \Psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione frequente (SLE reversibili)

$$G_1 + G_2 + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \Psi_{1i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione quasi permanente (SLE)

$$G_1 + G_2 + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \Psi_{1i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione sismica (SLV)

$$G_1 + G_2 + E + \sum_i \Psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione eccezionale (SLV)

$$G_1 + G_2 + A_d + \sum_i \Psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

*Valori dei coefficienti di combinazione*

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento Nello specifico: C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	0,7	0,7	0,6

### 6.4. METODO DI VERIFICA UTILIZZATO

Sono applicate le norme di calcolo e le verifiche col metodo degli stati limite, così come previsto dal Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.

## 6.5. CARICHI UTILIZZATI PER VALUTARE LE SOLLECITAZIONI SULLE STRUTTURE

- Peso proprio strutture (computato automaticamente dal programma)
- Carichi superficiali sull'impalcato:

Permanente Tavolato:	20 daN/m <sup>2</sup>
Variabile C3, q <sub>k</sub> :	500 daN/m <sup>2</sup>

- Carichi lineari sulle travi longitudinali:

Permanente parapetto:	10 daN/m
-----------------------	----------

(si tenga presente che questi si riferiscono ai soli elementi di corredo del parapetto, in quanto gli elementi portanti, montanti e corrimano, sono stati modellati e quindi computati automaticamente dal programma)

- Carichi lineari sul corrimano del parapetto, agente in direzione orizzontale dall'interno verso l'esterno della passerella:

Variabile C3, H <sub>k</sub> :	300 daN/m
--------------------------------	-----------

(si tenga presente che si è ritenuto opportuno a favore di sicurezza far agire tale carico su tutto lo sviluppo del parapetto ed in concomitanza con gli altri carichi)

Il sovraccarico da neve è stato trascurato perché molto inferiore rispetto al carico variabile.

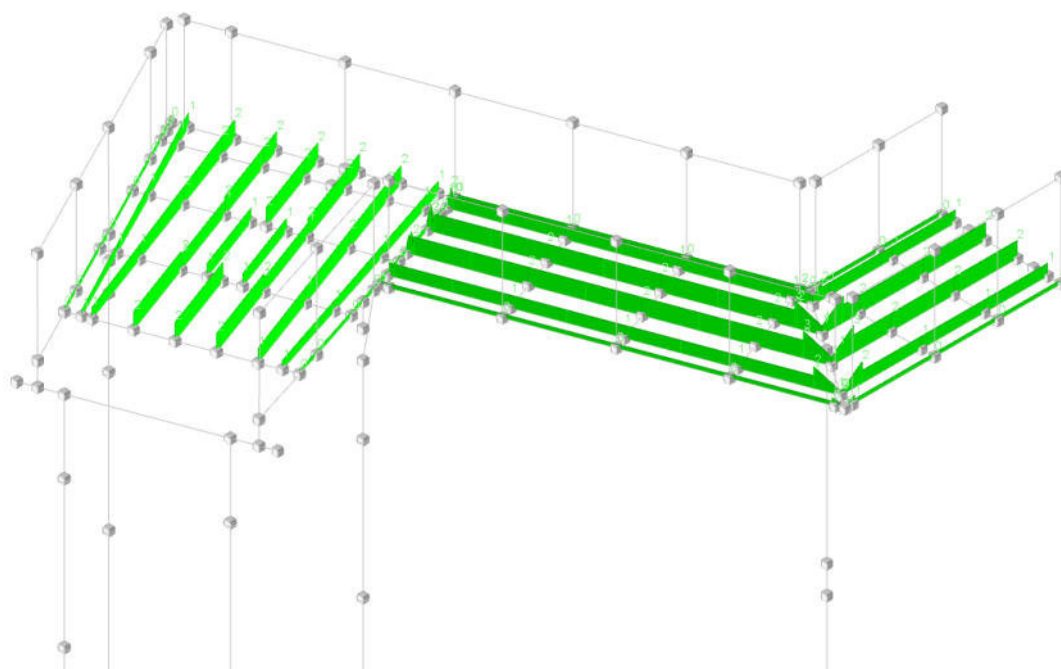


Figura 6 – Condizione di carico Variabile C3: il carico è già riportato sui profili che reggono il tavolato di calpestio

