

# ARTIFICIAL STONE IN ARCHITECTURE: NEW TECHNIQUES OF INTERVENTION IN THE UTVEGGIO CASTLE IN PALERMO

## **Salvatore Lo Presti**

Department of Architecture, Faculty of Engineering  
University of Palermo

## **Francesco Di Paola\***

Department of Civil, Environmental and Aerospace Engineering, Faculty of  
Engineering  
University of Palermo

## **Serena Mineo**

Department of Architecture, Faculty of Engineering  
University of Palermo

*Keywords:* artificial stone, diagnosis of deterioration, new intervention methodologies, interdisciplinary research

## **1. Introduction**

The development of new techniques and instruments for use in the field of the preservation, conservation and valorisation of Cultural Heritage is in continuous growth. This is evident in the many valuable scientific and technological improvements being implemented through projects financed by research institutions, universities and private companies. To make this renewed progress effective however, it is necessary to promote the creation of interdisciplinary research teams with different skills, to carry out new experiments and to define new methodologies and protocols.

Even in today's state of the art, there is no well-defined codification of standards for the prompt execution of interventions for the rehabilitation and restoration of monuments and historical buildings made of concrete, or with decorative as well as functional parts in concrete, dating back to the first years of the last century. The most common practice has been to treat them as though they were built according to the rules of modern structural engineering, without having considered their different characteristics, ranging from the methods of producing materials to the differences in structural calculation. While it seems right to use new generation materials such as self-compacting, self-curing and self-prestressed concretes or fibre reinforced polymer materials, to maintain the original characteristics of these buildings without changing their structural, aesthetic and architectural characteristics [1], it is necessary to formulate an interdisciplinary scientific methodology to follow for intervention.

Collecting and understanding heterogeneous data is therefore essential to developing a project of conservation and restoration of a philological type, by identifying methods

---

\* Corresponding author: francesco.dipaola@unipa.it

of intervention, targeted case by case, by understanding the existing material in an effort to reproduce its properties, and at the same time maintaining the dimensions of the structural parts and focusing on the physical and mechanical compatibility between the historical materials and those of new generation [2-3-4].

“The basic premise of any conservation intervention is the understanding of the considered system as a whole, in its complex structure; that is the awareness that the system is the result of a continued stratification through time, of successive interventions (often realized with different criteria and construction techniques). However, in strongly historicized buildings, each part is almost always linked – in its structural, aesthetic and functional reasons – to the whole. In other words, it is necessary to focus on the reconstruction through a complex action of investigations (survey, historical, archival, bibliographic, technical, technological) of the criteria, the *rationale* that produced the system over time. Only on the basis of such documentation will it be possible to accurately assess the need for intervention and identify possible actions necessary to the understanding of the building’s history”<sup>1</sup>.

In this paper, the preliminary results of the research are reported, with the aim of developing an understanding of the materials constituting artificial concrete stones and the subsequent recovery of traditional production techniques, in order to propose solutions for restoration through a systematic study and experimentation of innovative concretes [5] (Figure 1).

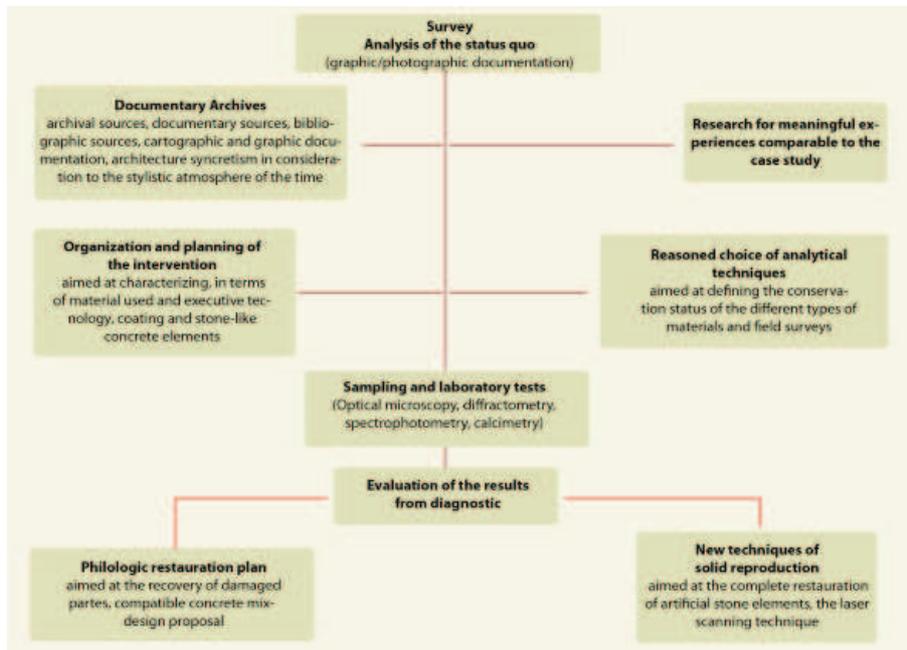


Figure 1. Methodological approach and proposal for an operational protocol in the specific context of the protection, conservation and valorisation of cultural heritage

The research carried out is directed at processing, understanding and acquiring experimental data so as to identify intervention methods for partial or full philological restoration respecting the existing materials, maintaining the dimension of the structural parts (bearing and/or non-bearing), ornamental additions (such as artificial stones) and also the physical and mechanical compatibility between the historical materials used and those of new generation [6-7-8].

The research historically examines in detail the evolution of the manufacture and use of artificial stone, specifically in the territory of Palermo. Given below is the description of the process and experimental methodology applied to architectural elements, made of artificial stone, of the portico of the Utveggiro Castle in Palermo. In particular, on the basis of a survey using a *laser scanning* technique, a 1:1 scale prototype of a formwork for a serial reproduction of the physical model of a capital was designed. Afterwards, a mixture of rheoplastic grout was produced in laboratory, with physical and chemical characteristics compatible with the original cement mixture<sup>2</sup>.

## **2. The use of artificial stone in architecture, diagnosis of deterioration and new intervention methodologies**

Almost all European architecture, both monumental and common, from the fifteenth to the middle of the twentieth century, is characterized by the presence of plastic and architectural decorations that enhance the buildings. Up to the late nineteenth century, plastic decorations, as well as elements for completion of the buildings, were made of stone. Only later, techniques known as “stucco” and “marmorino stuccoing” were applied. Then, due to the invention of a new binder, known as Portland cement, a new, sophisticated, but versatile construction technology was developed. This allowed artifacts resembling natural stone to be created and was called “artificial stone”<sup>3</sup> [9-10-11-12] (Figure 2).

Documentation related to the development of the different work phases has provided a historical archive giving an insight into the manufacture of artificial stone made of cement mortar, focusing on the technical and eclectic culture of Palermo in the early twentieth century. Investigations were carried out to examine the possible pathologies of decay of the artificial stone elements; in addition, current application technologies for the reconstruction of missing parts were analysed, resulting in the identification of case studies of particular interest.

The historical and archival research so far conducted, shows that in the territory of Palermo under examination, artifacts in artificial stone appear in buildings of the late nineteenth century onward, to almost



Figure 2. Handmade artificial stone. Plaster moulds for shelves, balustrades, cornices and columns. (from GRILLI R. 2004, *La bottega della pietra artificiale. Materiali, strumenti e tecniche tradizionali*, in *Atti del Convegno di Studi "Architettura e materiali del Novecento. Conservazione, Restauro, Manutenzione"*, Ed. Arcadia Ricerche S.r.l., Bressanone (VE), (Graphic design by Francesco Di Paola).

completely disappear in the period after the first World War [13]. These cement mixtures, with or without reinforcement rods, were cast using preformed moulds to replicate natural stone decorations, often made combining the natural stone itself. The manufacturing industry of concrete objects was introduced in Palermo around 1888; cement from plants in Casale Monferrato or the province of Caltanissetta, was used; the first products were sewer pipes, balustrades, water tanks, decorative objects, shelves, bricks and tiles. In 1893 the companies involved in the production of concrete artifacts in Palermo were those of E. Finocchiaro, G. Sacco & C., G.B. Odarico & C., Ignazio Di Stefano and the engineer, Sigismondo Ghilardi (a company known as Conigliaro & Ghilardi), which set up small cement factories in 1903.

From a survey of buildings built in Palermo between the late nineteenth and early twentieth century, it was found that the first structures to use these items were primarily private buildings, detached houses and apartment buildings, council houses, hotels, shops, cinemas and cafes. Among the most famous are: Ammirata House (built by the architect F. Rivas), Utveggio Castle (by the house-builder Michele Utveggio, 1930), Cirrincione Palace (by the architect Ernesto Armò, 1908-1910), Napolitano Palace (designed by the engineer Caronia Roberti, 1921-23), and the Principi di Paternò Palace (by Antonio Zanca, 1905-1909) [14].

