

COMUNE DI POMARANCE

Intervento di ristrutturazione edilizia di un lotto del cimitero di Pomarance (PI), comprendente il rifacimento dei loculi

RELAZIONE DI CALCOLO
 STRUTTURA IN MURATURA

REVISIONI				
N° REV.	DATA REV.	DESCRIZIONE	REDATTO DA:	RIF. PAGINA
0	13/02/17	Prima emissione	G. Maiano	Tutte
Firma del Progettista: Dott. Ing. Giacomo Maiano <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>				
Data: 13/02/2017			File: R020-16_A08_r0	

Committente: Comune di Pomarance
R.U.P. Arch. Roberta Costagli

Sommario

DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO.....	7
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
ANALISI DEI CARICHI	8
Carichi da neve	8
Carichi stato attuale	9
Carichi stato di progetto.....	10
METODO DI CALCOLO.....	11
Metodo di calcolo agli stati limite	11
D.M. 14.01.2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni	11
COPERTURA - VERIFICHE SLU E SLE	12
TRAVE IN ACCIAIO - VERIFICHE SLU E SLE.....	16

DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il progetto ha per oggetto la ristrutturazione di una porzione del cimitero di Pomarance, Comune di Pomarance (PI).

L'intervento sarà attuato a seguito dell'estumulazione di sepolture presenti da un appropriato numero di anni, così da rendere disponibili gli spazi per le future tumulazioni.

L'area oggetto di intervento è identificata negli elaborati preliminari nei prospetti A, B e C.

STATO ATTUALE

Attualmente sono presenti loculi in muratura organizzati in gruppi di 4x5 elementi sotto le logge (prospetto A) e 3x5 elementi ai fianchi della cappella d'angolo (prospetti B e C) per un totale di n.110 loculi



Vista frontale del lotto di intervento

Oltre alle esigenze funzionali, relative alla ricollocazione di nuovi loculi in luogo degli esistenti, si individuano esigenze di manutenzione legate all'impermeabilizzazione delle coperture ed al conseguente deterioramento degli intonaci e dei solai (come ad esempio il soffitto della cappella d'angolo).



Soffitto della loggia

Si individua, inoltre, l'esigenza del rifacimento della pavimentazione delle logge dei prospetti A, B e C.



Pavimentazione delle logge

STATO DI PROGETTO

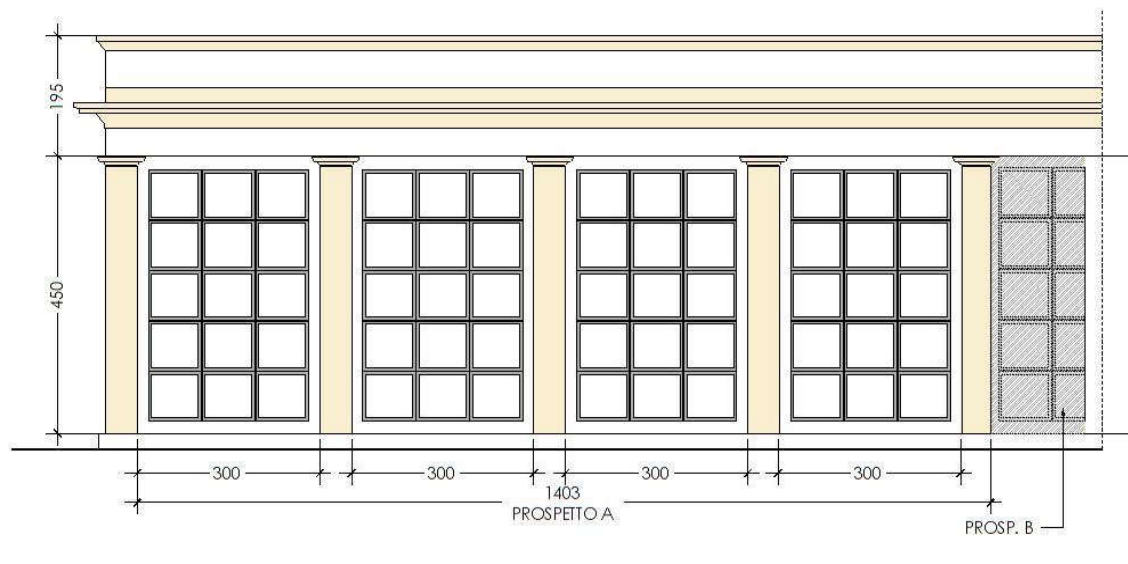
Le opere in progetto prevedono:

- L'adeguamento degli attuali loculi in muratura alle prescrizioni normative vigenti (D.P.R. 285/90), sia per quanto concerne le caratteristiche di tenuta ai liquidi ed ai gas dei materiali, sia per quanto concerne le dimensioni interne.
- Interventi strutturali in copertura e per il basamento dei nuovi loculi.

