

# Materia moderna, risposte su misura: esempi di restauro del calcestruzzo del '900 tra memoria e innovazione

Modern materials, customised approaches: examples of 20th-century concrete restoration between memory and innovation

**Stefano Agnetti** | [stefano.agnetti@kimia.it](mailto:stefano.agnetti@kimia.it)

Kimia Spa

**Ilaria Biagetti** | [ilaria.biagetti@kimia.it](mailto:ilaria.biagetti@kimia.it)

Kimia Spa

**Vittorio Gusella** | [vittorio.gusella@unipg.it](mailto:vittorio.gusella@unipg.it)

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA), Università degli Studi di Perugia

**Riccardo Liberotti** | [riccardo.liberotti@unipg.it](mailto:riccardo.liberotti@unipg.it)

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA), Università degli Studi di Perugia

**Matilde Paolocci** | [matilde.paolocci@studenti.unipg.it](mailto:matilde.paolocci@studenti.unipg.it)

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA), Università degli Studi di Perugia

## Abstract

In the restoration of modern architectural heritage, where reinforced concrete is both structural and aesthetic, an interdisciplinary approach based on historical, iconographic and diagnostic analysis is essential. This method allows customised materials, consistent with each building's features, overcoming standardised restoration unsuitable for prestigious works. In close collaboration between academia and industry, this contribution examines how material and conceptual compatibility can be pursued through calibrated mix designs tailored to interventions. The adopted solutions, supported by experimental testing, include assessments of physical-chemical compatibility, resistance to atmospheric agents, mechanical performance and architectural consistency, with reference to significant case studies such as *Cabina C* at Milan Central Station and the *Palazzo degli Affari* in Florence. Drawing on these experiences, the authors outline a design approach where technology, memory and design responsibility interact.

## Keywords

Restoration, Conservation, Modern architecture heritage, Innovative theories, Interdisciplinary methodologies.

## Introduzione

Il restauro del patrimonio del moderno e del patrimonio contemporaneo, ormai storicizzati e quindi latori di valori culturali, è un processo complesso che richiede approcci olistici e adattivi, capaci di cogliere le dinamiche sistemiche e di governare l'equilibrio fra istanze di compatibilità, reversibilità e rispetto dei valori formali<sup>1</sup>. Ogni edificio storico, al pari di un organismo vivente, necessita di attenzioni costanti – di carattere manutentivo e preventivo – e di interventi – chirurgici nei casi più critici – tesi al restauro architettonico. Tale postura di avvicinamento al manufatto architettonico implica indagini conoscitive e fasi istruttorie preliminari che permettano di comprendere a fondo la genesi storica, formale e materica di un'opera. In questa prospettiva, la metafora della biodisponibilità offre una chiave interpretativa feconda: così come in farmacologia indica la quota di principio attivo realmente assimilabile da un organismo, nel restauro esprime la capacità di materiali e tecniche di intervento di essere benefici per l'esistente senza generare effetti collaterali o alterazioni irreversibili,

né sul piano strutturale né su quello estetico e storico. Questi principi assumono particolare centralità nella conservazione dell'architettura moderna, dove l'uso diffuso del calcestruzzo e di materiali affini pone sfide inedite che richiedono approcci specifici di diagnosi e intervento. Il paradigma della biodisponibilità, applicato al restauro, si integra così con i più avanzati contributi forniti dalla scienza dei materiali, offrendo un terreno di riflessione etica e tecnica: tutelare il patrimonio edilizio moderno significa preservarne l'integrità fisica, garantirne la continuità culturale e assicurare la sostenibilità delle pratiche conservative, affinché siano efficaci tanto nell'immediato quanto nel lungo periodo<sup>1</sup>. Il presente contributo illustra due casi studio in cui le scelte di restauro e consolidamento sono state supportate da specifiche indagini sperimentali mirate allo sviluppo di malte e intonaci a base cementizia capaci di garantire compatibilità, durabilità e reversibilità dei trattamenti. Le esperienze sono state finalizzate allo sviluppo di materiali "mortar-like" a base di calce e leganti cementizi. Per ragioni di sintesi, vengono qui illustrate unicamente le principali strategie operative e le soluzioni materiche adottate per riprodurre le caratteristiche estetiche, materiche e meccaniche dei calcestruzzi storici presenti in architetture di pregio. Le attività di ricerca, condotte in parallelo a indagini storiche e archivistiche, hanno inoltre consentito di approfondire la conoscenza dei manufatti, precisandone le coordinate temporali e l'attribuzione autoriale, offrendo così un quadro più completo a supporto delle scelte progettuali.