Architects and engineers from heterogeneous backgrounds implemented the city's new look, representative of an eclectic culture, which combined academic tradition with that of the rising *Liberty*, thanks to the drive of the new emerging middle class [15-16-17].

### 3. The Utveggio Castle in Palermo

Focusing on the “Grand Hotel Utveggio Castle”, this historic building is exceptional for its location, and the technical and constructive techniques applied to realize it; the site shows the distinctive characteristics of an identity strongly related to Palermo, the scenery of the Conca d’Oro and the surrounding territory. Located at the top of the Primo Pizzo Mountain in the southern part of Mount Pellegrino at 346 m above sea level, it faces towards the city and the port. It was designed by Giovan Battista Santangelo and built in the early decades of the twentieth century<sup>4</sup> (Figures 3-4). With the historiographic archival research, aimed at acquiring an in-depth knowledge of the construction techniques, original quality and materials used, the process of Reverse Engineering was introduced and was structured in two distinct phases.

In particular, focus was on the geometric reconstruction of one of the fifteen capitals of the portico of the castle.

The architectural element was chosen as a sample due to the integrity of its form and its moderately good state of conservation. Then, a three-dimensional digital model was defined, which was geometrically congruent with the actual artifact (Figure 5). In the first phase, the numerical model of the architectural



Figure 3. Aerial view of the top of Primo Pizzo Mountain in the southern area of Mount Pellegrino, Palermo (from Virtual Earth).



Figure 4. Palermo, Utveggio Castle; postcard (from M. Collura, Il castello Utveggio. Storia di un'impresa, Palermo 1991, p.67).

elements was obtained, by using non-destructive and non-invasive morpho-metric detection operations (with integrated innovative *laser scanning* and photogrammetric methodologies) of the architectural elements, aimed at the geometric and spatial study of the architectural object under investigation. In the second phase of the investigation, the reconstruction of a physical prototype was carried out, with a scaled formwork, for a serial reproduction of the whole or a part of the model of the capital, by means of a milling machine, interfaced to *CAD / CAM*.



Figure 5. Palermo, Utveglio Castle, detail of the capitals of the castle's portico.

### 3.1. The *Reverse Engineering* process

The final stage of the experimental research required the mix design and implementation in laboratory of a rheoplastic grout, with chemical and physical characteristics (pigments, particle size and elastic modulus) compatible with the original concrete mix of the item under examination<sup>5</sup>, to construct a full scale prototype (to fill the formwork built with the prototyping technique) [18].

To fulfil the aim of reproducing the geometric complexity of the surface, the time-of-flight three-dimensional laser scanner, *Menci GS200*<sup>6</sup>, and the photogrammetric *Z-scan* technique<sup>7</sup> were chosen (Figure 6). The two methods, used at different times, enabled the acquired point clouds and *Mesh* surfaces to be experimentally compared and to integrate the final metric information database [19].



Figure 6. The integrated survey campaign for acquisition of the complex geometry of a capital in the Utveggio Castle's portico. A comparison between the time-of-flight laser scanning technique and the Z-Scan photogrammetric technique (Graphic design by Francesco Di Paola).

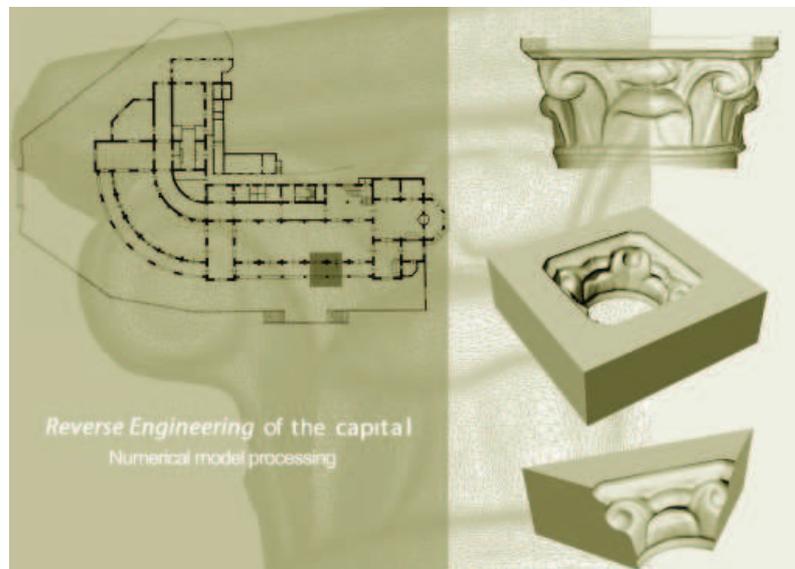


Figure 7. The process of Reverse Engineering of the capital (Graphic design by Francesco Di Paola).

Firstly, the numerical model obtained from the hardware was processed; it consisted of point clouds arranged in an irregular, redundant and discontinuous way<sup>9</sup>. The main investigation phases were: the treatment of point clouds (union and optimisation) through the application of algorithms for decimation, *smoothing* and *merging*; and the triangular polygonalization of the points to create the polyhedral mesh. The generation of surface interpolation required a long processing time because of the high number of points acquired and the presence of areas with a strong disorder, through testing and repairing the mathematical continuity (gaps or defects in the connection between polygons).

Research showed the integration of both techniques used (laser scanning and photogrammetry) created an extensive mesh of triangles reproducing the actual complex geometry. By comparison, the first acquisition technique gave more dense, but irregular metric information, which, in the final stage of processing, resulted in an onerous reduction of the data, due to the frequent defects in the connection between polygons, whereas the second technique, though restoring organized points on a regular grid, showed more errors of mathematical continuity in the surface and the presence of numerous gaps in the undercuts (Figure 7).

For the realisation of the models, a technique of subtractive rapid prototyping was used at the Laboratory of Rapid Prototyping and Reverse Engineering of the "V. Ragusa and O. Kiyohara"<sup>9</sup> State Institute of Art in Palermo. To facilitate mould release the formwork was made in 4 symmetrical parts, each one representing one side of the capital (Figure 8).

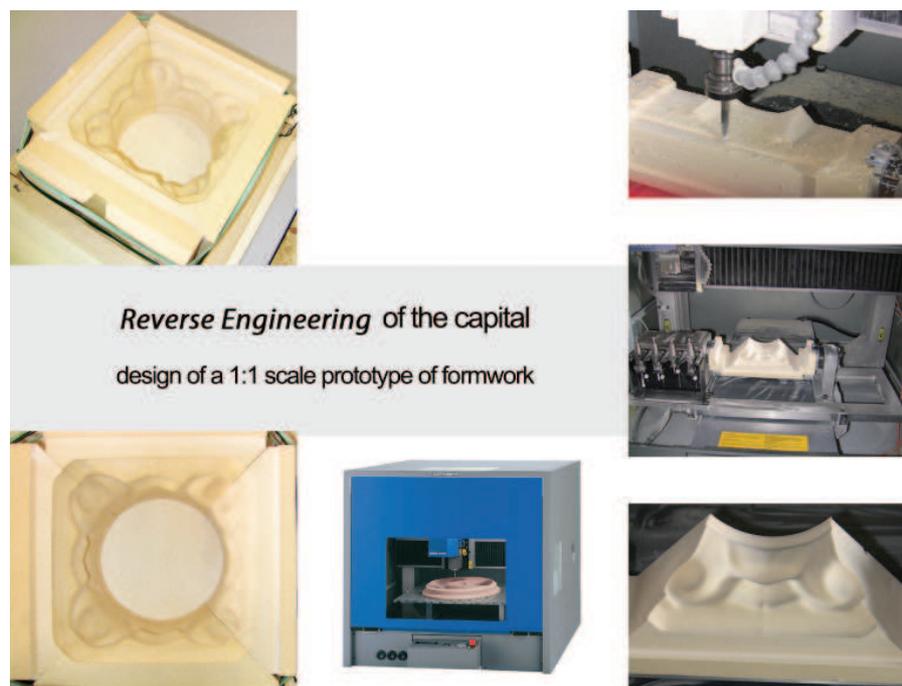


Figure 8. The process of Reverse Engineering of the capital. Reconstruction of a polyurethane resin physical prototype in scale (Graphic design by Francesco Di Paola).

The formwork of the capital on a 1:4 scale, made it possible to assess how the polyurethane resin block reacts with the components of the rheoplastic grout and the release agents used. Once the chemical and physical behaviour was tested, the final full-scale formwork was constructed<sup>10</sup>.

