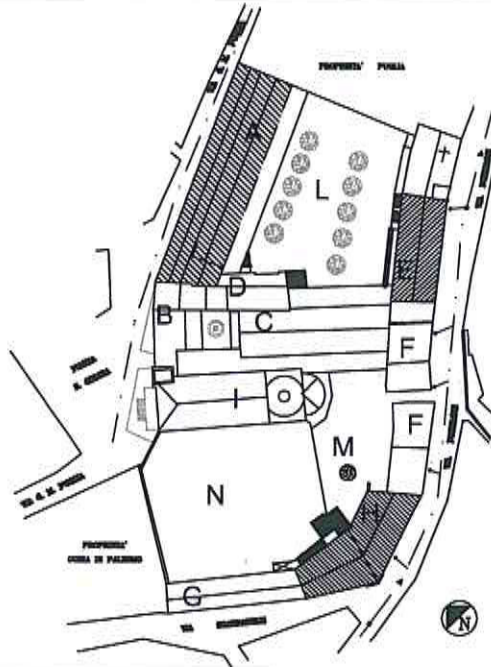


# COMUNE DI PALERMO

Interventi urgenti per la messa in sicurezza ed il miglioramento statico, con particolare riguardo ai corpi A, E ed H, del complesso monumentale di Santa Chiara compreso tra Rua Formaggi e piazza Santa Chiara a Palermo

## LEGENDA COMPLESSO S. CHIARA

- A Laboratori - Alloggi
- B Accoglienza
- C Teatro
- D Aule Didattiche
- E Refettorio - Cucina
- F Comunita' Alloggio
- G P.G.S. - Oratorio
- H Comunita' Alloggio
- I Chiesa
- L-M-N Spazi Liberi



## PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

CODICE ELABORATO <b>G.R001.B</b>		OGGETTO: Relazione generale	SCALA:
CODICE FILE G.R001.B			
REVISIONE N°	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE E RIFERIMENTI DOCUMENTI SOSTITUTIVI	
A	Marzo 2012	Emissione per consegna	
B	MAGGIO 2015	Aggiornamento	

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Bruno ORLANDO

PROGETTAZIONE:

Ing. Antonio Alparone

Arch. Giuseppe Costa

DIREZIONE LAVORI:

Direttore Lavori: Ing. Antonio Alparone

Direttore Operativo: Arch. Giuseppe Costa

RESPONSABILE PER LA SICUREZZA:

Arch. Calogero Marzullo

VISTI:



COMUNE DI PALERMO  
Ufficio Città Storica

Vista la verifica del 29/11/2016, si esprime **Parere Tecnico favorevole**, ai sensi dell'art. 5 comma 3 della L.R. 12/2011, prot. n. 1909718 del 29/11/2016, e si valida ai sensi dell'art. 26 comma 8 del del D. Lgs. 50/2016, con contestuale atto prot. n. 1914024 del 30/11/2016.



Il R.U.P.  
Ing. Bruno Orlando

# COMUNE DI PALERMO

## SETTORE CENTRO STORICO

“INTERVENTI URGENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA E IL MIGLIORAMENTO STATICO, CON PARTICOLARE RIGUARDO AI CORPI A ED H, DEL COMPLESSO MONUMENTALE DI SANTA CHIARA COMPRESO TRA RUA FORMAGGI E PIAZZA S. CHIARA A PALERMO”

### PROGETTO ESECUTIVO

### RELAZIONE GENERALE

PROGETTISTI: ING. ANTONIO ALPARONE  
ARCH. GIUSEPPE COSTA

Codice Identificativo Documento:	<b>G R 001 A</b>	Pagine del documento: 17
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	26/03/2009	Emissione
B	Maggio 2015	Aggiornamento
C		

ING. ANTONIO ALPARONE

V. FILIPPO BASILE 12 - 90141 PALERMO - G.F. LPRNTN70A0503511 - P. IVA 03357050875  
TEL. CELL. 3473253005 - E-MAIL: ANTONIALPARONE@YAHOO.COM

## **INDICE**

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELL'OPERA</b>	<b>4</b>
<b>3. STATO ATTUALE DELLE STRUTTURE.</b>	<b>4</b>
3.1.    Corpo A	5
3.1.1.    Colonne del Porticato	7
3.1.2.    Solaio in legno del 2° piano	8
3.1.3.    Sottotetto in cannucciato del terzo piano	9
3.2.    Corpo H	9
3.2.1.    Rilievo topografico e organizzazione strutturale	11
3.2.2.    Verifica delle murature portanti e delle fondazioni	11
3.2.3.    Solaio in cemento armato a quota +6.26 m	12
3.2.4.    Indagini sulle fondazioni	13
<b>4. INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO</b>	<b>13</b>
4.1.    Corpo A	13
4.2.    Corpo H	16



## 1. PREMESSA

Il Comune di Palermo, Settore Centro Storico, ha affidato gli incarichi di messa in sicurezza di diversi edifici di interesse storico ed artistico a seguito degli eventi sismici del 6 settembre 2002, secondo le modalità impartite dall'Ordinanza 3250 del Presidente del consiglio dei Ministri, del 8 novembre 2002: *"Primi interventi urgenti diretti a fronteggiare i danni conseguenti alla crisi sismica del 6 settembre 2002 nel territorio della provincia di Palermo, nonché procedure di snellimento per taluni obiettivi, ai sensi dell'art. 1, comma 2, della legge 31 dicembre 1991, n. 433, e successive integrazioni e modificazioni"*.

