



PROGETTO ESECUTIVO

COMUNE DI MONTECALVO VERSIGGIA (PV)

INTERVENTO:	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE	Serie E-R	Tav. N° 02
	EDIFICIO ADIBITO A "MUSEO DEL CAVATAPPI"	Data Emissione	Scala
		Luglio 2017	
COMMITTENTE:	COMUNE DI MONTECALVO VERSIGGIA (PV)		
	VIA CROCETTA, N.18		
	27047 MONTECALVO VERSIGGIA (PV)		
OGGETTO:	RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE		

<input checked="" type="checkbox"/> PROGETTO serie PR	<input type="checkbox"/> FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA serie F	<input type="checkbox"/> RILIEVO serie RI	<input type="checkbox"/> imp. TERMICO serie W	<input type="checkbox"/> STATO ATTUALE	<input type="checkbox"/> TAVOLE GRAFICHE serie T
<input type="checkbox"/> AUTORIZZAZIONE serie AU	<input type="checkbox"/> DEFINITIVO serie D	<input type="checkbox"/> STRUTTURE serie S	<input type="checkbox"/> imp: ELETTR. serie E	<input type="checkbox"/> STATO DI PROGETTO	<input checked="" type="checkbox"/> ELABORATI DI TESTO serie R
<input type="checkbox"/> ANTINCENDIO serie VV.FF.	<input checked="" type="checkbox"/> ESECUTIVO serie E	<input type="checkbox"/> ARCHITETTONICO serie A	<input type="checkbox"/> imp: IDRICO serie I	<input type="checkbox"/> STATO DI CONFRONTO	<input type="checkbox"/> ELABORATI DI CALCOLO serie C

<input checked="" type="checkbox"/> 07.07.2017	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
--	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Dir. Archivio: PR 33 / 2016	File: -----
-----------------------------	-------------

Progettista delle Opere Strutturali ZVS srl via Papa Giovanni XXIII n. 7 Via Papa Giovanni XXIII San Martino Siccomario (PV) 27028 San Martino Siccomario (PV) C.F. 02585730183 Tel. +39 0382 061483 E_mail: zvsr1@gmail.com	Consulenza per Progetto Architettonico OCCHIUZZI SANTO Ingegnere e Architetto Via Giardino, n. 12 27040 Campospinoso (PV) Cell. +39 340 4878198 Email santoocchiuZZi@gmail.com
---	--



1. PREMESSA E CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI IN OGGETTO

1.1 PREMESSA

La presente relazione riguarda le opere per la messa in sicurezza dei piani fondali dell'immobile, adibito a spazio museale del Cavatappi sito nel Comune di Montecalvo Versiggia (PV), necessarie ed indispensabili per impedire eventuali ulteriori cedimenti del corpo di fabbrica insistente sui sub-strati di terreno ospitanti i piani fondali.

1.2 CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI IN OGGETTO

L'immobile è già stato oggetto di un'intervento di riqualificazione nell'anno 2005 con trasformazione dello stesso in spazio museale dedicato al Cavatappi.

L'edificio sia sulle facciate perimetrali che su quelle interne, degli ambienti museali, non presenta mosaici o elementi decorativi di pregio storico, culturale o artistico, ma le superfici durante le precedenti lavorazioni sono state semplicemente reintonacate e successivamente tinteggiate in tonalità giallo chiaro/ocra.

1.2.2. CARATTERISTICHE E CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI SOTTO L'ASPETTO STRUTTURALE

Gli interventi strutturali in oggetto si connotano, nel rispetto del "D.M. Infrastrutture del 14-GENNAIO-2008", come "Riparazioni o interventi locali che interessano elementi isolati, e che comunque comportino un miglioramento delle conduzioni di sicurezza preesistenti".

Nello specifico si effettueranno interventi di palificazione dei piani fondali al fine di conferire una maggior rigidità all'intero corpo di fabbrica riducendo così possibili cedimenti differenziali.

Inoltre si realizzeranno delle opere di tirantatura e di realizzazione di muratura armata con rinforzo delle connessioni tra gli elementi strutturali portanti (murature perimetrali, murature di spina e solai) condizioni

fondamentali per conferire un comportamento "tipo scatolare" all'intera struttura con aumento della resistenza alle azioni sismiche.

OPERE DI FONDAZIONE:

Gli interventi di consolidamento strutturale interessano per la maggior parte gli elementi strutturali di fondazione, pertanto relativi a zone interrato che non possono alterare l'aspetto architettonico del complesso rispetto allo status-quo.

Le opere si caratterizzeranno per la realizzazione di fondazioni tipo "indiretto" a collegamento con le attuali strutture fondali, nello specifico si prevede la messa in opere di micropali collegati fra loro da un cordolo (trave testa-palo) in cemento armato, il quale verrà realizzato in posizione inradossale della pavimentazione stradale, pertanto non visibile; con lo scopo di rendere solidali il nuovo intervento di rinforzo con le fondazioni esistenti mediante connettori metallici costituiti da putrelle e/o barre del diametro $d=30\text{mm}$; il tutto come meglio si evince dagli elaborati grafici allegati (Tav. 04).

Le opere di realizzazione dei micropali prevedono, per una larghezza di circa 1,00 ml lungo tutto lo sviluppo perimetrale dell'edificio, la rimozione della pavimentazione esterna esistente, realizzata in cubetti di porfido, opere di scavo e realizzazione nuovo intervento strutturale, con il successivo ripristino dell'area come da status-quo (Tav. 02).

