



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI TRAPANI

*Commissione strutture e Grandi
Rischi*



*4 EMME Service
S.p.A.*

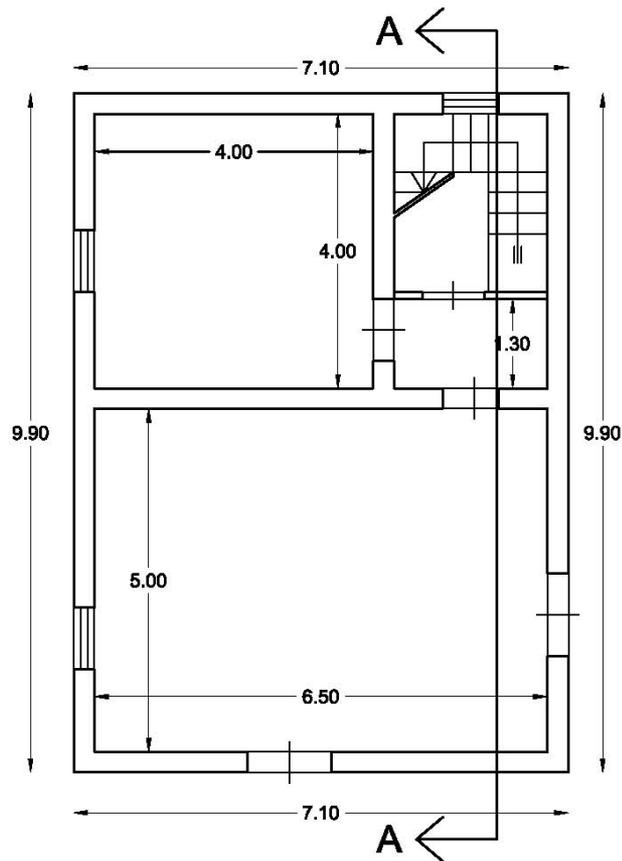
Gli edifici esistenti con struttura in muratura

27 maggio 2011

Progetto simulato di campagne in situ e stima dei costi.

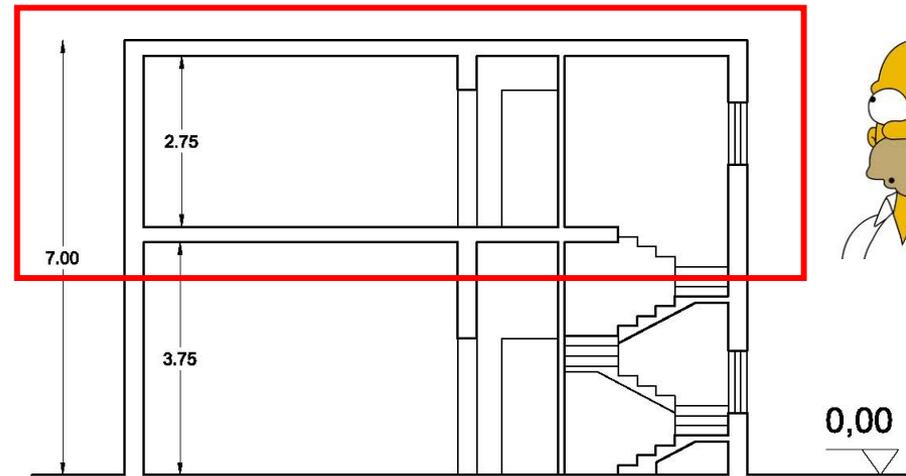
Ing. Claudio Cammarata

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura



Piano Terra

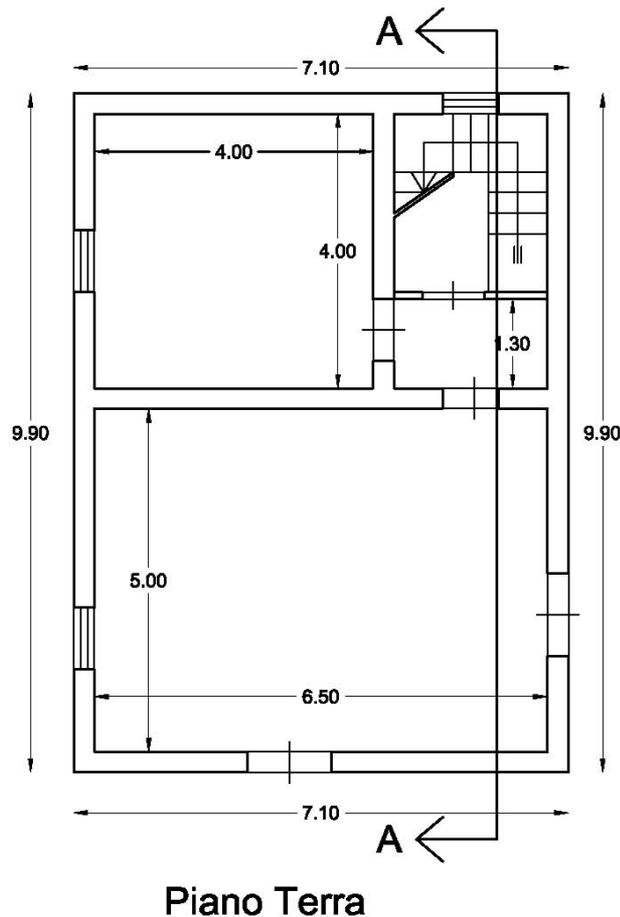
CASO 1: edificio esistente ad una sola elevazione fuori terra con sopraelevazione del primo piano.



Sezione A-A



Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura



CASO 1: edificio esistente ad una sola elevazione fuori terra con sopraelevazione del primo piano.

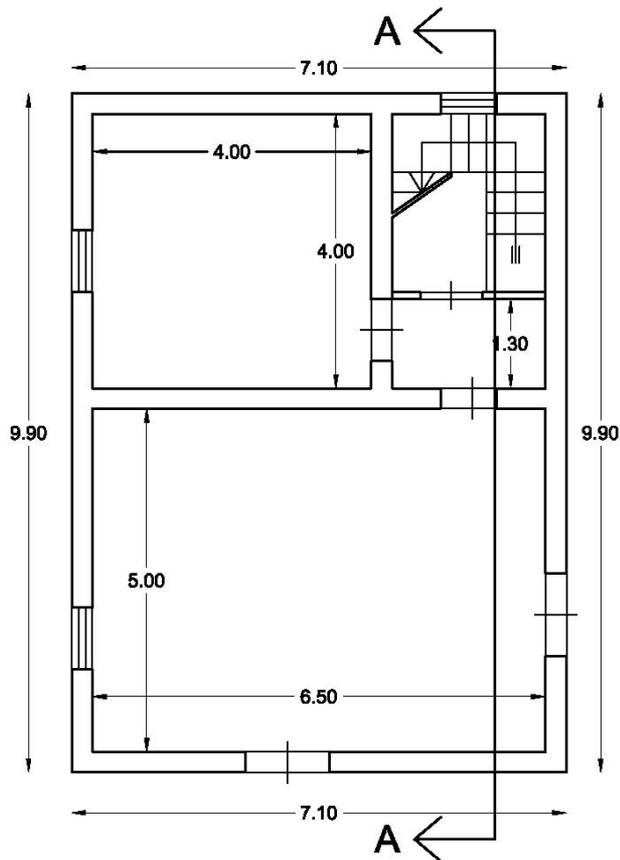
8.4.1. Intervento di adeguamento

È fatto obbligo di procedere alla valutazione della sicurezza e, qualora necessario, all'adeguamento della costruzione, a chiunque intenda:

a) Sopraelevare la costruzione;

.....
In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura



Piano Terra

CASO 1: edificio esistente ad una sola elevazione fuori terra con sopraelevazione del primo piano.

