

Bari | 3 OTTOBRE 2019_HOTEL MAJESTY



Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Bari



OIBA
ORDINE DEGLI INGEGNERI
della Provincia di Bari

Valutazione della performance statico- sismica post intervento di organismi edilizi murari esistenti: raffronto quali-quantitativo tra tecniche tradizionali ed il Geniale Cappotto Sismico

[Domenico Colapietro | Ph.D. Ing.](#)

[Andrea Fiore | Ph.D. Ing.](#)

CESIRS ets.

Centro Studi in Ingegneria del Recupero Strutturale



CESIRS ets

Centro Studi in Ingegneria
del Recupero Strutturale

EC



SISM ADVANCED®
BUILDING
TECHNOLOGY

concrete
structural engineering software

Bari | 3 OTTOBRE 2019_HOTEL MAJESTY

Il terremoto rappresenta una delle cause di maggior rischio per il nostro patrimonio storico architettonico, composto da edilizia monumentale e dal semplice costruito prevalentemente in muratura minore di scarsa fattura.

Esiste quindi per i manufatti storici un problema di sicurezza sismica, in altre parole occorre garantire alla struttura una capacità di resistenza confrontabile con quella richiesta alle nuove costruzioni.



CESIRS ets
Centro Studi in Ingegneria
del Recupero Strutturale

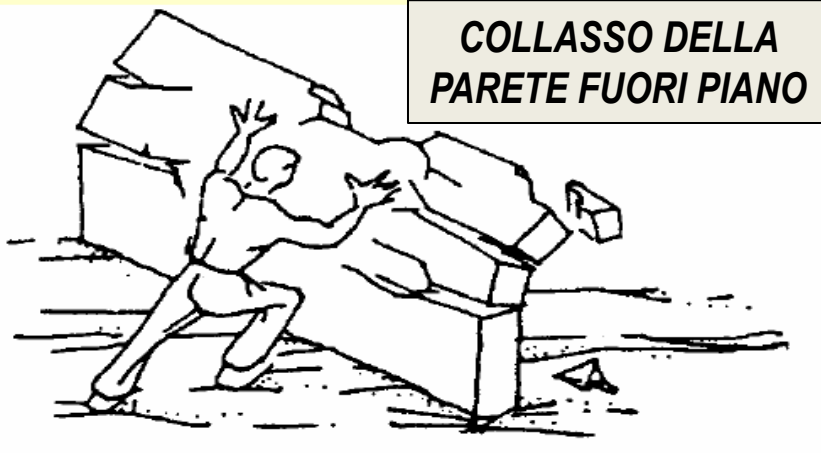


SISM ADVANCED®
BUILDING
TECHNOLOGY

concrete
structural engineering software

Caratteristiche diffuse degli edifici esistenti in muratura presenti sul territorio nazionale

- Scadenti collegamenti tra le murature e tra orizzontamenti e muratura.
- Assenza di un comportamento scatolare → scomposizione in macro-elementi
- Collasso governato dall'attivazione di meccanismi locali

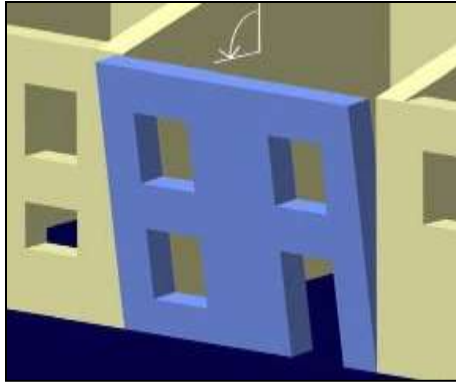


⇐ **Meccanismi di I Modo:** Le forze sismiche agiscono ortogonalmente al piano medio della parete.

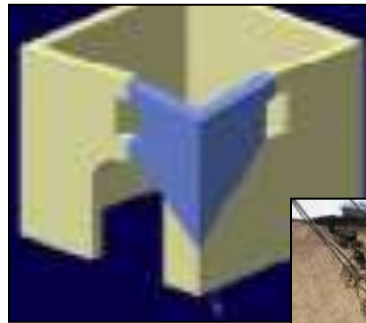
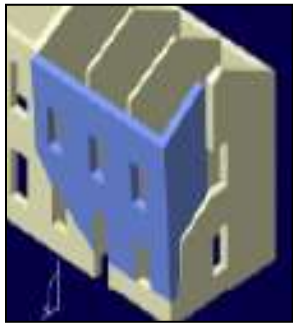


Meccanismi di II Modo: Le forze sismiche agiscono parallelamente al piano medio della parete. ⇒