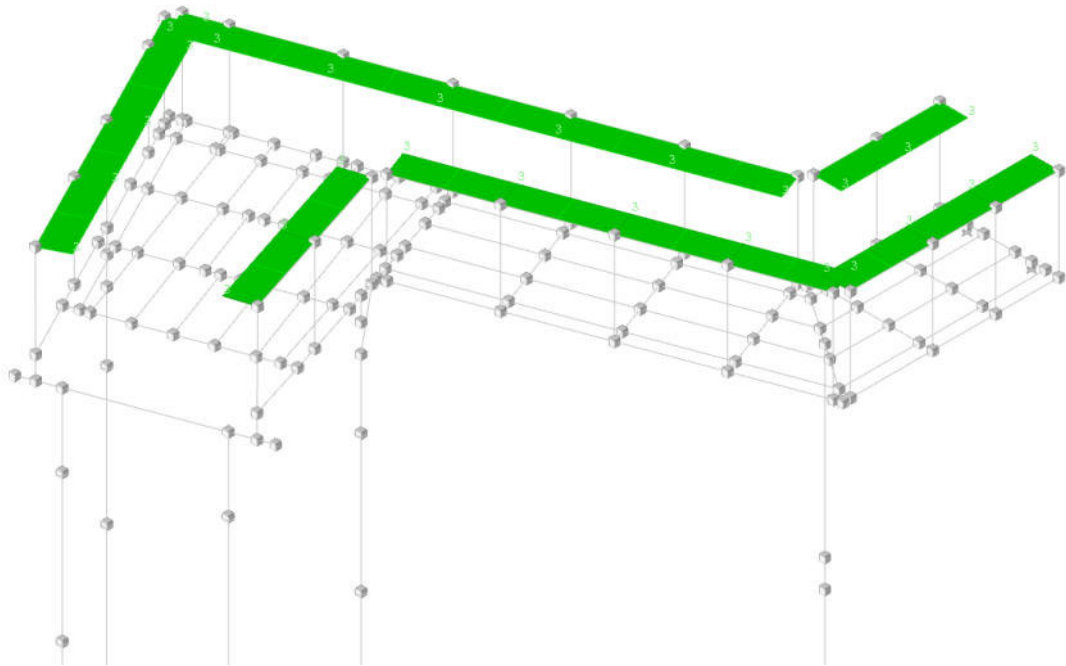


Figura 7 – Condizione di carico Variabile locale C3: il carico agisce sui corrimano dall'interno verso l'esterno della passerella

## 6.6. VERIFICHE A FESSURAZIONE S.L.E.

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture è necessario:

- realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa permeabilità e bassa porosità;
- non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione;
- tener conto delle esigenze estetiche.

In ordine di severità decrescente si distinguono i seguenti stati limite:

- stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione è ovunque di compressione ed al più uguale a zero;
- stato limite di formazione delle fessure, nel quale per la combinazione di azione prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1.2}$$

con  $f_{ctm}$  resistenza a trazione del calcestruzzo determinata a mezzo di diretta sperimentazione, condotta su provini opportunamente confezionati (vedi par. 11.2.10.2, D.M. 17/01/18).

In sede di progettazione si può assumere come resistenza media a trazione semplice del calcestruzzo il valore in (N/mm<sup>2</sup>):

$$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} \quad \text{per classi} \leq C50/60$$

$$f_{ctm} = 2.2 \ln[1 + f_{cm} / 10] \quad \text{per classi} > C50/60$$

- stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di aperture della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

W <sub>1</sub> = 0.2 mm
W <sub>2</sub> = 0.3 mm
W <sub>3</sub> = 0.4mm

Lo stato limite di fessurazione è fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità dell'armature alla corrosione.

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici.

<b>Condizioni ambientali</b>	<b>Classe di esposizione</b>
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Nella tabella 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

<b>Gruppi di esigenze</b>	<b>Condizioni ambientali</b>	<b>Combinazione delle azioni</b>	<b>Armatura</b>			
			<b>Sensibile (acciai da precompresso)</b>		<b>Poco sensibile (acciai ordinari)</b>	
			<b>Stato limite</b>	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>Stato limite</b>	<b>w<sub>d</sub></b>
a	Ordinarie	frequente	ap.fessure	≤ w <sub>2</sub>	ap.fessure	≤ w <sub>3</sub>
		quasi permanente	ap.fessure	≤ w <sub>1</sub>	ap.fessure	≤ w <sub>2</sub>
b	Aggressive	frequente	ap.fessure	≤ w <sub>1</sub>	ap.fessure	≤ w <sub>2</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap.fessure	≤ w <sub>1</sub>
c	Molto aggressive	frequente	formaz. fessure	-	ap.fessure	≤ w <sub>1</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap.fessure	≤ w <sub>1</sub>

Tabella 4.1.IV – Criterio di scelta dello stato limite di fessurazione

#### **Verifica stato limite di decompressione e di formazione delle fessure**

Le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione, omogeneizzata non fessurata.