Parametri sismici

- Vita nominale ≥ 50 anni
- Classe d'uso II
- Regolare in pianta
- Regolare in altezza
- Categoria suolo B
- Coefficiente topografico = 1,0
- Longitudine Est: $12,54304^\circ$
- Latitudine Nord: $38,01956^\circ$

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura

C8A.1: Stima dei livelli di conoscenza e dei fattori di confidenza

C8A.1.A.1: Costruzioni in muratura: GEOMETRIA

(rilievo elementi in muratura, rilievo dei solai (tipologia e orditura), delle scale, dei carichi e delle fondazioni).



**COSTO
STIMATO
€ 500,00**

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura

C8A.1: Stima dei livelli di conoscenza e dei fattori di confidenza

C8A.1.A.2: Costruzioni in muratura: DETTAGLI COSTRUTTIVI

(collegamento tra pareti verticali, collegamento tra orizzontamenti e pareti, presenza cordoli di piano, esistenza di architravi, tipologia della muratura e sue caratteristiche costruttive.

Verifiche in-situ limitate:

rilievi di tipo visivo con saggi sia in superficie che nelle spessore murario;

Verifiche in-situ estese ed esaustive:

rilievi di tipo visivo con saggi sia in superficie che nelle spessore murario;

esame esteso in modo sistematico all'intero edificio.

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura

C8A.1: Stima dei livelli di conoscenza e dei fattori di confidenza

C8A.1.A.3: Costruzioni in muratura: **PROPRIETÀ DEI MATERIALI**

(valutazione delle caratteristiche meccaniche, presenza di collegamenti trasversali, forma, tipologia e dimensione degli elementi, tessitura, giaciture, giunti, malta.

Indagini in-situ limitate:

Rimozione di una zona di intonaco di almeno 1 m X 1 m al fine di individuare forma e dimensione dei blocchi di cui è costituita la muratura, eseguita preferibilmente in corrispondenza degli angoli, al fine di verificare anche le ammorsature tra le pareti murarie.

Valutazione, in maniera approssimata, della compattezza della malta.

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura

C8A.1: Stima dei livelli di conoscenza e dei fattori di confidenza

C8A.1.A.4: Costruzioni in muratura: LIVELLO DI CONOSCENZA

LC 1 FC = 1,35

- Rilievo geometrico
- Verifiche in situ limitate sui dettagli costruttivi
- Indagini in-situ limitate sulle proprietà dei materiali



**Muratura in conci di pietra tenera (tufo,
calcarenite, ecc.)**



Tabella C8A.2.1

Tabella C8A.2.1

PARAMETRI MECCANICI

**Resistenze: valori
minimi**

**Moduli elastici: valori
medi**

$$f_m = 14 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_0 = 0,28 \text{ daN/cm}^2$$

