



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI NAPOLI

SEMINARIO TECNICO

“LA DIAGNOSTICA NEL RECUPERO DEGLI EDIFICI IN MURATURA”



30 novembre 2006 ore 9,00

AULA “SCIPIONE BOBBIO”

Facoltà di Ingegneria

Università degli Studi di Napoli Federico II

Coordinamento ed organizzazione del seminario

Ing. Sergio Burattini, Ing. Vanessa D'Agostino, Prof. Ing. Renato Iovino, Ing. Salvatore Landolfi, Ing. Paola Marone

L'evento è organizzato con la partecipazione di:

Strago Srl, Boviar Srl

Sommari dei lavori presentati

Introduzione al Convegno

Prof. Ing. Renato Iovino
Dipartimento di Ingegneria Edile
"La diagnostica per i Beni Culturali"

Prof. Ing. Gaetano Manfredi
Dipartimento di Analisi e Progettazione Strutturale
"Innovazione tecnologica nella diagnosi strutturale"

Prof. Ing. Mario Pasquino
Dipartimento di Scienza delle Costruzioni "V. Franciosi"
"Un modello di disgregazione delle malte e danni derivanti dai microsismi"

Prof. Ing. Michele Brigante
Dipartimento di Scienza delle Costruzioni "V. Franciosi"
"Monitoraggio strutturale "al vero" di edifici in muratura"

Prof. Ing. Aldo Aveta
Dipartimento di Storia dell'Architettura e Restauro
"Diagnostica e progetto di restauro dell'architettura storica"

Prof. Ing. Francesca Romana d'Ambrosio
Dipartimento di Ingegneria Meccanica-Università degli studi di Salerno
C.I.Be.C. - Centro Interdipartimentale di Ingegneria per i Beni Culturali -
Università degli Studi di Napoli Federico II
"Il microclima negli ambienti destinati alla conservazione di Beni di interesse Culturale"

Prof. Flavia Fascia
Dipartimento di Ingegneria Edile
"Le indagini non distruttive per la conoscenza dell'involucro dell'edificio antico"

Dott. Ing. Giovanni Mannara
Consigliere di amministrazione STRAGO S.r.l.
"Evoluzione delle tecniche di monitoraggio e diagnostica"

Introduzione al Convegno

“La diagnostica per i Beni Culturali”

Prof. Ing. Renato Iovino

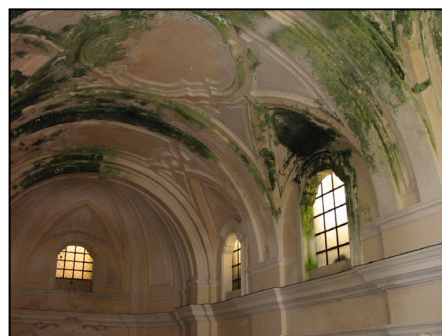
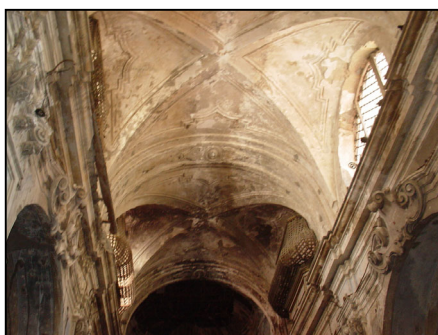
Lo studio dei beni culturali, con particolare riferimento al patrimonio architettonico, è stato oggetto di una palese e forzata riscoperta negli ultimi decenni del Novecento. Da tempo è stata avviata una ricerca che ha portato gli studiosi ad affiancare alle analisi progettuali sulle nuove tipologie architettoniche anche quelle relative al recupero ed al restauro, finalizzate a determinare le modalità più idonee per ottimizzare la fruizione dell'edilizia storica e, più in generale, del patrimonio edilizio esistente.

Nel corso degli ultimi due decenni l'Ateneo Federiciano si è distinto per l'operosità e la costanza in questo settore di ricerca, dedicando grande attenzione alle problematiche proprie del recupero degli edifici di antico impianto con particolare riferimento a tre ambiti tematici quali la conoscenza, le verifiche prestazionali ed il riuso compatibile, supportati dal contributo di molte e diverse discipline quali la Storia dell'Architettura, l'Ingegneria Strutturale, la Tecnologia Edilizia, il Recupero ed il Restauro, la Produzione Edilizia, la Pianificazione del Territorio, l'Ingegneria per i Materiali, la Fisica Tecnica, l'Informatica.

