

INDICE

1. ANALISI TIPOLOGICA – STRUTTURALE DELL’EDILIZIA DI SERRADIFALCO

2. TIPOLOGIE STRUTTURALI

2.1 Murature

2.2 Solai

2.3 Volte

2.4 Coperture

3. INDAGINI SPERIMENTALI SU CAMPIONI DI MURATURA

3.1 Caratteristiche meccaniche del gesso

3.1.1 Resistenza a flessione o a trazione indiretta per flessione

3.1.2 Prova di compressione

3.2 Prova di compressione su campioni di muratura

3.2.1 Scopo della prova

3.2.2 Confezione dei campioni

3.2.3 Apparecchiature di prova

3.2.4 Svolgimento delle prove

3.2.5 Risultati ottenuti

4. LA RISPOSTA DELLE COSTRUZIONI SOTTO LE AZIONI PREVEDIBILI

1. ANALISI TIPOLOGICA – COSTRUTTIVA DELL'EDILIZIA DI SERRADIFALCO

L'evoluzione tipologica dell'edilizia abitativa di Serradifalco, si attua nell'ambito di un lento e graduale percorso in cui la crescita edilizia è connessa ad un naturale miglioramento della qualità abitativa dell'intero paese.

L'elevazione a comunità del Casale già esistente, nell'attuale territorio di Serradifalco, da parte del neo barone Leonardo Lo Faso, segnò il primo impianto urbanistico dell'attuale cittadina.

Le esigenze da soddisfare erano soltanto connesse all'attività agricola del paese, non essendovi alcuna necessità di realizzare un impianto urbanistico difensivo.

Le strade erano dritte ed i lotti delle case venivano disposti secondo uno schema di planimetria ortogonale. Ad un'aggregazione spontanea si contrapponeva così una geometrica orditura, una regolarità del tessuto urbano organizzato in prossimità delle emergenze monumentali del paese: la chiesa ed il palazzo.

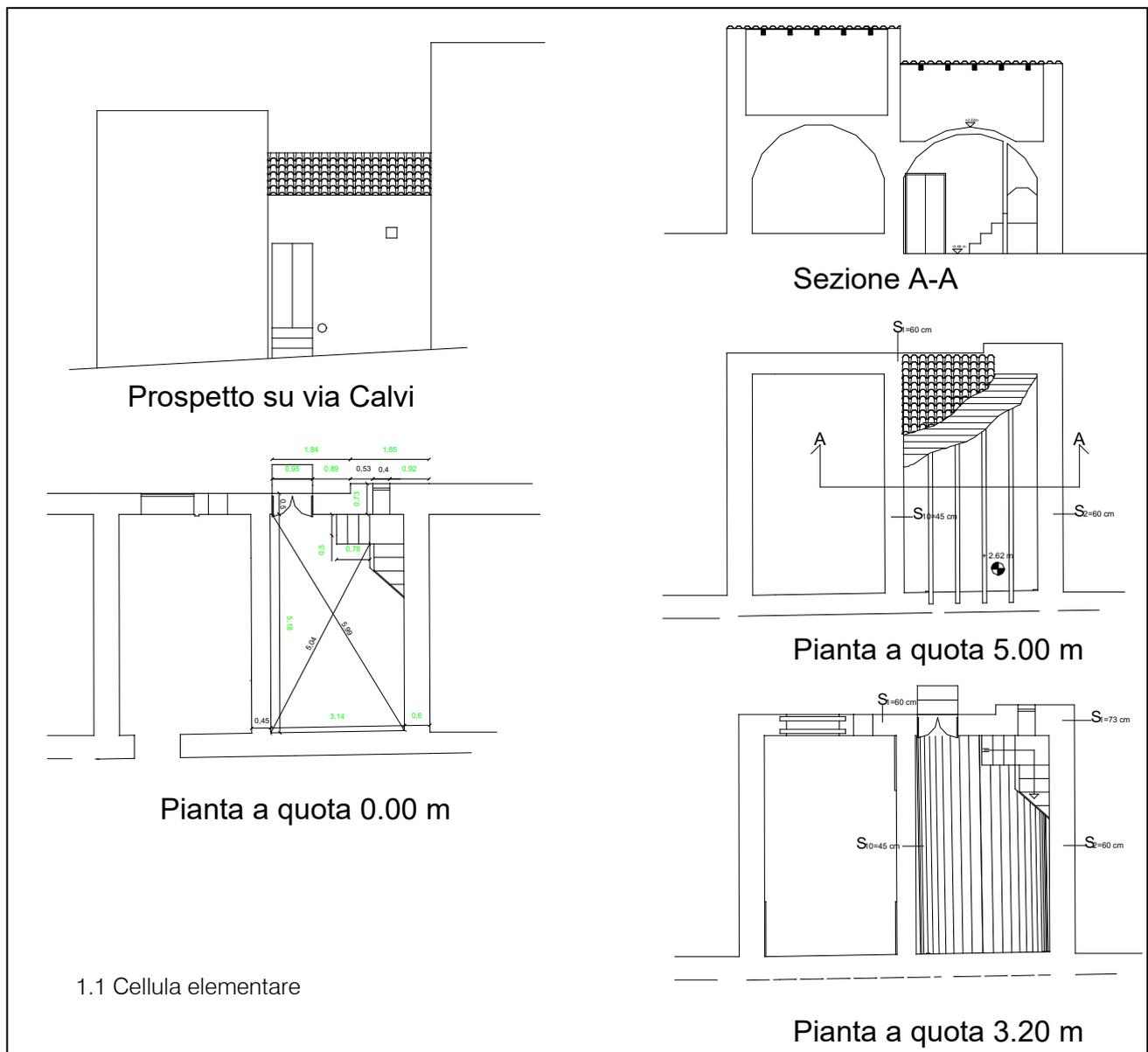
In particolare il barone Lo Faso dovendo costruire, secondo gli accordi presi, le case da destinare ad abitazione, tutte a proprie spese, individuò come sistema più idoneo quello a spina, che offriva indubbi vantaggi economici nella realizzazione delle stesse.

Tale sistema si sviluppa secondo un muro centrale a cui si appoggiano le cellule con fronte unico simmetrico rispetto allo stesso.

Dall'esame della planimetria del paese si individuano i lotti ordinati secondo la pianta ortogonale in quelli delimitati dalla via Calvi e dalla via Di Marco. Analizzando le piante delle singole abitazioni si possono scorgere alcuni caratteri fondamentali dell'edilizia del luogo, in quanto essendo questo il quartiere più antico, conserva ancora importanti tracce del suo sviluppo (vedi tav. 1).

La distribuzione interna dell'abitazione monocellulare terranea era concepita secondo un unico ambiente rettangolare di circa 20 mq, con lato lungo ortogonale al prospetto su strada, in cui si consumava per intero la vita familiare. Tale vano è sormontato da una volta a semplice curvatura estradossata con direttrice perpendicolare alla strada, mentre la copertura, ad unica falda, è realizzata con travi in legno in semplice orditura e coppi. L'ambiente ricavato tra l'estradosso della volta e la copertura in legno costituisce uno spazio molto diffuso nell'edilizia di Serradifalco destinato al deposito di paglia e di materiale da lavoro ed utilizzato anche per creare un'intercapedine ventilata coibente. Al sottotetto, che ha un'altezza variabile tra i 50 cm ed i 150 cm, si accede attraverso una scala in muratura ad un'unica rampa con invito lungo il prospetto su strada che si sviluppa interrompendo la continuità della volta a botte ed è sostenuta da un arco rampante.

Successivamente si sviluppò una tipologia edilizia a due elevazioni quasi sempre ottenuta dalla sopraelevazione delle case terranee. L'operazione consisteva nel prolungare la scala, costruire un



soffitto lasciando intatte le volte in gesso ed alzare i muri e la copertura. In molti casi i piani superiori venivano coperti da una finta volta in canne e gesso.

Non è raro però, riscontrare anche sviluppi in orizzontale delle abitazioni originarie che si sono accresciute inglobando cellule contigue e collegandole attraverso l'apertura di piccoli vani ricavati nel muro di separazione. Tuttavia, oggi, interventi radicali hanno portato alla demolizione della cellula base o ad una sopraelevazione, ed alla realizzazione di nuovi edifici che mantengono inalterata la concezione funzionale dell'abitazione, utilizzando però, tecniche e materiali diversi da quelle tradizionalmente adoperati.

