



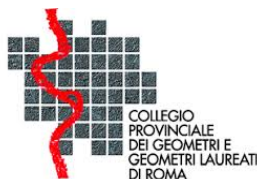
CEPI ENGINEERING
FORMAZIONE CONSULENZA INGEGNERIA

SEMINARIO SULLE STRUTTURE (esistenti) IN MURATURA SECONDO LE NTC 2018 VERIFICHE E INTERVENTI DI RECUPERO

Con la sponsorizzazione e il contributo incondizionato di:



Con il Patrocinio dei seguenti Enti:





PROGRAMMA LAVORI

Ore 9.30 – 10.45

LE STRUTTURE IN MURATURA SECONDO LE NUOVE NTC 2018 - GLI EDIFICI IN MURATURA

Ore 10.45 – 11.00

Pausa

Ore 11.00 – 12.00

LA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI TRAMITE LE PROVE DI LABORATORIO

Ore 12.00 – 13.00

PROGETTAZIONE INTERVENTI LOCALI E CINEMATISMO DELLE MURATURE

Ore 12.00 – 13.00

Lunch

Ore 14.00 – 14.30

CASI E DESEMPI DI INTERVENTO LOCALE

Ore 14.30 – 15.45

MODELLAZIONE E ANALISI COMPUTERIZZATA

Ore 15.45 – 16.45

CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE L'IMPIEGO DI MATERIALI COMPOSITI FRCC e SRG

Ore 16.45 – 17.00

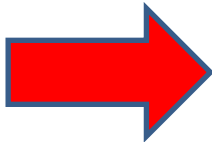
Pausa

Ore 17.00 – 18.00

LA SICUREZZA IN CANTIERE

Ore 18.00 – 18.30

Confronto, Dibattito e Chiusura Lavori





CEPI ENGINEERING
FORMAZIONE CONSULENZA INGEGNERIA



Associazione Italiana ed Internazionale
per la Sicurezza sui Luoghi di Lavoro

ESEMPI/CASI DI STUDIO

STRUTTURE (esistenti) IN MURATURA SECONDO LE NTC 2018

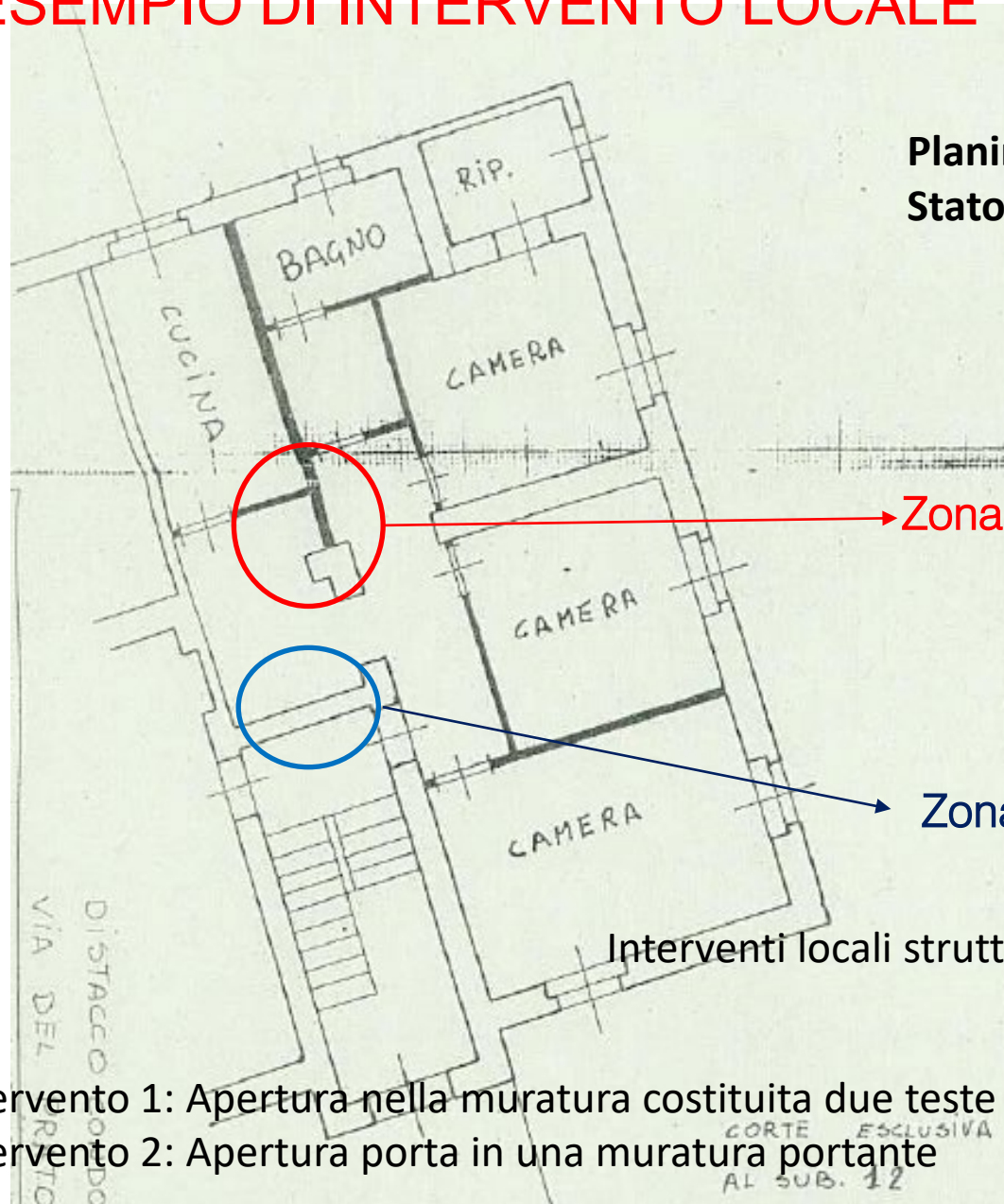
Ing. Renato Rosati
Ing. Fabio Petrongolo

Roma , 09 Ottobre 2020

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Lavori di ristrutturazione
Immobilie con sua
Divisione in due
unità immobiliari
più piccole :

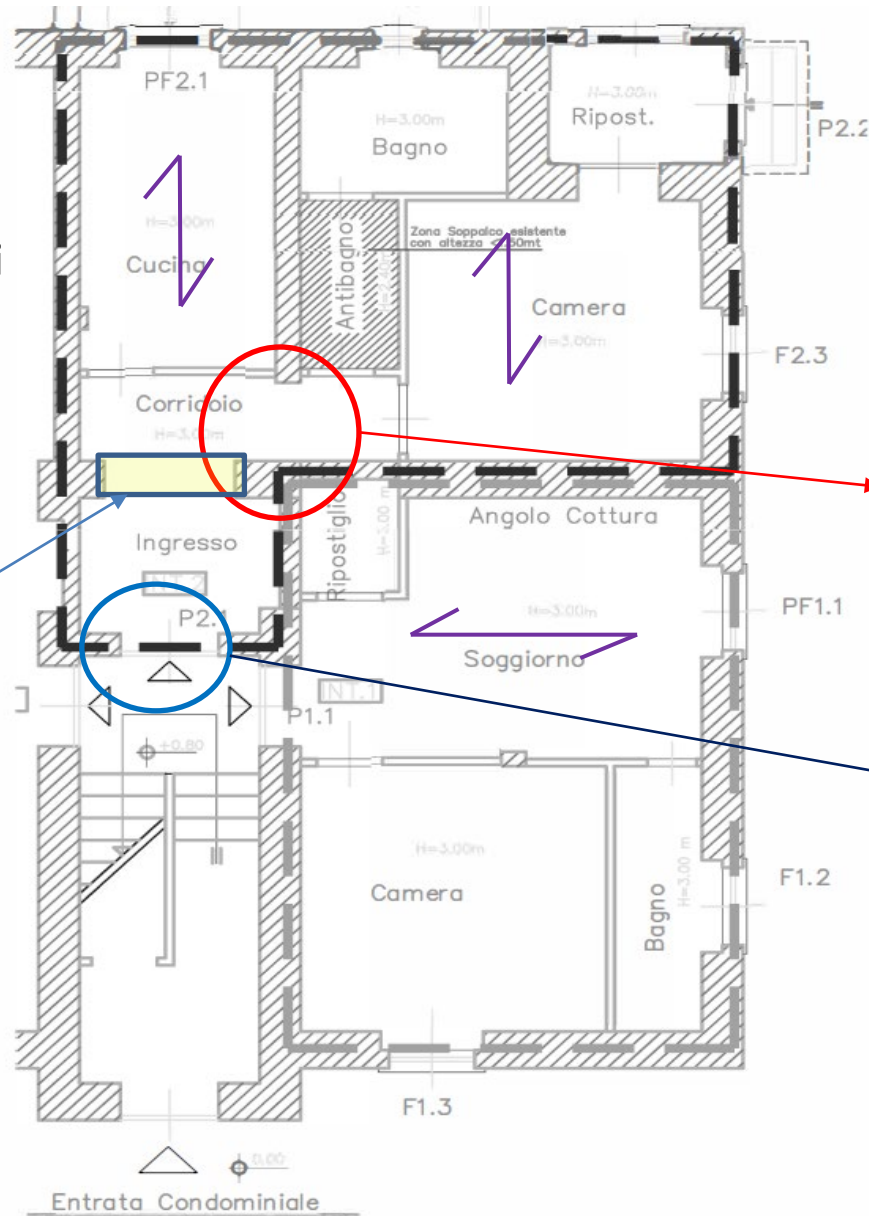
- Piano Terra
- Edificio di 3 piani;
- Classificazione Zona Sismica : 2B



Interventi locali strutturali da eseguirsi :

- Tipologia di Intervento 1: Apertura nella muratura costituita due teste
- Tipologia di Intervento 2: Apertura porta in una muratura portante

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE



Pianta Ante Opera

Interventi locali strutturali da eseguirsi :