#### **Verifica stato limite di apertura delle fessure**

Il valore di calcolo di apertura delle fessure w<sub>d</sub> non deve superare i valori nominali w<sub>1</sub>, w<sub>2</sub>, w<sub>3</sub> secondo quanto riportato nella tabella 4.1.IV.

Il valore di calcolo è dato da:

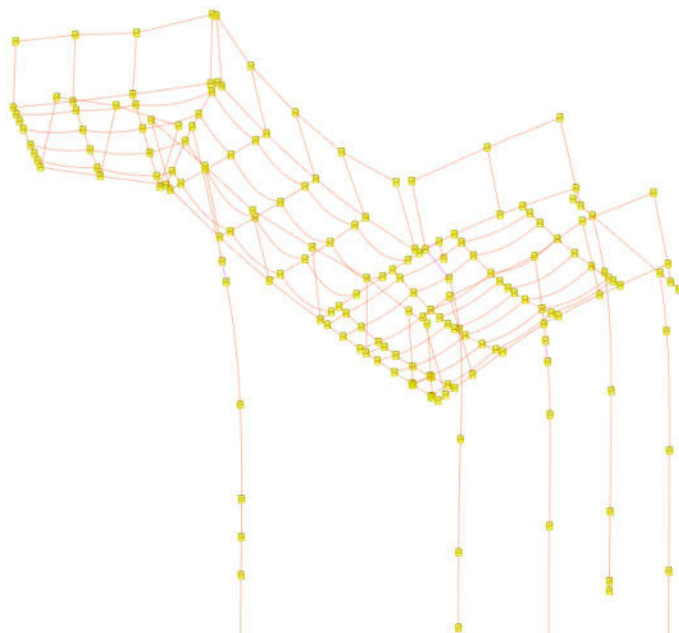
$$w_d = 1,7 * w_m$$

dove w<sub>m</sub> rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

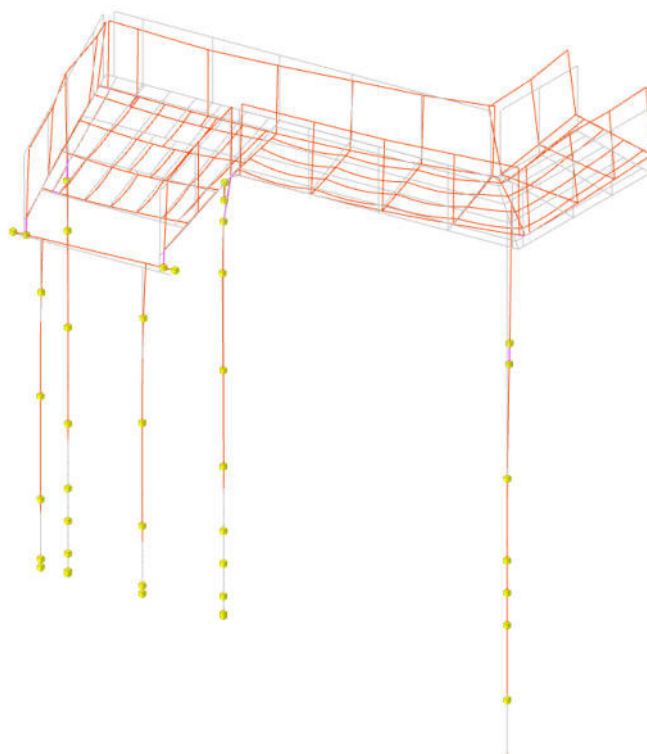
L'ampiezza media delle fessure w<sub>m</sub> è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ε<sub>sm</sub> per la distanza media tra le fessure Δ<sub>sm</sub>:

$$w_m = \varepsilon_{sm} * \Delta_{sm}$$

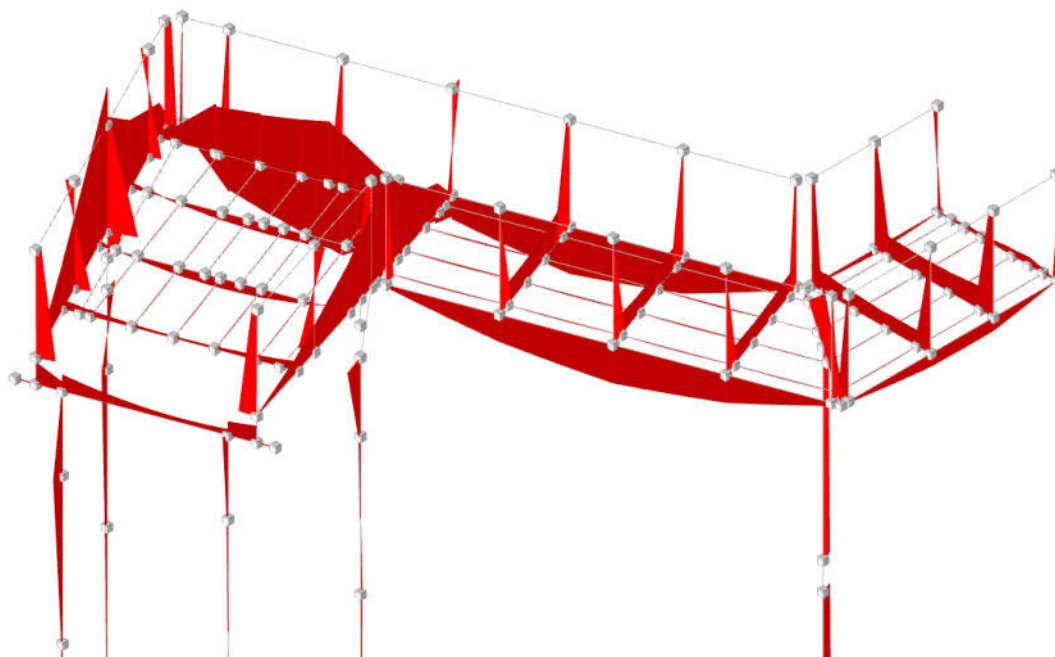




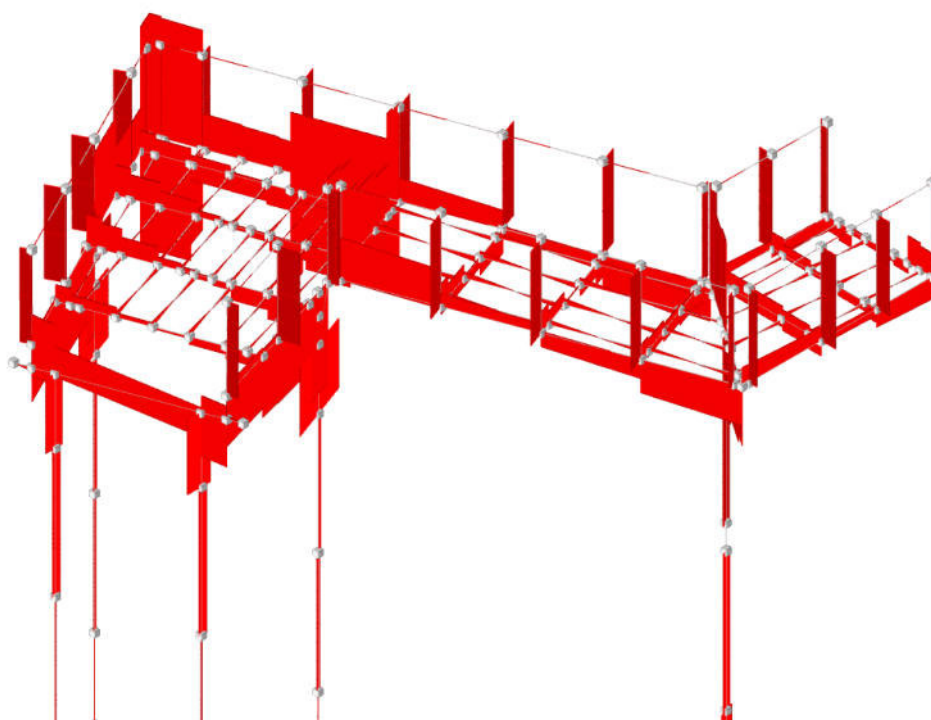
Spostamenti [cm] combinazione SLU16



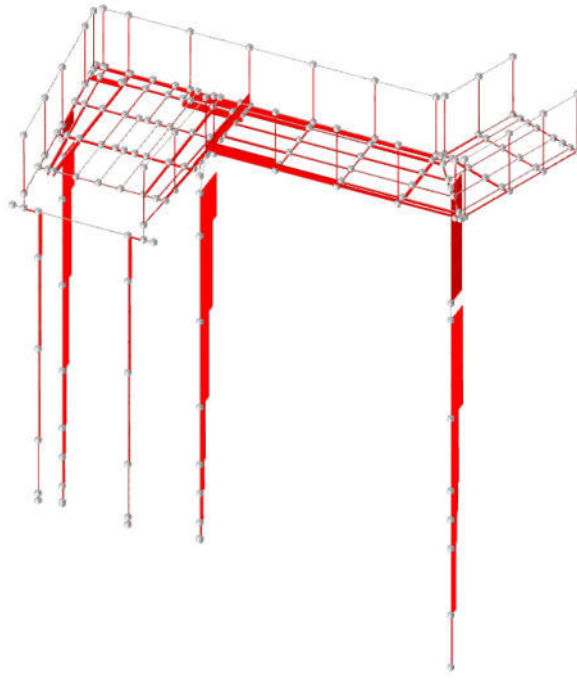
Spostamenti [cm] combinazione quasi permanente



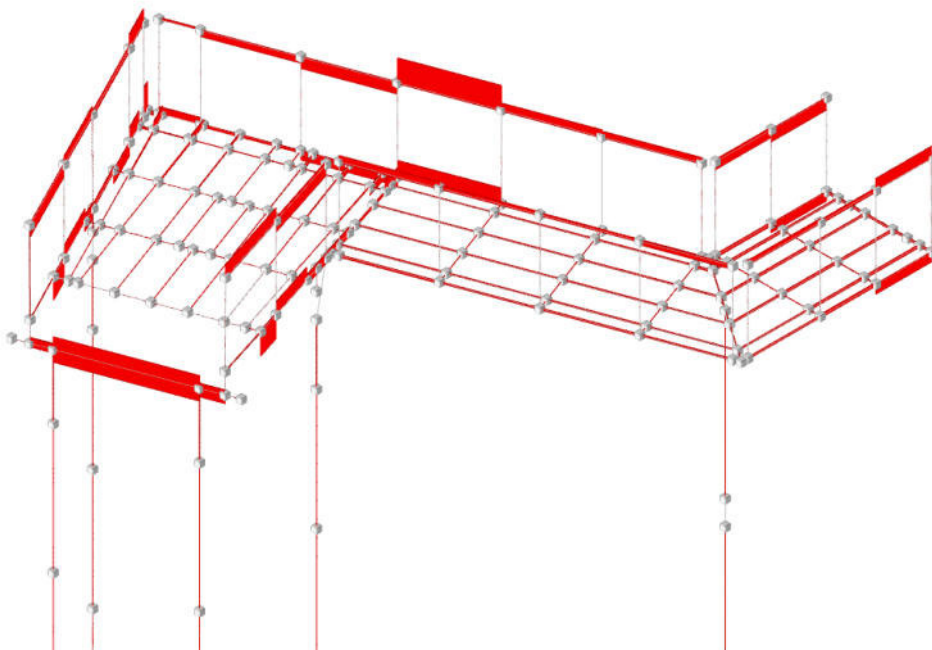
Sollecitazioni M3 massime



Sollecitazioni T massime



Sollecitazioni N massime



Sollecitazioni Torsione massime

### **Generalità sull'analisi strutturale dei manufatti in cemento armato e acciaio**

L'analisi della struttura è stata eseguita con il programma di calcolo agli elementi finiti SismiCAD 12.18 (Concrete s.r.l.).

Si tratta di un programma di calcolo strutturale dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un programma agli elementi finiti elastoplastico. Le procedure di progettazione si possono sostanzialmente dividere in tre fasi:

- il preprocessore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore;
- il solutore agli elementi finiti;
- il post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

### **Origine e caratteristiche dei codici di calcolo per i manufatti in cemento armato**

Titolo	SismiCAD 12
Versione	12.20
Produttore	Concrete srl, Padova (PD)
Licenza	SW-7851662

### **Affidabilità dei codici di calcolo**

La documentazione fornita dai produttori dei software contiene la descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. Le società produttrici hanno verificato l'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo attraverso casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### **Modalità di presentazione dei risultati**

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tali da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### **Informazioni generali sull'elaborazione**

I software prevedono una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. I codici di calcolo consentono di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

## 7.2. CONSIDERAZIONI SUL COLLEGAMENTO ALL'EDIFICIO ESISTENTE

Come già esposto si prevede che la partenza della passerella coincida con una delle sale espositive del museo. Pertanto dal lato del fabbricato esistente è necessario che i profili siano poggiati sopra mensole metalliche adeguatamente predisposte dalla muratura del fabbricato. Tali mensole dovranno sostenere un taglio massimo pari a 8 kN e un momento flettente di 2,5 kNm. Le mensole saranno realizzate con profili tipo HEA 120 di cui si riportano le caratteristiche geometriche e di resistenza.