OPERE DI TIRANTATURA:

Per quanto concerne il corpo centrale, ove è presente la scala di collegamento fra il piano terreno e primo, si darà corso al posizionamento di tirantature metalliche in corrispondenza del manto di copertura (barre del diametro $\varnothing=24\text{mm}$), con piastre di collegamento poste nei muri perimetrali portanti che segnano il confine tra lo stesso e l'edificio di culto. Quest'ultime saranno semplicemente inghisate nella muratura così da evitare di intervenire all'interno del bene ecclesiastico, quindi evitando la presenza di piastre di ancoraggio o capochiave all'interno dello stesso. In corrispondenza della facciata esterna non principale dell'edificio oggetto

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

Intervento di consolidamento strutturale dell'immobile adibito a "Museo del Cavatappi"

di intervento verranno posizionate delle piastre di contrasto di forma ovale con costolature metalliche ai fini della messa in tensione degli elementi metallici di progetto.

Le dimensioni dei semi-assi dell'ovale risultano essere rispettivamente:

- semi - asse maggiore $S_1 = 35$ cm

- semi - asse minore $S_2 = 20$ cm

I tiranti presenti nella parte interna del vano scala, saranno mascherati da canaline di sezione rettangolare, aventi altezza non superiore ai 25cm, in cartongesso intonacato e tinteggiato con gradazioni di colore simile a quelle degli ambienti interni, con tonalità leggermente più scure rispetto le pareti così da mascherarsi come elemento marcapiano decorativo. (Tav.04-05).

OPERE DI COPERTURA

Gli interventi da realizzarsi sul manto di copertura si limiteranno ad una ricorso dell'intero tetto con sostituzione dei coppi in cotto ammalorati con nuovi coppi di recupero, nel pieno rispetto del contesto, similari a quelli esistenti.

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

NORMATIVA TECNICA PER LE STRUTTURE IN C.A. E C.A.P.

- Legge 05.11.1971 n. 1086: *"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"*.
- D.M. LL.PP. 14.02.1992: *"Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche"*
- D.M. 09.01.1996: *"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche"*.

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

Intervento di consolidamento strutturale dell'immobile adibito a "Museo del Cavatappi"

- D.M. 16.01.1996: "Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»".
- Circ. LL.PP. 04.07.1996 n 156AA.GG./STC.: "Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996".
- Ordinanze della Presidenza del Consiglio dei ministri n°3274, n°3316 ed allegati
- D.M. 14.09.2005: "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. 14.01.2008: "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

NORMATIVA TECNICA PER LE INDAGINI SUI TERRENI

- D.M. LL.PP. 11.03.1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circ. LL.PP. 24.09.1988 n. 30483: "Istruzioni per l'applicazione del D.M. LL.PP. 11.03.1988".
- D.M. 14.01.2008: "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

3. SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI PER LA VERIFICA DEL CALCESTRUZZO E DEL FERRO D'ARMATURA

- Sezioni : **PLICAD®** Software della "Concrete srl" di Padova
- Travi continue : **Beamcad®** Software della "Concrete srl" di Padova

3.1 - Relazione illustrativa del Calcestruzzo e Ferro d'armatura

Nell'esecuzione dei lavori in epigrafe è previsto l'impiego dei seguenti materiali:

- | | | |
|------------|--|--------------------------|
| 1)INERTI: | Sabbia lavata e ben granita, con granulometria | mm 0,42-4,0 |
| | Ghiaietto vagliato, con granulometria | mm 10,0-25 |
| | Ghiaia vagliata, con granulometria | mm 30,0 max |
| | | mm 25,0 muri |
| | | mm 20,0 travi e pilastri |
| 2)ACQUA: | Potabile o priva comunque di sali solfuri o cloruri. | |
| 3)CEMENTO: | Tipo CEM II 32.5 (UNI ENV 197). | |
| 4)ACCIAIO: | B450C. | |

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

Intervento di consolidamento strutturale dell'immobile adibito a "Museo del Cavatappi"

I conglomerati cementizi da impiegarsi, sia nelle strutture verticali che orizzontali, avranno le seguenti caratteristiche prestazionali:

1. CONFORMITA' ALLA NORMA UNI UN 206-1 E UNI 11104;
2. CLASSE DI RESISTENZA secondo classificazione Eurocodice 2 (o D.M. 14.09.05), per fondazioni C 25/30, per tutte le altre strutture C 25/30, salvo ove altrimenti specificato nelle tavole esecutive per esigenze strutturali o di curabilità.
3. CLASSE DI CONSISTENZA - S3 per fondazioni, platee, plinti e getti massivi poco armati, S4 per travi e solette, S4-S5 per muri a seconda indicazione tavole esecutive, S5 per pilastri; l'abbassamento massimo al cono Abrams non deve essere superiore a 250 mm per evitare fenomeni di segregazione. Il produttore deve garantire la consistenza del conglomerato per almeno un'ora all'arrivo in cantiere. Quindi per i getti lenjti come i pilastri, i tetti, le scale, ecc., è opportuno che vengano ordinati dall'appaltatore volumi di calcestruzzo ridotti. Occorre prevedere i controlli di consistenza contestualmente alle prove di accettazione a norma di legge. Nel caso di utilizzo di calcestruzzi autocompattanti (SCC) si deve fare riferimento alla UNI 11040; le prove essenziali da eseguire sono quelle di spandimento (UNI 11041) e del tempo di efflusso dall'imbuto a V (UNI 11042) ed è opportuno che vengano effettuate in ciascuna autobetoniera (almeno nella fase iniziale del getto). Il valore dello spandimento deve essere compreso tra 70 e 80 mm.
4. CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE: come indicato nelle tavole esecutive per ciascuna tipologia di struttura;
5. DIAMETRO MASSIMO DELL'AGGREGATO: 30 mm per fondazioni, platee e plinti, 25 mm per muri e setti con spessori > 200 mm, 20 mm per travi, pilastri e solette.
6. CONTENUTO DI CLORURI: secondo prospetto 10 della norma UNI EN 206/01.
7. ACQUA DI ESONDAZIONE: secondo norma UNI 7122.
8. CONTENUTO D'ARIA: secondo norma UNI-EN 12350-7.
9. RILEVAMENTO DELLA MASSA VOLUMICA DEL CALCESTRUZZO FRESCO: secondo norma UNI EN 12350-6.
10. PROVA DI PENETRAZIONE ALL'ACQUA: secondo norma UNI-EN 12390-8.

Acciaio B450C contr. avente a) rapporto tra la tensione di snervamento di un singolo campione e la tensione caratteristica di snervamento (pari a 430 N/mm²) minore o uguale a 1,35; b) rapporto tra tensione

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

Intervento di consolidamento strutturale dell'immobile adibito a "Museo del Cavatappi"

di rottura di un singolo campione e la tensione di snervamento di un singolo campione maggiore o uguale a 1,13.

Circa le altre prescrizioni esecutive, si richiamano le disposizioni di cui alle norme tecniche vigenti emanate dal Ministero dei LL.PP.

4. DESCRIZIONE E CRITERI GENERALI

4.1 CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO

A titolo semplicemente sommario ed indicativo, rimandando per una migliore conoscenza agli elaborati grafici e fotografici allegati, il complesso degli immobili è costituito da due corpi di fabbrica (uno, planimetricamente, composto da due stanze per piano, adibito attualmente a museo del cavatappi mentre l'altro a locale tecnico a servizio del confinante edificio di culto), realizzati in epoche differenti e successivamente assoggettati ad opere di manutenzione straordinaria, sempre in tempistiche dissimili, aventi ad oggi le seguenti caratteristiche:

A. Edificio adibito a "Museo del Cavatappi":

Un corpo a pianta pressoché rettangolare, riconducibile a due locali per piano, adibito a sala espositiva costituito da un piano terra ed un primo piano in cui si distinguono i seguenti elementi strutturali:

- fondazioni continue in muratura di mattoni pieni;
- murature di elevazione in mattoni pieni sp = 40 cm intonacati al civile su entrambi le facce;
- solai in legno e struttura a volta in mattoni pieni nel locale principale (piano primo);
- scala di interpiano con struttura mista in profili metallici e lastre in vetro, posta nel locale di retrostante;
- gronde in legno a vista;
- tetto a più falde con strutture in legno alla lombarda;
- superficie coperta mq 80 circa; altezza fuori terra 6,50 ml.

B. Edificio adibito a locale tecnico (locale Caldaia) a servizio della Chiesa:

Un corpo a pianta quadrata mono piano posto in aderenza al corpo "A", adibito a locale tecnico a servizio della chiesa Parrocchiale, avente le seguenti caratteristiche strutturali:

- fondazioni continue in muratura di mattoni pieni;
- murature di elevazione in mattoni pieni e pietra faccia a vista sp = 40 cm;
- tetto a padiglione con strutture in legno alla lombarda e gronda in legno a vista;
- superficie coperta mq 20 circa, altezza media fuori terra 4,10 m

4.2 Stato di consistenza

Allo scopo di verificare lo stato di consistenza statico si sono effettuati alcuni sopralluoghi allo scopo di accertare le cause del diffuso stato fessurativo riscontrato negli elementi strutturali verticali dei vari corpi di fabbrica sopradescritti; al momento non esistono vizi e difetti strutturali che possano compromettere la stabilità globale dei due corpi.

A seguito di monitoraggi invasivi delle fondazioni non si sono riscontrati, a occhio nudo, particolari difetti strutturali e/o cedimenti. Nel corso dei controlli si è potuto anche verificare le caratteristiche di resistenza e la natura dei terreni su cui insistono le fondazioni dei vari corpi di fabbrica. In particolare si è riscontrato quanto segue:

- terreno di fondazione dei due corpi di fabbrica costituiti da breccia di fiume, fronte SUD – EST;
- in calcare frantumato per il fronte NORD del fabbricato municipale
- nella parte NORD del corpo municipale si sono notate venute d'acqua a circa 1,20/1,40 m, dal piano del pavimento del cantinato all'unghia delle fondazioni;
- la resistenza utile media di tutti i terreni sopra descritti è risultata pari a circa 2,5 daN/cm²

Si deve ritenere pertanto che lo stato fessurativo in atto è causato da costanti assestamenti dei piani di fondazione, verificatesi dal momento della loro edificazione, che si può far risalire, per il corpo di fabbrica, negli anni precedenti l'ultima guerra mondiale, giacché lo stesso era stato realizzato come corpo in aggiunta al blocco edificatorio principale adibito al culto.