Un successivo e più significativo sviluppo di Serradifalco si ha in seguito al prosciugamento dell'area malarica della fiumara che scendeva lungo il corso Garibaldi e via Roma, gettando le

acque nel lago Cuba. La distribuzione planimetrica è ancora regolare, ma le case sono costruite da privati in ordine alle proprie facoltà economiche. La residenza diventa così mezzo di diversificazione sociale ed acquista maggiore importanza. Questa ospita in genere un solo nucleo familiare e si sviluppa su due o tre livelli collegati tra loro da scale lineari o al più con un tratto girante in corrispondenza del raccordo delle due rampe. Le scale, dal punto di vista morfologico e strutturale, sono viste solamente come elemento di collegamento tra i vari piani, costruite su archi rampanti, oppure incassate, con volte, in genere, a semplice curvatura con direttrice inclinata ed appoggiate a due sostegni continui paralleli alla linea di calpestio. Tali tipologie sono le più frequenti in quanto presentano requisiti di leggerezza e semplicità costruttiva, ma soprattutto sfruttano unicamente il gesso, il materiale più diffuso a Serradifalco. Gli edifici di tale zona di accrescimento del paese oggi pervenuti, hanno subito notevoli rimaneggiamenti nel tempo, complicando notevolmente una lettura del lessico costruttivo del luogo. Tuttavia dall'esame delle permanenze dell'edilizia storica della zona è possibile dedurre che le tecniche costruttive ed i materiali impiegati furono quelli classici della tradizione di Serradifalco, ma con spessori murari più consistenti mentre le volte assunsero geometrie più complesse passando da quella a botte che aveva caratterizzato la cellula elementare della zona precedente a volte a crociera ed a padiglione. (tav. 2)

Una successiva zona di sviluppo, prima destinata a pascolo, è quella a sud e ad est delle due precedentemente indicate che comprendeva anche il Calvario. In questa ultima zona, col passare del tempo, le mutate condizioni economiche del paese determinò la costruzioni di case sparse, costruite in economia dagli stessi proprietari del suolo. Il risultato fu una serie di case accostate, disordinate e separate da viuzze strette e contorte, con irte salite oggi in parte sostituite da scalinate. In questa zona le tipologie abitative più ricorrenti si sviluppano a "spina" tra scalinate e strade in forte pendenza. Nei singoli corpi di fabbrica sono distribuite diverse unità abitative monocellulari ed indipendenti. Alcune sono dislocate a piano terra, altre sono raggiungibili tramite scale esterne o interne. Il tipo di dimora più comune della zona è realizzata con muri di spessore maggiore rispetto a quello riscontrato nelle altre zone del paese ed i materiali impiegati sono pietre grezze di gesso e/o di calcare, di piccola pezzatura, di buone proprietà meccaniche, e la malta di gesso. Le pareti sono rivestite da intonaco di calce steso orizzontalmente, in più punti fortemente degradato sino a lasciare a vista lo scheletro murario. Internamente le singole abitazioni sono strette ed allungate con coperture a volta, a botte o a crociera, con sottotetti e catoi (spazi accessibili tra le volte e le controvolte realizzate alle reni) utilizzati come depositi di materiale vario. I recenti interventi di ristrutturazione effettuati nella zona hanno comportato la demolizione delle volte e l'inserimento di strutture intelaiate in conglomerato cementizio armato all'interno dello scheletro murario e la realizzazione di orizzontamenti laterocementizi. Tuttavia, le numerose permanenze storiche sono

pervenute conservando tutti i caratteri tipici del lessico costruttivo di tale zona riconducibile ad una “edilizia spontanea”. (tav.3).

Un’ulteriore zona del centro storico è quella compresa tra la via Sferrazza, la Piazza S. Francesco e la via Crucillà. Questa per l’orografia del sito, la spontaneità delle abitazioni, e la fattura delle opere murarie, presenta molte analogie con la zona del Calvario. Le abitazioni più antiche non prospettano direttamente su strada e non hanno una propria area di pertinenza ma condividono con altre case uno spazio libero antistante, il cortile. Le abitazioni che si sono diffuse in tale zona sembrerebbero riconducibili alle case a due livelli. Tutte le trasformazioni ulteriori avvengono mediante la rifusione, il frazionamento o la sopraelevazione di tali edifici. Le abitazioni storiche presentano uno stato di degrado molto avanzato e parecchie denunciano gravi fenomeni d’instabilità strutturale. Numerosi sono stati gli interventi di consolidamento e riabilitazione strutturale effettuate con tecniche non riconducibili al lessico costruttivo tradizionale. Frequenti sono anche le nuove costruzioni realizzate con materiali e tecniche attuali (tav.4).

2. TIPOLOGIE STRUTTURALI

I caratteri costruttivi che contraddistinguono l'edilizia in Serradifalco sono interamente legati ai materiali reperibili in sito. Dall'analisi eseguita sull'edilizia storica emerge, infatti, una assoluta semplicità costruttiva legata al ricorso quasi esclusivo al pietrame informe, determinato non da una scelta tecnica ma dalla mancanza di altro materiale economico e facilmente lavorabile.

Altro elemento caratterizzante le costruzioni è il gesso che per l'elevata diffusione sul territorio costituisce, anche se non frequentemente, l'altro tipo di pietrame impiegato ed il legante quasi esclusivamente utilizzato per la realizzazione delle strutture verticali e degli orizzontamenti a volta. A tali materiali si aggiunsero alla fine dell'ottocento l'acciaio e il laterizio. In definitiva nel costruito storico di Serradifalco, le strutture verticali portanti consistono in un apparecchio murario composto di pietra calcarea e/o pietra di gesso e legante di gesso; le strutture orizzontali sono costituite da volte in gesso a botte, a crociera e a padiglione a testimonianza di una tradizione costruttiva unica e tramandata nel tempo comune all'intero territorio del Nisseno, determinata dallo scarso sviluppo della siderurgia nella zona, dalla quasi mancanza di viabilità, di mezzi di trasporto e soprattutto di legname, elementi questi che hanno indotto all'uso del gesso anche per gli orizzontamenti.

Le coperture sono realizzate da elementi strutturali in legno e da coppi in laterizio.

2.1 MURATURE

I muri riscontrati nel territorio di Serradifalco sono prevalentemente di pietrame informe di pezzatura irregolare (calcare compatto del luogo, gesso) per forma e dimensioni, detriti, scapoli di cava, ciottoli interi e spaccati. La tecnica di realizzazione è simile in tutta la provincia del Nisseno. La qualità della muratura realizzata varia in funzione dell'importanza dell'opera, della sua destinazione d'uso, nonché della sua localizzazione.

La costruzione dell'apparecchio murario seguiva una prassi costruttiva consolidata nelle maestranze locali riscontrabile negli edifici esistenti che definisce la *regola d'arte*.

Il cantiere organizzato per la realizzazione del muro prevedeva un numero minimo di tre operai ad ognuno dei quali era affidato un preciso compito. Il fattore condizionante nella costruzione dell'elemento strutturale era rappresentato dall'uso preponderante del gesso quale legante che a causa dei ridotti tempi di presa ed indurimento costringeva a rapidi tempi di esecuzione.

L'apparecchio murario era eseguito contemporaneamente da due operai che realizzavano i due paramenti opposti, mentre il terzo aveva il ruolo di impastare il gesso in piccole quantità e fornirlo ai due "*mastri*". Gli operai facevano scarso uso di attrezzature da cantiere ed utilizzavano le mani sia per l'impasto del legante che per la sua messa in opera .