Zona di Intervento 1
Apertura Vano Porta Interna

Zona di Intervento 2
Apertura Vano Porta Ingresso Appartamento

Divisione Appartamento In due unità immobiliari

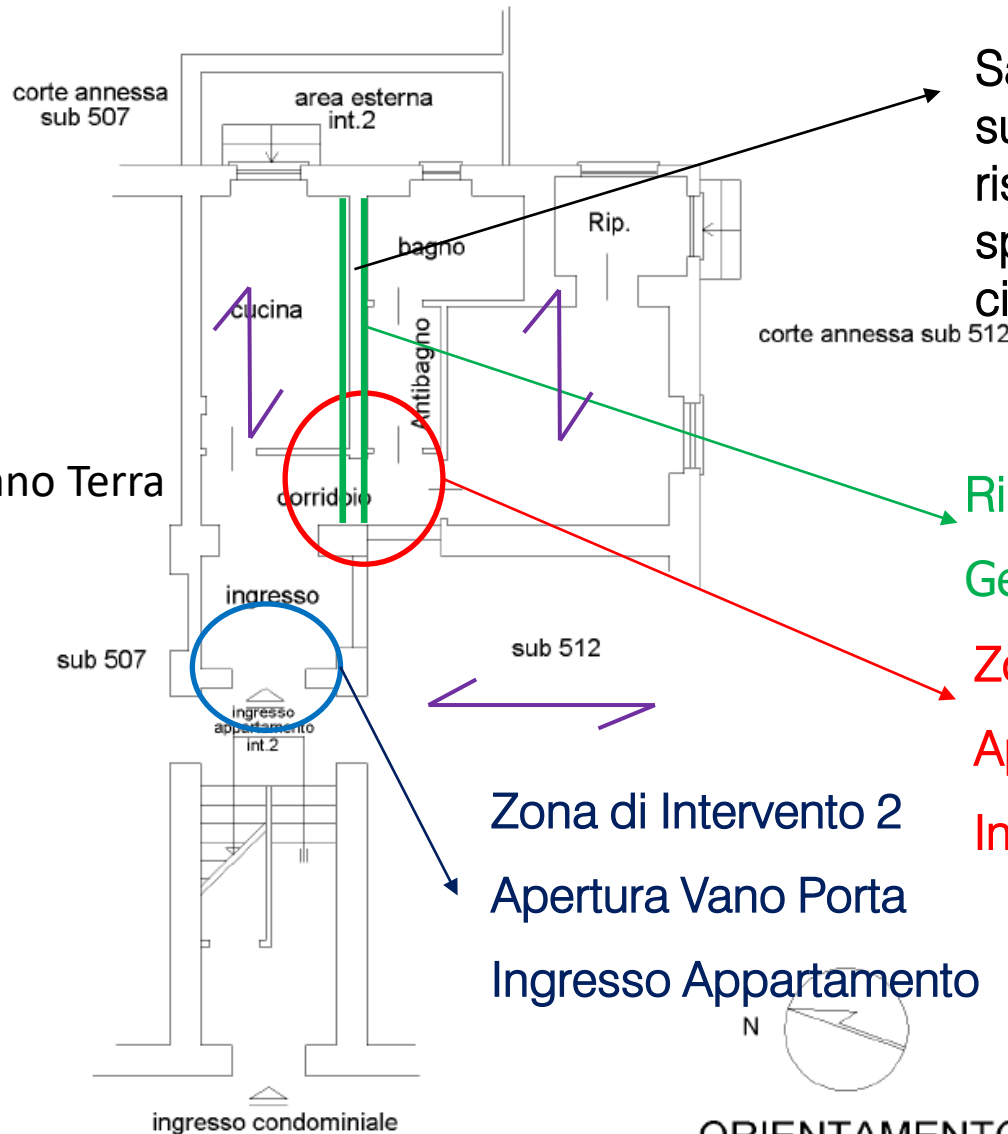
- Piano Terra
- Edificio di 3 piani;
- Classificazione Zona Sismica : 2B

Architrave Esistente in c.a.

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Pianta Post Operam Accatastamento Interno 2

- Zona intervento Piano Terra su 3 piani;
- Classificazione Zona Sismica : 2B



Saggio preventivo sulla parete è risultata portante spessore 45 cm circa

Rinforzo parete con GeoSteel FRCM 400

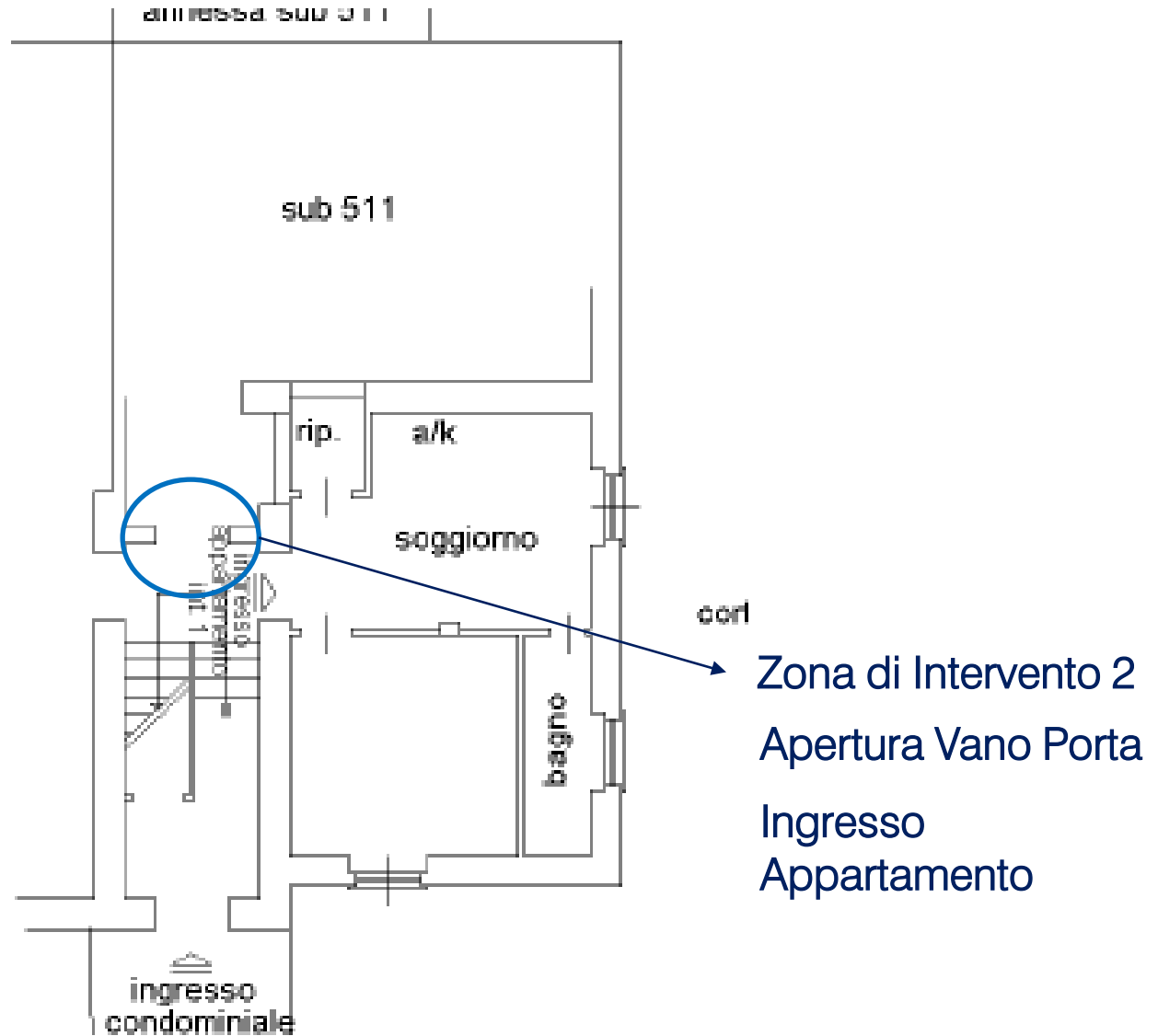
Zona di Intervento 1
Apertura Vano Porta Interna

Zona di Intervento 2
Apertura Vano Porta
Ingresso Appartamento

ORIENTAMENTO

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Pianta Post Operam
Accatastamento
Interno 1



ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA DA ESEGUIRSI

L'intervento GLOBALE consiste nel realizzare di **n.2** vani nella muratura esistente di un edificio in muratura in Loc. Roma

A) L'intervento nella **ZONA 1** prevede l'apertura di circa 1.00 mt della muratura esistente di **spessore 45 cm** con l'inserimento di una cerchiatura completa in **acciaio/cemento armato** ai fini del ripristino **della rigidità laterale** il più possibile simile alla situazione pre-intervento ed il controllo della resistenza e della capacità di spostamento post che devono essere non minori della situazione pre-intervento.

Nello specifico si provvederà ad inserire una cerchiatura costituita da due profili accoppiati HEA120 come piedritti e architrave. I profili saranno accoppiati tramite delle barre filettate M12 poste ad interessa circa 30 cm. I piedritti HEA 120 posti ai lati della nuova apertura sono ancorati a terra su una trave in c.a. tramite 8 ancoranti M12 con fascetta espandente.

Inoltre, l'intervento prevede l'applicazione di un rinforzo della muratura esistente tramite sistema GeoSteel FRCM 400 con GeoCalce F Antisismico della KeraKoll su tutta la muratura restante su entrambe le facce.

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

B) L'intervento nella **ZONA 2** prevede l'apertura di circa 1.00 mt della muratura esistente avente uno **spessore 30 cm** con l'inserimento di una cerchiatura completa in **acciaio/cemento armato** ai fini del ripristino **della rigidità laterale** il più possibile simile alla situazione pre-intervento ed il controllo della resistenza e della capacità di spostamento post che devono essere non minori della situazione pre-intervento.

Nello specifico si provvederà ad inserire una cerchiatura mista acciaio/c.a. costituita da piedritti e architrave profili HEB 200 e una trave in cemento armato alla base dell'apertura. I profili HEB della nuova apertura sono ancorati a terra terra tramite 8 ancoranti M12 con fascetta espandente e relativi accessori.

Non è previsto un rinforzo della muratura esistente.

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

- ❖ **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 Suppl. Ord.) - "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*" (NTC 18).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- ❖ **Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP** (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 - Suppl. Ord.) - "*Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*".
- ❖ **Giunta Regione Toscana - Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica 28/09/2009** - "*Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione di edifici esistenti*".



ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Analisi Storica critica

A seguito di una ricerca la proprietà e presso l'ufficio tecnico comunale nonché la prefettura è stato possibile recuperare alcune rilevanti informazioni circa il progetto degli elementi strutturali, in particolare le specifiche dei materiali impiegati nella realizzazione dell'opera. Queste informazioni unite a quelle ricavate da un'intervista alla proprietà consentono di avere un preciso quadro storico della struttura.