### 3.2. Processing of the mix design for the production of the rheoplastic grout mixture

From the visual analysis of a sample taken from the degraded balustrades of the Utveggiro Castle and the study of the thin sections of the sample itself, captured by the Polarizing Optical Microscope (POM) and the Scanning Electron Microscope (SEM)<sup>11</sup>, it was possible to develop a concrete mix design similar to the material of the artificial stones being studied.

Notably, it was assessed that: the aggregate/binder ratio was about 3:1 parts by volume; there is a good assortment of particle size with a maximum aggregate size equal to 15-16 mm, with a predominant presence of medium-fine gravel, made by crushing limestone characterized by the angular shape of the clasts, light grey in colour(Figure 9).

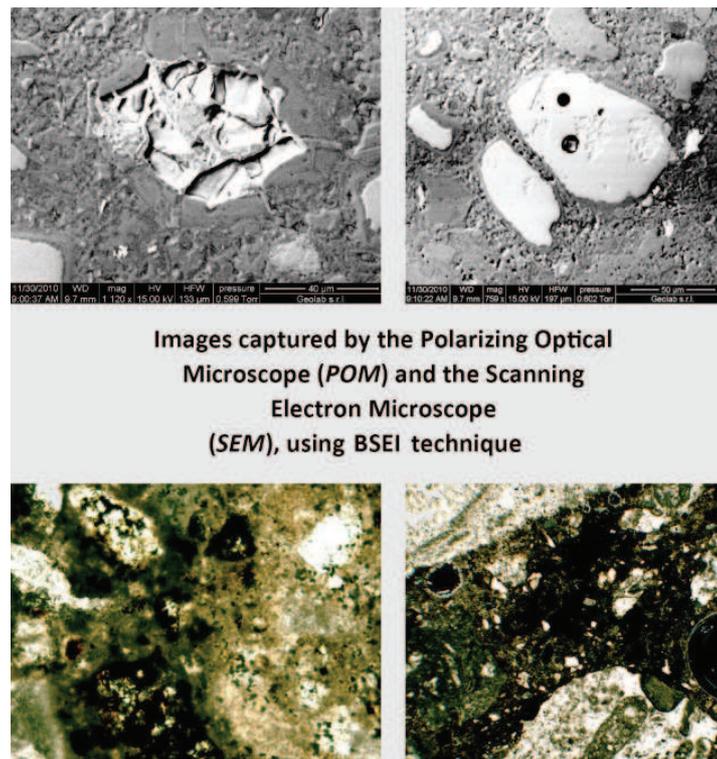


Figure 9 - Images of thin sections of the sample examined, captured by Optical Polarizing Microscope (OPM) and Scanning Electron Microscope (SEM) at the Geolab Laboratory of Microanalysis (Graphic design by Francesco Di Paola).

The predominant colour of the mixture is, evidently, grey, but rare pieces of terracotta were observed in the order of a few millimetres in size, which probably consist of the coarser fraction of a component added to the mixture as a pigment dye in small dosage [19 - 20].

The *SEM* investigation showed the presence in the cement matrix of barium sulphate, hard to find as raw material in cement production, but present in the steam limestone of the upper Miocene, which as is well-known from geological literature, contains sulphate barium and strontium sulphate as accessory minerals. It was assumed therefore that the binder used came from the province of Caltanissetta and is an ordinary Portland cement similar to the one produced nowadays, except for the grinding; in fact there are non-hydrated clinker grains, which means that the cement was coarser than present-day cement, due to the technologies available at that time.

Moreover, limestone aggregate with lithological characteristics compatible with the limestone carbonate platform margins present in the southern side of Mount Pellegrino, has been found (Figure 10). Based on this data from the macroscopic characterization of the sample, the mix design denominated “traditional recipe” was produced, using the following components: pozzolanic cement type CEM IV/A 32,5 R, compressive strength class C25, maximum diameter 16 mm, consistency class S5, environmental exposure XC1 with no additive; the aggregate/binder volume ratio was maintained at 3:1. This mix accurately reproduces the artificial stone characteristics produced in the 30s for the Utveggio Castle [21].

For the casting of the formwork in 1:4 scale of the capitals of the Castle’s colonnade, the mix design “scaled traditional recipe” was used, in which, employing all the same parameters as the “traditional”, only the maximum aggregate diameter was reduced from 16 to 8mm, and one tenth of the amount of fine sand was substituted with crushed terracotta bricks (Figure 11).



Mix-design and laboratory casting of a rheoplastic mortar compatible with the original cement mixture

Figure 10. Planning (UNI EN 206-1:2006 mix design algorithm) of the rheoplastic grout with chemical and physical characteristics (pigments, particle size and elastic modulus) compatible with the original concrete mix.

#### 4. Conclusions

In the laboratory, to test the efficacy of the designed formwork and the resistance of the Self Compacting Concrete (SCC) produced, a void in the artificial stone was voluntarily made. After the recovery and the removal of the formwork, an evaluation was made of the restoration of the void and validity of the process with material fully compatible with the original, and with innovative techniques for the recovery of traditional technologies. It is considered desirable to evaluate the results obtained in the future, in order to assess the durability of the intervention. The results achieved have shown how the synergy of different disciplinary expertise is an unavoidable requirement in understanding and consequently, planning interventions for the conservation of traditional architecture. The widespread utilization of artificial stone in building procedures and the craft of using prefabrication techniques in architectural forms, using handmade moulds and matrices, including mixes imitating natural stone, underline the interesting process that characterized architectural design in the nineteenth and twentieth centuries. The experience applied to the Utveggió Castle, conducted with modern, non-invasive experimental techniques, aims to be a “piece of knowledge” aimed at preserving technical, technological, historic and cultural heritage.

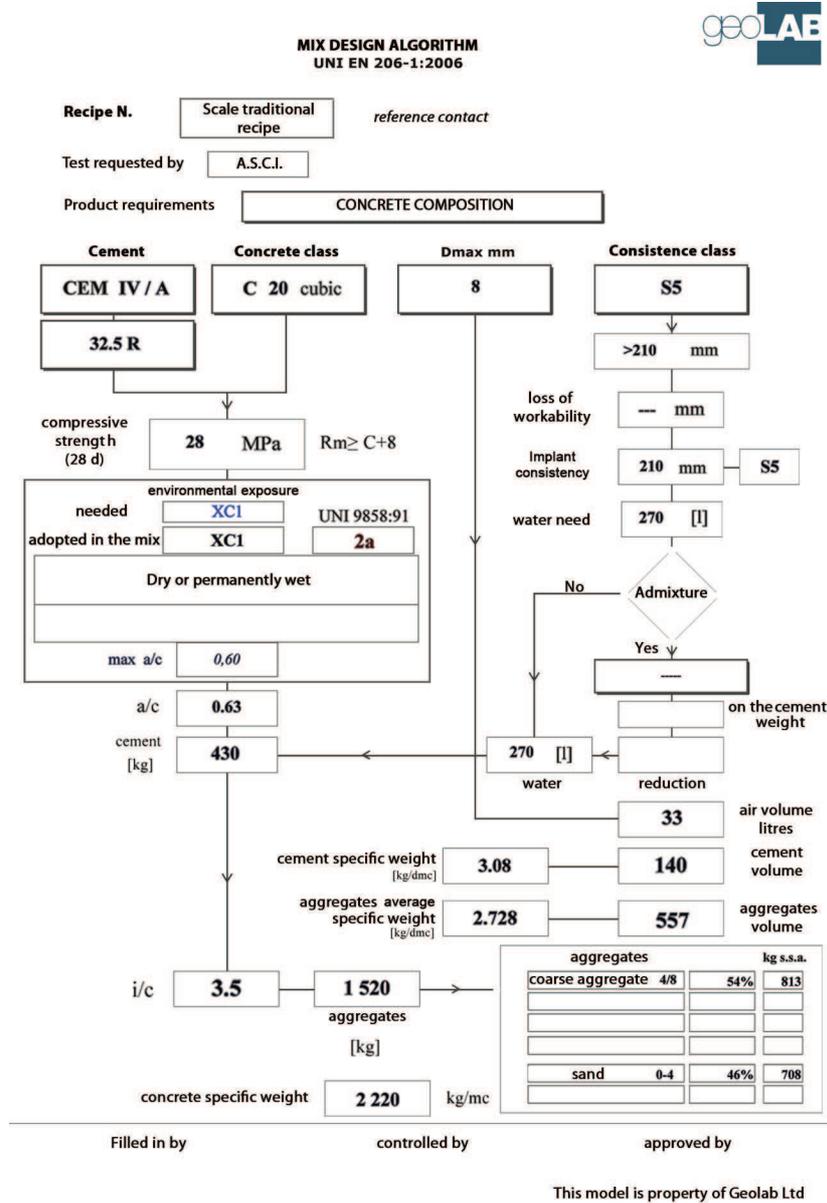


Figure 11. Laboratory production of the rheoplastic grout compatible with the original concrete mixture. On the right-hand side, three key moments in the reproduction of a copy of the concrete capital; rheoplastic mixture being cast into the mould, filling of the polyurethane resin formwork and removing the mould (Graphic design by Francesco Di Paola).