4.3 Quadro fessurativo

Dall' esame dello stato fessurativo è emerso quanto segue:

- Ipotizzando tutti i fabbricati come un unico manufatto a rigidità infinita si rileva che lo stesso sta lentamente, ma costantemente, cedendo su un piano sghembo orientato secondo l'asse diagonale NORD-OVEST ÷ SUD-EST.
- L'inclinazione di quasi tutte le fessurazioni è disposta a 45° rispetto all'asse orizzontale, ad eccezione di quelle che si osservano in corrispondenza all'attacco del corpo adibito a spazio museale con il vano tecnico e quelle presenti nella superficie tra le due aperture allineate in verticale, che risultano essersi formate con sviluppo zenitale.
- Le più importanti fessurazioni sono presenti nelle murature di spina, specificatamente in quella posta a confine fra le stanze espositive interne e quella presente tra l'edificio museale ed il tecnico adibito a "centrale termica".

4.4 Interventi previsti

Con riferimento a tutto quanto sopraesposto gli interventi previsti, rientranti nella categoria dei vari corpi di fabbrica, sono i seguenti:

- palificazioni delle fondazioni per il trasferimento parziale dei carichi, tuttora gravanti sul terreno di fondazione, a micropali della lunghezza di circa 6,5 m disposti, lungo il fianco esterno delle murature di fondazione esistente, dimensionati in base alle risultanze delle indagini geologiche effettuate, per una Portata massima o Resistenza massima di progetto in condizioni (A1+M1+R3) pari a $R_p = 10,7 \text{ t/cad}$, al fine di ridurre e rendere omogenee, per quanto possibile, le sollecitazioni unitarie ed i cedimenti, sul

terreno di fondazione;

- messa in opera di vetrini e/o fessurimetri per controllare eventuali cedimenti che si dovessero riscontrare in corso d'opera;
- controllo dei piani di fondazione dei vari corpi di fabbrica.

L'intervento di consolidamento strutturale dei piani fondali consiste nella realizzazione di micropali posti ad un'interasse variabile da 0,75 ml – 0,80 ml aventi una lunghezza d'infissione variabile dai 6,00 ml ai 7,00 ml, nello specifico;

- micropali aventi diametro di resa pari a 200mm con camicia in acciaio di diametro 127,0 mm spessore 9,00 mm, lunghezza 6,50 ml lungo i lati perimetrali di monte e lungo il perimetro di valle.

Dette lunghezze dei micro-pali garantiscono un'infissione degli stessi nei sub-strati di marna consolidate per almeno una profondità pari a 3,00 ml, il tutto come meglio evidenziato negli elaborati grafici.

La connessione delle travi testa-palo alle fondazioni esistenti verrà garantita mediante l'infissione nelle stesse di connettori a barra in acciaio B450C di diametro 30mm, superiori ed inferiori posti ad interasse $i=25\text{cm}$. Inoltre, a vantaggio di sicurezza, ed al fine di garantire il trasferimento dei carichi gravitazionali dell'intero stabile in corrispondenza dell'asse dei micro-pali si darà corso all'infissione di putrelle HEA140 nelle fondazioni esistenti con inghisaggio delle stesse nella trave testa-palo di nuova realizzazione.

5. CARATTERISTICHE DEL TERRENO

A seguito di integrazione della relazione geologica da parte del Dott. Manuel Elleboro, i sub-strati dei terreni ospitanti i piani fondali si caratterizzano per le seguenti caratteristiche litologiche;

LIVELLO I: Argille limose da molli a poco consistenti e caratterizzate da valori di N mediamente compresi tra 4÷8, sino ad una profondità di -3,00ml.

LIVELLO II: Substrato compatto di natura calcareo-marnoso-arenacea, bed-rock caratterizzato mediamente da valori di $N=25\div35$, quindi in profondità successive $N>100$.

6. MATERIALI IMPIEGATI E SOLLECITAZIONI MASSIME

Calcestruzzo: per sottofondi non armati (Magroni)

C12/15 (Rck 150 daN/cm²)

Classe di esposizione: XC3

Classe di consistenza: S4 – S5

per fondazioni, travi, corree e getti di completamento in opera

C30/35 (Rck 350 daN/cm²)

Rapporto massimo a/c 0,55

Classe di esposizione: XC2

Classe di consistenza: S4 – S5

Diametro massimo aggregato: 32 mm

Acciaio: per strutture in cemento armato

Acciaio B450C

per manufatti in carpenteria metallica profili laminati a caldo

per profilati HEA140 Acciaio S355 (Ex Fe510)

per micropali Acciaio S355 – XS2

Saldature: in officina ed in opera

classe B elettrodo per saldatura ad arco UNI 5132 – E44.