Recupero del Titolo Urbanistico 



Rep. XV Mod. B

  **RIPARTIZIONE XV**
URBANISTICA E EDILIZIA PRIVATA
Servizi Amministrativi

ep. **COMUNE DI ROMA**







IL SINDACO

Vista la domanda avanzata dal Sigg. 
e 


registrata al protocollo di questa Amministrazione (Ripartiz. XV. Urbanistica ed Edilizia Privata) con il N°  del  dicembre 1958

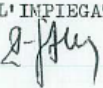
Visto l'art. 52 N° 15 Testo Unico della legge Comunale e Provinciale approvato con Regio Decreto 3 marzo 1934 N° 383,

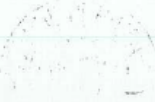
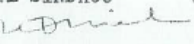
CERTIFICA

risultare dagli atti d'Ufficio che i lavori relativi alla costruzione del villino sito in Via 
, autorizzati con licenza di edificazione n.  del  novembre 1947, dichiarato abitabile con licenza n.  del  ottobre 1957, sono stati iniziati nel dicembre 1947 ed ultimati nell'agosto 1948.

A richiesta degli interessati per gli usi consentiti.

Roma, li  MAG. 1959

L'IMPIEGATO


 p.IL SINDACO


ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

ISPEZIONE - COLLAUDO

On.le Prefettura di Roma

D i v i s i o n e I V ^a

Oggetto : Ispezione-collaudo alle opere in cemento armato
del villino sito in Roma [redacted]
proprietà del [redacted]
[redacted]

Il sottoscritto Ingegnere Giovanni B. Coletti, domiciliato
in Roma P.zza Santiago del Cile n. 3, per incarico affidato
gli da codesta On.le Prefettura con lettera n. 14.857 ha
proceduto all'ispezione e collaudo delle opere in oggetto a
norma del D.L. 16/11/39 sul conglomerato cementizio.

La costruzione è stata eseguita in economia dai proprietari
ed i lavori sono stati eseguiti su licenza n. [redacted] prot.
n. [redacted] su licenza [redacted] R prot. n. [redacted] e su
varianti con licenza [redacted] prot. n. [redacted] rilasciata
dal Comune di Roma il [redacted]

Progettista e Direttore dei Lavori è il Dott. Arch. Mario
Gianni.

Tale villino che copre un'area di circa 205 mq. comprende
un piano scantinato di 50 mq. coperto a volte alla romana;
un piano terra composto da tre appartamenti di cui due da
una camera, cucina e bagno e l'altro da due camere e servi-
si semplici; un primo piano formato da tre appartamenti con
posti come per il piano terra ed infine da un piano secondo

Recupero del Collaudo
Statico 

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

che è formato da 4 appartamenti da una camera e servizi.

Le fondazioni sono in c.a. e sono andate rinaspite di muratura a spessore.

La struttura portante è in muratura alla romana con lo spessore di cm. 45 per il I° e II° ordine e di cm. 30 forte da mattoni pieni a due terzi per il III° ordine.

I solai sono portati del tipo l.a.s.f. H = 18 cm. fuori opera e parte con travetti in cemento armato preaccoppiato a laterizi mentre la soletta è tutta in volta alla romana.

Il cemento usato era del tipo "680" e proveniente da negossino.

Fuori da negossino proveniva il ferro di tipo acciaio.

Non ho potuto assistere ad opera di rispetto a parte del sottogioco perché all'epoca della mia prima visita il fabbricato era già ultimato; comunque ho eseguito un'accurata visita alla struttura e non mi è apparsa nessuna parte visibile che potesse far pensare a cattive esecuzioni dell'opera ed anzi tutto la struttura appariva ben eseguita.

Si è pensato così a controllare la progettazione e la corrispondenza delle esecuzioni con i dati di progetto.

Sulla base dei disegni concettuali e dei saggi da me effettuati ho eseguito diverse verifiche di stabilità e sempre risultava che le sollecitazioni massime del ferro e del calcestruzzo non superavano quelle ammesse dalla Legge.

Il sottoscritto ingegnere ha poi svolto la propria indagine attorno al comportamento statico di un solco da la luce di

Descrizione Fondazioni

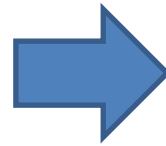
Descrizione della struttura portante dell'edificio.

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Descrizione struttura portante edificio:

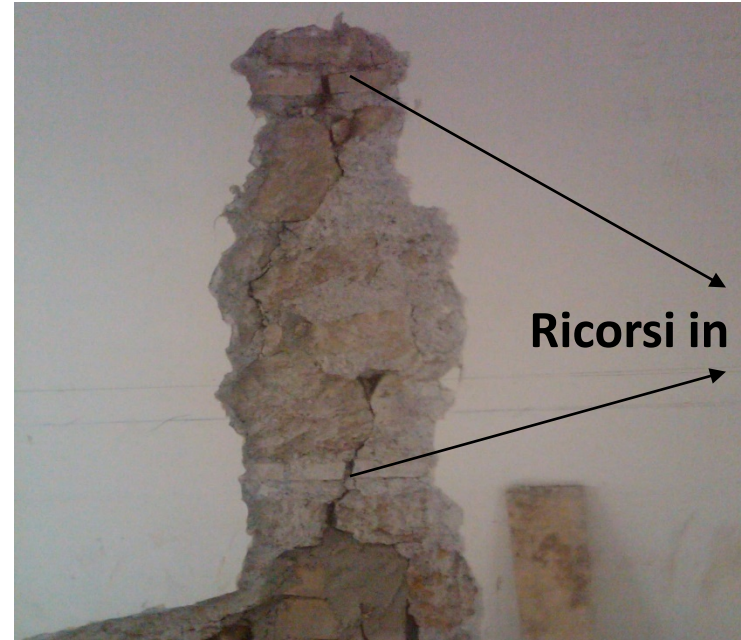
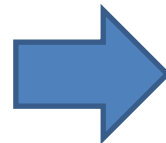
❑ Muratura alla Romana spessore 45 cm I e II Piano;

❑ Saggio preventivo eseguito nella zona intervento 1



❑ Muratura in mattoni piani due teste spessore 30 cm III Piano e alcune partizioni interne;

❑ Saggio preventivo eseguito nella zona intervento 2



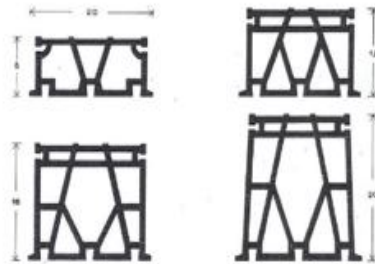
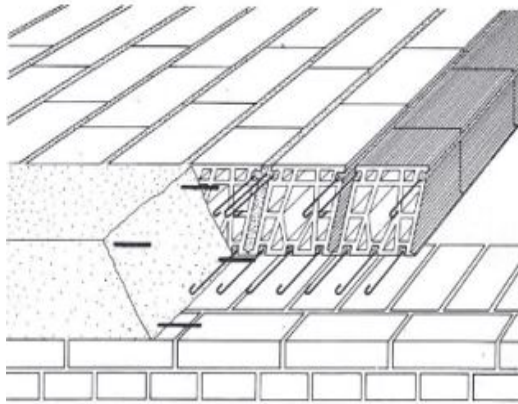
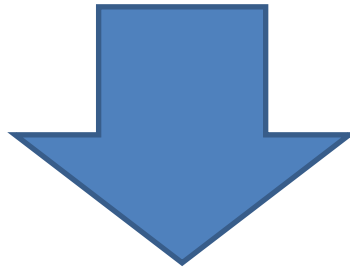
Ricorsi in mattoni



ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Descrizione struttura portante edificio:

- ☐ Solai tipo a S.A.P H 18 cm fuori opera e parte con travetti in cemento armato precompresso e laterizi;



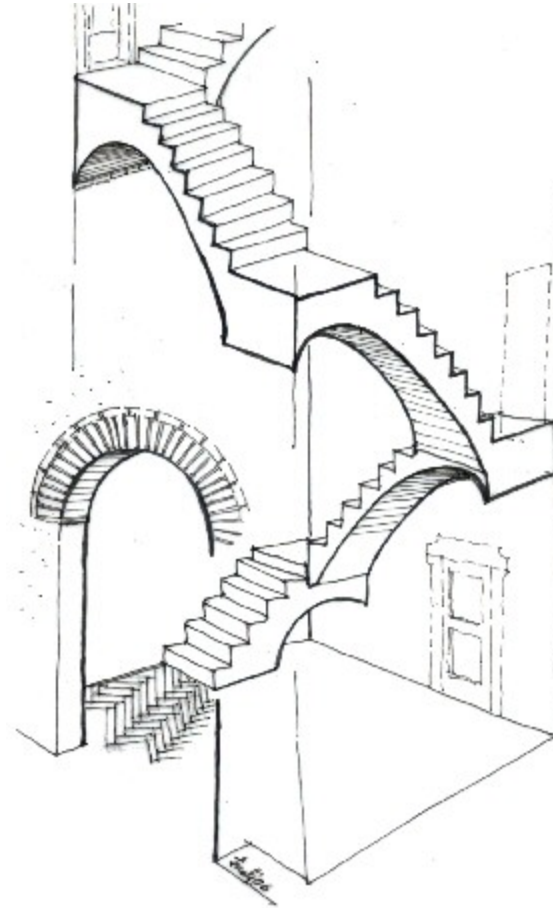
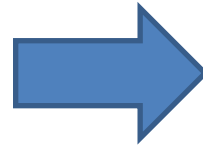
Solaio 1 Piano e 2^a Piano

Solaio di Copertura

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Descrizione struttura portante edificio:

- ❑ Scala a volta alla Romana.



ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

beni di ml. 5,10 e precisamente quello di copertura.
Essendo ormai trascorso il termine regolamentare dell'ultimazione dei getti ed essendo ovunque raggiunto lo giusto stagionatura ho proceduto alla prova di carico del suddetto solaio ai sensi del citato D.L. per rilevarne il comportamento statico e contro lario con quello previsto nel calcolo in modo da poter dedurre un ulteriore giudizio sulla stabilità dell'opera.

PROVA DI CARICO SUL SOLAIO DELLA LICE DI ML. 5,10

Il solaio, completo di pavimento ed intonaco è stato caricato per una larghezza di ml. 1,20 con un sovraccarico di 250 Kg/m². usando sacchi di cemento; tale carico tiene conto del sovraccarico di calcolo e di un incremento per tener conto della collaborazione fra la parte di Solaio caricata e quella non caricata.

Foste in opera un flessimetro tipo "FER" con l'approssimazione di mm. 0,05 si sono avute le seguenti letture:

- sotto carico	mm.	0,35
- dopo 24h di carico	"	0,40
- prima del carico	"	0,00
- alle scarico	"	0,10
e cioè una deformazione massima di	mm.	0,40
una deformazione permanente di	mm.	0,10
ed una deformazione elastica effettiva di mm.		0,30

La freccia teorica calcolata, confrontata con questi risul-

 **PROVA DI CARICO SU SOLAIO**

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

tati, è apparsa maggiore di quella riscontrata.

