
Appendici

Appendice A - Il laboratorio ELSA.

Il laboratorio ELSA (European Laboratory for Structural Assessment) situato nel centro comune di ricerca a Ispra si occupa della ricerca nel campo dell'eredità culturale.



Figura 1 - L'edificio del laboratorio ELSA.

Le attività svolte [1] e [2] presso tale laboratorio riguardano diversi settori:

- attività di sostegno all'Eurocodice 8;
- protezione sismica di strutture attraverso l'utilizzo di isolatori e smorzatori viscoelastici;
- controllo attivo nell'ingegneria civile;
- valutazione e retrofitting di telai in c.a.;
- valutazione sismica di strutture in muratura.

L'obiettivo principale è contribuire alla definizione di metodologie e di intervento per il sistema diagnostico strutturale ed alle tecniche di retrofitting/repair per le strutture. Per raggiungere l'obiettivo, sono state studiate nuove tecnologie indirizzate alla prevenzione e al consolidamento sismico. Questo tentativo di fare completezza fra l'ingegneria e l'approccio architettonico per le tecniche di retrofitting/repair, è un primo passo per fornire delle regole mirate al ripristino delle strutture, in particolare nei riguardi della protezione sismica. Per simulare l'effetto sismico, il laboratorio ELSA, dispone di un muro di reazione con cui può eseguire prove

pseudodinamiche¹. Tale muro alto 16 m consente di eseguire sperimentazioni su edifici di 4 o 5 piani in scala reale. La larghezza è di 21 m e permette di testare edifici di grande dimensione in pianta o più edifici piccoli contemporaneamente.

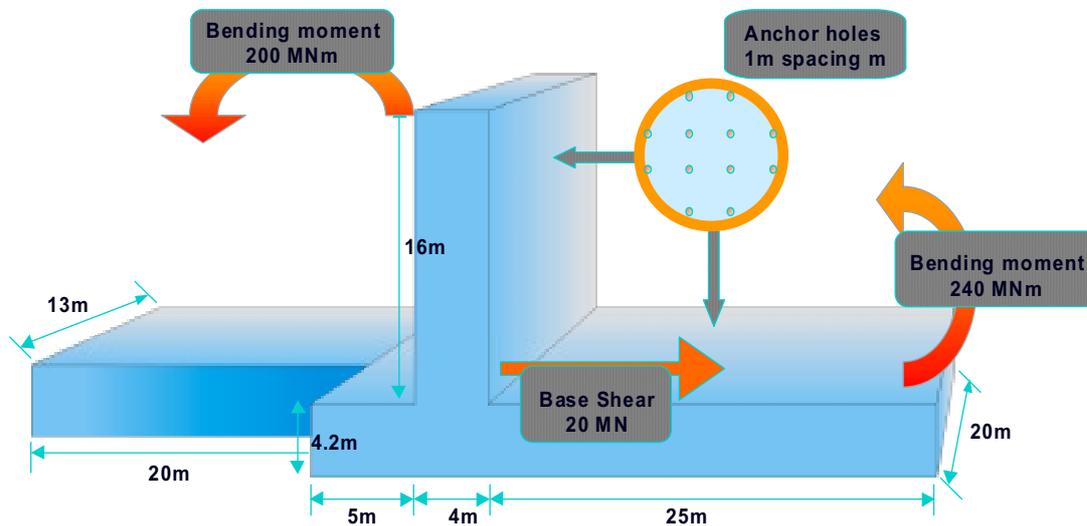


Figura 2 - Il muro di reazione presso il laboratorio ELSA.