Procedimento di saldatura all'arco elettrico secondo UNI EN ISO 4063 : 2001

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

Intervento di consolidamento strutturale dell'immobile adibito a "Museo del Cavatappi"

7. DATI ASSUNTI A BASE DI CALCOLO

CALCESTRUZZO - ACCIAIO

Peso proprio c.a.	2500 kg/m ³
Classe c.l.s. strutture in fondazione	C30/35 (Rck 300)
Classe c.l.s. strutture in elevazione	C30/35 (Rck 300)
Acciaio c.a.	B450C
Acciaio per micropali	S355
Copriferro	30 mm
Rapporto E_s/E_c	15

8. PROGETTO DELLE FONDAZIONI DI TIPO INDIRETTO

8.01 Analisi delle fondazioni di tipo indiretto a rinforzo delle fondazioni esistenti

A vantaggio di sicurezza, per il calcolo dei micropali, consideriamo la condizione di carico più gravosa appartenente al plinto A1+M1+R3 che risulta essere il più caricato:

Dalla relazione geologica fornita dal Dott. Geologo Manuel Elleboro si evince che un palo del diametro di 200mm con infissione per una profondità variabile dai 6,00ml – 7,00ml ha una portata massima di 7.000 daN.

Si procede pertanto alla verifica dei carichi gravanti del singolo micropalo considerando a vantaggio di sicurezza, la condizione di lunghezza libera di infissione più elevata con la condizione di carico più gravosa appartenente alle fondazioni laterali.

8.02 Riferimenti normativi e norme di calcolo

- Legge 05.11.1971 n°1086 e s.m.i.;
- Norme UNI - CNR 10011 - 10012/67 e s.m.i.;
- D.M. 20.11.1987 e s.m.i. per le costruzioni in muratura;
- D.M. 09.01.1996 e D.M. 16.01.1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- Nuovo Testo Unico D.M. 14.01.2008
- Criteri normali della Scienza delle Costruzioni.

8.03 Analisi dei Carichi

I carichi gravanti sul terreno di fondazione, comprensivi dei pesi propri delle strutture dei sovraccarichi permanenti ed accidentali, assunti per la determinazione delle caratteristiche di sollecitazione delle palificate di fondazione sono:

Solaio tetto a vista in legno

Totale carico uniformemente distribuito 350 daN/mq

Solaio di piano primo con solaio ligneo (c.acc. 400daN/mq)

Carico totale uniformemente distribuito 720 daN/mq

Solai di piano primo con solaio in volta a muratura portante (c.acc. 400daN/mq)

Totale carico uniformemente distribuito 1020 daN/mq

Peso proprio di un palo H 7,00 m $p = 500 \text{ daN}$

8.03.1 Carichi gravanti sui micropali con calcolo di verifica

8.03.1.1 – Edificio museale realizzato su due livelli con interposto solaio di tipo ligneo

Carichi – gravitazionali

I carichi risultanti, comprensivi del peso proprio dei pali sono:

Piano copertura	$(350 \text{ daN/mq} \cdot 3,50 \text{ ml})/2=$	1.013,0 daN/ml
Muratura p.copertura-p.secondo	$(1800 \text{ daN/mc} \cdot 0,30 \text{ ml} \cdot 3,00 \text{ ml})=$	1.620,0 daN/ml
Piano Primo ligneo	$(720 \text{ daN/mq} \cdot 3,50 \text{ ml})/2=$	1.260,0 daN/ml
Muratura p.terra-p. primo	$(1800 \text{ daN/mc} \cdot 0,30 \text{ ml} \cdot 3,70 \text{ ml})=$	1.998,0 daN/ml

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

Intervento di consolidamento strutturale dell'immobile adibito a "Museo del Cavatappi"

Piano Terreno	$(1020 \text{ daN/mq} \cdot 0,50 \text{ ml}) / 2 =$	255,0 daN/ml
	Totale	5.891,0 daN/ml
Peso proprio fondazioni	$2500 \text{ daN/mc} \cdot 0,5 \text{ ml} \cdot 0,50 \text{ ml} =$	625,0 daN/ml
	Totale	6.516,0 daN/ml

Il carico totale gravante sul micropalo allo stato limite ultimo, sarà pari a:

Cricco gravitazionale agente lungo l'asse del micropalo in condizioni di S.L.U.:

$$N_{S.L.U.} = 6.516,0 \text{ daN/ml} \cdot 1,45 = 9.448,20 \text{ daN/ml}$$

I micropali del diametro $d=127\text{mm}$ spessore 10mm sono disposti con interasse $i=80\text{cm}$, pertanto il carico gravante su ogni singolo micropalo risulta essere pari a:

$$N_{\text{gravate a micropalo}} = 9.450,0 \text{ daN} \cdot 0,80 \text{ ml} = 7.560,0 \text{ daN/micropalo} < N_{rd} = 10.760,0 \text{ daN} \text{ (valore max definito dal Geologo - vedasi relazione geologico - tecnica allegata).}$$

8.03.1.2 – Edificio museale realizzato su due livelli con interposto solaio di tipo a volte

Carichi – gravitazionali

I carichi risultanti, comprensivi del peso proprio dei pali sono:

Piano copertura	$(350 \text{ daN/mq} \cdot 3,50 \text{ ml}) / 2 =$..	1.013,0 daN/ml
Muratura p.copertura-p.secondo	$(1800 \text{ daN/mc} \cdot 0,30 \text{ ml} \cdot 3,00 \text{ ml}) =$	1.620,0 daN/ml
Piano Primo a volta	$(1020 \text{ daN/mq} \cdot 4,50 \text{ ml}) / 2 =$...	2.295,0 daN/ml
Muratura p.terra-p.primo	$(1800 \text{ daN/mc} \cdot 0,30 \text{ ml} \cdot 3,70 \text{ ml}) =$...	1.998,0 daN/ml
Piano Terreno	$(1020 \text{ daN/mq} \cdot 0,50 \text{ ml}) / 2 =$		255,0 daN/ml

