

For the construction an “expert” memory: the earthquake of 1818

Alessandro Lo Faro*, Attilio Mondello, Angelo Salemi

Highlights

The seismic events have influenced the habits of the population and the modalities of reconstruction of the historical centers. In eastern Sicily, from the disaster of 1693, designers and workers have been repeatedly engaged in the reconstruction and / or in the safety of the architectural heritage. From the documents we understand the intention to recover the efficiency of the constructive elements through the good rules of the art, proposing interventions often invasive for the original appearance of the buildings. Recent seismic events in central Italy demonstrate the relevance of the problem: it is necessary to read past earthquakes as tool for predicting the future behavior of historical buildings.

Abstract

The paper highlights the progressive awareness acquired by local designers, looking for an expert memory of the earthquake. This is possible through a transversal reading of the architectural transformations and of the anti-seismic protections adopted in Eastern Sicily in pre-industrial times. The paper outlines a rapid overview of the interventions and reconstruction policies following the 18th century earthquakes. The research summarizes part of a detailed analysis of the archive documentation related to the repair and reconstruction interventions following the 1818's earthquake in the territory of Catania (Italy). The final objective is thus to recover and analyse the design choices and the technical culture of the designers of the time.

Keywords

Anti-seismic protection, Traditional constructive techniques, Seismic risk, Eastern Sicily, 1818's Earthquake

1. INTRODUCTION

In the last twenty years, due to the succession of numerous earthquakes that have brought many regions of Italy to their knees, the problem of securing historic centers has been frequently addressed. Often it becomes a true protagonist in the periods immediately following the disastrous earthquakes and then returns to what Antonio Borri has called the *media forgetfulness* [1]. In fact, the perception of risk is physiologically weakened after having overcome the excited phases of the restoration of a presumed “normality”. The result of all this has often been translated both in inadequate and sometimes worse earthquake improvement interventions, and in the general immobility

Alessandro Lo Faro

DICAR – Dipartimento di
Ingegneria Civile e ARchitettura,
Università degli Studi di Catania,
Via Santa Sofia 64, Catania,
95123, Italia

Attilio Mondello

DICAR – Dipartimento di
Ingegneria Civile e ARchitettura,
Università degli Studi di Catania,
Via Santa Sofia 64, Catania,
95123, Italia

Angelo Salemi

DICAR – Dipartimento di
Ingegneria Civile e ARchitettura,
Università degli Studi di Catania,
Via Santa Sofia 64, Catania,
95123, Italia

* Corresponding author

Tel.: +39-0957382527

e-mail:

alessandro.lofaro@dar.unicit.it

of the decision-making bodies concealed behind the ever-present lack of funds. The management of our architectural heritage is complex due to the gap in the procedural process that leads from the risk analysis to the actions of protection, prevention and conservation.

For this reason, the most recent Italian Guidelines for the assessment of the seismic vulnerability of the historic building [2] further underlined the importance of the cognitive process of each element of the traditional factory in order to formulate preventive analyzes of the vulnerabilities on the basis of the empirical observations carried out on a large series of buildings already affected by earthquakes.

As claimed by Francesco Doglioni [3], *the description and interpretation of the observed damage tends to organize the experience in an “expert memory” of reference to which to draw to search and identify in a given building the typical and specific vulnerabilities, and to hypothesize the mechanisms and ways of damage they can.* This *expert memory* is based today on the conventional identification of macro-elements, understood as portions of the building that are constructively recognizable as unitary both from the architectural, functional and cinematic point of view.

The subdivision of the corpus of each building into macroelements allows a rapid classification of the triggering kinematics in each of them, starting from an empirical approach that also retrieves documentations and previous experiences [4]. Only after having ceating such a large amount of anamnesis on the building, it will be possible to positively influence the conservation and restoration project. Although the perception of risk is temporally fluctuating, in reality the construction of an expert memory is not new. The earthquakes have historically represented a real lesson, from which the architects and the workers have tried to draw the best lessons to formulate the most appropriate rehabilitative therapies.

A concrete example of this attitude can also be found in eastern Sicily. Here we would like to analyze the relapses of the seismic events that have affected this part of Sicily since the earthquake that hit the Val di Noto in 1693 and after the subsequent earthquakes of 1783 and of 1818.

2. STATE OF ART: EASTERN SICILY AND THE RECONSTRUCTION

In the pre-modern era the efforts made by the populations of the territories with high seismic risk for the repair and/or reconstruction of the architectural heritage have resulted in a progressive and continuous improvement of the local seismic culture. This has contributed for centuries to the preservation

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi vent'anni a causa del susseguirsi di numerosi eventi sismici che hanno messo in ginocchio molte regioni d'Italia, il problema della messa in sicurezza dei centri storici è stato affrontato di frequente. Spesso esso diventa vero protagonista nei soli periodi immediatamente successivi ai disastrosi terremoti per poi tornare in quello che Antonio Borri ha definito il dimenticatoio mediatico [1]. Infatti, la percezione del rischio si affievolisce fisiologicamente superate le fasi concitate del ripristino di una presunta “normalità”. Il risultato di tutto ciò si è spesso tradotto sia in interventi di miglioramento sismico inadeguati, e talvolta peggiorativi, sia nell'immobilismo generale degli organi decisionali celato dietro la sempre invocata mancanza di fondi. La gestione del nostro patrimonio storico-architettonico risulta complessa a causa del gap nell'iter procedurale che conduce dall'analisi del rischio alle azioni di tutela, prevenzione e conservazione. Per tale motivo, le più recenti Linee Guida Italiane per la valutazione della vulnerabilità sismica del costruito storico [2] hanno ulteriormente ribadito l'importanza del processo conoscitivo di ogni elemento della fabbrica tradizionale al fine di poter formulare analisi preventive delle vulnerabilità sulla scorta delle osservazioni empiriche svolte su un'ampia casistica di edifici già colpiti da eventi sismici. Come sostenuto da Francesco Doglioni [3], la descrizione e interpretazione dei danni osservati tende a organizzare l'esperienza in una “memoria esperta” di riferimento alla quale attingere per ricercare e individuare in un dato edificio le vulnerabilità tipiche e specifiche, ed ipotizzare i meccanismi e i modi di danno in essi possibili. Questa memoria esperta si basa oggi sulla convenzionale individuazione di macroelementi, intesi come porzioni del manufatto costruttivamente riconoscibili come unitarie sia dal punto di vista architettonico che funzionale e cinematico. La suddivisione del corpus di ogni edificio in macroelementi permette una rapida classificazione dei cinematismi inescapabili in ciascuno di essi, partendo da un approccio di tipo empirico che recuperi anche documentazioni ed esperienze pregresse [4]. Solo dopo aver costruito un così ampio bagaglio di anamnesi sulla fabbrica si potrà influenzare positivamente il progetto di conservazione e restauro. Nonostante la percezione del rischio sia temporalmente altalenante, in realtà la costruzione di una memoria esperta dal carattere empirico non è una novità. I terremoti hanno storicamente rappresentato una vera e propria lezione, dalla quale i tecnici e le maestranze hanno cercato di trarre i migliori insegnamenti per formulare le terapie riabilitative più opportune. Un esempio concreto di questo atteggiamento è riscontrabile anche in Sicilia orientale. In questa

of the cultural identity of the local community. The reconstruction following a catastrophic earthquake can be interpreted as a reaction of the community also from the point of view of the recovery of local economic development [5]. The Sicilian territory is no exception. The catastrophic action of the famous earthquake of 1693 placed the eastern Sicily, and the relative Spanish government, in front of the fundamental requirement of the reconstruction of the cities and the safeguard of the surviving population. These needs represented the catalytic element of a real revitalization of the local economies with the introduction of huge investments, after the economic depression that had crossed the Sicilian territory during the seventeenth century [6].

The started organizational machine triggered a radical transformation of urban fabrics with a design capacity that represented itself as a real indicator of a certain “anti-seismic” awareness acquired by the administrations and involved technicians. In this perspective, the re-design of the cities and the decision not to reconstruct some countries on the same site show the will to renounce the organization of the urban fabric of medieval origin, with narrow and tortuous paths, in favor of solutions able to manage the emergency of the earthquake in a more orderly and secure way. For this reason, the new *forma urbis* of Catania represented the paradigm to be followed also in the design of new settlements, the most famous of which is that of Noto certainly [7].

In the city under the Etna, the duke Giuseppe Lanza of Camastra, assisted by military engineers very active in the Spanish kingdom as Carlos de Grunembergh, promoted a series of criteria for the reconstruction that, while often remaining urbanistic indications, can be considered anti-seismic devices in a general sense [8]. The road axes, arranged almost orthogonally, are thus designed in such a way as to facilitate escape routes in the event of any emergencies, following a precise dimensional hierarchy of the sections of eight, six and four *canne* (equal to 16.51, 12.38 and 8.51 meters). These roads are interspersed with large squares that represent collection points for the population and first aid spaces for the construction of temporary shelters. As a consequence, at least as long as the perception of risk remained alive in the memory of citizenship, the height of the new buildings to be reconstructed was related to the size of the road sections, preventing the eventual collapse from involving citizens along the roads [9].

We can attribute to this prudent way of building both the desire not to reconstruct the very high bell tower of the Cathedral of the city (with its ninety meters of height), which on the occasion of the earthquake collapsed on the nave killing those who had sought refuge to invoke the divine help, both the small height of the bell towers rebuilt in Catania and in the Etna area in the

sede si vorrebbero analizzare le ricadute, ai fini della costruzione di una memoria esperta, degli eventi sismici che hanno interessato questa parte della Sicilia a partire dal terremoto che ha colpito il Val di Noto del 1693 e dopo i successivi eventi sismici del 1783 e del 1818.

