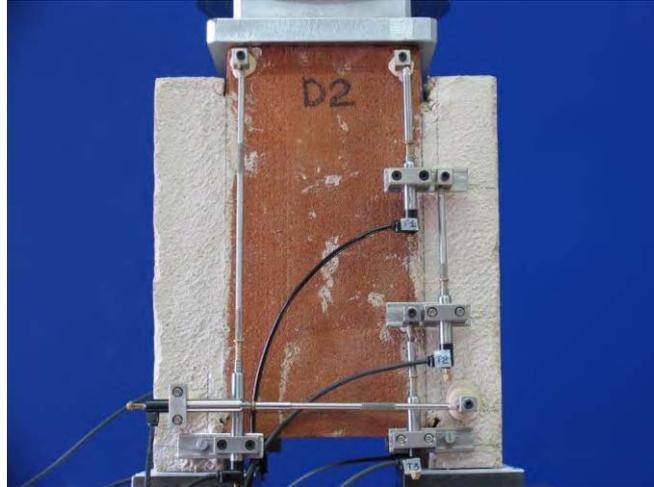


Valutazione sperimentale della durabilità dell'interfaccia malta consolidante - muratura storica



WP 3

*On site monitoring of mural decorative artworks using advanced ultrasonic techniques
Laboratory prequalification of injection grouts to be used in repair works.*

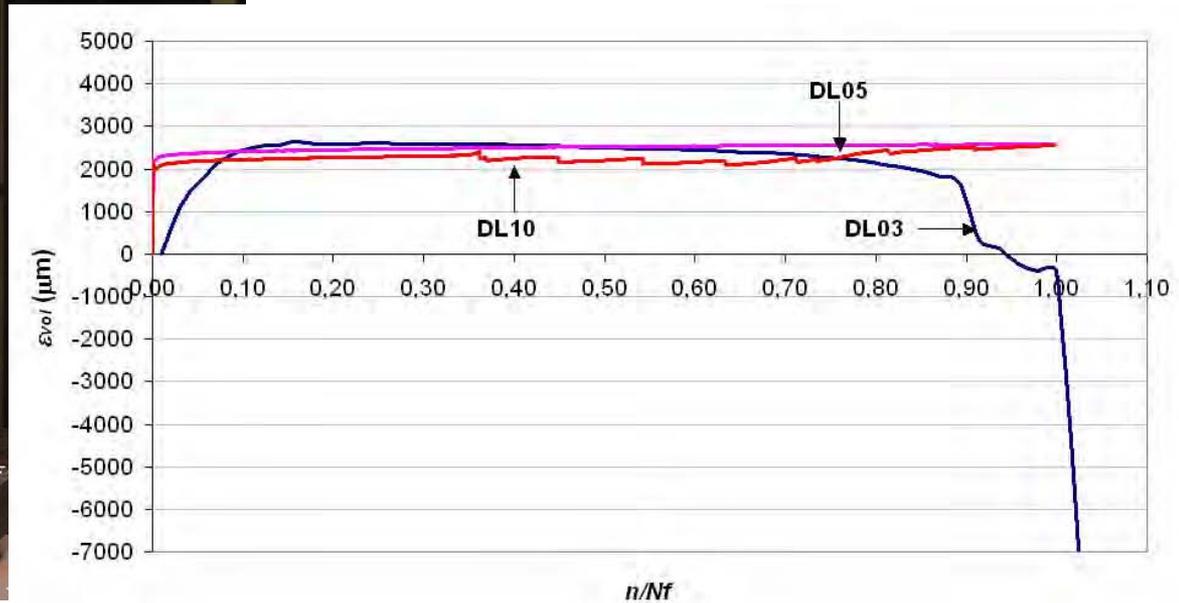
Responsabile Prof. Pietro Giovanni Bocca (DISTR - Politecnico di Torino)

Giornata Seminariale 6 Luglio 2011

**Aula Albenga - Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica
Politecnico di Torino**

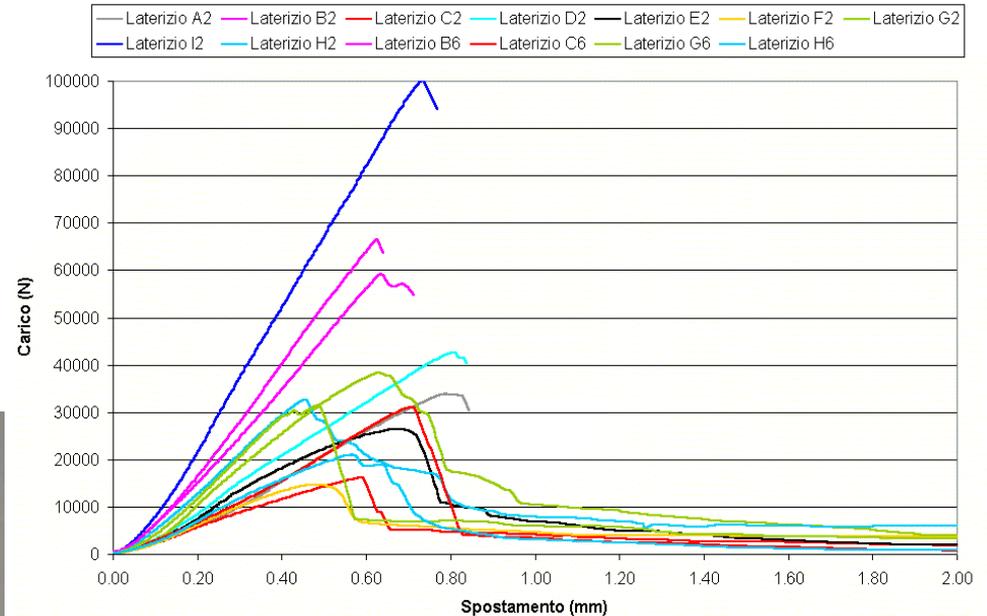
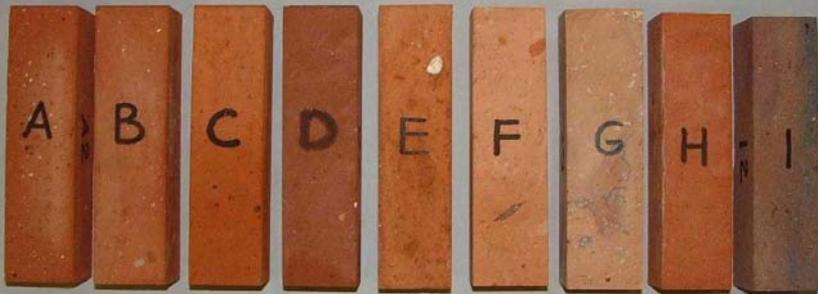
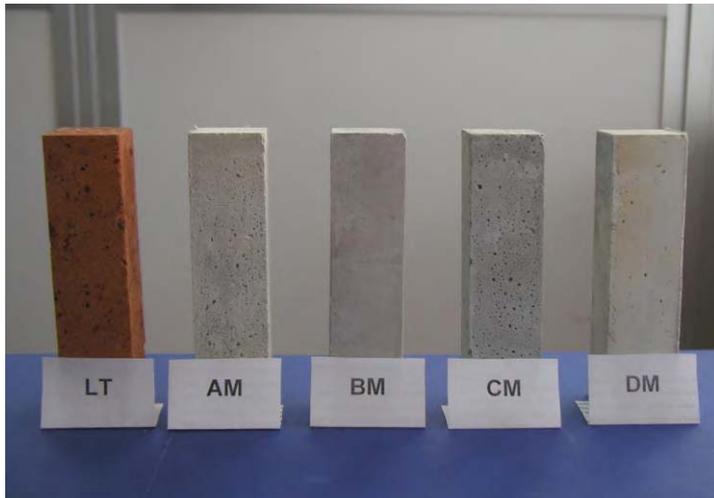
Prequalificazione di malte consolidanti mediante prove cicliche per la valutazione della durabilità e compatibilità meccanica