Bari | 3 OTTOBRE 2019_HOTEL MAJESTY

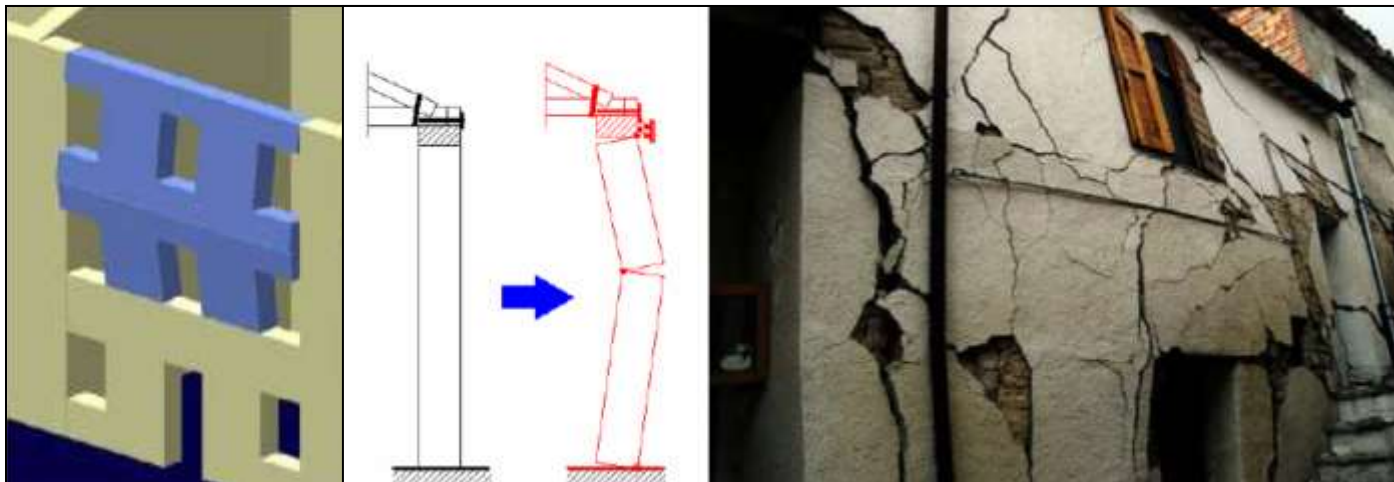


**RIBALTAMENTO
SEMPLICE GLOBALE
o PARZIALE DELLA
PARETE PLURIPIANO**



**RIBALTAMENTO
COMPOSTO**

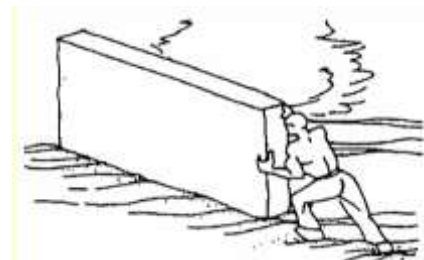
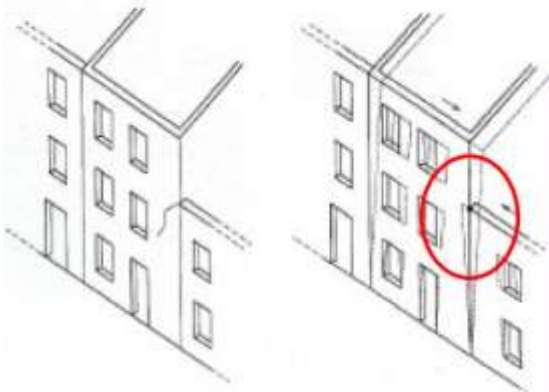




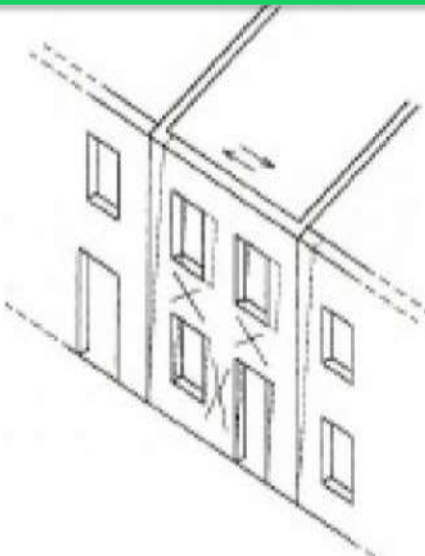
**FLESSIONE
VERTICALE**



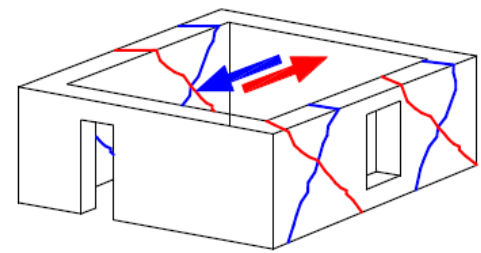
**FLESSIONE
ORIZZONTALE**



LESIONI A TAGLIO
Per discontinuità in altezza e martellamento



LESIONI A TAGLIO
tra aperture su pannelli murari e fasce di piano



L'osservazione dei danni subiti dal patrimonio storico a valle dei grandi eventi sismici degli ultimi anni (Umbria, L'Aquila, Marche,...) ha indotto a ritenere le strutture murarie inadeguate a fronteggiare le sollecitazioni sismiche e migliorabili solo attraverso metodologie del tutto inadeguate alla natura storica dei manufatti con risultati estremamente disastrosi !!!

Solaio di nuova
realizzazione

Cordolo in appoggio
su solo paramento
interno



*Danni su
edificio
consolidato
dopo il
terremoto a
Norcia del
1979 a
seguito del
terremoto di
Umbria-
Marche
1997*

Pertanto, bisogna applicare un approccio quali-quantitativo per la definizione e valutazione di efficacia di interventi di recupero antisismico negli edifici storici, capace di equilibrare i seguenti aspetti:

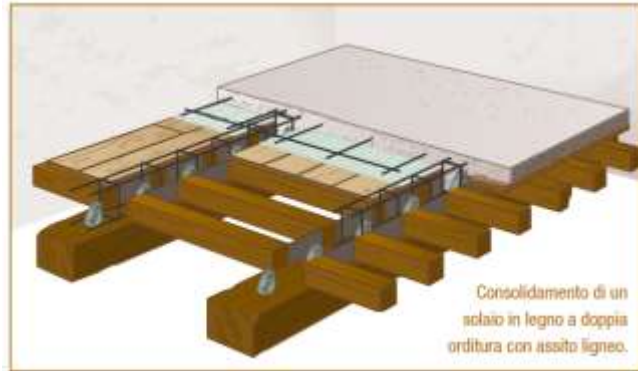


- Conservazione dell'identità storica del manufatto
- Criterio del minimo intervento

- Interventi di recupero definiti sulla base di accurata conoscenza strutturale (mediante campagne di indagini specifiche per i materiali del territorio)
- Sicurezza strutturale alle azioni antropiche e sismiche

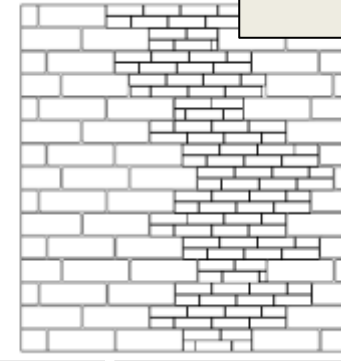
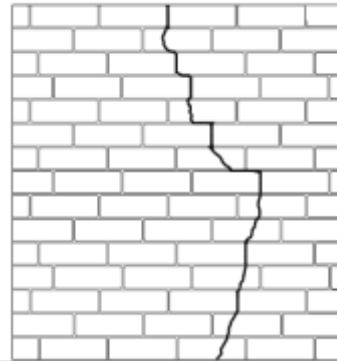
Le Norme Tecniche (§C8.7.4.1 - Circolare C.S.LL.PP. n.7 del 21/01/2019) forniscono i «Criteri per gli interventi di consolidamento degli edifici in muratura» definendo gli interventi che inducono maggiori benefici nei riguardi delle azioni sismiche.