2. STATO DELL'ARTE: LA SICILIA ORIENTALE E LE RICOSTRUZIONI

Nell'epoca pre-moderna gli sforzi compiuti dalle popolazioni dei territori ad alto rischio sismico per la riparazione e/o la ricostruzione del patrimonio architettonico si sono tradotti in un progressivo e continuo miglioramento della cultura sismica locale. Ciò ha contribuito per secoli anche alla conservazione dell'identità culturale della comunità locale. La ricostruzione successiva ad un catastrofico terremoto può essere interpretata come una reazione della comunità anche dal punto di vista della ripresa dello sviluppo economico locale [5]. Il territorio siciliano non fa eccezione. L'azione catastrofica del noto terremoto del 1693 pose la Sicilia orientale, ed il relativo governo spagnolo, dinanzi all'esigenza fondamentale della ricostruzione delle città e della salvaguardia della sicurezza della popolazione superstita. Tali necessità rappresentarono l'elemento catalizzatore di una vera e propria rivitalizzazione delle economie locali con immissione di ingenti investimenti, dopo la depressione economica che aveva attraversato il territorio siciliano nel corso del XVII secolo [6]. La macchina organizzativa che si innescò produsse una radicale trasformazione dei tessuti urbani con una capacità progettuale tale da rappresentare essa stessa un vero e proprio indicatore di una certa consapevolezza “antisismica” acquisita dalle amministrazioni e dai tecnici coinvolti. In quest'ottica, il ridisegno delle città e la scelta di non ricostruire alcuni paesi nello stesso sito dimostrano la volontà di rinunciare all'organizzazione del tessuto urbano di origine medievale, con percorsi stretti e tortuosi, a favore di soluzioni capaci di gestire l'emergenza del sisma in modo più ordinato e sicuro. La nuova forma urbis di Catania rappresentò per questo motivo il paradigma da seguire anche nella progettazione dei nuovi insediamenti, il più famoso dei quali è certamente quello di Noto [7].

Nel capoluogo etneo, il duca Giuseppe Lanza di Camastra, coadiuvato da ingegneri militari molto attivi nel regno spagnolo come Carlos de Grunembergh, promosse una serie di criteri per la ricostruzione che, pur rimanendo spesso indicazioni di carattere urbanistico, possono essere considerati dei dispositivi antisismici in senso generale [8]. Gli assi viari, disposti pressoché ortogonalmente, vengono così progettati in modo da facilitare le vie di fuga in caso di eventuali emergenze, seguendo una

years immediately following [10].

The just mentioned eighteenth-century anti-seismic awareness seems to be more focused on the aspects of the urban management of the emergency than to conscious technological expedients. From a constructive point of view, the anti-seismic protections and the repairs dating back to the post-earthquake reconstruction of the Val di Noto are mainly translated into the construction of elements as much as possible in line with the good rule of art, suggested by the empirical knowledge of building statics. Some writings by Rosario Gagliardi (1690 ca - 1762), an architect mainly active in south-eastern Sicily, demonstrated it: he suggested the most advisable adoption of vaults made of mat of reeds and gypsum plaster compared to the heavy vaults made of ashlar stone to crown the nave of some new churches [7]. Furthermore Gagliardi proposed reinforcements with iron rods in the churches of S. Maria La Rotonda and of S. Michele in Scicli (RG), demonstrating a deep knowledge of the truly effective interventions for anti-seismic purposes [11]. A widespread caution throughout Eastern Sicily provided that in most naves and cloisters pillar systems and no longer slender columns were adopted. Empirical solutions were also adopted for the structural improvement of the surviving bell towers. From some reports written by the architect Francesco Battaglia (1701 - 1788) to assess the conservation status of the mother church of Piazza Armerina, we learned that he proposed to strengthen the sixteenth century bell tower internally, demolishing the intermediate horizontal and existing stairs, to thicken the wall section and to insert a spiral staircase with open eye in stereometric blocks at the center of the tower shaft. This type of spiral staircase (*caracol de Mallorca*) placed inside an often full wall was repeated several times by Battaglia and other protagonists of the time in the reconstruction of different Sicilian ecclesiastical factories: for example by the same Gagliardi in the church of San Carlo in Noto [12]. Recent research has shown how these “massive” solutions and the eighteenth-century creation of churches with bell towers on the façade in a central position do not only respond to aesthetic requirements but also to the will to counter the phenomena of overturning the facades with the introduction of robust volumes that behave like buttresses. Think of the bell tower facades in the mother churches of Ragusa Ibla, Modica, Avola, Floridia, Buscemi, which show how this practice was widespread especially in south-eastern Sicily [12].

In addition to recourse to the good rule of art, there were also the first experiments with anti-seismic devices such as the adoption of wooden frames inside the walls; this structural system aimed to give a certain tensile strength to the supporting part of the so-called *accapannate* houses, quite similar to

precisa gerarchia dimensionale delle sezioni da otto, sei e quattro canne (pari a 16.51, 12.38 e 8.51 metri). Queste strade sono intervallate da ampie piazze che rappresentano punti di raccolta per la popolazione e spazi di primo soccorso per la costruzione dei ricoveri provvisori. Di conseguenza, almeno finché la percezione del rischio rimase viva nel ricordo della cittadinanza, l'altezza dei nuovi edifici da ricostruire fu rapportata alle dimensioni delle sezioni stradali, evitando che l'eventuale crollo coinvolgesse i cittadini accorsi lungo le vie [9]. A questo prudente fare architettonico si può così attribuire sia la volontà di non ricostruire l'altissima torre campanaria del Duomo della città (con i suoi novanta metri di elevazione), che in occasione del sisma crollò sulla navata uccidendo quanti vi si erano rifugiati per invocare l'aiuto divino, sia l'esigua altezza dei campanili ricostruiti a Catania e nell'areale etneo negli anni immediatamente successivi [10].

La già citata consapevolezza antisismica settecentesca sembra essere attenta più agli aspetti della gestione cittadina dell'emergenza che a consapevoli espedienti tecnologici. Dal punto di vista tecnico-costruttivo, i presidi antisismici e le riparazioni risalenti alla ricostruzione post terremoto del Val di Noto si traducono soprattutto nella realizzazione di elementi costruttivi il più possibile in linea con la buona regola dell'arte, suggerita dalla conoscenza empirica del funzionamento statico della fabbrica. Prova di tutto ciò sono anche alcuni scritti di Rosario Gagliardi (1690 ca - 1762), architetto attivo soprattutto nella Sicilia sud-orientale, nei quali si fa riferimento alla più consigliabile adozione di volte finte in canna e gesso rispetto alle pesanti volte realine in conci lapidei a coronamento delle aule delle nuove chiese [7]. Ancora Gagliardi propose rinforzi con tiranti in ferro nelle chiese di S. Maria La Rotonda e di S. Michele in Scicli (RG), dimostrando una profonda conoscenza degli interventi realmente efficaci ai fini antisismici [11].

*Un'accortezza diffusa in tutta la Sicilia orientale prevede che nella maggior parte delle navate e dei chiostrini vengano adottati sistemi a pilastro e non più ad esili colonne. Empiriche soluzioni furono adottate anche per il “miglioramento” strutturale delle torri campanarie superstiti. Da alcune perizie redatte dall'architetto Francesco Battaglia (1701 - 1788) per valutare lo stato di conservazione della chiesa madre di Piazza Armerina, il Battaglia propose di irrobustire internamente il cinquecentesco campanile demolendo gli orizzontamenti intermedi e le scale esistenti, ispessire la sezione muraria ed inserire una scala a chiocciola ad occhio aperto in conci stereometrici al centro del fusto della torre. Questa tipologia costruttiva di scala a chiocciola (*caracol de Mallorca*) collocata all'interno di uno spesso*

the houses with shutters that spread at the end of the eighteenth century in the Kingdom of the two Sicilies especially after the 1783 calabro-siculo earthquake and the anti-seismic regulation promulgated by the Bourbon government in 1785 [13]. In Catania, examples of timber-framed walls and masonry filling with lava slag can still be seen in the ruins of the perimeter walls of the Casa La Rosa, an eighteenth-century house built on the north-western sector of the Greek-Roman theater cavea [14]. Similar wooden protections were also adopted in other Italian geographical contexts (in L'Aquila after the earthquake of 1703) and in Portugal, where for the reconstruction of Lisbon after the earthquake of 1755, the supporting structure with a braced cage called "gaiola pombalina" was adopted [5 - 15].

The emblematic case of repair and consolidation of monumental buildings after the earthquake of 1783 is also the reconfiguration of the eastern front of the Palazzo degli Studi of the University of Catania. In 1785, the architect Antonino Battaglia (1755 ca - 1826), son of the mentioned Francesco, set up a counter-wall against the first level of the existing main facade and reduced the lights of the openings of the ground floor shops with the consequent redesign of the whole original architectural facies [16].

3. METHODOLOGY

Following a rapid excursus on the first two earthquakes and continuing the studies already begun in relation to the 1818 earthquake [17], the research is conducting an in-depth analysis of the copious archive documentation related to the telluric events and constituted by many requests for intervention and technical reports signed by the protagonists of the recovery program, kept at the State Archives of Catania [18]. Among the technical figures emerges the engineer Salvatore Zahra Buda (1770 - 1832), authentic promoter of all the interventions approved by the Earthquake Commission (Commissione per i Tremuoti), and other local professionals very active in those years, such as architects Antonino Battaglia, Sebastiano Ittar and others who are little or nothing known to historiography such as Francesco Crisafulli and Giovanni Fragalà architects and engineers Carlo Pulejo, Francesco Paolo Patanè and Giovanni Maddem.

Despite the complexity and the vastness of the documentary material, a cross-reading of the acquired data was undertaken, trying to place all the information within a synoptic framework that correlates the proposed interventions, the macro-elements and the damage mechanisms. In this way the documental data takes on a bivalent value: it allows a better understanding of the

pieno murario fu riproposta più volte dallo stesso Battaglia e da altri protagonisti del tempo nella ricostruzione di diverse fabbriche ecclesiastiche siciliane: ad esempio dallo stesso Gagliardi nella chiesa di San Carlo a Noto [12].

Recenti ricerche hanno dimostrato come queste soluzioni "massive" e la realizzazione settecentesca di chiese con torri campanarie in facciata in posizione centrale non rispondono solo ad istanze di tipo estetico ma anche alla volontà di contrastare i fenomeni di ribaltamento delle facciate con l'introduzione di robusti volumi che fungono da contrafforti. Si pensi alle facciate campanarie nelle chiese madri di Ragusa Ibla, Modica, Avola, Floridia, Buscemi che dimostrano come tale pratica fosse diffusa soprattutto nella Sicilia Sud-orientale [12].