Tra gli edifici individuati dal Commissario Straordinario rientra anche il complesso di Santa Chiara, con un attività di messa in sicurezza e miglioramento statico a seguito dei danni subiti e del particolare pregio storico monumentale.

Il complesso di Santa Chiara presenta una particolare complessità architettonica, strutturale, storica in quanto è sede di successioni costruttive nel tempo che vanno dalla presenza di un muro punico ad interventi relativi alla prima metà del secolo scorso.

In passato, sono stati inoltre eseguiti interventi tecnologici, funzionali, distributivi e statici da parte dell'Ente Gestore (Salesiani), del FEC, e di altre amministrazioni pubbliche che portano ad oggi ad una situazione quanto mai varia ed articolata.

Sull'impianto originario del complesso di Santa Chiara sono stati effettuate nel tempo superfetazioni, nuovi orizzontamenti con tecniche diverse dalle originarie (ad es. solai in laterocemento al posto di quelli lignei) e lavori di ampliamento che hanno comportato una riorganizzazione strutturale degli elementi resistenti non sempre razionale, per cui vi sono dei casi dove gli interventi di messa in sicurezza da porre in atto sono stati attentamente valutati operando sia sul contesto strutturale attuale, sia ripristinando l'impianto strutturale originario.

Tra i vari edifici costituenti il complesso monumentale, si individuano i corpi A ed H come quelli che presentano delle situazioni puntuali di dissesto tali da rendere necessario un intervento di messa in sicurezza.

Per la redazione del Progetto Definitivo ed Esecutivo di intervento per i soli corpi A ed H che fosse compatibile con la strutture esistenti e rispettoso delle tecnologie costruttive impiegate, si è resa necessaria una campagna di indagini conoscitive strutturali e geotecniche ed un rilievo di dettaglio che hanno permesso di ricavare le resistenze effettive dei materiali presenti ed ottenere le dimensioni strutturali degli elementi portanti.

Il progetto Definitivo è stato sottoposto all'approvazione della Sovrintendenza BB.CC.AA delle Regione Siciliana, la quale ha fornito parere favorevole con alcune prescrizioni che sono state recepite nel Progetto Esecutivo.

## **2. DESCRIZIONE DELL'OPERA**

Il complesso di S. Chiara è costituito da più corpi di fabbrica adibiti a differenti funzionalità di servizi. La piantina generale riportata negli elaborati grafici fornisce l'identificazione di ciascun corpo.

Il complesso sorge nel quartiere dell'Albergheria (mandamento Palazzo Reale), ed è delimitato dalla via G.M. Puglia (ingressi alla Chiesa ed al Complesso sulla piazza Santa Chiara), dalla via Scarparelli e dalla Rua Formaggi. Dal momento che tra la piazza Santa Chiara e le vie Scarparelli e Formaggi vi è un dislivello superiore a 8.0 m, i corpi di fabbrica E, F, G ed H prospicienti su tali vie, hanno il lato verso i cortili interni parzialmente interrato (quota 0.0 di riferimento); in particolare i corpi G ed H presentano due elevazioni a partire dalla quota 0.0 e quattro elevazioni fuori terra sulle strade di affaccio.

Oggi i vari corpi di fabbrica che costituiscono il complesso sono destinati alle funzioni che l'ente gestore svolge nell'ambito delle attività religiose e socio-culturali. Il complesso presenta in particolare il corpo I che costituisce la chiesa ed il corpo C che identifica il teatro; quest'ultimo è ad oggi inutilizzato in quanto sono stati rinvenuti importanti ritrovamenti archeologici di precedenti costruzioni che meritano un opportuno progetto di valorizzazione e recupero.

Gli edifici oggetto del presente appalto sono i corpi A ed H che versano per diversi aspetti nelle condizione di maggior ammaloramento e ai quali nel prosieguo si farà esclusivamente riferimento.

## **3. STATO ATTUALE DELLE STRUTTURE.**

Per valutare lo stato di conservazione dell'opera sono stati eseguiti dei saggi sulle membrature campione più significative dell'opera. Dal momento che il complesso è stato nel passato già oggetto di studi ed indagini si è acquisita tutta la documentazione ritenuta rilevante per l'incarico in essere, soprattutto per quanto riguarda la parte geologico-geotecnica relativa ai sedimenti presenti ad ai pozzetti esplorativi sulla caratterizzazione delle strutture fondali presenti.

In aggiunta a quanto disponibile, si è proceduto con una campagna di indagini integrative che ha interessato sia le strutture murarie ed i solai dei corpi in appalto sia l'esplorazione dei suoli e delle fondazioni per quelle parti non ancora indagate dalle precedenti indagini.