1) La formazione dei diaframmi di piano



Rinforzo solai

2) Le connessioni delle pareti tra loro e ai diaframmi di piano



Cuci-scuci



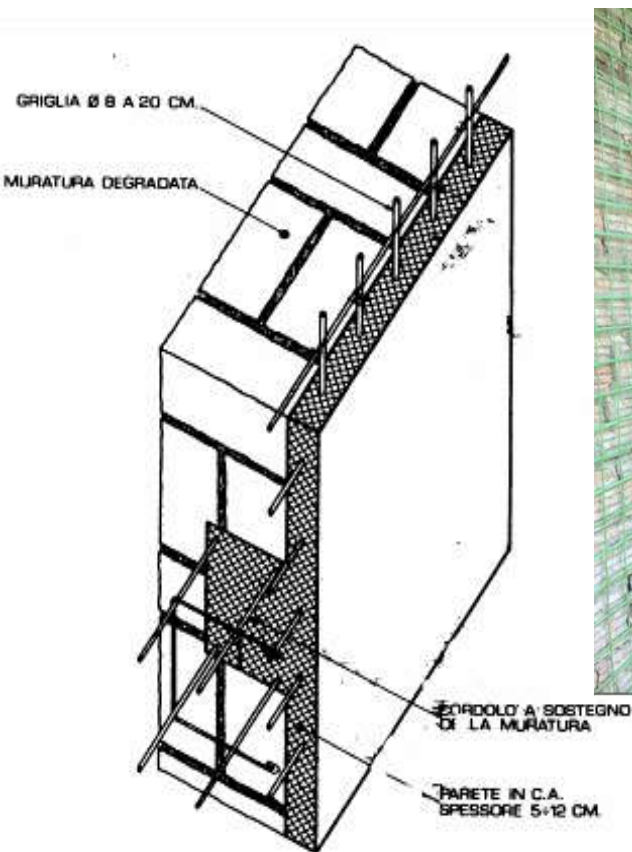
Tiranti/catene



3) I collegamenti nello spessore della parete in presenza di paramenti multipli



4) Incremento della capacità delle pareti



Intonaco armato



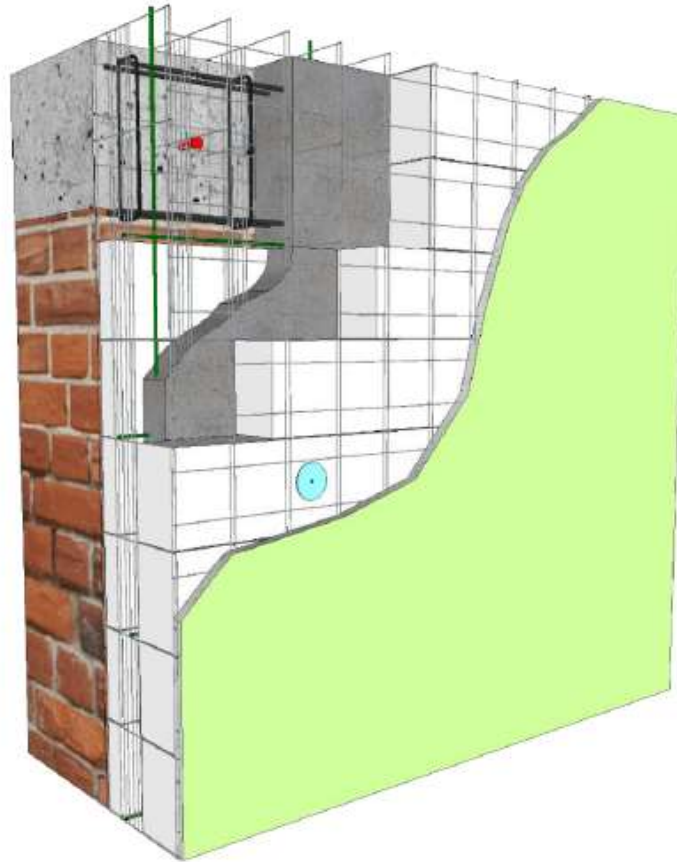
Placcaggio



Iniezioni



4) Incremento della capacità delle pareti



Il «cappotto sismico»