## Acknowledgements

The authors would like to thank all the personnel of the *Geolab* microanalysis laboratory where the experiment was carried out. Specifically Dr. Angelo Mulone, lab director, for his full support and for offering the utilization of all the equipment and information; Dr. Renato Giarrusso, for his knowledgeable input; Dr. Salvo De Luca, for his support on the experiment.

Thanks also to Arch. Mino Renato Alessi, director of the laboratory of the Istituto Statale d'Arte the "V. Ragusa and O. Kiyohara", for supporting the prototyping of the scaled cast.

In reference to an agreement of cooperation between the ex Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia and the Associazione Esperimentatori Calcestruzzi Innovativi (ASCI) in conducting the scientific research, we thank: the "ASCI", the "V. Ragusa and O. Kiyohara" and the "Ri.Ca- Risanamenti" for having sponsored the initiative.

## Notes

- <sup>1</sup> CUNDARI C. 1999, Il rilievo per la conservazione, in "Il Complesso di Monteoliveto a Napoli. Analisi, Rilievi, Documenti, Informatizzazione degli archivi", C. Cundari (a cura di), Gangemi Editore, Roma, p. 19.
- <sup>2</sup> This work comes from a *Degree* thesis "Progettazione e sperimentazione di nuovi materiali e nuove tecnologie per l'Architettura" supervised by Prof. Ing. Salvatore Lo Presti, Professor of Technical Architecture, Faculty of Engineering, University of Palermo. In particular the topic was dealt with in the thesis "Pietre artificiali cementizie sugli edifici storici di Palermo", an extensive study, propaedeutical for the experimental restoration methodologies, (Philosoph Doctorate School: "Ingegneria Edile: Tradizione e Innovazione", XXI ciclo, Ph.D. Candidate: Ing. Serena Mineo, Tutor Prof. Ing. Salvatore Lo Presti, Coordinator Prof. Ing. Giuseppe Pellitteri).
- <sup>3</sup> Artificial stone is a material made of a mix of binder, cement or other materials, sand and crushed stone, sometimes pigments, mixed with water, and cast in forms and/or formworks, made of chalk or wood.
- <sup>4</sup> Michele Utveggi, constructor of the Utveggi Castle, describes it as an exceptional building; recalling medieval figurative schemes, very different from its contemporary buildings; materials, building techniques, and the reinforced cement structure show, in the beginning of the twentieth century, a high level of innovation in building techniques in Palermo. Today the building is the headquarters of the Centro Ricerche e Studi Professionali (*CERISDI*), a cultural centre for international business and public policy study for young graduates in the Mediterranean area.
- <sup>5</sup> The conglomerate used for the removed portions will have the following characteristics: fine particle size (grout type); compensated shrinkage, in order to be suitable for the concrete base after curing; mechanically compatible (elastic module close to the reinforced concrete one in order to keep the stress distribution constant) with possible higher resistance.
- <sup>6</sup> This instrument is property of the Department of Representation (*DIRAP*, Director Prof. Ing. Benedetto Villa), part of the laboratories of the University of Palermo (*UniNetLab*).
- <sup>7</sup> Z-Scan system represents a good alternative to the 3D scanner exams, for the quality of its results, and saving in time and money for the data processing. The system is based on the stereo-photogrammetry principle: using three redundant photo shots, it is possible to obtain from each pixel, not only the bi-dimensional data, but also the tri-dimensional data. For each point of the cloud, Z-scan gives three-dimensional data in x, y, and z and the RGB value of the colour. The system is available from the Laboratory of Rapid Prototyping and Reverse Engineering of the "V. Ragusa and O. Kiyohara" State Institute of Art in Palermo. The research team coordinated by Arch. Mino Renato Alessi, has carried out a great deal of research in collaboration with the University of Palermo and other public agencies in the experimental archeology field and non-invasive restoration techniques. Support for all the prototyping work has been granted by Sebastiano Traina.
- <sup>8</sup> The software used for the Reverse Engineering phase of the 3D scan were: *Rapidform*, this allows to manage, through automatic algorithms the re-design phase of data, as point clouds,

and *Mesh STL* in a parametric manner; *Rhinoceros* for the modelling of *NURBS* surfaces, with the typical *CAD* features, but with increased creation capabilities, modification, edit, and surface import.

<sup>9</sup> Rapid Prototyping (RP) started in the 80s with the strong impulse that computer science gave to industrial production. This technique integrates software and hardware to create the first model of a series from a digital project. Therefore this technique is particularly suited for industrial production and was developed by large industries with specific needs for process optimisation and design verification. The technique translates the physical model into a digital one; the digital model, created by *CAD* software, is processed by interactive *CAM* (Computer Aided Manufacturing) software elaborating the digital information to create the physical model, through a digitally controlled machine (*CNC*). The design and industrial mass production are the most used application of *RP* but, in the restoration field, communication and safeguarding of art buildings, many experiments are being carried out.

<sup>10</sup> The laboratory of the "V. Ragusa and O. Kiyohara" State Institute of Art in Palermo has knowledge and equipment for rapid prototyping, both additional and subtractive. Arch. Mino Renato Alessi, the lab coordinator, designed and realized the formwork. In particular, the scale formwork was produced from polyurethane resin pieces of 300 Kg/m<sup>3</sup> density and compression resistance of 10 N/mm<sup>2</sup>; dimensional stability of this material is certified up to a temperature of 80 °C. The shape was given by the *Roland DG MDX650* cutter which allows precision up to 10 µm.

<sup>11</sup> This experimentation with *SEM*, based on the *BSEI* technique in which the signal shape is function of the average atomic number, obtained contrasting the atomic number, therefore the different shades of grey underline the different distribution phases.

## References

- [1] COLLEPARDI M. 2003, *Il nuovo Calcestruzzo*, III Ed., Tintoretto Edizione, Treviso.
- [2] LORUSSO S., SCHIPPA B. 2001, *Metodologie scientifiche per lo studio dei beni culturali. Diagnosi e valutazione tecnico-economica*, Bologna, Pitagora Editrice.
- [3] LORUSSO S., MATTEUCCI C., NATALI A. 2007, *Anamnesi storica, indagini analitico-diagnostiche e monitoraggio ambientale: alcuni casi di studio nel settore dei beni culturali*, Bologna, Pitagora Editrice.
- [4] DI PAOLA F., PIZZURRO MR. 2011, *Insedimenti rurali a corte nella Sicilia occidentale. La Tenuta dello Zucco di Henri d'Orléans, duca d'Aumale*, Prefazione di Bonanno L., Roma, Kappa Editore.
- [5] LO PRESTI S. 2007, *I calcestruzzi autocompattanti* - Capitolo 6 del volume "La durabilità delle strutture. Calcestruzzi e normativa" a cura di Marino Roberto, Edizioni Calcestruzzi Italcementi Group.
- [6] LO PRESTI S. 2003, Brevetto italiano n° 0001347490 "Fibre in pet (polietilenterftalato) vergine oppure ottenuto dal riciclaggio di bottiglie di plastica, da impiegare come rinforzo nei calcestruzzi fibrorinforzati (cfr)".
- [7] DI NATALE E., DI PAOLA F., URSO R. 2006, *Il materiale calcestruzzo armato dei primi del '900. Tecnologia e durabilità*, in Atti dell'8° Convegno Nazionale AIMAT, Palermo.
- [8] DI PASQUA D. 2006, *Metodologie di risanamento strutturale di edifici di interesse storico in conglomerato cementizio armato - Progettazione di nuove tecniche di restauro mediante sperimentazioni in situ e in laboratorio della pietra artificiale. Teatro e Palazzo Finocchiaro*, Tesi di laurea, II parte, Relatore Prof. Ing. Lo Presti S., Correlatori Ing. Di Paola F., Ing. Enea D., Ing. Urso R.
- [9] GRILLI R. 2004, *La bottega della pietra artificiale. Materiali, strumenti e tecniche tradizionali*, in Atti del Convegno di Studi "Architettura e materiali del