La descrizione viene riportata in maniera differente per i due corpi, rispettivamente A ed H, in modo da distinguere in maniera più chiara, anche in sede operativa, quanto occorre prevedere per ciascuno di essi.



### 3.1. CORPO A

Il corpo A del complesso di Santa Chiara è un edificio di dimensioni in pianta pari a 45.0 m per una larghezza di circa 12.50 m; le strutture portanti verticali sono realizzate con muratura in blocchi di tufo e l'organizzazione strutturale prevede i maschi murari allineati nella direzione longitudinale di massimo sviluppo con un muro centrale di spina oltre i due d'ambito; non sono presenti maschi murari nella direzione trasversale. In elevazione sono presenti quattro piani fuori terra per una altezza totale pari a 20.0 m a partire dal cortile interno, posto circa alla stessa quota della via G.M. Puglia. Il solaio del primo livello è costituito da volte a crociera che si estendono anche al di fuori del corpo principale realizzando così una zona a terrazzo; in tal caso le volte sono sorrette da colonne monolitiche con eliminazione delle spinte tramite catene in acciaio. Il solaio del secondo livello è invece realizzato in legno a semplice orditura (travi e tavolato) mentre quello del terzo livello è in latero-cemento, essendo stato realizzato come superfetazione in epoca più recente. Il tetto infine è in legno con schema di capriate portanti, arcarecci e tavolato. Le fondazioni sono realizzate con allargamenti dei maschi murari e presentano un'altezza investigata da precedenti pozzetti esplorativi fino a -3.0 m dal piano di calpestio.

Ad oggi si nota che è stato di recente messo in atto un intervento di ripristino strutturale delle volte al piano terra che presentavano una lesione longitudinale; l'intervento è consistito nella rimozione al piano soprastante che caricava con eccentricità rispetto al centro volta trasferendo anche il carico del solaio del piano (appoggio delle travi in legno); si è poi intasata la lesione con elementi lapidei e provveduto ad iniettarla con opportune miscele, sostituendo e rinforzando anche le catene in acciaio necessarie per l'equilibrio delle spinte orizzontali.

Per quanto riguarda il Corpo A, il dissesto più evidente è il profondo ammaloramento del solaio di calpestio al piano secondo. Tale struttura è realizzata con travi in legno che presentano riduzione di sezione strutturale tant'è che al momento è presente un puntello per tutto lo sviluppo del solaio a limitare le forti inflessioni presenti. Il pavimento del solaio in questione è costituito da maioliche di pregio che andranno rimosse e catalogate utilizzando tecniche di intervento tipiche del restauro. L'immagine che segue mostra le condizioni attuali del solaio in questione



**Vista intradossale del solaio del secondo piano**  
*Si noti la posizione del tramezzo sulla foto precedente, evidenziata dall'assenza di vernice su tutte le travi*

Dallo studio dei luoghi e dalle prime analisi statiche è emerso che le travi in legno, oltreché ammalorate, sono anche sottodimensionate dal punto di vista della sezione strutturale; tale situazione è stata messa in evidenza quando si è effettuato l'intervento di consolidamento delle volte al piano terra. Infatti nel momento in cui si è rimosso il tramezzo del primo piano che caricava la volta è cambiato il cimento statico delle travi in quanto il tramezzo fungeva a tutti gli effetti da appoggio intermedio sulla luce totale di circa 6.0m e consentiva di ridurre la luce delle travi in legno garantendo la capacità portante del solaio e la sua limitata deformabilità; a questo punto è stato necessario introdurre l'attuale sistema di puntellamento per garantire la stabilità del solaio.

Sempre allo stesso piano vi è un'altra criticità da porre in evidenza che riguarda gli architravi delle aperture, le quali versano nelle condizioni di ammaloramento spinto sia lungo lo sviluppo sia nella zona delle testate, come rappresentato nelle figura seguente.





**Vista degli architravi del secondo piano**

Un altro fenomeno di dissesto risiede nelle colonne del porticato che presentano dei fuori piombo delle colonne in direzione trasversale all'edificio visibili anche ad occhio nudo accompagnati da taluni basamenti fortemente ammalorati.

Le indagini eseguite sul corpo A hanno riguardato essenzialmente il solaio in legno posto al secondo piano e le colonne del porticato esterno e sono nel seguito riassunte:

- 1) Verifica della verticalità delle colonne del porticato, con l'impiego di stazione laser;
- 2) Rilievo topografico delle travi del solaio del 2° piano, con l'impiego di stazione laser;
- 3) Indagini sui legni delle travi del solaio del 2° piano con prelievo di campioni e prove di laboratorio;
- 4) Campagna fotografica.

### **3.1.1. Colonne del Porticato**

Le colonne del porticato presentano, come già precedentemente accennato, dei fuori piombo più marcati nella direzione trasversale del corpo A, legati al fatto che l'edificio non presenta nessun maschio murario in direzione trasversale e ciò comporta elevati movimenti sismici nella direzione più debole, con evidenti fenomeni anelastici che lasciano la struttura in uno stato di equilibrio alterato alla fine di un evento tellurico. Tale situazione ha pertanto comportato un'eccentricità delle colonne dovuta ai fenomeni sismici avvenuti in passato. Le misurazioni di verticalità effettuate hanno mostrato che per le prime 2 colonne delle 5 presenti, l'eccentricità tra la sommità e la base (distanti circa 3.40 m) in direzione verso l'esterno dell'edificio, è superiore a 60 mm, mentre per la colonna 3 si ha una misurazione di 50 mm ed infine, per le restanti 2 si è trovato un'eccentricità intorno ai 30 mm.



