

**OIBA**

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
della Provincia di Bari



**20 NOVEMBRE 2023 – SEMINARIO**

Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Bari



# UN SISTEMA INNOVATIVO PER LA PROTEZIONE SISMICA E IL MONITORAGGIO

Ing. Daniele BRIGANTE PhD (Coordinatore R&D Licord S.p.A)

**Soluzioni innovative  
per la protezione  
sismica e il  
monitoraggio di  
strutture in muratura**



# Indice

- **Parte 1: l'azienda e il sistema innovativo**
- **Parte 2: aspetti pratici**

## Parte 1

Dal progetto all'azienda

La vulnerabilità del costruito esistente e soluzioni tradizionali

La soluzione innovativa

Sperimentazione e certificazione

## Parte 2

Il sistema di monitoraggio

Il software di calcolo

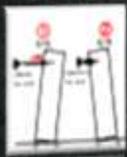
Casi di studio

Esempio esplicativo del software



# Licord S.p.A.

2017



Effettuati i primi studi su pareti in rocking vincolate orizzontalmente

2018



Da una forte collaborazione tra l'Università di Pisa ed il Gruppo Livith nasce il progetto Licord

2021



Il progetto che diventa azienda



## TEAM



**Giacomo Di Furia**  
CEO & Founder



**Ing. Fabio Solarino,**  
Phd  
Chief Technical Officer



**Ing. Daniele Brigante,**  
Phd  
R&D Coordinator



**Ing. Sudip Khatiwada**  
Project Engineer

Start Up

2021



2021



2023



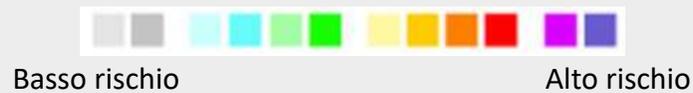
## Il background

- Alta sismicità del territorio italiano
- La muratura è una delle tipologie di costruzioni più antiche attualmente presenti in Italia
- Si contano più di **11 milioni** di edifici in muratura nei nostri centri storici



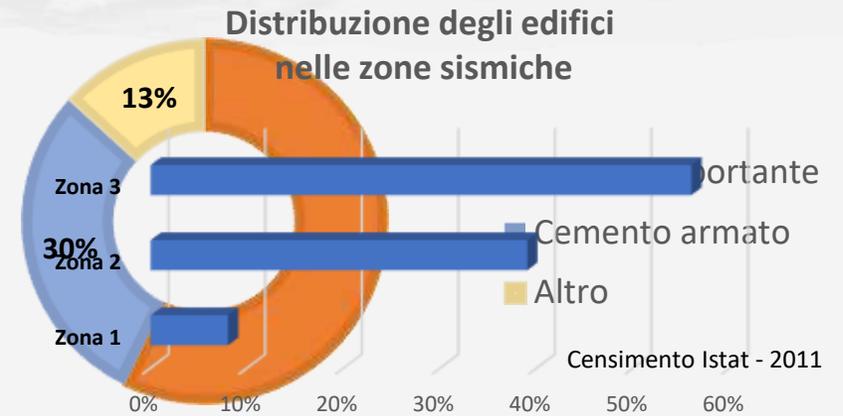
# PATRIMONIO EDILIZIO E RISCHIO SISMICO

## Vulnerabilità sismica in Italia



Istat - Mappa dei rischi dei comuni italiani (2018)

## Edifici residenziali in Italia



# PROBLEMI E NECESSITÀ



IL FENOMENO DEL ROCKING (dondolamento): il ribaltamento delle pareti fuori piano

## PROBLEMI

- Qualità muraria
- Collegamenti
  - ❑ parete-parete
  - ❑ parete-solaio
- Interventi invasivi e inadeguati



Chiesa di S. Paolo, Mirabello (FE) 2012



Duomo di Mirandola (MO) 2016



Nepal 2015



Edificio civile, L'Aquila 2009



Edificio civile, L'Aquila 2009



Nepal 2015

## NECESSITÀ

- Prevenzione antisismica
- Garantire la sicurezza e l'integrità dell'edificio con presidi provvisori
- Inibizione meccanismi fuori piano
- Comportamento scatolare

# PROBLEMI E NECESSITÀ



## MODELLO A BLOCCO RIGIDO: LA FORMULAZIONE DI HOUSNER

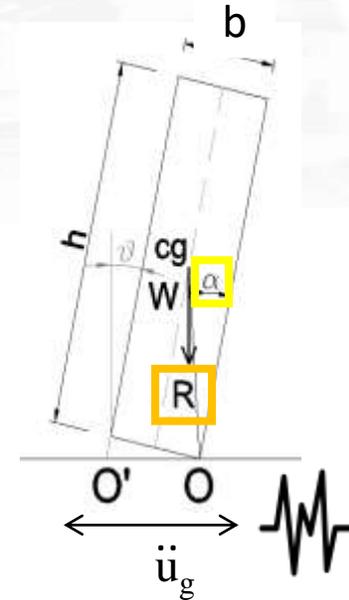
Equazione fondamentale del moto di un corpo rigido (Housner, 1963)

$$I_0 \ddot{\vartheta} + \text{sgn}(\vartheta) mgR \sin A - m g \ddot{u}_g R \cos A = 0$$

Termine  
inerziale

Momento stabilizzante  
dovuto al peso proprio

Eccitazione  
sismica



$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{h}{b}\right)$$

$$A = \alpha - \text{sgn}(\vartheta)\vartheta$$

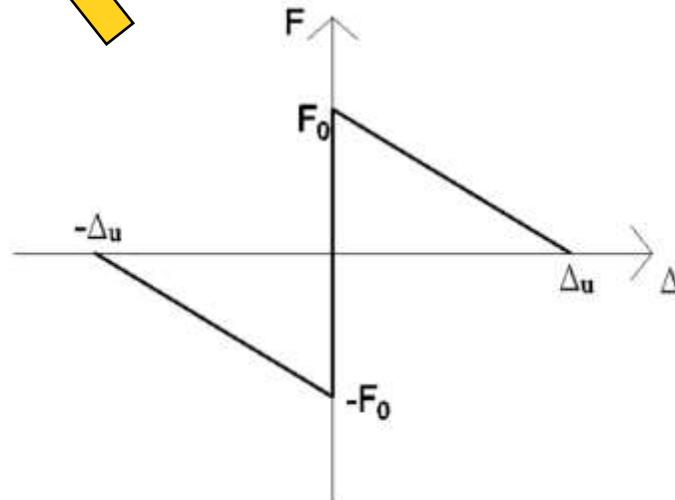
$\alpha$  = rapporto di snellezza

$R$  = raggio vettore

$I_0$  = momento di inerzia

$m$  = massa

$\ddot{u}_g$  = azione sismica nel tempo



uolo)

to

orto

malta  
nno

rigido (no deformazione)

e della muratura nulla

za a compressione infinita

eni di rimbalzo e scorrimento

ti (**blocco snello**) sotto una

mente orizzontale del sisma

## PROBLEMI

- Qualità muraria
- Collegamenti
  - ☐ parete-parete
  - ☐ parete-solaio
- Interventi invasivi e inadeguati

## NECESSITÀ

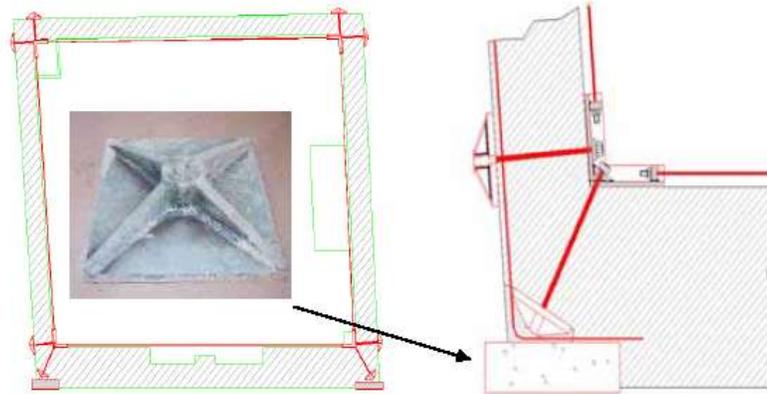
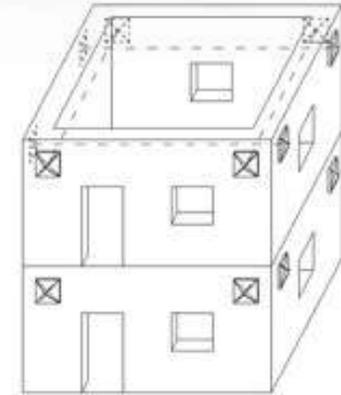
- Prevenzione antisismica
- Garantire la sicurezza e l'integrità dell'edificio con presidi provvisori
- Inibizione meccanismi fuori piano
- Comportamento scatolare



# LE SOLUZIONI TECNICHE TRADIZIONALI

## PUNTI DI FORZA

- Sistema di rinforzo ampiamente sperimentato ed applicato con riconosciuto successo anche in organismi murari molto antichi
- Fornire una risposta “globale” nei confronti delle azioni sismiche
- Contrastare dissesti e cinematismi di ribaltamento delle pareti



(Guido Magenes – Edifici esistenti in muratura)



La catena metallica presidio antisismico contro i meccanismi di ribaltamento locale

Ammorsamento delle murature

Rinforzo / ripristino della muratura dove necessario



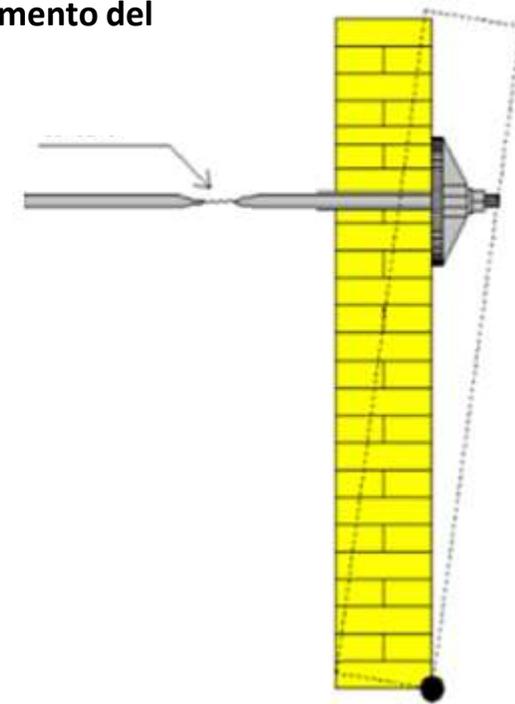
# LE SOLUZIONI TECNICHE TRADIZIONALI

## LIMITI DELLE TECNICHE TRADIZIONALI

In caso di azioni sismiche rilevanti:

- Elevato incremento del tiro in caso di azione sismica con potenziali strappi delle catene o rotture della muratura nell'intorno degli ancoraggi.
- Perdita di funzionalità della catena con pericolose conseguenze nei riguardi della stabilità del fabbricato

Snervamento del tirante



La catena metallica presidio antisismico contro i meccanismi di ribaltamento locale

Ammorsamento delle murature

Rinforzo / ripristino della muratura dove necessario

# IL BREVETTO DEL «TIRANTE DISSIPATIVO»



DAD desing

Il concetto di controllo del danno ( ovvero del dondolamento)

Dissipazione di energia

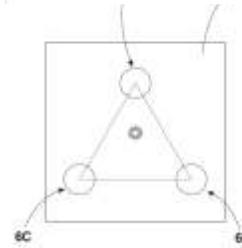
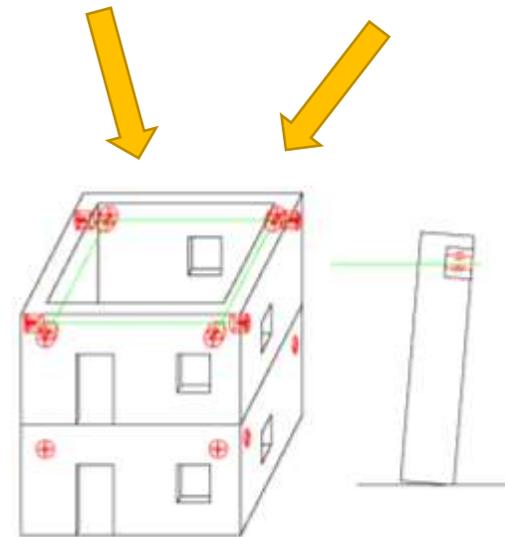
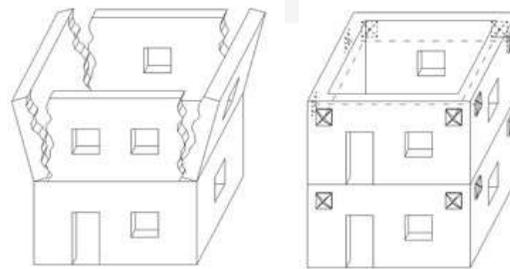