Laboratorio Prove non Distruttive
Direttore Prof. Pietro Bocca



Prequalificazione di malte consolidanti mediante prove cicliche per la valutazione della durabilità e compatibilità meccanica

Laboratorio Prove non Distruttive
 Direttore Prof. Pietro Bocca



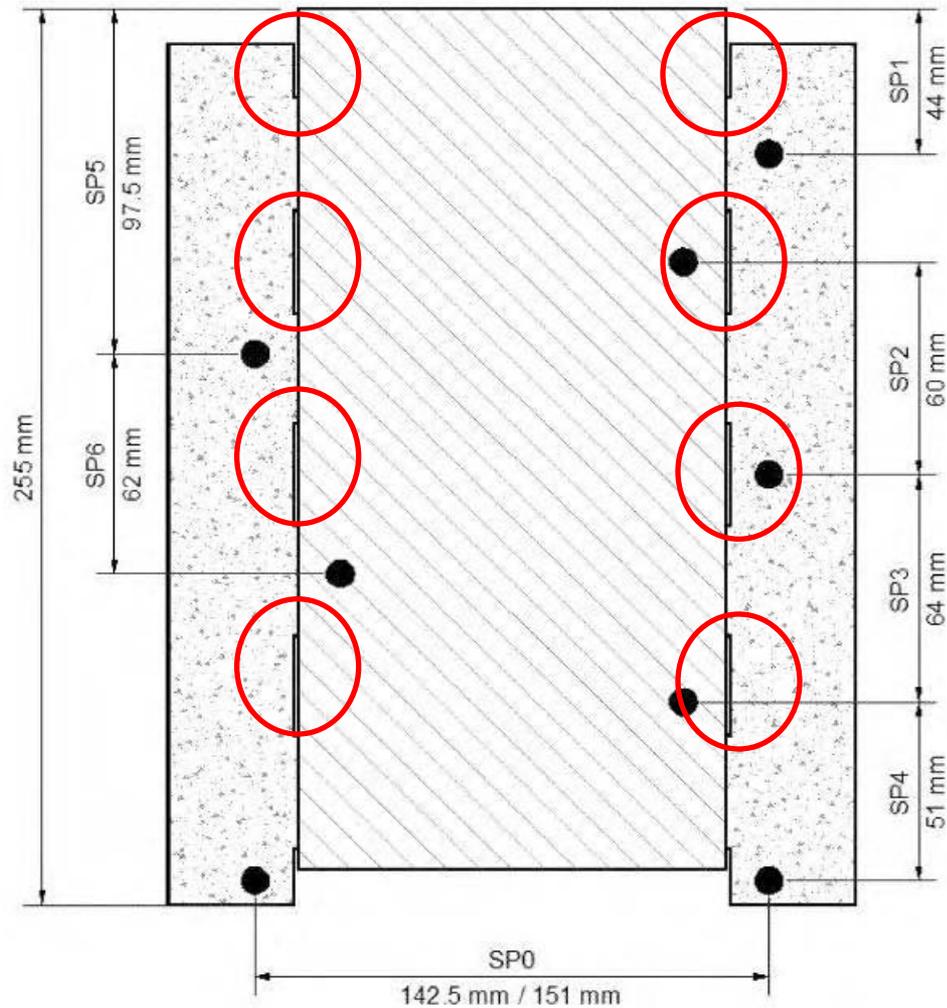
Sacri Monti di Varallo

Tesi di laurea

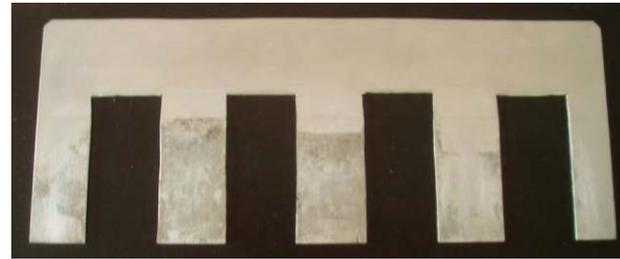
Nuove procedure sperimentali di prequalificazione di malte deumidificanti per il risanamento di murature storiche.



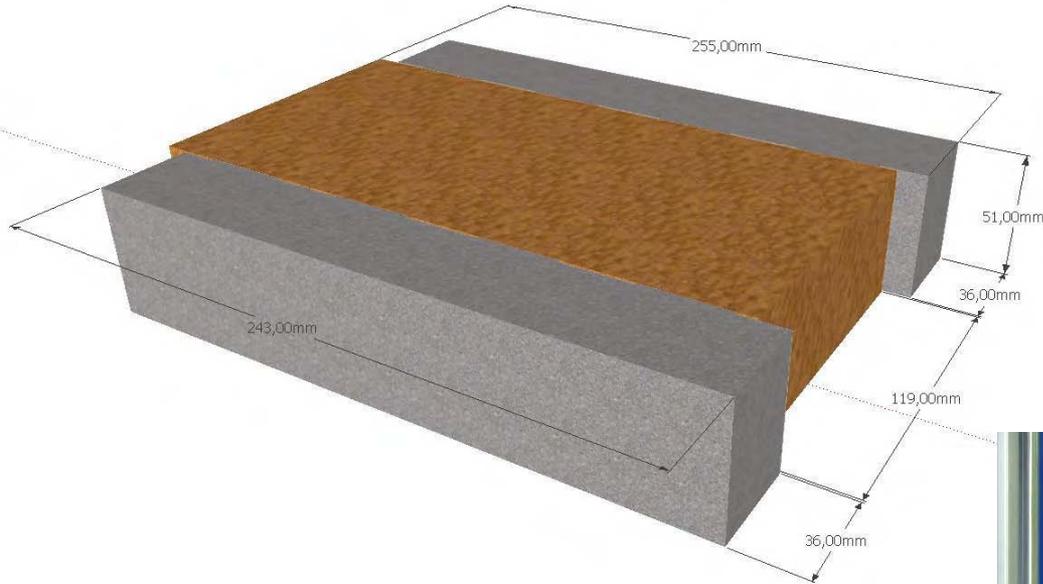
1° step: Provino misto 1 laterizio - malta