### Casi Studio: *Cabina C della Stazione FS di Milano*

Gli interventi di restauro avviati nel 2017 e tuttora in corso presso la Stazione FS di Milano Centrale, riguardanti quattro cabine di scambio e due torri piezometriche, rappresentano un significativo esempio di intervento sulle architetture in calcestruzzo armato. L'impiego di malte cementizie integrate con sistemi compositi si è rivelato centrale per armonizzare le esigenze del consolidamento e della conservazione in tale contesto. Particolarmente significativa è la *Cabina C*, progettata dall'architetto Ulisse Stacchini, vincitore del secondo concorso bandito in merito dal Comune di Milano nel 1912, e realizzata tra il 1924 e il 1931, in parallelo con la costruzione del complesso principale<sup>3</sup>. Inaugurata il 1° luglio 1931, l'opera presenta una tipologia sopraelevata a ponte che sovrasta i binari, con un portale in calcestruzzo armato a sostegno di due livelli destinati agli apparati di comando. L'involucro alterna pieni e vuoti con paraste geometriche e vetrate quadrate, mentre l'ultimo livello, aggettante, è sorretto da mensole sagomate. Dismessa nel 1984, ha acquisito valore storico nel tempo, anche per il pregio delle decorazioni tardo liberty con influenze déco che la caratterizzano. Dopo circa trent'anni di abbandono, la cabina mostrava un avanzato stato di degrado: superfici esterne marcate da patine e distacchi, ambienti interni fatiscenti - con intonaci ammalorati; uno stato di conservazione ulteriormente aggravato da agenti atmosferici e soprattutto inquinanti che per ovvi motivi insistono sull'area (Fig. 1). Le superfici in calcestruzzo presentavano molteplici criticità: disaggregazioni, distacchi, carbonatazione con ossidazione delle armature, croste nere, solfatazione, polverizzazione, lesioni e presenza di organismi biodeteriogeni. In risposta ai fenomeni di degrado è stato predisposto un articolato piano di restauro, a cura dell'architetto Leo Medori (Geina Srl), complesso già dalla fase di cantierizzazione. La collocazione della cabina al centro dei binari ha richiesto percorsi di accesso controllati, approvvigionamento dei materiali mediante locomotore e una programmazione compatibile con il traffico ferroviario. L'area di cantiere comprendeva passerelle, protezioni, uffici tecnici e depositi, mentre il ponteggio è stato appositamente progettato per ridurre le sollecitazioni indotte dal transito



Fig. 1 Milano, Cabina C, 2017. Prospetto frontale prima dell'intervento di restauro.



Fig. 2 Milano, Cabina C, 2017. Prospetto frontale a seguito dell'intervento di restauro.