FIG. 5

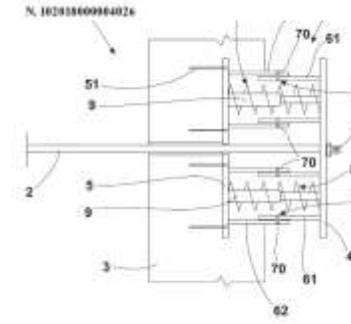


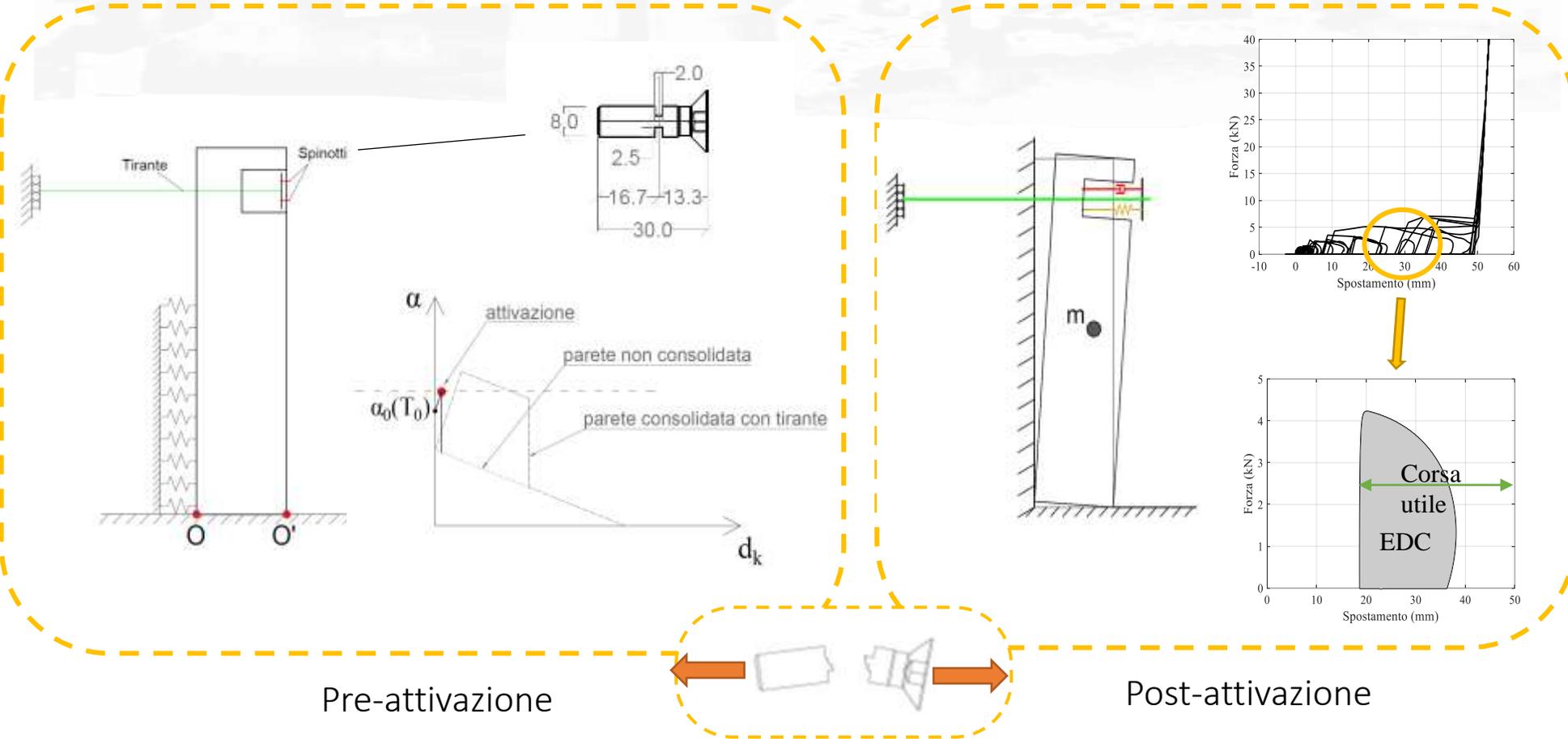
FIG. 4



# IL BREVETTO DEL «TIRANTE DISSIPATIVO»



Attivazione tipo «airbag» ovvero oltre una soglia di forza



# IL BREVETTO DEL «TIRANTE DISSIPATIVO»



## CRITERI DI PROGETTO

Impedire l'attivazione del meccanismo per azioni allo

Permettere l'attivazione del sistema viscoso oltre un valore di soglia oltre  $\beta S_e(SLD)$

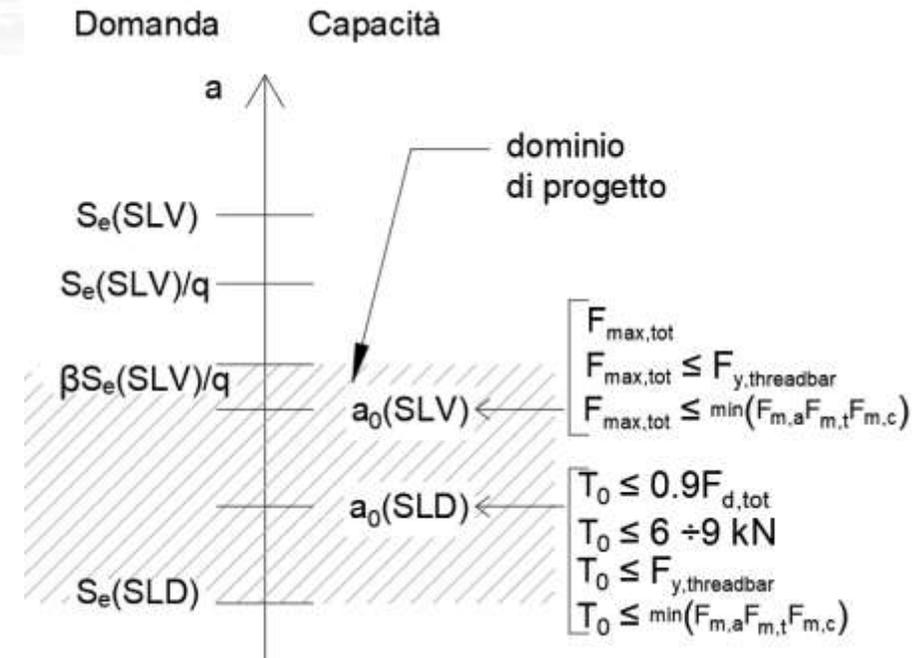
Salvaguardare il tirante dalla rottura

$F_{max,tot}$  = Resistenza fusibili

$T_0$  = Pretensione

$F_y$  = Snervamento tirante

$F_{d,tot}$  = Resistenza di progetto fusibili



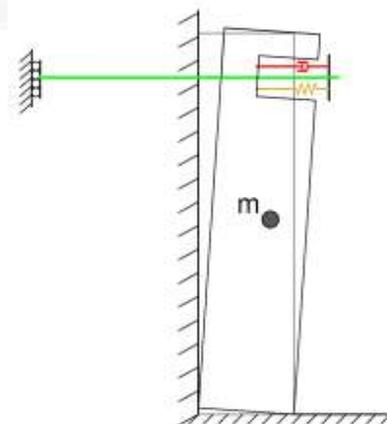
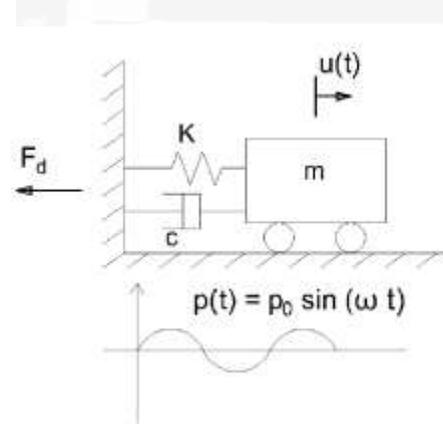
Attivazione tipo «airbag» ovvero oltre una soglia di forza



# IL BREVETTO DEL «TIRANTE DISSIPATIVO»

## DEFINIZIONE DELLO SMORZAMENTO VISCOSO EQUIVALENTE

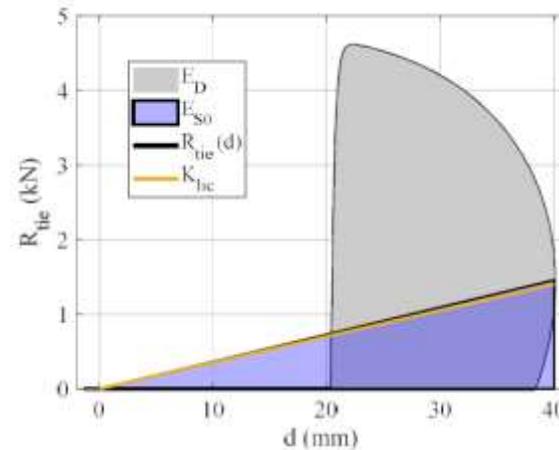
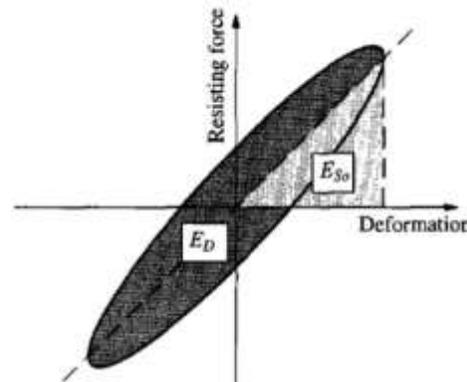
Analisi numeriche su blocco in Rocking



$$\xi_{eq} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_D}{E_{S0}}$$

$$\xi_{eq} = 20\%$$

| Parete           | $\xi_{eq}(\%)$ |
|------------------|----------------|
| 1                | 21.44          |
| 2                | 20.71          |
| 3                | 22.00          |
| <b>media</b>     | <b>21.38</b>   |
| <b>std. dev.</b> | <b>0.647</b>   |



|                     | altezza | larghezza | spessore | snellezza     |
|---------------------|---------|-----------|----------|---------------|
|                     | H [m]   | L [m]     | t [m]    | $\lambda$ [-] |
| (1) palazzi esterna | 4.00    | 3.00      | 0.50     | 8             |
| (2) palazzi interna | 4.00    | 3.00      | 0.33     | 12            |
| (3) chiese          | 12.00   | 10.00     | 1.00     | 12            |