$$E = 10800 \text{ daN/cm}^2$$

$$G = 3600 \text{ daN/cm}^2$$

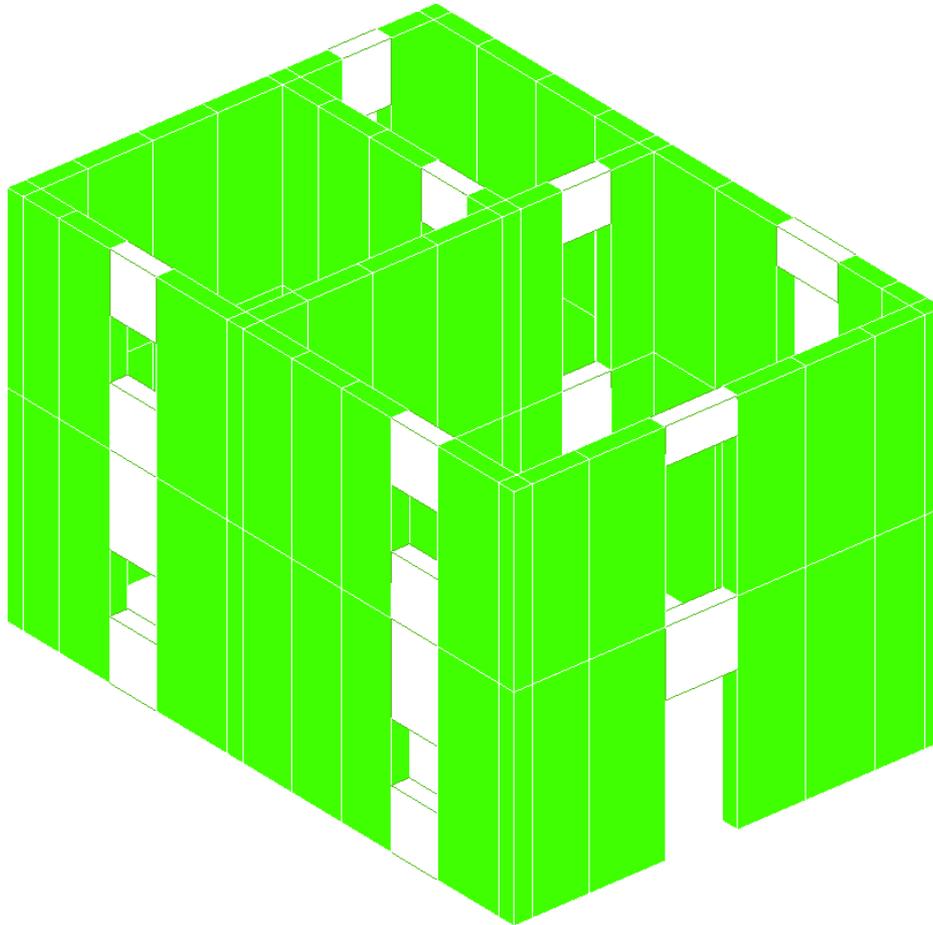
$$W = 1600 \text{ daN/m}^3$$

$$f_m / FC = 10,37 \text{ daN/cm}^2$$

TIPOLOGIA MURATURA	f_m (daN/cm ²)	τ_0 (daN/cm ²)	E (daN/cm ²)	G (daN/cm ²)	W (daN/m ³)
	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	10	0,20	6900	2300	1900
	18	0,32	10500	3500	
Muratura a conci sbozzati, con para- mento di limitato spessore e nucleo interno	20	0,35	10200	3400	2000
	30	0,51	14400	4800	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	26	0,56	15000	5000	2100
	38	0,74	19800	6600	
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite ecc.)	14	0,28	9000	3000	1600
	24	0,42	12600	4200	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	60	0,90	24000	7800	2200
	80	1,20	32000	9400	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	24	0,60	12000	4000	1800
	40	0,92	18000	6000	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI)	50	2,40	35000	8750	1500
	80	3,20	56000	14000	
Muratura in blocchi laterizi forati (perc. foratura < 45%)	40	3,00	36000	10800	1200
	60	4,00	54000	16200	
Muratura in blocchi laterizi forati, con giunti verticali a secco (perc. foratura <45%)	30	1,00	27000	8100	1100
	40	1,30	36000	10800	
Muratura in blocchi di calcestruzzo (perc. foratura tra 45% e 65%)	15	0,95	12000	3000	1200
	20	1,25	16000	4000	
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (perc. foratura < 45%)	30	1,80	24000	6000	1400
	44	2,40	35200	8800	

Simboli: f_m = resistenza media a compressione
 τ_0 = resistenza media-caratteristica a taglio
E = modulo di elasticità normale
G = modulo di elasticità tangenziale
W = peso specifico

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura



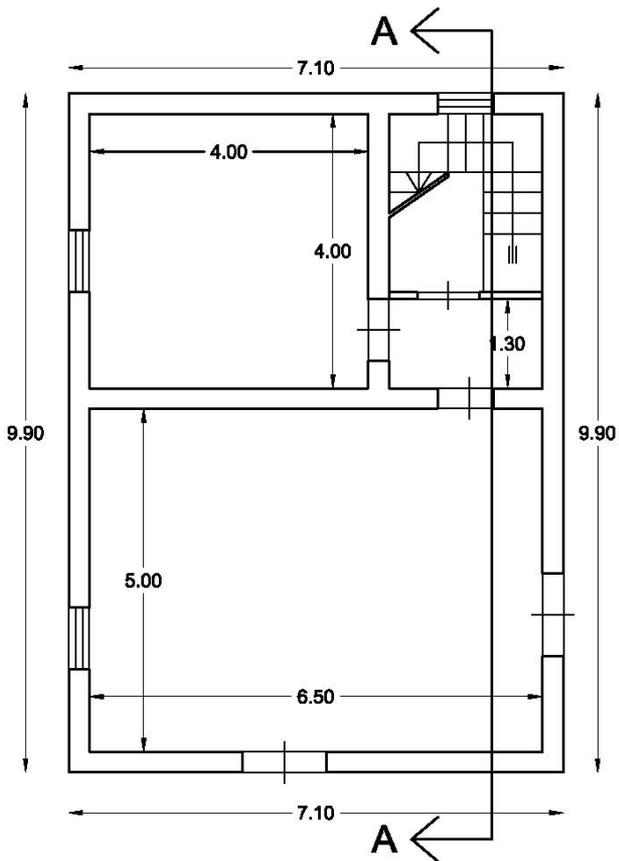
Muratura nuova
Poroton P800



Muratura esistente
Tufo
LC1
FC = 1,35

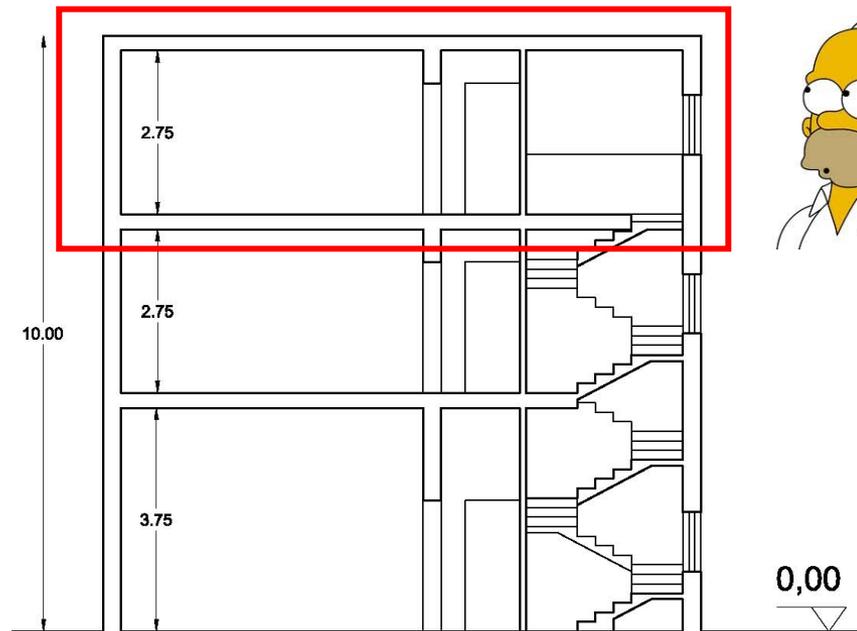
Non sono necessarie opere di adeguamento

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura

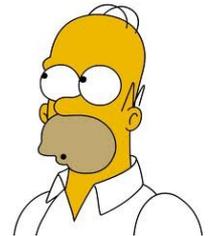


Piano Terra

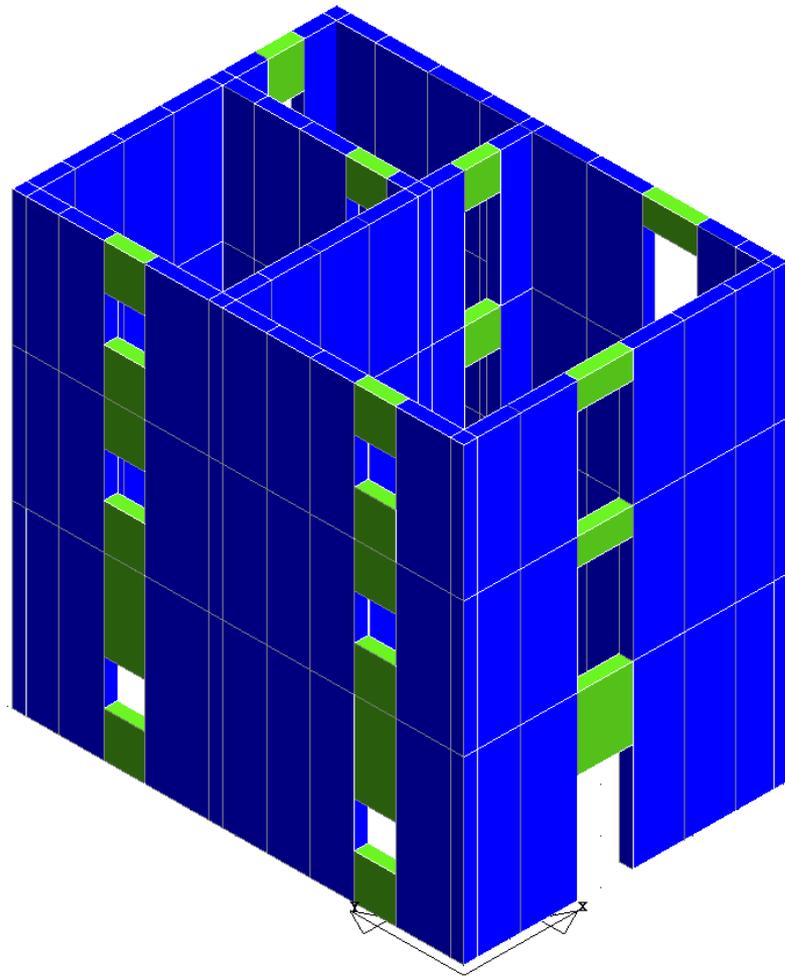
CASO 2: edificio esistente a due elevazioni fuori terra con sopraelevazione del secondo piano.