Negli ultimi tempi particolare attenzione è stata rivolta nei confronti di edifici storici, i principali progetti affrontati sono:

- Palazzo Geraci, per quanto riguarda l'isolamento sismico dei monumenti ed un tipo di tecniche di retrofitting. L'isolatore costituito da otto elementi a C in acciaio, disposti radialmente tra due piastre ottagonali di supporto, possiede una risposta uniforme ai carichi orizzontali lungo tutte le direzioni, combinando simultaneamente le azioni di flessione e torsione.
- ISTECH (Innovative Stability Techniques for the European Cultural Heritage) indagini per quanto riguarda la possibilità di usare leghe senza memoria per nuovi dispositivi di dispersione di energia. Tre sono i fattori che caratterizzano lo SMA (Shape Method Alloy):
 - ciclo di isteresi elevato, che fa sì che il sistema possa dissipare molta energia;
 - super-elasticità, caratterizzata dal fatto che a deformazioni del 7% corrispondano deformazioni residue minime;
 - salvaguardia dei materiali: in un diagramma strain-stress il materiale è caratterizzato da due plateau (tensione costante), uno durante la fase di carico e

¹ Vedi allegato A.

l'altro durante la fase di scarico; così facendo è possibile far lavorare il materiale in modo tale da non causargli danni direttamente con l'intervento effettuato.

L'intervento sul Campanile di San Giorgio di Trignano (, insieme a quello sui timpani laterali della Basilica Superiore di San Francesco di Assisi, avvenuto recentemente sulla base degli ottimi risultati del Progetto ISTECH, rappresentano le prime applicazioni al mondo di dispositivi antisismici innovativi basati sulle leghe a memoria di forma.

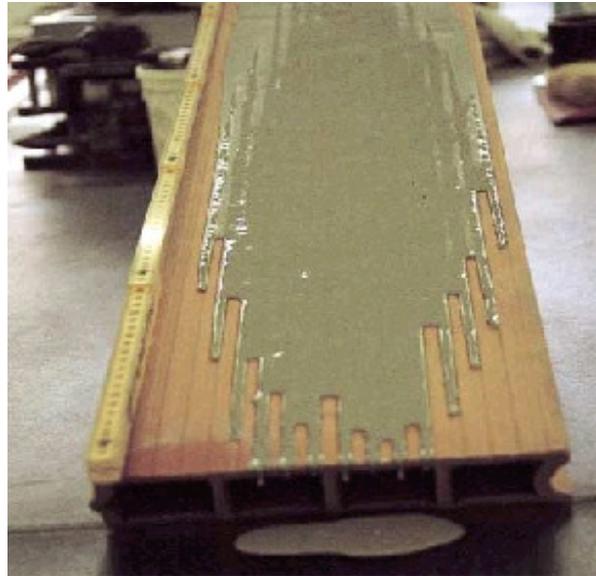
- COSISMO, uno studio sul comportamento del chiostro del monastero di Saõ Vicente de Fora (Lisbona) nel caso di terremoto ed alcune tecniche di intervento. Da questo studio si è potuto vedere la buona capacità deformativa di un sistema colonna-arco, tipicamente utilizzato in molte strutture monumentali. La campagna di prove si è rivolta a testare l'efficacia di barre precomprese poste sopra gli archi.

In concomitanza con il progetto ISTECH, su modelli con identica geometria e dettagli costruttivi al fine di poterne comparare i risultati, si è testato il metodo di rinforzo con fibre composite. Questo ha evidenziato come i meccanismi di rottura per taglio siano ridotti dall'intervento. Inoltre un intervento di questo tipo è poco costoso rispetto ad altri e fornisce un rinforzo considerevole per gli elementi verticali delle strutture. Purtroppo per la sua antiestetività non risulta sempre applicabile a strutture monumentali.



Figura 3 - a) Progetto ISTECH; b) Progetto COSISMO.

Appendice B – Scheda tecnica Microlime 900



Microlime Novecento

Miscela di leganti di elevata finezza priva di cemento per iniezioni riaggreganti.

Riaggregazione e consolidamento di apparecchiature murarie.

IL PRODOTTO

MICROLIME NOVECENTO è una miscela composta da leganti idraulici e cariche di elevata finezza, priva di cemento.

DOVE SI IMPIEGA

MICROLIME NOVECENTO si impiega per:

- riaggregare e consolidare, mediante iniezioni, murature di strutture storiche in pietra, mattoni e miste, quali fondazioni, pilastri e volte;
- ancorare barre d'armatura in interventi di cucitura di murature storiche.