- Novecento. Conservazione, Restauro, Manutenzione”, Ed. Arcadia Ricerche S.r.l., Bressanone (VE).
- [10] BARILÀ G. 2004, *Innovazioni nel processo ed apparecchi per la fabbricazione di pietre artificiali*, in Atti del Convegno di Studi “Architettura e materiali del Novecento. Conservazione, Restauro, Manutenzione”, Ed. Arcadia Ricerche S.r.l., Bressanone (VE).
- [11] NELVAR. 1995, *Calcestruzzi armati e pietre artificiali nei primi anni di applicazione del “béton armé” in Italia*, in “Recupero e Conservazione”, anno I, n. 3.
- [12] CAVALLINI M., CHIMENTI C. 1996, *La pietra artificiale. Manuale per il restauro e il rifacimento delle decorazioni plastico–architettoniche delle facciate*, Alinea Editore, Firenze.
- [13] RIZZI G. 1927, *Manuale del capomastro*, s.n., Milano.
- [14] MARGAGLIOTTA A. 1998, *Materiali edilizi tra Ottocento e Novecento in Sicilia*, Zedi Italia Editrice, Palermo.
- [15] PIRRONE G. 1975, *Architettura del XX secolo in Italia*, Edizioni Vitali e Ghianda, Genova.
- [16] LA DUCA R. 1991, *Repertorio bibliografico degli edifici pubblici e privati di Palermo, gli edifici fuori le mura*, Edizioni Dario Flaccovio, Palermo.
- [17] PIRRONE G. 1971, *Palermo Liberty*, Edizioni Sciascia, Roma.
- [18] DI PAOLA F. 2007, *Il Complesso monumentale dello Spasimo – Lettura e analisi attraverso il rilievo*, Tesi di Dottorato in Rilievo dell’Architettura e dell’Ambiente, Palermo.
- [19] COLIZZI L., DE PASCALIS F., FASSI F. 2007, *3D Visualization and virtual reality for cultural heritage diagnostic*, Conservation Science in Cultural Heritage 7/2007, Bologna, Pitagora Editrice, 31-42.
- [20] SALEMI PACE G. 1906, *Sulla composizione granulometrica delle sabbie quarzose nelle malte di cemento Portland*, s.n., Palermo.
- [21] UNI 11182/2006, *Beni Culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali, Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni*, Milano.

**La pietra artificiale in architettura. Nuove tecniche di intervento nel castello Utveggio a Palermo**

*Parole chiave:* pietra artificiale, diagnosi di deterioramento, nuove metodologie di intervento, ricerca interdisciplinare

**1. Introduzione**

*Nello specifico ambito della tutela, della conservazione e della valorizzazione dei Beni Culturali, è crescente l’evoluzione sul piano delle tecniche e delle strumentazioni impiegate e si registrano validi e numerosi progressi scientifici e tecnologici attuati attraverso progetti finanziati tra enti di ricerca, università, aziende e imprese specializzate nel settore. Per rendere questo rinnovamento efficace, è necessario promuovere la formazione di gruppi interdisciplinari di competenze professionali diverse, sperimentare e definire metodologie e protocolli operativi.*

*Ancora oggi manca una codificazione di regole da suggerire perché vengano eseguiti con puntualità interventi di ripristino e di risanamento di monumenti e di edifici di interesse storico risalenti ai primi anni del secolo scorso, realizzati in calcestruzzo o contenenti parti ornamentali ma anche funzionali in calcestruzzo.*

È prevalsa l'abitudine di trattare questi ultimi come se fossero costruiti secondo le regole dell'odierna tecnica delle costruzioni, senza considerare dunque le differenti caratteristiche che essi presentano a partire dalle metodologie utilizzate per la produzione dei materiali, fino ad arrivare alle differenze di calcolo progettuale. Se da un lato dunque sembra corretto l'utilizzo di calcestruzzi di nuova generazione, come ad esempio calcestruzzi autocompattanti, autostagionanti, autoprecompressi, o ancora materiali polimerici fibrorinforzati, ciò che realmente sembra mancare all'interno di questa pratica d'intervento, è la formulazione di un metodo scientifico interdisciplinare da seguire, che possa mantenere inalterate le caratteristiche di tali architetture, senza modificarne cioè i caratteri strutturali, estetici ed architettonici [1].

La comprensione e l'acquisizione di dati eterogenei è, dunque, la base per l'elaborazione di un progetto di conservazione e di restauro di tipo filologico, che vada ad individuare metodi di intervento mirati caso per caso, nella comprensione della materia esistente e nello sforzo di riproporne le proprietà, nel mantenimento dimensionale delle parti strutturali e nelle compatibilità fisico-meccaniche tra i materiali storici e quelli di nuova generazione [2-3-4].

“Presupposto di qualsiasi intervento di conservazione è la comprensione dell'organismo considerato nella sua globalità, nella sua complessiva articolazione; è la consapevolezza del suo essere il risultato di una stratificazione protrattasi nel tempo, di successivi interventi (realizzati molto spesso con differenti criteri e tecniche costruttive). Peraltro, in edifici fortemente storicizzati, ogni parte quasi sempre è legata – nelle sue ragioni strutturali, estetiche e funzionali – al tutto. Si tratta, in altre parole, di ricostruire, attraverso una complessa azione di indagine (mensoria, storica, archivistica, bibliografica, tecnica, tecnologica), i criteri, la ratio con la quale l'organismo si è venuto costituendo nel tempo.

Solo sulla base di una documentazione siffatta sarà possibile valutare accuratamente le esigenze di intervento e individuare eventuali indagini ancora necessarie a chiarire quanto più possibile la storia dell'edificio in oggetto”.

Si presentano i primi esiti della ricerca che ha come obiettivo la conoscenza dei materiali costituenti le pietre artificiali cementizie, ed il conseguente recupero delle tecniche di produzione tradizionali, al fine di proporre tramite uno studio sistematico soluzioni per il restauro, attraverso la sperimentazione di calcestruzzi innovativi [5] (Figura 1).

Lo studio intrapreso mira all'elaborazione, alla comprensione e all'acquisizione di dati sperimentali che vadano ad individuare metodi di intervento di ripristino filologico parziale o integrale, nel rispetto della materia esistente, nel mantenimento dimensionale delle parti strutturali (portanti e portate) e/o ornamentali di completamento (quali le pietre artificiali) e nella compatibilità fisico-meccanica tra i materiali storici impiegati e quelli di nuova generazione [6-7-8].

Il percorso di conoscenza approfondisce storicamente l'evoluzione della fabbricazione e l'impiego della pietra artificiale specificatamente nel territorio palermitano. Segue la descrizione del processo metodologico-sperimentale applicato ad elementi architettonici realizzati in pietra artificiale del portico del Castello Utveggio a Palermo. In particolare, sulla base di un rilevamento con tecnica laser scanning, si è proceduto alla ideazione di un prototipo in scala 1:1 di cassaforma per una riproduzione in serie del modello fisico di un capitello e conseguentemente alla realizzazione in laboratorio della miscela di un betoncino reoplastico con caratteristiche fisico-chimiche compatibili con l'impasto cementizio originario<sup>2</sup>.

## **2. L'impiego della pietra artificiale in architettura, diagnosi di deterioramento e nuove tecniche di intervento**

Quasi tutta l'architettura europea, a partire dal XV sec. fino alla metà del XX, è caratterizzata dalla presenza di decorazioni plastico-architettoniche che arricchiscono gli edifici, sia nell'architettura monumentale che in quella minore. Fino alla fine dell'Ottocento, le decorazioni plastiche, così come gli elementi di completamento degli edifici, erano realizzate in materiale lapideo, e, solo successivamente, utilizzando la cosiddetta tecnica dello “stucco” e del “marmorino”. Successivamente, grazie all'invenzione di un nuovo legante “il cemento Portland”, fu messa a punto una nuova tecnologia costruttiva, raffinata e duttile, che consentiva di realizzare manufatti del tutto simili alle pietre naturali, le cosiddette “pietre artificiali”<sup>3</sup> [9-10-11-12] (Figura 2).

Lo sviluppo delle fasi di lavoro ha documentato un approfondimento storico-archivistico sulla fabbricazione della pietra artificiale realizzata con malta di cemento, focalizzando l'attenzione alla cultura tecnica eclettica di Palermo d'inizio secolo. Si è indagato sulle possibili patologie di degrado di elementi in pietra artificiale cementizia e sulle attuali tecnologie applicative per la ricostruzione di parti mancanti, individuando casi studio di particolare interesse.