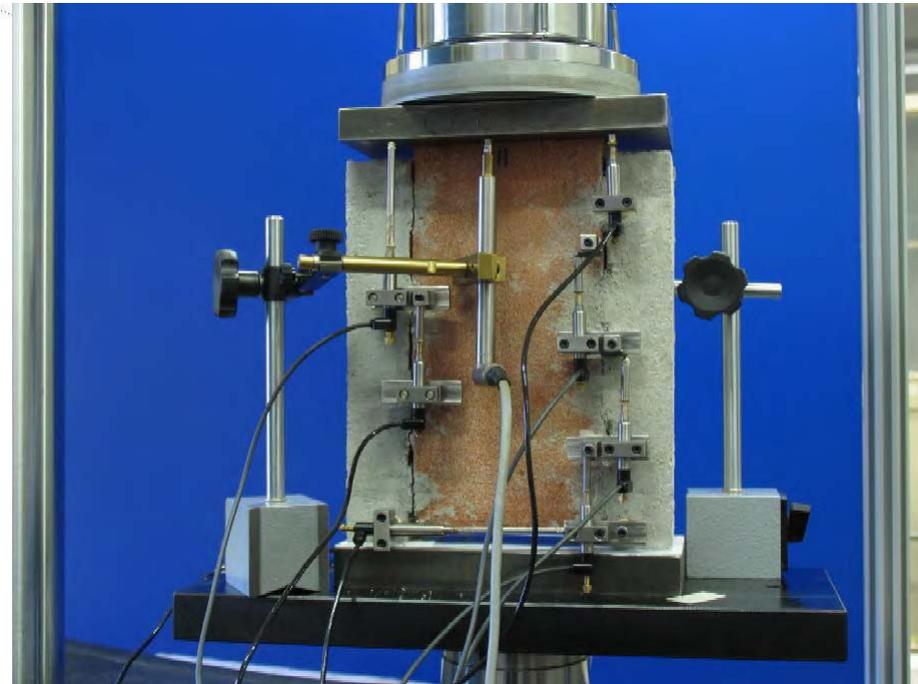
1° step: Provino misto 1 laterizio - malta



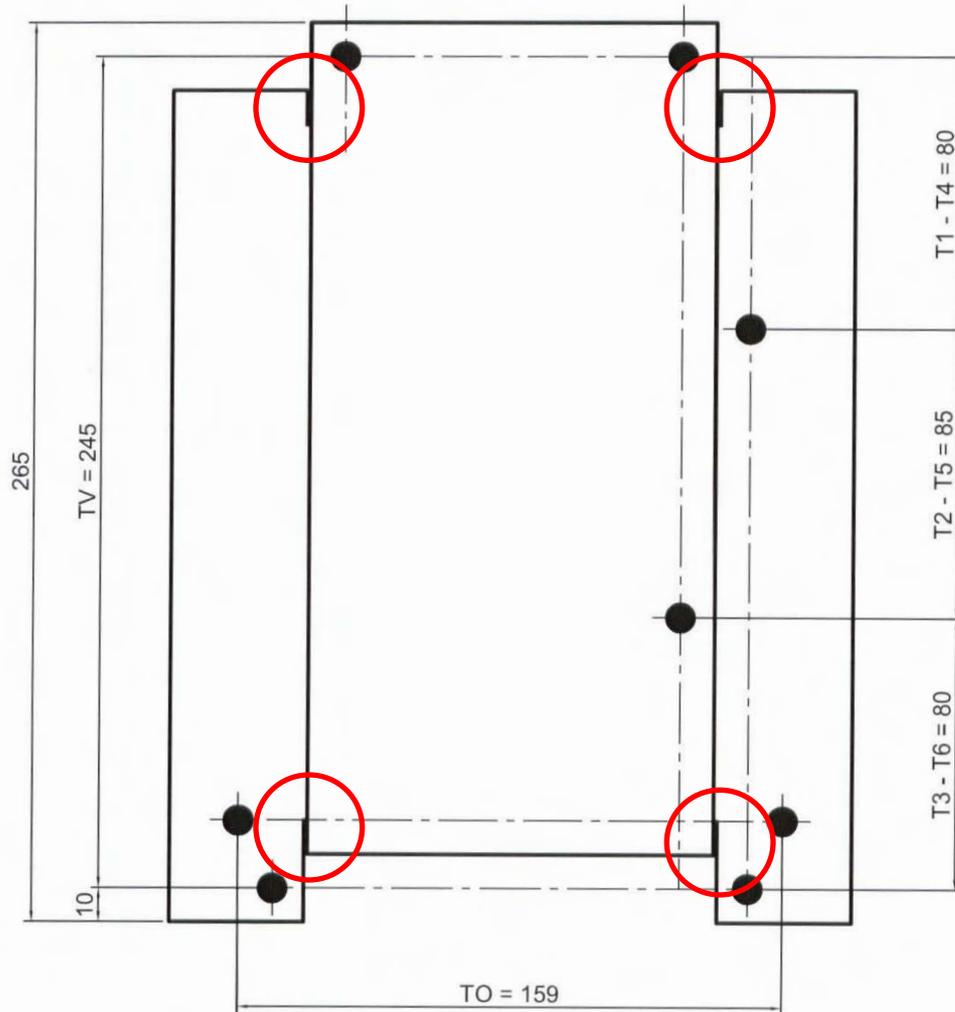
1° step: Provino misto 1 laterizio - malta