ferroviario e annullare le interferenze con l'esercizio in corso. Sotto la supervisione della SABAP di Milano, il restauro è stato finalizzato al ripristino delle facciate in calcestruzzo e alla sostituzione delle vetrate. Le prime operazioni hanno riguardato la verifica della stabilità e la messa in sicurezza con pre-consolidamenti tramite stuccature in malta di calce e polvere di marmo, additivata con resine acriliche autoreticolanti e, in alcuni frangenti, con micro-barre in vetroresina e in acciaio inox, annegate in resina epossidica o malta idraulica. Le superfici sono state preventivamente pulite con spazzole di saggina, aria compressa, detergenti neutri e micro-sabbiature. Per contrastare gli organismi biodeteriogeni è stato applicato un biocida, seguito da rimozione meccanica degli stessi; per ruggine e ossidazioni l'intervento si è avvalso di soluzioni di fosfato d'ammonio; croste nere e depositi tenaci sono stati eliminati con impacchi biologici (biocleaning). Le lesioni sono state risarcite utilizzando malta formulata in continuità con i materiali originali. Il ripristino degli elementi architettonici è stato eseguito, invece, con malte reoplastiche, tixotropiche e fibrorinforzate contro il ritiro, additivate con resina acrilica, garantendo modellabilità, adesione e compatibilità meccanica con il substrato esistente. Gli interventi preposti a ristabilire l'adesione tra gli elementi architettonici originari parzialmente distaccati o privi di continuità meccanica, hanno previsto l'utilizzo di modesti perfori e perni in vetroresina, acciaio inox o in fili di acciaio ricotto. Le parti metalliche delle strutture sono state trattate con passivanti e inibitori di corrosione. Sulle superfici architettoniche esterne è stato applicato un riaggredante a base di esteri dell'acido silicico tramite un pennello fino a rifiuto, interrompendo l'applicazione a supporto saturo, e completando il trattamento protettivo silossanico traspirante. Sul basamento è stato steso un materiale protettivo - antograffito - di sacrificio, mentre in copertura si è provveduto alla rimozione delle guaine, alla formazione di un nuovo massetto in sabbia e cemento e all'impermeabilizzazione con sistema cementizio elastico bicomponente, protetto da pavimentazione sopraelevata attraverso elementi in calcestruzzo. Le cornici aggettanti lesionate sono state rinforzate



Fig. 3 Firenze, Palazzo degli Affari, 2021. Aree degradate di una delle facciate con fenomeni di espulsione del coprifero.

Fig. 4 Firenze, Palazzo degli Affari, 2022. Raffronto fra la malta appositamente sviluppata e il paramento originale.

con fasce in fibra di carbonio; dopo la pulitura, le superfici e le lettere della scritta *Cabina C* sono state ripatinate con tecniche miste per uniformare le integrazioni (Fig. 2). Gli interventi hanno incluso il rifacimento degli intonaci, la chiusura dei cavedi impiantistici, il ripristino della pavimentazione e il rinforzo strutturale preliminare di travi e pilastri con FRP. L'intero sistema è stato protetto mediante rasatura cementizia armata con rete in fibra di vetro, previa spolveratura di sabbia di quarzo a garantire un corretto substrato per l'adesione della finitura.

#### Casi Studio: Palazzo degli Affari di Firenze

Il *Palazzo degli Affari*, progettato dall'architetto Pierluigi Spadolini nel 1974 e inaugurato nel 1977, fu concepito per accogliere funzioni congressuali e di rappresentanza in continuità con la Stazione di Santa Maria Novella e il Palazzo dei Congressi. L'edificio, che si sviluppa su cinque piani, costituisce una delle espressioni più significative del modernismo italiano tardo-novecentesco<sup>4</sup>. Il restauro, avviato nel 2021 e concluso l'anno successivo, è stato progettato dall'architetto Elio Di Franco. L'involucro esterno, composto da moduli prefabbricati in calcestruzzo armato, serramenti in alluminio e ampie vetrate, è stato restaurato nel rispetto dei materiali originali. Prima del cantiere, le facciate prefabbricate in calcestruzzo bianco - con aggregati lapidei e marmorei - mostravano diffusi fenomeni di degrado: erosione degli strati superficiali dei materiali lapidei artificiali, perdita di coesione con espulsione del coprifero, esposizione delle armature, alterazioni cromatiche e patine da inquinamento atmosferico (Fig. 3). Dopo la rimozione delle porzioni più disgregate con scalpellatura manuale o meccanica, le superfici sono state idrosabbiate con getti d'acqua e sabbia silicea per eliminare ossidazioni e incrostazioni. Le armature, liberate dal calcestruzzo carbonatato, sono state spazzolate, sabbiate e trattate con protettivi; il supporto è stato quindi saturato ad acqua per favorire la successiva adesione delle nuove malte di



Fig. 5 Firenze, Palazzo degli Affari, 2021. Prospetto principale prima dell'intervento di restauro.