Dal momento che il basamento presenta dimensioni pari a 50 cm, si può affermare che anche per le colonne 1 e 2 la risultante ricade ancora nel nocciolo d'inerzia distante 83 mm dal centro della sezione. Si fa presente che interventi recenti sul porticato e sulle volte interne hanno provveduto a sanare i dissesti presenti, inserendo delle catene e ricucendo le volte che presentavano ampie lesioni in chiave parallele ai muri esterni. Pertanto le spinte statiche sulle colonne sono eliminate ma, dal momento che, come già detto, non è presente nessun maschio murario ortogonale alla direzione di maggior sviluppo dell'edificio, qualunque oscillazione trasversale legate a fenomeni sismici, può provocare una perdita di equilibrio delle colonne.

Occorre pertanto risanare i basamenti che mostrano segni di rottura per eccessiva compressione, previa integrazione delle parti mancanti con elementi lapidei della stessa natura opportunamente cuciti con barrette in vetroresina e resina epossidica. Bisognerà inoltre verificare se al momento dei lavori le eccentricità rilevate delle colonne siano incrementate ed eventualmente intervenire ricentrando le colonne in pietra di Billiemi previo smontaggio delle stesse; le modalità di intervento dovranno essere concordate con la DL.

### **3.1.2. Solaio in legno del 2° piano**

Il solaio in questione è stato profondamente indagato in quanto versa nelle peggiori condizioni di conservazione.

Il rilievo ha evidenziato per la campata principale la presenza di 45 travi in legno di sezione originaria pari a 16x22 cm poste ad interasse trasversale di 70 cm e luce tipologica di 6.10 m. Nella campata minore, cioè tra il muro di spina e la via GM Puglia, la presenza del controsoffitto non ha permesso la visione del solaio, ma si può affermare che anche questo è in legno in semplice orditura con travi portanti e tavolato.

Con riferimento alla campata di luce maggiore (verso il cortile interno), le inflessioni delle travi misurate portano a frecce in mezzeria da 2 a 6 cm che però sono state bloccate dalla presenza del puntello predisposto a metà della luce. Le condizioni di conservazione delle travi sono alquanto precarie con riduzione di sezione a causa dell'attacco biotico ed alcuni elementi con evidenti segni di rotture strutturali. Si segnalano anche diversi casi di ammaloramento delle sedi di appoggio delle testate sulla muratura perimetrale.

Sul solaio in esame è stata condotta un'analisi di calcolo strutturale per valutare la capacità statica nella configurazione di luce libera (assenza di puntello). Il calcolo è stato seguito sia con riferimento ai soli carichi permanenti, sia nella configurazione di sovraccarico accidentale di norma (2.0 kN/mq per civile abitazione); i risultati portano a sollecitazioni sulle travi per i soli pesi propri e permanenti pari a 9.25 MPa (92.5 kg/cmq) e inflessioni di circa 4.50 cm (congruenti con il valore misurato). Nel caso si tenga conto della presenza del sovraccarico accidentale le tensioni massime raggiungono il valore di 14.8 MPa (148 kg/cmq) e frecce in mezzeria pari a

7.30 cm. Quanto ottenuto, a conferma del necessario intervento di puntellazione predisposto, porta a concludere che il solaio attuale non è idoneo a sopportare i carichi presenti nemmeno se le travi presenti fossero in buono stato di conservazione; gli ammaloramenti riscontrati non fanno altro che ridurre il livello di capacità resistente appena stimato.

### **3.1.3. Sottotetto in cannucciato del terzo piano**

Il sottotetto del corpo A è realizzato con cannucciato non calpestabile che ad oggi si presenta come in precario stato di equilibrio tant'è che è stato predisposto un sistema di puntellazione per il suo sostegno.

Tale elemento, di nessuna importanza storico-architettonica, può venire semplicemente rimosso in modo da consentire la fruibilità dei locali sottostanti, al momento preclusi ad ogni impiego. I sopralluoghi eseguiti mostrano infatti che lo stato di conservazione delle strutture del tetto in legno è da reputare accettabile, non necessitando particolari interventi di ripristino.

## **3.2. CORPO H**

Il corpo H è caratterizzato da una complessa disposizione delle strutture portanti sia per la loro posizione altimetrica sia per quella planimetrica. Infatti il corpo è fondato a livello della strada Rua Formaggi e contiene il terrapieno del cortile del complesso Santa chiara, con un dislivello di circa 8.50 m; da tale punto vi sono poi ancora due elevazioni con solai posti a +2.08 m e + 6.26 m dal piano del cortile. Sono presenti così un totale di 4 orizzontamenti interni più le strutture del tetto.