Prove statiche



2° step: Provino misto 2 laterizi - malta



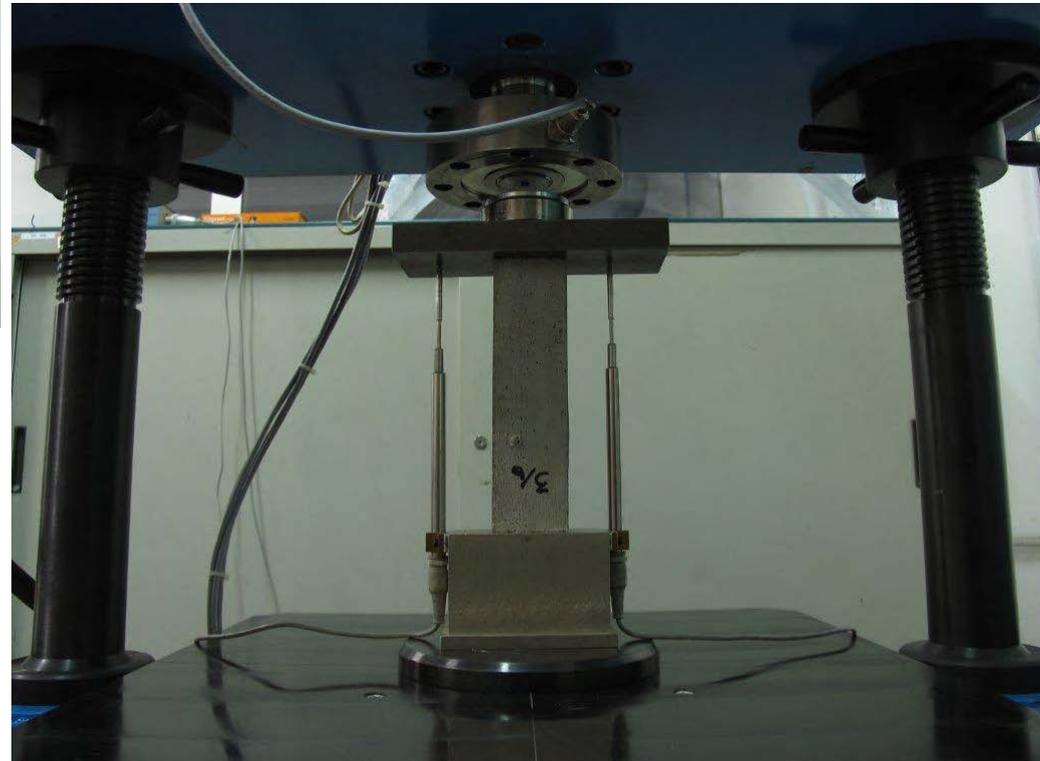
Prove statiche

2 tipologie di malte
deumidificanti

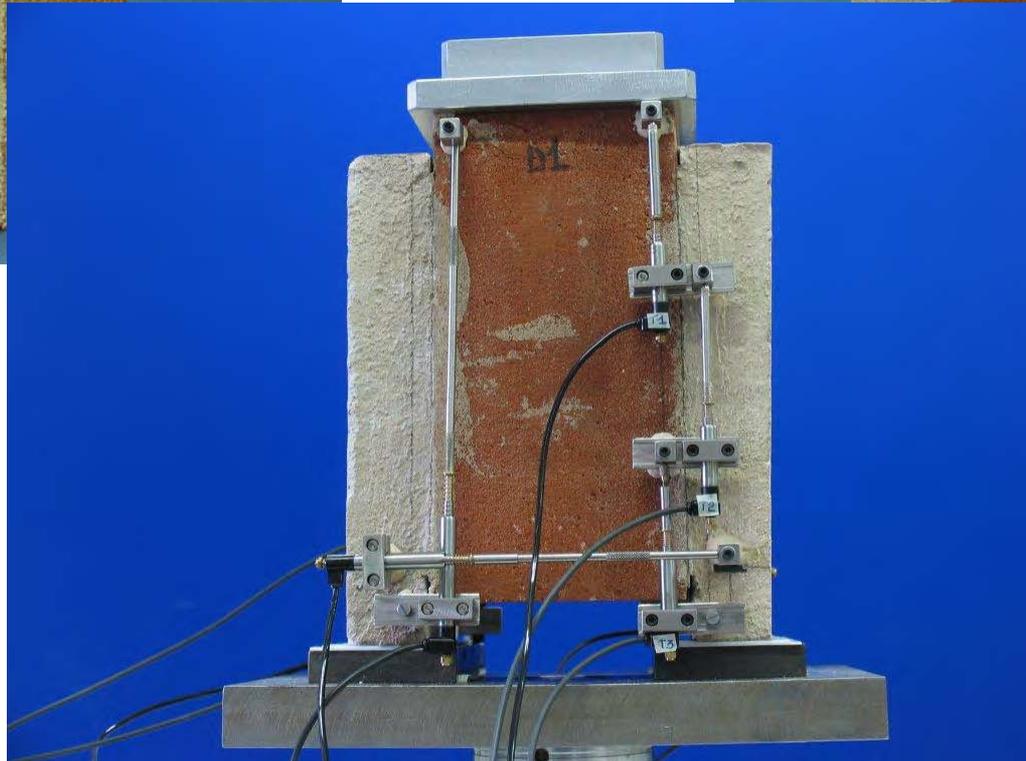
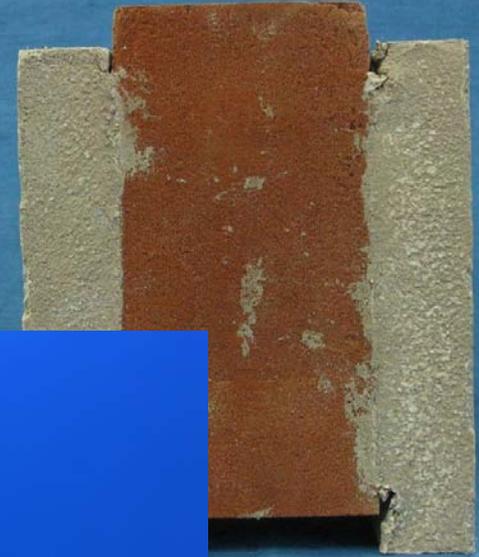
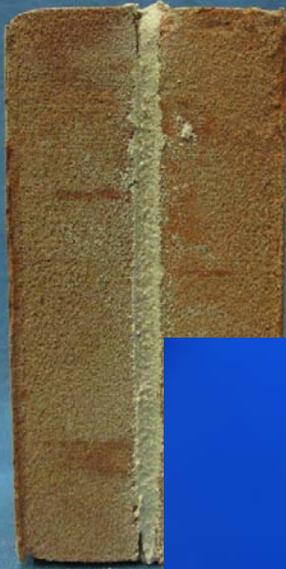
MALTA A (*)	
<i>Descrizione</i>	
Malta premiscelata in polvere per intonaci, composta da calce idraulica naturale (NHL) ed Eco-Pozzolana, sabbie naturali, speciali additivi e microfibre, a bassissima emissione di sostanze organiche volatili.	
<i>Campi d'impiego</i>	
<p>? Realizzazione di nuovi intonaci traspiranti a macchina o a cazzuola, all'interno e/o all'esterno, su murature in pietra, mattoni, tufo e miste, non soggette a umidità di risalita capillare.</p> <p>? Realizzazione di nuovi intonaci o ricostruzione di quelli esistenti a base calce e/o meccanicamente deboli, di murature in pietra, mattoni, tufo e miste, anche di pregio storico.</p> <p>? Realizzazione di interventi di "scuci-cuci" in paramenti murari, dove sono presenti vuoti e/o discontinuità.</p> <p>? Stilatura dei corsi tra pietre, mattoni e tufo di murature "faccia a vista".</p>	
<i>Vantaggi</i>	
La malta A possiede caratteristiche molto simili, in termini di resistenza meccanica, modulo elastico e porosità, a quelle delle malte a base di calce, calce-pozzolana o calce idraulica, impiegate originariamente nella costruzione degli edifici storici. Rispetto a tali malte però presenta proprietà che rendono il prodotto resistente alle diverse aggressioni chimico-fisiche, come ad esempio, ai cicli di gelo-disgelo, all'azione dilavante delle acque piovane, alla reazione alcali-aggregato ed alla comparsa di fessure da ritiro plastico.	
<i>Voce di capitolato</i>	
Intonaco di fondo traspirante a base di calce idraulica naturale ed Eco-Pozzolana, da applicare su murature esistenti, anche di pregio storico, o di nuova costruzione.	
<i>Caratteristiche tecniche</i>	
<p>? Aspetto: polvere</p> <p>? Colore: nocciola chiaro</p> <p>? Tipo di legante: NHL 3.5 e NHL 5</p> <p>? Dimensione massima dell'aggregato: 1.4 mm</p> <p>? Massa volumica apparente: 1.350 kg/m³</p> <p>? Rapporto dell'impasto: 100 parti malta A con 19 parti di acqua</p> <p>? Resa: 13 kg/m² per cm di spessore</p> <p>? Aspetto dell'impasto: tixotropico</p>	<p>? Resistenza a compressione a 28 gg: 15-5 N/mm²</p> <p>? Adesione al supporto: >0,3 N/mm²</p> <p>? Assorbimento d'acqua per capillarità: categoria W 0</p> <p>? Coefficiente di permeabilità al vapore acqueo: <10</p> <p>? Conduttività termica: 0.54 W/mK</p> <p>? Reazione al fuoco: euroclasse A1</p>