VANTAGGI

MICROLIME NOVECENTO presenta i seguenti vantaggi:

- ottima iniettabilità poiché estremamente fluido e privo di fenomeni di separazione in fase di iniezione;
- non genera, nella fase di maturazione, fenomeni di innalzamento termico nella struttura muraria;
- realizza, a maturazione avvenuta, valori di resistenza meccanica e modulo elastico compatibili con i valori caratteristici dei materiali che compongono le strutture murarie;
- consente di riqualificare le prestazioni della struttura muraria ripristinandone la portanza e conferendone una maggiore omogeneità;

- consente l'ancoraggio di barre d'armatura grazie alle adeguate prestazioni meccaniche ed alla buona stabilità volumetrica.

CARATTERISTICHE FISICHE E TECNICHE

Aspetto: grigio chiaro

Peso specifico: 1,9 Kg/l

Bleeding: assente

Sviluppo calore su una massa di 3.375 cm³ in assenza di scambio termico: assente

Resistenza a compressione a 28 gg (UNI EN 196): 12 N/mm²

Resistenza a flessione a 28 gg (UNI EN 196): 2,5 N/mm²

Modulo di elasticità statico a 28 gg (UNI 6556): 8.000 N/mm²

PREPARAZIONE E MESSA IN OPERA

Preparazione delle superfici

Le superfici delle murature interessate all'opera di consolidamento, qualora fosse prevista l'esecuzione dell'intonaco finale, debbono essere sempre preventivamente rinzaffate in modo uniforme.

Se la muratura dovesse rimanere a "faccia vista" si dovrà prevedere la stilatura delle fughe dei vari conci o l'esecuzione di un intonaco di "sacrificio".

Esecuzione del reticolo dei fori

Lo schema del reticolo di foratura è in funzione del tipo di muratura presente e del grado di omogeneizzazione da raggiungere e va effettuato in almeno due fasi successive.

Normalmente sulla muratura da consolidare si esegue una prima serie di fori (diametro 18÷24 mm) leggermente inclinati verso il basso, allineati orizzontalmente e verticalmente ad uniforme distanza (mediamente 100 cm l'uno dall'altro) nei quali vengono successivamente fissati gli specifici iniettori.

Dopo la prima fase di iniezioni si effettuerà una seconda serie di fori posta al centro del reticolo precedentemente eseguito e si procederà con una ulteriore iniezione.

Preparazione dell'impasto

Versare in un contenitore 6l di acqua, con il miscelatore in funzione aggiungere lentamente la polvere mescolando per circa 3 minuti sino a realizzare un impasto omogeneo e privo di grumi, che verrà quindi versato nella pompa per iniezioni.

Esecuzione delle iniezioni

Ventiquattro ore prima dell'operazione di iniezione, saturare la muratura iniettando acqua nei fori precedentemente eseguiti.

Iniziando dai fori più bassi, iniettare la miscela MICROLIME NOVECENTO a bassa pressione. Ad iniezione completata sigillare gli iniettori proseguendo l'operazione nelle file dei fori posti ai livelli superiori. Dopo circa 3 giorni effettuata la seconda serie di fori, eseguire le iniezioni intermedie seguendo lo stesso schema operativo.

AVVERTENZE

MICROLIME NOVECENTO va impiegato entro 30 minuti dalla miscelazione. Non aggiungere a MICROLIME NOVECENTO altri materiali che ne modificherebbero le caratteristiche finali. Non impiegare MICROLIME NOVECENTO a temperature inferiori a 5° C.

CONSUMO E RESA

Una confezione di MICROLIME NOVECENTO produce circa 14 l di miscela fluida.

CONFEZIONI

MICROLIME NOVECENTO è confezionato in sacchi da 20 Kg. Stoccare il prodotto in ambiente asciutto.

SICUREZZA

MICROLIME NOVECENTO è un prodotto atossico alcalino. E' consigliato l'uso di mascherina e guanti durante il lavoro. In caso di contatto accidentale con gli occhi lavare abbondantemente con acqua e consultare il medico.