# IL BREVETTO DEL «TIRANTE DISSIPATIVO»

## ANALISI PREDITTIVE

Analisi numeriche su blocco in Rocking

Oscillazioni libere

Input sismico

$$\left\{ \begin{aligned} & \sum_i I_{O_i} \ddot{\theta} + \sum_j I_{O_j} \ddot{\theta} + \sum_i \text{sign}(\theta) m_i g R_i \sin A_{\theta,i} + \sum_i \text{sign}(\theta) m_j g R_j \sin A_{\theta,i} \\ & + T_{bed} - R_d \cos A_d K_{Lic}(\delta_u) - R_d \cos A_d C(\delta_u) = \\ & = \sum_i m_i \ddot{u}_g R_j \cos A_{\theta,i} + \sum_j m_j \ddot{u}_g R_j \cos A_{\theta,j} \end{aligned} \right.$$

$$-K_{Lic}(\delta_u) - C \delta_u - K_{Tie}(u_p) = 0$$

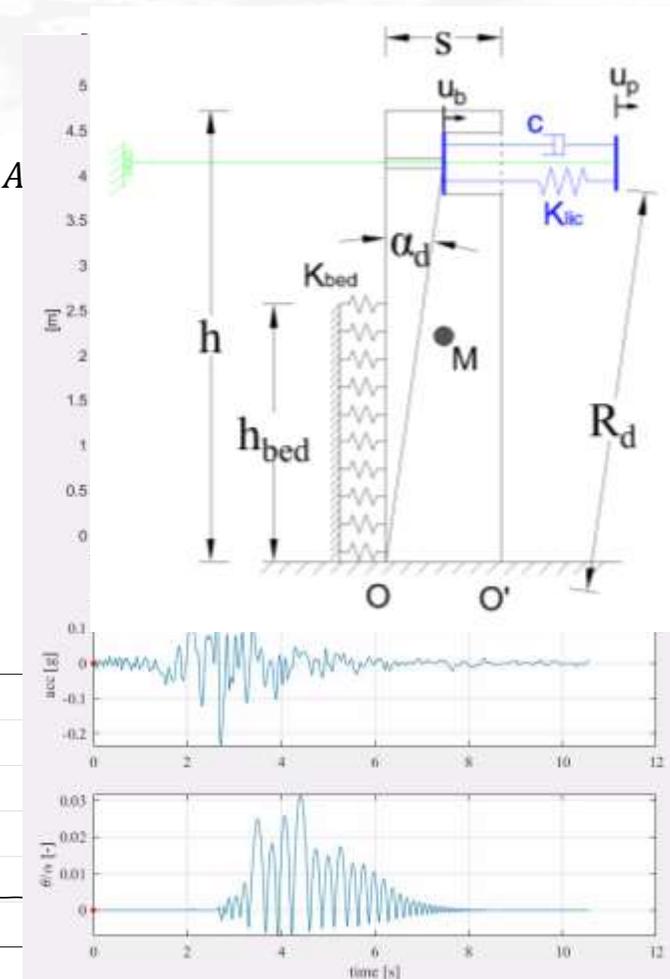
$$\delta_u = u_p - u_b$$

**C8.7.1.2.1.9**

**C8.7.1.2.1.9** Verifica con analisi dinamica non lineare dello SEV e SLC

La verifica con analisi dinamica non lineare può essere effettuata facendo ricorso ad approcci computazionali avanzati, anche a più gradi di libertà, in grado di simulare il distacco, la formazione del meccanismo locale e la risposta dinamica della struttura muraria, quali ad esempio approcci agli elementi distinti o approcci a macroelementi.

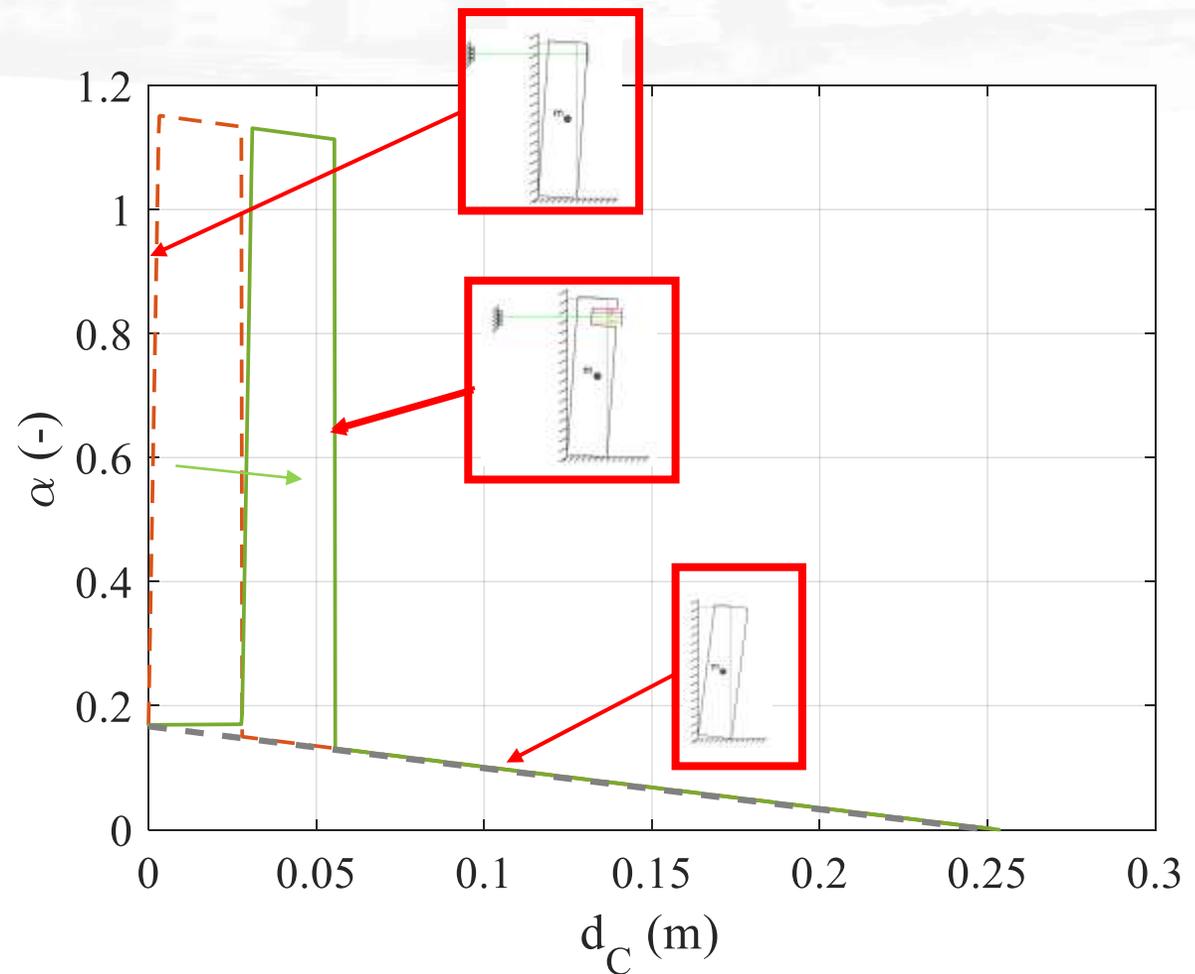
La rappresentazione dell'azione sismica mediante accelerogrammi in linea di principio consente di tenere conto, in modo adeguato, di fattori importanti nella risposta dinamica dei meccanismi locali che si manifestano nelle strutture murarie, quali ad esempio la distanza epicentrale, la sequenza e la durata dei picchi del segnale accelerometrico, fattori questi che possono essere rappresentati solo parzialmente attraverso uno spettro di risposta. Per contro, però, tali fattori è possibile conoscerli con un accettabile grado di dettaglio esclusivamente dopo che si è manifestato l'evento. A tal fine, in fase di analisi, il numero di accelerogrammi rappresentativi da considerare è in genere maggiore che per la verifica con analisi dinamica non lineare della risposta globale, per tener conto della sensibilità della risposta dei meccanismi locali alle caratteristiche del singolo accelerogramma. In particolare, si consiglia di ricercare combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri in accelerazione delle NTC, utilizzando cataloghi di registrazioni digitali, affidabili nelle componenti a lungo periodo dello spettro di risposta.



# IL BREVETTO DEL «TIRANTE DISSIPATIVO»



Analisi Cinematica  
Non Lineare



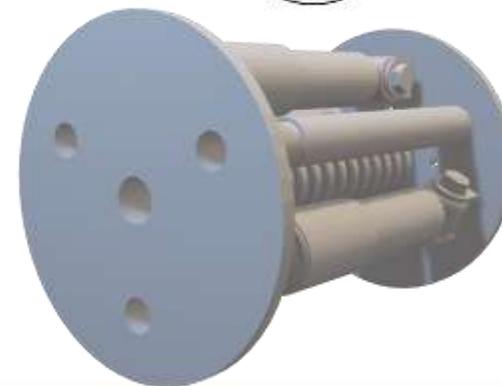
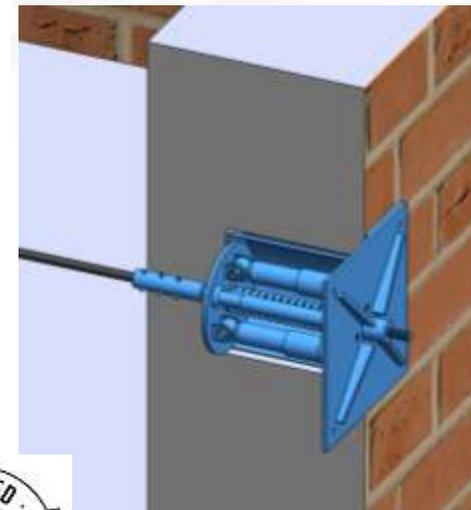


# Linear Controlled Rocking Device

## IL PRIMO DISPOSITIVO ANTISISMICO PER LE MURATURE

### La Tecnologia

- Dispositivo antisismico certificato
- Fusibile meccanico (MFR)
- Dispositivo lineare (LD)
- Smorzatore fluido-viscoso (FVD)



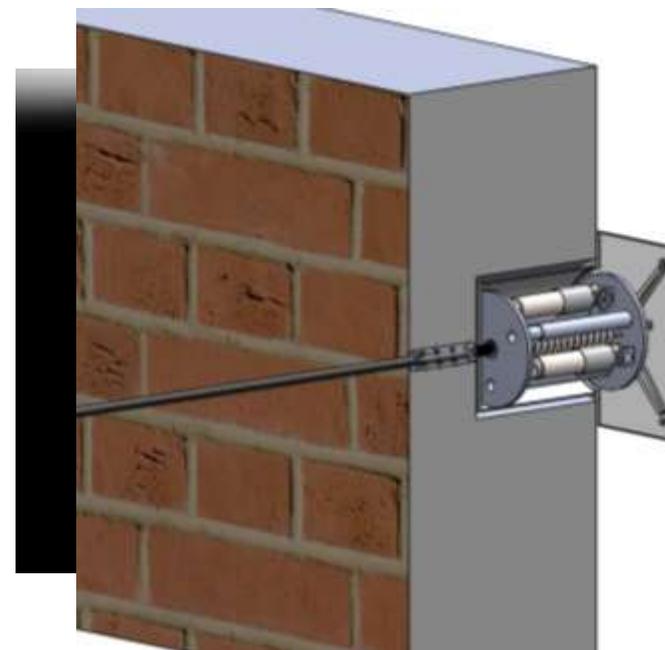
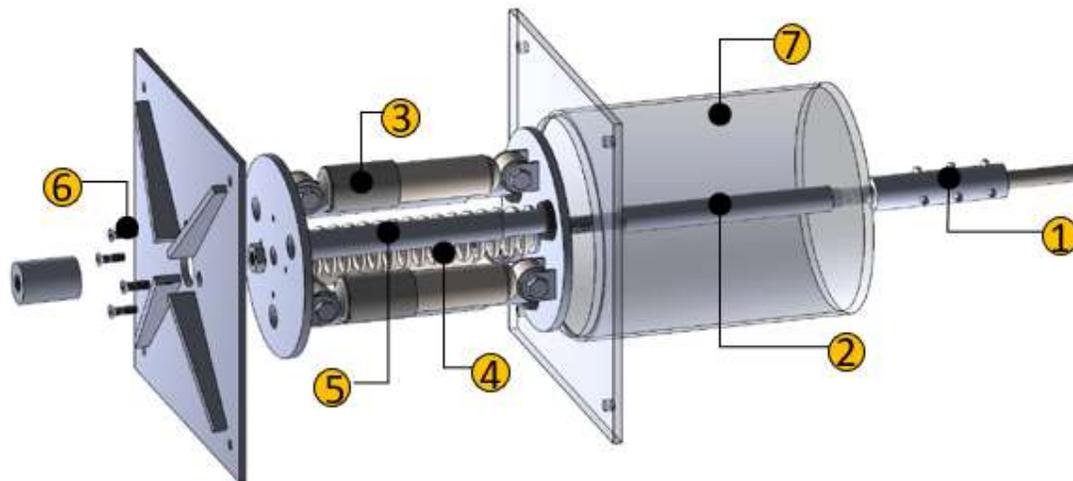


# IL SISTEMA LICORD BREVETTATO

## Componenti

1. Clamp di collegamento
2. Tenditore speciale
3. Ammortizzatori
4. Molla a compressione
5. Tubi guida
6. Vincoli «a fusibile»
7. Case protettivo esterno