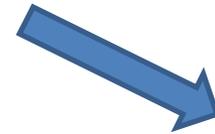
Sezione A-A



Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura

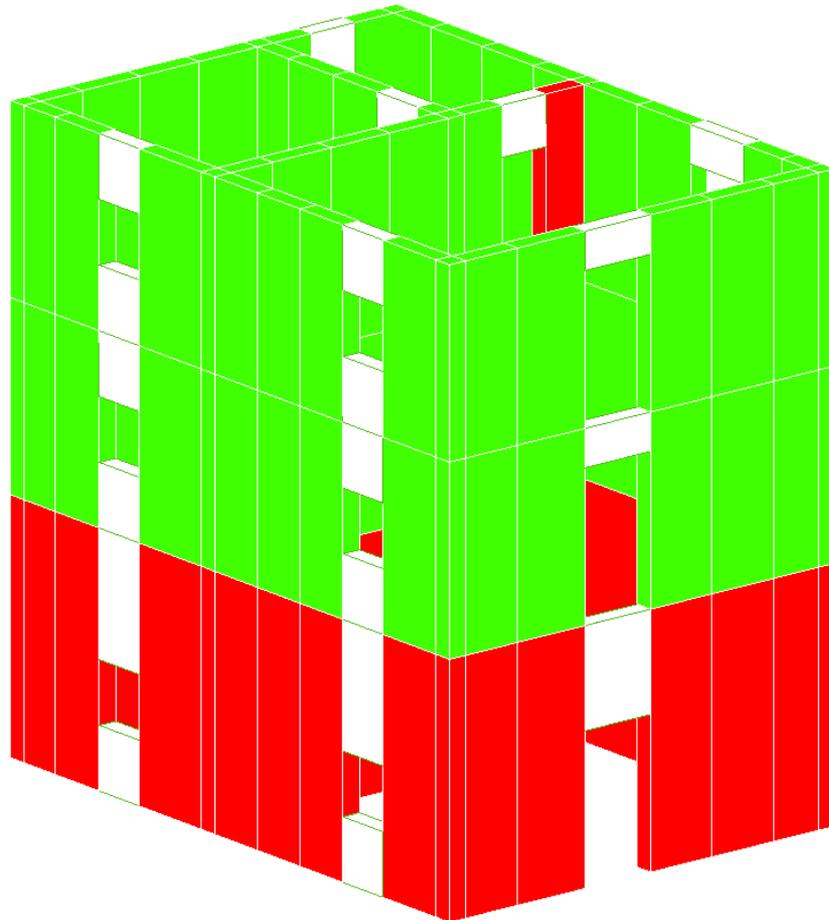


**Muratura nuova
Poroton P800**

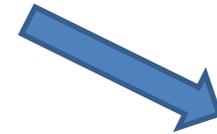


**Muratura
esistente
Tufo
LC1
~~FC = 1,35~~**

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura



**Muratura nuova
Poroton P800**

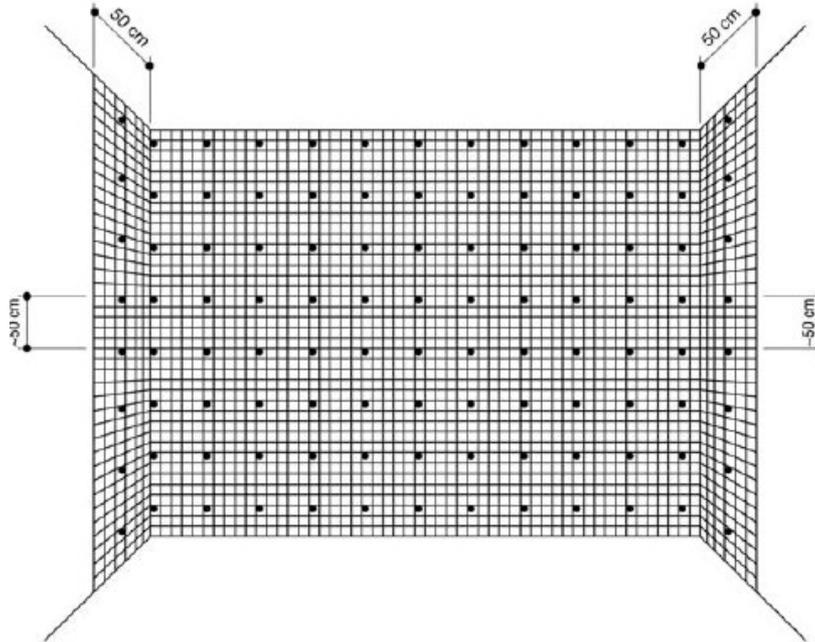


**Muratura
esistente
Tufo
LC1
FC = 1,35**

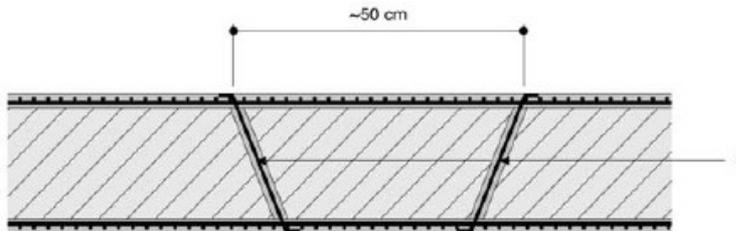


Sono necessarie opere di adeguamento

Adeguamento dei muri di piano terra



SEZIONE ORIZZONTALE GANCI DI COLLEGAMENTO



PREZZARIO REGIONALE 2009

ART. 21.2.10: Consolidamento di pareti mediante l'applicazione su una sola faccia di rete elettrosaldata, con tondini \varnothing 5 mm di acciaio a maglia quadrata di 10x10 cm, su muratura di qualsiasi genere previa pulitura, abbondante lavaggio della superficie muraria. E' compreso nel prezzo: l'ancoraggio della rete alla muratura tramite tondini di acciaio \varnothing 6 mm infissi nella muratura in numero non inferiore a 4 per metro quadrato di parete, la legatura della rete al tondino di acciaio \varnothing 6 mm ancorato alla muratura, la perforazione delle pareti, la sigillatura dei fori risultanti con malta di cemento antiritiro a pressione a 300 kg, applicazione di strato di malta cementizia a 300 kg a pasta fine di spessore non superiore a 3 cm, con l'aggiunta di additivo antiritiro, rifinitura fratazzata ed ogni altro onere risultante per dare l'opera compiuta a perfetta regola d'arte, compreso il carico del materiale di risulta sul cassone di raccolta, esclusa l'eventuale rimozione del vecchio intonaco da compensare a parte ed il trasporto a rifiuto.