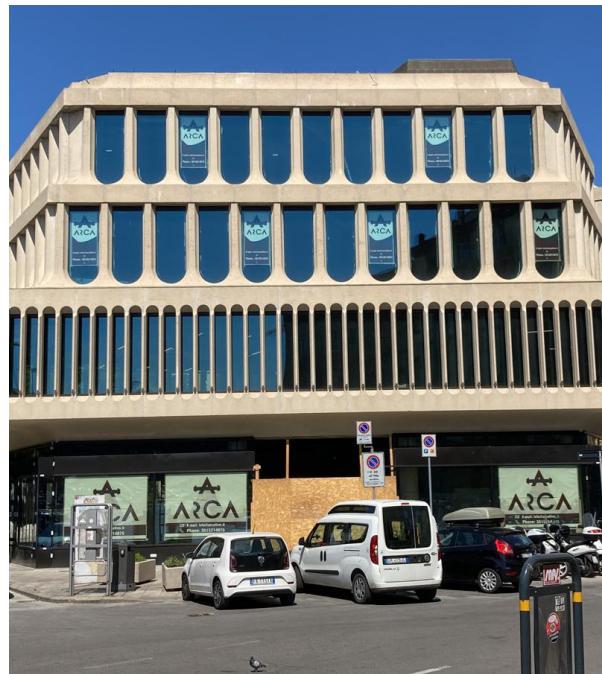


Fig. 6 Firenze, Palazzo degli Affari, 2022. Prospetto principale dopo l'intervento di restauro.

ripristino. La ricostruzione dei copriferro e delle sezioni deteriorate ha ripristinato la geometria originaria degli elementi architettonici con malte ad alte prestazioni, compatibili e a basso ritiro, additivate con inerti selezionati per granulometria e colore, così da riprodurre cromia e texture del materiale lapideo artificiale esistente. Su richiesta della SABAP è stato condotto uno studio granulometrico del calcestruzzo storico che ha permesso di rilevare le due tipologie di inerti prevalenti, dalle cromie marrone scuro e beige e derivanti da diverse fonti locali, inglobati nella matrice cementizia bianca. Diverse miscele sono state sperimentate fino all'individuazione del formulato ottimale, validato tramite analisi chromatografiche (Fig. 4). L'intervento, coerente con l'aspetto originario, è stato impiegato in tutte le risarciture e nei ripristini superficiali per prevenire discontinuità e assicurare uniformità estetica (Fig. 5,6).

#### Ricerca sperimentale sui materiali e osservazioni conclusive

La ricerca si è concentrata sull'ottimizzazione sperimentale di mix design innovativi per il restauro delle architetture del Novecento, affrontando fenomeni di degrado quali carbonatazione, ossidazioni e distacchi, insieme alla necessità di reintegri, e introducendo malte non standard a base cementizia mirate sia al consolidamento strutturale sia al reintegro delle superfici architettoniche<sup>5</sup>. I primi risultati (Fig. 7,8), derivanti da test meccanici a compressione e flessione condotti attraverso criteri uniformi di geometria, realizzazione, maturazione ed esecuzione, secondo un protocollo di prova comune, hanno evidenziato le proprietà chimico-fisiche e meccaniche dei materiali, confermandone l'efficacia e l'idoneità agli interventi conservativi. I campioni prelevati nel corso delle due esperienze di cantiere hanno costituito una preziosa base per indagini comparative in laboratorio, permettendo di calibrare i mix design in funzione delle caratteristiche dei manufatti originari. In entrambi i casi analizzati, le scelte progettuali sono il risultato di un rapporto continuo tra progettisti, impresa esecutrice e