HE 120 A	$N_{by,Rd}$ [kN]	663.7	$M_{cy,Rd}$ [kNm]	31.30			
	$N_{bz,Rd}$ [kN]	663.7	$M_{oz,Rd}$ [kNm]	15.41			
	$V_{ply,Rd}$ [kN]	127.9	$V_{plz,Rd}$ [kN]	290.3			
$g$ (Kg/m):	19.9						
$h$ (mm):	114	$r_2$ (mm):	0				
$b$ (mm):	120	$A$ (cm <sup>2</sup> ):	25.34	$i_y$ (cm):	4.89	$i_z$ (cm):	3.02
$t_w$ (mm):	5	$I_y$ (cm <sup>4</sup> ):	606.2	$I_z$ (cm <sup>4</sup> ):	230.9	$I_T$ (cm <sup>4</sup> ):	5.99
$t_f$ (mm):	8	$W_y$ (cm <sup>3</sup> ):	106.3	$W_z$ (cm <sup>3</sup> ):	38.48	$I_w$ (cm <sup>6</sup> ):	6.470
$r_1$ (mm):	12	$W_{pl,y}$ (cm <sup>3</sup> ):	119.5	$W_{pl,z}$ (cm <sup>3</sup> ):	58.85		

I profili HEA 120, incastrati nella muratura esistente, saranno saldati alla cerchiatura in acciaio della apertura prevista a piano primo.

I profili della passerella saranno pertanto semplicemente appoggiati e all'interfaccia tra la piattabanda inferiore del profilo UPN220 e la superficie della piattabanda superiore del profilo HEA120 verrà inserito uno strato di neoprene. L'appoggio in neoprene è certificato secondo le normative vigenti e sarà del tipo NB2 120x120x42 con zanche M20, con le caratteristiche riportate di seguito evidenziate in rosso.

**NB2**  
**NB4**  
**NB5**

Combo 1  
deformazione gomma / rubber shear strain  
 $\gamma = 0,2$   
rotazione / rotation 0,01 rad |  $V=V_{max}$

Combo 2  
deformazione gomma / rubber shear strain  
 $\gamma = 1,0$   
rotazione / rotazione 0,005 rad |  $H=H_{max}$

$H_t$  altezza appoggio senza contropiastra  
*height of bearing*

$H_e$  altezza appoggio con contropiastra  
*height of bearing with counterplates*

$W$  peso appoggio  
*weight of bearing*

$A - B$  dimensione elemento  
*bearing dimension*

$\phi_p$  diametro perno  
*pin diameter*

$h_p$  altezza perno e spessore contropiastra  
*height of pin and height of masonry plates*

$n_z$  numero zanche  
*N° anchors*

$\phi_z$  diametro zanche  
*diameter of anchors*

$l_z$  lunghezza zanche  
*length of anchors*

$az - bz$  interasse zanche  
*interaxis of anchors*

$h_g$  altezza gomma  
*height of rubber*

$V$  carico verticale  
*vertical load*

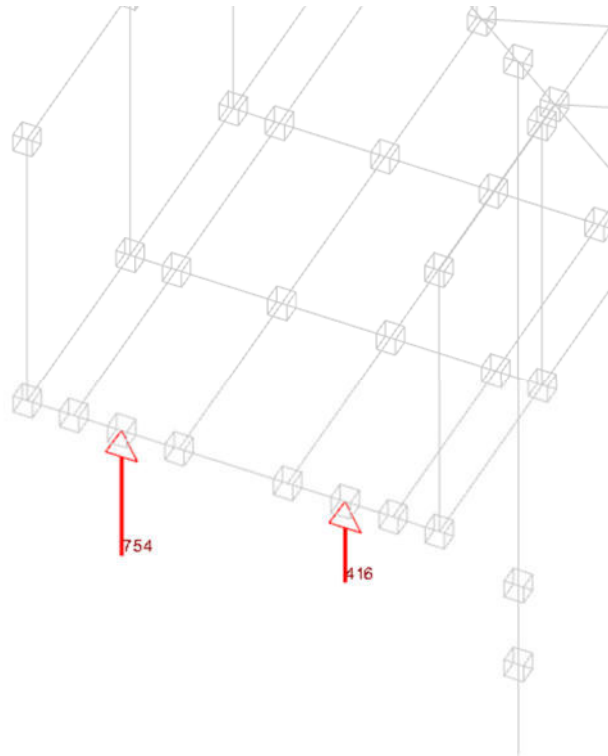
$H$  carico orizzontale  
*horizontal load*