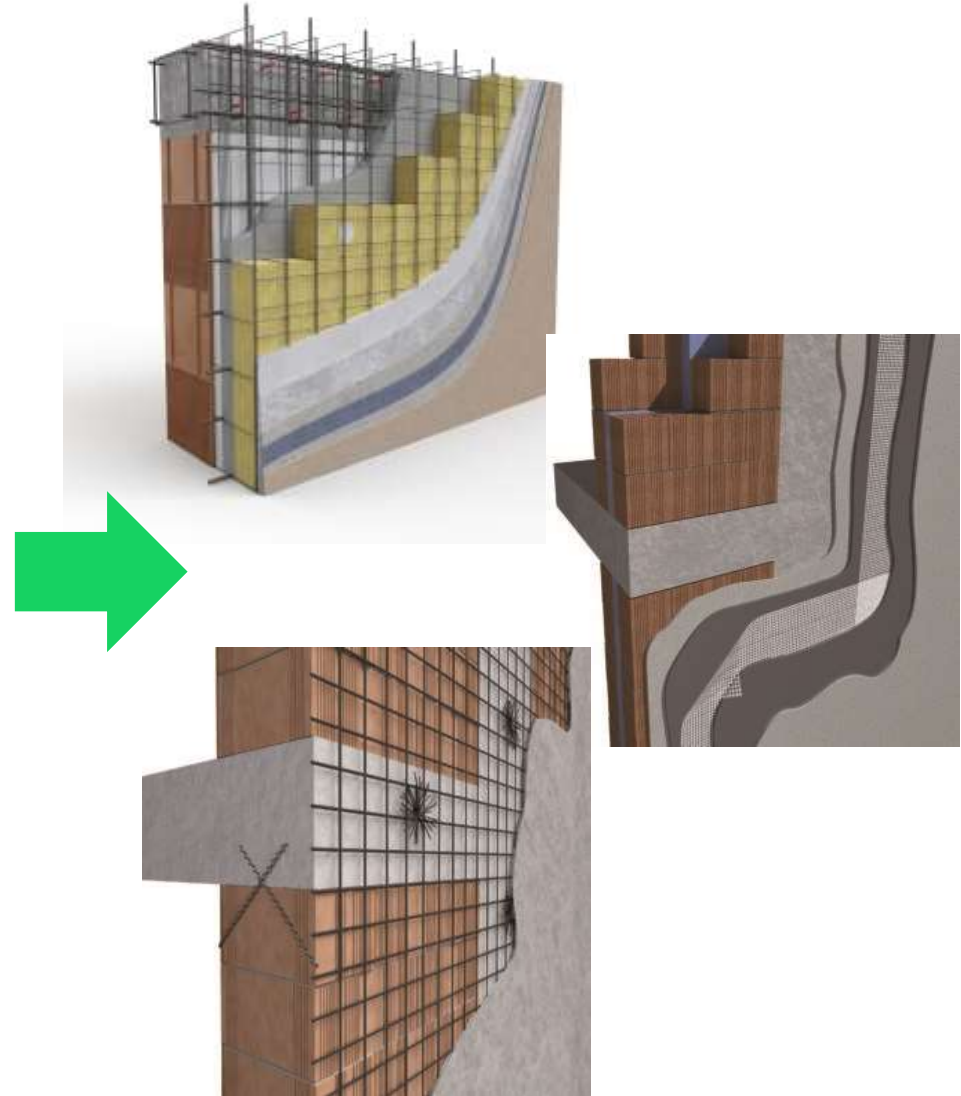
Bari | 3 OTTOBRE 2019_HOTEL MAJESTY

Il presente lavoro di ricerca si propone di raffrontare alcune soluzioni interventistiche volte ad incrementare la capacità delle pareti murarie. La comparazione è condotta in termini di efficacia quantitativa mediante il rapporto capacità/domanda sismica nelle due configurazioni pre- e post-consolidamento :

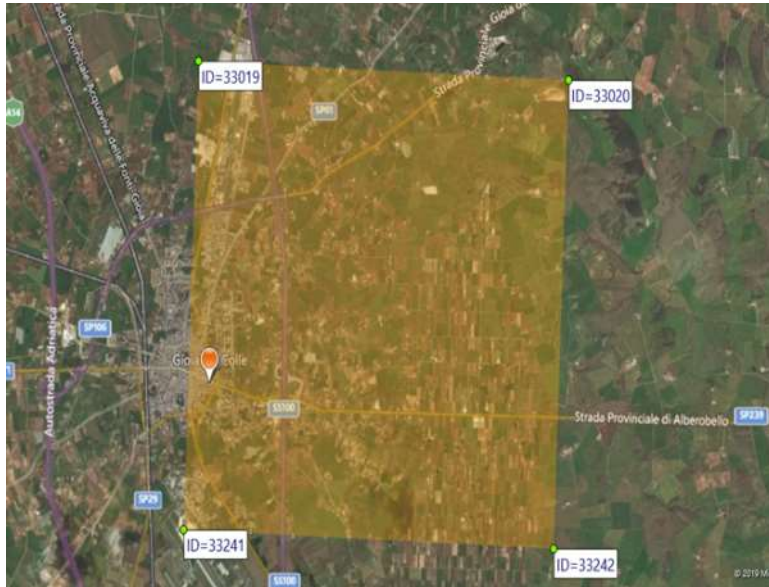
$I_{sv} \text{ cons.} > I_{sv} \text{ precon.}$

da portare in debito conto a parametri qualitativi:

- REVERSIBILITA'
- RIDOTTA INVASIVITA'



Bari | 3 OTTOBRE 2019_HOTEL MAJESTY

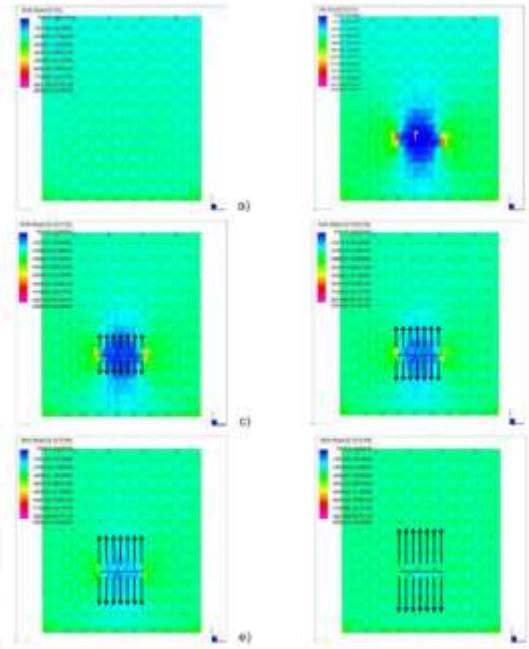


PROGETTO
DI UN ASILO MATERNO



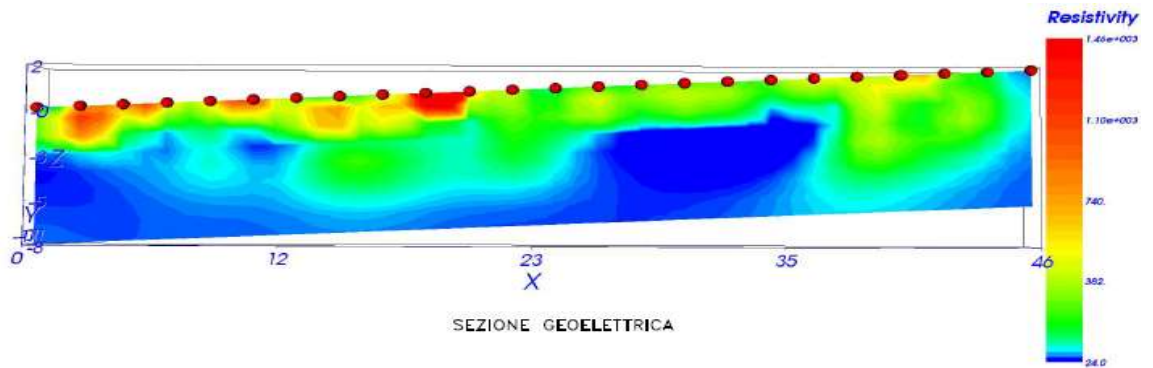
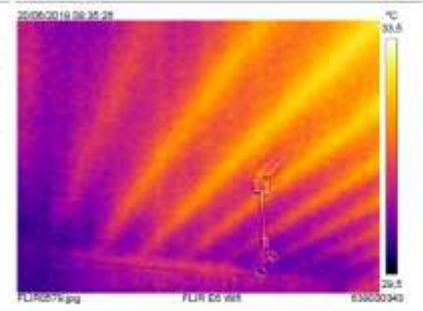
PIANTA DEL SECONDO PIANO