57,10 € / mq

Tabella C8A.2.2

TIPOLOGIA MURATURA	MALTA BUONA	GIUNTI SOTTILI	RICORSI O LISTATURE	CONNESSIONE TRASVERSALE	NUCLEO SCADENTE O AMPIO	INEZIONI MISCELE LEGANTI	INTONACO ARMATO
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2,0	2,5
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2,0
Muratura a blocchi lapidei squadri	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

Specifiche

Presenza di malta buona: i coeff. della tabella si applicano a f_m, τ_0, E, G

Presenza di ricorsi o listature: i coeff. della tabella si applicano a f_m, τ_0

Presenza di elementi di connessione trasversale: i coeff. della tabella si applicano a f_m, τ_0

Consolidamento con iniezioni di malta: i coeff. della tabella si applicano a f_m, τ_0, E, G

Consolidamento con intonaco armato: i coeff. della tabella si applicano a f_m, τ_0, E, G (non si applica il coeff. connessioni trasversali)

Consolidamento con diatoni artificiali: si applica solo il coeff. connessioni trasversali

PARAMETRI MECCANICI

Resistenze: valori minimi

Moduli elastici: valori medi

Il coefficiente correttivo per il consolidamento con intonaco armato si applica sia ai parametri di resistenza (f_m e τ_0) e che ai moduli elastici (E e G)

Intervento sulle due facce:

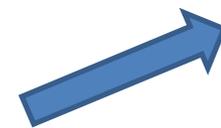
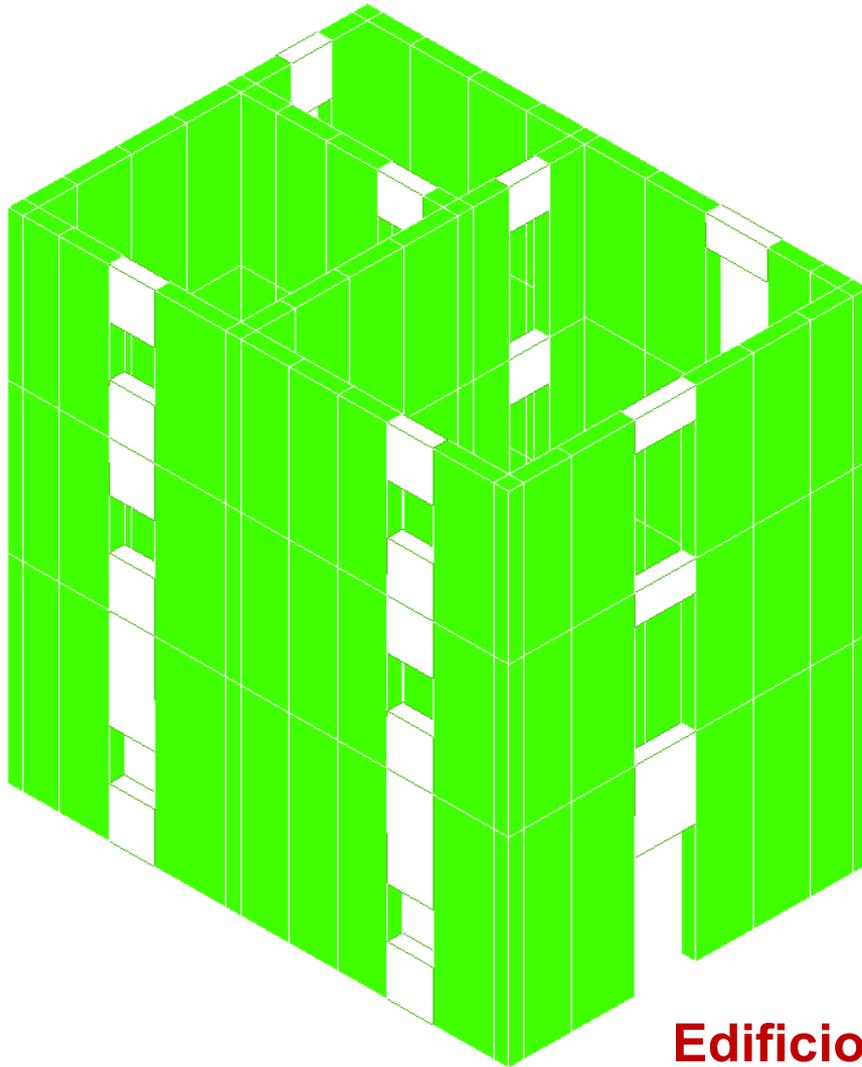
$C = 2$ (non si applica il coefficiente relativo alla connessione trasversale)

Intervento su una sola faccia

$$C = 2 / 1,5 = 1,33$$

$$f_m \times C / FC = 20,74$$

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura



**Muratura nuova
Poroton P800**



**Muratura
esistente**

Tufo; LC1; FC =



**Muratura
esistente**

**Tufo con
intonaco armato;
LC1; C= 2,00 e**

C=1,33; FC = 1,35

**Edificio con adeguamento al piano
terra**

Stima dei costi **LC 1 + adeguamento**

Consolidamento di parete secondo art. 21.2.10 del G.U.R.S. (p.1) n. 18 del 24 aprile 2009										
parete	lunghezza	sup. lorda	apertura			superficie Netta	costo per lato	numero lati per parete	costo totale	
			base	altez	sup.					
1	9,9	39,6	0,9	1	0,9	37,8	m ²	€ 2.158,38	1	€ 2.158,38
			0,9	1	0,9		m ²			
2	7,1	28,4	1,2	2,4	2,88	25,52	m ²	€ 1.457,19	1	€ 1.457,19
3	9,9	39,6	1,2	2,4	2,88	36,72	m ²	€ 2.096,71	1	€ 2.096,71
4	7,1	28,4	0,8	1	0,8	27,6	m ²	€ 1.575,96	1	€ 1.575,96
5	6,5	26	0,8	2,2	1,76	24,24	m ²	€ 1.384,10	2	€ 2.768,21
6	4	16	0,9	2,2	1,98	14,02	m ²	€ 800,54	1	€ 800,54
TOTALE						165,9	m ²	€ 9.472,89		€ 10.856,99