Dal punto di vista della costituzione morfologica, appare chiaramente come siano state attuate profonde modifiche durante la vita della struttura con variazioni attuate soprattutto a seguito dei bombardamenti bellici del 1943; sono state infatti ricostruite tutte le strutture dal secondo livello in poi, ed è stato edificato il solaio alla quota + 2.08 m con soluzione in latero-cemento poggiate ai bordi sulle murature d'ambito ed al centro su di un'intelaiatura a trave e pilastri in cemento armato, ricadenti sulle murature trasversali dei livelli inferiori.

Tale situazione ha richiesto un particolare studio relativo sia alla definizione corretta della geometria morfologico-strutturale sia alla individuazioni delle caratteristiche di resistenza meccanica degli elementi portanti, valutandone al contempo il loro stato di degrado e/o di ammaloramento.

Il dissesto maggiormente evidente risiede proprio nelle strutture in cemento armato e soprattutto nel solaio in latero-cemento; tale elemento risulta infatti completamente sfondellato con espulsione del ricoprimento e corrosione delle barre che risultano peraltro non più aderenti al



calcestruzzo. La fotografia seguente mostra quanto appena descritto:



**Vista del solaio in latero-cemento del corpo H**

Le indagini svolte sono state mirate alla determinazione delle resistenze dei materiali strutturali (calcestruzzo, acciaio, muratura), ad identificare geometricamente tutti gli elementi, ed in ultimo alla esplorazione delle fondazioni e alla caratterizzazione geotecnica dei sedimi su cui esse poggiano.

Pertanto si è predisposto una approfondito rilievo dei maschi murari e degli elementi presenti con tecnica di rilievo topografiche al laser in quanto la diversa quota del fronte sulla strada e di quello sul cortile interno determinano una complessa organizzazione strutturale che non risulta possibile individuare con le usuali tecniche di rilievo.

In seconda analisi si sono determinate le caratteristiche meccaniche delle murature tramite prove con martinetto piatto, e quelle dei calcestruzzi e degli acciai degli elementi in c.a. a quota +2.08 m dal piano del cortile.

Le indagini eseguite sono le seguenti:

- 1) rilievo morfologico del corpo H, incrociando i dati del rilievo topografico con integrazioni e verifiche manuali;
- 2) prove di determinazione di resistenza della muratura mediante doppio martinetto piatto;
- 3) prova di verifica della tensione agente sulla muratura mediante martinetto piatto singolo;
- 4) verifica dell'integrità e dello stato di conservazione delle murature mediante indagine endoscopica;
- 5) prove di schiacciamento su carote di calcestruzzo per determinare la resistenza a compressione;
- 6) prove di trazione su barre con misura delle resistenze degli acciai presenti.

Per quanto riguarda le fondazioni, si sono eseguiti due pozzetti esplorativi e due sondaggi geognostici, rispettivamente sulla via Scarparelli e su Rua Formaggi.

### **3.2.1. Rilievo topografico e organizzazione strutturale**

Il rilievo topografico svolto ha avuto come principale obiettivo la determinazione dei muri portanti (posizione e dimensioni) alle varie quote al fine di poter determinare i tassi di lavoro dei singoli maschi e, soprattutto, l'esatta posizione dei pilastri in c.a. in modo da verificare se fossero poggiati in corrispondenza dei muri portanti sottostanti oppure direttamente sulle volte, con particolare aggravio in termini statici.

Da quanto è emerso si è potuto constatare quanto segue:

- le murature portanti in generale sono costituite da conci calcarenitici di grandi dimensioni ben allettati con malta di calce; gli spessori murari sono pressoché costanti e pari a cm 80 circa. Questa tipologia è stata rilevata in corrispondenza del piano terra, l'ammezzato di piano terra ed il piano primo;
- i solai del primo livello seminterrato, con struttura portante in legno, si presentano in precarie condizioni di stabilità. Segni evidenti di tale condizione sono le numerose lesioni con andamento inclinato riscontrabili nei tramezzi poggiati direttamente sui solai, e le vibrazioni che si avvertono al semplice passaggio;
- le murature del secondo livello fuori terra realizzate durante i lavori di trasformazione a seguito dei bombardamenti del maggio 1943, sono state realizzate con materiali simili alle preesistenti, ma con sezioni di minore spessore;
- i pilastri in c.a. delle strutture del secondo piano ricadono in corrispondenza dei muri portanti sottostanti, come si dimostra sovrapponendo le piante di rilievo ottenute;
- l'ispezione del sottotetto ha evidenziato la presenza di un sistema di cordoli perimetrali sulla sommità delle murature del corpo H, sul quale si appoggiano un sistema di capriate lignee di recente realizzazione ed in buono stato di conservazione.

### **3.2.2. Verifica delle murature portanti e delle fondazioni**

Le murature portanti mostrano un accettabile stato di conservazione in quanto i blocchi calcarenitici non hanno mostrato fratture interne rivelandosi ben allettati con malta di calce. Lo spessore dei maschi murari è pari a 80 cm pressoché costanti per il piano terra, l'ammezzato ed il primo piano; per le murature del secondo piano ricostruite dopo gli eventi bellici, si sono riscontrate tipologie simili alle preesistenti ma con spessore dei maschi inferiori 8vedi punto



precedente.