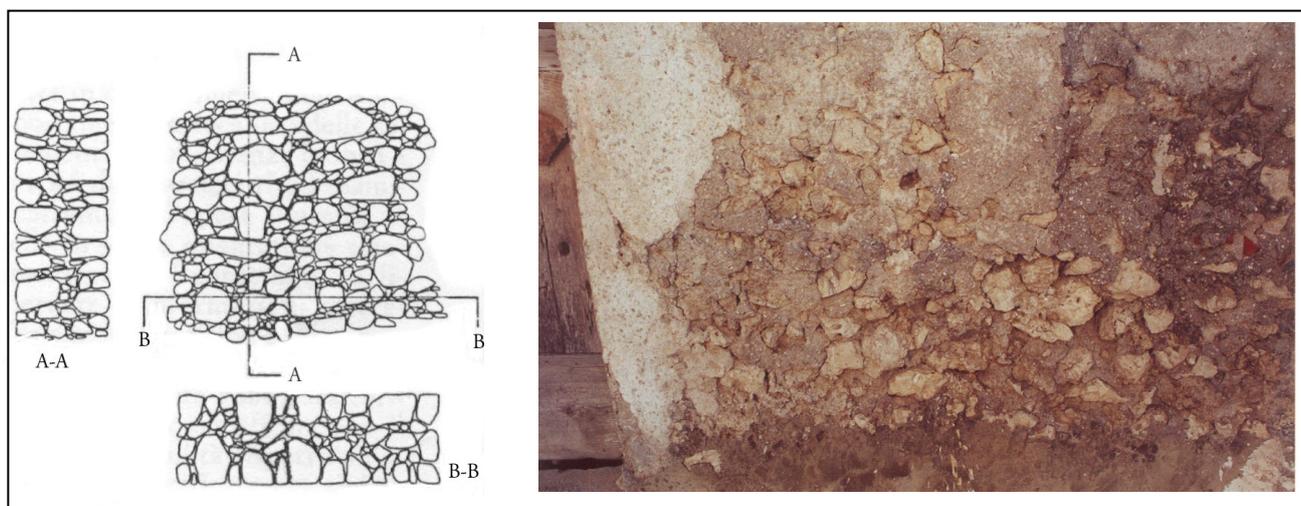
2.1 Messa in opera del gesso e del pietrame

La regola prevedeva la posa in opera di conci non sbozzati di diversa pezzatura per fasce di 50 - 70 cm (in funzione della quantità di impasto disponibile) in altezza a cui seguiva l'esecuzione di un

ripianamento orizzontale con pietre di piccolo taglio e la stesura di uno strato di gesso per compensare l'irregolarità delle pietre più grandi. La cura messa nella costruzione del muro era diversa a seconda della disponibilità economica del committente. Infatti, anche se le murature venivano sempre realizzate disponendo prima le pietre formanti i paramenti, il riempimento del nucleo poteva essere formato da materiali più poveri quali i quelli di scarto: "*stirraru*" (materiale provenienti dalle discariche); "*issotte*" (gesso indurito proveniente dalla demolizione di altre strutture murarie); "*issotte crude*" (provenienti dalla cottura della pietra da gesso ma scartato perché crudo). La monoliticità della muratura era affidata alla presenza di collegamenti trasversali dovuti a pietre con "*code*".

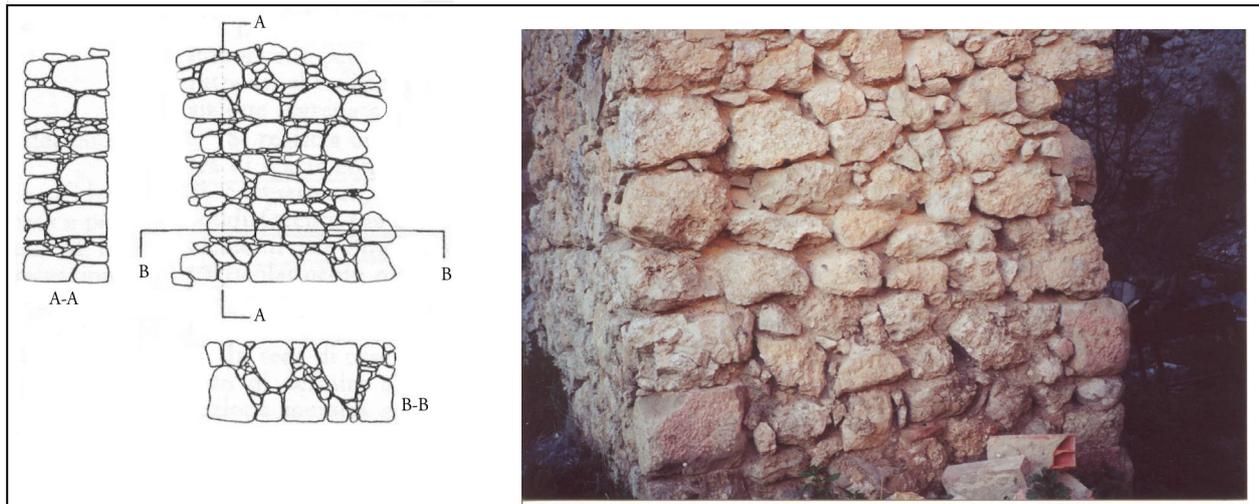
Le tipologie di muratura riscontrate possono ricondursi ai seguenti quattro tipi:

- 1) *Muratura di pietrame informe costituito da pietre di piccole dimensioni apparecchiate in maniera irregolare e legate con gesso.*



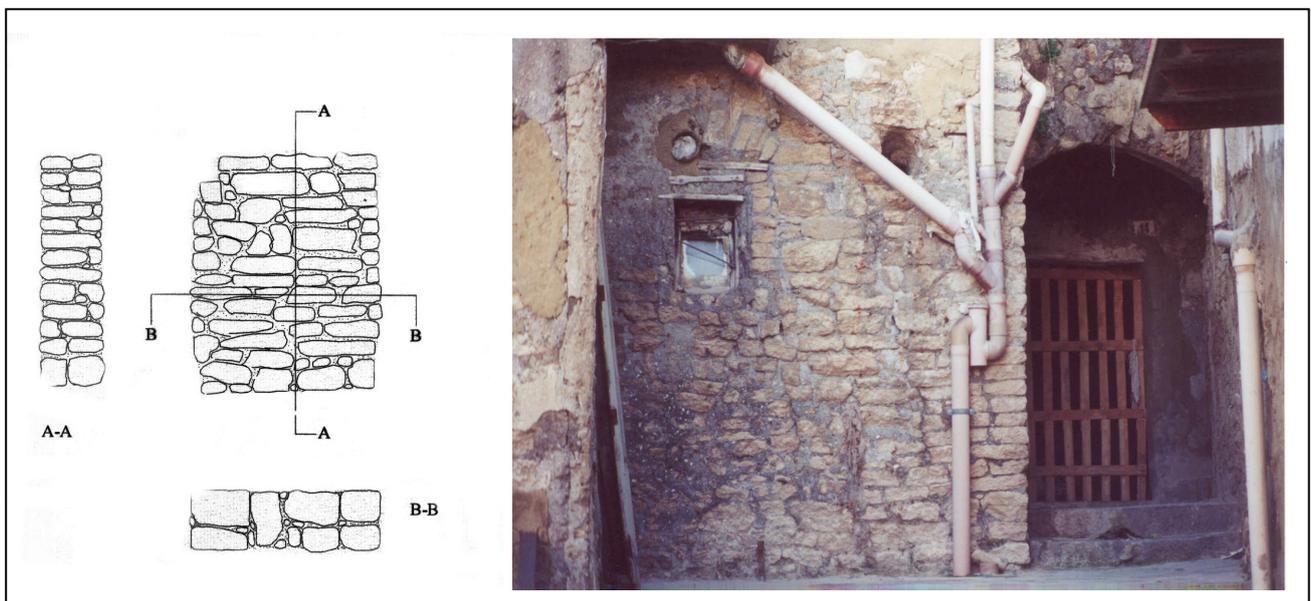
2.2 Muratura costituita in prevalenza da pietre di scarsa consistenza e di piccola pezzatura, priva di ripianamenti orizzontali, con rari casi di pietre poste di punta.

2) Muratura di pietrame informe costituita da pietre di grandi dimensioni con presenza di ripianamenti orizzontali legata con gesso.



2.3 Muratura composta da pietra informe di grandi dimensioni, di consistenza media, con ripianamenti orizzontali e con elementi posti di punta "code" che collegano quasi per intero la sezione trasversale conferendo alla stessa un comportamento monolitico.