L'adeguamento dimensionale dei loculi comporta necessariamente una diversa distribuzione, essendo la dimensione minima del loculo richiesta dalla norma, maggiore delle dimensioni attuali.

Adottando le misure standard dei loculi con produzione prefabbricata in calcestruzzo, si ottiene il posizionamento di n°3xh5 loculi per ogni loggia del prospetto A e n°2xh5 loculi più n°1xh8 ossari per le logge dei prospetti B e C, con un totale di n°80 loculi e n°16 ossari.


Con la ridistribuzione dei loculi si provvede anche a ripristinare le diverse finiture in maniera analoga allo stato attuale.



Prospetto A-stato di progetto

Interventi strutturali riguarderanno la copertura e il rifacimento del basamento dei loculi dello spessore di circa 20 cm con getto in calcestruzzo e rete elettrosaldata.

Gli interventi previsti in copertura rispondono sia all'esigenza di eliminare le infiltrazioni, sia all'esigenza di inserire i nuovi loculi nelle strutture murarie; si propone quindi lo smontaggio della copertura esistente


 WWW.GMSTUDIO.BIZ	RELAZIONE DI CALCOLO Ristrutturazione edilizia del cimitero di Pomarance	020 2016 Pag. 6 di 17
---	---	---

costituita da due solai in laterizio e la successiva costruzione di un nuovo solaio in laterocemento disposto orizzontalmente sul quale costruire le falde inclinate della copertura.

Il manufatto è costituito da strutture verticali in muratura a conci di pietra tenera sulle quali non risulta necessario intervenire.

Tale soluzione non apporta modifiche formali agli elementi architettonici dell'edificio, si prevede pertanto il completo ripristino delle coperture con materiali analoghi all'esistente (lattonerie in rame, manto in laterizio).

Per ogni ulteriore dettaglio si rimanda alle tavole grafiche allegate.

 WWW.GMSTUDIO.BIZ	RELAZIONE DI CALCOLO Ristrutturazione edilizia del cimitero di Pomarance	020 2016 Pag. 7 di 17
---	---	---

CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO

La sostituzione dei solai di copertura:

- mantiene la stessa orditura;
- non apporta variazioni di sorta circa classe e/o destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione superiori al 10%;
- non modifica significativamente la rigidezza di piano, mantenendo la stessa tipologia di solaio in laterocemento;
- non altera la quota di imposta dei solai;
- prevede, inoltre, l'ancoraggio del solaio orizzontale lungo tutto il perimetro e in maniera diffusa alle pareti, sia portanti che di controvento, tramite inghisaggi di connettori locali e diffusi

e pertanto si configura come intervento locale ai sensi del cap. 8.4.3 D.M. 14/01/2008.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento é la seguente:

- D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni 2008
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

La normativa di riferimento é la seguente:

- D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni 2008
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

ANALISI DEI CARICHI

Carichi da neve

Normativa : D.M. 14/01/2008 (Norme tecniche per le costruzioni)

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

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

Provincia : Pisa

Zona : III

Altitudine : 370 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo : $q_{sk} = 81.00 \text{ kg/m}^2$

Coefficiente di esposizione C_E : 1 (Normale)

Coefficiente termico C_t : 1

Tipo di copertura: ad una falda ($\alpha = 15^\circ$)

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Carico da neve :

$$q_s(\mu(\alpha)) = 65.00 \text{ kg/mq} \quad [\mu(\alpha) = 0.8]$$

Carichi stato attuale

Solaio di copertura in laterizio e c.a. gettato in opera

Permanenti

Manto in tegole e coppi	=	60,0 kg/m ²
Pignatte con travetti gettati in opera ad interasse di cm 40(h 16cm)	=	144,0 kg/m ²
Soletta collaborante cm 4	=	100,0 kg/m ²
<u>Peso struttura</u>	=	304,0 kg/m ²