Oltre al ricorso alla buona regola dell'arte, non mancarono le prime sperimentazioni di presidi antisismici quali l'adozione di intelaiature lignee all'interno delle murature; il sistema strutturale a graticcio mirava a dare una certa resistenza a trazione ai setti portanti delle cosiddette case accapannate, del tutto analoghe alle case baraccate che si diffusero alla fine del Settecento nel Regno delle due Sicilie soprattutto dopo il terremoto calabro-siculo del 1783 ed il regolamento antisismico promulgato dal governo borbonico nel 1785 [13]. Nel capoluogo etneo, esempi di muri a graticcio ligneo e riempimento in muratura con scorie laviche si possono ancora osservare nei ruderi dei pannelli murari perimetrali dell'ex Casa La Rosa, un'abitazione settecentesca costruita sul settore nord-occidentale della cavea del teatro greco-romano [14]. Analoghi presidi lignei erano stati adottati anche in altri contesti geografici italiani (a L'Aquila dopo il sisma del 1703) e in Portogallo, dove per la ricostruzione di Lisbona dopo il terremoto del 1755, fu adottata la struttura portante a gabbia controventata detta "gaiola pombalina" [5 - 15].

Caso emblematico di riparazione e consolidamento dell'edilizia monumentale dopo il sisma del 1783 è inoltre l'intervento di riconfigurazione del fronte est del Palazzo degli Studi dell'Università di Catania. Nel 1785, l'architetto Antonino Battaglia (1755 ca - 1826), figlio del già citato Francesco, predispose un contromuro addossato al primo livello della facciata principale esistente e ridusse le luci delle aperture delle botteghe del piano terra con il conseguente ridisegno dell'intero impaginato architettonico originario [16].

3. METODOLOGIA

Percorrendo un rapido excursus sui primi due terremoti e proseguendo gli studi già precedentemente iniziati in relazione al sisma del 1818 [17], la ricerca sta conducendo un'analisi approfondita della copiosa documentazione d'archivio relativa agli eventi tellurici e costituita da moltissime suppliche di

construction methods and of the technical culture of the professionals at the time. It is possible through the study of previous seismic events and repairs / project proposals that these events suggested. This reading also allows us to reconstruct the clinical history of individual artefacts not only through documents but also through direct comparison with the constructed object.

4. THE EARTHQUAKE OF 1818. SYNOPTIC READING OF PROJECT PROPOSALS

The earthquake that violently struck the Etna area between February 20 and 28 th, 1818 caused considerable damage to a large part of the existing architectural heritage, without razing it to the ground however. The Bourbon administration developed a specific apparatus for the purpose of financing, contracting and carrying out repairs and consolidation, which produced an enormous amount of documentary not yet adequately investigated, especially as regards the technological solutions proposed and/or adopted by the technicians appointed by the Commission for Earthquake. This commission had the task of verifying the effects of the earthquake on the entire territory of the Piedmont region: considering the only city of Catania, intervened on approximately 2.280 residential buildings and 73 buildings between hospitals, churches and monasteries [17 - 19]. According to the empirical-experimental studies, as already mentioned, the research, still underway, is exploring and classifying the project interventions presented to the Commission on the basis of the main macro-elements of the traditional buildings. The main repair/consolidation actions will be dealt with in the light of the current discretization of the traditional construction into macro-elements.

4.1 ACTIONS ON WALL PANELS

A frequently adopted expedient in the big monumental buildings, and already applied after previous seismic events, was the construction of counter-walls overlapping the external walls, to strengthen the existing wall thickness and avoid demolishing important parts of the building.

From the report that Antonino Battaglia provided to the Commission to detect the damage suffered by the “Palazzo degli Studi” of the University of Catania it is clear how the northern, southern and western fronts of the building showed evident out-of-plane walls and therefore an incipient overturning of the facades. As already seen on the eastern front in 1783, Battaglia held responsible for such problems the excessive width of the shops’ doors, the low thickness of the masonry and the inefficiency of the relative foundations.

intervento, perizie di parte e rapporti tecnici a firma dei protagonisti del programma di recupero, custoditi presso l'Archivio di Stato di Catania [18]. Tra i personaggi di spicco emerge l'ingegnere Salvatore Zahra Buda (1770 - 1832), autentico promotore di tutti gli interventi approvati dalla Commissione, e altri professionisti locali molto attivi in quegli anni, come gli architetti Antonino Battaglia, Sebastiano Ittar ed altri che sono poco o per nulla noti alla storiografia quali Francesco Crisafulli e Giovanni Fragalà architetti e gli ingegneri Carlo Pulejo, Francesco Paolo Patanè e Giovanni Maddem. Nonostante la complessità e la vastità del materiale documentale, si è intrapresa una lettura incrociata dei dati acquisiti, tentando di collocare tutte le informazioni all'interno di un quadro sinottico che metta in relazione interventi proposti, macroelementi e meccanismi di danno. In questo modo il dato documentale assume un valore bivalente, perché permette di comprendere meglio le modalità costruttive e la cultura tecnica dei professionisti dell'epoca, scandagliata anche attraverso l'analisi dei precedenti eventi sismici e delle riparazioni/proposte progettuali che tali eventi suggerirono. Tale lettura consente inoltre di ricostruire la storia clinica dei singoli manufatti non solo attraverso le “carte” ma anche tramite il confronto diretto con l'oggetto costruito.

4. RISULTATI: IL TERREMOTO DEL 1818: UNA LETTURA SINOTTICA DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI

Il terremoto che colpì l'areale etneo tra il 20 ed il 28 febbraio 1818 provocò ingenti danni a gran parte del patrimonio architettonico esistente senza tuttavia raderlo al suolo. L'amministrazione borbonica mise a punto uno specifico apparato, allo scopo di finanziare, appaltare ed eseguire gli interventi di riparazione e consolidamento, che produsse un'ingente mole documentaria non ancora adeguatamente indagata soprattutto per quanto concerne le soluzioni tecnologiche proposte e/o adottate dai tecnici professionisti incaricati dalla Commissione pe' Tremuoti. Questa commissione ebbe l'onere di verificare gli effetti del sisma su tutto il territorio pedemontano e, considerando la sola città di Catania, intervenne su circa 2.280 edifici residenziali e 73 immobili tra ospedali e reclusori, chiese e complessi conventuali [17 - 19]. Alla luce degli studi empirico-sperimentali, come già accennato, la ricerca, ancora in corso di svolgimento, sta vagliando e classificando gli interventi progettuali presentati alla Commissione in base ai principali macroelementi delle fabbriche tradizionali. Di seguito saranno trattati i principali interventi di riparazione/consolidamento alla luce dell'attuale discretizzazione della fabbrica tradizionale in

The solution adopted in 1818 was consistent with the choices made in 1785, that is the reconfiguration of each of the three fronts. Battaglia thus designed an external counter-wall attached to the existing façade using a conspicuous number of long semi-squared basalt blocks, called “*cannarozzoni*” (about five thousand and five hundred pieces). The counter-wall, with eight meters deep foundations, had a thickness that decreased with the height, from fifty centimeters of the ground floor to twenty-six of the upper end of the wall. The architectural re-composition of each front was resolved by marking the façades in horizontal bands, defined by the string courses of the three architectural orders; moreover, the doors of the shops were turned into windows [20].

Among the less known cases of counter-walls of strengthening, built during that period, we can mention the Mother Church of Santa Maria dell’Indirizzo at Aci Bonaccorsi. Built in the sixteenth century, the church, although not destroyed by the earthquake of 1693, suffered extensive damage during the earthquake of 1818.

In 1819, on the proposal of the engineer Carlo Pulejo, a counter-façade was built on the main front. At the original wall section of about ninety centimeters, a wall of equal thickness and thirty-four palms (about eight meters) was placed against the first architectural order. The load-bearing masonry of the second order was consequently demolished and rebuilt in line with the internal side of the underlying wall, but with a slightly lower thickness. The pursued design choice privileged the security of the structure rather than the safeguard of the original architectural facies of the front, which underwent a necessary reconfiguration able to conceal the non-complanarity of the upper part through a theory of pilasters supporting the high trabeation of the first architectural order.

The same type of action was also adopted on the lateral front of the adjacent bell tower, in which, to compensate for a probable overturning mechanism, in agreement with the workers involved in the construction of the new facade, the architect Francesco Crisafulli, delegate of Zahra Buda, he had made another perpendicular wall to the first one. This wall panel had a foundation eight inches deep (about two meters) with a section of almost one meter and a half (five palms). Today it is hidden by a body leaning against the temple in the late nineteenth and early twentieth centuries; in elevation the counter-wall was characterized by a tapered profile, with a section at the base of 3.6 palms (about one meter) and at the upper end of a palm (Fig. 1). An alternative to the protection of the wall was represented by the construction of masonry pillars affixed to the perimeter walls of the factories, which were also built to counteract possible overturning mechanisms.

macroelementi.

4.1 INTERVENTI SU PANNELLI MURARI

Un espediente frequentemente adottato nei grandi edifici monumentali, e già sperimentato a seguito dei precedenti eventi sismici, era la realizzazione di contromuri sovrapposti ai paramenti esterni, al fine di irrobustire la sezione muraria esistente ed evitare di demolire importanti porzioni delle fabbriche. Dalla relazione che Antonino Battaglia fornì alla Commissione per rilevare i danni subiti dal Palazzo degli Studi di Catania si evince come i fronti nord, sud e ovest dell’edificio presentassero evidenti masse fuoripiombo e dunque un incipiente cinematisimo di ribaltamento delle facciate. Come già notato sul prospetto est nel 1783, Battaglia imputò tali problemi all’eccessiva luce delle aperture delle botteghe, all’esiguo spessore murario e all’inefficienza delle relative fondazioni. La soluzione adottata nel 1818 fu del tutto coerente con le scelte assunte nel 1785, ovvero la riconfigurazione di ciascuno dei tre prospetti. Il Battaglia progettò così un contromuro esterno ammassato al prospetto preesistente tramite l’utilizzo di un cospicuo numero (circa cinquemila e cinquecento pezzi) di lunghi blocchi di basalto semisquadrati, detti cannarozzoni. Il contromuro, realizzato con fondazioni profonde otto metri, presentava una sezione che diminuiva con l’altezza, dai cinquanta centimetri del piano terra ai ventisei dell’estremità superiore. La ricomposizione architettonica di ogni fronte fu risolta scandendo l’impaginato architettonico in fasce orizzontali definite dai marcapiani dei tre ordini architettonici e le aperture delle botteghe furono trasformate in finestre [20].