Appendice C – Raccolta fotografica

Durante il periodo di stesura della tesi sono state svolte parecchie prove sperimentali. Per cercare di far comprendere ai non addetti ai lavori quali sono le difficoltà e i tempi per una sperimentazione, si è pensato di riportare una breve raccolta fotografica con le immagini più rappresentative. Nel fare questo è stato mantenuto un ordine cronologico in modo tale da poter notare l'avanzare dei lavori nel tempo.

Nella parte iniziale della presente appendice sono riportate, inoltre, le foto dei dissesti di cui si è parlato all'interno della tesi e di cui è stato mostrato il rilievo del quadro fessurativo.



Figura 4 – La facciata del modello in scala 1:2 di Palazzo Geraci prima di iniziare le prove inerenti la tesi in oggetto.



Figura 5 – Lesioni passanti, qui riprese sulla facciata posteriore, del piedritto destro.



Figura 6 – Lesioni sulla facciata posteriore, del piedritto destro del portale.



Figura 7 – Lesioni sulla facciata posteriore, del piedritto destro del portale.



Figura 8 – Lesioni sul lato destro, probabilmente quelle che danno luogo al moto locale descritto nella tesi.



Figura 9 – Lesioni sul lato destro, vista posteriore.



Figura 10 – Lesioni sul lato sinistro, a differenza del lato destro le lesioni sono meno evidenti, anche se presenti.



Figura 11 – Lesioni sul lato sinistro, vista posteriore.



Figura 12 – Montaggio degli accelerometri su apposite basette in alluminio preventivamente fissate alla struttura per mezzo di resina.



Figura 13 - Le lunghe operazioni di cablaggio. Ogni accelerometro una volta montato sulle piastrine viene collegato per mezzo di prolunghe alla scatola di interconnessione.



Figura 14 – Le prime prove con martello strumentato e analizzatore.



Figura 15 - Un altro momento dei test con il martello.



Figura 16 - La facciata di Palazzo Geraci al di fuori del laboratorio ELSA. A lato struttura in calcestruzzo armato in scala 1:1 pronta per essere portata dentro per eseguire i test.



Figura 17 - Visione del primo banco di prova (test prima campagna, prima trance). In questo caso si sta eseguendo l'acquisizione (computer sul banco a sinistra) dei segnali. Eccitazione fornita dallo shaker.



Figura 18 - Misurazione della temperatura superficiale della facciata per mezzo di una termocoppia.



Figura 19- Secondo banco di prova. E' quello utilizzato per l'acquisizione di tutti i segnali contemporaneamente. Si vede inoltre l'Ing. Marazzi, durante i test effettuati.



Figura 20 - Banco di acquisizione (fronte).



Figura 21 - Banco di acquisizione (retro). Si può notare come le operazioni di cablaggio non siano uno scherzo.



Figura 22 – Preparazione dei fori per l'alloggiamento delle cannule per iniezione.



Figura 23 – Dopo il posizionamento delle cannule si procede alla stuccatura delle lesioni.



Figura 24 – La bagnatura delle lesioni con acqua in pressione.



Figura 25 – La fase di miscelazione della malta con trapano e frusta.



Figura 26 – L'iniezione di malta per mezzo della pistola per silicone.



Figura 27 – Particolare delle cannule che, una volta eseguita l'iniezione di malta, vengono sigillate.



Figura 28 – La parte destra della facciata dopo l'intervento. Essendo la facciata spessa 70 cm le iniezioni sono state eseguite su entrambi i lati al fine di ottenere il miglior risultato possibile.



Figura 29 – Il banco d'acquisizione della campagna di test post-intervento.

Bibliografia Appendice

Appendice A

- [1] Annual Report 1999, Institute for Systems, Informatics and Safety.
- [2] Congress – Pavia 2000, *Quarry-Laboratory-Monument International*, 26-30 Settembre 2000, proceedings volume1, La goliardica Pavese s.r.l.

Allegati