La resistenza di tali murature è stata misurata con la tecnica di doppio martinetto piatto e il valore ottenuto è pari a  $1.05 \text{ MPa} = 10.5 \text{ kg/cm}^2$  con un modulo di Young di  $4306.7 \text{ MPa} = 43067 \text{ kg/cm}^2$ . Tale valore è ritenersi adeguato per la muratura in esame in relazione ai tassi di lavoro che sono stati misurati intorno a  $0.3 \text{ MPa}$  e risultano peraltro in accordo con le stime di calcolo.

In alcuni punti si sono riscontrate delle lesioni maggiormente localizzate all'attacco tra maschi murari ortogonali, rivelando un possibile degrado del mutuo immorsamento.

### **3.2.3. Solaio in cemento armato a quota +6.26 m**

Il solaio, eretto presumibilmente intorno agli anni 40, versa ad oggi in cattive condizioni di conservazione tant'è che i locali che insistono sullo stesso e supportati da esso sono opportunamente interdetti a qualunque utilizzo.

In pratica, come si potrà notare dall'esame della documentazione fotografica allegata al progetto, l'intradosso è completamente sfondellato con armature corrose ed espulsione del ricoprimento in calcestruzzo; la maggior parte delle pignatte sono in stato di rottura in quanto sono state presumibilmente asportate tutte le parti in pericolo di distacco con un intervento di disaggio; le armature pertanto non sono più aderenti e quindi non garantiscono il corretto funzionamento del meccanismo resistente flessionale.

La trave interna in c.a. ed i pilastri non mostrano invece evidenti segni di degrado facendo presumere un accettabile stato di conservazione.

Allo scopo di indagare sullo stato dei materiali in c.a., sono state estratte delle carote di calcestruzzo dai pilastri e sottoposte a prove di schiacciamento; al contempo si sono prelevate delle armature per valutarne la resistenza a trazione.

Dalle risultanze degli schiacciamenti ottenuti si è calcolata una resistenza caratteristica a schiacciamento del calcestruzzo pari a  $R_{ck} = 21.35 \text{ MPa}$ , mentre dalle prove di trazione sugli acciai si sono riscontrati valori della tensione di snervamento elevati pari a  $543 \text{ MPa}$  con tensione di rottura pari a  $808 \text{ MPa}$ .

A commento di quanto riscontrato è possibile affermare che i dati sugli acciai sono molto elevati, superiori ai valori di norma per gli acciai da cemento armato che infatti devono avere tensione di snervamento di  $430 \text{ MPa}$  e tensione di rottura pari a  $540 \text{ MPa}$ ; il buon risultato di resistenza non si accompagna però con quello di allungamento a rottura che in un caso è inferiore al valore da impiegare per le verifiche in modo da garantire sempre rotture duttili evitando meccanismi di rottura fragili. Le barre inoltre sono lisce e non ad aderenza migliorata come viene richiesto per le zone sismiche. Ciò che invece si evidenzia sono le modeste caratteristiche meccaniche del calcestruzzo che presenta una resistenza a compressione piuttosto

bassa, inferiore a 25 MPa e quindi non impiegabile, secondo le attuali normative, per strutture in zona sismica.

#### **3.2.4. Indagini sulle fondazioni**

L'analisi delle fondazioni, avvenuta tramite l'esecuzione di due pozzetti esplorativi, ha messo in luce come le strutture fondali sono costituite da conci ben squadrate di calcariniti a vario grado di cementazione giustapposti e legati con malte preparate a prevalente base di calce e sabbia. Il livello di approfondimento risulta di circa 1.60 m al di sotto del piano strada, poggiando pertanto su terreni di riporto ben addensati, costipati e compatti dalle modeste caratteristiche meccaniche. Le fondazioni presentano un allargamento della dimensione del muro portante di 15-20 cm.

Dai saggi geotecnici è emerso infatti che si tratta di depositi addizionati di tipo detritico con elementi lapidei eterogenei immersi in una matrice terro-sabbiosa. Le caratteristiche meccaniche dei terreni non sono elevate ma appaiono sufficienti visti i modesti tassi di lavoro scaricati dalle murature e soprattutto grazie al livello di approfondimento del piano di posa.

## **4. INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO**

### **4.1. CORPO A**

Gli interventi previsti nel corpo A sono legati al ripristino dei dissesti in atto, cercando di migliorare al tempo stesso il comportamento sismico della struttura. Si interviene quindi sul solaio in legno del secondo piano, che mostra carenze statiche, e sulle colonne del porticato, che potrebbero perdere l'equilibrio verticale se investite da ulteriori fenomeni sismici, non avendo riscontrato altri gravi segni di dissesto nelle rimanenti parti dell'edificio.