$S_{area} = 1/2 \cdot 9000 \cdot 1500 = 6750000 \text{ cm}^2$
 $S_{area} = 6750000 \text{ cm}^2 = 6750 \text{ m}^2$
 $V_{vol} = S_{area} \cdot h = 6750 \cdot 3000 = 20250000 \text{ cm}^3$
 $V_{vol} = 20250000 \text{ cm}^3 = 20250 \text{ m}^3$
 $M_p = \frac{1}{2} \cdot 9000 \cdot 1500 \cdot 105 = 708750000 \text{ cm}^3$
 $M_p = 708750000 \text{ cm}^3 = 708750 \text{ m}^3$
 $A_{col} = \frac{1}{2} \cdot \frac{300000}{50} = 3000 \text{ cm}^2$
 $A_{col} = 3000 \text{ cm}^2 = 3 \text{ m}^2$
 $A_{col} = 3 \text{ m}^2 \cdot 10 = 30 \text{ m}^2$
 $I = M_p \cdot 4500 \text{ Stiffle} \cdot 2 \cdot 10 = 2835000000 \text{ cm}^4$
 $I = 2835000000 \text{ cm}^4 = 2835000 \text{ m}^4$



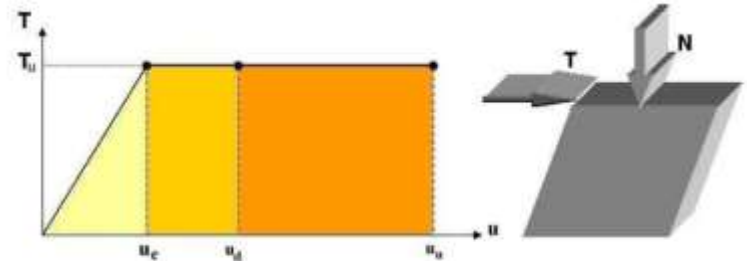
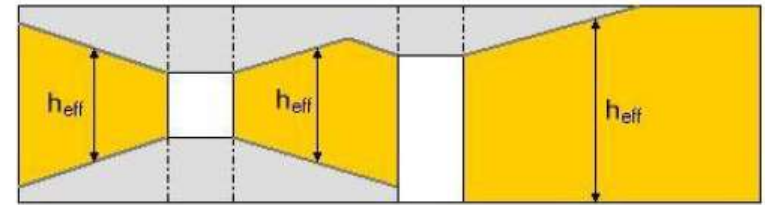
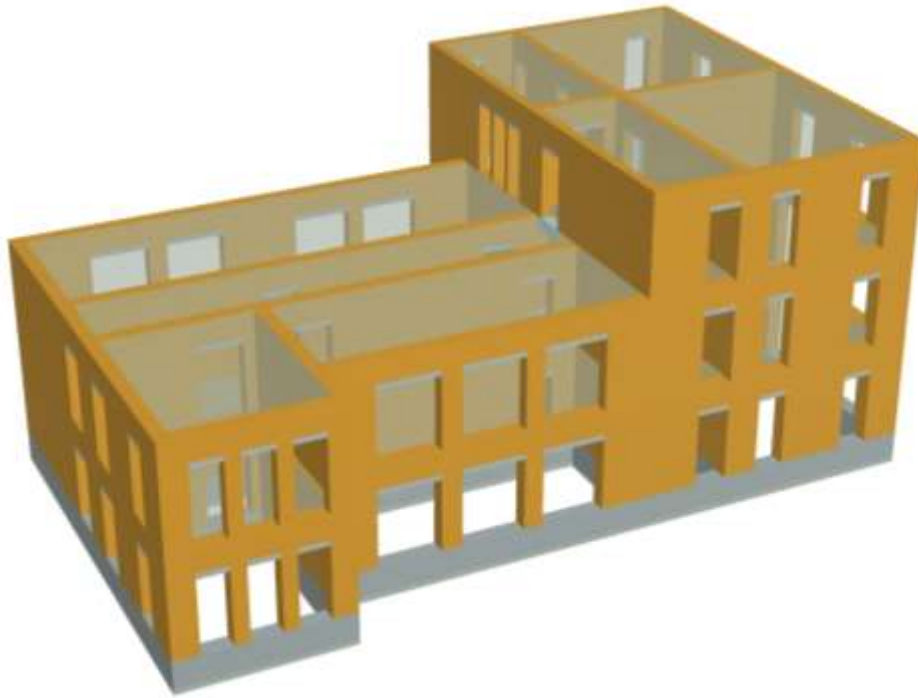
Parametri:

Densità	0.95
Temp. int.	20 °C
Distanza	3 m.
Temp. ambiente	20 °C
Temp. ottiche est.	20 °C
Trasm. ottiche est.	1
Umidità relativa	20 %



Bari | 3 OTTOBRE 2019_HOTEL MAJESTY

Al completamento di una approfondita indagine diagnostico conoscitivo, tale da conseguire un livello di conoscenza LC2, si è giunti alla formulazione di un modello matematico di valutazione a macro elementi del tipo shear-type:



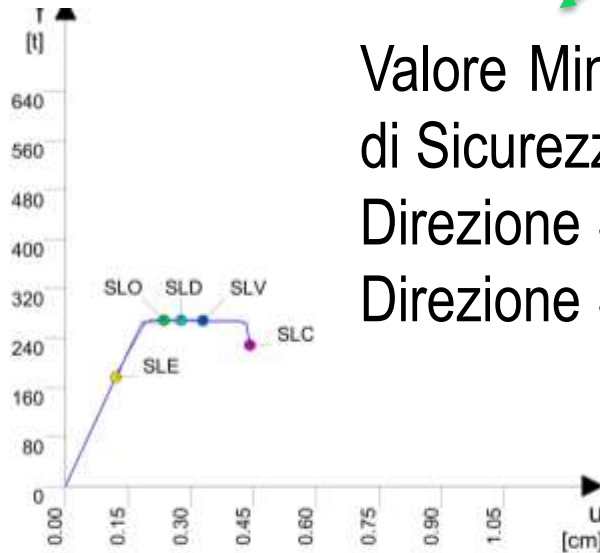
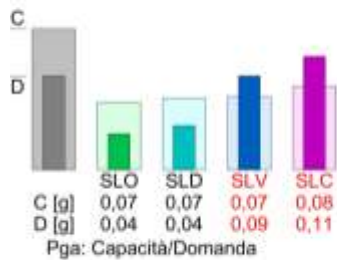
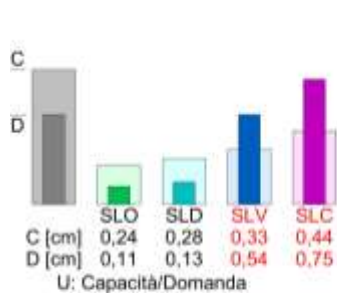
u_e = Spostamento al limite elastico
 u_d = Spostamento al limite di danno
 u_u = Spostamento al limite ultimo