$s^*$  spostamento equivalente al carico orizzontale / equivalent displacement

$K_h$  rigidità trasversale  
*horizontal stiffness*

DATA	NB5		NB2														hg	Combo 1			Combo 2			Kh
	Ht	W	NB4															V	H	s*	V	H	s*	
			Ht	He	W	A	B	Fp	hp	nz	Fz	lz	az	bz										
mm	Kg	mm	kG	mm	mm	kG	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN	mm	kN	kN	mm	kN/mm
	32	1,9	42	3,4	42	72	6,8	120	120	20	15	2	20	80	-	55	10	126	2	2,0	107	9	10,0	0,90
NB2/4/5 100x100xHt	39	2,1	49	3,7	49	79	7,0	120	120	20	15	2	20	80	-	55	15	125	2	3,0	102	9	15,0	0,60
	46	2,3	56	3,9	56	86	7,3	120	120	20	15	2	20	80	-	55	20	92	2	4,0	75	9	20,0	0,45
	53	2,5	63	4,1	63	93	7,5	120	120	20	15	2	20	80	-	55	25	72	2	5,0	55	9	25,0	0,36
	60	2,7	70	4,3	70	100	7,7	120	120	20	15	2	20	80	-	55	30	59	2	6,0	42	9	30,0	0,30
	67	3,0	77	4,5	77	107	7,9	120	120	20	15	2	20	80	-	55	35	50	2	7,0	32	9	35,0	0,26
	32	2,8	42	4,8	42	72	9,6	120	170	20	15	2	20	80	-	100	10	241	3	2,0	204	14	10,0	1,35

Il vincolo considerato nel modello di calcolo è semplice appoggio scorrevole nelle due direzioni, pertanto le reazioni vincolari massime sono solo verticali.



Reazioni vincolari massime agli appoggi [daN]

Alla luce di quanto esposto sulla tipologia di vincolo, nei riguardi della trasmissione delle azioni orizzontali, gli effetti reciprocamente trasmessi sono sostanzialmente nulli sia in termini di massa che di rigidezza.

Si vuole ora dimostrare che l'aggravio delle sollecitazioni indotte sulla fondazione dell'edificio esistente dall'appoggio delle travi metalliche risulta influente rispetto allo stato attuale, poiché inferiore al 10% dei carichi globali già esistenti.

Si procede così nel determinare il totale del carico pari a 1358kg, assumendo cautelativamente una distribuzione delle tensioni sul pannello murario di 30° e considerando che i profili sono posti a circa 360cm dal piano di fondazione con uno spessore del pannello murario di 30cm, si ottiene che il carico si distribuisce su una superficie pari a 16500 cm<sup>2</sup>.

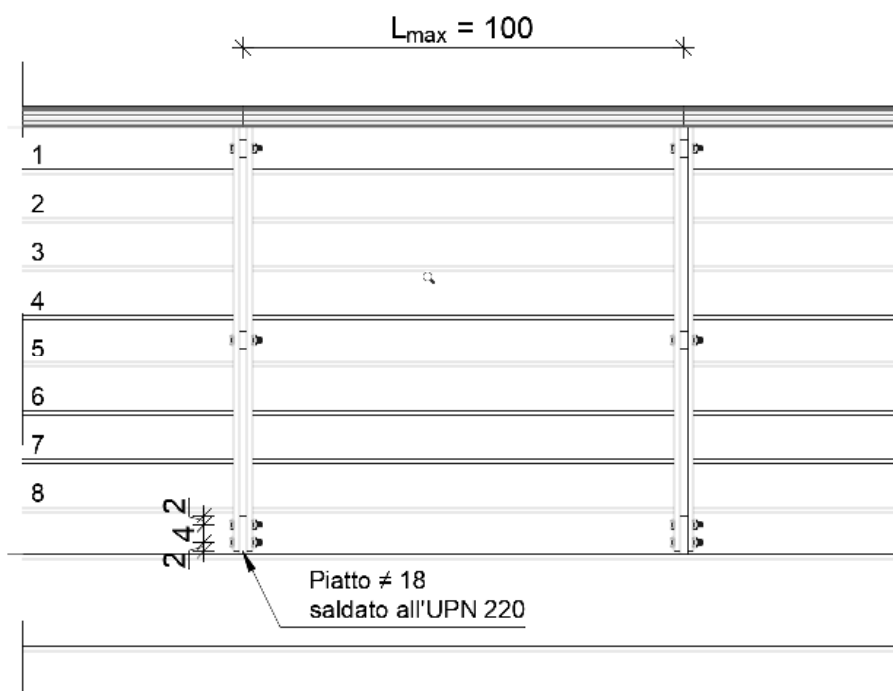
Che equivale ad una pressione sul terreno di fondazione di  $\sigma_{tp} = 0,08 \text{ kg/cm}^2$ , questa risulta molto minore del 10% delle tensioni attualmente gravanti sul piano di posa della fondazione  $\sigma_t$ .