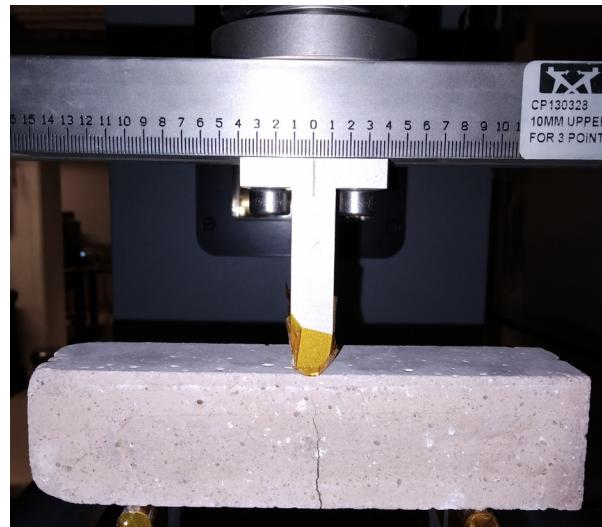
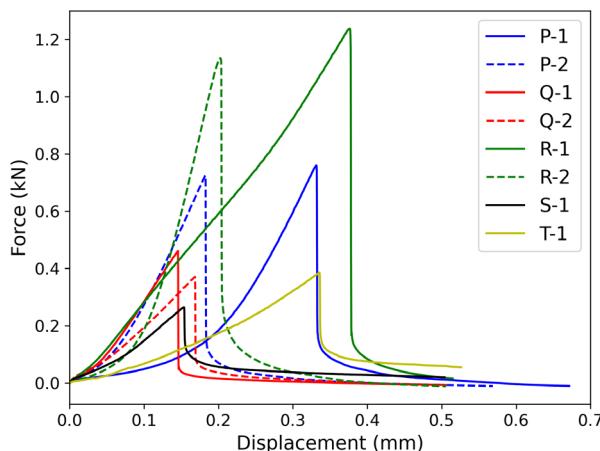


Fig. 7 Primi test a flessione: formulati per scopi strutturali (R e P), mix-design con finalità architettoniche (Q, R, T). Legenda: P. Calce idraulica naturale; Q. Intonaco di calce idraulica naturale; R. Malta idraulica strutturale; S. Calce (15%) + cocciopesto; T. Calce (20%) + cocciopesto.

Fig. 8 Esito di uno dei test a flessione su tre punti condotti su formulati con aggregati di varia estrazione (miscola R, Fig. 7).

azienda fornitrice dei materiali, in conformità alle indicazioni delle rispettive Soprintendenze. L'uso di materiali compatibili sotto il profilo materico ha garantito non solo risultati estetici ma anche comportamenti chimico-fisici coerenti. Ciò si traduce in effetti positivi in termini di porosità, resistenza agli agenti inquinanti e atmosferici e risposta meccanica uniforme, prevenendo l'insorgenza di ulteriori forme di degrado o disomogeneità strutturali. Le prospettive future prevedono lo sviluppo di ulteriori miscele cementizie, sottponendole a invecchiamento accelerato in ambiente alcalino e in condizioni controllate di umidità e temperatura, per simulare i principali fattori di degrado che incidono sulla conservazione dei manufatti contemporanei. L'obiettivo è ampliare la base conoscitiva e le possibilità applicative della ricerca.

Si ringrazia per la collaborazione e il materiale fornito la Kimia S.p.A. (Umbria - Italia).

<sup>1</sup>RENATA PICONE, *Patrimoni fragili: l'architettura del Novecento e i materiali sperimentali alla "prova del tempo"*, in *La Mostra d'Oltremare nella Napoli occidentale. Ricerche storiche e restauro del moderno*, a cura di Aldo Aveta, Alessandro Castagnaro e Fabio Mangone, Napoli, ArtStudio Paparo, 2021.

<sup>2</sup>SUSANNA CACCIA GHERARDINI, *Quando il patrimonio affonda. La Péniche di Le Corbusier a Parigi*, in «Restauro Archeologico», s. XXVI (1), Firenze University Press, 2018, pp. 132-141.

<sup>3</sup>LUCA PELA', ANDREA BENEDETTI, ALESSANDRA APRILE, ENRICO MANGONI, *Seismic Assessment of the Milano Centrale Railway Station*, in *International Journal of Architectural Heritage*, 7, 2013, pp. 609-627.

<sup>4</sup>MARTA CASTELLINI, OANA ADRIANA CUZMAN, MARCO TANGANELLI, STEFANO LANDI, CRISTIANO RIMINESI, *Conservation strategies for the Palazzo degli Affari in Florence (Italy): The role of protective treatments on the concrete carbonation resistance*, in *The Future of Heritage Science and Technologies, Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer, 2023, pp. 344-358.

<sup>5</sup>STEFANO AGNETTI, RICCARDO LIBEROTTI, MATILDE PAOLOCCI, VITTORIO GUSELLA, *Innovative Materials for the Consolidation and Repair of Historic Renders and Mortar-Based Elements*, in atti del convegno internazionale HMC2025, (Padova, 2-4/09/25), Roma (I), Ed. Quasar, 2025, pp. 545-547.