Tutto ciò premesso e considerando :

- l'apparente buona esecuzione dell'opera,
- l'ottimo risultato della prova di carico,
- la giustezza dei calcoli e dei disegni,

il sottoscritto Ingegnere collaudatore

C E R T I F I C A

che la struttura in cemento armato del villino sito in Roma
via [REDACTED] di proprietà del [REDACTED]
è [REDACTED]

è collaudabile come col presente atto si collauda.

Roma li, 14 febbraio 1957

Ing. GIOVANNI B. COLETTI
Piazza Santiago del Cile, 8 - Tel. 870.139
Via Braccanone, 3 - Tel. 889.956

Ing. Giovanni B. Coletti

PREFETTURA DI ROMA

N. [REDACTED] DM [REDACTED]

Visto: sulla base del rilascio della licenza
d'uso, ai sensi del art. 4 del R.D. 18 Nov. 1939
n° 2309.

Roma, li [REDACTED] IL PREFETTO
[Signature]



**COLLAUDO STATICO
DEPOSITATO IN
PREFETTURA
ANNO 1957**

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Rilievo

In data 20 Maggio 2019 è stato effettuato un primo sopralluogo della struttura nel quale sono state rilevate le principali geometrie del fabbricato, gli ingombri volumetrici, la tipologia strutturale. In data 30 Giugno 2019 è stato effettuato un secondo sopralluogo che ha permesso di definire lo schema statico della struttura, i carichi applicati e da applicare, gli elementi secondari incidenti sul comportamento della struttura, le principali criticità che necessitano di una particolare attenzione E' stato richiesta autorizzazione sismica rilasciata a Agosto 2019 con opere iniziate a Settembre 2019 e completati a metà Febbraio 2020.

Caratterizzazione meccanica dei materiali

In data 16 Gennaio 2017 è stato effettuato un primo sopralluogo della struttura nel quale sono state rilevate le principali geometrie del fabbricato, gli ingombri volumetrici, la tipologia strutturale. In data 24 Gennaio 2017 è stato effettuato un secondo sopralluogo che ha permesso di definire lo schema statico della struttura, i carichi applicati e da applicare, gli elementi secondari incidenti sul comportamento della struttura, le principali criticità che necessitano di una particolare attenzione.

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

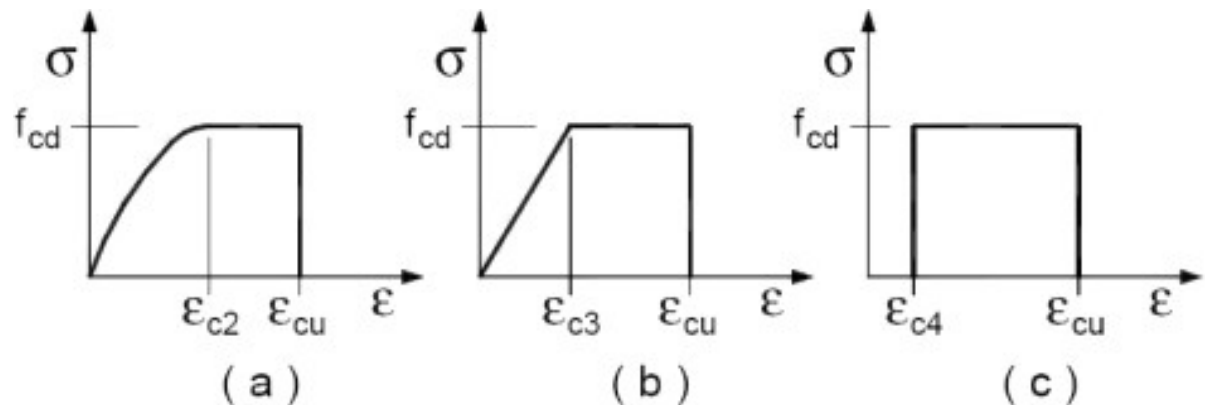
I diagrammi costitutivi degli eventuali elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al § 4.1.2.1.2.1 delle NTC 18; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta è adottato il modello riportato in fig. (a).

I diagrammi costitutivi degli eventuali elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al § 4.1.2.1.2.1 delle NTC 18; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta è adottato il modello riportato in fig. (a).

I valori di deformazione assunti sono:

$$\varepsilon_{c2} = 0,0020$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,0035$$



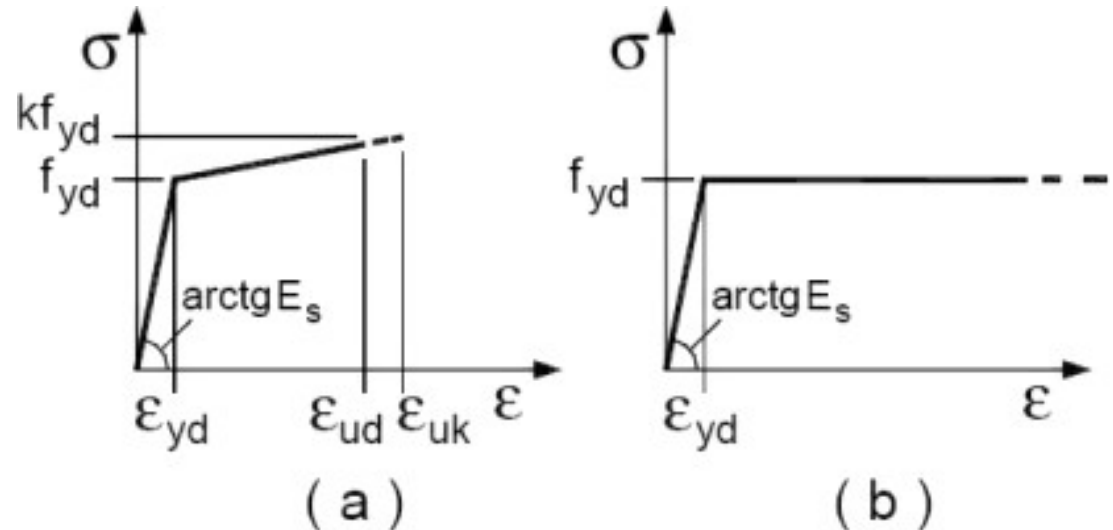
Diagrammi di calcolo
tensione/deformazione del calcestruzzo

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

La resistenza di calcolo f_{cd} è data da $\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$. Il coefficiente di sicurezza γ_c si assume pari a 1,50, mentre il coefficiente α_{cc} è il coefficiente riduttivo per i carichi di lunga durata pari a 0,85.

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al § 4.1.2.1.2.2 delle NTC 18; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b).

La resistenza di calcolo f_{yd} è data da f_{yk} / γ_s . Il coefficiente di sicurezza γ_s si assume pari a 1,15.



Diagrammi di calcolo
tensione/deformazione dell'acciaio

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Il livello di conoscenza raggiunto per la struttura in esame a seguito delle analisi e delle valutazioni fino a qui descritte è stato assunto pari a: LC1 - livello di conoscenza limitato con riferimento a quanto indicato al capitolo C8.5.4 nella Circolare 7 del 21 Gennaio 2019 'Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17 Gennaio 2018'.

Per i calcoli si è considerato un **LIVELLO DI CONOSCENZA LC1**:

Ossia si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e indagini limitate sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, prove limitate sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3;

Il corrispondente **FATTORE DI CONFIDENZA ASSUNTO E' FC=1,35**

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Parametri per gli elementi in muratura

In funzione del livello di conoscenza raggiunto viene considerato un fattore correttivo delle capacità dei materiali in accordo alle prescrizioni del capitolo C8.5.4 nella Circolare 7 del 2019 'Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17 Gennaio 2018'.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei quadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

COMBINAZIONI DI CARICO

Per la valutazione della fattibilità dell'intervento locale in esame secondo le indicazioni del § 8.4.1 del D.M. 2018, si analizza esclusivamente il comportamento della parete per la combinazione di carico sotto effetto del sisma (SLV). Viene, quindi, considerata la seguente combinazione di carico:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i -esima azione variabile;
- ψ_{2i} coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Per la **verifica di resistenza dei rinforzi applicati ai fori** (colonne e architravi), le azioni su questi elementi sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come previsto dalle norme vigenti.

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{K2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{K3} + \dots$$

dove:

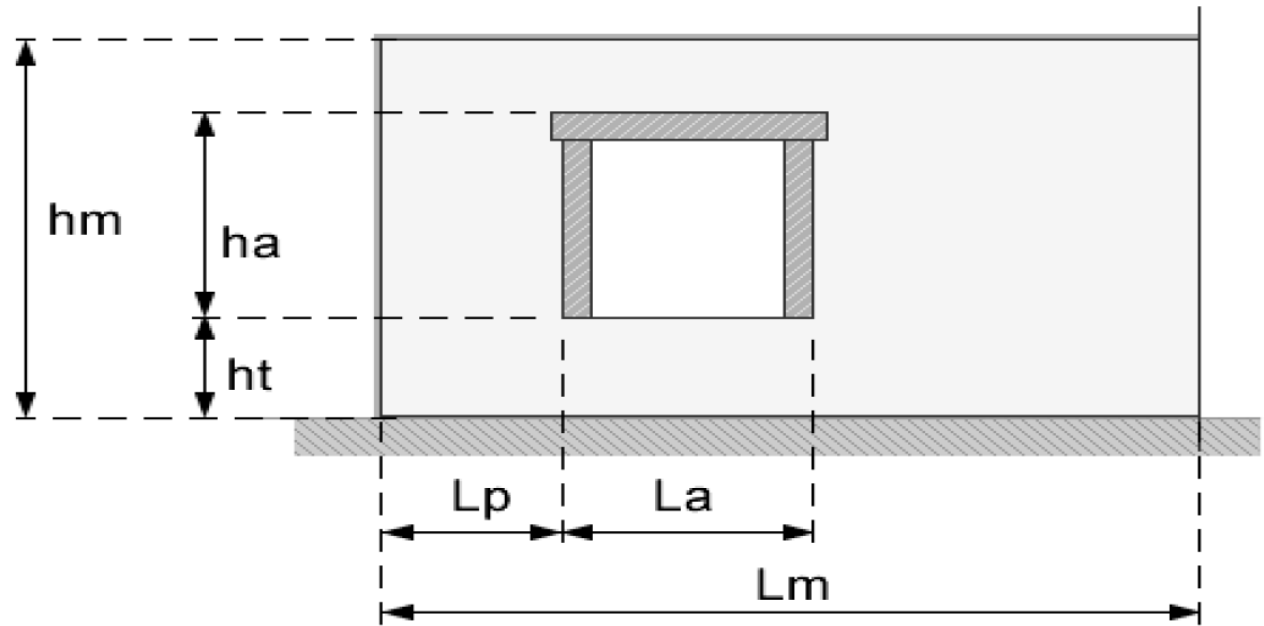
- G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
- Q azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
 - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$ coefficienti parziali come definiti nella Tab. 2.6.I del D.M. 2018;
- ψ_{0i} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo sche