La ricerca storico-archivistica finora condotta mostra come nel territorio palermitano indagato i manufatti in pietra artificiale compaiono negli edifici costruiti dalla fine dell'Ottocento in poi, fino a scomparire quasi del tutto nel primo dopoguerra [13]. Si tratta di miscele cementizie, con e senza armatura, poste in opera con elementi preformati in stampi a imitare le decorazioni in pietra naturale, spesso realizzati in abbinamento con la pietra naturale stessa. L'industria per la fabbricazione di oggetti in cemento era stata introdotta a Palermo intorno al 1888; si utilizzava cemento proveniente dagli impianti da Casale Monferrato, o dalla provincia di Caltanissetta, ed i primi prodotti realizzati furono tubazioni per fognature, balaustre, vasche d'acqua, oggetti di decorazione, mensole, mattoni e piastrelle. Nel 1893 le ditte impegnate a Palermo nella produzione di manufatti in cemento erano quelle di E. Finocchiaro, di G. Sacco & C., di G.B. Odarico & C., di Ignazio Di Stefano e dell'Ing. Sigismondo Ghilardi (impresa nota come Conigliaro & Ghilardi), le quali avviarono dal 1903 a Palermo piccoli cementifici.

Da una ricognizione degli edifici nell'area palermitana, costruiti fra la fine dell'Ottocento e i primi del Novecento, si è rilevato che le prime realizzazioni interessarono soprattutto edifici privati, villette e case plurifamiliari, case popolari, alberghi, negozi, cinema e caffè. Fra questi tra i più noti: Casa Ammirata (realizzata dall'Arch. F. Rivas), Castello Utveggio (ad opera del costruttore Michele Utveggio, 1930), Palazzo Cirrincione (dell'Arch. Ernesto Armò 1908-1910), Palazzo Napoletano (progetto dell'Ing. Caronia Roberti, 1921-23), Palazzo dei Principi di Paternò (Antonio Zanca 1905-1909) [14].

Il nuovo volto della città fu attuato da architetti ed ingegneri di eterogenea formazione rappresentanti di una cultura eclettica che sommarono alla tradizione accademica il nascente linguaggio Liberty, grazie anche alla propulsione di una nuova borghesia emergente [15-16-17].

### 3. Il Castello Utveggio a Palermo

Si pone l'attenzione sull'edificio storico "Il Grande Albergo Castello Utveggio", che -per scelta di luogo e di destinazione d'uso, eccezionale per avvenimenti tecnici e costruttivi finalizzati a realizzarlo- presenta caratteristiche peculiari di identità di luogo fortemente correlato con la città di Palermo, con il paesaggio della Conca d'Oro e con il territorio. Posto sulla sommità del Primo Pizzo nel settore meridionale del Monte Pellegrino a 346 m s.l.m., è rivolto verso la città e il porto, fu progettato dall'architetto Giovan Battista Santangelo e realizzato nei primi decenni del '900<sup>a</sup> (Figure 3-4).

Le ricerche storico-archivistiche, volte alla conoscenza e all'approfondimento delle tecniche costruttive originarie e della qualità e della provenienza dei materiali impiegati, hanno introdotto il processo di Reverse Engineering strutturato in due distinte fasi.

L'attenzione si è rivolta, in particolare, alla ricostruzione geometrica di uno dei quindici capitelli del portico del castello.

Preso a campione l'elemento architettonico che presentasse un'integrità formale ed una discreta conservazione, si è proceduto alla realizzazione di un modello digitale tridimensionale geometricamente congruente con il manufatto reale (Figura 5). Nella prima fase, si è acquisito il modello numerico, attraverso operazioni non-distruttive e non invasive di rilevamento morfo-metrico (integrato con metodologie innovative laser scanning e fotogrammetriche) delle parti architettoniche finalizzate allo studio geometrico-spaziale dell'oggetto architettonico di indagine. Nella seconda fase di indagine, si è proceduto alla ricostruzione di un prototipo fisico in scala di cassaforma per una riproduzione in serie, integrale o di parti, del modello del capitello tramite fresatrice ad interfaccia CAD/CAM.

#### 3.1. Il processo di Reverse Engineering

L'ultimo stadio di ricerca sperimentale prevedeva la progettazione (mix-design) e la realizzazione in laboratorio di un betoncino reoplastico che avesse caratteristiche chimiche e fisiche (pigmenti, granulometria e modulo elastico) compatibili con l'impasto cementizio originario dell'elemento preso in esame,<sup>5</sup> per la realizzazione

di un prototipo (per riempimento della cassaforma generata con tecnica prototyping) su scala reale [18].

Per ottemperare alle finalità prefisse di riproporre la complessità geometrica della superficie, ci si è orientati sull'utilizzo del sistema laser a scansione tridimensionale a tempo di volo, Menci GS200<sup>6</sup> e sulla tecnica fotogrammetrica Z-scan<sup>7</sup> (Figura 6). Le due metodiche, impiegate in tempi diversi, hanno permesso di confrontare sperimentalmente le nuvole dei punti acquisite e le superfici Mesh e di integrare il database metrico informativo finale [19].

Inizialmente, si è proceduto all'elaborazione del modello numerico restituito dall'hardware, costituito da nuvole di punti disposti in modo disomogeneo, ridondante e discontinuo<sup>8</sup>. I principali stadi di indagine affrontati hanno riguardato: il trattamento delle nuvole dei punti (unione ed ottimizzazione) attraverso l'impiego di algoritmi di decimazione, di smoothing e di merging; la poligonalizzazione triangolare dei punti per la creazione della maglia poliedrica Mesh. La generazione della superficie interpolante ha richiesto tempi di elaborazione più lunghi per il numero dei punti acquisiti e per la presenza di zone caratterizzate da un forte disordine di questi, ricorrendo a strumenti di verifica e di riparazione della continuità matematica (lacune o difetti di connessione fra poligoni).

La sperimentazione ha messo in evidenza che l'integrazione di entrambe le metodiche utilizzate (laser scanning e fotogrammetrica) ha permesso di creare un'esauriente rete di triangoli che rispettasse la complessa forma geometrica reale. Dal confronto, la prima tecnica di acquisizione ha restituito un'informazione metrica più densa ma disomogenea che ha comportato, nella fase finale di elaborazione, uno sfoltimento oneroso del dato per i frequenti difetti di connessione fra poligoni; mentre la seconda tecnica, pur restituendo punti organizzati su griglia a passo-regolare, ha manifestato più errori di continuità matematica della superficie e presenza di numerose lacune nei sottosquadri (Figura 7).

Per la realizzazione dei modelli si è utilizzata la tecnica della prototipazione rapida sottrattiva presso il Laboratorio di Prototipazione rapida e Ingegneria inversa dell'Istituto Statale d'Arte di Palermo "V. Ragusa e O. Kiyohara"<sup>9</sup>. La cassaforma per agevolare la sformatura è stata realizzata in 4 parti simmetriche, ognuna delle quali rappresenta una faccia del capitello (Figura 8). La cassaforma del capitello in scala 1:4 ha consentito di valutare come il blocco in resina poliuretana reagisce con i componenti della miscela di betoncino reoplastico e con gli additivi disarmanti impiegati. Una volta testati i comportamenti chimico-fisici si procederà alla realizzazione della cassaforma definitiva in scala reale<sup>10</sup>.

### **3.2.Elaborazione del mix design per la produzione della miscela di betoncino reoplastico**

Dalla osservazione visiva di un campione di materiale prelevato dalle balaustre degradate del Castello Utveggiò e dallo studio delle sezioni sottili del campione, prodotte dalle indagini condotte al Microscopio Ottico Polarizzante (MOP) e al Microscopio Elettronico a Scansione (SEM)<sup>11</sup>, è stato possibile elaborare un mix design di calcestruzzo che fosse simile al materiale di cui sono composte le pietre artificiali dell'oggetto di studio.

In particolare, si è valutato che: il rapporto tra aggregato e legante è di circa 3:1 parti in volume; che è presente un buon assortimento granulometrico con una dimensione massima dell'aggregato pari a 15-16 mm, con una presenza predominante di ghiaia medio fine e che esso è costituito da roccia calcarea da frantumazione dedotta dalla forma angolosa dei clasti, di colore grigio chiaro (Figura 9). Il colore predominante dell'impasto è, dunque, il grigio, ma sono stati notati rari frammenti di terracotta di dimensione dell'ordine di qualche mm che verosimilmente rappresentano la frazione più grossolana di un componente aggiunto alla miscela come pigmento colorante in leggero dosaggio [19-20].

L'indagine al SEM ha evidenziato la presenza nella matrice cementizia di solfato di bario, difficilmente riscontrabile come materia prima per la produzione di cemento, ma presente nei calcari vaporitici del miocene superiore, che come è noto dalla letteratura geologica contengono come minerale accessorio solfato di bario e solfato di stronzio. Si ipotizza di conseguenza che il legante utilizzato provenisse dalla provincia di Caltanissetta. Si tratta di un cemento portland ordinario simile a quello che si produce oggi, eccezion fatta per la macinazione, infatti sono presenti granuli di clinker non idratato, ciò significa che la finezza del cemento era minore di quella attuale, viste le tecnologie disponibili a quel tempo.