MALTA B (*)	
<i>Descrizione</i>	
Malta a base di calce idrata e di calce idraulica, di colore bianco o grigio, contenente fibre poliacrilonitrile, applicabile sia a spruzzo con intonacatrici a ciclo continuo che a mano per realizzare intonaci deumidificanti.	
<i>Campi d'impiego</i>	
La malta B è progettata per realizzare intonaci interni ed esterni per deumidificare le murature.	
<i>Vantaggi</i>	
<ul style="list-style-type: none"> ? Conferire alla muratura un elevato potere traspirante garantendo uno scambio igrometrico con l'ambiente. ? Contrastare efficacemente l'effetto disgregante e la formazione delle efflorescenze causato dalla risalita e migrazione dei sali. ? Rendere la muratura idrorepellente all'acqua proveniente dall'esterno (pioggia, umidità ecc). 	
<i>Voce di capitolato</i>	
Intonaco deumidificante per il trattamento di murature soggette all'umidità di risalita capillare in presenza di sali. Applicabile a spruzzo o a mano. Conforme ai requisiti della UNI EN 998/1 per gli intonaci da risanamento.	
<i>Caratteristiche tecniche</i>	
<ul style="list-style-type: none"> ? Aspetto: polvere ? Colore: bianco ? Rapporto dell'impasto: quantitativo acqua 18,5-21,5 % sul peso del prodotto secco ? Resa: 10 kg/m² per cm di spessore ? Coefficiente di diffusione al vapore: 8 ? Assorbimento capillare a 24 ore: 1,30 kg/m² ? Profondità di penetrazione dell'acqua a 24 ore: 1,48 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ? Vuoti di aerazione: >25% ? Porosità totale: >50% ? Coefficiente di conducibilità termica: 0,47 W/mK ? Resistenza a compressione: 5 N/mm² ? Resistenza a flessione: 2,48 N/mm² ? Adesione al supporto: >0,40 N/mm² ? Reazione al fuoco: euroclasse A1

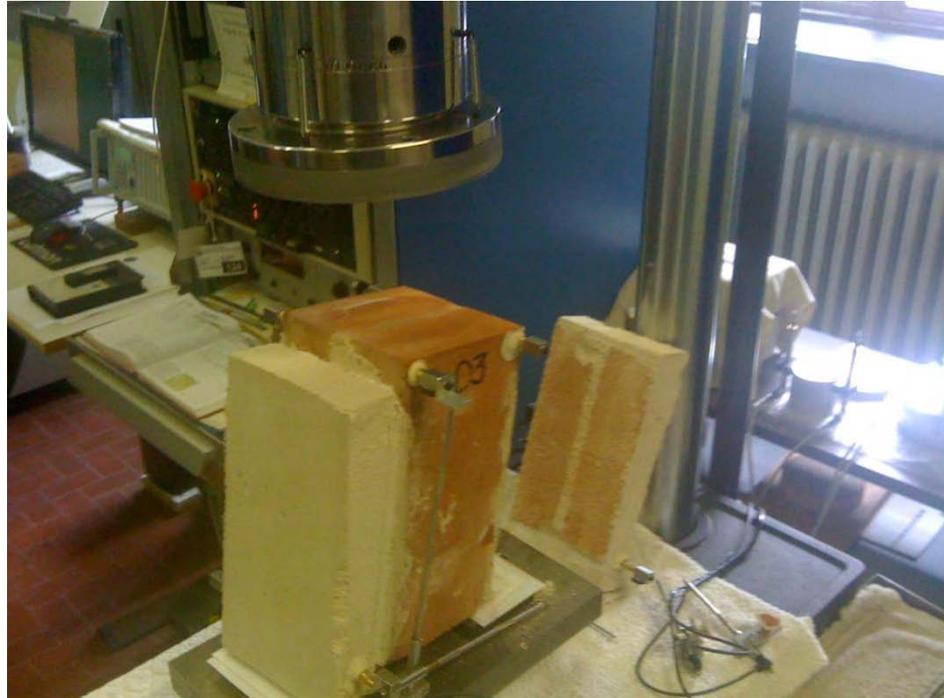
2° step: Provino misto 2 laterizi - malta



2° step: Provino misto 2 laterizi - malta



2° step: Provino misto 2 laterizi - malta



2° step: Provino misto 2 laterizi - malta



Prove statiche di aderenza tra intonaco e muratura

A. Alberto, P. Antonaci, P. Bocca, A. Grazzini,
D. Maserà S. Valente

Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Politecnico di Torino

Riunione di coordinamento del progetto Re-Frescos
6 Luglio 2011, Politecnico di Torino



Introduzione

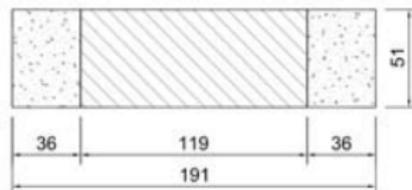
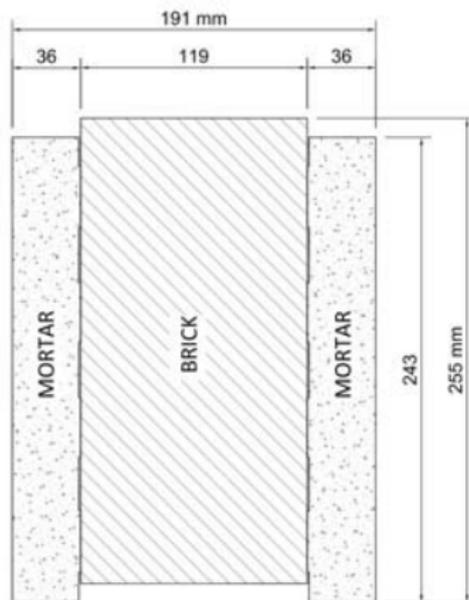
- ▶ Poiche' l'intonaco e' uno **strato sottile** , a diretto contatto con l'aria, esso e' soggetto al **ciclo termico** giornaliero ed alle variazioni di **umidita' relativa**.
- ▶ Se l'intonaco fosse libero, esso si dilaterrebbe in fase di riscaldamento e si contrarrebbe in fase di raffreddamento. La variazione di umidita' genera un fenomeno analogo.
- ▶ La muratura, essendo protetta dall'intonaco, subisce il ciclo termo-igrometrico in misura ridotta. Essa rappresenta quindi un vincolo che riduce la dilatazione/contrazione dell'intonaco.
- ▶ Questo vincolo genera delle tensioni tangenziali le quali, all'apice della **fessura di distacco**, sono molto elevate. Nasce quindi un fenomeno di **cumulo del danno locale**, che porta all'avanzamento dell'apice della fessura.



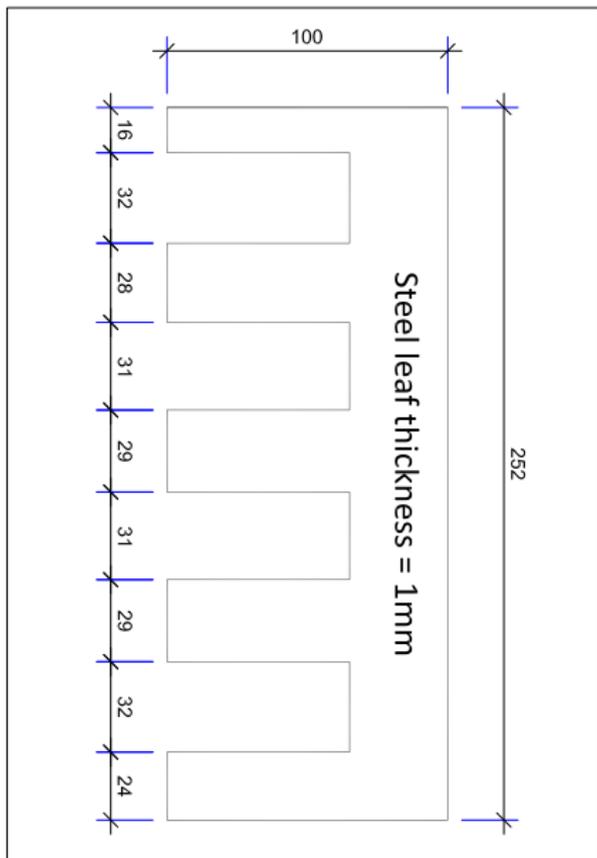
La macchina di prova in controllo di spostamento