3) Muratura in pietrame di gesso e legante di gesso.



2.4 Muratura composta da lastre di gesso di buona consistenza e con ripianamenti orizzontali.

4) *Muratura di pietra squadrata con giunti di malta.*



2.5 Muratura composta da conci squadrati di calcarenite (Sabucina) utilizzati soprattutto per l'edilizia commissionata dalla nobiltà locale.

2.2 SOLAI

L'uso quasi esclusivo del gesso quale materiale da costruzione, come già detto, è una caratteristica peculiare del sito. Tale caratteristica, unitamente alle difficoltà di reperimento di altri materiali da costruzione, nel passato, ha determinato la preferenza di orizzontamenti voltati in gesso. Tuttavia esiste una piccola percentuale di abitazioni in cui si riscontrano strutture orizzontali lignee o in acciaio e laterizio. I solai lignei sono costituiti, nella maggior parte dei casi, da un'unica orditura di travicelli orientata secondo il lato corto della cellula su cui è direttamente chiodato il tavolato, mentre la finitura d'estradosso presenta una pavimentazione su massetto.

Più raramente, nelle cellule di dimensioni maggiori, si riscontrano degli orizzontamenti lignei a doppia orditura di travicelli e travi maestre. In molti casi l'orditura primaria di questi solai è formata da una sola trave rompitratta inserita successivamente come rinforzo strutturale di travi particolarmente inflesse e/o ammalorate che originariamente costituivano un'orditura semplice. Questa tipologia è facilmente individuabile in quanto presenta un'orditura di travicelli continua al di sopra della trave di rinforzo.

Tutte le tipologie di solai lignei mostrano comunque le teste delle travi ordinariamente murate nelle loro sedi senza alcun accorgimento che possa proteggerle dalla marcescenza, con grave rischio per la stabilità strutturale dell'intero solaio.

Altro tipo di orizzontamento è quello realizzato con putrelle in acciaio a doppio T orientate secondo il lato minore della cellula e tavelloni in laterizio. Questa tipologia di solaio ha avuto una maggiore diffusione soprattutto negli interventi di sopraelevazione di cellule elementari in cui gli orizzontamenti voltati in gesso venivano demoliti e sostituiti da quelli in acciaio per sfruttare maggiore spazio in elevazione. L'uso di tali solai, però, comporta problemi di compatibilità con i materiali costituenti la muratura ed in particolare con i solfati presenti in essa che portano l'acciaio delle putrelle ad ossidarsi rapidamente in corrispondenza degli appoggi. Tale fenomeno tuttavia si attenua se le murature non sono umide ed è predisposta un'adeguata impermeabilizzazione sulle teste delle travi.

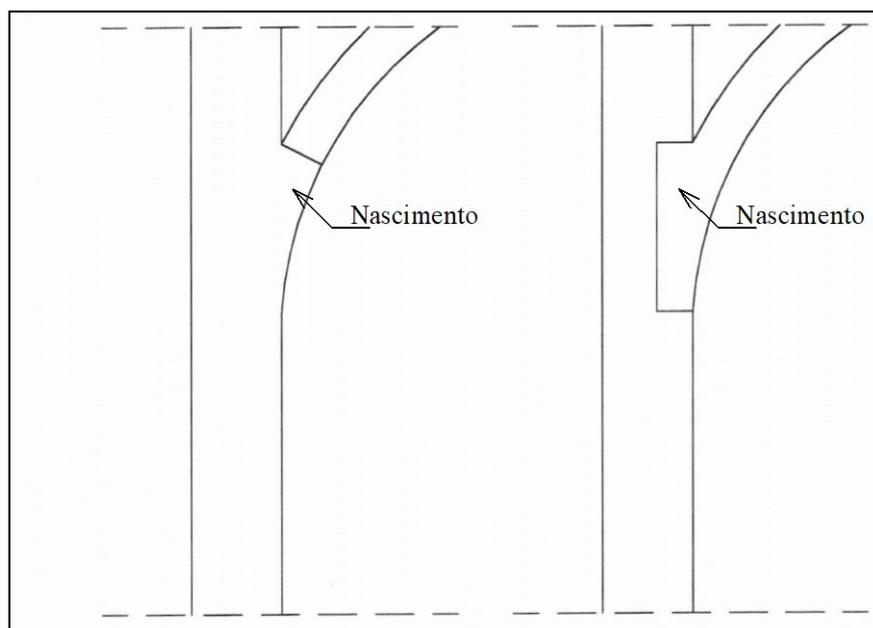
2.3 VOLTE

Come già detto precedentemente, caratteristica dominante per le strutture orizzontali è la presenza di volte a semplice e a doppia curvatura poste a copertura di vani e androni di palazzi signorili: volte a botte, volte a crociera, volte a schifo, volte a padiglione, volte a botte con teste di padiglione, volte a botte lunettate e volte a vela.

Nella realizzazione delle volte erano previste tre fasi:

- a) Costruzione delle pareti di sostegno sino alla quota d'imposta della volta.
- b) Costruzione delle centine.
- c) Realizzazione della volta.

Nella prima fase particolare attenzione era rivolta alla realizzazione dei nascimenti della volta o "*tirzi*" che potevano essere sporgenti rispetto al paramento del muro o incassati.

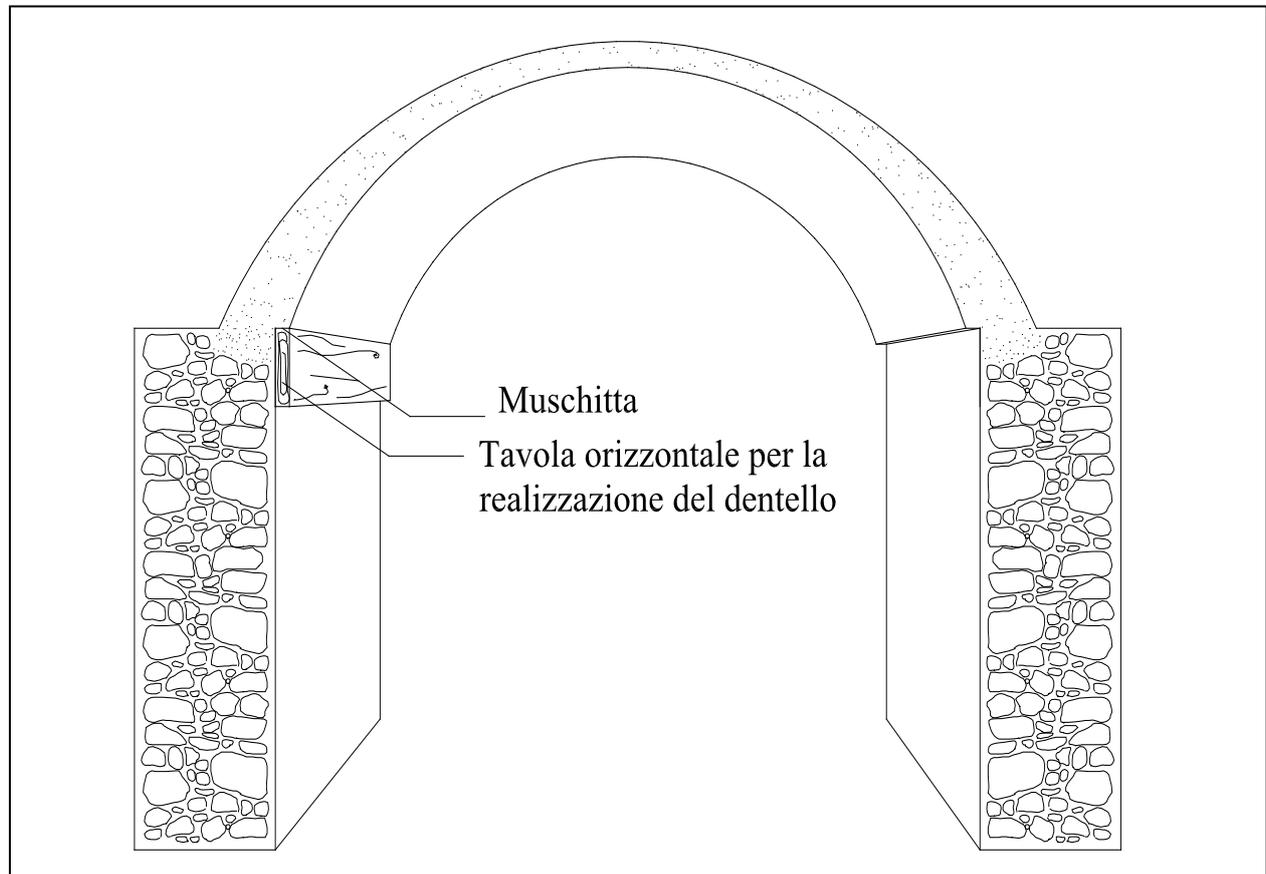


2.5 Nascimenti della volta

Per ragioni estetiche veniva fatto all'imposta della volta un dentello o "*muschitta*", consistente in una sporgenza di due o tre centimetri dell'intradosso della volta rispetto al paramento del muro o viceversa del paramento del muro rispetto alla volta.