Bari | 3 OTTOBRE 2019_HOTEL MAJESTY

Eseguendo una analisi statica non lineare nello stato pre-consolidato, per ciascuna delle due combinazioni, sancite per legge, si ha globalmente il conseguimento di tale risultato:

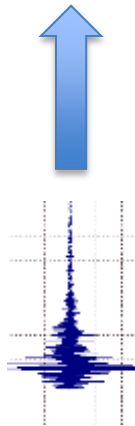
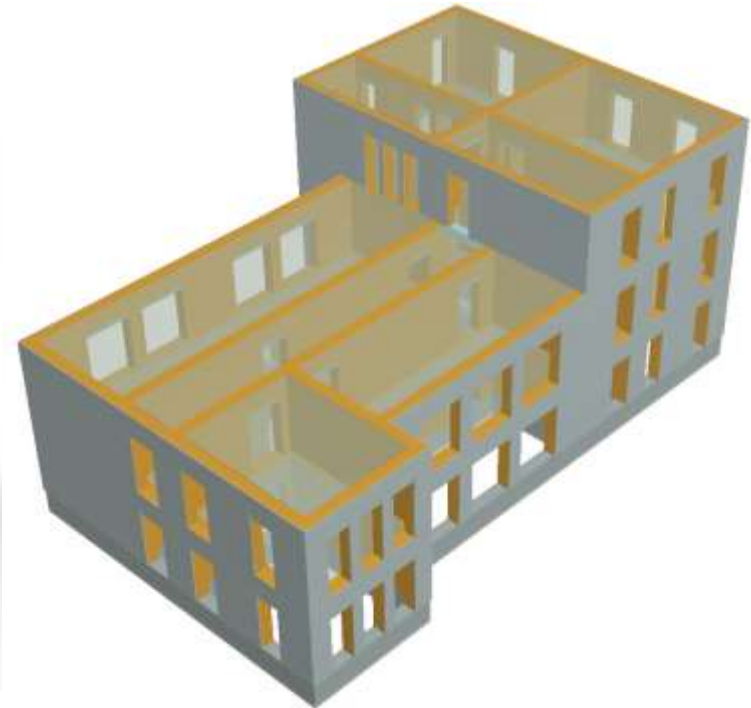
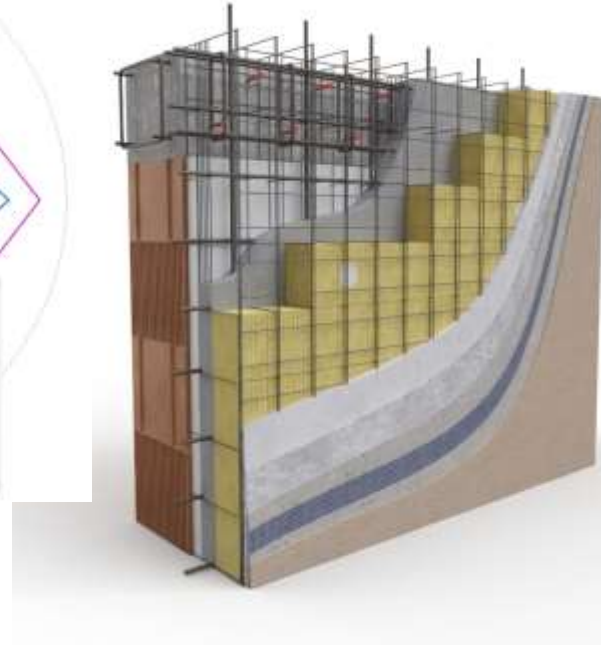
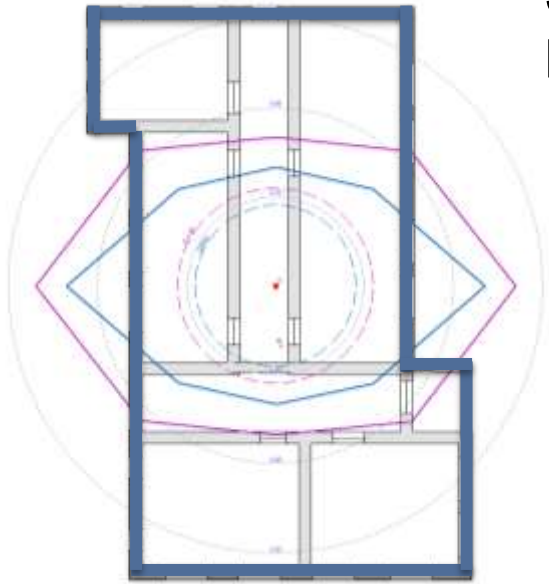
Quadro delle verifiche: sicurezza sismica

Nome verifica	SL	F.struttura	F.sicurezza	PgaC g	PgaD g	TrC anni	TrD anni	Esito
Pushover al limite di operatività	SLO	0,60	1,874	0,066	0,035	240	45	si
Pushover al limite di danno	SLD	0,74	1,620	0,070	0,043	288	75	si
Pushover al limite di s.vita	SLV	1,60	0,780	0,071	0,091	315	712	no
Pushover al limite di collasso	SLC	1,92	0,739	0,081	0,110	475	1462	no



Valore Minimo del Fattore di Sicurezza Sismico
 Direzione Sisma: 270°
 Direzione Sisma: 90°