COSTO STIMATO PER I RILIEVI

€ 500,00

COSTO STIMATO PER L'ADEGUAMENTO



Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura

C8A.1: Stima dei livelli di conoscenza e dei fattori di confidenza

C8A.1.A.4: Costruzioni in muratura: LIVELLO DI CONOSCENZA

LC 2 FC = 1,20

- Rilievo geometrico
- Verifiche in situ estese o esaustive sui dettagli costruttivi
- Indagini in-situ estese sulle proprietà dei materiali



**Una prova con martinetto
piatto doppio e prove di
caratterizzazione della
malta per ogni tipo di
muratura presente**

**?(al fine di individuare la
tipologia della muratura)?**

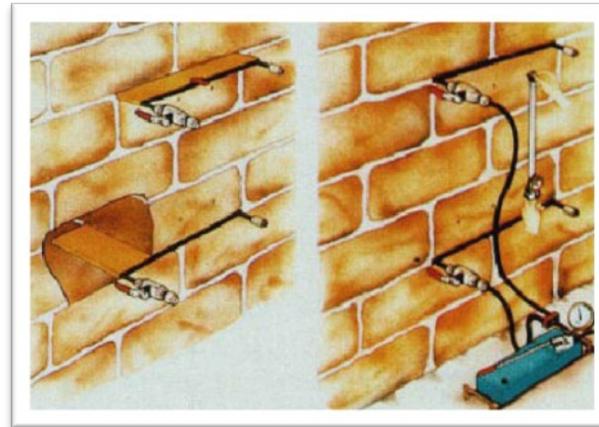


Tabella C8A.2.1

PARAMETRI MECCANICI

Resistenze: valori medi

**Moduli elastici: valori
medi**

$$f_m = 19 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_0 = 0,35 \text{ daN/cm}^2$$

$$E = 10800 \text{ daN/cm}^2$$

$$G = 3600 \text{ daN/cm}^2$$

$$W = 1600 \text{ daN/m}^3$$

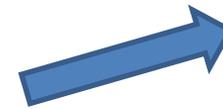
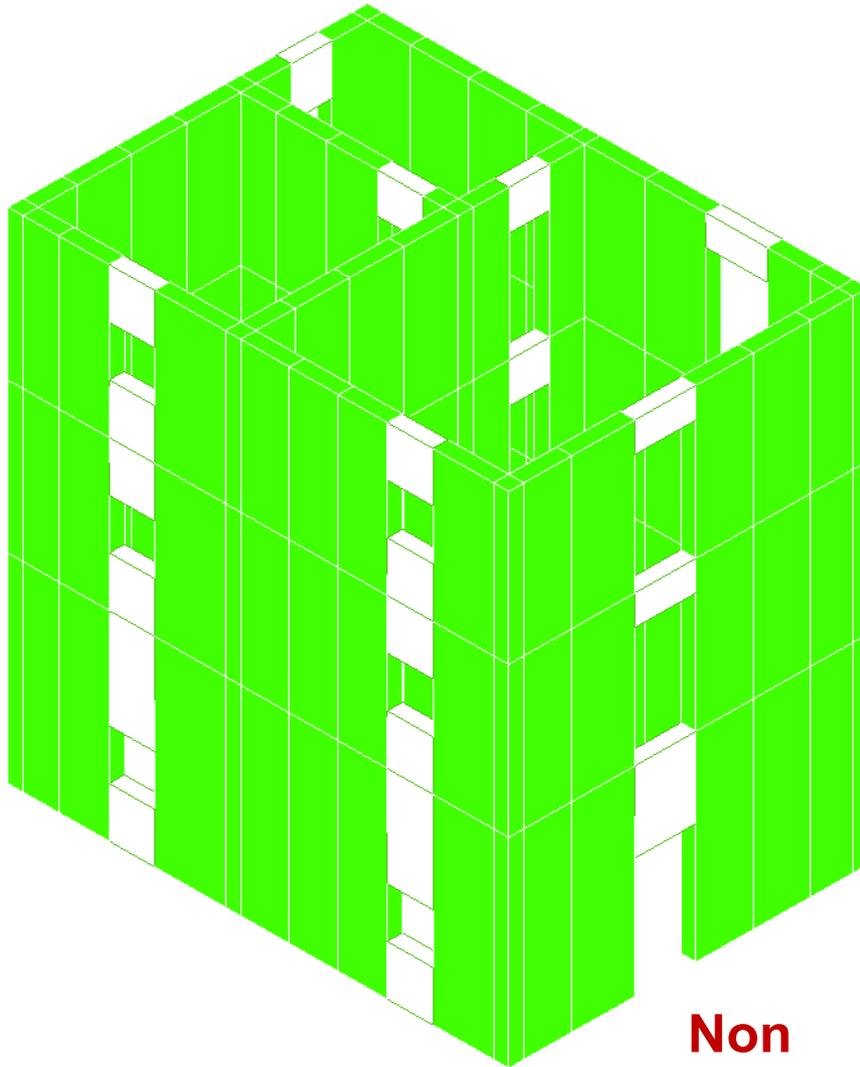
$$f_m / FC = 15,83 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_0 / FC = 0,29 \text{ daN/cm}^2$$

TIPOLOGIA MURATURA	f_m	τ_0	E	G	W
	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/m ³)
	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	10	0,20	6900	2300	1900
	18	0,32	10500	3500	
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	20	0,35	10200	3400	2000
	30	0,51	14400	4800	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	26	0,56	15000	5000	2100
	38	0,74	19800	6600	
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite ecc.)	14	0,28	9000	3000	1600
	24	0,42	12600	4200	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	60	0,90	24000	7800	2200
	80	1,20	32000	9400	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	24	0,60	12000	4000	1800
	40	0,92	18000	6000	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI)	50	2,40	35000	8750	1500
	80	3,20	56000	14000	
Muratura in blocchi laterizi forati (perc. foratura < 45%)	40	3,00	36000	10800	1200
	60	4,00	54000	16200	
Muratura in blocchi laterizi forati, con giunti verticali a secco (perc. foratura <45%)	30	1,00	27000	8100	1100
	40	1,30	36000	10800	
Muratura in blocchi di calcestruzzo (perc. foratura tra 45% e 65%)	15	0,95	12000	3000	1200
	20	1,25	16000	4000	
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (perc. foratura < 45%)	30	1,80	24000	6000	1400
	44	2,40	35200	8800	

Simboli: f_m = resistenza media a compressione
 τ_0 = resistenza media-caratteristica a taglio
E = modulo di elasticità normale
G = modulo di elasticità tangenziale
W = peso specifico

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura



**Muratura nuova
Poroton P800**



**Muratura
esistente
Tufo; LC2; FC =**



**Muratura
esistente
Tufo; LC2; FC =
1,2**

Non sono necessarie opere di adeguamento

Stima dei costi **LC 2**

PREZZARIO REGIONALE 2009

ART. 20.10.14: Prova con doppio martinetto piatto, finalizzata alla valutazione delle caratteristiche di deformabilità del paramento murario preso in esame. Da eseguirsi successivamente alla prova di cui alla voce 20.10.13. E' compreso nella prova l'onere per la realizzazione del secondo taglio parallelo al precedente e l'installazione di 3 basi di misura ortogonali ai tagli ed 1 base parallela ai tagli. Nel prezzo sono altresì compresi tutti gli oneri e magisteri per la preparazione del paramento murario ed il ripristino della muratura. ASTM C1197:1992.