Tra i casi meno noti di soluzioni progettuali di contromuri di consolidamento, possiamo citare la Chiesa Madre di Santa Maria dell’Indirizzo ad Aci Bonaccorsi. Di origine cinquecentesca, il tempio, sebbene non fosse stato distrutto dal sisma del 1693, subì ingenti danni durante gli eventi tellurici del 1818. Nel 1819, su proposta dell’ingegnere Carlo Pulejo, fu realizzata una controfacciata sul fronte principale. All’originaria sezione muraria di circa novanta centimetri, venne addossato un paramento murario di pari spessore e alto trentaquattro palmi (circa otto metri), in corrispondenza del primo ordine architettonico. La muratura portante del secondo ordine fu di conseguenza demolita e ricostruita in linea con il lato interno del paramento murario sottostante, ma con uno spessore leggermente inferiore. La scelta progettuale perseguita privilegiò la sicurezza della struttura piuttosto che la salvaguardia dell’originaria facies architettonica del fronte, che subì una necessaria riconfigurazione in grado di celare la non complanarità della parte superiore attraverso una teoria di lesene che sorreggono



Figure 1. Santa Maria dell'Indirizzo church in Aci Bonaccorsi (CT). East front and excerpt of the plant: in gray the original church system; in pink the counter-façade proposed by Ing. Carlo Pulejo; in yellow the new facade of the second architectural order; in green the side wall of the bell tower; in blue the works after 1819.

The most emblematic case is represented by the church of Santa Maria della Pace in Tremestieri Etneo (Fig. 2). For the main facade Zahra Buda designed four twin pilasters, bonded into the existing wall, which frame the entrance portal, the central window and support an imposing trabeation surmounted by a triangular tympanum.

From the reading of the documents and the on-site verification, it has been proved that each twin pilaster block, currently well distinguishable from the entrance portal, is 30 palms high, ie about 7.70 m, wide 5 palms (120 cm) and 3 thick (90 cm). These pilasters stand on two bases of which today it is possible to clearly see the arrangement of the ashlar: these, as well as the pilasters and the overlapping entrance and pediment, are in fact made of well-squared basalt ashlar of different sizes (Fig. 3) arranged according to band (*balatone*) and bond (*cannarozzoni*) elements.

These last ones are used to bond the new masonry well with the existing one “fitting it into the thickness of the wall”. In correspondence of the pilasters, Zahra Buda also prescribed to carry out an intervention in the foundations to increase the depth up to 8 palms and enlargement to the outside up to 4 (then about 25 cm more than the outer edge of the pilasters); on the contrary, from the reading of the results of the excavation test carried out following recent restoration work (2001), this last intervention was not done. The pilaster system was designed to prevent the phenomenon of façade overturning [21]. With the same construction technique a “dolphin” was built (ie a shaped buttress) near the wall of the bell tower which, according to what the engineer

l'alta trabeazione del primo ordine architettonico.

La stessa tipologia di intervento fu adottata anche sul fronte laterale dell'adiacente campanile, nel quale, per ovviare ad un probabile meccanismo di ribaltamento, in accordo con le maestranze impegnate nel cantiere della nuova facciata, l'architetto Francesco Crisafulli, delegato dello Zahra Buda, fece realizzare un ulteriore contromuro ortogonale al primo. Nascosto oggi da un corpo di fabbrica addossato al tempio tra la fine del XIX secolo e l'inizio del XX, questo paramento presentava una fondazione profonda otto palmi (circa due metri) con una sezione di quasi un metro e mezzo (cinque palmi); in elevazione il contromuro era caratterizzato da un profilo rastremato, con una sezione alla base di 3.6 palmi (circa un metro) e all'estremità superiore di un palmo (Fig. 1).

Un'alternativa al presidio dei contromuri era rappresentata dalla costruzione di pilastri in muratura apposti alle pareti perimetrali delle fabbriche, anch'essi realizzati per contrastare i possibili meccanismi di ribaltamento.

Il caso più emblematico è rappresentato dalla chiesa di Santa Maria della Pace a Tremestieri Etneo (Fig. 2). Per il prospetto principale Zahra Buda progettò quattro paraste binate, ammassate nella muratura esistente, che incorniciano il portale di ingresso e il finestrone centrale e sorreggono un'imponente trabeazione sormontata da un timpano triangolare. Dalla lettura dei documenti e dalla verifica in situ, si è evinto che ogni parasta binata, attualmente ben distinguibili lateralmente al portale d'ingresso, è alta 30 palmi, cioè circa 7.70 m, larga ognuna 5 palmi (120 cm) e spessa 3 (90 cm). Tali paraste

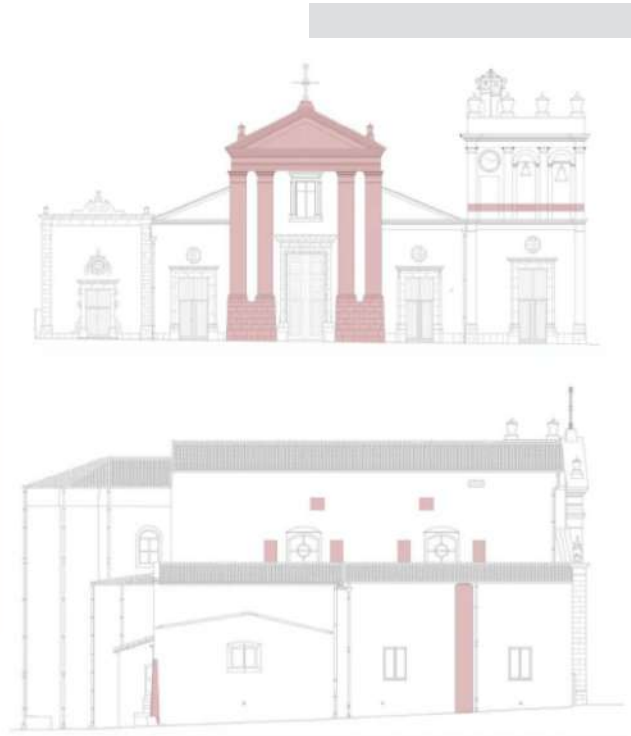
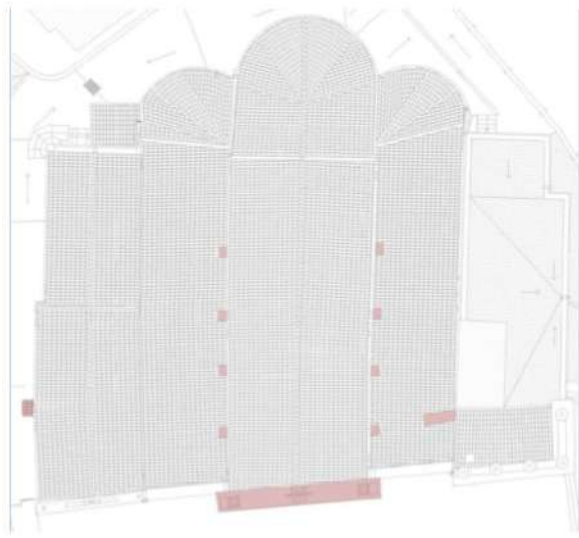


Figure 2. Santa Maria della Pace church in Tremestieri Etneo (CT). West front: in pink the system of twin pilasters, trabeation and tympanum leaning against the front of the church in 1819, lateral buttresses and new tie rods.

had written, should have continued up to the perimeter wall of the central nave: actually this buttress it does not touch the center of the right nave and it rests on the arch of the first span of the vault of this nave; with the same materials, eight other buttresses (four on each side) were placed near the wall panels of the central nave and probably built in the same period; all these buttresses should have served to counterbalance the lateral thrusts to which the masonry would have been subjected in the presence of the earthquake. Of such a realization, and therefore it has been hypothesized by Zahra Buda himself, it is the buttress which is located in the middle of the external face of the first room of the ex-oratory; it is not difficult to understand the reason for this consolidation: it is still visible in fact a notable lead and a swelling of this wall towards the outside [21].

Further consolidation was carried out in the bell tower, using 3 iron tie rods each 15 palms long and the tie improvement of the façade wall with that of the church through 3 “bonders” (morsature), and finally laying, to homogenize the movements of the two perimeter walls of the central nave and reduce the lateral thrusts, of other two iron tie rods at a third and two thirds of the central nave, 37 palms long.

The same intervention criterion was also proposed for the side fronts of various ecclesiastical buildings of the Etna area, which often present pillars and buttresses created during this period; pillars superimposed on the walls and created in this same period are located in the lateral fronts of the sanctuary

poggiano su due basamenti di cui oggi è possibile vedere chiaramente la disposizione dei conci: questi, così come le paraste e il sistema di trabeazione e frontone sovrastanti, sono infatti realizzati con conci di basalto lavico ben squadri di dimensioni variabili (Fig. 3) disposti secondo elementi di fascia (balatoni) e di punta (cannarozzoni). Questi ultimi servono per ammorzare bene la nuova muratura con la esistente “incastrandola nella grossezza del muro”. In corrispondenza delle paraste, Zahra Buda prescrisse anche di realizzare un intervento nelle fondamenta per aumentarne la profondità sino a 8 palmi e l’allargamento verso l’esterno sino a 4 (quindi circa 25 centimetri in più rispetto al filo esterno delle paraste); in realtà dalla lettura dei risultati dei pozzetti di sondaggio eseguiti a seguito di recenti lavori di restauro (2001), pare che quest’ultimo intervento non sia stato realizzato. Il sistema di paraste fu ideato per scongiurare il fenomeno del ribaltamento di facciata [21]. Con la stessa tecnica costruttiva fu realizzato un “delfino” (ovvero un contrafforte sagomato a scarpa) in prossimità del muro del campanile che, stando a quanto scritto dall’ingegnere, avrebbe dovuto proseguire sino al muro perimetrale della navata centrale: in realtà tale contrafforte non arriva a toccare la mezzeria della navata laterale destra e si poggia sull’arco di ossatura della prima campata della volta di questa navata; degli stessi materiali sono stati composti altri otto contrafforti (quattro per lato) posti in prossimità dei setti della navata centrale e realizzati probabilmente nello stesso periodo; tutti questi