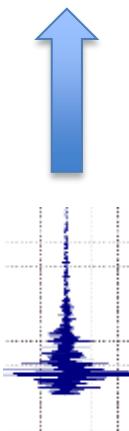
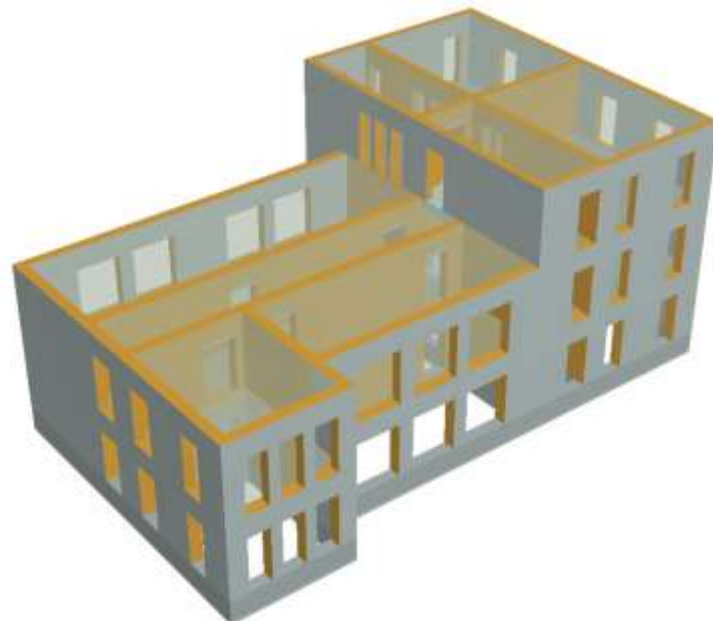
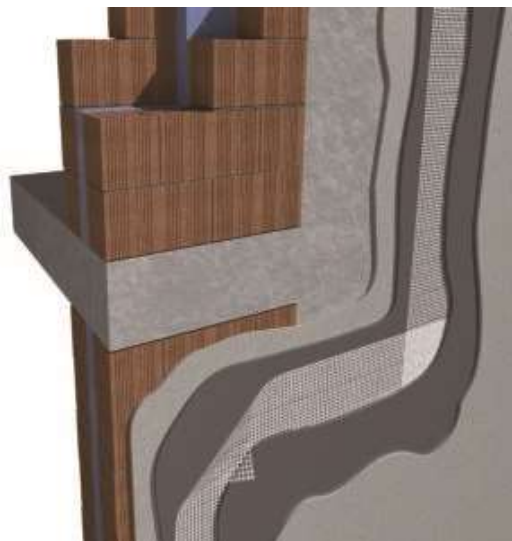
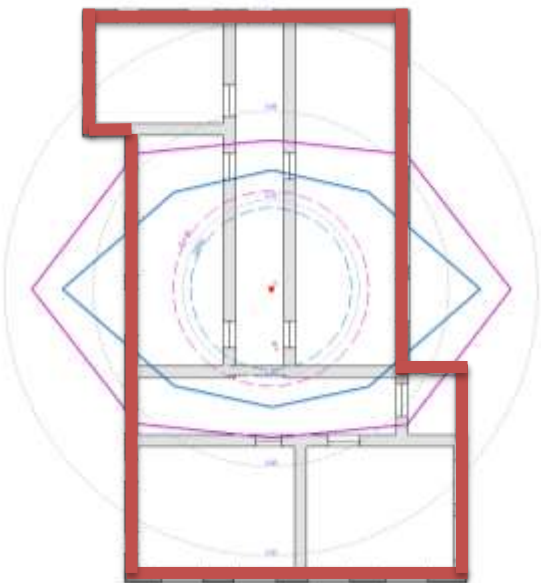
SOLUZIONE INNOVATIVA: CAPPOTTO SISMICO ECOSISM



Quadro delle verifiche: sicurezza sismica

Nome verifica	SL	F.struttura	F.sicurezza	PgaC g	PgaD g	TrC anni	TrD anni	Esito
Pushover al limite di operatività	SLO	0,37	2,913	0,102	0,035	1086	45	si
Pushover al limite di danno	SLD	0,45	2,464	0,106	0,043	1196	75	si
Pushover al limite di s.vita	SLV	1,39	0,919	0,084	0,091	530	712	no
Pushover al limite di collasso	SLC	1,17	1,007	0,111	0,110	1437	1462	si

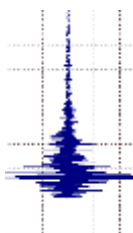
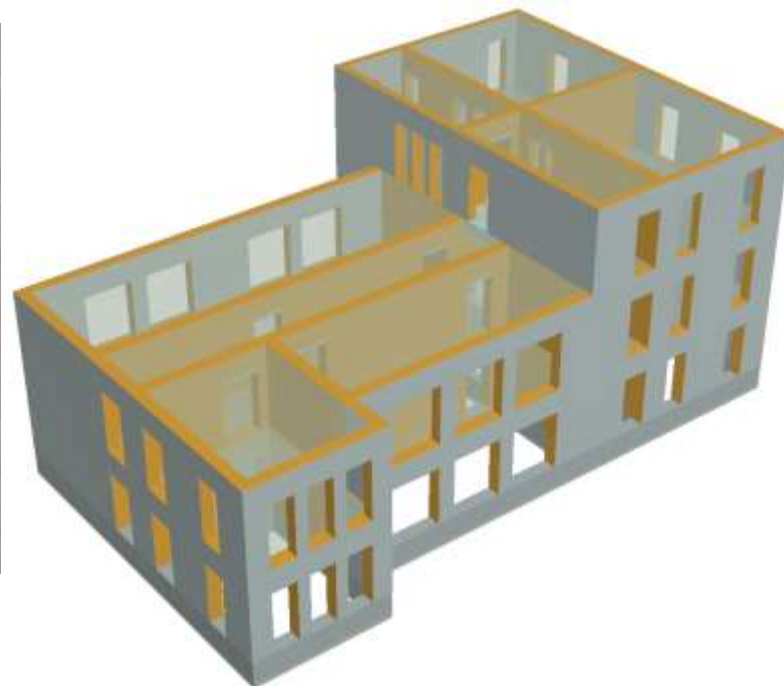
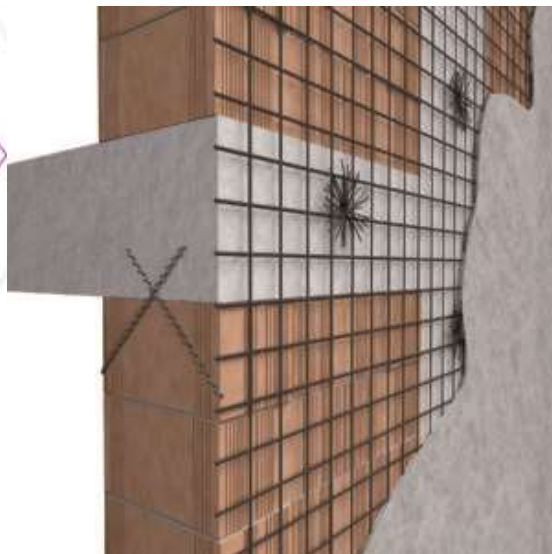
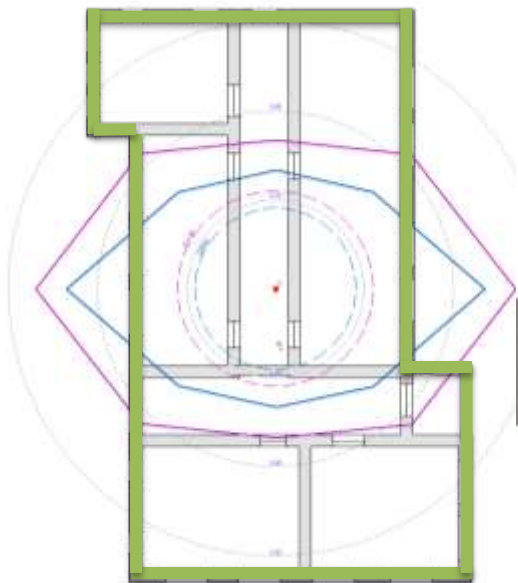
SOLUZIONE FRCM: RETI-TESSUTI IN FIBRA DI BASALTO (400 g/m²) + malte a base di CALCE