Le pareti portanti le volte erano solitamente con paramenti verticali, ma in alcuni casi, si è riscontrata la presenza di muri di spessore variabile linearmente con l'altezza ad indicare chiaramente come i maestri voltai conoscessero il comportamento statico delle volte. In questi muri la rastremazione fatta in contropendenza sul paramento esterno era ottenuto per mezzo dello "*arricunnu*", attrezzo costituito da un cuneo tronco trapezoidale che veniva appeso mediante una

cordicella al piombo, che assicurava la verticalità del paramento interno del muro, mentre il cuneo inclinato serviva per determinare l'inclinazione del paramento esterno "acquintatura". Questi muri così rastremati o "acquintati" funzionavano come contrafforti continui per ridurre l'effetto delle spinte.



2.5 Rappresentazione di una volta in gesso

All'ultimo piano si costruivano volte più leggere non praticabili che avevano soltanto la funzione di copertura del vano. Tali volte nella maggior parte dei casi erano semplici controsoffitti a volta.

La costruzione delle centine, in un primo periodo affidata ai mastri voltai, venne in seguito demandata ai falegnami. La loro esecuzione era in funzione dell'importanza dell'opera, per cui venivano costruite interamente nel caso di edifici per committenti facoltosi, mentre si utilizzavano porzioni di centine per un'edilizia più economica.

Costruite le centine si posizionava il "manto", costituito da listelli di piccola larghezza o da canne sul quale veniva steso un sottile di sabbia fine o paglia per agevolare il disarmo.

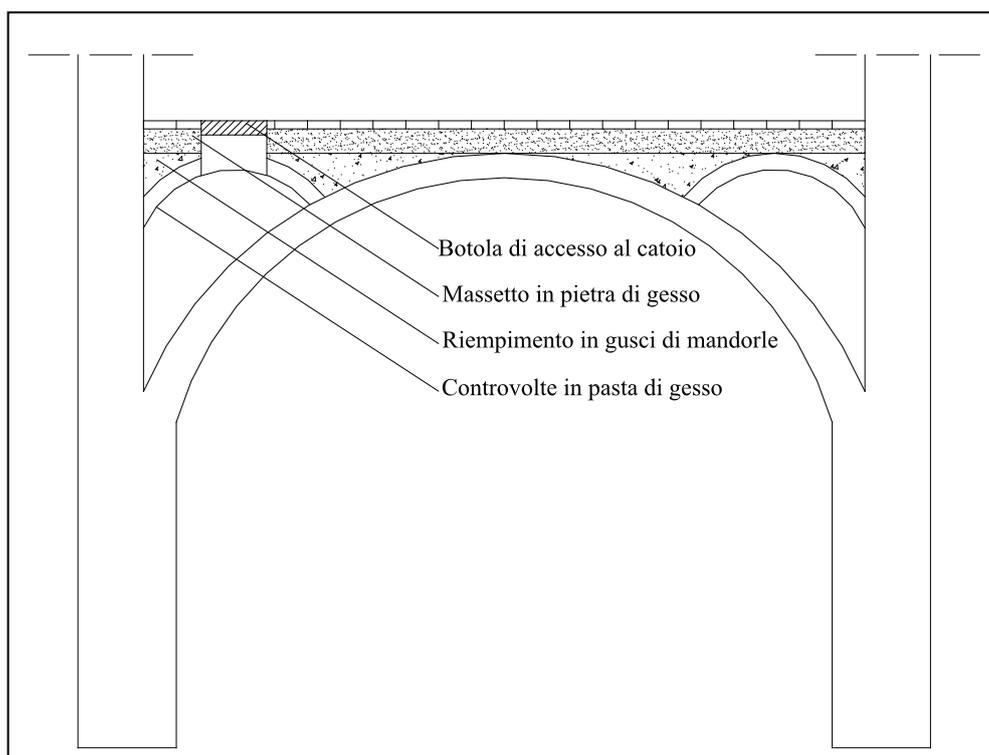
Posizionata la centina alla quota di imposta della volta si divideva la monta in tre parti per fissare "u tirzu"; si completavano i muri fino al nascimento e quindi si realizzava la volta procedendo da entrambe le imposte verso la sommità.

La quantità di acqua che si adoperava per l'impasto del gesso variava a seconda della resistenza che si voleva ottenere: se era necessaria un'elevata resistenza si aggiungeva al gesso un quantitativo di acqua appena sufficiente per dare all'impasto la plasticità necessaria affinché potesse essere messo in opera, operazione questa che era chiamata dai muratori "impastare duro"; quando si metteva più acqua, "impastare mollo", si otteneva una minore resistenza del gesso si aveva il vantaggio di allungare il tempo di presa.

Il gesso per la costruzione delle volte si impastava usando due parti di gesso ed una di acqua in modo da ottenere una malta plastica. La realizzazione della volta avveniva versando uno strato di gesso di 2-3 cm sul manto della centina; si disponevano quindi degli elementi di piccola pezzatura, le cosiddette "issotte" o "issotte crude", che svolgevano la funzione del pietrame.

Un'ulteriore colata di gesso riempiva gli spazi tra le issotte e completava lo spessore della volta definendone così l'estradosso che veniva successivamente regolarizzato con gesso semi-liquido steso con un fratazzo curvo fino a rendere sufficientemente liscia la superficie dello stesso. Dopo un paio d'ore la volta poteva essere disarmata.

In genere per volte che dovevano coprire una luce media di 5-6 mt., si partiva da uno spessore di 25-30 cm all'imposta per arrivare ad uno spessore di circa 10 cm in chiave. Nel caso in cui si doveva realizzare un piano calpestabile al di sopra della volta si procedeva al riempimento dei vuoti



2.6 Volta in gesso e controvolte

estradosali con materiale leggero (gusci di mandorle, noci secche etc.) o, soprattutto per le volte a monta media ed a monta alta, alla realizzazione di controvolte che consentivano lo sfruttamento

dello spazio tra l'intradosso delle stesse e l'estradosso della volta. Si creavano così i cosiddetti “*catoi*” accessibili mediante botole, utilizzati per la conservazione di grano, legumi e attrezzi da lavoro.



2.7 Orizzontamento con volte e controvolte



2.8 Particolare di una controvolta in gesso

2.4 COPERTURE

La geometria delle coperture di Serradifalco è intimamente connessa alla struttura monocellulare dell'edilizia abitativa sviluppatasi nel paese. Le singole unità abitative si articolano secondo lotti stretti ed allungati che presentano il lato lungo perpendicolare al prospetto su strada. Nei casi di ampliamento dell'unità edilizia la direttrice principale di sviluppo è quasi sempre quella verticale, per cui la geometria di copertura prevalente, considerata la ridotta dimensione delle cellule, è quella ad uno spiovente. Nei casi invece, di inglobamento di una unità contigua si preferiva coprire queste



2.8 Copertura a falda unica a doppia orditura

cellule con un tetto ad una falda anziché costruirne uno a due spioventi che avrebbe dato uniformità al manufatto assemblato.

Le strutture di copertura più frequenti sono costituite da un'orditura semplice con un interasse ridotto, composta da travi di piccola sezione a giacitura orizzontale o inclinata che poggiano direttamente sulla muratura e sulle quali è chiodato un sottomanto costituito da canne legate. Su questo è steso un sottile strato di gesso. Un manto di coppi completa la copertura.