«Tempi di installazione ridotti e minimo impatto estetico»

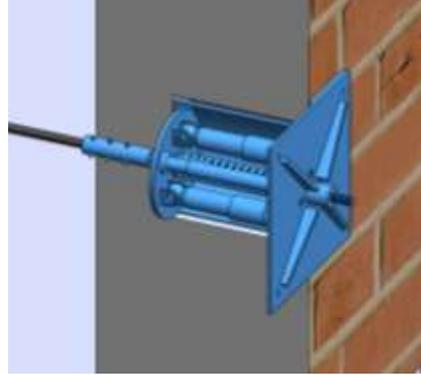


# Componenti

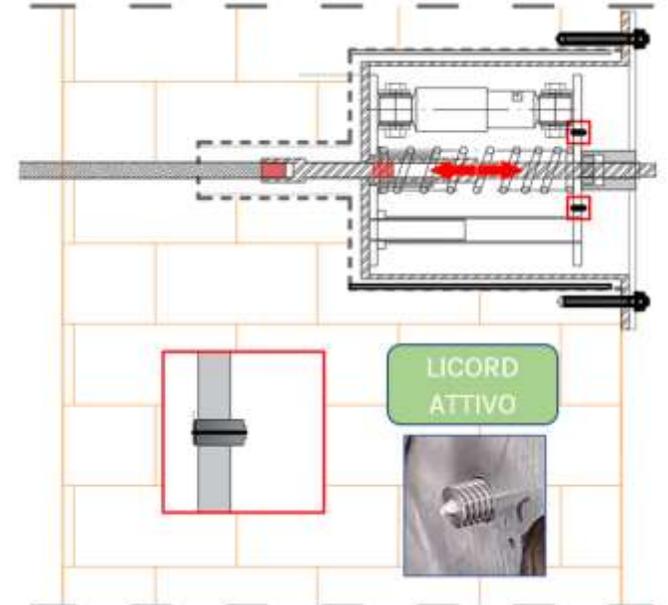
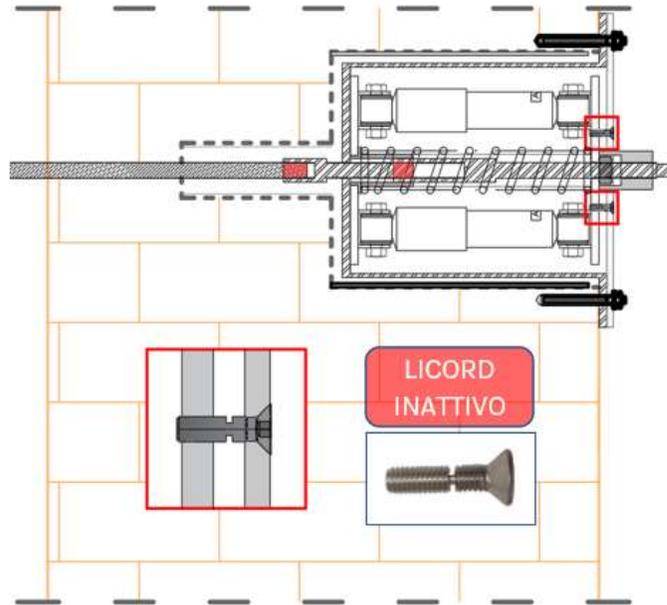
- 1. Clamp di collegamento
- 2. Tenditore speciale
- 3. Ammortizzatori
- 4. Molla a compressione
- 5. Tubi guida
- 6. Vincoli «a fusibile»
- 7. Case protettivo esterno



# IL SISTEMA LICORD BREVETTATO



«Attivazione del sistema viscoso come l'airbag di automobile»

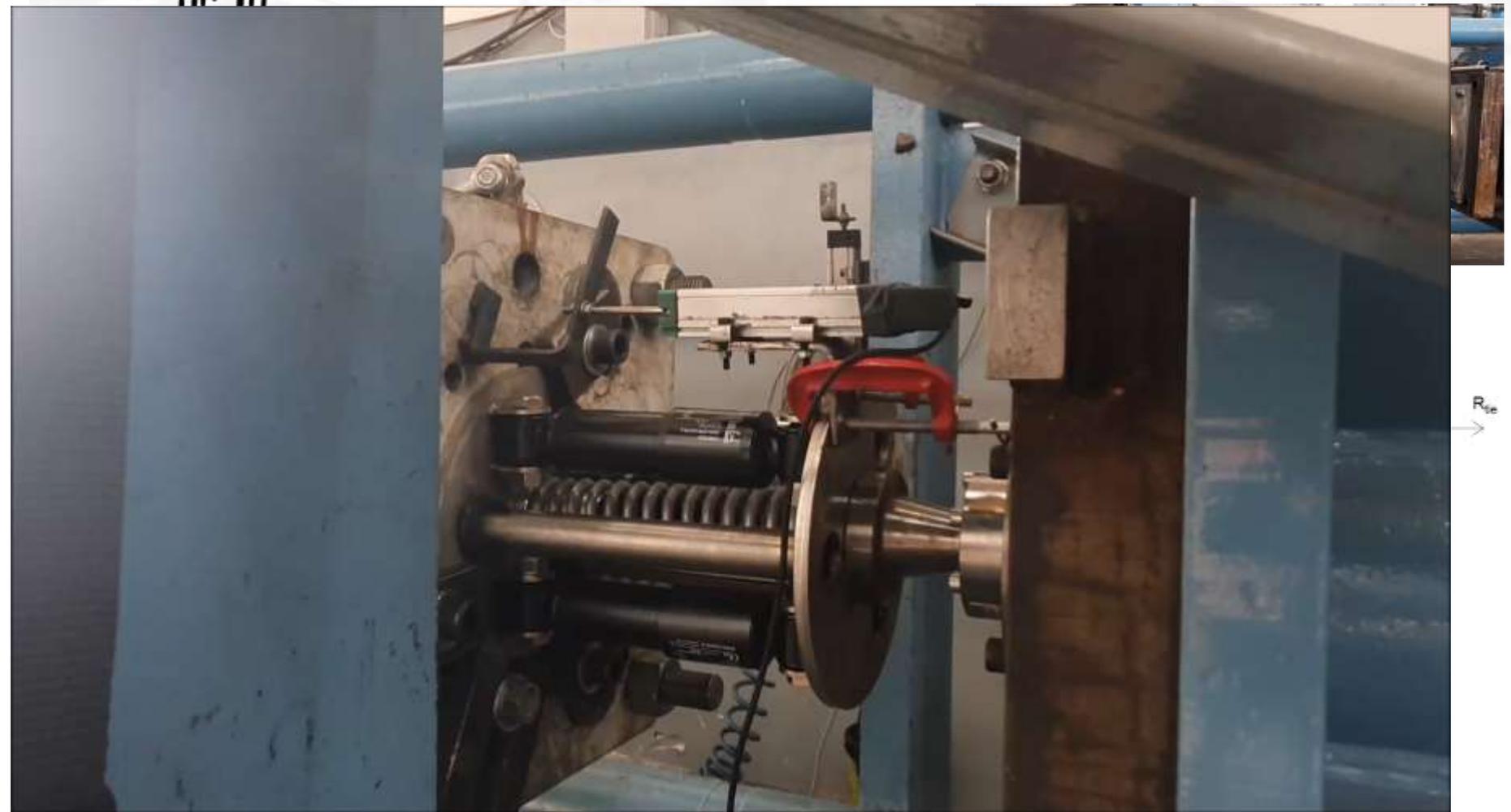




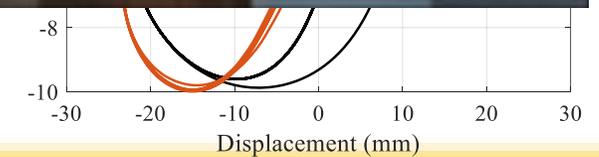
# IL SISTEMA LICORD BREVETTATO

## Dall'idea al prodotto

- Il modello numerico
- La certificazione EN15129
- Sperimentazione sul campo



$$I_D = C(u_p - u_b)$$



# IL SISTEMA LICORD BREVETTATO

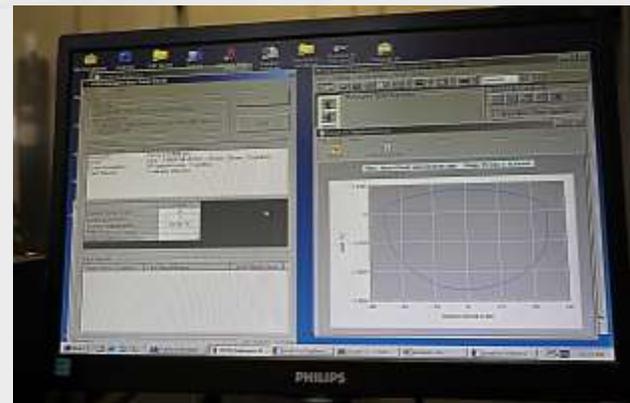
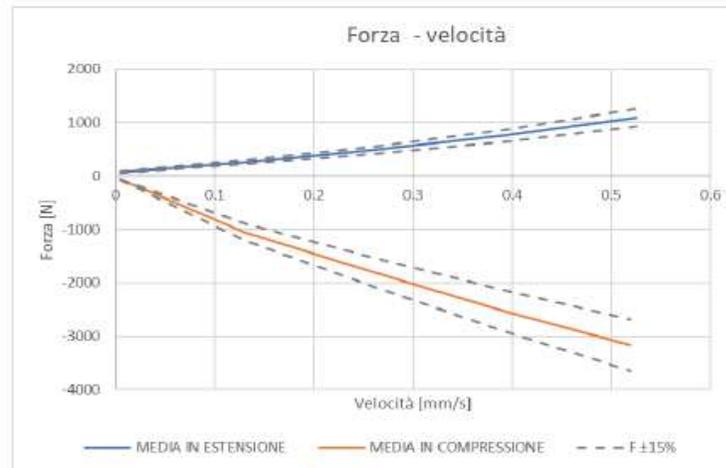
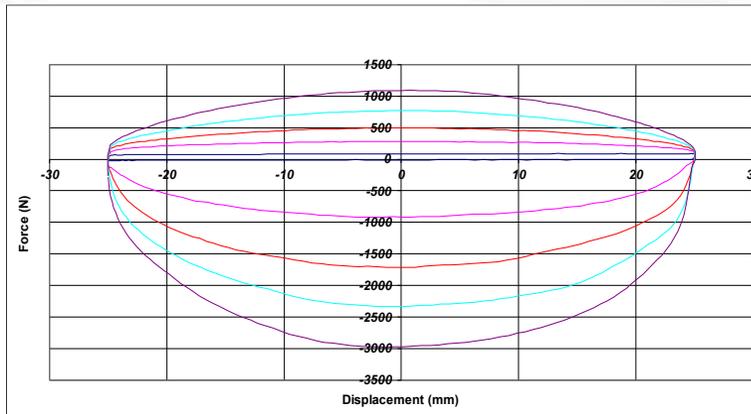
## Test preliminari di caratterizzazione



Smorzatore fluido-viscoso (FVD)

steps: [1 %, 25%, 50%, 75%, 100%] v<sub>max</sub>

$$F = \text{sign}(v) \cdot C \cdot |v|^\alpha$$



Dall'idea al prodotto

Il modello numerico

La certificazione  
EN15129

Sperimentazione sul campo



# IL SISTEMA LICORD BREVETTATO

## Test tipo di certificazione

Dall'idea al prodotto

EN 15129; NTC2018

Più di 20 test effettuati

Specifiche tecniche

• Il modello numerico

• La certificazione EN15129

• Sperimentazione sul campo

**SISMALAB**  
Soluzioni Ingegneristiche Sperimentali Antisismiche

**TEST REPORT**  
TR\_142\_2022\_LAB\_48\_2022  
Type Tests: Accorciazioni to the Standard EN 15129

APPLICANT: Sismolab SpA, Via Giovanni Berchet 11, 35021 Padova

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| Report issue date       | 17/01/2023        |
| Sismolab Laboratory     | Imp. Corrado Cini |
| Tester                  | Imp. Corrado Cini |
| Sismolab Test performer | Imp. Corrado Cini |
| Witnessing              |                   |

The test results apply only to the tested device  
The test report consists of 52 pages and includes:

- Device identification parameters
- A brief description of the tests performed
- Tests performed and results

The test report can be reproduced only integrally and shall be returned to who sent it or its successors in full or in part.

|          |            |            |            |
|----------|------------|------------|------------|
| Revision | 01         | 02         | 03         |
| Date     | 08/01/2022 | 22/01/2022 | 25/01/2022 |

Autore: Sismolab SpA  
S.A.P. 7961138091999 (134)  
Tel. 049 8120027  
P. 049 8120027  
SISMOLAB: www.sismolab.it  
SISM: www.sismolab.com/it | www.sismolab.com/en

CIRO CARAMIA  
17/01/2023  
13/08/2022  
SMT+00/00

Table 5. Summary of results for single FVD device

**ICECON CERT**  
ORGANISMO DI CERTIFICAZIONE  
CERTIFICATION BODY

**CERTIFICATE OF CONSTANCY OF PERFORMANCE**  
2204-CPR-01174.1

In compliance with Regulation (EU) No 300/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 the Construction Products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction products:

**ANTI-SEISMIC DEVICES.  
FLUID VISCOUS DAMPER**

Characteristics and type of the product are detailed in the Annex of this certificate. Interest also in buildings and civil engineering works where requirements on individual devices are stated.