La conoscenza completa della fabbrica è un prerequisito indispensabile per l'attuazione di un programma integrato di ricerca, finalizzato al recupero ed al riuso del patrimonio edilizio. Conoscere un edificio significa conoscere la sua storia, l'ambiente naturale ed urbano in cui si inserisce, i caratteri distributivi, le tecniche costruttive specifiche, nonché gli strumenti e i materiali adoperati per la sua realizzazione. La conoscenza degli eventi storici e costruttivi che hanno interessato l'edificio, consentirà la

ricostruzione dell'evoluzione che l'organismo edilizio ha avuto nel corso della sua vita utile; l'esatta individuazione degli aspetti architettonici, formali e funzionali, fornirà le corrette indicazioni nella scelta di funzioni socialmente utili rispettose dei caratteri storici e culturali dell'edificio antico; la determinazione dei materiali e delle tecniche costruttive tradizionali, impiegati per la costruzione del manufatto, o di parte di esso, risulta poi fondamentale per indirizzare nella scelta dei materiali e delle tecniche, tradizionali ed innovative, più appropriate per restituire l'antico splendore al bene, che in questo caso è anche storico e culturale.

Un grande contributo in tal senso è fornito dalle indagini diagnostiche che contribuiscono, spesso in modo sostanziale, alla definizione delle condizioni strutturali e costruttive dell'edificio.



“Innovazione tecnologica nella diagnostica strutturale”

Prof. Ing. Gaetano Manfredi

Il monitoraggio strutturale risponde ad esigenze differenti rispetto a quelle evidenziate in precedenza. Infatti, esso si configura come una metodologia per la valutazione della sicurezza delle strutture nel tempo in relazione all'uso che della struttura viene fatto oppure all'influenza delle condizioni ambientali e di esercizio. Per la sua specifica natura, il monitoraggio delle opere civili è stato fortemente orientato alla salvaguardia di opere strategiche di particolare interesse dal punto di vista sociale, economico o ambientale. Sia per motivi funzionali che tecnologici, il monitoraggio di edifici, dighe e ponti rappresenta, infatti, una realtà consolidata. Mediante l'acquisizione di dati ambientali e meccanici, come temperatura, spostamenti, rotazioni, stati tensionali è possibile identificare il comportamento strutturale ed, eventualmente, nel caso del superamento di determinati valori di soglia, attivare segnali di allarme oppure adottare in automatico misure di prevenzione, come lo spegnimento di un impianto o l'attivazione di procedure di allarme.

In apparenza, gli odierni avanzamenti possibili di questo settore dipendono dallo sviluppo di tecnologie sempre più avanzate – come ad esempio l'impiego di sensori innovativi basati sulle fibre ottiche, nella miniaturizzazione dei componenti, nella loro autonomia energetica, nella capacità di comunicare in remoto. Ma l'innovazione tecnologica deve essere supportata dal contributo dell'Ingegneria Strutturale nell'interpretazione dei risultati, nell'analisi dei dati e nell'ottimizzazione dei processi di trasmissione e gestione dell'informazione.

La frontiera del monitoraggio strutturale, perciò, si sposta verso l'integrazione delle competenze e lo sviluppo di tecniche integrate di monitoraggio capaci di validare il dato attraverso il controllo e la gestione della strumentazione, interpretare i dati provenienti dal campo, individuare le deficienze sopravvenute ed effettuare valutazioni delle condizioni attuali della costruzione e della sua capacità residua di assolvere alla sua funzione.

Dal punto di vista strutturale, le problematiche connesse al raggiungimento degli obiettivi indicati sopra sono essenzialmente legate: allo sviluppo di modellazioni strutturali, anche in campo non lineare, capaci: di cogliere i meccanismi resistenti e deformativi predominanti e di tener conto dei danneggiamenti intervenuti nel corso del tempo; alla messa a punto di procedure, anche di natura probabilistica, per la valutazione della risposta sperimentale e dei livelli prestazionali richiesti a partire da parametri sintetici facilmente misurabili.