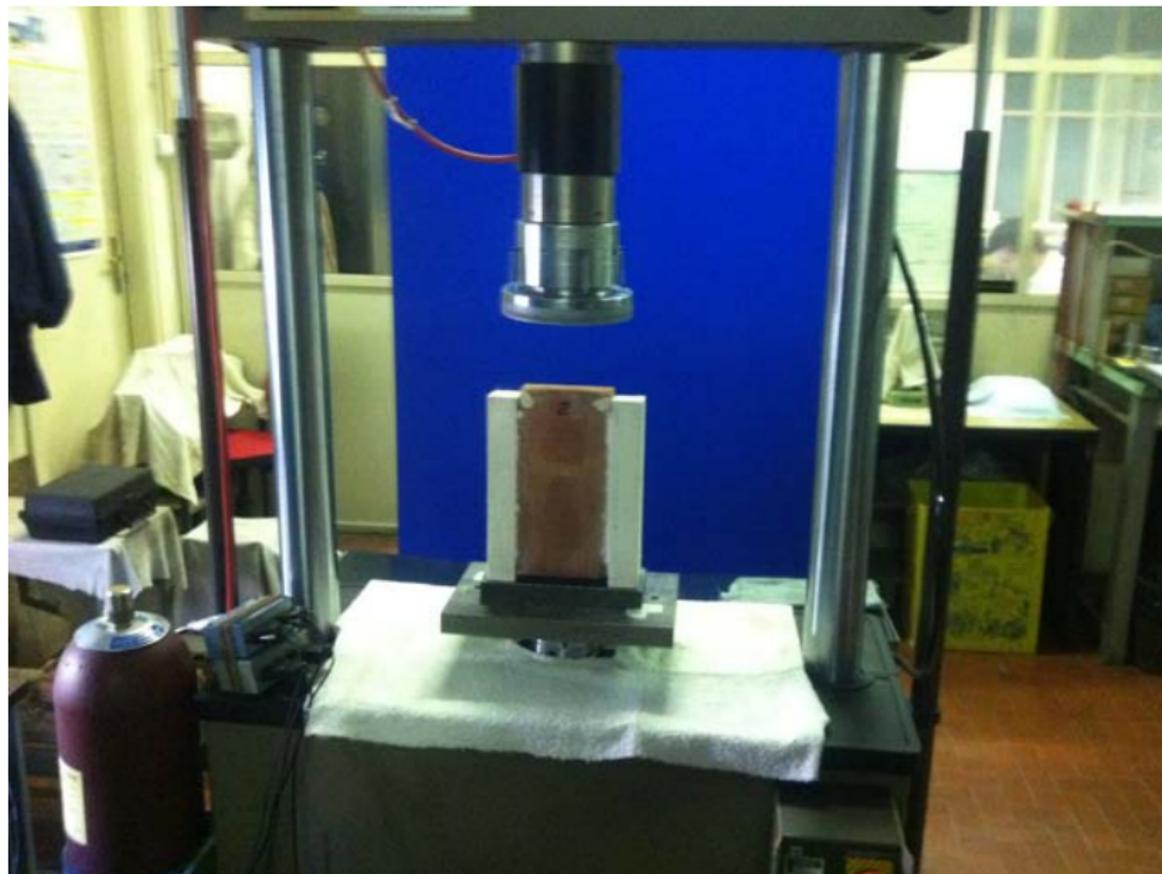
Il provino



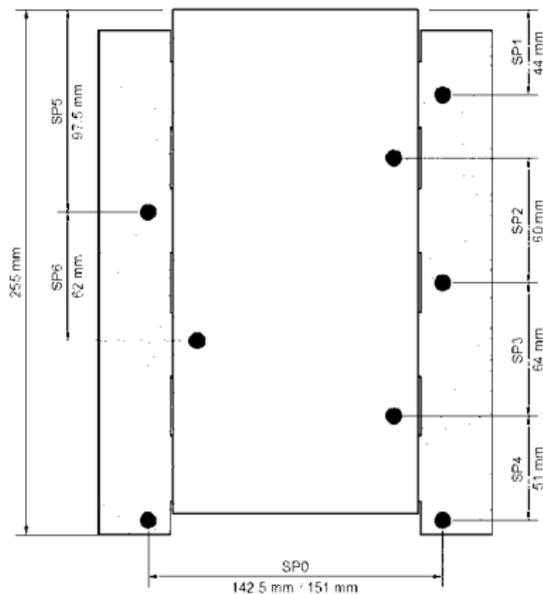
Il pettine inserito tra intonaco e mattone



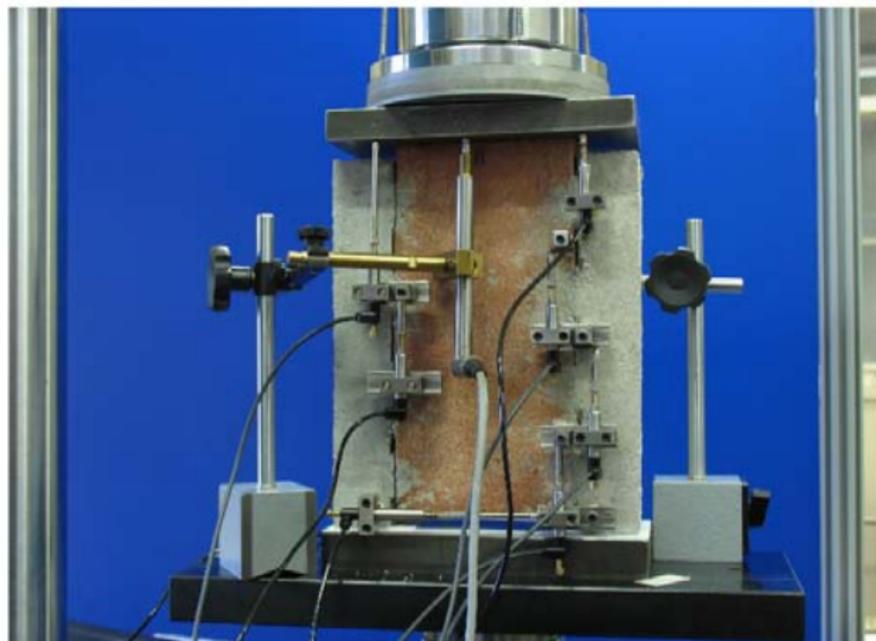
Il provino montato sulla macchina di prova



La posizione dei trasduttori di spostamento



Il provino strumentato



Il criterio di inizio della frattura

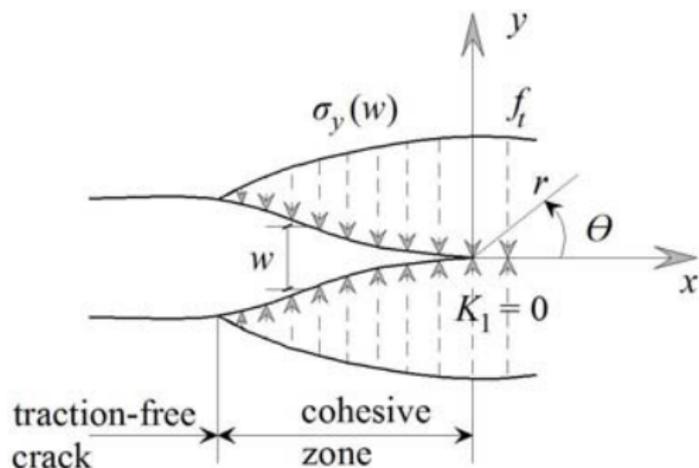
Il criterio di **inizio** della frattura e' stato assunto come segue:

$$\left(\frac{\sigma_0}{f_t}\right)^2 + \left(\frac{\tau_0}{f_s}\right)^2 = 1 \quad (1)$$

dove σ_0 e τ_0 indicano rispettivamente le componenti di tensione ultima normale e tangenziale al giunto e f_t e f_s indicano le corrispondenti resistenze.

Il modello della frattura coesiva

Secondo il modello della **frattura coesiva** entrambe le componenti di tensione coesiva sono funzioni decrescenti del modulo della discontinuità di spostamento. Per semplicità in figura è indicata la sola componente normale.



Il criterio di evoluzione della frattura

Come proposto da:

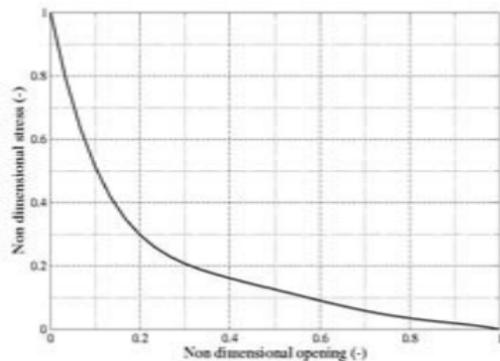
- ▶ J. Červenka, J.M.Chandra Kishen, and V.E. Saouma. Mixed mode fracture of cementitious bimaterial interfaces; part ii: Numerical simulations. *Engineering Fracture Mechanics*, 60(1):95–107, 1998.

le tensioni coesive sono assunte **funzioni decrescenti della discontinuità' di spostamento** espressa da:

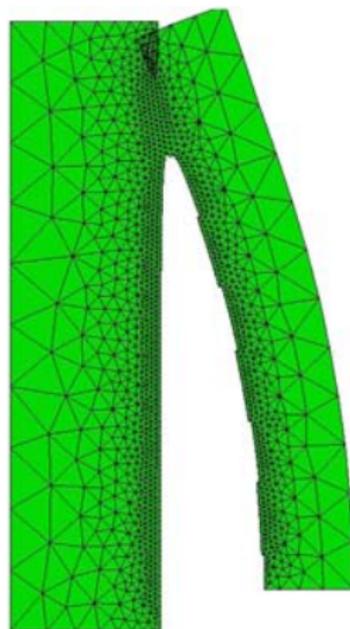
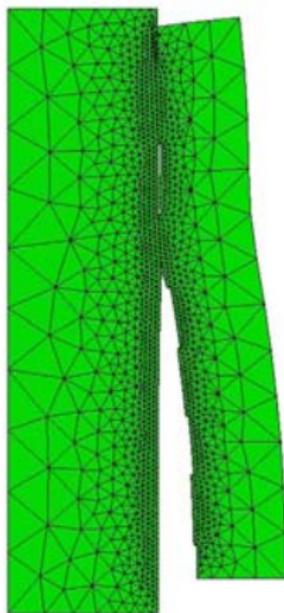
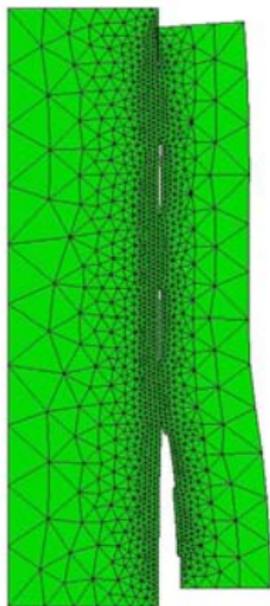
$$w_{eff} = \sqrt{\left(\frac{w_n}{w_{nc}}\right)^2 + \left(\frac{w_t}{w_{tc}}\right)^2} \quad (2)$$

dove w_n rappresenta la componente normale della discontinuità' di spostamento e w_t quella tangenziale. w_{nc} e w_{tc} sono i corrispondenti valori critici.

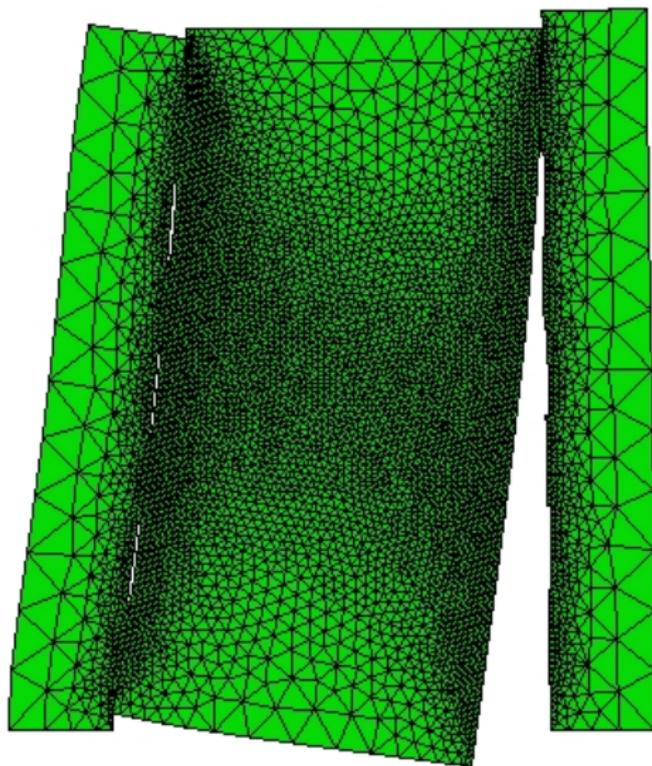
la legge coesiva



Gli spostamenti ingrandito 500 volte



Risultati numerici dopo la rottura della simmetria



Alcuni dati

Table: Proprieta' elastiche

	Mod.di Young MPa	Poisson -
malta	19500	0.15
mattone	14500	0.20

Table: Parametri dell'interfaccia

	f_t MPa	f_s MPa	w_{nc} mm	w_{tc} mm
lato sinistro	1.5	1.5	0.01	0.01
lato destro	1.3	1.3	0.01	0.01



Alcuni risultati sperimentali e numerici

	Carico max N	Spost.vert.max del punto di carico mm	Spost.oriz.max da malta a malta mm
Provino-1	8655	0.32	1.60
Provino-2	5809	0.37	1.14
Simulazione	7497	0.019	0.042



Risultati sperimentali sul provino 1

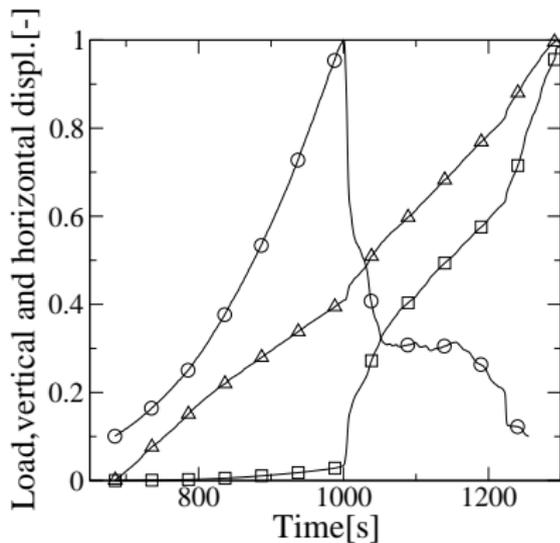


Figure: Risultati sperimentali adimensionali per il provino 1 (cerchio)carico, (quadrato)spost.oriz., (triangolo)spost.vert.

Rottura della simmetria sul provino 1

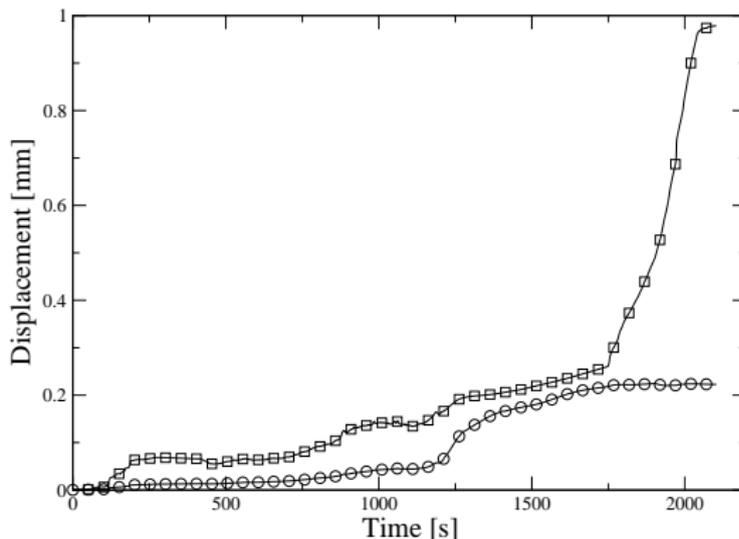


Figure: Risultati sperimentali per il provino 1
(cerchio) trasduttore SP1 (lato destro) , (quadrato) trasduttore SP5 (lato sinistro)

Risultati sperimentali sul provino 2

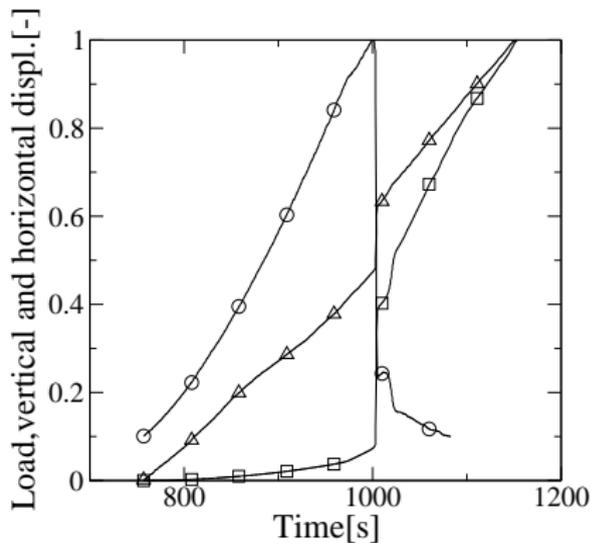


Figure: Risultati sperimentali adimensionali per il provino 2 (cerchio)carico, (quadrato)spost.orz., (triangolo)spost.vert.

Rottura della simmetria sul provino 2

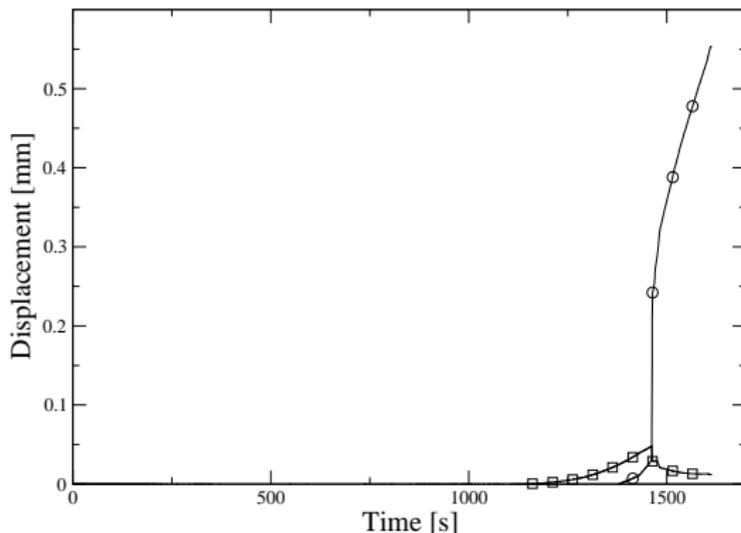


Figure: Risultati sperimentali per il provino 2
(cerchio) trasduttore SP1 (lato destro) , (quadrato) trasduttore SP5 (lato sinistro)

Risultati numerici

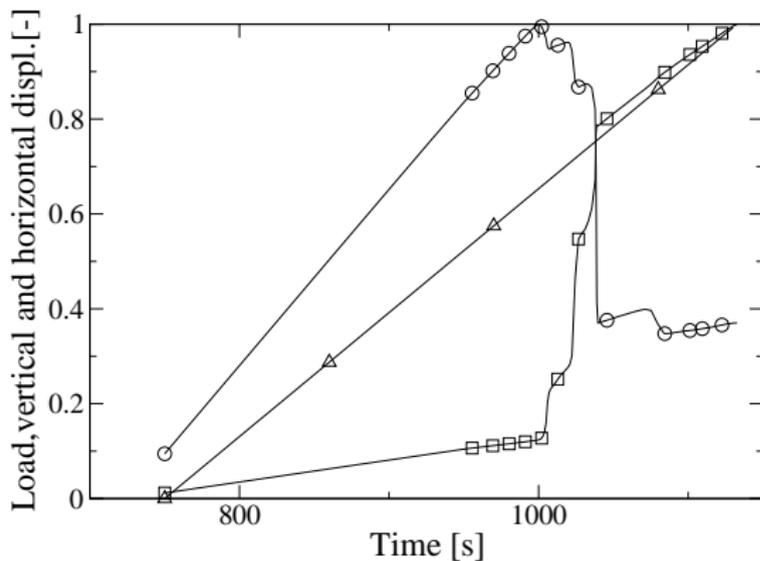


Figure: Risultati numerici adimensionali (cerchio)carico, (quadrato)spost.oriz., (triangolo)spost.vert.

Conclusioni

- ▶ La modalita' sperimentale proposta e' in grado di controllare i fenomeni evolutivi responsabili del distacco dell'intonaco dalla muratura.
- ▶ I risultati delle simulazioni numeriche sono in buon accordo con le rilevazioni sperimentali e quindi contribuiscono a chiarire il comportamento meccanico del provino.
- ▶ Con questo protocollo di prova intendiamo confrontare diverse soluzioni di collegamento tra intonaco e muratura.
- ▶ A.Alberto, P.Antonaci, S.Valente.
Damage analysis of brick-to-mortar interfaces.
In *Int.Conf.on Mechanical Behaviour of Materials (ICM11)*, pages 1151–1156. Elsevier Procedia Engineering, Vol.10, 2011.
DOI: 10.1016/j.proeng.2011.04.191.