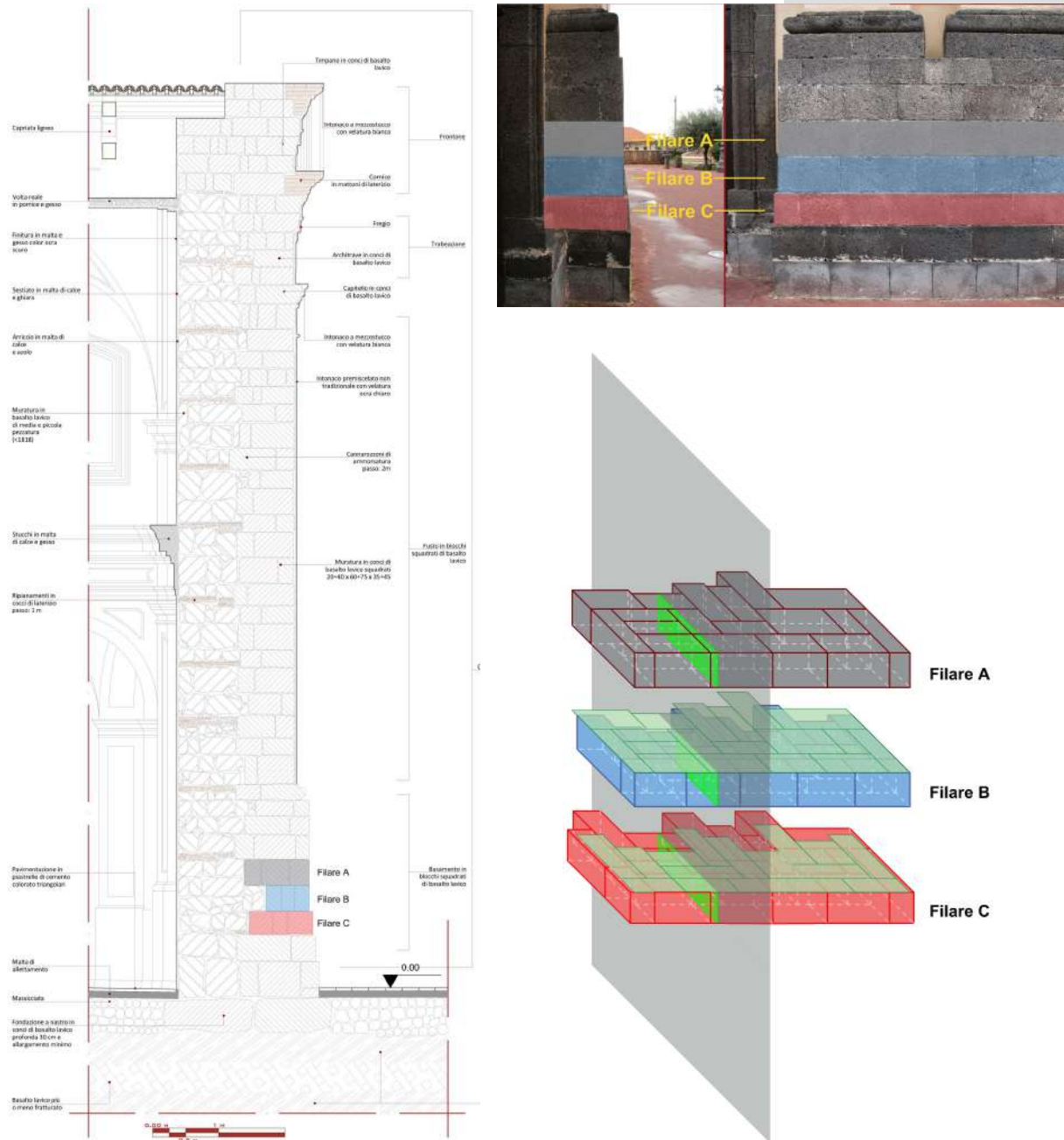


Figure 3. Santa Maria della Pace Church in Tremestieri Etneo (CT). On the left constructive section on the twin pilaster system. On the right organization of rows of basalt blocks in band elements (cannarozzoni) and bond elements (balatoni).

of Santa Maria della Catena (Fig. 4) and San Giacomo church, both in Aci Catena [17].

Archival research has shown frequent recourse to the demolition of entire walls and their reconstruction, trying to reuse as much as possible the materials deriving from the demolition, both for reasons of economic nature and speed in finding resources. Zahra Buda was aware of the not optimal quality of such a masonry, and therefore he required to lay the new walls with three palms thickness, interposing twenty-five ashlar (*cannarozzoni*) for each linear barrel of masonry (or about every two meters) with concrete composed

contrafforti sarebbero dovuti servire per controbilanciare le spinte laterali cui sarebbero state soggette le murature in presenza dell'evento sismico.

Di simile realizzazione, e quindi si è ipotizzato sia stato voluto dallo stesso Zahra Buda, è il contrafforte che si trova a metà del paramento esterno del primo vano dell'ex-oratorio; non è difficile capire il motivo di tale consolidamento: è tutt'oggi visibile infatti un notevole fuori piombo e uno spanciamiento di questo setto murario verso l'esterno [21].

Ulteriori consolidamenti furono realizzati nel campanile, tramite l'utilizzo 3 catene in ferro lunghe ciascuna 15 palmi e il miglioramento

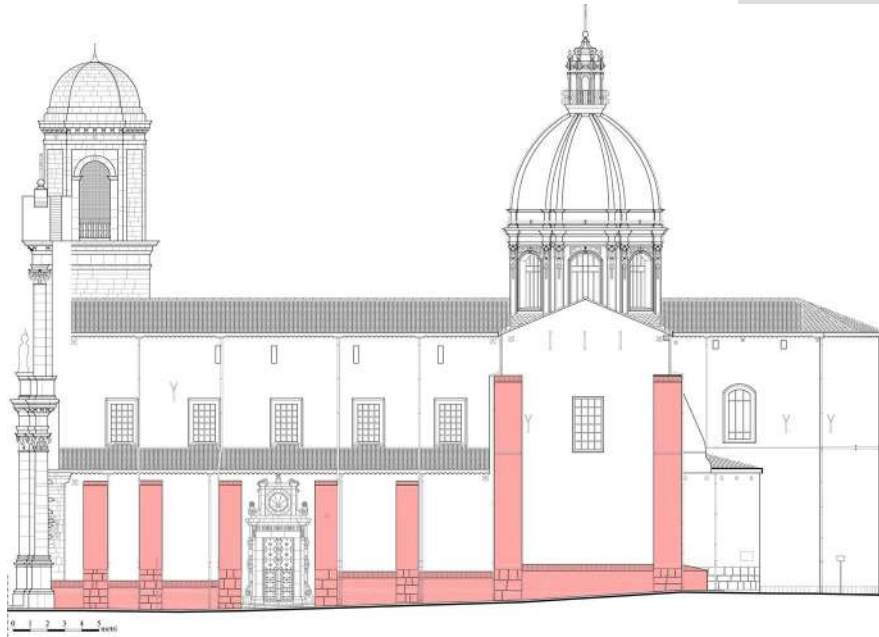


Figure 4. Santa Maria della Catena Church in Acì Catena (CT).
South West front: in pink leaned pilasters and basements against the façade in 1818.

of good mortar and the nearby river's sand (*calcestruzzo composto con buona calcina e arena del vicino torrente*). Scrupulous care was also given to the existing stone apparatus, which was not involved in the brutal demolition but, on the contrary, had to be dismantled by hand, carefully preserved and reassembled in the new walls, as in the case of the churches of San Giacomo and of Santa Maria della Consolazione in Acì Catena.

Two other recurrent interventions were the reduction of excessively wide openings in the walls of the great corridors of the convent buildings and the repair of the cracks in the masonry walls through cords made with real diatons in *cannarozzoni* generally 2.6 palms (about seventy centimeters) and inserted into the wall thickness forcefully.

As in the past, seismic improvement on residential buildings often resulted in the demolition of the top floors of buildings, usually the result of subsequent additions.

4.2 ACTIONS ON HORIZONTAL STRUCTURES

Both in the single-hall churches and in the last floors of the big monastery complexes and patrician houses, the concretion vaults were replaced with false vaults in reeds and gypsum mortar, if excessively damaged, or repaired by filling the cracks with pumice splinters and gypsum mortar.

The “anti-seismic” awareness and the improved technological knowledge of the designers of that time (also documented by the coeval manuals) are also

dell'ammorsatura del muro di facciata con quello della chiesa tramite 3 “morsature”, e infine la posa, per omogeneizzare i movimenti dei due muri perimetrali della navata centrale e ridurre le spinte laterali, di due catene in ferro a un terzo e due terzi della navata centrale, lunghe 37 palmi.

Il medesimo criterio di intervento veniva proposto anche per i prospetti laterali di diversi edifici ecclesiastici dell'areale etneo che presentano spesso pilastri e contrafforti realizzati proprio in questo periodo; pilastri sovrapposti ai muri d'ambito e realizzati in questo stesso periodo si trovano ad Acì Catena nei fronti laterali del santuario di Santa Maria della Catena (Fig. 4) e della chiesa di San Giacomo [17].

Le ricerche archivistiche hanno dimostrato un frequente ricorso all'abbattimento di interi muri d'ambito e alla loro ricostruzione, cercando di riutilizzare il più possibile i materiali derivanti dalla demolizione, sia per ragioni di natura economica che di velocità nel reperimento delle risorse. Consapevole della non ottimale qualità di una siffatta muratura, lo Zahra Buda imponeva di apparecchiare i nuovi setti murari con spessore di tre palmi, inframezzando venticinque *cannarozzoni* per ogni canna lineare di muratura (ovvero circa ogni due metri) con calcestruzzo composto con buona calcina e arena del vicino torrente.

Una cura scrupolosa era posta anche nei confronti delle decorazioni lapidee esistenti, le quali non venivano coinvolte nella brutta demolizione ma, al contrario, dovevano essere smontate a mano, accuratamente conservate e rimontate nella nuova struttura

demonstrated by the frequent use of chains in “Sweden iron” to counteract the thrusts of the real vaults, almost always computed on the number of used items and only rarely based on the weight of each chain.