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

Intervento di consolidamento strutturale dell'immobile adibito a "Museo del Cavatappi"

Totale		7181,0 daN/ml
Peso proprio fondazioni	$2500\text{daN/mc} \cdot 0,5\text{ml} \cdot 0,50\text{ml} =$	625,0 daN/ml

Totale		7.806,0 daN/ml
---------------	--	-----------------------

Il carico totale gravante sul micropalo allo stato limite ultimo, sarà pari a:

Carico gravitazionale agente lungo l'asse del micropalo in condizioni di S.L.U.:

$$N_{S.L.U.} = 7.806,0 \text{ daN/ml} \cdot 1,45 = 11.318,0 \text{ daN/ml}$$

I micropali del diametro $d=127\text{mm}$ spessore 10mm , IN DETTA ZONA avente carichi gravitazionali maggiori, vengono disposti con interasse $i=75\text{ cm}$, pertanto il carico gravante su ogni singolo micropalo risulta essere pari a:

$$N_{\text{gravate a micropalo}} = 11.318,0 \text{ daN} \cdot 0,75 \text{ ml} = 8.488,50 \text{ daN/micropalo} < N_{rd} = 10.760,0 \text{ daN (valore max definito dal Geologo - vedasi relazione geologico - tecnica allegata).}$$

Carichi – sismici

- Si considera come valore di $a_g/g = 0,12$ a vantaggio di sicurezza.
- Analisi delle masse dell'edificio adibito a spazio museale, partendo dal piano copertura sino al relativo piano terra.

Area di influenza

$$A = 42,00 \text{ mq}$$

Perimetro influenza – zona soggetta a palificazione

$$P = 18,00 \text{ ml}$$

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

Intervento di consolidamento strutturale dell'immobile adibito a "Museo del Cavatappi"

Analisi delle masse piano copertura

Solaio manto di copertura: $350,0\text{daN/mq} \cdot 42,0\text{mq} = 14.700,0 \text{ daN}$

Quote alle quali sono applicate le masse: $q = 6,50\text{mt}$

Muro perimetrale p.copertura - p.1: $1.800\text{daN/mc} \cdot 0,3 \cdot 3,70\text{ml} \cdot 13,0\text{ml} = 25.975,0 \text{ daN}$

Quote alle quali sono applicate le masse: $q = 4,20\text{ml}$

Solaio orizzontamento p.1: media fra i carichi:

$(720\text{da/mq} + 1.020,0\text{daN/mq}) / 2 = 870 \text{ daN/mq}$ $870,0\text{daN/mq} \cdot 42,0\text{mq} = 36.540,0 \text{ daN}$

Quote alle quali sono applicate le masse: $q = 3,00\text{mt}$

Muro perimetrale p.primo-p.terra $1.800\text{daN/mc} \cdot 0,30 \cdot 3,00\text{ml} \cdot 13,0\text{ml} = 21.000,0 \text{ daN}$

Quote alle quali sono applicate le masse: $q = 1,50\text{mt}$

Le rispettive forze sismiche generate da una accelerazione pari a $ag/g = 0,12$ risultano essere pari a:

Solaio manto di copertura: $14.700,0 \text{ daN} \cdot 0,12 = 1.760,0\text{daN}$

Muro perimetrale p.copertura - p.2: $25.975,0 \text{ daN} \cdot 0,12 = 3.117,0\text{daN}$

Solaio piano 2: $36.540,0 \text{ daN} \cdot 0,12 = 4.385,0 \text{ daN}$

Muro perimetrale p.1 - p.t: $21.000,0 \text{ daN} \cdot 0,12 = 2.520,0 \text{ daN}$

che applicate alle rispettive quote mi generano un momento totale pari a:

$M = 1.760,0\text{daN} \cdot 6,50\text{ml} + 3.117,0 \cdot 4,20\text{ml} + 4.385,0 \cdot 3,00\text{ml} + 2.500,0 \cdot 1,50\text{ml} = 41.436,0 \text{ daNm}$

detto momento viene redistribuito sui micropali a rinforzo delle fondazioni esistenti posti lungo il lato perimetrale della zona di edificio adibito a spazio musela. Il numero totale dei micropali risulta essere pari a

Numero dei micropali nel tratto soggetto a dette azioni $n = 32$ micropali.

Pertanto il momento, generato dall'azione sismica, al quale è assoggettato ogni singolo micropalo, risulta essere pari a:

$$M_{\text{sismico}} = 41.436,0 \text{ daNm} / 18,0 = 2.325,0 \text{ daNm} \text{ (momento agente sulla testa del singolo micropalo)}$$

$$F_h = 11.318,0 \text{ daN} \text{ (sforzo assiale massimo al quale è soggetto ogni singolo micropalo).}$$

8.03.1.3 VERIFICA INSTABILITA' DEL PALO - (metodo omega)

Ai fini della verifica di instabilità del palo consideriamo il metodo omega:

La luce libera di inflessione è data da:

- L = lunghezza totale del palo = 6,50 mt
- h = altezza del dado di fondazione che mi genera una condizione di posizione rigida = 0,50mt
- l = lunghezza del palo a contatto con i sub- strati di terreno = 6,00 ml;
- l₁ = lunghezza effettiva di libera inflessione l=3,00ml, giacchè come anche evidenziato dal geologo Dott. Manuel Elleboro i sub-strati di terreno di marne consolidate sono presenti ad una profondità di -3,00mt, zona di incastro dei micropali.