Variabili

Carichi esercizio	=	50,0 kg/m ²
Neve	=	65,0 kg/m ²

Solaio sottotetto in laterizio e travetti prefabbricati

Permanenti

Travetto in c.a. sez. 12x16 cm	=	60,0 kg/m ²
Tavellonato sp. 6 cm	=	48,0 kg/m ²
Intonaco soffitto sp. 1,5 cm	=	18,0 kg/m ²
<u>Peso struttura</u>	=	126,0 kg/m ²

Variabili

Carichi esercizio	=	50,0 kg/m ²
-------------------	---	------------------------

Muratura

Peso proprio

Muratura a conci di pietra tenera	=	480,0 kg/m ²
Intonaco interno ed esterno sp. 1,5 cm	=	54,0 kg/m ²
<u>Peso struttura</u>	=	534,0 kg/m ²

CARICHI IN FONDAZIONE

Luce solaio	=	3,7 m
Porzione di muratura	=	1,0 m
Altezza muratura	=	4,83 m
Carico copertura	=	1402 kg/m
Carico copertura+muratura	=	4755 kg

Carichi stato di progetto

Solaio di copertura con tavelloni e soletta

Permanenti

Manto in tegole e coppi	=	60,0 kg/m ²
Tavelloni forati sp. 6 cm	=	35,5 kg/m ²
Soletta collaborante cm 4	=	100,0 kg/m ²
Paretine di mattoni forati cm 8 (stonacate)	=	100,0 kg/m ²
<u>Peso struttura</u>	=	295,5 kg/m ²

Variabili

Carichi esercizio	=	50,0 kg/m ²
Neve	=	65,0 kg/m ²

Solaio sottotetto in laterizio e c.a. 16+4

Permanenti

Pignatte con travetti a interasse di 50 cm	=	120,0 kg/m ²
Soletta collaborante cm 4	=	100,0 kg/m ²
Intonaco soffitto sp. 1,5 cm	=	18,0 kg/m ²
<u>Peso struttura</u>	=	238,0 kg/m ²

Variabili

Carichi esercizio	=	50,0 kg/m ²
-------------------	---	------------------------

Muratura


Peso proprio

Muratura a conci di pietra tenera	=	480,0 kg/m ²
Intonaco interno ed esterno sp. 1,5 cm	=	54,0 kg/m ²
<u>Peso struttura</u>	=	534,0 kg/m ²

CARICHI IN FONDAZIONE

Luce solaio	=	3,7 m
Porzione di muratura	=	1,0 m
Altezza muratura	=	4,83 m
Carico copertura	=	1651 kg/m
Carico copertura+muratura	=	5004 kg

L'incremento del carico globale in fondazione risulta circa 5,23%, dunque inferiore al 10%.

 WWW.GMSTUDIO.BIZ	RELAZIONE DI CALCOLO Ristrutturazione edilizia del cimitero di Pomarance	020 2016 Pag. 11 di 17
---	---	--

METODO DI CALCOLO

Metodo di calcolo agli stati limite

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

D.M. 14.01.2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura.

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni. Vengono in particolare controllate le deformazioni allo stato limite ultimo, allo stato limite di danno e gli effetti del second'ordine.

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u. Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformabilità).

COPERTURA - VERIFICHE SLU E SLE

SOLAIO SOTTOTETTO IN LATEROCEMENTO

Si procede alla verifica del solaio orizzontale sottotetto di tipo laterocemento con pignatte (sp. 16 cm) e soletta collaborante (sp. 4 cm), costituito da travetti a traliccio prefabbricati in c.a. di tipo "Bausta". Per quanto riguarda le armature dei travetti e' previsto 1Φ12 in mezzeria per nervatura e 1Φ12 all'incastro per nervatura. Il solaio e' sormontato da una copertura a falda realizzata con paretine e tavelle in laterizio, soletta collaborante di 5 cm. Le paretine sono costituite da mattoni forati di 8 cm, poste ad interasse di circa 100 cm. Il solaio viene collegato alla muratura tramite ancoraggio lungo tutto il perimetro con inghisaggi di connettori locali e diffusi.

Si eseguono le verifiche agli SLU e SLE come indicato al cap. 4.1 delle NTC.