Queste strutture presentano due caratteristiche

fondamentali: la leggerezza, che minimizza l'effetto spingente delle travi sulla sommità dei muri; un'elevata capacità di coibentazione per la presenza dei sottotetti,

vani ricavati tra le volte e le falde, accessibili esclusivamente da scale interne, destinati al deposito di paglia e di attrezzi da lavoro. In altri casi il sottotetto, soprattutto per unità edilizie a più

elevazioni si sviluppava tra la copertura ed un controsoffitto voltato costituito da un manto di canne chiodate ad un'intelaiatura di centine.

Si riportano di seguito le tipologie di copertura riscontrate:

- 1) Copertura a falda unica composta da un'orditura semplice di travi a giacitura orizzontale o inclinata.
- 2) Copertura a falda unica con struttura a doppia orditura, con trave principale a giacitura orizzontale e orditura secondaria inclinata secondo la pendenza
- 3) Copertura a doppia falda e doppia orditura con trave di colmo orizzontale e orditura secondaria inclinata secondo la pendenza.

3. INDAGINI SPERIMENTALI SU CAMPIONI DI MURATURA

Le murature esaminate nel territorio di Serradifalco, diversificate sulla base dell'apparecchio murario, sono state raggruppate in 4 tipologie. Trascorrendo la muratura realizzata in conci squadrate di calcarenite provenienti dal territorio Nisseno e denominata "sabucina" (di ottime caratteristiche meccaniche), le altre tipologie sono formate con pietrame informe. E' su queste ultime murature che si pone l'attenzione considerata la loro diffusione in Serradifalco.

La caratteristica di buona qualità di una muratura è legata essenzialmente alla maggiore o minore presenza di pietre di grandi dimensioni che impegnano l'intero spessore, alla corretta disposizione delle stesse e all'ingranamento. Altro elemento determinante per la qualità di una muratura è il legante, la cui funzione, però, deve essere essenzialmente quella di regolarizzare ed accrescere il contatto tra le pietre consentendo, così, una maggiore diffusione dei carichi. L'importanza del legante, pertanto, è tanto maggiore quanto minore è la dimensione delle pietre in rapporto allo spessore del muro poichè ad esso è affidata la funzione di realizzare la monoliticità dello stesso.

Un buon ingranamento tra le pietre è dunque garanzia di resistenza e di buone capacità prestazionali da parte del muro in cui la coesione del legante diventa meno importante ed il gesso assume la sola funzione di regolarizzare i contatti.

Nelle murature il meccanismo di trasmissione dei carichi non avviene come nel continuo. E' invece un passaggio di sforzi più o meno diffuso attraverso i contatti fra le pietre che si instaura in maniera del tutto casuale. Si capisce così come la posizione delle pietre e il loro orientamento condiziona il trasferimento del carico attraverso vincoli di semplice contatto. Le discontinuità dei solidi murari, le irregolarità nel loro confezionamento, le differenziate prestazioni meccaniche dei materiali costituenti, ma soprattutto la loro estrema varietà tipologica, quindi la diversa qualità costruttiva, compromettono la possibilità di descriverne compiutamente ed in forma generale il comportamento meccanico. Pertanto è stata effettuata un'indagine sperimentale finalizzata a valutare il comportamento di campioni di muratura rappresentativi dell'edilizia storica di Serradifalco i cui risultati però devono considerarsi di tipo orientativo per i motivi precedentemente discussi circa la quantità di variabili che influenzano il comportamento di un solido murario. Tuttavia, l'uso di materiali provenienti da Serradifalco nonché il ricorso a maestranze che conservano ancora la memoria della costruzione degli edifici in muratura tradizionali si ritiene abbiano permesso di realizzare dei campioni sufficientemente rappresentativi.

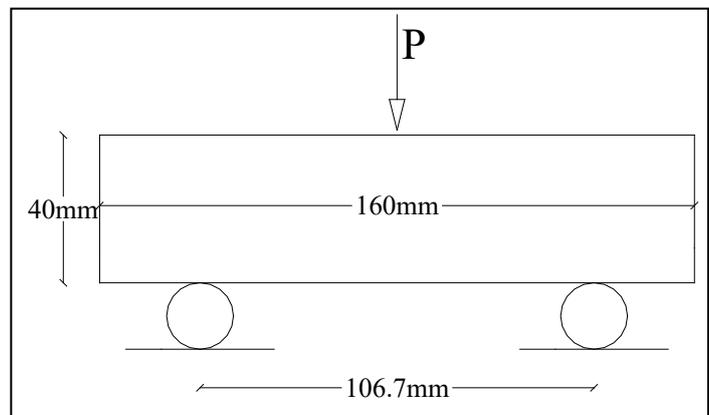
3.1 Caratteristiche meccaniche del gesso

Si è utilizzato gesso da muro prodotto a San Cataldo e si sono confezionati 4 provini di forma prismatica in analogia con quanto previsto dal D.M. 3 giugno 1968 per essere sottoposti a prova di flessione sino a rottura e a successiva prova di compressione sui semiprismi residui dalla prova flessione.

3.1.1 Resistenza a flessione o a trazione indiretta per flessione

La prova è stata condotta secondo il D.M. 3 giugno 1968 che prevede il confezionamento di campioni prismatici di 40x40x160mm. Questi, dopo stagionatura, vengono posti su due rulli di appoggio di 10mm di diametro disposti con gli assi distanziati di 106.7mm e caricati in mezzeria (fig. 3.1). Il carico viene fatto crescere progressivamente di 5 ± 1 daN/s. La resistenza a flessione R_f , tensione massima di rottura risulta applicando la

$$R_f = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W} \quad \text{dove} \quad W = \frac{b^3}{6}.$$



3.1 Prova di flessione

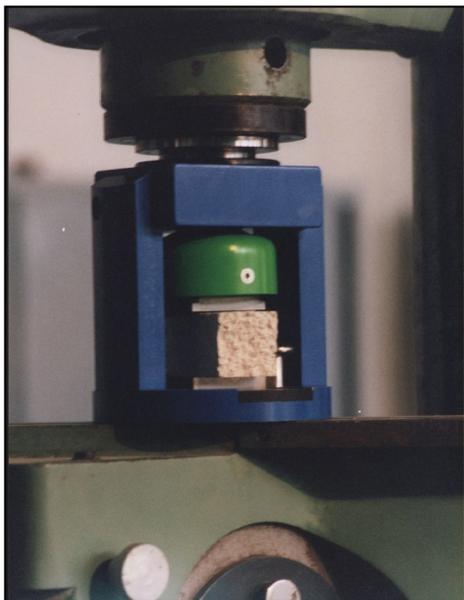
I risultati ottenuti dalle prove sono riportati nella tabella che segue:

CAMPIONE	Carico di rottura P (daN)	R_f (daN/cm ²)
1	120	30
2	125	31
3	125	31
4	130	32.5

da cui si desume una resistenza media a flessione: $R_f = 31.12$ daN/cm²

3.1.2 Prova di compressione

La prova è stata svolta per determinare la resistenza a compressione del gesso. Si sono utilizzati i semiprismi ottenuti dalla prova di flessione la cui lunghezza fosse, però, almeno del 20% superiore al lato della sezione trasversale del prisma. Ciascun semiprisma è stato sollecitato a compressione su una faccia laterale per una sezione di 40x40mm tra due piastre di metallo duro di almeno 10mm di spessore 40 ± 1 mm di larghezza, di lunghezza maggiore di 40mm e planarità a meno 0.01mm. Si è impiegata una pressa con fondo scala di 3000 daN (fig. 3.2). Il carico è stato fatto aumentare con una velocità tale da assicurare un incremento di tensione di 15 ± 5 daN/cm²/s.



3.2 Prova di compressione

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella che segue:

CAMPIONE	Carico di rottura N (daN)	R _c (daN/cm ²)
1	920	57,5
	980	61,25
2	1470	91,87
	1210	75,62
3	960	60
	1120	70
4	1240	77,5
	1130	70,62

da cui si desume una resistenza media a compressione: **R_c=70.55daN/cm²**.