Placed on the market and manufactured by **LICORD SpA**  
Head office: PADOVA (PD), Via Giovanni Berchet 11, CAP 35021, ITALY.  
Phone/Fax: +39 049 1733020.

Manufacturing plant: MONTESPERTOLI (PI), Via Adige 2, CAP 50028, ITALY.

This certificate attests that all procedures concerning the assessment and verification of constancy of performance described in Annex ZA of the standard EN 15129:2009 under system 1 for the performance set out in this certificate are applied and that the factory production control conducted by the manufacturer is assessed to ensure the conformity of performance of the construction products.

This certificate was first issued on 10<sup>th</sup> of February 2022 and will remain valid until the AVCP methods for the manufacturing conditions in the past are cancelled or replaced, unless suspended or withdrawn by the relevant product certification body.

President,  
Emilio Prof. Paolo BRATU Ph.D.



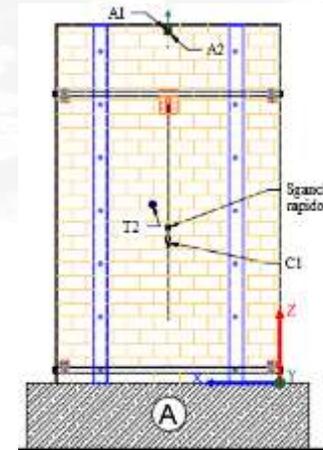
# IL SISTEMA LICORD BREVETTATO

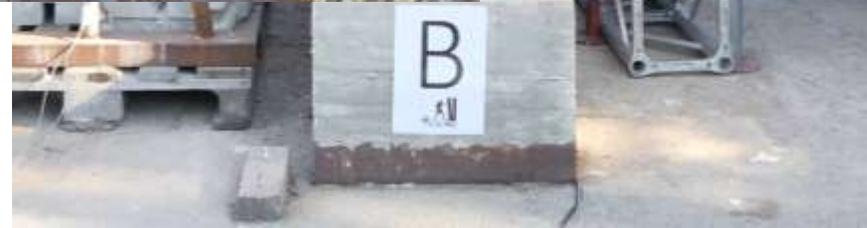
## Dall'idea al prodotto

- Il modello numerico
- La certificazione EN15129
- Sperimentazione sul campo



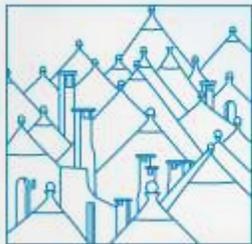
- Geometria della parete
- Condizioni al contorno
- Prove di rilascio





B  
ش

B  
ش



**OIBA**

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
della Provincia di Bari



**20 NOVEMBRE 2023 – SEMINARIO**

Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Bari



# **UN SISTEMA INNOVATIVO PER LA PROTEZIONE SISMICA E IL MONITORAGGIO 2° Parte**

Ing. Daniele BRIGANTE PhD (Coordinatore R&D Licord S.p.A)

**Soluzioni innovative  
per la protezione  
sismica e il  
monitoraggio di  
strutture in muratura**



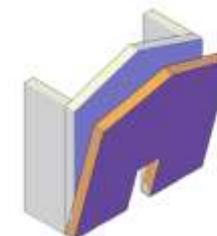
# LICORD LA SOLUZIONE INNOVATIVA



« Innovativa, non invasiva e di semplice applicazione.»

## VANTAGGI TECNICI

- Aumento delle prestazioni del fabbricato
- Controllo dei meccanismi di ribaltamento fuori piano degli edifici in muratura
- Incremento dell'Indice di sicurezza sismico per gli edifici esistenti.
- Intervenire mantenendo l'operatività della struttura
- Monitorare lo stato di salute del fabbricato e controllare l'integrità del sistema installato



| PARETE              | Indice di Sicurezza         |                            | Aumento di sicurezza |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|
|                     | <i>IS<sub>TIRANTE</sub></i> | <i>IS<sub>LICORD</sub></i> |                      |
| [-]                 | [-]                         | [-]                        | [%]                  |
| Edifici ordinari    | <b>3.22</b>                 | <b>4.43</b>                | <b>38</b>            |
| Edifici Monumentali | <b>0.78</b>                 | <b>1.46</b>                | <b>87</b>            |

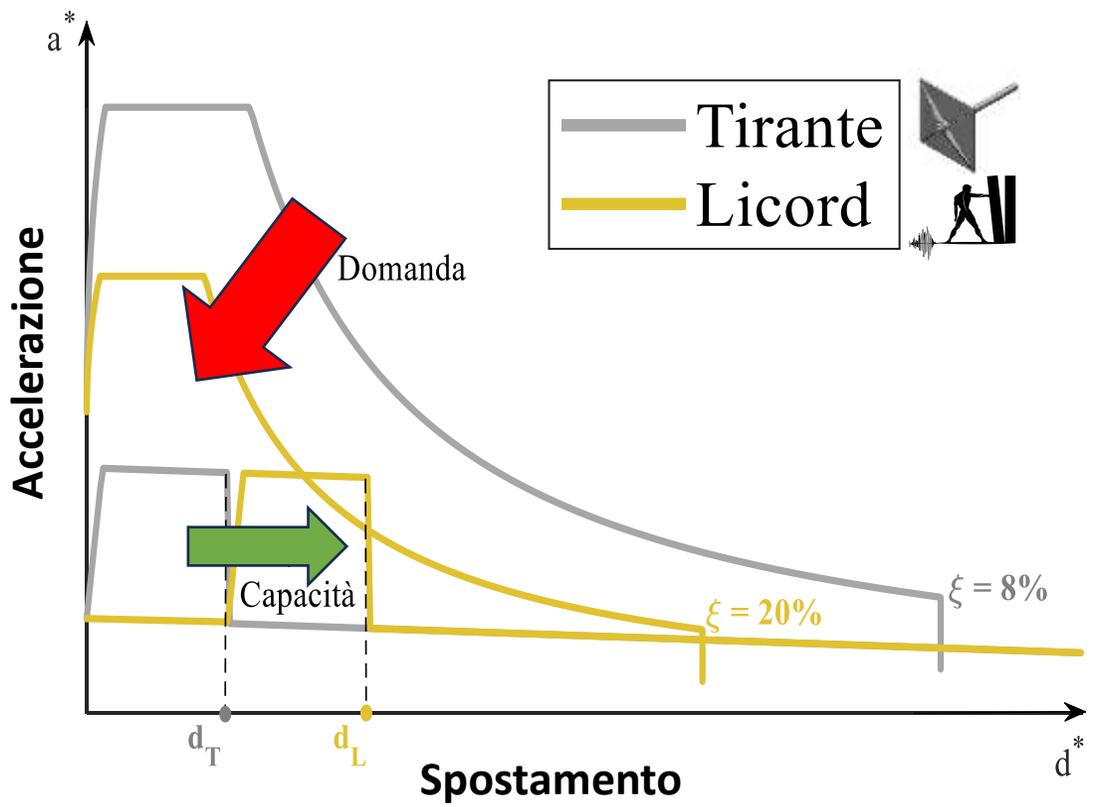
Il primo sistema passivo brevettato per la protezione sismica ed il monitoraggio di edifici in muratura



# LICORD LA SOLUZIONE INNOVATIVA

Il primo sistema passivo brevettato per la protezione sismica ed il monitoraggio di edifici in muratura

## VANTAGGI TECNICI



- Riduzione degli sforzi sul tirante
- Aumento della capacità di spostamento
- Riduzione della curva di domanda

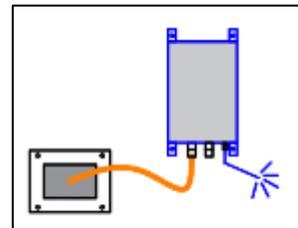
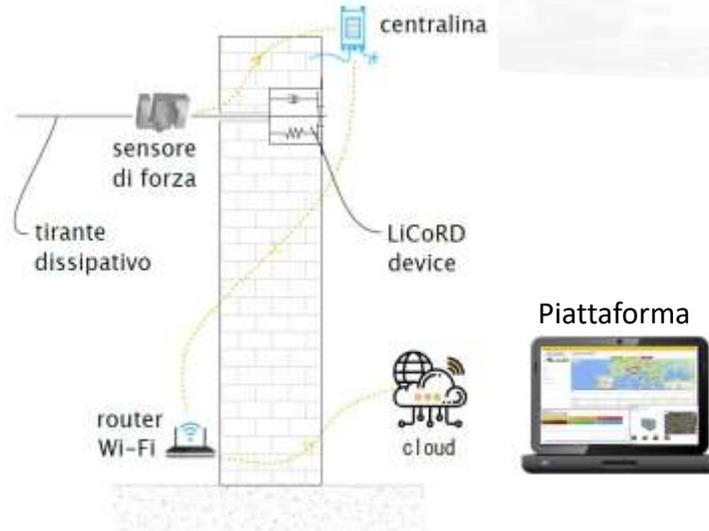
$\xi$  Rapporto di smorzamento equivalente



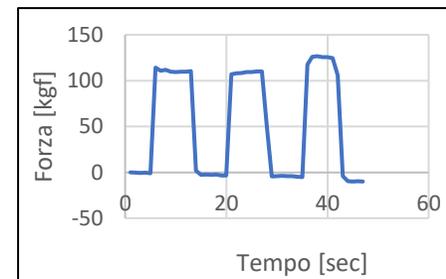
# LICORD MONITORA

## Monitora il tuo edificio

### IL SISTEMA



### LA PIATTAFORMA



## Tipi di analisi

- Analisi limite lineare
- Analisi limite non lineare

## Meccanismi

- Ribaltamento Semplice (RS)
- Flessione Verticale (FV)

## Stati Limite

- SLD
- SLV



«Software di calcolo a supporto del progettista»

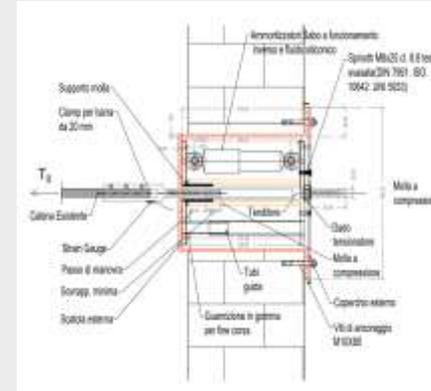
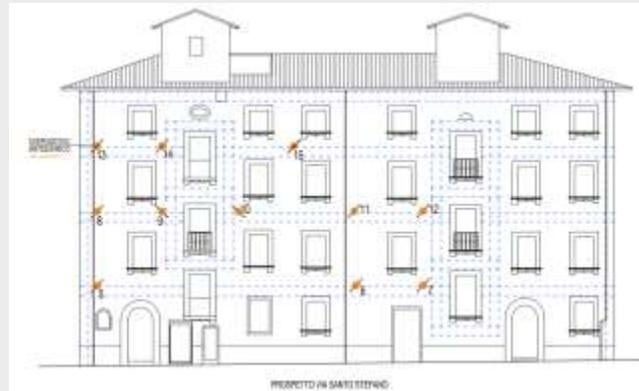