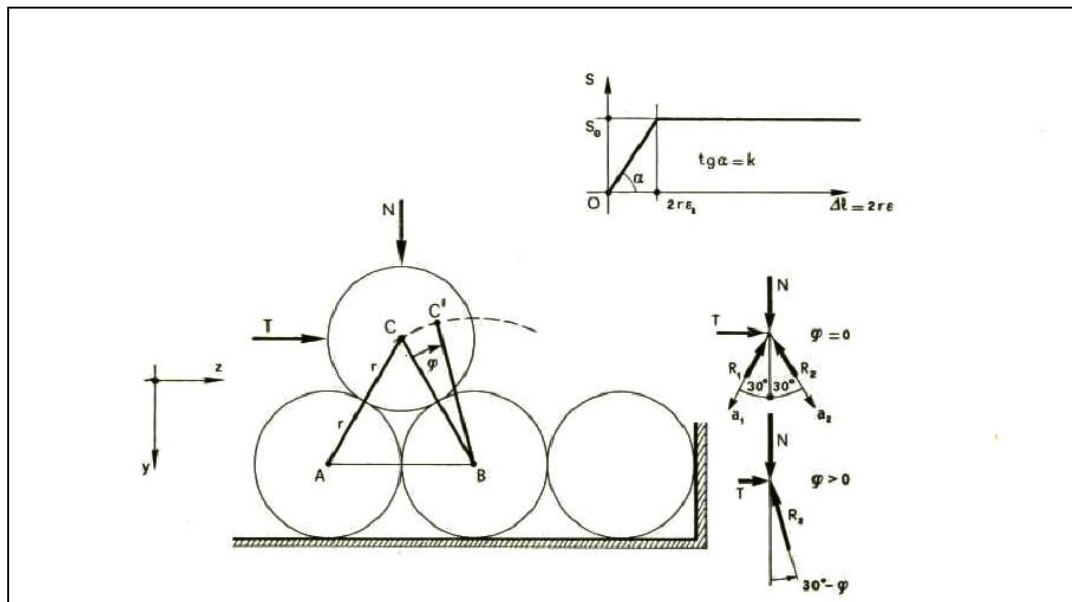


“Un modello di disaggregazione delle malte e danni derivanti dai microsismi”

Prof. Ing. Mario Pasquino

Si adotta un modello valido per gli agglomerati privi di coesione, dotandolo di legami elasto-plastici intercentrali che simulino, in buona aderenza con il fatto fisico, il legame coesivo.

Viene confermato sperimentalmente il pericolo che i microsismi possono vanificare il legame coesivo e quantizzare per agglomerati monogranulari la fascia di pericolo ampiezza-frequenza. Tale pericolo può avere particolare peso in tutti quei casi in cui vibrazioni di lunga durata e di carattere uniforme (traffico, macchine alternative ecc.) interessino le fondazioni. Il modello matematico cui si fa riferimento è quello trisferico e sopraccitato.