The false vaults in reeds and gypsum mortar were often replaced or repaired locally; nevertheless, the consulted archival documents reveal also cases in which Zahra Buda or Ittar proposed to demolish them without rebuilding the vaulted systems, leaving exposed “*the attic*”, that is the wooden structures of the roof on which a plank was frequently placed to prevent any dripping of water coming from the tiles above.

An empirical solution, like a forerunner of summit curb in reinforced masonry, is also the master timber frame placed at the top of a “*appalazzata*” residential house in Catania, proposed to the Commission by the architect Fragalà. Above this frame, consisting of mutually linked beams, the bearing structure of the pitched roof had to be nailed.

Therefore, the bearing structures of pitched roofs were subjected to a meticulous revision that normally consisted in the replacement or in the “*ex-novo*” installation of trusses or of purlins and ridge beams. It has frequently been found the obligation to demolish also the last courses of the top walls, to rebuild perimeter walls in better quality masonry or, alternatively, to build small pillars; these masonry pillars were punctual supports for the trusses and were interspersed with a shoddy wall poor in mortar, called “*scagliando murando*”.

4.3 ACTIONS IN BELFRIES MACRO-ELEMENTS: TOWER AND BELL CELL

The carried-out research shows a significant amount of actions aimed at securing the bell towers leaning against the churches; these buildings are really more vulnerable than other buildings because of the very slender geometric configuration. In them we often notice the replacement of the intermediate bearing vaults with lighter horizontal elements as simple timber floors, as for example in the bell tower of the aforementioned church of Aci Bonaccorsi.

On the “bell cell” macro-element of many belfries, the designers often decided to demolish the archivolt, probably due to the rotation or sliding mechanisms of the ends of the piers. To prevent the recurrence of these kinematics, the technicians advised to make arches with minor span in pressed bricks and piers built with square basalt blocks. The conical or pyramidal spiers, placed at the crown of the bell cells, were generally in concretion with pumice stones or majolica bricks. These were reinforced with wooden or metal chains and the most evident cracks were filled.

muraria, come nei casi delle chiese di San Giacomo e di Santa Maria della Consolazione ad Aci Catena.

Altri due interventi ricorrenti erano la riduzione di aperture eccessivamente ampie nei muri di spina dei grandi corridoi presenti negli edifici conventuali e la riparazione delle fessurazioni nelle murature dissestate tramite ammorsature realizzate con veri e propri diatoni in cannarozzoni generalmente lunghi 2,6 palmi (circa settanta centimetri) ed inseriti a forza nello spessore murario.

Come già avveniva in passato, il miglioramento sismico su edifici residenziali si traduceva spesso nella demolizione degli ultimi piani degli edifici, in genere frutto di superfetazioni successive.

4.2 INTERVENTI SULLE CHIUSURE ORIZZONTALI

Sia nelle chiese ad aula che negli ultimi piani dei grandi complessi conventuali e delle case magnatizie, le volte realine a concrezione venivano sostituite con volte finte, se eccessivamente danneggiate, o riparate mediante risarcitura delle lesioni con schegge di pomici e malta di gesso.

La sensibilità “antisismica” e le migliorate conoscenze tecnologiche, documentate anche dalla manualistica dell'epoca, da parte dei professionisti coinvolti sono dimostrate anche dal frequentissimo uso di catene in ferro di Svezia per contrastare le spinte delle volte reali, computate quasi sempre in base al numero di elementi utilizzati e solo raramente in base al peso di ciascuna catena.

Le volte finte in camorcanna venivano spesso sostituite o riparate localmente; nonostante ciò, le carte d'archivio consultate rivelano anche casi in cui Zahra Buda o Sebastiano Ittar proposero di demolirle senza ricostruire i sistemi voltati, lasciando a vista la soffitta, ovvero le strutture lignee della copertura sulle quali veniva di frequente poggiato un tavolato che potesse scongiurare l'eventuale stillicidio di acqua proveniente dalle tegole soprastanti. Un accorgimento che fa pensare ad un empirico antesignano dei cordoli apicali in muratura armata è inoltre il telaio maestro di legname a perimetro di una casa appalazzata del capoluogo etneo proposto alla Commissione dall'architetto Fragalà. Su questo telaio costituito da travi dormienti collegate reciprocamente doveva essere inchiodata la struttura portante della copertura a falde.

Proprio le strutture portanti delle coperture a falde erano soggette ad una minuziosa revisione che normalmente si traduceva nella sostituzione o nell'inserimento ex-novo di capriate o di terzere e colmarecci.

Si è riscontrato di frequente l'obbligo di demolire anche gli ultimi filari delle murature apicali, per poter ricostruire dei cordoli perimetrali ben apparecchiati o, in alternativa, per realizzare dei piccoli pilastri, veri e propri appoggi

Alternatively, they could also be demolished and rebuilt proposing the same constructive technique, but predisposing some wooden shuttering, like a one-way framework inside the conical shell.

puntuali in muratura per le capriate inframezzati da una muratura più scadente povera di malta, detta scagliando murando.

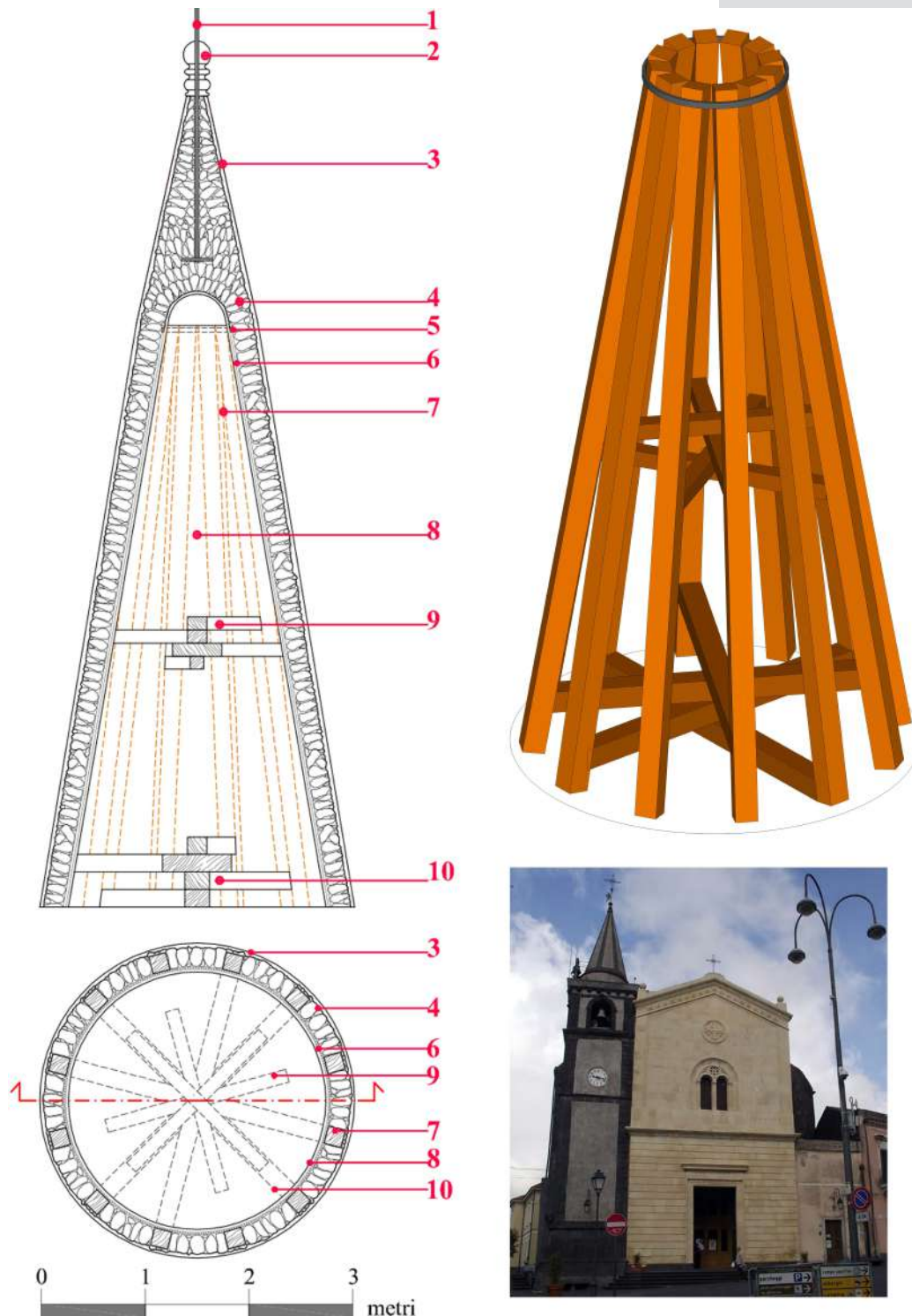


Figure 5. The spire of the bell tower of the Spirito Santo church in Nicolosi (CT). Graphic reconstruction according to the indications of the engineer Salvatore Zahra Buda: construction sections and 3D model of the internal wooden frame. Legenda: 1 Iron rod of the cross; 2 Pinnacle in lava stone; 3 External plaster in lime mortar and volcanic aggregates (“azolo”); 4 Concretional shell in pumice stone, lime mortar and volcanic aggregates; 5 Iron circle (presumed); 6 Mat of reeds; 7 Joists in chestnut wood (22 “palms” long and section of 8x8 “once”); 8 Internal plaster in lime mortar and volcanic aggregates (“ghiara”); 9 Oak chains (7 “palms” long and section of 6x6 “once”); 10 Oak chains (12 “palms” long and section of 8x8 “once”).

Two significant cases of this type, which therefore represents an empirical anti-seismic defence, similar to the aforementioned walls reinforced with wooden frame, are the spiers of the mother church of Spirito Santo in Nicolosi and the Basilica of Santi Apostoli Pietro e Paolo in Acireale.

In the first example, according to the detailed archive data found and in line with the constructive solutions of the local “good rule of art”, in October 1818 Zahra Buda ordered to rebuild the conical spire reusing the materials obtained from the demolition of the previous one.