3.2 Prova di compressione su campioni di muratura

3.2.1 Scopo della prova

E' stato quello di ottenere il legame costitutivo (curva sforzo - deformazione) della muratura costituente i campioni e di valutarne la resistenza a compressione. E' stato anche possibile ottenere il modulo di elasticità secante della muratura seguendo dal punto di vista metodologico quanto previsto dall'Allegato 2 del D.M. Min. LL. PP. 20 novembre 1987.

3.2.2 Confezione dei campioni

La prova è stata condotta su campioni rappresentativi dell'apparecchio murario tipico dell'edilizia di Serradifalco. A tal proposito sono stati confezionati 5 muretti utilizzando materiali e tecniche tradizionali: tre di dimensione medie rispettivamente di 88x40x100cm, 90x40x95cm e 98x40x100 e due di dimensioni medie rispettivamente di 98x58x104 e 95x57x106. I muretti sono stati realizzati da operai di Serradifalco che ben conoscevano le tecniche impiegate nella realizzazione delle murature storiche. Si è utilizzato pietrame di natura calcarea di diversa pezzatura e come legante gesso da muro prodotto a San Cataldo. I campioni sono stati realizzati disponendo le pietre di pezzatura maggiore sui paramenti dei muretti, curando di ottenere i necessari collegamenti trasversali tra le stesse e quindi riempiendo gli spazi interni con pietrame di pezzatura minore e gesso. Con tale ordine si è proceduto fino ad un'altezza di 50cm dalla base del muretto dove si è realizzato un ripianamento di gesso e pietre di piccola dimensione. Tale ripianamento ha costituito il nuovo orizzontamento dal quale procedere per i successivi 50cm alla costruzione del campione seguendo la stessa metodologia già descritta. Il confezionamento dei muretti si è concluso con la realizzazione del secondo ripianamento.



3.3 Fasi di realizzazione dei campioni

3.2.3 Apparecchiature di prova

Il sistema per la realizzazione delle prove è stato appositamente realizzato. Sinteticamente comprendeva: una trave di contrasto costituita da due profili a doppio T accoppiati alti 400 mm ancorati ad un piastrone in cemento armato per prove su grandi strutture mediante quattro tiranti in acciaio del diametro di 60mm; un martinetto idraulico da 1000 kN fissato al sistema descritto e con l'estremità libera provvista di uno snodo sferico; una traversa scatolare rigida in acciaio alta 300 mm per la ripartizione del carico trasmesso dal martinetto; un'ulteriore piastra in acciaio spessa 40mm da interporre tra la traversa ed il campione in prova. Per la misura delle deformazioni sono stati applicati 4 deformometri tra la base del campione e la traversa rigida del sistema di carico in prossimità degli spigoli del muretto.

3.2.4 Svolgimento delle prove

Il campione disposto centralmente rispetto all'apparecchiatura di prova è stato sottoposto ad un solo ciclo di carico durante il quale sono stati rilevati mediante un manometro digitale, preventivamente tarato, i carichi indotti dal martinetto e le deformazioni risultanti dai quattro deformometri applicati al muretto. La rottura del campione è stata raggiunta con incrementi successivi di carico di 50 kN e con una velocità di applicazione di ciascun incremento di circa 5 daN/cm² ogni 20 secondi.

3.2.5 Risultati ottenuti

Le prove hanno riguardato i campioni di cui alle figg. 3.4 e 3.5.

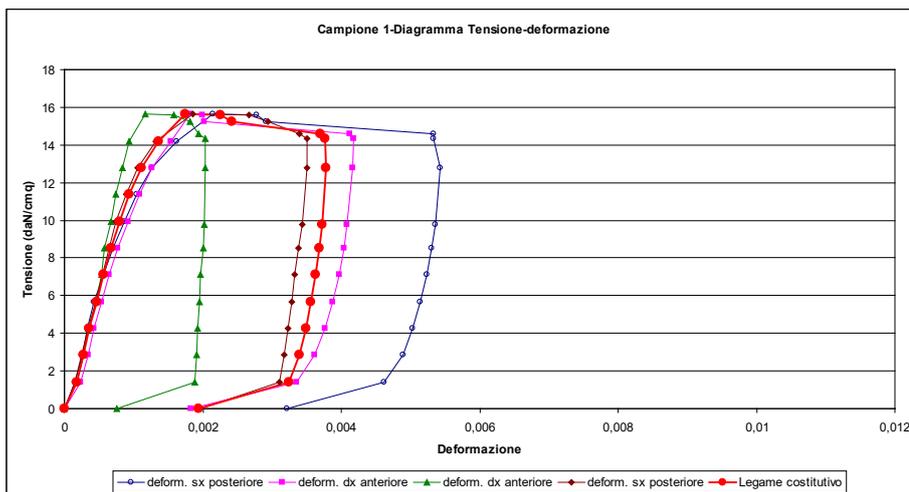


3.4 Vista frontale e laterale del campione 1

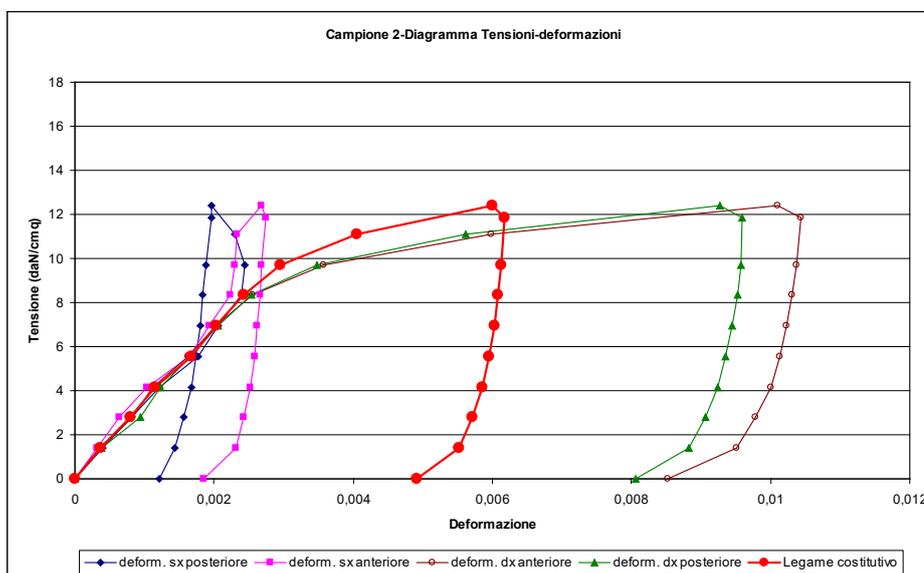


3.5 Vista frontale e laterale del campione 2

Si sono ottenuti i legami tensione - deformazione di seguito riportati nelle figg 3.6 e 3.7 relativi rispettivamente ai campioni di dimensioni: 88x40x100cm, campione 1 e 90x40x95cm, campione 2.