Il modello studiato

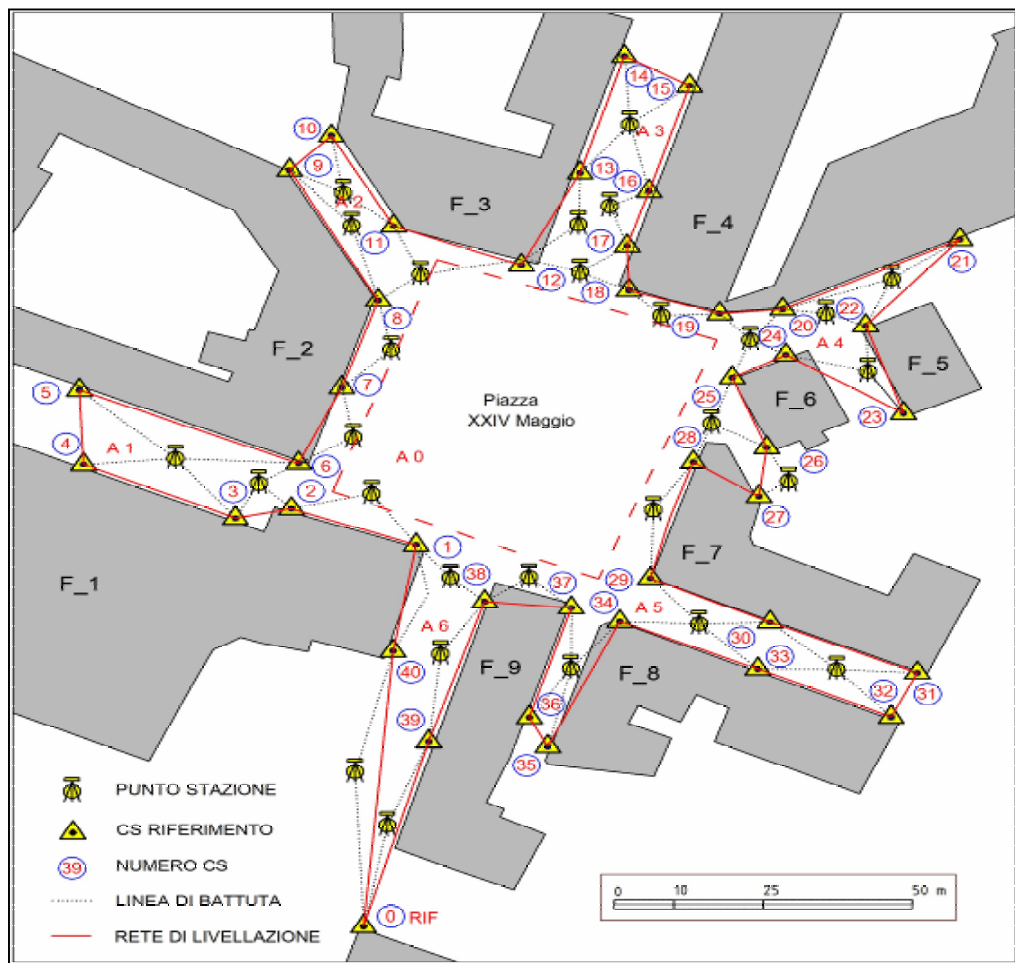
“Monitoraggio strutturale “al vero” di edifici in muratura”

Prof. Ing. Michele Brigante

Il monitoraggio è un “breakthrough” inserito tra i metodi di indagine, di analisi e di manutenzione delle strutture. Nonostante le attuali e continue dimostrazioni di interesse, però, è ancora poco utilizzato nei processi costruttivi; viceversa, nella ricerca sperimentale, costituisce un solido riferimento.

Generalmente il monitoraggio è inteso come un sistema di controllo necessario per seguire l’evoluzione di dissesti e patologie già manifeste; esso è anche, se non soprattutto, un metodo di analisi preventivo. Entrambi i casi rientrano nel “monitoraggio di sorveglianza”.

Si illustrano due esempi di monitoraggio effettuati su strutture al vero, posti in essere per ragioni diverse, benché uniti dal concorde obiettivo della garanzia di sicurezza durante le fasi di costruzione. Il primo caso si riferisce ad un monitoraggio posto in essere dopo un disastro e finalizzato al controllo delle aree ed edifici coinvolti, il secondo riguarda il progetto di monitoraggio (e la sua attuazione) per il controllo di edifici a scopo preventivo, da effettuare durante le complesse attività di scavo profondo, in aderenza agli immobili.



“Diagnostica e progetto di restauro dell’architettura storica”

Prof. Ing. Aldo Aveta

Il progetto di restauro dell’architettura storica presenta specificità teoriche, metodologiche ed operative.

Nella fase della “connotazione” - quella che diffusamente viene definita “il cantiere della conoscenza” - nell’ultimo trentennio ha assunto un ruolo fondamentale la diagnostica, ovvero l’insieme dei criteri, dei metodi e delle procedure tecniche per l’individuazione, il rilievo, l’indagine, l’accertamento degli elementi costruttivi, delle loro caratteristiche, consistenza strutturale e stato di conservazione.

Si tratta di attività conoscitive indispensabili per azioni di restauro e conservazione, la cui reale attuazione garantisce la qualità e l’efficacia del progetto.