Si è riscontrata, inoltre, la presenza di aggregato calcarenitico con caratteristiche litologiche compatibili a calcari di margini di piattaforma carbonatica che affiorano nel versante meridionale del Monte Pellegrino (Figura 10).

Basandoci su questi dati derivanti dalla caratterizzazione macroscopica del campione, si è elaborato il mix design "ricetta tradizionale", utilizzando: cemento pozzolanico tipo CEM IV/A 32,5 R, classe di resistenza C25, diametro massimo 16 mm, classe di consistenza S5, ambiente di esposizione XC1 e nessun additivo; il rapporto in volume tra l'aggregato e il legante è stato mantenuto di 3:1. Questo mix riproduce le caratteristiche delle pietre artificiali realizzate negli anni '30 per il Castello Utveggio [21].

Per il getto realizzato per il cassero in scala 1:4 del capitello del colonnato del Castello, è stato utilizzato il mix design "ricetta tradizionale in scala" nel quale, salvi tutti gli altri input, è stato ridotto il diametro massimo dell'aggregato che da 16 mm è passato a 8 mm, ed un decimo della quantità di sabbia fine è stata sostituita da mattoni di terracotta frantumati (Figura 11).

#### 4. Conclusioni

In laboratorio, per testare l'efficacia della cassaforma progettata e la resistenza del Self Compacting Concrete (SCC) confezionato, si è volontariamente procurata una mancanza nell'elemento in pietra artificiale. Dopo il risanamento e lo scasseramento si è valutato il ripristino della lacuna e la validità del processo condotto con materiali del tutto compatibili agli originali, e con tecniche innovative di recupero delle tecnologie tradizionali. Si ritiene auspicabile valutare in futuro i risultati ottenuti per stimare la durabilità dell'intervento. Gli esiti raggiunti hanno maturato una maggiore consapevolezza che la sinergia di competenze disciplinari diverse è presupposto ineludibile per comprendere e, conseguentemente, per progettare interventi di conservazione di manufatti di architettura tradizionale. Il periodo storico durante il quale si affermò diffusamente l'uso della pietra artificiale in edilizia e le tecniche di pre-fabbricazione artigianali di forme architettoniche, mediante stampi o matrici realizzati in bottega e degli impasti di miscela ad imitazione della pietra naturale, sottolineano l'interessante processo che ha contraddistinto la progettazione edile tra l'Ottocento e il Novecento. L'esperienza applicata al Castello Utveggio, condotta con moderne tecniche di indagine non invasive, mira a costituire un "tassello di conoscenza" finalizzato alla tutela della memoria tecnica, tecnologica, storico-architettonica e culturale.

#### Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il personale del Laboratorio di microanalisi Geolab, sede della sperimentazione. In particolare il Dott. Angelo Mulone, direttore del laboratorio, per aver messo a completa disposizione mezzi, attrezzature, sapere ed esperienza; il Dott. Renato Giarrusso, la cui conoscenza ed esperienza hanno dato un input fondamentale alla ricerca; il Dott. Salvo De Luca, per aver collaborato fattivamente alla sperimentazione.

Si ringrazia l'Arch. Mino Renato Alessi, responsabile del Laboratorio dell'Istituto Statale d'Arte di Palermo "V. Ragusa e O. Kiyohara", che ha curato con competenza le operazioni di prototipazione dello stampo in scala.

In riferimento ad una convenzione di cooperazione tra il Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia e l'Associazione Sperimentatori Calcestruzzi Innovativi (ASCI) per lo svolgimento della ricerca scientifica, si ringraziano: l'ASCI, l'Istituto Statale d'Arte di Palermo "V. Ragusa e O. Kiyohara" e l'Impresa Ri.Ca-Risanamenti per aver patrocinato l'iniziativa.

#### Note

CUNDARI C. 1999, *Il rilievo per la conservazione*, in "Il Complesso di Monteoliveto a Napoli. Analisi, Rilievi, Documenti, Informatizzazione degli archivi", C. Cundari (a cura di), Gangemi Editore, Roma, p. 19.

<sup>2</sup> L'esperienza è maturata all'interno delle attività di laboratorio di Tesi di Laurea "Progettazione e sperimentazione di nuovi materiali e nuove tecnologie per l'Architettura" ideato dal Prof. Ing. Salvatore Lo Presti, Docente di Architettura Tecnica presso la Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura di Palermo. In particolare l'argomento è stato approfondito all'interno di una tesi sperimentale dal titolo "Pietre artificiali cementizie sugli edifici storici di Palermo", uno studio organico, propedeutico alle metodiche del restauro strutturale (Dottorato di ricerca in Ingegneria Edile:

Tradizione e Innovazione", XXI ciclo, dottoranda Ing. Serena Mineo, Tutor Prof. Ing. Salvatore Lo Presti, Coordinatore Prof. Ing. Giuseppe Pellitteri).

<sup>3</sup> La pietra artificiale è un materiale costituito da un impasto a base di legante, cemento o altro, sabbia e graniglia di pietra, a volte pigmenti, che miscelato con acqua, prende forma colandolo negli stampi e/o nelle casseforme realizzati in gesso o in legno.

<sup>4</sup> Michele Utveggi, costruttore del castello omonimo, lo descrive come un manufatto architettonico eccezionale; lo schema compositivo richiama modelli figurativi medievali, discostandosi dalle tipologie costruttive e decorative dei manufatti dell'epoca; i materiali, le tecniche costruttive impiegate e la struttura continua in calcestruzzo armato denotano, all'inizio del secolo '900, un alto grado di innovazione nel costruire a Palermo.

Oggi la struttura ospita il Centro Ricerche e Studi Professionali (CERISDI), un centro di formazione culturale, "laboratorio" di formazione in business internazionale e politiche pubbliche per giovani laureati dei paesi del Mediterraneo.

<sup>5</sup> Il conglomerato, che verrà impiegato per il ripristino delle porzioni asportate, avrà le seguenti caratteristiche: granulometria fine (sarà quindi un betoncino); ritiro compensato, ai fini di una congruenza con il calcestruzzo di base a maturazione avvenuta; meccanicamente compatibile (avrà cioè modulo elastico prossimo a quello del calcestruzzo in opera al fine di non modificare la distribuzione delle tensioni) con resistenze che potranno essere anche più elevate.

<sup>6</sup> Strumento appartenente all'attrezzatura di cui dispone il Dipartimento di Rappresentazione (DIRAP, Direttore Prof. Ing. Benedetto Villa), inserito nel Sistema di Laboratori di Ateneo Università degli Studi di Palermo (UniNetLab).

<sup>7</sup> Il sistema Z-scan rappresenta una valida alternativa ai rilievi condotti tramite laser scanner 3D, per qualità dei risultati, per economicità delle attrezzature e per la riduzione dei tempi necessari all'elaborazione. Il sistema si basa sul principio della stereo-fotogrammetria: attraverso 3 scatti fotografici ridondanti è possibile ricavare per ogni pixel dell'immagine, oltre ai dati bidimensionali, anche un preciso dato di profondità. Per ogni punto della nuvola, Z-scan restituisce una triade di coordinate spaziali in x, y, e z e il valore RGB del colore. Il sistema impiegato è in dotazione al Laboratorio di Prototipazione rapida e Ingegneria inversa dell'Istituto Statale d'Arte di Palermo "V. Ragusa e O. Kiyohara". Il team di ricerca dell'istituto ha svolto diverse esperienze, in collaborazione con l'Università di Palermo e con altri enti di tutela dei beni culturali, nel campo della archeologia sperimentale e delle tecniche di rilievo e di restauro non invasivo. Presso il citato laboratorio dell'Istituto d'Arte, l'assistenza a tutte le operazioni di prototipazione è stata curata dal tecnico Sebastiano Traina.

<sup>8</sup> I programmi utilizzati per la gestione delle fasi di Reverse Engineering a partire dalle scansioni 3D sono: Rapidform, che permette di gestire tramite automatismi la fase di riprogettazione di un prodotto o dati, come nuvole di punti, e Mesh STL in modo completamente parametrico; Rhinoceros, efficace modellatore di superfici NURBS, dotato delle caratteristiche tipiche di un CAD, ma con notevoli potenzialità nell'ambito della creazione, modifica, editazione, importazione di superfici.