# CASI APPLICATIVI



Caso studio: **Palazzo Via dei Neri – Empoli (FI)**

Intervento su **15** catene esistenti



## Servizi e soluzioni tecniche

- **Supporto alla Progettazione strutturale**
- **Installazione del sistema**
- **Manutenzione**
- **Piano di monitoraggio**

# CASI APPLICATIVI

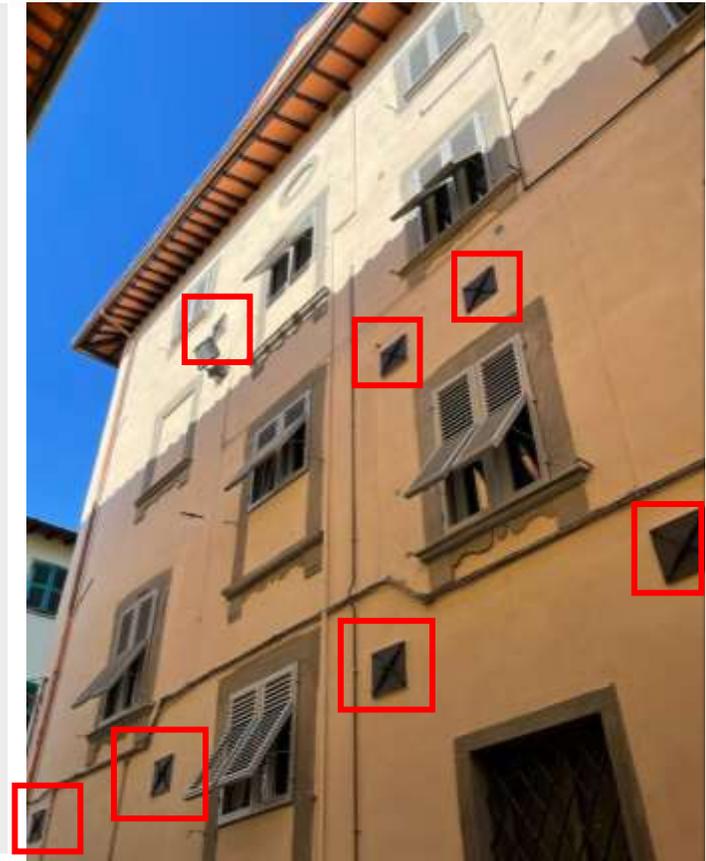


Caso studio: **Palazzo Via dei Neri – Empoli (FI)**

Intervento su **15** catene esistenti



**Tecnici installatori qualificati**



## Servizi e soluzioni tecniche

- Supporto alla Progettazione strutturale
- **Installazione del sistema**
- **Manutenzione**
- **Piano di monitoraggio**

# CASI APPLICATIVI



Caso studio: **Casa Colonica – San Miniato (PI)**

Intervento ex novo tiranti metallici con dispositivo



## Servizi e soluzioni tecniche

- **Supporto alla Progettazione strutturale**
- Installazione del sistema
- Manutenzione
- Piano di monitoraggio

# CASI APPLICATIVI



Servizi e soluzioni tecniche

Caso studio: Casa Colonica – San Miniato (PI)

**MECCANISMO DI RIBALTAMENTO SEMPLICE**  
Sviluppato da: Licord S.p.A. <https://licord.it/>  
Email: info@licord.it

Attenzione: somministrare e assegnare i valori nella casella input utente (avanzato). Alcuni valori di input devono essere selezionati da un menu a discesa, mentre altri richiedono un input numerico a di testo (POSIZIONE). Il menu a discesa verrà visualizzato a destra della cella di input selezionata, se applicabile. I valori di input che non rientrano nell'intervallo genereranno un errore. Quando i parametri di input non sono richiesti, sono "inattivi" (CELLA GRIGIA).  
NOTA: Questo programma calcola il moltiplicatore di attivazione e controlla lo stato limite di danno alla base e ad una certa altezza.

| POSIZIONE |         | CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA |           |               | SPETTRO DI TERRA |               |           |                 |               |           |                 |               |           |
|-----------|---------|------------------------------|-----------|---------------|------------------|---------------|-----------|-----------------|---------------|-----------|-----------------|---------------|-----------|
| Edificio  | Pariete | FC [m]                       | $h_1$ [m] | $h_{tot}$ [m] | $T_{01}$ [sec]   | $a_{0,1}$ [g] | $F_{0,1}$ | $T_{0,2}$ [sec] | $a_{0,2}$ [g] | $F_{0,2}$ | $T_{0,3}$ [sec] | $a_{0,3}$ [g] | $F_{0,3}$ |
| Pariete   | 3.00    | 3.0                          | 0.30      | 3.30          | 0.70             | 0.17          | 0.25      | 0.30            | 1.00          | 1.41      | 1               |               |           |

| Semi                       |           | Solai                      |           | Spinta Copertura           |           | Luned                      |           | Travate                    |           |
|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| 1                          | 2         | 1                          | 2         | 1                          | 2         | 1                          | 2         | 1                          | 2         |
| $v_1$ [Min <sup>-1</sup> ] | 0         |
| $h_1$ [m]                  | 3         | $h_1$ [m]                  | 0         |
| $a_1$ [m]                  | 0.3       | $a_1$ [m]                  | 0         |
| $F_{0,1}$ [N]              | 0         | $F_{0,2}$ [N]              | 0         | $F_{0,3}$ [N]              | 0         | $F_{0,4}$ [N]              | 0         | $F_{0,5}$ [N]              | 0         |
| $v_{rel}$ [m]              | 0.0       | $v_{rel}$ [m]              | 0         |
| Modello Licord             | RF1013A-1 |
| N Licord                   | 1         | N Licord                   | 0         |
| $v_1$ [m]                  | 0.7       | $v_1$ [m]                  | 0         |
| accoppi del trave          | 0.250     | Tipo di acciaio del trave  | S 235     | Tipo di acciaio del trave  | S 235     | Tipo di acciaio del trave  | S 235     | Tipo di acciaio del trave  | S 235     |
| $L_{1,1}$ [mm]             | 6100      | $L_{1,1}$ [mm]             | 6100      | $L_{1,1}$ [mm]             | 0         | $L_{1,1}$ [mm]             | 0         | $L_{1,1}$ [mm]             | 0         |
| $d_{1,1}$ [mm]             | 20        |

**Parametri Geometrici**  
 $h_1 = 3.0$  m       $H = 6.0$  m  
 $b_1 = 0.30$  m       $z = 3.0$  m

**Parametri Meccanici**  
 $f_{d,mur} = 1820$  kN/m<sup>2</sup>  
 $f_{d,rid} = 1400$  kN/m<sup>2</sup>

## MECCANISMO DI RIBALTAMENTO SEMPLICE

### CALCOLO CINEMATICO NON-LINEARE : VERIFICA SLV DI PIANO

Pariete 3 - STATO DI FATTO

#### Curva di capacità [a\* - d\*]

|               |        |      |              |       |     |
|---------------|--------|------|--------------|-------|-----|
| $d(\alpha_0)$ | 0.000  | [m]  | $a(d)$       | 0.062 | [g] |
| $d_0$         | 14.939 | [cm] | $a(d_0)$     | 0.000 | [g] |
| $d_{SLV}$     | 5.976  | [cm] | $a(d_{SLV})$ | 0.042 | [g] |
| $0.8 d_{SLV}$ | 4.780  | [cm] |              |       |     |

#### Curva di domanda [Se - S<sub>De</sub>] - $\xi_{eq}$ (20%)

|                        |       |       |
|------------------------|-------|-------|
| $a_g$ (SLV) - in quota | 0.22  | [g]   |
| $T_{SLV}$              | 2.137 | [sec] |
| $S_{dZ}(T_{SLV})$      | 2.502 | [cm]  |

#### Verifica in spostamento

$S_{dZ}(T_{SLV})$  **2.502** [cm]

Domanda spostamento spettrale

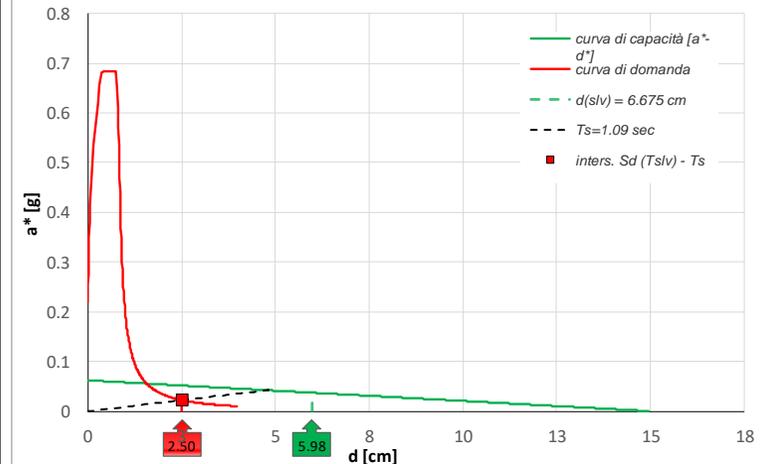
$d_{SLV}$  **5.976** [cm]

Capacità di spostamento spettrale

$d_{SLV} / S_{dZ}(T_{SLV})$

Verificato

### Analisi cinematica non lineare in quota - SLV



# CASI APPLICATIVI



## Caso studio: Casa Colonica – San Miniato (PI)

**MECCANISMO DI RIBALTAMENTO SEMPLICE**  
Sviluppato da: Licord S.p.A. <https://licord.it/>  
Email: info@licord.it

Attenzione: somministrare e annotare i valori nella casella input utente (avanzato). Alcuni valori di input devono essere selezionati da un menu a discesa, mentre altri richiedono un input numerico a il testo (POSIZIONI). Il menu a discesa verrà visualizzato a destra della cella di input selezionata, se applicabile. I valori di input che non rientrano nell'intervallo genereranno un errore. Quando i parametri di input non sono richiesti, sono "inattivi" (CELLA GRIGIA).  
NOTA: Questo programma calcola il moltiplicatore di attivazione e controlla lo stato limite di danno alla base e ad una certa altezza.

| POSIZIONE |          | CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA |           |               | SPETTRO DI TERRA |               |           |                 |           |           |           |
|-----------|----------|------------------------------|-----------|---------------|------------------|---------------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| Edificio  | Parete   | FC [m]                       | $h_1$ [m] | $h_{max}$ [m] | $T_{01}$ [sec]   | $a_{0,1}$ [g] | $F_{0,1}$ | $T_{0,2}$ [sec] | $S_{d,2}$ | $C_{v,2}$ | $S_{d,3}$ |
| Edificio  | Edificio | 3.0                          | 3.0       | 3.0           | 0.22             | 0.17          | 0.25      | 0.25            | 1.20      | 1.41      | 1         |

| FATTORE DI COMPORTAMENTO |             | SPETTRI DI PIANO |       |
|--------------------------|-------------|------------------|-------|
| $\mu$                    | $\mu_{eff}$ | H [m]            | r [m] |
| 1                        | 1           | 6                | 3     |
| 2                        | 2           | 2                | 2     |
| 3                        | 3           | 5                | 5     |

**Parametri Geometrici**

| Solaio                     |     | Solai                      |   | Spina Copertura            |   | Trasente                   |   |
|----------------------------|-----|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|---|
| 1                          | 2   | 1                          | 2 | 1                          | 2 | 1                          | 2 |
| $v_1$ [Min <sup>-1</sup> ] | 0   | $v_1$ [Min <sup>-1</sup> ] | 0 | $v_1$ [Min <sup>-1</sup> ] | 0 | $v_1$ [Min <sup>-1</sup> ] | 0 |
| $h_1$ [m]                  | 3   | $h_1$ [m]                  | 0 | $h_1$ [m]                  | 0 | $h_1$ [m]                  | 0 |
| $a_1$ [m]                  | 0.3 | $a_1$ [m]                  | 0 | $a_1$ [m]                  | 0 | $a_1$ [m]                  | 0 |