He also designed thirteen chestnut wood joists, which constituted the generators of the cone and which had a square section with sides equal to eight “*once*” (about sixteen centimeters) and long twenty-two “*palms*” (about five meters); to strengthen and connect the diametrically opposed generator beams, there were also eight wooden chains, four of which were not built because they were considered superfluous by the same Zahra Buda in the execution stage. For these chains, the engineer prescribed to re-use the existing oak chains, as well as some additional iron chains. To complete this wooden structure were placed some mats of reeds, which defined the conical surface giving shape to the mortar casting. The dimensions of the current cone (completely consistent with the descriptions of Zahra Buda) and the wooden chains that can still be seen today inside the spire, would demonstrate the effective realization of this timber structure (Fig. 5).

A similar structure, covered with 500 pumice stones and lime mortar, was planned in the bell tower of the basilica of Santi Apostoli Pietro e Paolo in Acireale by the site manager engineer Michele Sciacca in 1820.

5. CONCLUSIONS

Referring to this rapid excursus and to the current Italian technical rules, we can consider the actions proposed and/or realized by the designers of that time perfectly coherent with the principles pursued by the improvement strategies suggested by the 2011 Italian guidelines; for this reason, these design choices demonstrate the relevance of the construction of an “*expert memory*” for the prevention and preservation of the traditional architectural heritage (Fig. 6). Memory is strongly influenced by frequency and intensity of the earthquake. Recent studies [5] have shown that when the seismic event was repeated in the timeframe of one generation, the community was oriented towards a “*culture of prevention*”, raising the level of the anti-seismic construction of traditional architecture. When a seismic event occurs again only after a long period (wider than the life cycle of a building), we observe a progressive erosion of the expert memory, which evolves towards a “*culture of reparation*”. Eastern

4.3 INTERVENTI NEI MACROELEMENTI TORRE E CELLA CAMPANARIA

Dalle ricerche condotte si denota una rilevante quantità di interventi volti a mettere in sicurezza le torri campanarie addossate alle chiese, più vulnerabili degli altri edifici a causa della loro configurazione geometrica molto snella. In esse si assiste spesso alla sostituzione delle volte reali dei piani intermedi con chiusure orizzontali più leggere quali solai lignei a semplice orditura, come ad esempio nel campanile della già citata chiesa di Aci Bonaccorsi. Sul macroelemento cella campanaria di molti campanili si ricorse spesso alla demolizione degli archivolti che ospitavano le campane, verosimilmente a causa di meccanismi di rotazione o scorrimento delle estremità dei piedritti degli archi. Per scongiurare il ripetersi di questi cinematismi, i tecnici consigliavano di realizzare archi con luci minori in mattoni pressati e piedritti costruiti con conci di basalto squadrato. Le cuspidi coniche o piramidali poste a coronamento delle celle, generalmente realizzate a concrezione con uno scheletro di pomice o di laterizi maiolicati, vennero rinforzate con catene lignee o metalliche e risarcite nelle lesioni più evidenti. In alternativa, esse potevano essere anche demolite e ricostruite riproponendo la tecnica costruttiva a concrezione ma predisponendo delle vere e proprie centine lignee a perdere che fungevano da intelaiatura all'interno del guscio conico.

Due casi significativi di questa tipologia di intervento, che rappresenta quindi un empirico presidio antisismico assimilabile ai già citati muri a graticcio, sono rappresentati dalle cuspidi della chiesa madre dello Spirito Santo di Nicolosi e della basilica dei Santi Apostoli Pietro e Paolo ad Acireale. Nel primo esempio, secondo i dettagliatissimi dati documentali reperiti e coerentemente con le soluzioni costruttive della regola dell'arte locale, nell'ottobre 1818 lo Zahra Buda ordinò di ricostruire la cuspidi conica riutilizzando i materiali ricavati dalla demolizione della precedente.

Egli dispose inoltre tredici travetti in legno di castagno, che dovevano fungere da generatrici del cono e che erano a sezione quadrata di lato pari ad otto once (circa sedici centimetri) e lunghi ventidue palmi (circa cinque metri); per irrigidire e collegare le travi generatrici diametralmente opposte erano inoltre previste otto catene lignee, quattro delle quali non furono realizzate perché ritenute superflue dallo stesso Zahra Buda in fase esecutiva. Per tali catene, l'ingegnere prescrisse di reimpiegare le già esistenti catene in rovere, oltre che alcune catene aggiuntive in ferro. A completamento di questa struttura lignea venivano posti dei graticci, probabili stuioie di canne, che definivano la superficie conica dando la forma al getto di malta. Le dimensioni dell'attuale cono,

Sicily is characterized by this second type of seismic culture, as shown by the seismic events we have discussed here. Although empirically, those designers of the past wanted to reinforce the resistant elements of the building, inserting new components, always compatible with existing ones, and reducing the masses involved; this is to remove local vulnerabilities and improve the overall behaviour of the structure, just as foreseen in the Italian Guidelines 2011 in paragraph 6.1.

Specifically, about the various macroelements, we always observe the empirical attempts to:

- Reducing the deficit of the reciprocal connections between the perimeter walls, with more efficient interlocks thanks to the insert of squared basaltic blocks, especially in the corners, and with the installation of iron chains connecting the opposing wall panels;
- Increase the strength of the wall elements and counter the overturning out-of-plane of the walls thanks to the thickening of the wall with counter-walls and pillars-buttresses;
- Increase the bearing capacity of foundations, amplifying thickness and depth;
- Reduce the thrust of arches and vaults, inserting iron chains and/or reducing the overlying loads or replacing them with less rigid and heavy systems;
- Operate on the roof, improving the mutual connections between the apical walls and the supporting structures of the roof (if possible, also with the addition of trusses and iron chains in presence of pushing wooden structures).

All the suggested interventions insist on bringing the damaged building organism back to its ideal “box behaviour”, showing little or no interest in the original “facies”. For example, as demonstrated in the case of the University of Catania Palace (Palazzo degli Studi) and the mother churches of the historic centres of Tremestieri and Aci Bonaccorsi, the improvement action became an opportunity for the renewal and/or completion of the whole building organism which thus assumed the image that is still manifest today.

In the contrast between conservation and safety, unlike current trends, these designers, children of their time, these designers greatly preferred safety in an attempt to ensure the safety of the population and preserve the function of the building organism rather than the appearance of the individual building and its consolidated image. Recovering today this “*expert memory*” can allow us to learn from the past, identifying the vulnerabilities that are still present and the possible damage scenarios [22], in line with the “Preliminary Study for the development of guidance tools for the application of seismic legislation

del tutto coerenti con le descrizioni dello Zahra Buda, e le catene in legno che si possono osservare ancora oggi all'interno della cuspide dimostrerebbero l'effettiva realizzazione di questa membratura lignea (Fig. 5). Una struttura simile, ricoperta di 500 pomice e malta di calce, fu prevista nel campanile della basilica dei Santi Pietro e Paolo ad Acireale dal capo mastro ingegnere Michele Sciacca nel 1820.

5. CONCLUSIONI

Da questo rapido excursus, alla luce delle attuali norme tecniche, gli interventi proposti e/o realizzati dai tecnici dell'epoca si possono considerare perfettamente in linea con i principi perseguiti dalle strategie di miglioramento suggerite dalle Linee Guida 2011 e per tale motivo dimostrano l'attualità e l'importanza della costruzione della memoria esperta per la prevenzione e la salvaguardia del patrimonio architettonico tradizionale (Fig. 6). La memoria è fortemente influenzata dalla frequenza ed intensità dell'evento sismico. Studi recenti [5] hanno dimostrato che quando il sisma si ripeteva nell'arco temporale di una generazione, la comunità si orientava verso una “cultura della prevenzione”, innalzando il livello della costruzione asismica dell'architettura tradizionale. Quando il ripetersi dell'evento tellurico avviene su un lungo periodo, più ampio del ciclo di vita di un edificio, si assiste alla progressiva erosione della memoria esperta, che si evolve verso una “cultura della riparazione”. Nella Sicilia orientale, come dimostrano gli eventi sismici di cui abbiamo qui trattato, questo è l'approccio storicamente più diffuso. Anche se in modo empirico, i professionisti del passato hanno puntato al rinforzo degli elementi resistenti della fabbrica, all'inserimento di nuovi componenti sempre compatibili con quelli esistenti e alla riduzione delle masse in gioco, per eliminare le vulnerabilità locali e migliorare il funzionamento complessivo della struttura, come previsto dalle Linee Guida al paragrafo 6.1.

Nello specifico, per ciò che concerne i diversi macroelementi, si assiste sempre agli empirici tentativi di:

- *Ridurre le carenze dei collegamenti reciproci tra i muri d'ambito, intervenendo con la realizzazione di ammortature più efficaci grazie all'inserimento di blocchi squadrati basaltici, soprattutto nei cantonali, e con la messa in opera di catene in ferro di collegamento tra pannelli murari contrapposti;*
- *Incrementare la resistenza degli elementi murari e contrastare i ribaltamenti fuori piano dei paramenti grazie all'ampliamento della sezione muraria mediante la realizzazione di contromuri e pilastri-contrafforti;*
- *Incrementare la capacità portante delle fondazioni, aumentandone la sezione e la profondità;*