Geometrie

Caratteristiche della Zona di Intervento 1



Parete			Apertura				
h_m	L_m	s_m	L_a	h_a	L_p	h_t	d
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
330	500	45	120	200	380	0	-

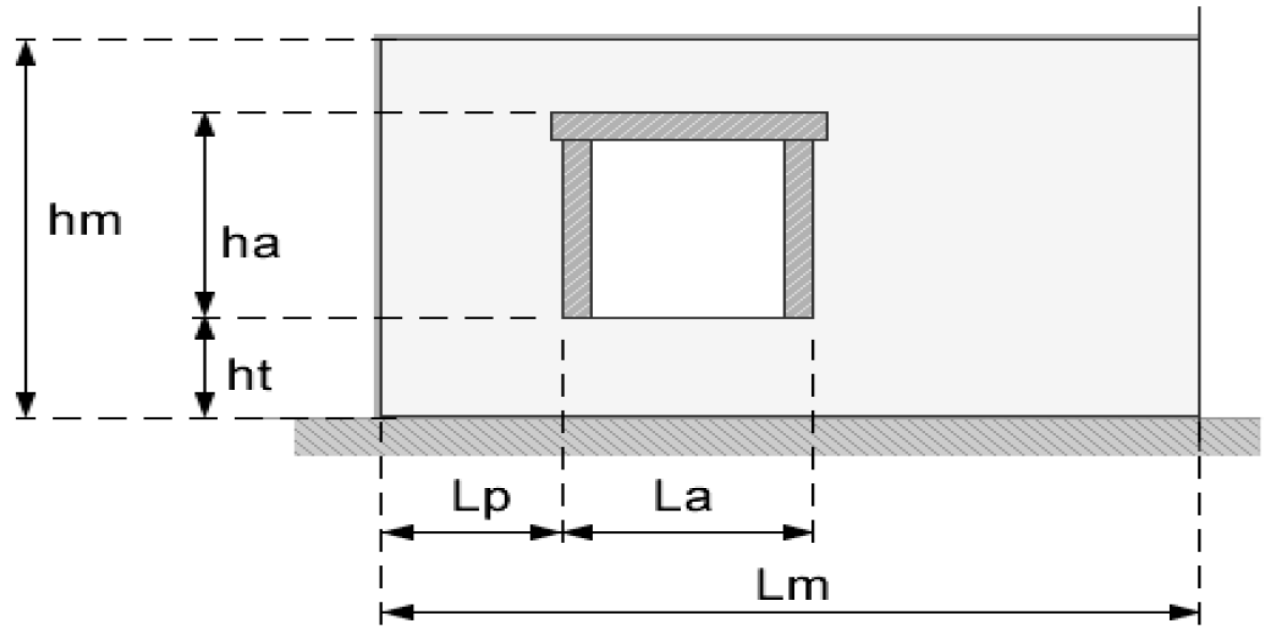
h_m	altezza della parete
L_m	larghezza della parete
s_m	spessore della parete
L_a	larghezza dell'apertura
h_a	altezza dell'apertura
L_p	posizione dell'apertura, rispetto all'estremo sinistro della parete
h_t	altezza da terra dell'apertura
d	distanza da un'eventuale ulteriore apertura (dato necessario a definire la larghezza dei setti resistenti)

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo sche

Geometrie

Caratteristiche della Zona di Intervento 2



Parete			Apertura				
hm	Lm	sm	La	ha	Lp	ht	d
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
330	280	30	120	200	80	0	-

hm	altezza della parete
Lm	larghezza della parete
sm	spessore della parete
La	larghezza dell'apertura
ha	altezza dell'apertura
Lp	posizione dell'apertura, rispetto all'estremo sinistro della parete
ht	altezza da terra dell'apertura
d	distanza da un'eventuale ulteriore apertura (dato necessario a definire la larghezza dei setti resistenti)

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Geometrie

Caratteristiche della Zona di Intervento 2

$h_{c,c}$	altezza delle colonne della cerchiatura
profilato _c	tipo di profilato per le colonne della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)
$s_{c,c}$	spessore della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
$L_{c,c}$	larghezza della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
$L_{a,c}$	lunghezza dell'architrave della cerchiatura
$a_{a,c}$	sporgenza dell'architrave dal filo esterno delle colonne della cerchiatura
profilato _a	tipo di profilato per l'architrave della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)



Colonne					Architrave			
$h_{c,c}$	profilato _c	profilo doppio	$s_{c,c}$	$L_{c,c}$	$L_{a,c}$	$a_{a,c}$	profilato _a	profilo doppio
cm			cm	cm	cm	cm		
200	HEB_200	No			150	25	HEB_200	No

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Carichi e materiali

Per l'analisi della cerchiatura viene considerato un carico verticale agente sulla sommità della parete

$N = 45000$ N ridistribuito su tutta la lunghezza della parete. Le caratteristiche meccaniche dei materiali considerate nell'analisi sono riportate qui di seguito.

Parete

Nome:	Muratura esistente in pietrame disordinata	Tipologia del materiale:	muratura
Tipo di muratura:	Esistente		
Descrizione:	Ciottoli, pietre erratiche e irregolari		

Tipologia e stato di conservazione

Tipologia di muratura:	Pietrame disordinato	Livello di conoscenza:	LC 1
------------------------	----------------------	------------------------	------

Interventi migliorativi

Intervento:	Nucleo scadente e/o ampio
-------------	---------------------------

Caratteristiche muratura

Densità ρ :	19.000 N/m ³	Resistenza media a compressione f_m :	0,900 N/mm ²
Modulo Elastico E:	783 N/mm ²	Resistenza media a taglio τ_0 :	0,018 N/mm ²
Modulo di elasticità tangenziale:	261 N/mm ²	Resistenza di calcolo a compressione orizzontale media f_{hm} :	0,450 N/mm ²

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Colonne

Nome: **S 275**

Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche

Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} : 275,00 N/mm²

Modulo elastico E_s : 210.000,00 N/mm²

Coefficiente di Poisson ν : 0,30

Coefficiente di dilatazione termica lineare α_t : 1,2E-05

Tensione caratteristica di rottura f_{tk} : 430,00 N/mm²

Modulo di elasticità trasversale G : 80.769,23 N/mm²

Densità ρ : 77.008,50 N/m³

Tensione ammissibile σ_s : 186,39 N/mm²

Architrave

Nome: **S 275**

Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche

Descrizione:

Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} : 275,00 N/mm²

Modulo elastico E_s : 210.000,00 N/mm²

Coefficiente di Poisson ν : 0,30

Coefficiente di dilatazione termica lineare α_t : 1,2E-05

Tensione caratteristica di rottura f_{tk} : 430,00 N/mm²

Modulo di elasticità trasversale G : 80.769,23 N/mm²

Densità ρ : 77.008,50 N/m³

Tensione ammissibile σ_s : 186,39 N/mm²

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

METODOLOGIA DI CALCOLO

I calcoli sono stati condotti in rispetto di quanto riportato nelle Norme sopra elencate, ed in particolare di quanto indicato in al punto 8.4.1 delle NTC 2018 e al punto della C8.7.4.1. Abbiamo le seguenti **VALUTAZIONI o CRITERI**:

- 1. Valutazione della rigidezza della parete muraria (maschi + rinforzi);**
- 2. Valutazione della resistenza della parete muraria (V);**
- 3. Valutazione dello spostamento elastico (δ_e) ed ultimo (δ_u);**
- 4. Rappresentazione della curva di capacità (V; δ).**

ANALIZZIAMO LE SINGOLE FASI



ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

1) RIGIDEZZA DELLA PARETE MURARIA

Il primo criterio è di ripristino della rigidezza secondo le indicazioni previste dalla Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP, dove viene richiesto che tale rigidezza non venga variata significativamente. Ai fini progettuali del seguente documento il limite 'significativo' di modifica della rigidezza del pannello murario è assunto pari al 15% della rigidezza originaria; tale limite è assunto da fonti bibliografiche e normative (cfr. testi e dispense del Prof. Sergio Lagomarsino e Linee Guida Regione Toscana 'Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti'). La valutazione della rigidezza è condotta mediante la seguenti espressioni.

Rigidezza della parete in muratura in corrispondenza dell'apertura:

$$K_m = \frac{G l t}{1,2 h} \frac{1}{1 + \frac{G}{1,2 E_m} \left(\frac{h}{l}\right)^2}$$

con:

G	modulo di elasticità tangenziale
l	lunghezza della parete
t	spessore della parete
h	altezza di calcolo
E _m	modulo di elasticità della muratura

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Rigidezza del telaio di rinforzo in corrispondenza dell'apertura:

$$K_t = 2 \frac{12 E J}{h^3}$$

con: E modulo di elasticità dell'acciaio
J momento di inerzia di un singolo montante
h altezza di calcolo

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

La variazione di rigidezza è data per la Zona di intervento 2 :

Rigidezza

K_m	K_a	K_c	$K_{a,c}$	Variazione
N/m	N/m	N/m	N/m	%
49431818,18	26769230,77	35890426,51	62659657,28	126,76

K_m	Rigidezza della parete senza apertura
K_a	Rigidezza della parete con apertura
K_c	Rigidezza della cerchiatura
$K_{a,c}$	Rigidezza del sistema parete/rinforzo
Variazione	Variazione della rigidezza

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

2) RESISTENZA ELEMENTI

Per la verifica di resistenza si dovrà confrontare la resistenza nello stato di Progetto che sia non minore di quella dello stato di Fatto.

A tale scopo la resistenza viene valutata come somma dei contributi delle singole parti murarie (maschi) e dei singoli piedritti (rinforzi).

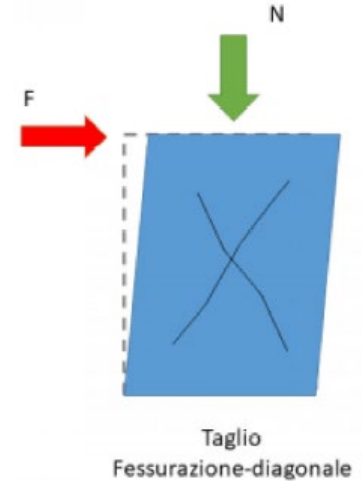
La resistenza delle parti murarie (maschi) può essere valutata con le seguenti formulazioni:

- a) Resistenza per Taglio da Fessurazione diagonale ;
- b) Resistenza per Taglio da Scorrimento ;
- c) Resistenza per Taglio da Pressoflessione nel piano ;
- d) Resistenza della Cerchiatura (V_t) o Telaio di rinforzo.