**Parametri Meccanici**

| Modello Licord      |       | Modello Licord              |       | Modello Licord              |       | Modello Licord              |       |
|---------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| 1                   | 2     | 1                           | 2     | 1                           | 2     | 1                           | 2     |
| N Licord            | 0     | N Licord                    | 0     | N Licord                    | 0     | N Licord                    | 0     |
| $n_1$ [m]           | 0.7   | $n_1$ [m]                   | 0     | $n_1$ [m]                   | 0     | $n_1$ [m]                   | 0     |
| acciaio del tirante | S 235 | Tipo di acciaio del tirante | S 235 | Tipo di acciaio del tirante | S 235 | Tipo di acciaio del tirante | S 235 |
| $L_{1,1}$ [m]       | 0.000 | $L_{1,1}$ [m]               | 0.000 | $L_{1,1}$ [m]               | 0     | $L_{1,1}$ [m]               | 0     |

### Parametri Geometrici

$$h_1 = 3.0 \text{ m}$$

$$b_1 = 0.30 \text{ m}$$

### Parametri Meccanici

$$f_{d,mur} = 1820 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{d,rid} = 1400 \text{ kN/m}^2$$

## MECCANISMO DI RIBALTAMENTO SEMPLICE

### CALCOLO CINEMATICO NON-LINEARE : VERIFICA SLV DI PIANO

| Edificio                    | Asmara      |      |                       |       |     |
|-----------------------------|-------------|------|-----------------------|-------|-----|
| Parete                      | Torrino-SUD |      |                       |       |     |
| Curva di capacità [a* - d*] |             |      |                       |       |     |
| d ( $\alpha_0$ )            | 0.000       | [m]  | a (d)                 | 0.075 | [g] |
| d <sub>0</sub>              | 17.659      | [cm] | a (d <sub>0</sub> )   | 0.000 | [g] |
| d <sub>SLV</sub>            | 7.064       | [cm] | a (d <sub>SLV</sub> ) | 1.486 | [g] |
| 0.8 d <sub>SLV</sub>        | 5.651       | [cm] |                       |       |     |

### Curva di domanda [Se - S<sub>De</sub>] - $\xi_{eq}$ = 20 [%]

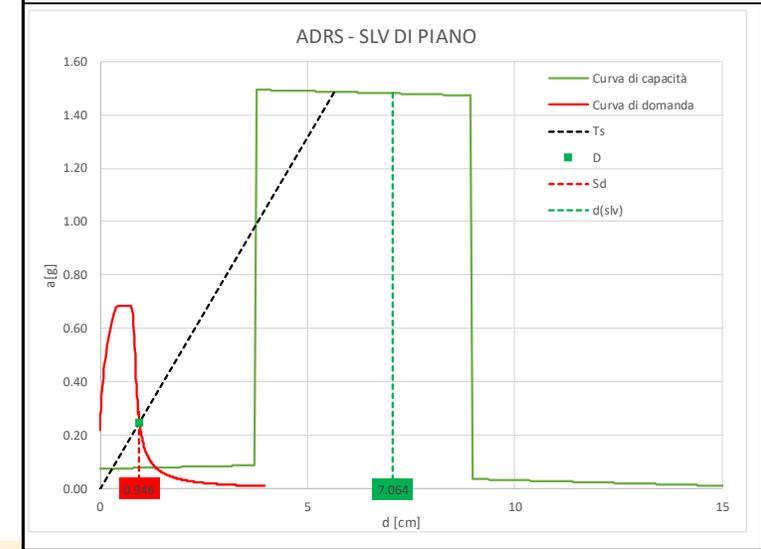
|                                     |       |       |
|-------------------------------------|-------|-------|
| a <sub>g</sub> (SLV) - in quota     | 0.22  | [g]   |
| T <sub>SLV</sub>                    | 0.391 | [sec] |
| S <sub>dZ</sub> (T <sub>SLV</sub> ) | 0.946 | [cm]  |

### Verifica in spostamento

|                                     |       |      |
|-------------------------------------|-------|------|
| S <sub>dZ</sub> (T <sub>SLV</sub> ) | 0.946 | [cm] |
| d <sub>SLV</sub>                    | 7.064 | [cm] |

Domanda spostamento spettrale  
Capacità di spostamento spettrale

d<sub>SLV</sub> / S<sub>dZ</sub>(T<sub>SLV</sub>) **Verificato**



# CASI APPLICATIVI



Caso studio: **Casa Colonica – San Miniato (PI)**

Intervento ex novo tiranti metallici con dispositivo



## Servizi e soluzioni tecniche

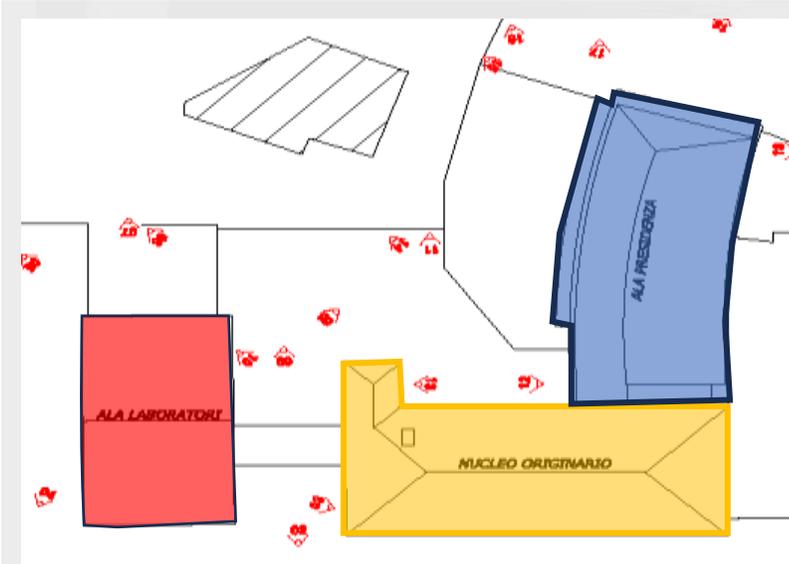
- Supporto alla Progettazione strutturale
- **Installazione del sistema**
- **Manutenzione**
- **Piano di monitoraggio**

# CASI APPLICATIVI



Caso studio: **Scuola Mascagni – Pomarance (PI)**

Intervento ex novo tiranti metallici con dispositivo



Servizi e soluzioni tecniche

- Supporto alla Progettazione strutturale

- Installazione del sistema

- Manutenzione

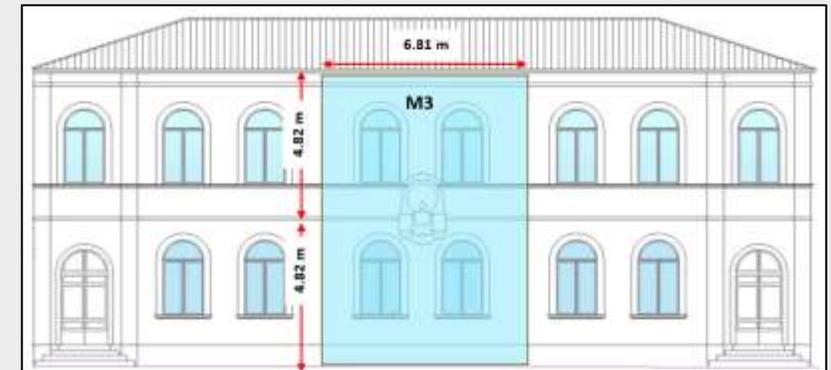
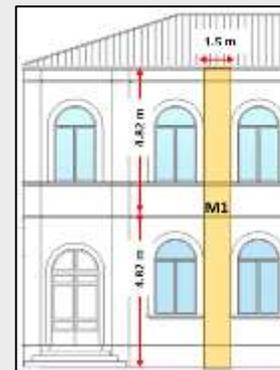
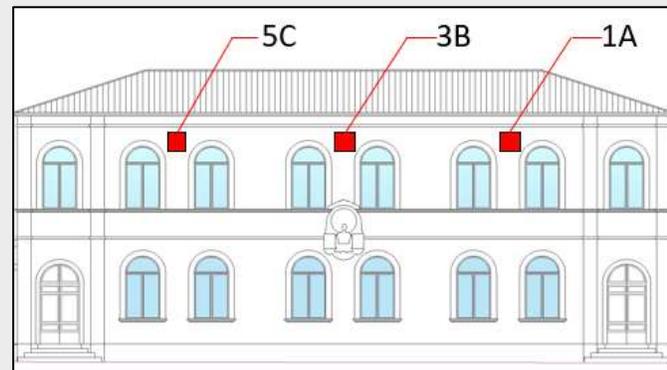
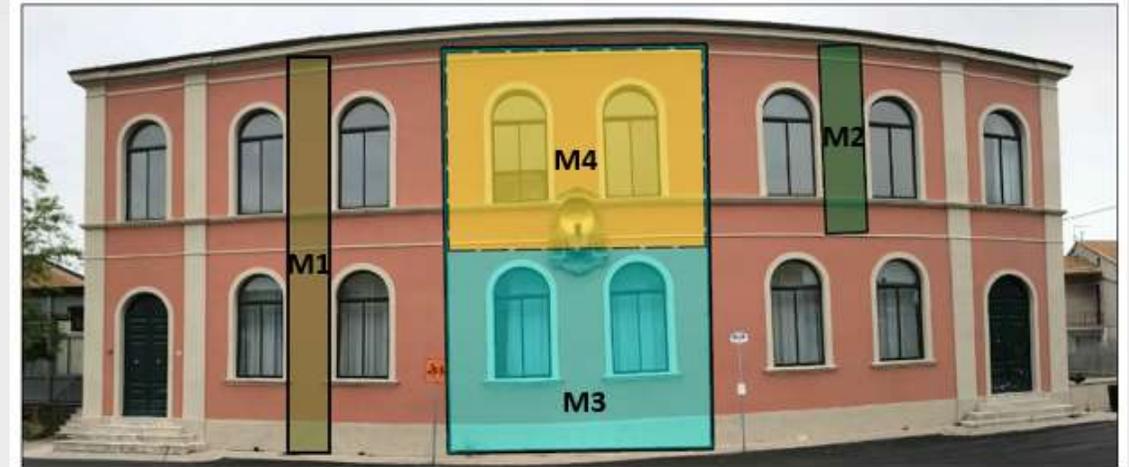
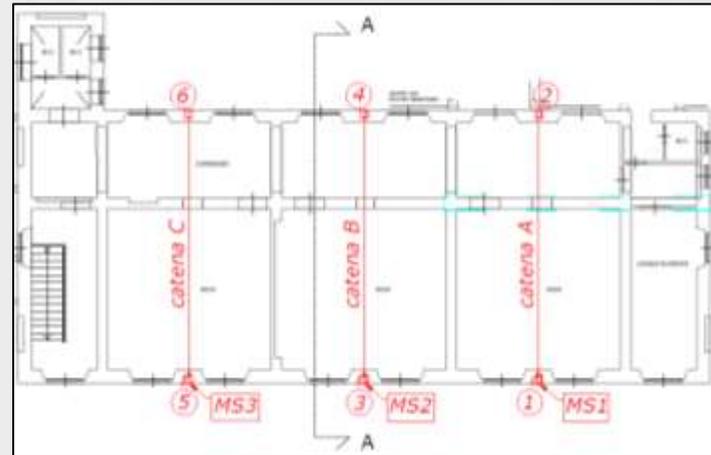
- Piano di monitoraggio