COMMISSIONE PE' TREMUOTI 1818			ANTI-SEISMIC DEVICES, REPAIRS AND TRANSFORMATIONS						
Location	Building	Designer	VERTICAL ENVELOPE			FLOORS AND VAULTS			ROOF
			Foundations	Walls	Arches	Real vaults	False ceilings	Floors	
ACI BONACCORSI	Chiesa Madre	Ing. CARLO PULEJO	X	X					
		FRANCESCO CRISAFULLI	X	X	X	X		X	
ACICATENA	S. Giacomo	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA		X	X	X			X
	S. Maria della Consolazione	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA	X	X	X		X		X
	Convento Cappuccini S. Antonio	Ing. MICHELE SCIACCA		X	X	X			
ACI PLATANI	Chiesa Madre	Arch. FRANCESCO PAOLO PATANE'		X		X	X		
ACI SS. ANTONIO E FILIPPO	Conservatorio orfanelle	Don GIUSEPPE BELLA		X	X				X
BELPASSO	S. M. Carmine	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA	X	X	X		X		X
CATANIA	Casa Appalazzata Fragalà	Arch. GIOVANNI FRAGALA'	X	X		X	X		X
	Casa PP. Crociferi	Arch. CARLO PULEJO	X	X	X	X	X	X	
	Convento S. Francesco Assisi	Ing. MARIO MUSUMECI	X	X	X	X	X	X	
	Monastero S. Nicola	Arch. ANTONINO BATTAGLIA		X		X	X		
	Ospedale S. Marta	Arch. SEBASTIANO ITTAR	X	X		X			X
	Palazzo Corvaja	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA	X	X	X	X			
GRAVINA	Chiesa Madre	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA		X					
MASCALUCIA	Chiesa Madre	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA		X		X			
	S. Vito	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA	X	X	X				
MOTTA SANT'ANASTASIA	Chiesa Madre	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA		X	X		X		
NICOLOSI	Chiesa Madre	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA		X		X		X	
	Anime Purgatorio (SS. Cosimo e Damiano)	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA		X					
SAN GREGORIO	Chiesa Madre	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA	X	X	X				X
TREMESTIERI ETNEO	Chiesa Madre	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA	X	X					
TREMESTIERI ETNEO - PIANO	S. M. Grazie	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA		X					X
ZAFFERANA	Chiesa Madre	Ing. SALVATORE ZAHRA BUDA	X	X		X	X		X

Figure 6. Synoptic overview of the repair interventions after the earthquake of 1818.

to the historic settlements” of 20 April 2012 drawn up by the Italian Superior Council of Public Works [23]. To this purpose, this study aims to put at system the research conducted for the earthquakes of the eighteenth and nineteenth centuries with the improvement actions that interested the same buildings in the subsequent seismic event of 1908, 1990 and 2000, in order to rebuild the “Seismic history” of these architectures, raising the level of confidence. Structural strengthening will thus be able to acquire greater awareness, prefiguring those kinematics that have already occurred in the past and which the most recent operations have solved, mitigated or forgotten.

6. AKNOWLEDGEMENTS

The research was partially funded by different research projects like PO FESR SICILIA 2007-2013: “Mednetna” and “Riltus” projects; TraBEES - DICAR research plan A. A. 2016/18.

- Ridurre la spinta di archi e volte, inserendo catene in ferro e/o riducendo i carichi soprastanti o sostituendo questi orizzontamenti intermedi con sistemi meno rigidi e pesanti;
 - Intervenire in copertura, migliorando le reciproche connessioni tra le murature apicali e le strutture portanti del tetto, anche con l'aggiunta di capriate e catene metalliche, ove possibile, in presenza di strutture lignee spingenti.
- Tutti gli interventi suggeriti, letti in maniera trasversale, insistono nel ricondurre l'organismo edilizio danneggiato al suo ideale comportamento “scatolare”, mostrando poco o nullo interesse nei confronti della facies originaria. Come dimostrato, per esempio, nel caso del palazzo dell'Almo Studio e delle chiese madri dei comuni di Tremestieri e Aci Bonaccorsi, l'intervento di miglioramento divenne un'occasione per il rinnovo e/o completamento dell'intero organismo edilizio che assunse così l'immagine che

7. REFERENCES

- [1] Borri A., Conoscenza-prevenzione-sicurezza. Qualche ulteriore riflessione. Parte prima: Conoscenza-prevenzione- sicurezza. Perché non funziona? «Ingenio» 49 (2017), p. 12, <<https://goo.gl/YbeqKy>>.
- [2] Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9 febbraio 2011. “Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008”.
- [3] Doglioni F., Moretti A., Petrini V., *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*, Trieste: Edizioni LINT, 1994.
- [4] Coisson E., Ottoni F., Tipologie edilizie e meccanismi di dissesto. In: *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*, edited by C. Blasi. Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia, 2013, p. 59-112.
- [5] Ortega J., Vasconcelos G., Rodrigues H., Correia M., Lourenço P. B., Traditional earthquake resistant techniques for vernacular architecture and local seismic cultures: A literature review. «Journal of Cultural Heritage», 27 (2017), p. 181-196, <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1296207417301681>>, DOI: 10.1016/j.culher.2017.02.015.
- [6] Boschi E., Guidoboni E., Mariotti D., I terremoti dell’area siracusana e i loro effetti in Ortigia. In: *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso Ortigia*. Edited by A. Giuffrè. Bari: Editori Laterza, 1993, p. 15-36.
- [7] Trigilia L., Dispositivi “antisismici” nella ricostruzione del Val di Noto dopo il terremoto del 1693. In: *Presidi antisismici nell’architettura storica e monumentale*. Edited by A. Marino. Roma: Gangemi Editore, 2001, p. 95-97.
- [8] Dato G., Faro F., Sanfilippo E. D., Il centro storico di Catania. In: *Recuperare Catania: studi per il riuso di ventuno complessi architettonici del centro storico*. Edited by S. Barbera. Roma: Gangemi Editore, 1998, p. 11-24.
- [9] Dato G., *La città di Catania: forma e struttura*, 1693-1833, Roma: Officina edizioni, 1983.
- [10] Mondello A., Una ricerca a supporto del metodo empirico sperimentale per lo studio delle torri campanarie in Sicilia Orientale e in Castilla y León. In: *ReUSO 2016. Contributi per la documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e per la tutela paesaggistica*. Edited by S. Parrinello, D. Besana. Firenze: Edifir Edizioni, 2016, p. 294-303.
- [11] Tobriner S., Building the Cathedral of Noto; earthquakes, reconstruction and building practice in 18th century Sicily. «Construction and Building Materials », 17 (2003), p. 521-532.
- [12] Sutura D., Perizie sulla stabilità di cupole e campamili della Sicilia centro-orientale nel secondo Settecento. In: *Saperi a confronto. Consulte e perizie sulle criticità strutturali dell’architettura d’età moderna (XV-XVIII secolo)*. Edited by S. Piazza, Palermo: Caracol, 2015, p. 163-173.
- [13] Moschella A., Bianco A., Tuzza S., Un sistema costruttivo antisismico ancora esistente in Calabria. In: *Il Sisma: ricordare, prevenire, progettare*. Edited by O. Fiandaca, R. Lione. Firenze: Alinea Editrice, 2009, vol. 1, p. 249-263.
- [14] Pagnano G., Interventi nel settore nord-orientale del teatro (2004-2008). In: *Il complesso archeologico del Teatro e dell’Odeon di Catania*. Edited by M. G. Branciforti. Palermo: Regione Siciliana, 2008, p. 90-93.
- [15] Scibilia F., Earthquake-resistant construction techniques in Italy between 1880 and 1910: alternatives to reinforced concrete. «Construction History», 32 (2017), p. 63-82.
- [16] Lombardo G., Estetica e forma nella fabbrica settecentesca. In: *Il Palazzo del Siciliae studium generale*. Edited by S. Barbera, G. Lombardo. Enna: Il Lunario, 2007, p. 70-72.
- [17] Lo Faro A., Salemi A., Cultura tecnica e sisma nella Sicilia Orientale: il terremoto del 1818. In: *Il Sisma: ricordare, prevenire, progettare*. Edited by O. Fiandaca, R. Lione. Firenze: Alinea Editrice, 2009, vol. 1, p. 109-122.
- [18] Archivio di Stato di Catania (ASCT), Fondo «Commissione pe’ tremuoti di Catania 1818». Serie 1: Unità 2 «Suppliche di di-verse persone e rapporti dell’ing. Zahra Buda»; Unità 4 «Tremuoti 1818»; Serie 3: «Copie con-formi di atti rilasciate dal notaio Euplio Maccarrone». Fondo Intendenza Borbonica, buste 4211-4.213; Fondo III Versamento Notarile, busta 6598.
- [19] Iachello E., *La politica delle calamità. Terremoto e colera nella Sicilia borbonica*, Catania: Maimone Editore, 2000.
- [20] Lo Faro A., Di terremoti, ricostruzioni e nuove funzioni: la Casa dell’Almo Studio nel XIX secolo. In: *Il Palazzo del Siciliae studium generale*. Edited by S. Barbera, G. Lombardo.

ancora oggi manifesta. Nell’accesa contrapposizione tra conservazione e sicurezza, a differenza degli orientamenti attuali, questi professionisti, figli del loro tempo, predilessero di gran lunga la seconda alla prima nel tentativo di garantire l’incolumità della popolazione e preservare la funzione dell’edificio piuttosto che l’aspetto del singolo manufatto e la sua immagine consolidata. Recuperare oggi questa memoria esperta può ancora permettere di imparare dal passato, individuando le vulnerabilità ancora presenti ed i possibili scenari di danno [22], coerentemente con quanto previsto dallo Studio propedeutico all’elaborazione di strumenti d’indirizzo per l’applicazione della normativa sismica agli insediamenti storici del 20 aprile 2012 redatto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici [23]. A tale scopo, la ricerca si prefigge di mettere a sistema le indagini condotte per i terremoti del XVIII e XIX secolo con gli interventi che gli stessi edifici hanno subito nei successivi eventi sismici del 1908, del 1990 e del 2000, al fine di ricostruire la “storia sismica” di queste fabbriche, innalzando il livello di confidenza. L’intervento di consolidamento potrà così acquisire maggiore consapevolezza, prefigurando quei cinematismi che già nel passato si sono verificati e che le più recenti operatività hanno risolto, mitigato o dimenticato.

6. RICONOSCIMENTI

La ricerca è stata parzialmente finanziata dai progetti PO FESR SICILIA 2007-2013: “Mednema” “Riltus” e dal progetto TraBEEES – Piano triennale della ricerca del DICAR A. A. 2016/18.

Enna: Il Lunario, 2007, p. 87-98.

- [21] Sammartino S., La sfida della storia: tramandare, trasformare, innovare. Master's Degree Thesis in Architectural Engineering, University of Catania, Supervisor: ing. A. Lo Faro, co Supervisor: prof. L. Contrafatto, A. A. 2017/18.
- [22] Naretto M., La memoria sismica nella comprensione e valutazione del costruito storico. In: Patrimonio architettonico e rischio sismico. Un percorso tra conoscenza e obiettivi di conservazione. Edited by R. Ientile, Torino: Celid, 2013, p. 113-131.