Per quanto riguarda le colonne del porticato si prevede un intervento di risanamento dei basamenti mediante le seguenti fasi operative:

- a) Puntellazione degli archi in muratura tramite opportuna centinatura e puntellazione del porticato;
- b) Rimozione della pavimentazione e scopertura della fondazione del basamento della colonna fino ad individuarne il piano di posa;
- c) Smontaggio degli elementi lapidei di finitura esterna dei basamenti previo bloccaggio della colonna mediante collari in acciaio rivestiti con cuscini in neoprene;



- d) Sostituzione degli elementi lapidei danneggiati e introduzione di elementi integri di medesima tipologia litoide cuciti con barrette in VTR e resina epossidica;
- e) Riposizionamento degli elementi di finitura esterni dei basamenti con sostituzione di quelli danneggiati;
- f) Ripristino della pavimentazione del cortile.

Nel caso si rilevi che le eccentricità delle colonne siano superiori a quelle rilevate ed indicate negli elaborati di progetto, si dovrà operare un intervento che comprenda anche il ricentraggio delle colonne mediante le seguenti fasi operative:

- a) Puntellazione degli archi in muratura tramite opportuna centinatura e puntellazione del porticato;
- b) Rimozione della pavimentazione e scopertura della fondazione del basamento della colonna fino ad individuarne il piano di posa;
- c) Smontaggio delle colonne e rimozione dei basamenti previo bloccaggio della colonna mediante collari in acciaio rivestiti con cuscini in neoprene;
- d) Sostituzione degli elementi lapidei danneggiati e introduzione di elementi integri di medesima tipologia litoide cuciti con barrette in VTR e resina epossidica;
- e) Riposizionamento dei basamenti in corrispondenza della verticalità degli archi di scarico da rilevare con strumento di precisione;
- f) Riposizionamento degli elementi di finitura esterni dei basamenti con sostituzione di quelli danneggiati;
- g) Ripristino della pavimentazione del cortile.

Con riferimento al solaio del piano secondo, si prevede la sostituzione degli elementi lignei presenti (travi principali e tavolato) con elementi sempre in legno ma di dimensioni opportune per consentire la necessaria resistenza ai carichi esterni. Inoltre lo schema strutturale del solaio attuale viene modificato inserendo un doppio tavolato incrociato connesso ad un massetto strutturale alleggerito ( $\gamma = 1400 \text{ kg/m}^3$ ) tramite connettori in acciaio al fine di garantire la rigidità di piano ed al tempo stesso migliorare la portata statica grazie alla mutua collaborazione tra le travi in legno ed il massetto stesso, resa possibile dall'impiego dei connettori in acciaio.

La solidarizzazione delle travi in legno con il doppio tavolato e con il massetto strutturale alleggerito permette di ottenere una struttura mista in cui vengono meglio sfruttate le

caratteristiche meccaniche dei materiali; il legno è sollecitato prevalentemente a trazione mentre il massetto strutturale risulta soggetto essenzialmente a compressione. I vantaggi che si ottengono, realizzando una collaborazione statica tra legno e massetto, sono molteplici: viene migliorata la resistenza meccanica, diminuite la deformabilità e il comportamento vibratorio, si incrementano sia l'isolamento termico che acustico e infine migliora la resistenza al fuoco dell'impalcato. Inoltre tale tecnologia, consente di avere un unico piano rigido che distribuisce le azioni su tutti i maschi murari presenti, aumentando l'efficienza sismica del complesso strutturale.

La presenza del pregiato pavimento posto al di sopra del solaio, comporta un intervento di rimozione del medesimo avendo cura che il distacco delle mattonelle in buone condizioni non vengano danneggiate; sono pertanto previste tecniche di restauro individuate nelle seguenti fasi lavorative:

- 1) Preconsolidamento delle superfici pavimentali, in incipiente stato di disgregazione, tramite impiego di silicato di etile dato a pennello o a spruzzo;
- 2) applicazione di tela tipo "forte venezia", data in opera con resina acrilica a freddo e/o colle animali;
- 3) catalogazione e marcatura dei brani pavimentali, compreso il rilevamento in scala adeguata e la formazione della mappa, finalizzato all'esatta individuazione e collocazione dei brani pavimentali.
- 4) distacco dei brani pavimentali precedentemente catalogati, e stoccaggio in apposite cassette, impiegando materiali necessari ed idonei per la conservazione (distanziatori, polistirolo etc.).

Al fine di non indebolire l'edificio durante le lavorazioni, si prevede che l'intervento di sostituzione delle travi presenti con nuove di sezione maggiore, avvenga per porzioni di solaio di larghezza pari a 4.0 m; dal momento che la lunghezza della manica è superiore 30.0 m, è possibile operare in contemporanea su due porzioni non ravvicinate (per esempio sfalsate di 15.0 m). L'intervento può essere pertanto essere descritto nei seguenti passi:

- a) Rimozione dei tramezzi trasversali che insistono sul solaio in oggetto;
- b) Smontaggio del pavimento in maiolica con catalogazione delle piastrelle, secondo le modalità indicata ai punti 1-4 precedenti o secondo le prescrizioni fornite dalla soprintendenza BB.CC.AA;
- c) Eliminazione del puntello per porzioni di solaio non maggiori di 4.0 m;
- d) Smontaggio delle travi interessate dalla porzione in lavorazione in esame; la destinazione degli elementi estratti (conservazione e/o eventuale reimpiego) verrà indicato dalla sovrintendenza BB.CC.AA;



- e) Inserimento delle nuove travi con ricostruzione delle basi di appoggio sugli architravi delle aperture a prospetto;
- f) Inserimento del tavolato sulle travi e dei connettori secondo le indicazioni degli elaborati grafici;
- g) Getto della massetto collaborante;
- h) Apertura della successiva porzione di solaio e ripetizione dei passi c) + f)

Si fa presente che il pavimento in maiolica rimosso verrà sottoposto all'esame della Sovrintendenza che ne disporrà il trattamento di conservazione e lo stoccaggio in opportune cassette catalogatrici, indicandone la destinazione più opportuna.