2.050,00 cadauno

COSTO STIMATO PER I RILIEVI

€ 800,00

COSTO STIMATO PER LE INDAGINI:

- prova con doppio martinetto piatto

€ 2.050,00	LC1 + adeguamento	LC2
- analisi diffrattometrica ai raggi X Costo euro	11.350,00	3.100,00

€ 250,00

Esempio di sopraelevazione di un edificio esistente con struttura in muratura

C8A.1: Stima dei livelli di conoscenza e dei fattori di confidenza

C8A.1.A.4: Costruzioni in muratura: LIVELLO DI CONOSCENZA

LC 3 FC = 1,00

-Rilievo geometrico

-Verifiche in situ estese o esaustive sui dettagli costruttivi

-Indagini in-situ esaustive sulle proprietà dei materiali



- **prove con martinetto piatto doppio in numero sufficiente per valutare le caratteristiche meccaniche della muratura;**
- **prove di caratterizzazione della malta;**
- **prova di compressione diagonale o prova combinata di compressione e taglio.**

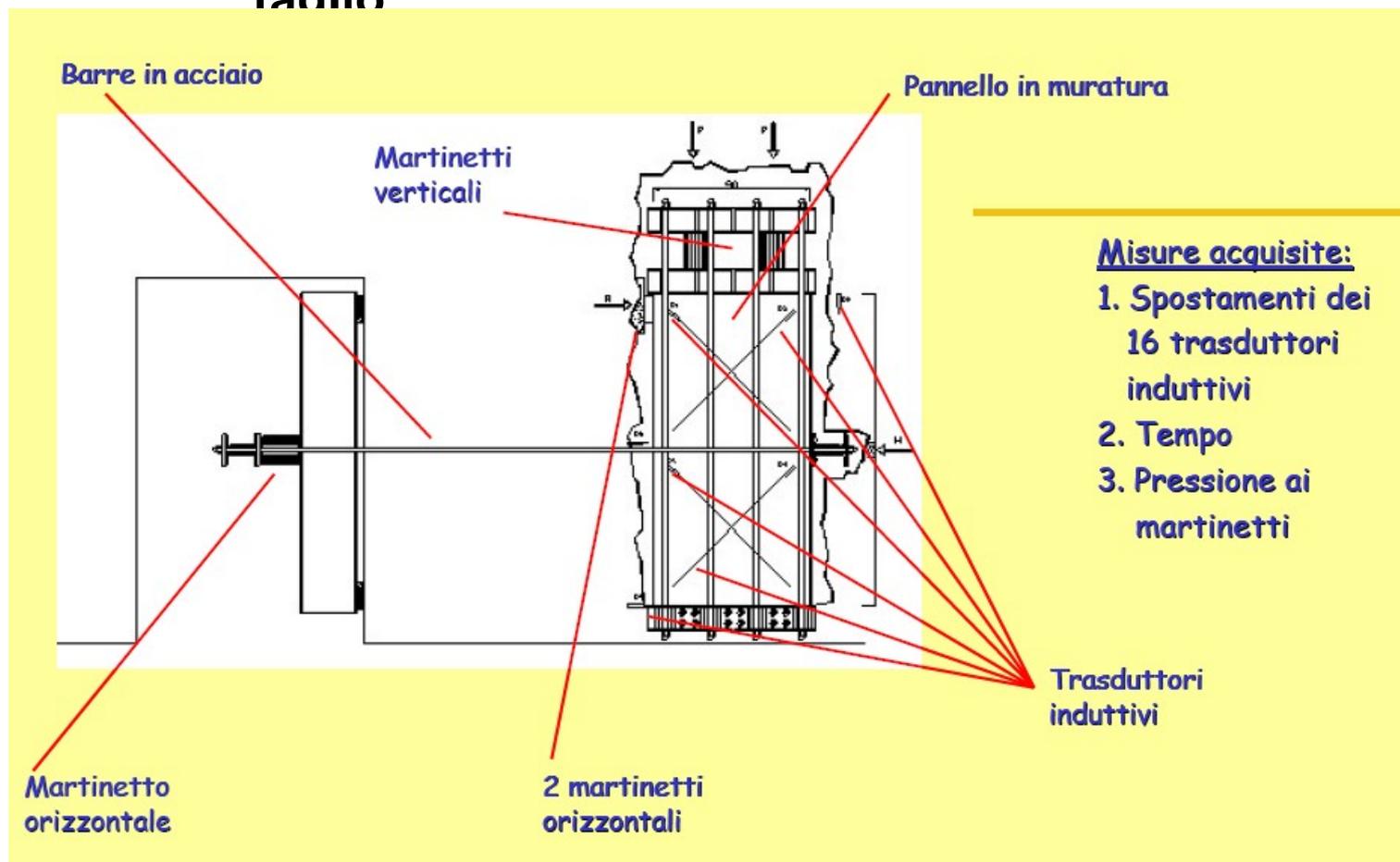
Indagini esaustive: prove eseguite in-situ o in laboratorio su elementi non disturbati prelevati dalle strutture dell'edificio