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

a) Resistenza per Taglio da Fessurazione diagonale;

$$\min: \left[\begin{array}{l} V_{m,t} = \frac{1,5 \cdot \tau_{0d} \cdot t \cdot l}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \cdot \tau_{0d}}} \\ V_{m,pf} = \frac{l^2 t \sigma_0}{h} \left(1 - \frac{\sigma_0}{0,85 f_m} \right) \end{array} \right]$$



l, t : lunghezza e spessore del pannello;

b : fattore correttivo dipendente dalla snellezza del pannello [$b = \min(h/l; 1,5) \geq 1$]
 h misurata al netto delle zone rigide;

τ_{0d} : resistenza di riferimento a taglio della muratura [τ_{0k}/γ_m];

τ_{0k} : resistenza caratteristica a taglio senza compressione;

γ_m : coefficiente di sicurezza;

$\sigma_0 = N/A$ = tensione normale media nella sezione di mezzeria del pannello;

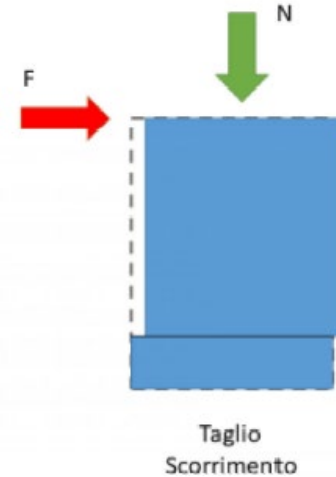
N : sforzo normale sulla sezione di mezzeria del pannello;

A : area del pannello murario.

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

b) Resistenza per Taglio da Scorrimento :

$$V_{t,2} = l' \cdot t \cdot f_{vd}$$



f_{vd} : resistenza di progetto a taglio della muratura [$f_{vd} = (f_{vk0} + 0,4\sigma_0) / \gamma_m$].

f_{vk0} : resistenza caratteristica a taglio senza compressione;

γ_m : coefficiente di sicurezza;

$l = \beta \cdot l$: lunghezza della parte compressa del pannello;

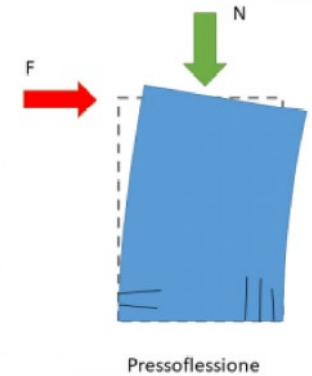
l : lunghezza del pannello;

$\beta = 1$;

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

c) Resistenza per Taglio **per Pressoflessione nel piano** :

$$M_{Rd} = \frac{t \cdot l^2 \cdot \sigma_0}{2} \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{0,85 \cdot f_d} \right)$$



in relazione alla condizione di vincolo in **TESTA** del muro, il taglio resistente risulta:

Incastro	Libero
$V_{t,3} = 2 \cdot M_{Rd}/h$	$V_{t,3} = M_{Rd}/h$

in cui:

f_d = resistenza a compressione della muratura ($f_d = f_k/\gamma_m$);

h : altezza del pannello.

Pertanto, la resistenza a taglio (V_M) dei maschi è data da

$$V_M = \min(V_{t,1-2}, V_{t,3})$$

dove $V_{t,1-2}$, in base alla scelta del tipo di "Meccanismo di rottura a taglio dei maschi", è pari a:

- *Meccanismo di rottura a taglio dei maschi = per fessurazione diagonale (per murature irregolari) -> $V_{t,1-2} = V_{t,1}$;*
- *Meccanismo di rottura a taglio dei maschi = per scorrimento (per murature regolari) -> $V_{t,1-2} = V_{t,2}$;*
- *Meccanismo di rottura a taglio dei maschi = minimo tra scorrimento e fessurazione diagonale ... -> $V_{t,1-2} = \min(V_{t,1}; V_{t,2})$.*

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

d) Resistenza della *Cerchiatura (V_t)* o *Telaio di rinforzo* :

$$V_t = 2 \frac{2 f_{yk} W}{\gamma_{M0} h}$$

con:	f_{yk}	resistenza a snervamento dell'acciaio
	W	modulo di resistenza elastico di un singolo montante
	γ_{M0}	coefficiente parziale di sicurezza per strutture in acciaio
	h	altezza di calcolo

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Per la Zona di Intervento 2 Abbiamo :

Taglio resistente

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura	Cerchiatura (d_u)	Sistema parete/rinforzo	Verifica
N	N	N	N	N	
58845,13	28529,41	298361,90	287123,41	326891,32	SI

V_m	Taglio resistente della parete senza apertura
V_a	Taglio resistente della parete con apertura
V_c	Taglio resistente della cerchiatura
$V_{c,u}$	Taglio resistente della cerchiatura in corrispondenza dello spostamento ultimo
$V_{a,c}$	Taglio resistente del sistema parete/rinforzo
Verifica	Verifica del ripristino della capacità di resistenza a taglio per il sistema parete/rinforzo

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

3) VALUTAZIONE DELLO SPOSTAMENTO ELASTICO (δ_e) ED ULTIMO (δ_u)

Riguarda le capacità del pannello murario ed il comportamento dello stesso sia in campo elastico che plastico; lo scopo è di garantire che il rinforzo in opera non irrigidisca troppo la muratura, ma che ripristini le capacità del pannello originario per il suo spostamento ultimo.

Capacità in spostamento del pannello murario al limite elastico e plastico, rispettivamente:

$$d_y = \frac{V_m}{K_m}$$

$$d_u = 0,004 h \quad \text{per rottura a taglio}$$

$$d_u = 0,006 h \quad \text{per rottura a flessione}$$

Capacità in spostamento del telaio di rinforzo:

$$d_y = \frac{V_t}{K_t}$$

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

3) VALUTAZIONE DELLO SPOSTAMENTO ELASTICO (δ_e) ED ULTIMO (δ_u)

Capacità in spostamento

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura (d_y)	Verifica
cm	cm	cm	
0,80	1,80	0,83	SI

d_m	Spostamento della parete senza apertura
d_a	Spostamento della parete con apertura
d_t	Spostamento al limite elastico della cerchiatura
Verifica	Verifica della capacità in spostamento del sistema parete/rinforzo

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

4) RAPPRESENTAZIONE DELLA CURVA DI CAPACITA'

Vengono costruite, quindi, le curve di capacità della parete nelle situazioni:

- di Fatto: sommando le singole curve di capacità dei maschi;
- di Progetto: sommando le singole curve di capacità dei maschi e dei piedritti.

In particolare, nella costruzione della curva di capacità della parete vengono considerati i seguenti casi:

Caso 1

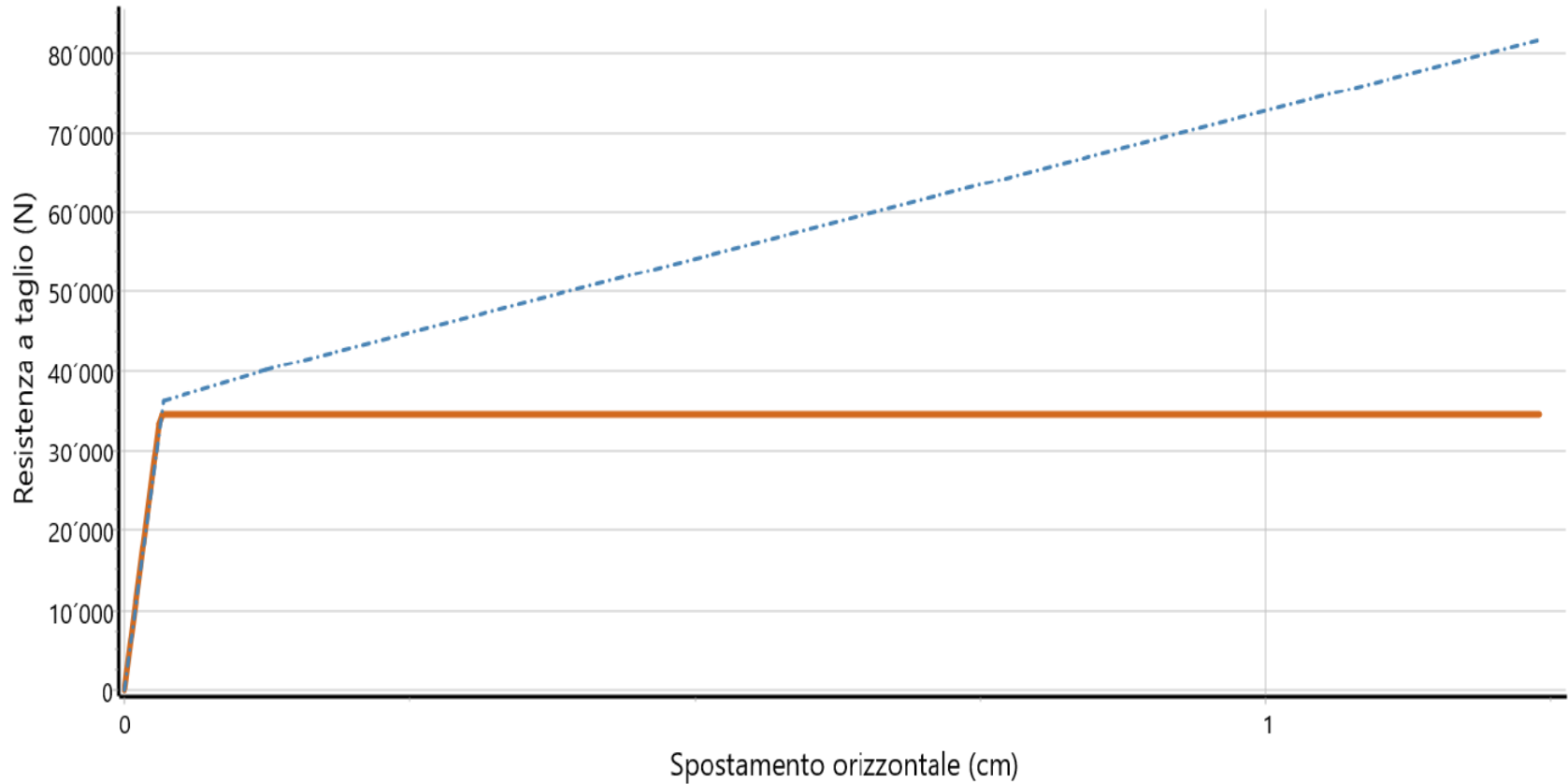
La curva di capacità viene arrestata in corrispondenza del minimo spostamento ultimo ($\delta_{u,\min}$) dei vari elementi (maschi o rinforzi).