Con schema di cerniera in sommità, in corrispondenza delle travi di fondazioni continue dell'edificio esistente, ed incastro alla base ove abbiamo l'ammorsamento con i sub-strati di marne - consolidate, caricato di punta, la lunghezza l₀, (metodo di Eulero) è pari a : L₀ = 2/3 * L

a vantaggio di sicurezza considero L₀ = L = 3,00 mt

il tubo della camicia in acciaio ha le seguenti caratteristiche:

massa = 18,30 daN/ml

diam.= 127,00 mm

spess.= 9,00 mm

area = 36,80 cmq

ρ = 4,15 cm (raggio giratore d'inerzia)

I = 634,00 cm⁴ (momento d'inerzia)

W = 99,00 cm³ (momento di resistenza elastico)

W = 137,00 cm³ (momento di resistenza plastico)

Classe acciaio S355 F_{yd} = f_{yk}/1,10 = 3.550 daN/cm²/1,10 = 3.200,0 daN/cm²

pertanto il valore di $\lambda = \frac{l_0}{\rho_{\min}} = \frac{300}{4,15} = 71,77$ al quale corrisponde un $\varpi = 1,30$

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

Intervento di consolidamento strutturale dell'immobile adibito a "Museo del Cavatappi"

$$\sigma_{s.l.u.} = \frac{11.318,00 * 1,30}{36,80} + \frac{2.325,0 * 100}{99,0} = 399,82 daN + 2.348,0 = 2.747,82 daN/cm^2 < 3.200 daN/cm^2$$

la camicia in acciaio, considerando l'azione sismica risulta essere soggetto ad una forzante orizzontale pari al 12% del carico gravitazionale che si sviluppa su 1,00ml di striscia di fondazione, pari a :

$$T = 11.318,0 * 0,12 = 1.358,20 daN \text{ (forza orizzontale prodotta dall'azione sismica).}$$

$$\tau = \frac{1.358,20}{A} = \frac{1.358,20}{36,80} = 37,64 daN / cm^2 \text{ ove } A = \text{area della camicia in acciaio}$$

$$\text{Pertanto la } \sigma_{IDEALE} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{2.747,82^2 + 3 * 37,64^2} = 2.748,60 daN/cm^2 < 3.200 daN/cm^2$$

8.03.1.4 VERIFICA COLLEGAMENTO TRAVE TESTA-PALO E FONDAZIONI ESISTENTI

Carichi – gravitazionali

I carichi risultanti, comprensivi del peso proprio dei pali sono:

Piano copertura	$(350 \text{ daN/mq} \cdot 3,50 \text{ ml})/2=$	1.013,0 daN/ml
Muratura p.copertura-p.secondo	$(1800 \text{ daN/mc} \cdot 0,30 \text{ ml} \cdot 3,00 \text{ ml})=$	1.620,0 daN/ml
Piano Primo a volta	$(1020 \text{ daN/mq} \cdot 4,50 \text{ ml})/2=$	2.295,0 daN/ml
Muratura p.terra-p. primo	$(1800 \text{ daN/mc} \cdot 0,30 \text{ ml} \cdot 3,70 \text{ ml})=$	1.998,0 daN/ml
Piano Terreno	$(1020 \text{ daN/mq} \cdot 0,50 \text{ ml})/2=$	255,0 daN/ml

Totale **7181,0 daN/ml**

Peso proprio fondazioni	$2500 \text{ daN/mc} \cdot 0,5 \text{ ml} \cdot 0,50 \text{ ml} =$	625,0 daN/ml
-------------------------	--	--------------

Totale **7.806,0 daN/ml**

Il carico totale gravante sul micropalo allo stato limite ultimo, sarà pari a:

Carico gravitazionale agente lungo l'asse del micropalo in condizioni di S.L.U.:

$N_{S.L.U.} = 7.806,0 \text{ daN/ml} \cdot 1,45 = 11.318,0 \text{ daN/ml}$

I micropali del diametro $d=127\text{mm}$ spessore 10mm, IN DETTA ZONA avente carichi gravitazionali maggiori, vengono disposti con interasse $i=75 \text{ cm}$, pertanto il carico gravante su ogni singolo micropalo risulta essere pari a:

$N_{\text{gravate a micropalo}} = 11.318,0 \text{ daN} \cdot 0,75 \text{ ml} = 8.488,50 \text{ daN/micropalo} < N_{rd} = 10.760,0 \text{ daN}$ (valore max definito dal Geologo – vedasi relazione geologico – tecnica allegata).