Luce di calcolo L	3,40	m
tratto rigido a	0,15	m
luce netta Ln	3,10	m
peso proprio G1	2,20	kN/mq
gamma_G1	1,30	
carico permanente Portato G2	3,13	kN/mq
gamma_G2	1,50	
carico di esercizio Q	0,65	kN/mq
gamma_Q	1,50	
Coefficiente momento in mezzeria	8	
Coefficiente momento all'incastro	10	

TRAVETTO

interasse travetti i	0,50	m	<i>ok i<15s</i>
altezza totale h	200	mm	
base bo (travetto)	120	mm	<i>ok bo>8cm</i>
base B (mezzeria)	120	mm	
spessore soletta s	40	mm	
copriferro c	30	mm	
diametro barre traliccio	6	mm	
diametro barre aggiunte mezzeria	12	mm	
numero barre aggiunte mezzeria	1		
diametro barre aggiunte incastro	12	mm	
numero barre aggiunte incastro	1		
As area acciaio mezzeria	169,65	mmq	
As area acciaio appoggio	113,10	mmq	

altezza utile d

170 mm

MATERIALI

Rck	30	MPa
fck	24,9	Mpa
gamma_c	1,5	
fcm	32,9	Mpa
fcd	14,11	Mpa
fctm	2,56	Mpa
fctm,fl	3,07	MPa
Ecm	31447	Mpa
fyk	450	Mpa
Es	200000	Mpa
gamma_s	1,15	
fyd	391,30	Mpa
n effettivo	6,36	

VERIFICHE SLU

Fd	4,27	kN/m	<i>combinazione fondamentale</i>
Msd-mezzeria	6,16	kNm	
Msd-appoggio	4,93	kN/m	
Msd-filo trave	4,88	kN/m	
Vsd-filo trave	6,93	kN	

SEZIONE DI MEZZERIA

y	39,21	mm	<i>asse neutro cade nella soletta</i>
Mrd	9,98	kNm	
Mrd/Msd	1,62	<i>verificato</i>	

SEZIONE DI APPOGGIO

y	26,14	mm	
Mrd-appoggio	6,95	kNm	
Mrd/Msd	1,41	<i>verificato</i>	
Vrd	12,24	kN	
Vrd,min	10,72	kN	
Vrd>Vrd,min		<i>verificato</i>	
Vrd/Vsd	1,77	<i>verificato</i>	

VERIFICHE SLE

psi_1	0,20		relativi alla categoria
psi_2	0,00		relativi alla categoria
Fd_r	2,99	kN/m	<i>combinazione rara</i>
Fd_fr	2,73	kN/m	<i>combinazione frequente</i>
Fd_qp	2,67	kN/m	<i>combinazione quasi permanente</i>

VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

tensioni limite	sigma_c Mpa	sigma_s MPa
comb. Rara	14,94	360
comb. Quasi perm.	11,21	360

SEZIONE DI MEZZERIA

	M kNm	x mm	sigma_c Mpa	sigma_s Mpa	
comb. Rara	4,32	47,03	9,92	165,03	<i>verificato</i>
comb. Quasi perm.	3,85	47,03	8,84	147,09	<i>verificato</i>

SEZIONE DI APPOGGIO

	M kNm	x mm	sigma_c Mpa	sigma_s Mpa	
comb. Rara	3,46	39,55	9,29	129,92	<i>verificato</i>
comb. Quasi perm.	3,08	39,55	8,28	115,80	<i>verificato</i>

VERIFICA DI FESSURAZIONE

SEZIONE DI MEZZERIA

condizioni ambientali	<i>ordinarie</i>
tipo di armatura	<i>poco sensibile</i>
aperture limite	
comb. Frequente w3	0,4
comb. Quasi perm w2	0,3

	M kNm	Mpr_fess kNm	sigma_s MPa	e_sm-e_cm	wk	
comb. Frequente	3,94	2,46	152	0,00054	0,0753	<i>verificato</i>
comb. Quasi perm.	3,85	2,46	148	0,00052	0,0728	<i>verificato</i>

VERIFICA DI DEFORMABILITA'

rapporto di snellezza	17,00
k	1,3
ro	0,0071
As	169,65 mm ²
valore limite	23,52 <i>verificato</i>

VERIFICA FRECCIA

Asse neutro sezione intera	103,01 mm
Momento inerzia sezione intera	85059301,29 mm ³
Freccia stadio 1	1,73 mm
Asse neutro sezione fessurata	65,01 mm
Momento inerzia sezione fessurata	22882172,78 mm ³
Freccia effettiva	4,53 mm

Rapporto L/f

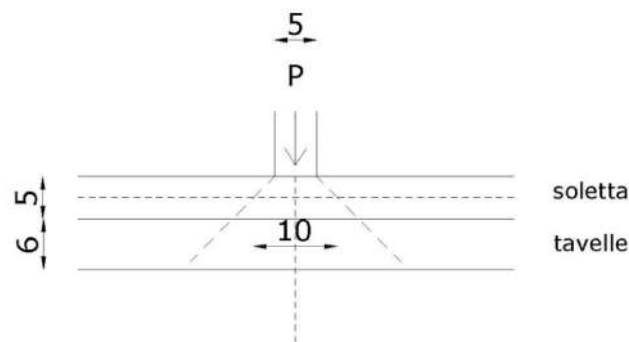
684,54

SOLAIO DI COPERTURA A UNA FALDA

Si procede alla verifica del solaio di copertura ad una falda, realizzata con paretine e tavelloni su cui viene gettata una soletta di 5 cm armata con r.e.s. $\Phi 8/20$.

Si esegue la verifica nei riguardi del punzonamento allo stato limite ultimo come indicato al cap. 4.1 delle NTC.

Secondo il punto 3.1.4. delle NTC08, il carico concentrato vale $1,20 \text{ kN} = 120 \text{ kg}$, su un'impronta di $5 \times 5 \text{ cm}$. Si conduce la verifica a punzonamento della soletta in c.a. spessa 5 cm, considerando il carico applicato all'estradosso del solaio.



$$R_{ck} = 300 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \tau_o = 4 + (300 - R_{ck})/75 = 6 \text{ kg/cm}^2$$

s = spessore soletta = 5 cm

Ammettendo una distribuzione delle tensioni a 45° , a metà spessore della soletta il carico è distribuito su un quadrato di lato $L = 5 + 2x(s/2) = 10 \text{ cm}$. Il carico concentrato in combinazione fondamentale vale:

$$P = 1,5 \times 120 \text{ kg} = 180 \text{ kg}$$

Il peso proprio della soletta per l'impronta considerata vale:

$$\text{Soletta} = 2500 \text{ kg/m}^3 \times 0,05 \text{ m} \times 0,1 \times 0,1 = 1,25 \text{ kg}$$

Ne segue:

$$F = \text{carico totale} = 181,25 \text{ kg}$$

$$\tau = 3F / (2xs \times 4L) = 3 \times 181,25 / (2 \times 5 \times 4 \times 10) = 1,36 < \tau_o$$

TRAVE IN ACCIAIO - VERIFICHE SLU E SLE

Si procede alla verifica della trave in acciaio, profilo HEA200, da inserire in corrispondenza della loggia dei prospetti B e C per consentire l'appoggio dei travetti del solaio in laterocemento.

VERIFICA TRAVE IN ACCIAIO

Acciaio S 275			
fyk		2750	DaN/cm2
ftk		4300	DaN/cm2
E		2100000	DaN/cm2
gammaM		1,05	
TRAVERSO	tipo	HEA 200	
Inerzia Jx		3692	cm4
Modulo Wx		389	cm3
Area A		53,8	cm2
Area a taglio		8,71	cm2
Lunghezza		300	cm
Numero profili		1	
VERIFICA SLE (combinazione rara) G1+G2+Q			
carico Q		433,33	DaN/m
carico G1+G2		355,67	DaN/m
carico totale		789,00	DaN/m
delta max qtot	L/250	1,2000	cm
delta (qtot)	1/384	0,0215	cm <i>verificato</i>
VERIFICA SLU (combinazione fondamentale) 1,3G1+1,5G2+1,5Q			
carico 1,5Q		650,00	DaN/m
carico 1,3G1+1,5G2		533,5	DaN/m
carico totale		1183,5	DaN/m
M+max		44381	DaNcm
sigma (M)		114,09	DaN/cm2 <i>verificato</i>
M-max		133144	DaNcm
sigma (Mmax)		342	DaN/cm2
Tmax		1775	DaN
tau		204	DaN/cm2
sigma_id		492	DaN/cm2 <i>verificato</i>

VERIFICA COMPRESSIONE SU MURATURA

carico 1,5Q	650,00	DaN/m
carico 1,3G1+1,5G2	533,50	DaN/m
Lunghezza	300	cm
carico totale	1183,50	DaN/m
Tmax	1775	DaN
spessore muro	30,00	cm
lunghezza appoggio	15,00	cm
sigma muratura	3,95	DaN/cm ²
sigma resistente	10,37	DaN/cm ² <i>verificato</i>