Caso 2

La curva di capacità viene arrestata in corrispondenza del massimo spostamento ultimo ($\delta_{u,\max}$) dei vari elementi (maschi o rinforzi).

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

CURVE DI CAPACITÀ GLOBALE - Situazione di fatto



— Situazione di fatto (completa) - - Situazione di progetto (parziale)

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

RIEPILOGO DELLE VERIFICHE DA ESEGUIRSI:

Ai fini della valutazione dell'intervento se **TUTTE** le seguenti condizioni sono verificate, l'intervento si può classificare come **LOCALE** :

- **Rigidezza**: la variazione di rigidezza tra lo stato *di Fatto* (K_F) e quello *di Progetto* (K_P) è:

$$- 15 \% \leq \left(\frac{K_P - K_F}{K_F} \right) \cdot 100 \leq 15 \%;$$

- **Resistenza**: la resistenza nello stato *di Progetto* (V_P) è non minore rispetto allo stato *di Fatto* (V_F)

$$V_F \leq V_P.$$

- **Spostamento**: la capacità di spostamento nello stato *di Progetto* ($\delta_{u,P}$) è non minore rispetto allo stato *di Fatto* ($\delta_{u,F}$):

$$\delta_{u,F} \leq \delta_{u,P}.$$

Sui **rinforzi di Progetto** si dovranno eseguire le verifiche di resistenza :

- degli architravi (*flessione retta e taglio*);
- dei piedritti (*pressoflessione retta*);
- Unioni.

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

RIEPILOGO DELLE VERIFICHE DA ESEGUIRSI:

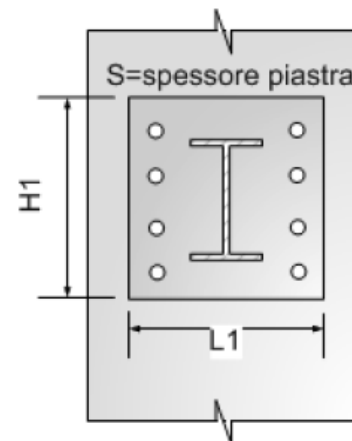
Sui **rinforzi di Progetto** si dovranno eseguire le verifiche di resistenza :

- degli architravi (*flessione retta e taglio*);
- dei piedritti (*pressoflessione retta*);
- Unioni.

Verifica Unione Flangiata TRAVE-ALA COLONNA

Geometria unione

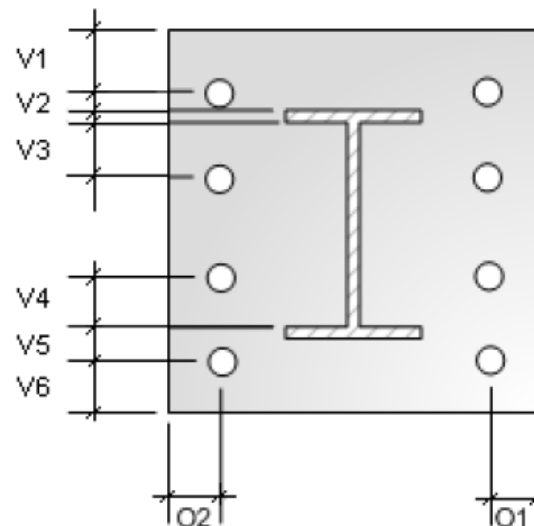
Profilo colonna	HEB 200	
Materiale colonna	S 275	
Profilo trave	HEB 200	
Materiale trave	S 275	
Materiale piastra	S 275	
Altezza piastra H1	400	mm
Larghezza piastra L1	200	mm
Spessore piastra S	15	mm



ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

Fori piastra

Numero colonne	2	
Numero righe superiori	1	
Numero righe intermedie	1	
Numero righe inferiori	1	
Distanza V1	50	mm
Distanza V2	60	mm
Distanza V3	35	mm
Distanza V4	40	mm
Distanza V5	50	mm
Distanza V6	50	mm
Distanza O1	50	mm
Distanza O2	60	mm



Saldature a cordoni d'angolo

Materiale saldatura	S 275	
Spessore di gola saldatura ali	4	mm

Spessore di gola saldatura anima	4
----------------------------------	---

Bulloni

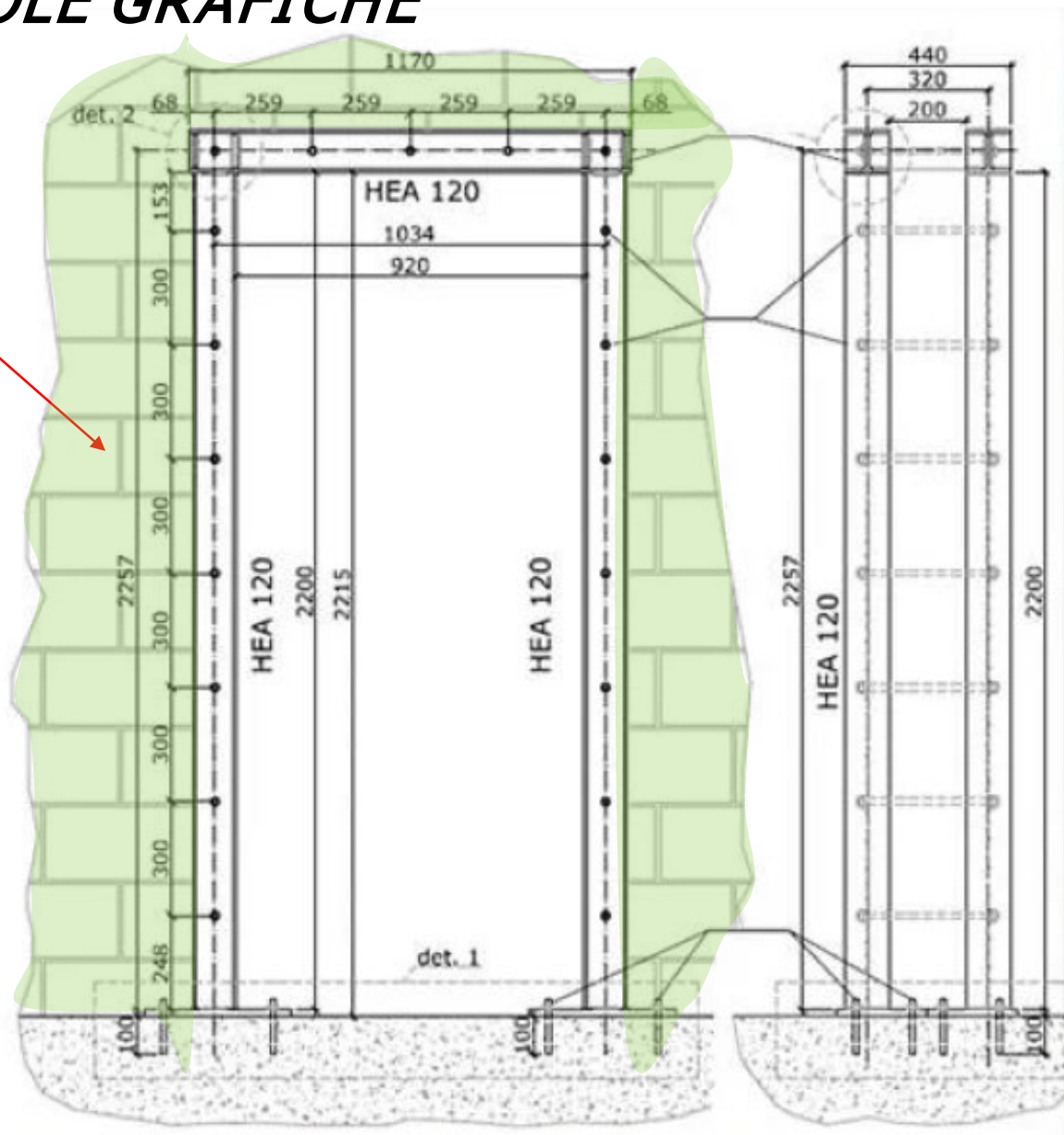
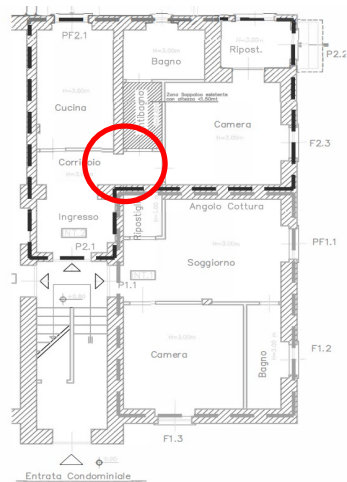
Diametro	12
----------	----

Classe	4.6
--------	-----

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

ESEMPIO DI TAVOLE GRAFICHE

Rinforzo muratura esistente con Geo Steel Grid 400



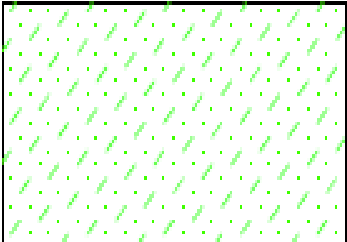
ZONA

INTERVENTO 1

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	
CALCESTRUZZO CORDOLO	
Classe di Resistenza	C25/30
Classe di Consistenza	S3
Diametro massimo Aggregati	20mm
MALTA DA RIPRISTINO	
GEOCALCE F ANTISISMICO	
Resistenza a compressione	>15 MPa
Modulo elastico	9 GPa
RETE IN FIBRA DI BASALTO	
Geo Steel Grid 400	
CONNETTORI	
STEEL DRYFIX 10	
ACCIAIO DA CARPENTERIA	
Acciaio—Norma UNI EN 10025–2	S275
SALDATURE	
Acciaio—Norma UNI EN 10025–2	S275