Quadro delle verifiche: sicurezza sismica

Nome verifica	SL	F.struttura	F.sicurezza	PgaC g	PgaD g	TrC anni	TrD anni	Esito
Pushover al limite di operatività	SLO	0,39	2,759	0,097	0,035	891	45	si
Pushover al limite di danno	SLD	0,48	2,339	0,101	0,043	1030	75	si
Pushover al limite di s.vita	SLV	1,48	0,884	0,080	0,091	461	712	no
Pushover al limite di collasso	SLC	1,24	0,944	0,104	0,110	1114	1462	no

SOLUZIONE CRM: RETI IN CFRP (350 g/m²) + malta a base di calce



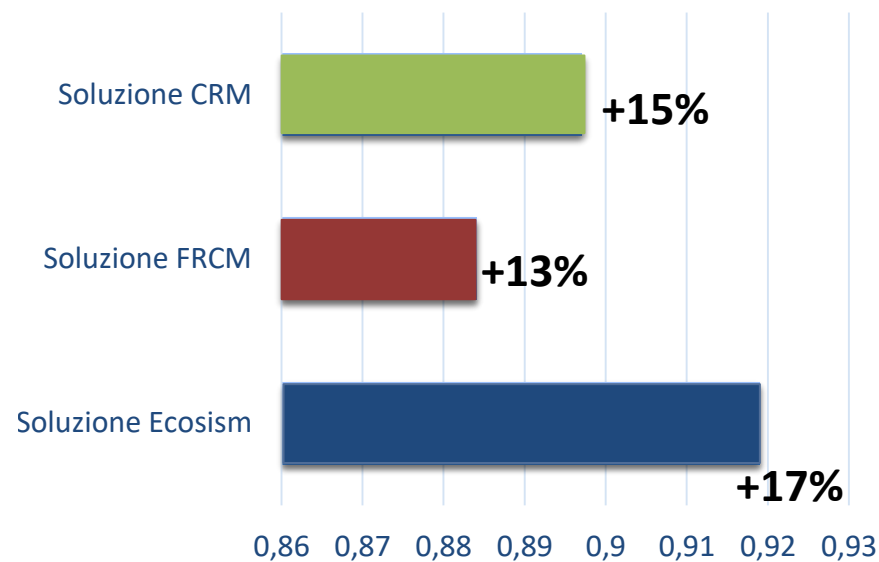
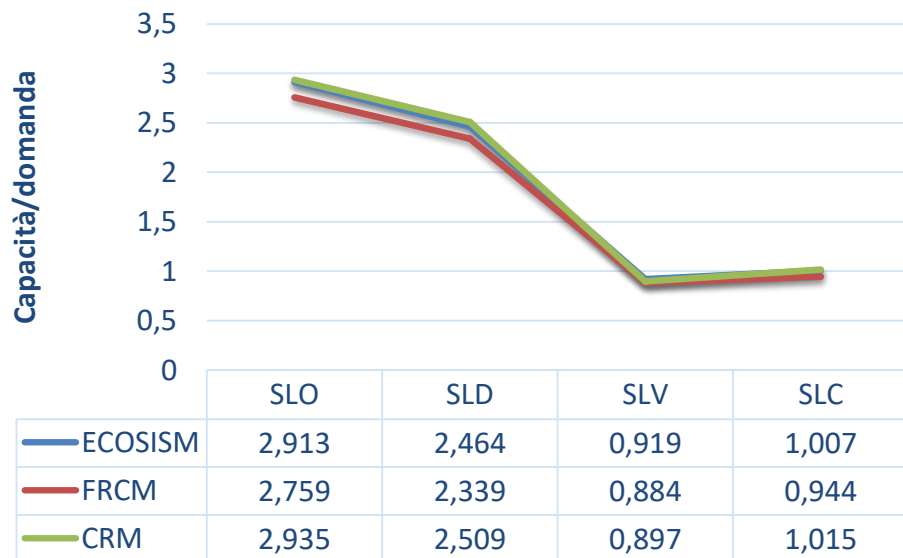
Quadro delle verifiche: sicurezza sismica

Nome verifica	SL	F.struttura	F.sicurezza	PgaC g	PgaD g	TrC anni	TrD anni	Esito
Pushover al limite di operatività	SLO	0,36	2,935	0,103	0,035	1075	45	si
Pushover al limite di danno	SLD	0,44	2,509	0,108	0,043	1287	75	si
Pushover al limite di s.vita	SLV	1,44	0,897	0,082	0,091	475	712	no
Pushover al limite di collasso	SLC	1,14	1,015	0,112	0,110	1491	1462	si

Bari | 3 OTTOBRE 2019 HOTEL MAJESTY

Raffrontando le soluzioni di intervento prescelte, entrambe inducono un miglioramento delle condizioni sismiche del manufatto:

- incrementi superiori al 10%
- gradienti di scarto < 4%



Data la stabilità del dato nell'efficacia di intervento, la scelta della soluzione di consolidamento non potrà che avvenire mediante una mera valutazione qualitativa.

VALUTAZIONE QUALITATIVA



Economica



Tecnologica



Bari | 3 OTTOBRE 2019_HOTEL MAJESTY

«Ogni edificio storico, quale registro delle sue stesse variazioni – sia quelle immediatamente visibili sia quelle rilevabili strumentalmente – richiede più di qualunque altro un'attenzione alla sua conservazione; è difatti il registro dei segni dell'uomo, del suo lavoro e delle sue manipolazioni in parte ingegnose; infine è il repertorio delle trasformazioni ambientali, interferendo e talora alterando in maniera consistente la sua composizione, poiché l'ha posto a confronto con il progetto che c'era all'origine...»

Giuffré A. (1993),

Sicurezza e conservazione dei centri storici: Il caso di Ortigia