<sup>9</sup> Rapid Prototyping (RP) ha avuto inizio negli anni 80 con un forte impulso che la informatica ha dato alla produzione industriale. Questa tecnica integra software e hardware per creare il primo modello di una serie per un progetto digitale. Perciò questa tecnica in particolare è adatta per la produzione industriale ed è stata sviluppata da grande industrie che avevano bisogno di ottimizzare il processo e verificare gli obiettivi. La tecnica trasforma il modello fisico in uno digitale; il modello digitale, creato dal software CAD è elaborato dal software CAM (Computer Aided Manufacturing) interattivo e utilizzando l'informazione digitale per creare il modello fisico, attraverso una strumentazione controllata digitalmente (CNC). Il progetto e la produzione industriale costituiscono la più usata applicazione di RP, ma nel campo del restauro, conservazione e tutela degli edifici storici è in corso ancora la ricerca.

<sup>10</sup> Il laboratorio dell'Istituto Statale d'Arte di Palermo "V. Ragusa e O. Kiyohara" è dotato di competenze ed apparecchiature tecnologiche dedicate alla prototipazione rapida sia additiva che sottrattiva. Le operazioni di realizzazione dello stampo sono state curate dall'Arch. Mino Renato Alessi, responsabile del laboratorio. In particolare la cassaforma in scala è stata ricavata da panetti di resina poliuretana di densità pari a 300 Kg/m<sup>3</sup> e resistenza a compressione di 10 N/mm<sup>2</sup>; la stabilità dimensionale di tale materiale è certificata sino ad una temperatura superiore agli 80 C°. La sagomatura è stata realizzata con la fresa tridimensionale a 4 assi della Roland DG MDX650; tale fresa consente una precisione di lavorazione sino a 10 µm.

<sup>11</sup> *Indagini condotte al SEM, con la tecnica BSEI (immagine per elettroni retrodiffusi) la cui forma del segnale come è noto è funzione del numero atomico medio, si tratta di immagini per contrasto di numero atomico, quindi la diversa tonalità di grigio evidenzia la diversa distribuzione delle fasi.*

### **Summary**

In the particular field of the protection, conservation and valorization of Cultural Heritage, there are many scientific and technological advances implemented through financed projects between research institutions, universities and specializing companies in this area. On an operational level, to make these advances effective, it is necessary to promote the formation of interdisciplinary teams of different professional skills, and to carry out tests and define methodologies and protocols. This study investigates these themes, focusing on the historic building “Grand Hotel Utveggio Castle”, which, by virtue of its chosen location and intended use, is exceptional for its technical and construction aspects and presents distinctive characteristics of place identity deeply connected with the city of Palermo. The project of knowledge and conservation aimed at acquiring and gaining experimental data, is directed at finding intervention methods for philological recovery, respecting the existing materials, preserving the dimensions of the structural parts and identifying the physical-mechanical compatibility between the historical materials and those of new generation.

### **Riassunto**

Nello specifico ambito della tutela, della conservazione e della valorizzazione dei Beni Culturali, si registrano validi e numerosi progressi scientifici tra enti di ricerca, università, aziende ed imprese specializzate nel settore. Sul piano operativo, per rendere il rinnovamento efficace, è necessario promuovere la formazione di gruppi interdisciplinari di competenze professionali diverse, sperimentare e definire metodologie e protocolli operativi. Il presente studio approfondisce le tematiche, su esposte, ponendo l'attenzione sull'edificio storico “Il Grande Albergo *Castello Utveggio*”, che, per scelta di luogo e di destinazione d'uso, eccezionale per avvenimenti tecnici e costruttivi finalizzati a realizzarlo, presenta caratteristiche peculiari di identità di luogo fortemente correlato con la città di Palermo. Il progetto di conoscenza e di conservazione intrapreso mira all'acquisizione e all'elaborazione di dati sperimentali che vadano ad individuare metodi di intervento di ripristino filologico, nel rispetto della materia esistente, nel mantenimento dimensionale delle parti strutturali e nella compatibilità fisico-meccanica tra i materiali storici impiegati e quelli di nuova generazione.

### **Résumé**

Dans le domaine spécifique de la sauvegarde, de la conservation et de la valorisation des Biens Culturels, on enregistre de valides et nombreux progrès scientifiques parmi les organismes de recherche, les universités et les entreprises spécialisées dans le secteur. Sur le plan opérationnel, pour rendre la rénovation efficace, il est nécessaire de promouvoir la formation de groupes interdisciplinaires de compétences professionnelles différentes, expérimenter et définir des méthodologies et des protocoles opérationnels. L'étude présente approfondit les thèmes, exposés

ci-dessus, en mettant l'attention sur l'édifice historique « Il Grande Albergo *Castello Utveggio* », qui, pour le choix du lieu et de la destination d'emploi, exceptionnelle pour les événements techniques et constructifs finalisés à sa réalisation, présente des caractéristiques particulières d'identité de lieu fortement corrélé avec la ville de Palerme. Le projet de connaissance et de conservation entrepris vise à l'acquisition et à l'élaboration de données expérimentales qui déterminent des méthodes d'intervention de rétablissement philologique, dans le respect de la matière existante, dans le maintien dimensionnel des parties structurelles et dans la compatibilité physico-mécanique entre les matériaux historiques utilisés et ceux de nouvelle génération.

### Zusammenfassung

Auf dem Gebiet des Schutzes, der Konservierung und der Pflege der Kulturgüter sind in Forschungsinstituten, Universitäten, Firmen und Fachunternehmen der Branche zahlreiche und bedeutende wissenschaftliche Fortschritte zu verzeichnen. Auf der Durchführungsebene müssen, um die Neuerung wirksam zu machen, die Bildung interdisziplinärer Gruppen von unterschiedlichen professionellen Kompetenzen gefördert und erprobt und Methodologien und Arbeitsprotokolle definiert werden. Die vorliegende Untersuchung vertieft die oben genannten Themenkreise an Hand des historischen Gebäudes "Il Grande Albergo *Castello Utveggio*", das auf Grund seiner Lage und seines Bestimmungszwecks sowie des außergewöhnlichen technischen und konstruktiven Aufwands für seine Realisierung eine ganz eigene Identität eines eng mit der Stadt Palermo verbundenen Orts aufweist. Der Plan für das Erkennen und Erhalten zielt auf die Erfassung und Verarbeitung experimenteller Daten ab, an Hand deren Eingriffsverfahren für die originalgetreue Instandsetzung gefunden werden sollen, bei den das vorhandene Material und die Maße der Strukturteile erhalten und die physikalisch-mechanische Kompatibilität zwischen den verwendeten historischen Materialien und denen der neuen Generation gewährleistet wird.

### Resumen

En el ámbito específico de la tutela, conservación y valorización de los Bienes Culturales, se registran numerosos y muy válidos progresos científicos en organismos de investigación, universidades, empresas y entidades especializadas en el sector. En el plano operativo, para que la renovación resulte eficaz, es necesario promover la formación de grupos interdisciplina de distinto ámbitos profesionales, experimentar y definir métodos y protocolos operativos. El presente estudio profundiza en las temáticas expuestas, centrando la atención en el edificio histórico "El Gran Hotel *Castello Utveggio*", que, por la elección del lugar y el uso al que está destinado, excepcional en cuanto a las circunstancias técnicas y de construcción que interviene en su realización, presenta peculiares características de identidad como lugar en fuerte correlación con la ciudad de Palermo. El proyecto de conocimiento y conservación emprendido apunta a la adquisición y elaboración de datos experimentales que lleven a identificar métodos de intervención de regeneración filológica, respetando la materia existente, manteniendo las dimensiones de las partes estructurales y asegurando la compatibilidad físico-mecánica entre los materiales históricos empleados y los materiales de nuevo cuño.

### **Резюме**

В конкретной области защиты, сохранения и повышения ценности культурного достояния наблюдается серьезный научный прогресс среди исследовательских учреждений, университетов и организаций, специализирующихся в данном секторе. Для повышения эффективности нововведений на оперативном уровне необходимо стимулировать обучение междисциплинарных групп различных профессиональных направлений, экспериментировать и разрабатывать новые методики и рабочие протоколы. Данная работа углубляется в вышеизложенные темы, уделяя особое внимание историческому зданию «Il Grande Albergo Castello Utveggio», которое по выбору его местонахождения и целям его использования исключительно подходит для технических и конструктивных мероприятий, обладая при этом своеобразными характеристиками именно данной местности, тесно связанной с Палермо. Начатый проект познания и сохранения нацелен на приобретение и обработку экспериментальных данных, которые должны будут определить методики вмешательства и филологического восстановления в соответствии с существующим материалом, сохраняя конструктивные части и в соответствии с физико-механической совместимостью между исторически использованными материалами и материалами нового поколения.