Oggi l’approccio presenta ulteriori valenze, in quanto le complesse problematiche vanno affrontate nell’ottica di una diagnostica integrata, in cui all’indirizzo ed al coordinamento degli operatori (architetti ed ingegneri-architetti) si devono affiancare necessariamente conoscenze, metodologie e apporti disciplinari diversificati ed integrati.

Il contributo cercherà di evidenziare l’importanza dell’interdisciplinarietà ai fini degli obiettivi del progetto di restauro dell’architettura storica, con riferimento a casi ed esperienze.



Figura 19 Giovanni Giordano Lanza, *Veduta di Pozzuoli*, seconda metà del XIX secolo

“Il microclima negli ambienti destinati alla conservazione di Beni di interesse Culturale”

Prof. Ing. Francesca Romana d'Ambrosio

Da sempre l'Ingegneria è chiamata a svolgere un ruolo rilevante nella conservazione dei Beni Culturali. Tradizionalmente, tale ruolo è stato affidato all'Ingegneria Civile, responsabile della sicurezza statica del patrimonio costruito; recentemente, in un'ottica più ampia e moderna della conservazione, il contributo dell'Ingegneria si è arricchito di altre competenze, tipiche di settori quali l'ingegneria chimica, la fisica tecnica ambientale, l'impiantistica in generale.

In particolare, la fisica tecnica ambientale è attivamente coinvolta nell'ambito della conservazione preventiva, sia per quanto riguarda il controllo dei parametri termoigrometrici e della qualità dell'aria negli ambienti in cui sono conservati ed esposti beni di interesse storico artistico, sia per gli aspetti relativi alla problematica legata alla presenza di umidità nelle pareti degli edifici storici.

Il controllo dei parametri microclimatici è di grande importanza nella prevenzione dei danni correlati a non adeguate condizioni termoigrometriche dell'aria e ad elevate concentrazioni di contaminanti in aria. Inoltre, attraverso un'adeguata indagine ambientale è possibile trarre una migliore definizione dello stato di conservazione ed una più attenta analisi delle cause di alterazione e degrado del bene, sia esso un oggetto o un edificio, considerato quest'ultimo non come mero contenitore ma come esso stesso monumento-documento di storia materiale. Ovviamente, il controllo microclimatico si riferisce anche ad altre situazioni, attualmente oggetto di ricerca che può essere definita di frontiera,

quali le prestazioni delle vetrine espositive e quelli dei contenitori per il trasporto delle opere d'arte.

La presenza di umidità negli edifici antichi e storico monumentali, che spesso, oltre che monumenti-documenti sono anche sedi museali, determina una serie di problemi che vanno dalla riduzione della resistenza termica alla disgregazione e alla frantumazione dei materiali, allo sfarinamento e all'erosione degli strati superficiali delle pareti, con conseguenti seri danni all'edificio e problemi di natura igienico-sanitaria.



**Segni di degrado dovuto all'umidità:
particolare di un edificio storico**



**Teatro romano di Ercolano:
degrado causato da
infiltrazioni d'acqua**



**Indagini microclimatiche in teche
espositive**



**Teatro romano di Ercolano:
indagini sulle infiltrazioni d'acqua
ed analisi delle condizioni
termoigrometriche e di qualità
dell'aria**

“Le indagini non distruttive per la conoscenza dell’involucro dell’edificio antico”

Prof. Arch. Flavia Fascia

In questo incontro vengono esaminati alcune delle prove non distruttive che possono essere impiegate per conoscere gli aspetti materici, tecnologici e il degrado degli edifici di antico impianto realizzati in muratura. Le indagini diagnostiche consentono inoltre di leggere i cambiamenti occorsi nel tempo negli apparecchi murari, la presenza di elementi metallici e, in generale, l’evoluzione che il manufatto ha subito nel tempo.

Ancora esamineremo, anche se in modo sommario, alcune prove non distruttive che consentono di avere informazioni sia sulle condizioni statiche dell’edificio sia sull’evoluzione che lo stesso ha subito nel tempo.

In particolare, per il progetto di recupero è indispensabile una lettura esaustiva del tipo edilizio che, come affermava Saverio Muratori, deve essere condotta attraverso le fasi:

- della logica, ovvero dei materiali e degli elementi tecnologici;
- dell’economia, o delle tecniche costruttive;
- dell’etica, o dell’organizzazione funzionale;
- dell’estetica, ovvero dell’aspetto formale.

Lo studio di recupero relativo agli edifici di antico impianto dimostra emblematicamente l’importanza di conoscere in modo esaustivo l’edificio antico per potere progettare correttamente il recupero.

A tale proposito ci sono di grande aiuto le indagini non distruttive quali

- l’analisi pachometrica
- l’analisi magnetometrica

- l'analisi ultrasuoni
- l'analisi endoscopica
- l'analisi termografia

Dagli esempi riportati, relativi alle immagini di alcune delle grandi testimonianze della storia e della cultura partenopea si evidenziano le gravi condizioni di degrado in cui versano tanti edifici monumentali di Napoli.

Si comprende così la necessità di intervenire con progetti di restauro che restituiscano alla città i tanti tesori dimenticati.

Ma è altrettanto chiaro che non è possibile progettare un recupero rispettoso dei valori dell'edificio antico senza condurre preventivamente approfondite indagini tese alla completa conoscenza dell'edificio.



“Evoluzione delle tecniche di monitoraggio e diagnostica”

Dott. Ing. Giovanni Mannara

Consigliere di amministrazione STRAGO S.r.l.

La valutazione dell'efficacia delle strutture civili sempre più spesso si avvale dell'ausilio di sistemi basati sul monitoraggio in continuo di parametri a cui essa può essere in qualche modo ricollegata. Artefici della diffusione di tali sistemi sono le recenti innovazioni effettuate nel settore tecnologico: da questo punto di vista fondamentale è stata la realizzazione di sistemi di monitoraggio in grado di elaborare i dati in tempo reale e trasferire i risultati delle analisi a stazioni di controllo remote. Da tali sviluppi hanno tratto vantaggio i sistemi tradizionali basati sul monitoraggio di grandezze statiche.

Le innovazioni più recenti e promettenti nel campo della diagnostica sono tuttavia rappresentate dalla realizzazione di sistemi basati sul monitoraggio di grandezze dinamiche caratterizzanti la struttura. Il monitoraggio dinamico delle opere può essere realizzato in modo diverso a seconda dell'obiettivo che ci si prefigge. Tali sistemi trovano applicazione nella caratterizzazione dinamica attraverso la valutazione di periodi e modi propri di vibrazione, nella valutazione dei livelli di vibrazione, nella valutazione delle modalità di trasmissione delle vibrazioni nel materiale della struttura.

Anche nel campo della dinamica si è avuta una continua evoluzione che ha investito i sistemi di acquisizione, elaborazione e soprattutto la sensoristica. In questo settore la maggiore innovazione è rappresentata dall'introduzione dei sensori MEMS, che grazie alla loro alta tecnologia e al basso costo permettono di

aumentare notevolmente il numero dei punti di misura, consentendo la realizzazione di vere e proprie reti di sensori aprendo le porte a nuove applicazioni.



Vibrodina meccanica utilizzata come attuatore per i rilievi dinamici

Coordinamento ed organizzazione del seminario

Ing. Sergio Burattini
Ing. Vanessa D'Agostino
Prof. Ing. Renato Iovino
Ing. Salvatore Landolfi
Ing. Paola Marone

Commissione Beni Culturali Edilizia Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli

Coordinatore: Ing. Salvatore Landolfi

Componenti:

Burattini Sergio
Cosenza Edoardo
D'Agostino Vanessa
De Simone Angela Maria
Fascia Flavia
Iovino Renato
Landi Vincenzo
Landolfi Salvatore
Lanzillo Diamante
Lizza Andrea
Marone Paola
Pagano Rosario
Porto Annalaura
Poulet Giorgio
Seletchi Gabriella Monica
Sisto Franco
Vitale Miriam

L'evento è organizzato con la partecipazione di:

Strago Srl

80078 - Pozzuoli (Na) Via Campana, 233
Tel: 081-5240611 Fax: 081-5264583
www.strago.it

Boviar Srl

80026 - Casoria (Na) Via G. Puccini, 12/A
Tel: 081-7583566 Fax: 081-7587857
www.boviar.com