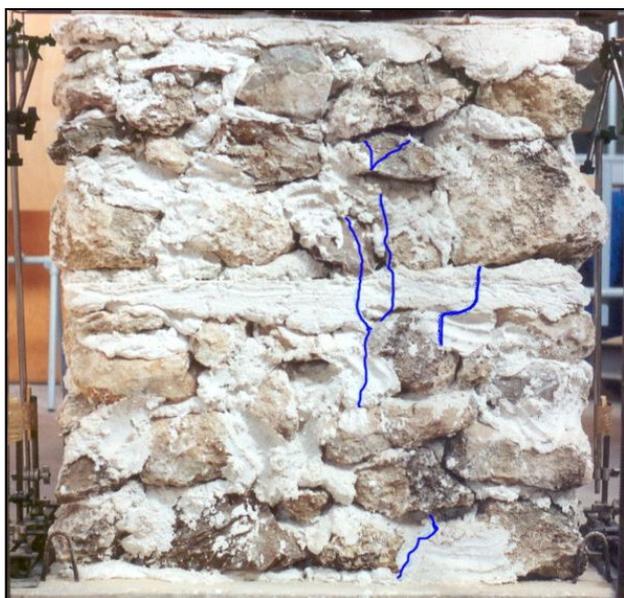
3.6 Legame costitutivo campione 1



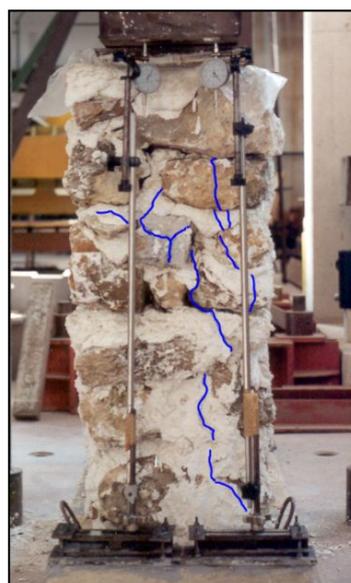
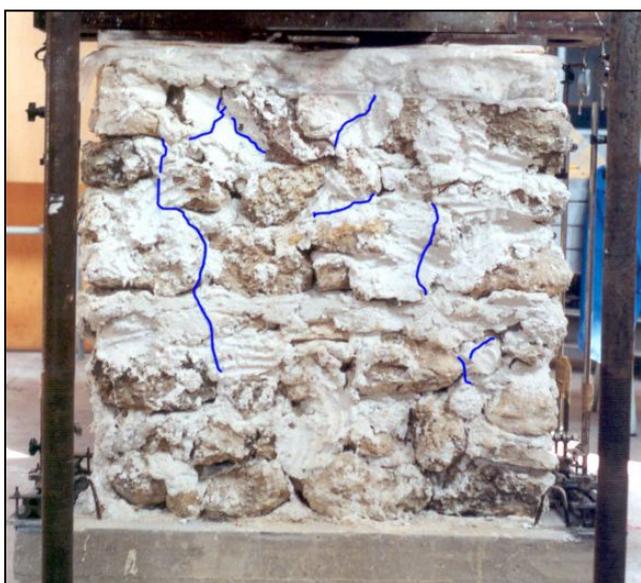
3.7 Legame costitutivo campione 2

I carichi massimi raggiunti che hanno determinato gli stati fessurativi di cui alle figg. 3.8 e 3.9 sono stati per il campione 1 di 550 kN e per il campione 2 di 444 kN. Pertanto la rottura si è verificata per valori di tensione media, $f_{mi} = \frac{N}{A}$ (N = carico di rottura applicato in direzione ortogonale al piano di posa; A = area lorda della sezione normale alla direzione del carico), rispettivamente di: $f_{m1} = 15.63 \text{ daN/cm}^2$; $f_{m2} = 12.34 \text{ daN/cm}^2$. Orientativamente, quindi, seguendo dal punto di vista metodologico quanto previsto dal D.M. Min. LL. PP. 20 novembre 1987 può indicarsi quale resistenza caratteristica della muratura sottoposta a prova il valore:

$$f_k = 0.7 f_m = 0.7 * (15.73 + 12.34) / 2 \sim 10 \text{ daN/cm}^2$$



3.8 Quadro fessurativo a rottura del campione 1



3.9 Quadro fessurativo a rottura del campione 2

Infine, i moduli di elasticità secante dei due campioni, determinati sempre con riferimento all'Allegato 2 del D.M. Min. LL. PP. 20 novembre 1987 e calcolati fra i valori di tensione $0.1 f_k \div 0.4 f_k$ risultano dai diagrammi tensione – deformazione ottenuti, rispettivamente di:

$$E_1 = 14634 \text{ daN/cm}^2 \quad E_2 = 3468 \text{ daN/cm}^2$$

4. LA RISPOSTA DELLE COSTRUZIONI SOTTO LE AZIONI PREVEDIBILI

L'impegno meccanico delle costruzioni ed in particolare dei muri, a Serradifalco, è prevalentemente di tipo statico non ricadendo il sito in area sismogenetica.

Tuttavia la muratura, come già detto di pietrame informe, non è sollecitata solo dal peso che agisce normalmente alle sezioni trasversali. La spinta delle volte presenti nella costruzione sollecita, infatti, flessionalmente i muri fuori dal proprio piano impegnando l'ingranamento fra le pietre disposte nel loro spessore.

La resistenza globale risulta pertanto limitata da problemi di equilibrio e di resistenza locale stante che la natura discreta della muratura, l'assortimento dimensionale delle pietre e la loro disposizione condizionano il percorso degli sforzi all'interno dello spessore.

A Serradifalco, per quanto appreso da vecchi muratori ma soprattutto per quanto è risultato dai rilievi eseguiti, la tessitura della muratura è abbastanza curata sia per quanto attiene all'ingranamento delle pietre nel piano definito dai paramenti delle pareti e nello spessore delle stesse che per i frequenti ripianamenti presenti nell'altezza, nonché per le dimensioni del pietrame, per cui, nonostante l'assenza nei muri di veri e propri diatoni, si può ritenere che la resistenza degli stessi sia sostanzialmente uguale a quella che avrebbe una parete monolitica di eguale spessore. Pertanto, in termini tensionali, da quanto è risultato dalle prove eseguite sui campioni realizzati in laboratorio senz'altro mediamente rappresentativi delle murature locali ovviamente non degradate né che mostrano segni di dissesto, ci si può basare su una resistenza caratteristica a compressione della muratura di 10 daN/cm^2 ($0,7 f_m$) mentre per quanto attiene all'equilibrio si può fare riferimento allo stato limite di equilibrio della parete monolitica.

Ove le verifiche al ribaltamento non risultassero soddisfatte si dovranno introdurre vincoli contro tale meccanismo che potrebbe portare al collasso, in tempi non prevedibili.

Tali vincoli possono essere costituiti dalle classiche catene dimensionate per assorbire uno sforzo di trazione pari alla spinta esercitata dalla volta sulla parete o, volendo aderire meglio al reale

comportamento dell'insieme volta – parete, in base a ciò che manca per il soddisfacimento della condizione di equilibrio della parete, con l'accortezza in entrambi i casi di scegliere comunque sezioni metalliche maggiori di quelle teoricamente indispensabili per limitare le deformazioni.

Le catene saranno generalmente disposte accanto ai muri trasversali, eventualmente usando ferri piatti invece che tondi ed evitando, se possibile, di attraversare lo spazio sottostante alla volta. In cellule alquanto lunghe è da prevedersi una catena a metà lunghezza.

Nelle coperture ed in tutti gli orizzontamenti realizzati con travi in legno potranno utilizzarsi le stesse travi a fungere da catene. A tal fine basterà prolungare le stesse con staffe metalliche oltre lo spessore dei muri da collegare per consentire l'inserimento di capichave.

L'analisi della stabilità delle volte può essere facilmente condotta ricercando, come indica l'Heyman, il poligono funicolare più vicino alla linea d'asse.

La sicurezza della volta viene misurata, così, dal rapporto tra lo spessore effettivo della stessa e lo spessore minimo entro cui può essere inserito un poligono funicolare.

Tale rapporto misura pertanto il maggiore spessore rispetto al minimo necessario.

La verifica delle volte, è opportuno ricordarlo, è necessaria soprattutto per valutare la spinta limite con cui verificare l'equilibrio limite dei muri su cui le stesse poggiano.

Infatti, se è garantita la stabilità dei muri, nella maggioranza dei casi la sicurezza delle volte è ampiamente assicurata.

A Serradifalco le volte sembrano possedere un'intrinseca resistenza e presumibilmente non hanno bisogno di alcun intervento statico che garantisca la loro sicurezza se non, eventualmente, la stabilizzazione dei muri d'ambito in quei casi in cui gli stessi sono sottodimensionati, degradati o presentano una limitata monoliticità.

A tale proposito, ove le caratteristiche meccaniche della muratura lo consentano e le norme urbanistiche lo prevedano, l'azione stabilizzante può essere indotta, in tutto o in parte, da una sopraelevazione. L'eventuale residuo di azione ribaltante potrà essere contrastato, ovviamente, dall'inserimento di catene.

E' appena il caso di rilevare che gli edifici a Serradifalco potranno essere verificati assumendo il D.M. Min. LL. PP. 20 novembre 1987 "*Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento*" quale utile riferimento metodologico.

Prof. ing. Andrea Failla