Si evidenzia inoltre che è presente nella parte terminale del solai un campo realizzato in latero-cemento e non intonacato all'intradosso, che presenta segni di efflorescenza ad indicare la possibile infiltrazione di acqua dai locali soprastanti. Per tale parte di solaio si prevede di eseguire una demolizione parziale e rimpiazzarlo con la medesima tecnologia in legno-clc prima descritta: la parte rimanente verrà successivamente demolita per accogliere il vano scala previsto in altro progetto già approvato dal Comune di Palermo, Settore Centro Storico con attestazione di conformità n 06 del 06/10/2009.

In ultimo, si prevede un intervento di manutenzione degli infissi del primo piano prospicienti il cortile interno tramite smontaggio dei medesimi, riparazione e ricollocazione con verniciatura protettiva e installazione di nuove lastre di vetro in sostituzione delle esistenti.

## **4.2. CORPO H**

Alla luce di quanto emerso ai punti precedenti, si è evidenziato che gli interventi da porre in atto per la messa in sicurezza del corpo H, riguardano essenzialmente le strutture in c.a. al livello +6.26 m ed i solai in legno del livello -4.16 m.

Nel primo caso il recupero del solaio presente in latero-cemento non appare la scelta più efficace da seguire, sia perché lo stato di ammaloramento è troppo avanzato, sia perché la realizzazione dei telai in c.a. ha eliminato le murature trasversali di collegamento con quelle perimetrali, abbattendo di fatto la resistenza strutturale dell'edificio in direzione trasversale nel caso di evento sismico.

Si propone pertanto di erigere nuovamente le murature presenti al piano inferiore e realizzare così una nuova serie di murature portanti e rimozione per sezioni del solaio in c.a. da sostituire con nuovi orizzontamenti lignei dotati di soletta collaborante in calcestruzzo alleggerito ( $\gamma = 1400 \text{ kg/m}^3$ ), in modo da risultare più idonei al tipo di struttura. Risulta evidente che, una volta portate in vista le murature, si dovranno realizzare opportune chiavi di taglio per

assicurare il mutuo collegamento delle murature ortogonali. L'impiego di elementi lignei per i solai consente inoltre di diminuire i pesi propri scaricando le murature sottostanti e riducendo i taglianti sismici grazie alla significativa minore massa presente, aggiungendo un più corretto coinvolgimento di tutti i maschi murari grazie alla presenza del diaframma di piano costituito dalla massetto strutturale (comportamento scatolare).

Occorre precisare che dalle ispezioni visive effettuate è emerso che le volte sottostanti presentano delle lesioni per cui, dal momento che si interviene con delle demolizioni del pavimento a quota +2.08 m, si prescrive di svuotare le volte e procedere al loro consolidamento mediante una cappa di calce idraulica armata con rete in poliestere, e successivamente riempire con argilla espansa al fine di alleggerire le masse sismiche presenti.

L'intervento può così essere descritto:

- a) Demolizione della pavimentazione in corrispondenza delle murature portanti presenti al livello +2.08 m rispetto al piano del cortile;
- b) Inserimento di catene di legatura dei muri d'ambito per garantire la necessaria rigidità sismica del complesso;
- c) Svuotamento delle volte in mattoni, e successivo consolidamento strutturale mediante applicazione di rete in poliestere rinforzato con fibra di vetro ancorata alla volta a mezzo di fori con perni di vetroresina nelle proporzioni di n.5 fori al mq, e cappa in malta di calce idraulica eventualmente fibrorinforzata dello spessore di 5 cm;
- d) Innalzamento di muri portanti, con ampie aperture dei vani, di fattura analoga a quelli presenti;
- e) Demolizione della pavimentazione e dei traversi che insistono sul solaio in oggetto;
- f) Demolizione del solaio in c.a. per porzioni (e relative strutture portanti travi e pilastri in c.a.) e ricostruzione dello stesso con elementi lignei principali e soletta in c.a. collaborante grazie all'impiego di connettori in acciaio;
- g) Ricostruzione delle finiture (massetti e pavimentazioni);

Per quanto riguarda i solai al livello -4.16 m, si prevede la loro completa sostituzione con solai di analoga fattura di quelli al piano superiore, quindi con travi portanti in legno e massetto strutturale alleggerito collaborante tramite connettori in acciaio.

Si prevede inoltre lo smontaggio degli infissi esistenti e la loro sostituzione con infissi di analoga geometria e costituzione.

In ultimo è prevista la revisione del manto di tegole con sostituzione di quelle rotte con analoghe di nuova fattura.