Prova di compressione diagonale



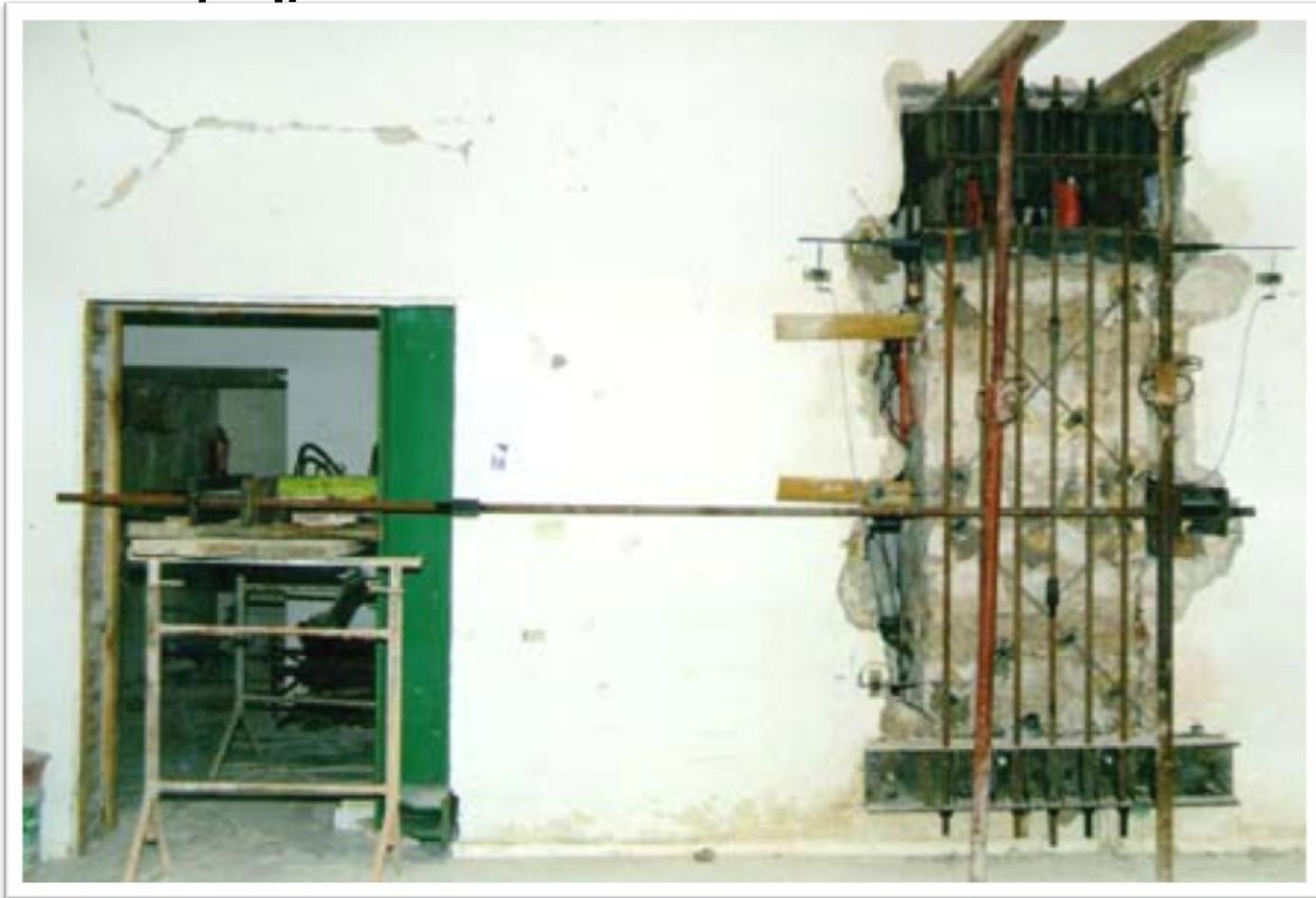
Indagini esaustive: prove eseguite in-situ o in laboratorio su elementi non disturbati prelevati dalle strutture dell'edificio

Prova combinata di compressione e taglio



Indagini esaustive: prove eseguite in-situ o in laboratorio su elementi non disturbati prelevati dalle strutture dell'edificio

Prova combinata di compressione e





Livello di conoscenza LC 3

3 valori sperimentali

- **Resistenze**: media dei risultati delle prove;
- **Moduli elastici**: media delle prove o valori medi degli intervalli riportati nella Tabella C8A.2.1;

2 valori sperimentali

- **Resistenze**: se il valore medio è compreso nell'intervallo riportato nella Tabella C8A.2.1 si assumerà il valore medio dell'intervallo, se è maggiore dell'estremo superiore dell'intervallo si assume quest'ultimo come resistenza, se è inferiore al minimo dell'intervallo, si utilizza come valore medio il valore medio sperimentale;
- **Moduli elastici**: media delle prove o valori medi degli intervalli riportati nella Tabella C8A.2.1;

1 valore sperimentale di resistenza

- **Resistenze**: se il valore di resistenza è compreso nell'intervallo riportato nella Tabella C8A.2.1, oppure superiore, si assume il valore medio dell'intervallo, se il valore di resistenza è inferiore al minimo dell'intervallo, si utilizza come valore medio il valore sperimentale;
- **Moduli elastici**: media delle prove o valori medi degli intervalli riportati nella Tabella C8A.2.1.

Tabella C8A.2.1

PARAMETRI MECCANICI

TIPOLOGIA MURATURA	f_m	τ_0	E	G	W
	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(daN/m ³)
	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	10	0,20	6900	2300	1900
	18	0,32	10500	3500	
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	20	0,35	10200	3400	2000
	30	0,51	14400	4800	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	26	0,56	15000	5000	2100
	38	0,74	19800	6600	
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite ecc.)	14	0,28	9000	3000	1600
	24	0,42	12600	4200	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	60	0,90	24000	7800	2200
	80	1,20	32000	9400	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	24	0,60	12000	4000	1800
	40	0,92	18000	6000	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI)	50	2,40	35000	8750	1500
	80	3,20	56000	14000	
Muratura in blocchi laterizi forati (perc. foratura < 45%)	40	3,00	36000	10800	1200
	60	4,00	54000	16200	
Muratura in blocchi laterizi forati, con giunti verticali a secco (perc. foratura <45%)	30	1,00	27000	8100	1100
	40	1,30	36000	10800	
Muratura in blocchi di calcestruzzo (perc. foratura tra 45% e 65%)	15	0,95	12000	3000	1200
	20	1,25	16000	4000	
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (perc. foratura < 45%)	30	1,80	24000	6000	1400
	44	2,40	35200	8800	

Simboli: f_m = resistenza media a compressione
 τ_0 = resistenza media-caratteristica a taglio
 E = modulo di elasticità normale
 G = modulo di elasticità tangenziale
 W = peso specifico

$$f_{m,1} = 22 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{m,2} = 25 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{m,3} = 22 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{m, \text{media}} = 23 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_{0,1} = 0,39 \text{ daN/cm}^2$$

$$E = 10800 \text{ daN/cm}^2$$

$$G = 3600 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_m / FC = 23,00 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_0 / FC = 0,35 \text{ daN/cm}^2$$

Stima dei costi LC 3

COSTO STIMATO PER I RILIEVI

€ 800,00

COSTO STIMATO PER LE INDAGINI:

- 3 prove con doppio martinetto piatto

€ 6.150,00

	LC1 + adeguamento	LC2	LC3
- analisi diffrattometrica ai raggi X Costo euro	11.350,00	3.100,00	11.200,00

€ 4.000,00

TOTALE

€ 11.200,00



CONSIDERAZIONI CONCLUSIONI

- Impostazione innovativa delle norme;
- Importanza dei dati sperimentali;
- Integrazione tra progettazione strutturale e architettonica;
- Progettare le prove sulla base di simulazioni;
- Il livello di conoscenza LC 2 ha un ottimo rapporto qualità/prezzo;
- Il livello di conoscenza LC 3 richiede uno sforzo eccessivo rispetto al beneficio che se ne ricava;
- IN MEDIO STAT VIRTUS.

Grazie per l'attenzione!