- Sforzo assiale al ml, $V_{slu} = 11.318,00$ daN/ml

Il centro del micropalo rispetto all'estremità della trave di fondazione esistente, direttrice lungo la quale si viene a scaricare la forza verticale, è ad una distanza pari a $d = 35$ cm, pertanto in presenza del singolo micro-palo si viene ad avere un momento pari a

$$M_{ed} = 11.318 \text{ daN/ml} \cdot 0,35 + 11.318,00 \cdot 0,12 \cdot 0,35 \text{ ml (mom. sismico)} = 3.960,0 + 475,00 = 4.436,0 \text{ daNmt}$$

Detto momento, considerano i connettori superiori ed inferiori inghisati nel dado di fondazione esistente in numero pari a $n = 3 + 3$ /ml diametro = 24mm (interasse $i = 25$ cm), sottopone ogni singolo connettore a degli sforzi di trazione e compressione pari a:

$$N1 = N2 = \frac{M_{ed}}{H \cdot n} = \frac{4.436,0 \text{ daNmt} \cdot 100}{36 \text{ cm} \cdot 3} = 4.110,0 \text{ daN}$$

$$\sigma_{IDEALE} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}$$

a) il valore di $\sigma = \frac{N1}{A} = \frac{4.110,0 \text{ daN}}{4,52 \text{ cm}^2} = 910,0 \text{ daN / cm}^2$

b) il valore di $\tau = \frac{V_{slu} / 6}{A} = \frac{11.318 / 6 \text{ daN}}{4,52 \text{ cm}^2} = 418,0 \text{ daN / cm}^2$

$$\sigma_{IDEALE} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} = \sqrt{(910,0^2 + 3 \cdot 418,0^2)} = 1.163,0 < 1.900,0 \text{ daN/cm}^2 \text{ VERIFICATO}$$

Verifica a Taglio Longitudinale DEI CONNETTORI nel Raccordo con Fondazione Esistente – Trave testa-palo

Calcolo del Taglio Agente SLU:

$V_{ed} = N_{slu} = 11.318,0$ daN (nella considerazione di una mensola caricata di punta dal carico concentrato)

Con:

$$N_{SLU} = 11.318,0 \text{ DaN/ml}$$

$$L_{muro} = 1,00 \text{ m}$$

Ottenendo:

$$V_{ED\ SLU} = 11.318,0\ daN$$

Calcolo del Taglio Resistente SLU:

$$V_{RD\ SLU} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_s}$$

Con:

A = area dell'acciaio: si scelgono di utilizzare 4+4 ferri \varnothing 24 mm ogni metro, ossia n° 4 ferri \varnothing 24 mm superiori + n° 4 ferri \varnothing 24 mm inferiori, per un totale di $4,52\ cmq \cdot 8 = 36,17$

f_{yk} = resistenza a rottura dell'acciaio per toni d'armatura = 450'000 KN/mq (B450 c)

γ_s = coefficiente parziale di sicurezza per toni per c.a. = 1,15

Ottenendo:

$V_{RD} = 36,17\ cmq \cdot 4.500,0\ daN/cm^2 / (\sqrt{3} \cdot 1,15) = 81.800\ daN \gg \gg V_{ED\ SLU} = 11.318,0\ daN$ VERIFICATO
--

VERIFICA A RIFOLLAMENTO DELLA MURATURA NEI PUNTI DI CONNESSIONE CON TRAVE TESTA-PALO

Resistenza caratteristica a compressione della muratura = 51 daN/cm² (malta M 2,5 pozzolana e resistenza caratteristica del blocco 150 daN/cm²)

Coefficiente di sicurezza = 2,5 (Classe I, Categoria II) x 1,35 (LC1) = 3,375

Resistenza di progetto a compressione della muratura = 51 daN/cm² / 3,375 = 15,11 daN/cm²

Si considera la resistenza peggiore a compressione presenti all'interno del pacchetto murario, al fine di preservare l'integrità delle stesse:

- muro di fondazione 30 cm;
- foro di inghisaggio: diametro = 28cm, lunghezza/profondità coinvolta l=30cm, n°7 connettori ogni 80cm.

$$T = V_{sd} = 8.490,0\ daN / 7 = 1.212,0\ daN$$

$$\sigma_{RIF.} = \frac{1.212,0daN}{30cm * 2,8cm} = 14,43daN / cmq < 15,11daN / cmq$$

Si specifica inoltre che a vantaggio di sicurezza, per contrastare eventuali sforzi torsionali indotti sulle fondazioni esistenti si andranno a porre, con interasse $i=1,50m$, delle putrelle HEA140 opportunamente inghisate nella fondazione esistente ed annegate nella nuova trave testa-palo. Con detto sistema si ridurranno anche gli sforzi di compressione sulla muratura portante in corrispondenza delle zone di inghisaggio dei connettori a barra di diametro=24mm.

VERIFICA DEI TIRANTI

Solaio manto di copertura: 350,0daN/mq*42,0mq=14.700,0 daN

Le rispettive forze sismiche generate da una accelerazione pari a $a_g/g=0,12$ risultano essere pari a:

Solaio manto di copertura: 14.700,0 daN*0,12 = 1.760,0daN

Abbiamo disposto un numero di tiranti pari a $n^{\circ}2$ del diametro $d=24mm$, pertanto lo sforzo di trazione massimo risulta essere pari a:

$$\sigma_{S.L.U.} = \frac{1.760,0daN}{4,52cmq * 2} = 195,0daN / cmq < 3.900,0daN / cmq$$

9. CONCLUSIONI

Per quanto non espressamente riportato nella presente relazione si dichiara che tutte le strutture sono state dimensionate nei limiti posti a base di calcolo.

Pavia, Luglio 2017

PROGETTISTA DELLE STRUTTURE