# CASI APPLICATIVI



Caso studio: **Scuola Mascagni – Pomarance (PI)**

Intervento con n° 6 dispositivi Licord e sistema di monitoraggio



Servizi e soluzioni tecniche

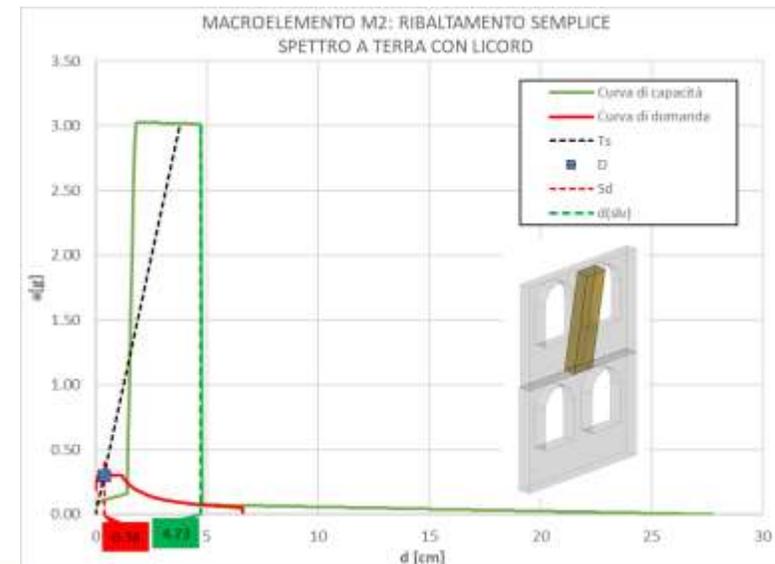
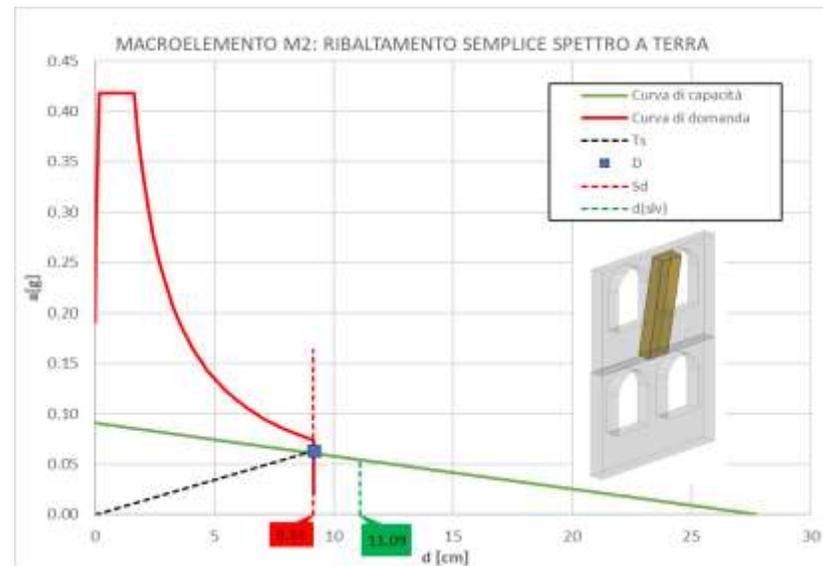
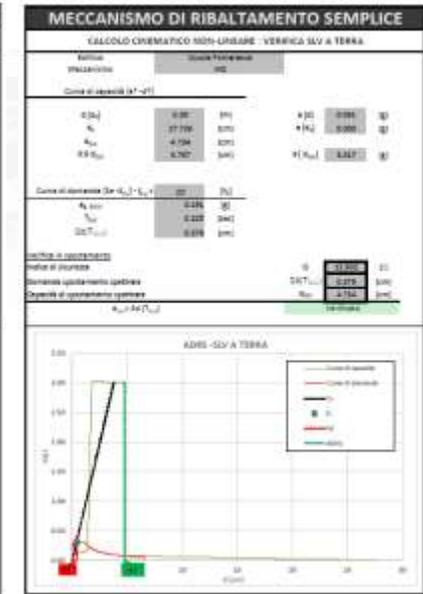
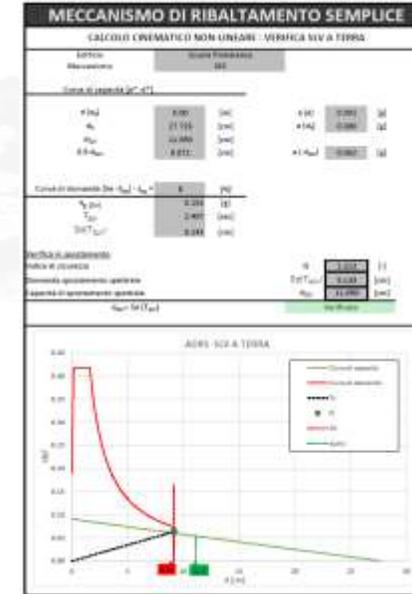
- Supporto alla Progettazione strutturale
- Installazione del sistema
- Manutenzione
- Piano di monitoraggio

# CASI APPLICATIVI



Caso studio: Scuola Mascagni – Pomarance (PI)

| RIBALTAMENTO SEMPLICE (RS) - VERIFICHE SLV |          |              |      |            |      |
|--|----------|--------------|------|------------|------|
|  | [cm]     | Senza Licord | IS   | Con Licord | IS   |
| M1   | Domanda  | 9.14         | 1.48 | 1.91       | 5.48 |
|  | Capacità | 13.55        |      | 10.44      |      |
| M2   | Domanda  | 9.14         | 1.21 | 0.38       | 12.5 |
|  | Capacità | 11.09        |      | 4.73       |      |
| M3   | Domanda  | 9.14         | 1.62 | 3.18       | 3.21 |
|  | Capacità | 14.85        |      | 10.22      |      |
| M4   | Domanda  | 9.14         | 1.31 | 2.53       | 6.12 |
|  | Capacità | 12.00        |      | 15.50      |      |



Servizi e soluzioni tecniche

• Supporto alla Progettazione strutturale

• Installazione del sistema

• Manutenzione

• Piano di monitoraggio

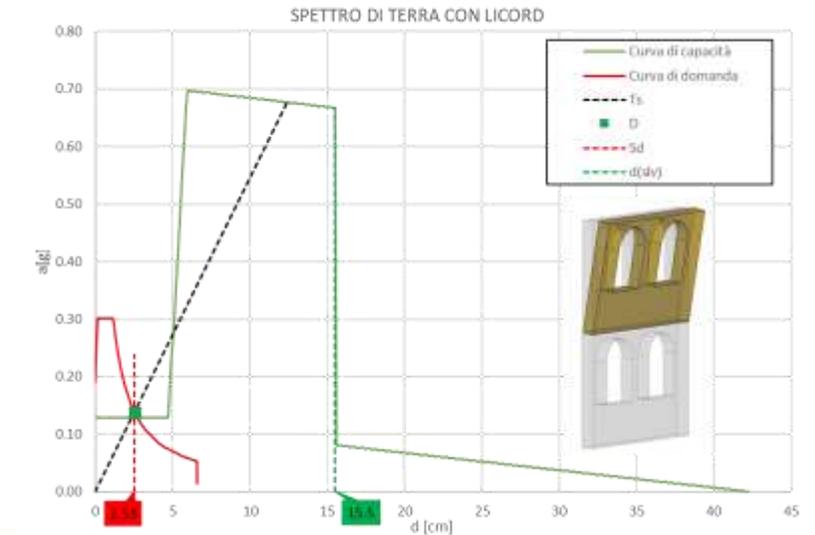
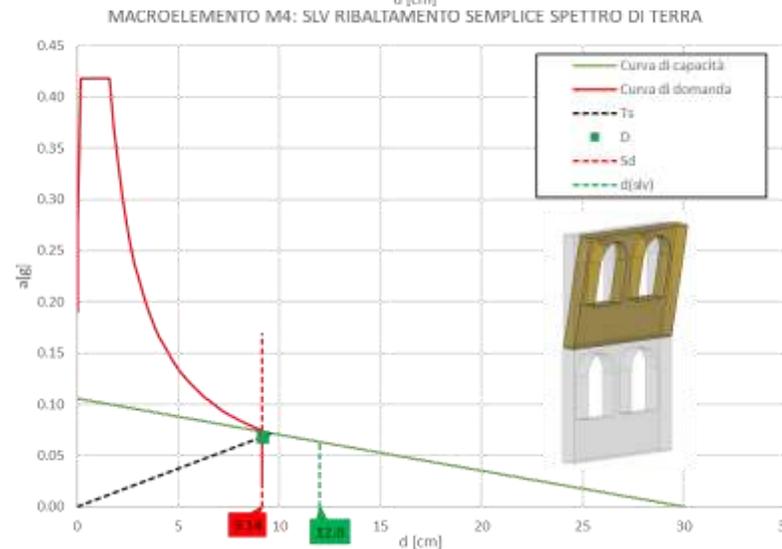
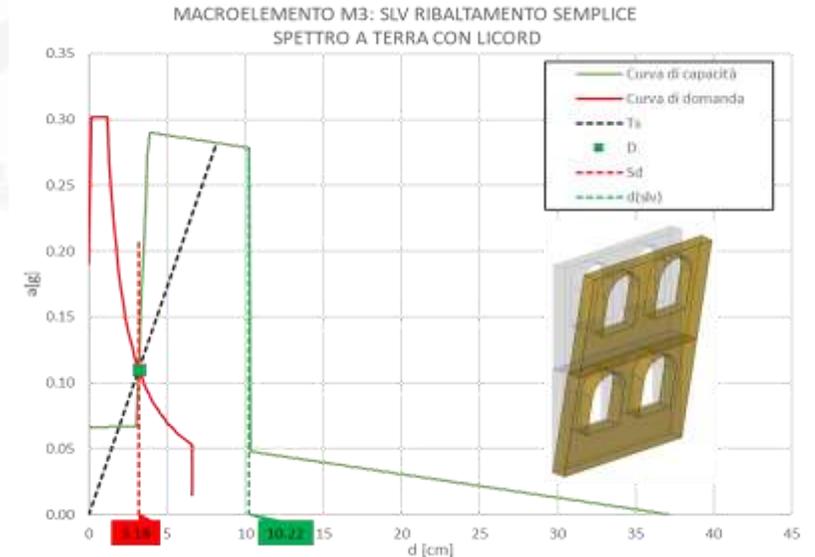
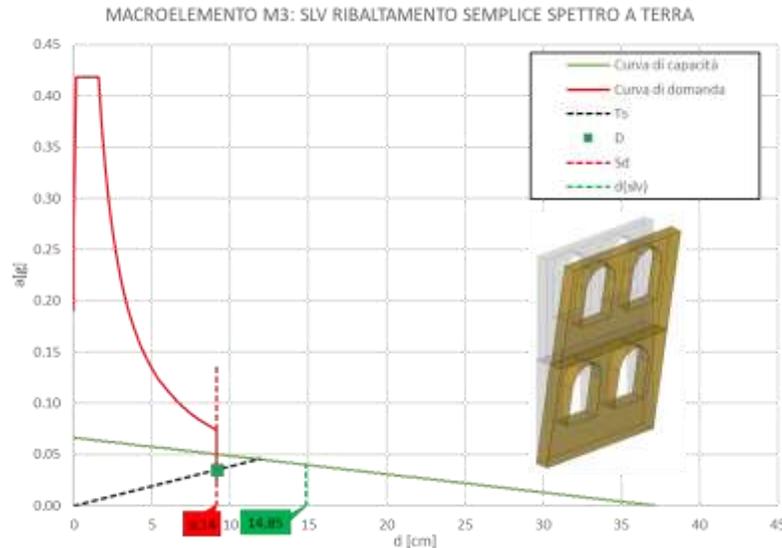
# CASI APPLICATIVI

Caso studio: Scuola Mascagni – Pomarance (PI)



## Servizi e soluzioni tecniche

- Supporto alla Progettazione strutturale
- Installazione del sistema
- Manutenzione
- Piano di monitoraggio

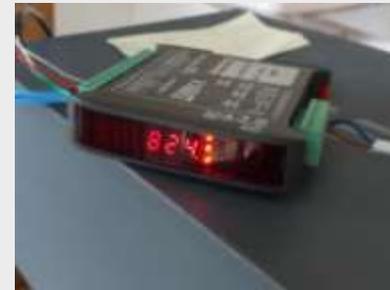


# CASI APPLICATIVI



Caso studio: **Scuola Mascagni – Pomarance (PI)**

Intervento con n° 6 dispositivi Licord e sistema di monitoraggio



## Servizi e soluzioni tecniche

- Supporto alla Progettazione strutturale
- **Installazione del sistema**
- **Manutenzione**
- **Piano di monitoraggio**



# Conclusioni

Il primo sistema passivo brevettato per la protezione sismica ed il monitoraggio di edifici in muratura

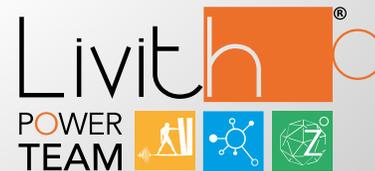




Ing. Fabio Solarino, PhD  
CTO Licord SpA  
[fabio.solarino@licord.it](mailto:fabio.solarino@licord.it)

Ing. Daniele Brigante, PhD  
Coordinatore R&D Licord SpA  
[daniele.brigante@licord.it](mailto:daniele.brigante@licord.it)

[www.licord.it](http://www.licord.it)



**LiCoRD**  
un sistema  
innovativo per la  
protezione  
sismica e il  
monitoraggio