### 7.3. COLLEGAMENTO DEI MONTANTI DEL PARAPETTO ALLA TRAVE LONGITUDINALE UPN220

Secondo quanto riportato nella Tab. 3.1.11 delle NTC 2018 per quanto attiene la Cat. C3 i carichi orizzontali lineari da assumersi per le verifiche locali sono pari a 300 kg/m.

Pertanto essendo l' altezza del parapetto pari a 1 metro, considerando a favore di sicurezza un interasse tra i montanti pari a 1 metro, e combinando i carichi secondo la combinazione fondamentale indicata al punto 2.5.3 delle NTC2018, si ottiene momento flettente agente al piede dei montanti pari a 4.5 kNm.

Si riporta una rappresentazione grafica del parapetto



Vista frontale del parapetto

Le azioni al piede del doppio montante vengono assorbite da un fazzoletto metallico di spessore 18mm base 80mm e altezza 80mm, saldato in officina a completo ripristino all'ala superiore del profilo metallico di cui si compone la passerella. Il momento resistente del fazzoletto, calcolato in accordo con le NTC 2018, risulta essere pari a 5.03 kNm. Pertanto risulta:

$$M_{Ed} < M_{Rd}$$

Il collegamento dei montanti che formano gli elementi di parapetto viene invece realizzato attraverso l'inserimento di un gruppo di 4 viti M12 classe 8.8.

Difatti assumendo le piastre di collegamento rigide, essendo poste le viti ad un interasse pari a 40mm si ottiene uno sforzo tranciante agente sul gambo del bullone, per ogni bullone, per ogni piano di taglio pari a 28.125KN, pertanto si avrà:



Classe bullone  diametro d   $f_{yb}$    $f_{ub}$   N/mm<sup>2</sup>

Sezione filettata  
 Sezione lorde

Area  mm<sup>2</sup>

Resistenza a taglio [per piano di taglio]  $F_{v,Rd}$   kN  
 Resistenza a trazione  $F_{t,Rd}$   kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

$F_{v,Sd}$    $F_{t,Sd}$   kN

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.869 + 0 = 0.869$$

---

**Rifollamento**

Acciaio   $f_u$   N/mm<sup>2</sup>

spessore t  mm  
 diametro foro  $d_o$   mm

distanze bordo  $e_1$    $e_2$    
 passo  $p_1$    $p_2$

$\alpha$   Resistenza a rifollamento  $F_{b,Rd}$   kN

## 8. A13.PIANO DI MANUTENZIONE

In relazione alle strutture sopra descritte, è possibile individuare un programma di manutenzione al fine di assicurarne la corretta conservazione, funzionalità e permanenza dei livelli di sicurezza previsti in fase di progetto.

A prescindere dal presente piano di manutenzione, tutte le strutture interessate dovranno essere verificate da parte di un tecnico abilitato in caso di eventi eccezionali, urti particolarmente gravi, sisma di rilevante entità, esplosioni, ecc.

### **Fondazioni**

Non sono previsti interventi di manutenzione periodica nell'arco della vita utile dei manufatti.

Qualora le opere in elevato manifestassero segni di cedimento differenziale delle fondazioni a causa di particolari eventi o comportamenti anomali del terreno, saranno comunque possibili interventi di consolidamento localizzato con opportune tecniche (rinforzi, micropali, ecc.).

Detti interventi di carattere eccezionale dovranno essere in ogni caso oggetto di studio appropriato da parte di un tecnico abilitato.

### **Strutture in acciaio**

Le strutture in acciaio dovranno essere soggette ad ispezioni visive quinquennali nelle parti a vista. Dovranno essere verificate l'assenza di corrosione, l'integrità dello strato superficiale di protezione, l'assenza di deformazioni significative, l'integrità delle giunzioni saldate.

Le parti verniciate dovranno essere soggette a ritocchi localizzati in occasione di ogni riparazione e/o ispezione. La riverniciatura dell'intera struttura è prevista almeno ogni 20 anni e comunque secondo necessità in relazione al grado di usura e invecchiamento manifestato.

Le parti eventualmente zincate a caldo, qualora presentassero scalfitture o attacchi corrosivi dovranno essere localmente ripristinate con appositi prodotti a freddo a base di zinco previa pulitura e spazzolatura del fondo.