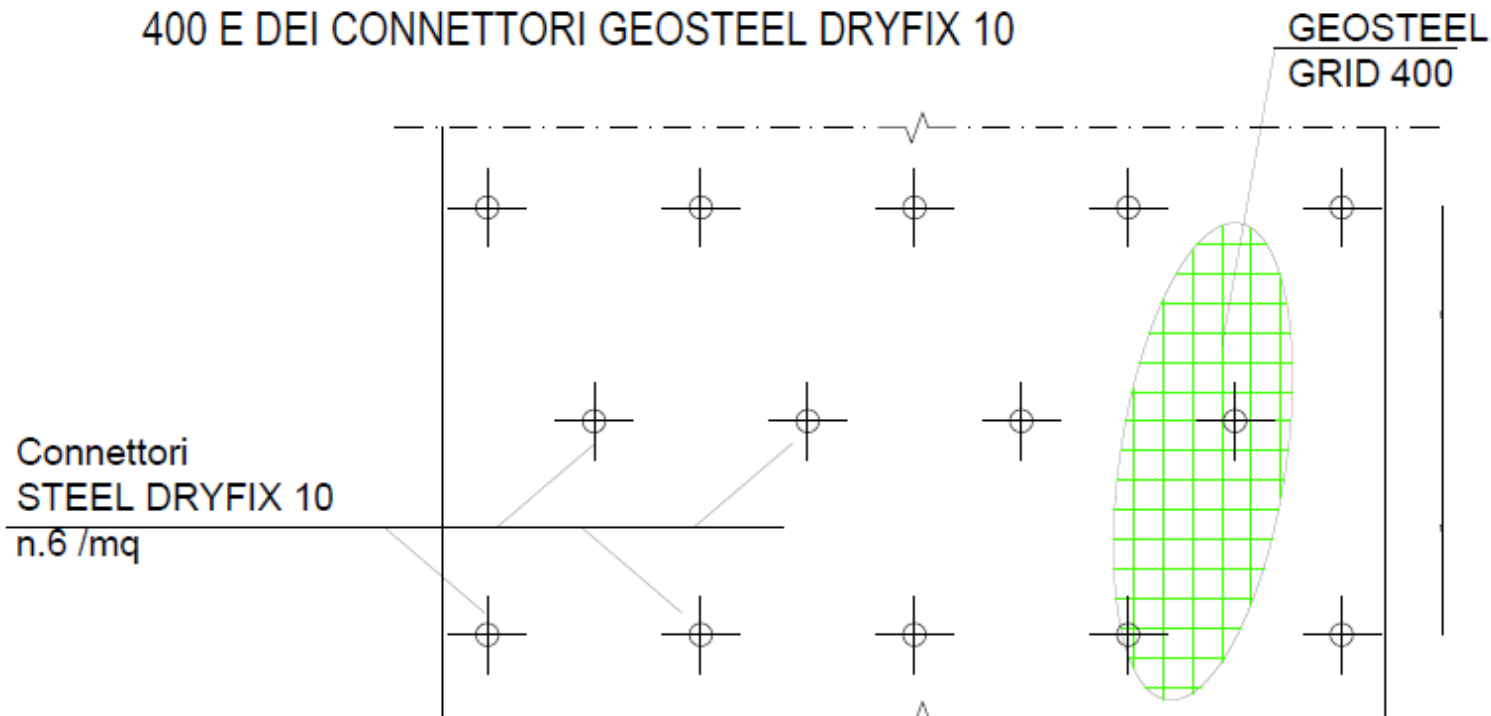
LEGENDA

	RINFORZO DELLA MURATURA MEDIANTE PLACCAGGIO DIFFUSO CON RETE IN FIBRA DI BASALTO E ACCIAIO INOX TIPO GEOSTEEL GRID400 E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA GEOCALCE F ANTISISMICO E TASSELLI TIPO STEEL DRYFIX 10 DI KERAKOLL
---	--

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

DETTAGLIO 1

DISPOSIZIONE DELLA RETE GEOSTEEL GRID
400 E DEI CONNETTORI GEOSTEEL DRYFIX 10



LEGENDA

	<p>RINFORZO DELLA MURATURA MEDIANTE PLACCAGGIO DIFFUSO CON RETE IN FIBRA DI BASALTO E ACCIAIO INOX TIPO GEOSTEEL GRID400 E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA GEOTALCE F ANTISISMICO E TASSELLI TIPO STEEL DRYFIX 10 DI KERAKOLL</p>
--	---

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

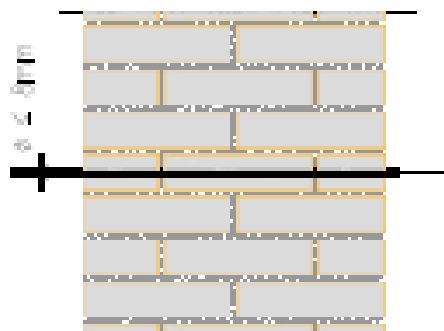
Descrizione dell'intervento

- ① Preparazione del supporto
- ② Esecuzione il foro pilota di diametro opportuno sulla superficie. Allargare i primi 30 mm del foro fino ad un diametro di 14 mm.
- ③ Stesura sul supporto di uno spessore medio di 3-5 mm di GEOCALCE® F ANTISISMICO per applicare ed inglobare il tessuto di rinforzo
- ④ Rete in fibra naturale di basalto e acciaio inox GEOSTEEL GRID 400
- ⑤ Garantire una sovrapposizione pari ad almeno 20 cm
- ⑥ Barre elicoidali STEEL DRYFIX® 10 inserite a secco per cucire il maschio murario
- ⑦ Rasatura finale protettiva con GEOCALCE® F ANTISISMICO (spessore di circa 2-5 mm)

Inertcenvo ZONA 2

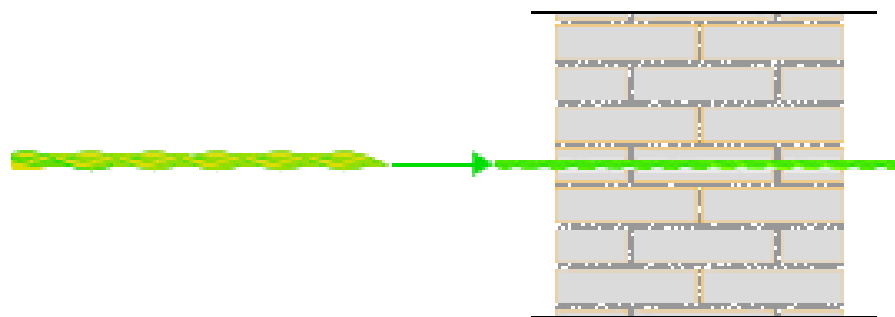
ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

FASE I: ESECUZIONE DEL FORO



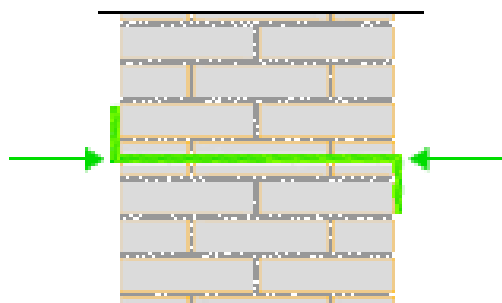
ESEGUIRE IL FORO PILOTA DI DIAMETRO OPPORTUNO SULLA SUPERFICIE UTILIZZANDO UN TRAPANO ROTANTE A PERCUSSIONE. PULIRE IL FORO DA EVENTUALI RESIDUI. NEL CASO DI SUCCESSIVA INSTALLAZIONE DEL TASSELLO STEEL DRYFIX® 10, ALLARGARE I PRIMI 30 mm DI PROFONDITÀ DEL FORO, A UN DIAMETRO DI 14 mm

FASE II: INSERIMENTO STEEL DRYFIX® 10



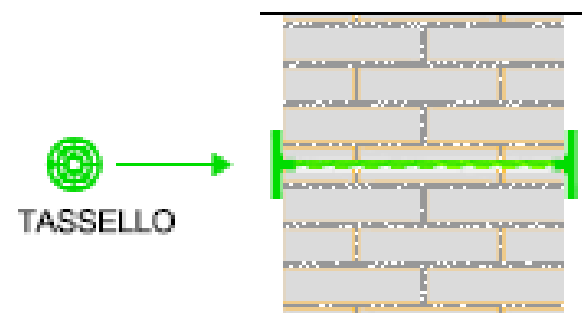
ALL'APPLICAZIONE DELLE BARRE ELICOIDALI STEEL DRYFIX® 10 IMPIEGANDO APPOSITO MANDRINO STEEL DRYFIX® 10-12 INSTALLATO SU TRAPANO AD INNESTO SDS PLUS; LA BARRA SARÀ INSTALLATA DENTRO AL PREFORO, CON PERCUSSIONE FINO AL COMPLETO INSERIMENTO DELLA STESSA.

FASE III A: PIEGATURA DELLA BARRA SULLA RETE



SUCCESSIVA PIEGATURA DELLA PARTE TERMINALE DELLA BARRA NON INFISSA FINO AL FILO DELLA RETE

FASE III B: INSERIMENTO DEL TASSELLO



IN ALTERNATIVA ALLA PIEGATURA DELLA BARRA È POSSIBILE APPLICARE L'APPOSITO TASSELLO STEEL DRYFIX® 10 SULLE TESTE DELLA BARRA ELICOIDALE

ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE



ZONA INTERVENTO 1

«Lavoro Finito»



ESEMPIO DI INTERVENTO LOCALE

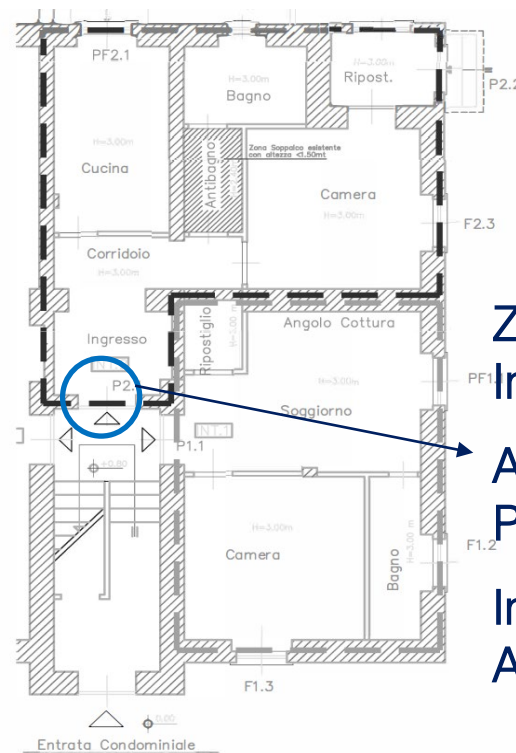
Telaio in
Acciaio
HEB 200



Trave in C.a. di Collegamento

ZONA INTERVENTO 2

«Lavoro Finito»



Zona di
Intervento 2
Apertura Vano
Porta
Ingresso
Appartamento



CEPI ENGINEERING
FORMAZIONE CONSULENZA INGEGNERIA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Renato Rosati

Ing. Fabio Petrongolo

Con la sponsorizzazione e il contributo incondizionato di:



Con il Patrocinio dei seguenti Enti:

