

## 1. TIPOLOGIE EDILIZIE IN MURATURA DEL COMUNE DI CATANIA

D. Liberatore<sup>1</sup>, L. Gambarotta<sup>2</sup>, G.C. Beolchini<sup>3</sup>, L. Binda<sup>4</sup>, G. Magenes<sup>5</sup>,  
S. Cocina<sup>6</sup>, E. Lo Giudice<sup>7</sup>, S. Scuderi<sup>8</sup>

### 1.1 Materiali

#### 1.1.1 Inerti

Nella realizzazione delle murature di Catania, grande uso è stato fatto del pietrame estratto dalle colate laviche etnee sia storiche che recenti, con datazione incerta. In particolare, per il centro storico di Catania, il pietrame lavico proveniva essenzialmente dalle seguenti cave (procedendo dalla costa verso ovest): Ognina (lave del 425-26 a.C.); Rotolo (lave dell'eruzione avvenuta nel 1381 a nord-est di Mascalucia); sempre sulla costa più a sud, Larmisi (lave del 252-53); a ovest del centro storico, Cibali (lave dei "Fratelli Pii" del 693 a.C.); infine le cave Daniele nella via omonima e in via Petrerà (lave dell'eruzione avvenuta nel 1669 a nord-ovest di Nicolosi). In questo secolo sono state utilizzate anche altre cave più a ovest sulle lave del 1669.

Le lave etnee sono degli alcali basalti che si presentano in diverse varietà: da una compatta ( $2600 \div 2800 \text{ kg/m}^3$ ) a una vacuolare ( $2200 \div 2500 \text{ kg/m}^3$ ). Dal punto di vista petrografico e del degrado, presentano una struttura che va dalla *afirica microcristallina* senza feno-cristalli a una a grana media con feno-cristalli di varia dimensione ( $2 \div 12 \text{ mm}$ ): tra i più frequenti i feno-cristalli di *augite* (inosilicato di alluminio, calcio, magnesio e ferro) talvolta accompagnati da noduli di *olivina* (nesosilicato di ferro e magnesio); nel tipo "*cicirara*" sono numerosi invece i grossi feno-cristalli di *plagioclasio* (miscela di allumo-silicati di sodio e calcio). Il tipo *afirico microcristallino*, più difficile da lavorare con metodi manuali, è molto compatto e offre superfici omogenee, prive di porosità, ben lucidabili e quindi più resistenti al degrado. I feno-cristalli di *olivina*, concentrati in noduli, sono più facilmente ossidabili di quelli di *augite* per la presenza di ferro ferroso; questi ultimi sono comunque più numerosi e presenti anche nella fase microcristallina. I plagioclasii, sia in feno-cristalli, e ancor più in microcristalli, si alterano sotto gli agenti atmosferici producendo una non insignificante quantità di sali di calcio e di sodio ben osservabili nei processi di desquamazione.

---

<sup>1</sup> DiSGG, Università della Basilicata

<sup>2</sup> Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università di Genova

<sup>3</sup> DISAT, Università dell'Aquila

<sup>4</sup> Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Milano

<sup>5</sup> Dipartimento di Meccanica Strutturale, Università di Pavia

<sup>6</sup> Genio Civile di Catania

<sup>7</sup> CNR - Istituto Internazionale di Vulcanologia, Catania

<sup>8</sup> Comune di Catania

A prescindere da quanto sopra esposto, le caratteristiche fisico-meccaniche del materiale lavico dipendono anche e principalmente dalla posizione che esso occupa all'interno della colata. In superficie il corpo lavico presenta uno strato di scorie prevalentemente vetrose (*"sciara"*) generatesi per il rapido raffreddamento e la rapida perdita dei gas magmatici durante l'avanzamento della colata. Questo strato scoriaceo, frantumato, viene utilizzato come aggregato (*"azolo"*) nella confezione di malte. Il corpo centrale massivo della colata, che nella sua parte più alta presenta ancora una sempre più lieve porosità per perdita di gas, è caratterizzato da due tipi di fratturazioni che vanno necessariamente seguite e utilizzate nell'attività di estrazione in cava: una fratturazione orizzontale generata dalle superfici di scorrimento laminare della massa lavica in movimento, e una fratturazione verticale generata dalla contrazione termica durante il raffreddamento. Prima dell'utilizzo dei martelli pneumatici, infatti, i blocchi litoidi venivano estratti tramite martellamento di cunei (*"cugni"*) posti lungo le linee di fratturazione. Lungo queste fratture, soprattutto quelle orizzontali, si generano piccole o medie cavità causate da bolle di gas trattenuti per più tempo. La roccia compatta, estratta all'interno di questo sistema di fratture, presenta un'elevata durezza ( $6^{\circ}$ - $7^{\circ}$  grado della scala Mohs) e una buona lavorabilità, grazie anche al carattere isotropico della sua tessitura. Nella parte inferiore della colata sono presenti le scorie di base, dette dai cavaatori *"rifusa"* in quanto, provenendo dalla parte superiore tramite l'avanzamento per frana del fronte lavico, vengono rifeuse dal calore della massa lavica sovrastante.

Il pietrame lavico di Carlentini, originato dal vulcanismo pre-etneo, è di tipo basaltico e consistenza cellulare ( $2100 \div 2700 \text{ kg/m}^3$ ). Scorie vulcaniche e pietra pomice ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ), utilizzate nella costruzione di volte, provengono dalle cave di Viagrande-Zafferana e Nicolosi.

Il pietrame lavico è stato impiegato in diverse forme e pezzature:

- pietrame non sbizzato di varie forme e dimensioni (*"testotti"*, impugnabili con una mano);
- pietrame grossolanamente sbizzato su una faccia;
- pietrame squadrato (*"intostoni"* di larghezza 1 palmo, ossia 26 cm, altezza  $15 \div 18 \text{ cm}$ , lunghezza  $2 \div 3$  palmi, *"cannarozzoni"*, con stesse larghezza e altezza ma più lunghi, *"balatoni"*, con un volume di due palmi cubi, etc.);
- scaglie (*"scarde"*, ossia residui di lavorazione, di forma appiattita).

Nella Tabella 1.1 si riportano le principali caratteristiche fisiche e meccaniche della pietra lavica ricavata dalla colata del 1669 in contrada Scialà, presso Belpasso. Su questo materiale è stata svolta un'indagine sperimentale (Cuomo & Badalà 1998). I provini utilizzati hanno dimensioni  $50 \times 50 \times 100 \text{ mm}^3$ .

Nelle Figure 1.1 e 1.2 si riportano, a titolo di esempio, i diagrammi tensione-deformazione e modulo elastico tangente-tensione ricavati da una prova di compressione monoassiale. Si osserva il carattere improvviso della rottura della pietra lavica.

Nella sperimentazione citata è stata anche indagata la resistenza a trazione. Dalle prove di trazione indiretta (*"brasiliana"*) è risultata una resistenza media di 6.28 MPa con una deviazione standard di 0.32 MPa. Dalle prove di resistenza a flessione

si è ricavata una resistenza media di 9.95 MPa con una deviazione standard 0.54 MPa.

Le pietre calcaree e calcarenitiche tenere, impiegate in decorazioni esterne, provengono dalle cave del Siracusano (1800 kg/m<sup>3</sup>). La pietra calcarea bituminosa, proveniente dalla cave di Ragusa, è stata impiegata per la pavimentazione di terrazze di copertura, per la realizzazione di scale e per decorazioni esterne. Pietre provenienti da Malta sono state impiegate per pavimentazioni interne.

Tab. 1.1: Proprietà fisiche e meccaniche della pietra lavica (Cuomo & Badalà 1998).

| <i>Proprietà fisiche (Valori medi)</i>        |                                                      |                                  |                                  |                      |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| Massa volumica apparente (Kg/m <sup>3</sup> ) | Coeff. di assorbim. capillare (gr/s <sup>1/2</sup> ) | I.R.A. (gr/cm <sup>2</sup> /min) | Coeff. imbibizione apparente (%) | Indice dei vuoti (%) |
| 2709.89 ± 28.51                               | 0.031 ± 0.031                                        | 0.029 ± 0.012                    | 0.938 ± 0.097                    | 1.830                |

| <i>Proprietà Meccaniche (Valori medi)</i> Prova di compressione monoassiale |                                    |                |                |                |                   |                |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|
|                                                                             | Provini a temp.e umid. controllate |                | Provini saturi |                | Provini essiccati |                |
|                                                                             | n.prov.                            | Valori medi    | n.prov.        | Valori medi    | n.prov.           | Valori medi    |
| Tensione di rottura (N/mm <sup>2</sup> )                                    | 14                                 | 129.58 ± 22.85 | 6              | 129.20 ± 9.34  | 9                 | 146.05 ± 21.21 |
| Modulo Eo (N/mm <sup>2</sup> )                                              | 18                                 | 26556 ± 2543   | 6              | 15302 ± 1040.6 | 9                 | 27500 ± 4166   |
| Modulo E1/3 tg (N/mm <sup>2</sup> )                                         | 18                                 | 37111 ± 3510   | 6              | 23333 ± 5995.4 | 9                 | 44111 ± 4420   |
| Modulo E1/3 sec (N/mm <sup>2</sup> )                                        | 18                                 | 30556 ± 1832   | 6              | 17350 ± 3061   | 9                 | 33500 ± 2224   |
| Modulo Eo/Tensione di rottura                                               |                                    | 204            |                |                |                   |                |

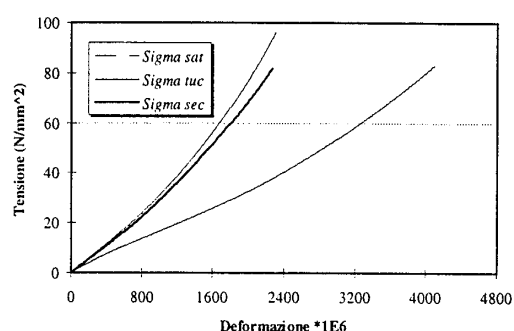


Fig. 1.1 - Diagramma tensione-deformazione della pietra lavica in compressione monoassiale (Cuomo & Badalà 1998).

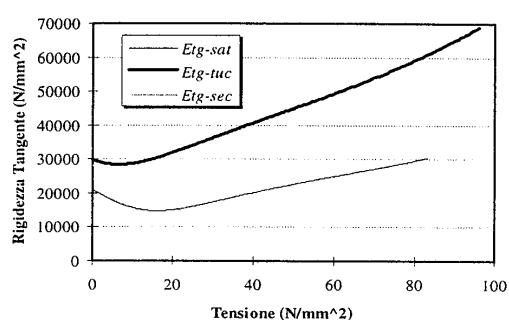


Fig. 1.2 - Diagramma modulo elastico tangente-tensione della pietra lavica in compressione monoassiale (Cuomo & Badalà 1998).

Tra le pietre dure, la pietra “*Giurgiulena*” è stata impiegata nella realizzazione di scale e pavimentazioni di pregio. Si tratta di una pietra organogena ( $1900\div 2200\text{ kg/m}^3$ ) proveniente dalle cave di Primosole nelle sue varietà compatta imperiale, granulare conchigliare, e dalla cava di Siracusa nella varietà cellulare spugnosa.

Nella realizzazione di murature di mattoni, dette “intoste”, venivano impiegati nell’ottocento mattoni di dimensioni tipiche:

- zoccoli ( $22\times 14\times 3.5\text{ cm}^3$ );
- tabonelli ( $25\times 17\times 3.5\text{ cm}^3$ );
- buffi ( $25\times 17\times 5\text{ cm}^3$ );
- spezzabraccia ( $30\times 18\times 5\text{ cm}^3$ );
- italiani ( $24\times 12\times 6\text{ cm}^3$ ).

### 1.1.2 *Aggregato*

Anche per l’aggregato si nota, nell’edilizia in muratura di Catania, una netta prevalenza dei materiali di origine vulcanica. E’ stato già citato l’azolo, ricavato per frantumazione del materiale vetroso che si trova sulla superficie della colata. Si tratta di un materiale poroso ( $1900\text{ kg/m}^3$ ) che, frantumato, dà origine a una sabbia grigio-nera, con varianti di colore rossastro, aspra e a spigoli vivi. Originariamente l’azolo era estratto da cave dove si presentava in forma sciolta e incoerente, con pezzatura compresa tra 0.2 e 2 mm. Dal punto di vista chimico-fisico, l’azolo è un composto molto stabile, difficilmente attaccabile dagli acidi forti e dalle basi; è chimicamente inerte nei confronti del grassello di calce. La sua funzione principale è quella di contrastare il ritiro della calce durante la maturazione.

Altro tipo di aggregato è la “ghiara” rossa. Si tratta del paleosuolo con substrato pedogenetico a vari gradi di maturità al di sotto della colata che, a causa dell’elevata temperatura ( $800\div 900\text{ }^\circ\text{C}$ ), subisce un processo di metamorfismo. Le cave di ghiara rossa, ormai in disuso, erano gallerie lunghe anche diversi chilometri, scavate al di sotto delle colate laviche, nel sottosuolo dell’attuale centro urbano. La granulometria è sabbio-limosa, con l’inclusione di lapilli e tufi con pezzatura compresa tra 1 e 4 mm. A differenza dell’azolo, la ghiara rossa è chimicamente attiva in quanto, essendo un prodotto di cottura, contiene silicati e alluminati. Nel processo di carbonatazione, la silice reagisce, in presenza d’acqua, con l’idrossido di calcio (calce idrata), formando silicati idrati resistenti. La ghiara rossa ha dunque carattere pozzolanico e, mista a calce, dà origine a malte idrauliche di elevate caratteristiche meccaniche. Il passante ricavato da un prima vagliatura, effettuata con il crivello d’orzo (2 mm circa), veniva utilizzato per malte da intonaco o finitura. Una seconda vagliatura (da 2 a 4 mm circa) forniva l’aggregato per malte da muratura. Le malte di ghiara rossa caratterizzano gran parte del centro storico di Catania.

Anche la sabbia fluviale o marina è stata usata come aggregato. La sabbia fluviale è migliore in quanto povera di sali. Essa presenta una granulometria più uniforme e spigoli arrotondati. La sabbia marina proviene dalla Plaia.

Di uso comune era anche la polvere ricavata dai detriti di lavorazione delle pietre nelle cave (“*agliara d’intagliatura*”). Questa presentava granulometria fine frammista a scaglie di dimensioni maggiori.

### **1.1.3 Legante**

I principali tipi di legante sono la calce e il gesso.

La calce proviene dal pietrame calcareo del Siracusano estratto dalle cave di Lentini e di Augusta (Brucoli e Granatello). La calce viva era ottenuta per cottura delle rocce calcaree nei forni di campagna. L’estinzione della calce avveniva per immersione in acqua entro appositi bacini impermeabili detti fosse da calce. Durante l’idratazione si sviluppava una grande quantità di calore. Il grassello si depositava sul fondo.

Il gesso veniva preparato a partire dal materiale estratto dalle cave dell’interno (Raddusa, Paternò-Centuripe, Muglia). Il gesso, insieme alla pietra pomice o ai mattoni, veniva impiegato nella realizzazione delle volte “reali”.

### **1.1.4 Malta**

Nell’edilizia in muratura di Catania si riscontrano diversi tipi di malta, dipendentemente dall’uso e dal periodo di costruzione.

La malta di calce e azolo è un impasto composto da grassello, acqua e azolo, con pezzatura compresa tra 2 e 4 mm. Il rapporto volumetrico tra calce e azolo varia tra 1/3 a 1/2. La quantità d’acqua era quella strettamente necessaria per la lavorabilità dell’impasto.

La malta di calce e ghiera rossa è un impasto formato da calce e ghiera nel rapporto da 1/4 a 1/3. Si tratta di una malta idraulica con proprietà pozzolaniche e di elevate caratteristiche meccaniche. Il peso specifico è compreso tra 1500 e 1700 kg/m<sup>3</sup>. La malta di calce e ghiera rossa, introdotta verso il 1860, ha rapidamente sostituito la malta di calce e azolo, grazie alla minore richiesta di calce, che all’epoca era il materiale più costoso. Nel secondo dopoguerra, a causa della difficoltà e del costo di estrazione della ghiera rossa, questo tipo di malta è stato via via sostituito con malte cementizie.

La malta di gesso veniva confezionata mescolando acqua e gesso, in proporzione 1/1. Il peso specifico è 1400 kg/m<sup>3</sup>.

La malta di calce e terreno vegetale è il tipo più scadente, utilizzato nelle fondazioni interrato. In alcuni edifici è anche utilizzata nelle murature in elevazione e si presenta ormai fortemente degradata e priva di coesione.

In (Cuomo & Badalà 1998) sono state indagate le proprietà meccaniche di quattro tipi di malta:

- 1) malta idrata di grassello e sabbia bianca calcarea, in proporzione 1/3 (M4ic);
- 2) malta idrata di grassello e azolo, in proporzione 1/3 (M4il);

- 3) malta bastarda con rapporto in volume 1, 2, 9 di cemento, grassello e sabbia bianca calcarea (M4bc);
- 4) malta bastarda con rapporto in volume 1, 2, 9 di cemento, grassello e azolo (M4bl).

Le curve granulometriche per i due tipi di aggregato sono riportate in Figura 1.3 (“historical calcareous/lavic sand”). Nella stessa figura, la granulometria è confrontata con una “tipica” granulometria attuale (“common calcareous/lavic sand”), mostrandone la notevole difformità.

Sono state effettuate prove di flessione su provini  $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$ , prove di compressione cubica e di compressione cilindrica. In Figura 1.4 è riportata, in funzione della stagionatura, la resistenza a compressione cubica delle quattro malte descritte. La granulometria grossa è quella descritta dalle curve granulometriche in Figura 1.3, quella fine è stata ottenuta eliminando la frazione passante al setaccio maggiore.

I risultati mostrano che maggiori resistenze si ottengono, a parità di altre condizioni, con aggregati a granulometria grossa, e con l’impiego di cemento. Si osserva anche che le malte con aggregato lavico (azolo), a spigoli vivi, presentano generalmente resistenze maggiori rispetto a quelle con aggregato calcareo, a spigoli arrotondati.

Il modulo elastico iniziale è riportato in Figura 1.5 per le sole malte a granulometria grossa. Il modulo elastico per le malte a granulometria fine, relativo a 120 giorni di stagionatura, è riportato nella Tabella 1.2.

Un’altra sperimentazione ha investigato la risposta a compressione monoassiale di cubetti  $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$  di malta di calce e azolo e malta di calce e ghiera rossa (Battiato 1988). Due tipici diagrammi tensione-deformazione sono riportati nelle Figure 1.6 (calce e azolo) e 1.7 (calce e ghiera). Si osserva che la malta di calce e ghiera presenta una resistenza superiore del  $30 \div 50\%$  rispetto a quella di calce e azolo.

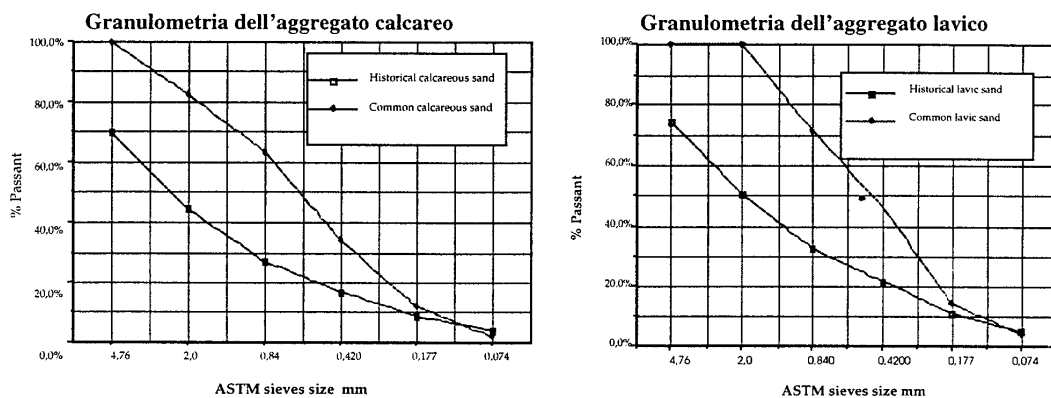


Fig. 1.3 - Curve granulometriche dell'aggregato (Cuomo & Badalà 1998).

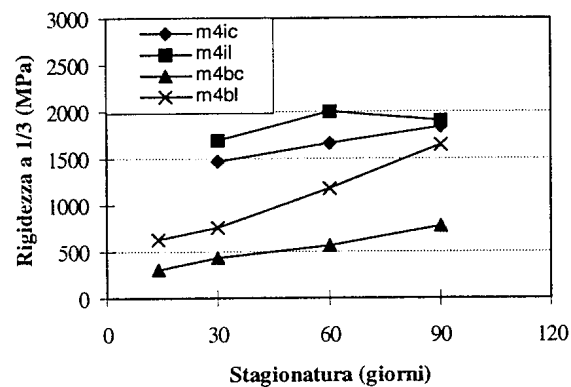


Fig. 1.4 - Resistenza a compressione cubica (Cuomo & Badalà 1998).

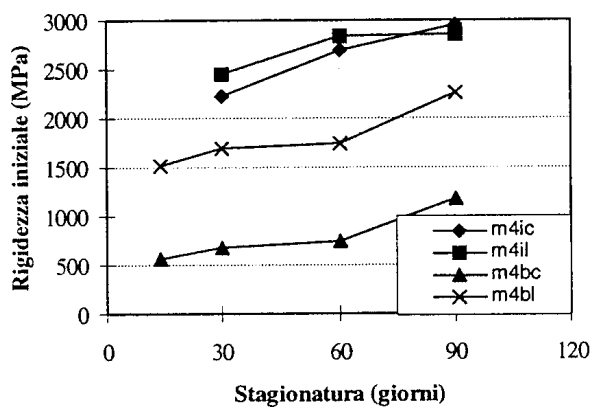


Fig. 1.5 - Modulo elastico iniziale (Cuomo & Badalà 1998).

Tab. 1.2: Modulo elastico a 120 giorni per malte a granulometria fine (Cuomo & Badalà 1998).

| Tipo di malta | Modulo elastico a 120 giorni (Mpa) |
|---------------|------------------------------------|
| M4ic          | 483.3                              |
| M4il          | 600.0                              |
| M4bc          | 684.5                              |
| M4bl          | 1204.4                             |

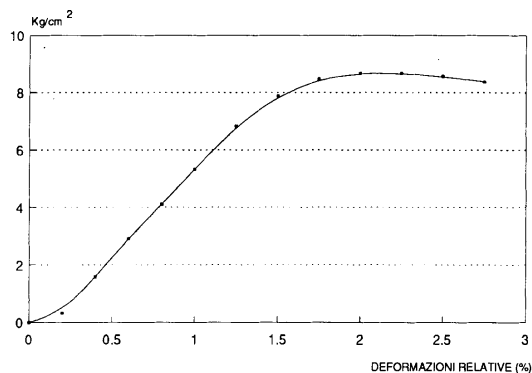


Fig. 1.6 - Diagramma tensione-deformazione di un provino di malta di calce e azolo (Battiato 1988).

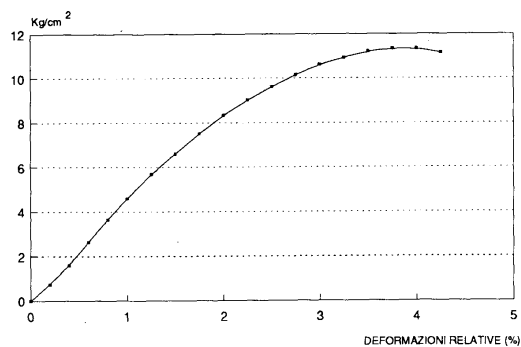


Fig. 1.7 - Diagramma tensione-deformazione di un provino di malta di calce e ghiara rossa (Battiato 1988).

La malta di azolo ha tempi di presa più che doppi rispetto alla malta di ghiara rossa, e inoltre una minore coesione, come si è riscontrato qualitativamente da rotture occorse durante la sformatura dei provini.

Le malte indagate hanno un forte grado di igroscopicità, come dimostrato attraverso prove di imbibizione. La curva di risalita capillare su un cubo  $10 \times 10 \times 10$  cm<sup>3</sup> di malta di ghiara rossa (con rapporto volumetrico grassello/ghiara 1/3), riportata in Figura 1.8, mostra una notevole rapidità di adescamento.

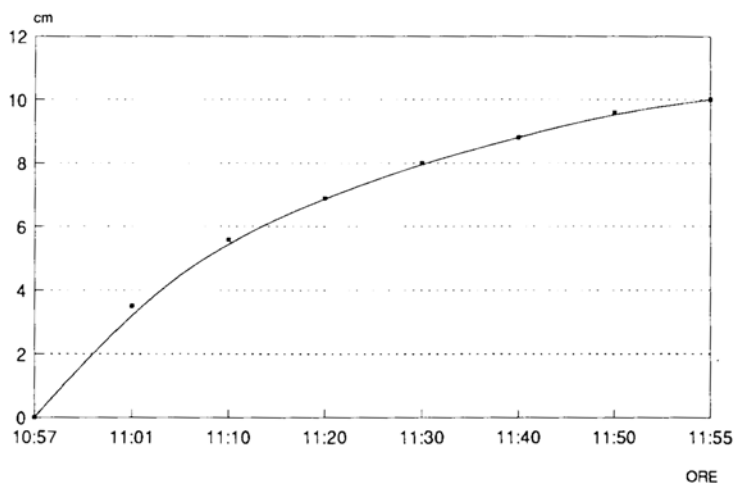


Fig. 1.8 - Risalita capillare per adescamento su un cubo  $10 \times 10 \times 10$  cm<sup>3</sup> di malta di ghiara rossa (Battiato 1988).

Un altro risultato interessante riguarda il rapporto calce/aggregato. Sebbene sia possibile, in principio, confezionare una malta di calce e azolo in rapporto volumetrico 1/2, si è osservato che ciò comporterebbe un eccessivo ritiro e una maturazione eccessivamente lenta della parte interna, a causa della “barriera” all’anidride carbonica formata dagli strati più esterni che maturano più rapidamente. Si ha dunque che malte più grasse possono essere utilizzate solo per piccoli spessori, come quelli tipici degli intonaci, mentre per la muratura portante si devono usare malte più magre, e dunque più porose, come confermato dalla letteratura storica (Sciuto Patti 1986).

## **1.2 Elementi costruttivi**

### **1.2.1 Fondazioni**

I terreni di fondazione nel centro storico sono prevalentemente lavici. Particolarmente frequenti nel sottosuolo del centro storico sono le cavità. Le cavità verticali si sviluppano nel corpo della colata lavica lungo le fratture per contrazione da raffreddamento. Le cavità orizzontali si sviluppano sulle superfici di laminazione del flusso, sia a causa della liberazione di gas magmatici, sia a causa del più rapido raffreddamento della crosta superiore mentre la corrente lavica sottostante fluisce lasciando un vuoto anche ampio sotto la crosta. Le cavità artificiali sono state originate dalle attività di estrazione della pietra lavica e della ghiara rossa. Altre cavità sono quelle percorse da corsi d’acqua sotterranei che, deviati e ricoperti dalle colate laviche, scorrono attraverso cavità naturali o artificiali preesistenti oppure creano il loro alveo asportando materiale incoerente come detriti o macerie.

Le fondazioni sulla coltre lavica venivano realizzate rimuovendo le scaglie dello strato superiore, detto “cappellaccio”. Nel caso, assai frequente, di terreno in pendenza le fondazioni venivano realizzate a gradonata.

Le fondazioni sono generalmente costituite da muri interrati con spessore leggermente superiore a quello dei muri sovrastanti (5÷10 cm per lato). La muratura delle fondazioni era realizzata con lastroni lavici e/o pietrame lavico di grosse dimensioni. Meno accurata era la pratica di riempimento dello scavo “a sacco”, con getto dall’alto di pietrame e malta. La malta era costituita da calce e terreno vegetale oppure da calce e azolo.

A partire approssimativamente dal 1850 fu iniziato il livellamento della rete viaria, con lo scopo di rendere le vie carreggiabili, e anche, in seguito all’epidemia di colera del 1887, di migliorare la situazione igienico-sanitaria favorendo lo smaltimento delle acque meteoriche. In molti casi, il livellamento della rete viaria comportò la messa a nudo dei muri di fondazione, alcuni dei quali si trovano tuttora a una quota di 4÷5 m sopra il livello stradale, con dirette conseguenze sulla sicurezza degli edifici interessati.

### 1.2.2 Muratura

I diversi tipi di muratura si differenziano per il materiale, la forma, le dimensioni e la disposizione dell'inerte, e per il tipo di malta (Randazzo 1988). Relativamente al comportamento strutturale, la muratura può essere classificata nei seguenti tipi.

#### SV1) Muratura a tessitura irregolare.

E' costituita da pietrame lavico informe di pezzatura prevalentemente medio-piccola, senza corsi regolari, presentando invece nei casi migliori una disposizione a strati, detti "*bancate*", di altezza 60÷90 cm circa. Può essere realizzata a "secco" (senza malta) o a "cotto" con malta, oppure con malta solo sulla faccia esterna (Figura 1.9). Gli interstizi sono saturati con minutame e malta. Il peso varia tra 1600 e 2100 kg/m<sup>3</sup>, a seconda del grado di riempimento dei vuoti. Questo tipo di muratura presenta cattive caratteristiche meccaniche ed è poco legata, anche se, grazie alla forte scabrosità del pietrame lavico, si realizza un buon ingranamento tra le varie pietre, e quindi un discreto comportamento d'insieme della sezione muraria. L'ammorsamento tra muri ortogonali è di scarsa efficacia.

Questa muratura è stata utilizzata nella ricostruzione immediatamente successiva al sisma del 1693, nell'edilizia avente scarso impegno statico, fino a uno-due piani fuori terra, e in generale nell'edilizia terrana povera.

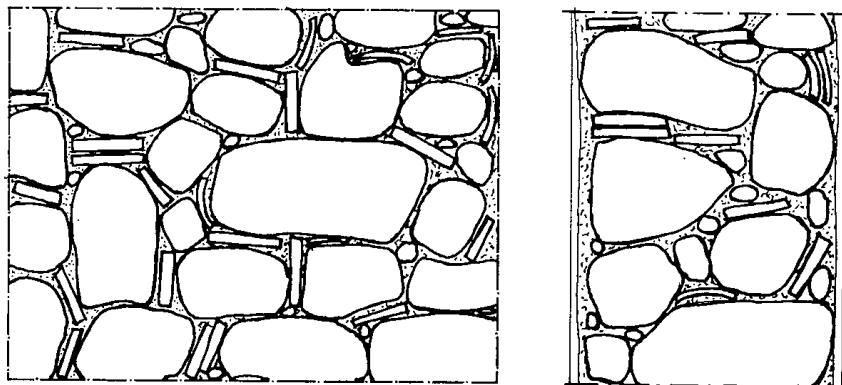


Fig. 1.9 - Muratura a tessitura irregolare (Randazzo 1988).

#### SV2) Muratura a tessitura regolare.

E' il tipo più frequente ed è costituito da pietrame sbizzato di media pezzatura, con corsi orizzontali più o meno regolari (Figura 1.10). Gli interstizi sono saturati con minutame e malta. I paramenti sono variamente legati da conci parallelepipedi con dimensione maggiore pari allo spessore del muro, detti

“*cannarozzoni*”. La malta è di calce ordinaria o lievemente idraulica. Il peso è compreso tra 1800 e 2200 kg/m<sup>3</sup>. La muratura veniva in genere realizzata a strati di altezza 60÷90 cm effettuando in sommità una rasatura con malta sovrabbondante, in modo che parte di questa venisse espulsa per il peso dei corsi successivi, saturando i possibili vuoti e uniformando la distribuzione dei carichi.

Una variante è rappresentata dalla muratura listata. Il blocco di basalto lavico impiegato in questa muratura era detto “*cannarozzone da intosta*”. L’interasse delle listature varia tra i 25 cm e più di 1 m. La listatura può anche essere a doppio strato.

L’ammorsamento tra i muri ortogonali è efficace grazie a blocchi opportunamente dimensionati. Si possono ancora oggi osservare dei cantonali in cui, prevedendo il collegamento con strutture murarie adiacenti, sono disposti blocchi aggettanti (Figura 1.11).

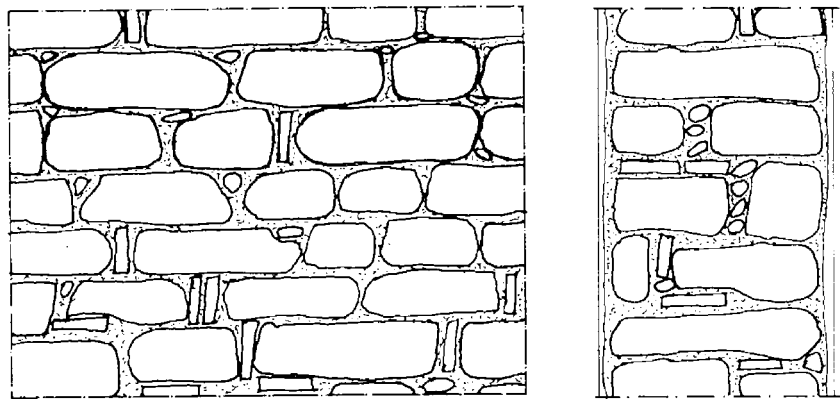


Fig. 1.10 - Muratura a tessitura regolare (Randazzo 1988).

### SV3) Muratura squadrata e ben legata.

E’ costituita da pietrame a blocchi ben sbozzati o squadrati, con ricorsi orizzontali regolari. I paramenti sono efficacemente legati da *cannarozzoni*. La malta è di calce e sabbia fine o polvere di pietra calcarea. Il peso varia tra 2000 e 2500 kg/m<sup>3</sup>. La diffusione di questo tipo è limitata a edifici monumentali e a elementi strutturali impegnativi, come i pilastri.

All’interno di questa categoria può farsi rientrare la muratura di “*intostoni*” lavici e listature di mattoni, tipica dell’edilizia del tardo ottocento nella realizzazione di divisori interni. Lo spessore è di 26 cm. Le listature di mattoni a due teste si alternano a ogni ricorso di *intostoni* lavici, con interasse di circa 25 cm (Figura 1.12).

SV4) Muratura in blocchetti pieni.

Tipica dell'edilizia abusiva dei quartieri periferici. E' costituita da blocchi di calcarenite squadrate, oppure da blocchi in calcestruzzo vibrocompresso, con cordolature parziali o complete.

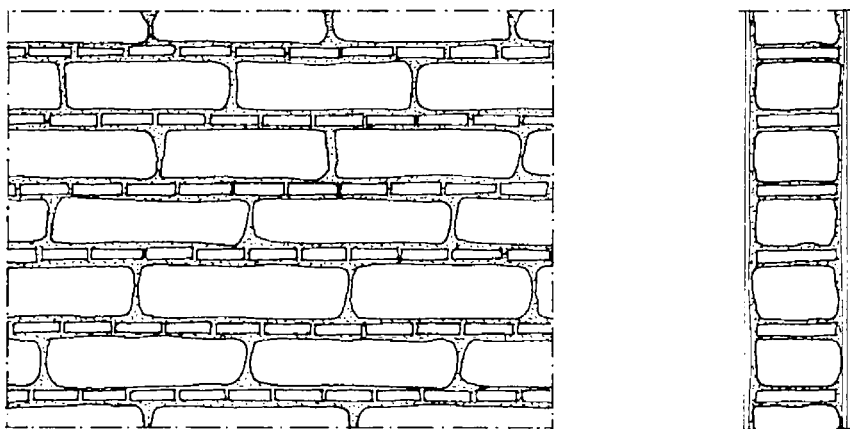
Tra i tipi meno frequenti, occorre ricordare la muratura di mattoni con malta di calce e ghiara. Essa è stata utilizzata per realizzare divisori interni di spessore  $14\div 30$  cm per i quali la spinta di coppie di volte adiacenti è bilanciata, o anche, con spessori maggiori, per muri soggetti a spinte. E' stata anche utilizzata per la riparazione di muri danneggiati.

In (Cuomo 1998) è presentata un'indagine sperimentale su un campione di muratura in pietrame informe con scaglie di laterizio e malta di calce e azolo. Il campione è stato prelevato dal Palazzo del Principe di Giovanni a Trecastagni, nell'area etnea, e ha sezione orizzontale variabile con l'altezza; le sue dimensioni massime sono tali da essere contenute in un parallelepipedo di base  $60\times 65$  cm<sup>2</sup> e altezza 55 cm. Il peso specifico è 1876 kg/m<sup>3</sup>. L'indagine è consistita in una prova di modulo elastico a compressione semplice e in una prova a rottura di taglio-compressione.

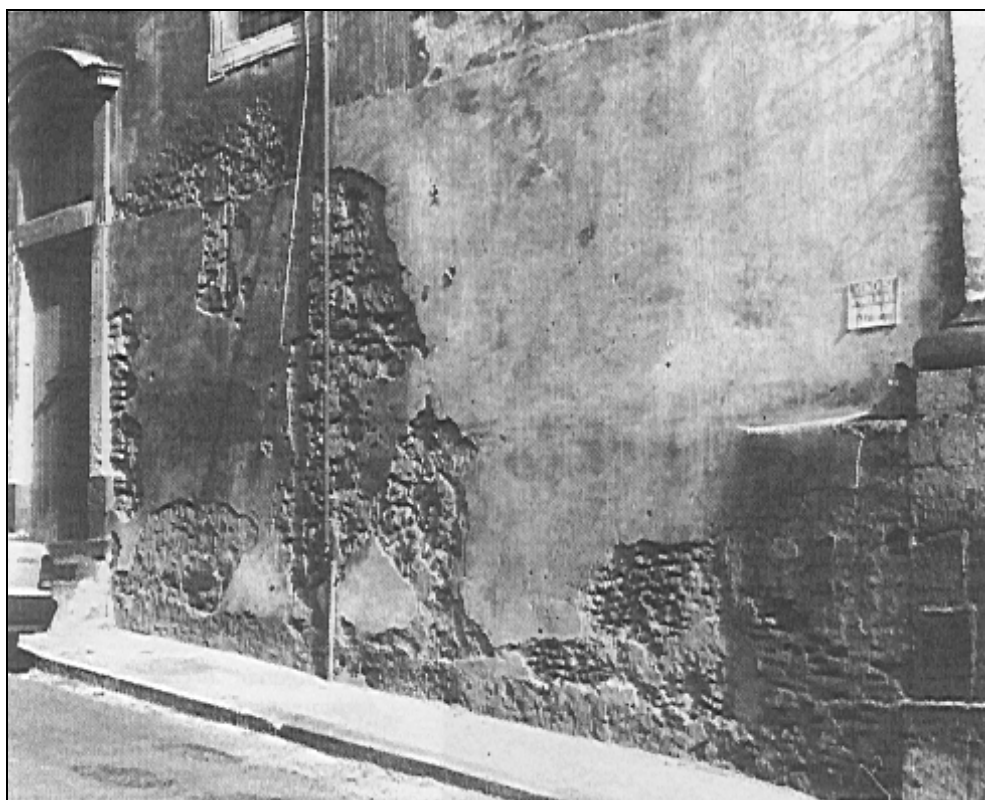
La prova di modulo elastico, consistente in 5 passi di carico fino alla tensione normale media di 3.53 kg/cm<sup>2</sup>, ha fornito il valor medio del modulo elastico, pari a 13275 kg/cm<sup>2</sup>, e il coefficiente di Poisson, crescente con il valore di tensione, e che assume il valore massimo 0.127 in corrispondenza della tensione massima.



*Fig. 1.11 - Muratura a tessitura regolare listata con blocchi aggettanti per l'ammorsamento delle facciate (Randazzo 1988).*



*Fig. 1.12 - Muratura di intostoni (Randazzo 1988).*



*Fig. 1.13 - Tipica situazione di degrado della muratura (Battiato 1988).*

La prova di taglio-compressione è stata eseguita collocando il campione tra una piastra inferiore in calcestruzzo vincolata alla base di un telaio fisso in acciaio, e una piastra superiore, anch'essa in calcestruzzo, libera di traslare e ruotare. Il carico verticale è stato applicato in corrispondenza della mezzeria della faccia superiore ed è pari a 12300 kg. Durante la prova è stata mantenuta costante sia l'intensità del carico che il punto di applicazione. Il carico orizzontale è stato incrementato fino al valore massimo, corrispondente alla rottura, pari a 7675 kg. La rottura è avvenuta nella zona inferiore secondo una superficie di area 3480 cm<sup>2</sup>. In corrispondenza del carico massimo, lo spostamento medio della faccia superiore è pari a 18.5 mm.

Le murature realizzate con malte di calce sono soggette all'aggressione dell'acido carbonico, naturalmente presente nell'atmosfera e prodotto dalla combustione degli idrocarburi. La reazione di ossido-riduzione tipica del degrado dei carbonati viene innescata in presenza di acqua. E' già stata segnalata in proposito l'elevata igroscopicità della malta di calce e ghiara rossa. Nelle murature *in situ* sono state osservate risalite capillari fino a qualche metro sopra lo spiccato delle fondazioni. Il degrado dei carbonati, ulteriormente accelerato dai depositi salini, può facilmente portare a disgregamento le malte. In particolare, si è osservata la disgregazione polverulenta della malta con scrostature iniziali e quindi diminuzione della sezione resistente del muro (Figura 1.13), accompagnata da un generale decadimento delle proprietà meccaniche della malta che interessa tutto il muro.

### 1.2.3 Orizzontamenti

Gli orizzontamenti possono classificarsi nei tipi seguenti.

#### SO1) Solai a travi in legno.

I solai in legno sono stati utilizzati fino alla prima metà dell'ottocento. L'impalcato era costituito da travi in castagno e tavolato in abete. Il tavolato era inchiodato alle travi. Raramente, le testate delle travi erano ancorate alla muratura tramite staffe e perni in ferro.

#### SO2) Volte.

E' il tipo più frequente nel centro storico. Le volte possono essere a crociera e "a cielo di carrozza" al piano terra e in genere "dammusi" ai piani superiori. Per "dammuso" si intende una volta a botte, con o senza lunette, o a padiglione. Le volte sono quasi sempre a sesto ribassato. Le luci variano tra 4 e 6 m.

Riguardo ai materiali si possono avere volte in mattoni, volte in blocchi lavici sgrossati, volte in pomice e gesso, volte con costolature. Tutte queste volte erano dette "reali" per distinguerle dalle volte in canne e gesso, dette "finte", in quanto prive di qualsiasi funzione portante.

Le volte in mattoni hanno spessore tra 5 e 20 cm, dipendentemente dalle dimensioni dei mattoni utilizzati. La malta è in genere di gesso, più raramente in ghiara. La carpenteria era realizzata con centina e tavolato in legno.

Le volte in blocchi lavici sgrossati sono costituite da balatoni e cannarozzoni, e malta di calce e ghiara. Lo spessore varia tra 40 e 50 cm. Queste volte sono presenti nell'edilizia di pregio.

Le volte in gesso e pietra pomice costituiscono il tipo più frequente nel centro storico. Esse erano realizzate da maestranze specializzate. La carpenteria era costituita da centine e tavolato. Sul tavolato si stendeva uno strato di circa 2 cm di gesso. La zona di imposta (Figura 1.14) era suddivisa in tre parti, ognuna di lunghezza pari a circa 20 cm. La parte inferiore era realizzata con rasaglia (frantumi lavici di dimensione 1 cm), la zona mediana da frantumi di pomice vulcanica, la parte superiore da pomice vulcanica di pezzatura superiore. In genere, non c'era compenetrazione tra volta e muro, essendo sufficienti l'attrito, la coesione e l'ingranamento a sostenere la volta. Verso il centro, lo spessore si assottigliava a 8÷12 cm. Nella parte inferiore si disponevano gli elementi di pomice che venivano ricoperti da malta di gesso. Su questo primo strato si disponevano altri elementi di pietra pomice ma di pezzatura inferiore che a loro volta venivano ricoperti da malta di gesso. Questo tipo di volta, introdotto nella seconda metà dell'ottocento, ha poi lungamente resistito alla concorrenza dei solai in putrelle grazie alla rapidità di esecuzione, all'economicità e all'esigua quantità di materiale posto in opera.

Le costolature erano frequentemente utilizzate nelle volte a padiglione di luce media o grande per ovviare alla scarsa resistenza per forma.

Il rinfiacco delle volte era costituito da pietra pomice a secco, crani e ossa di animali, gusci di noci e mandorle. A volte, al posto del rinfiacco, è presente una controvolta in pomice vulcanica e malta di gesso (Figura 1.15).

SO3) Volte e catene.

Si tratta delle volte del tipo SO2, con catene in ferro piatto, quadro o tondo. Gran parte degli interventi di incatenamento è stata realizzata a seguito dei terremoti del 1818, 1848 e 1908.

SO4) Solai in putrelle e voltine.

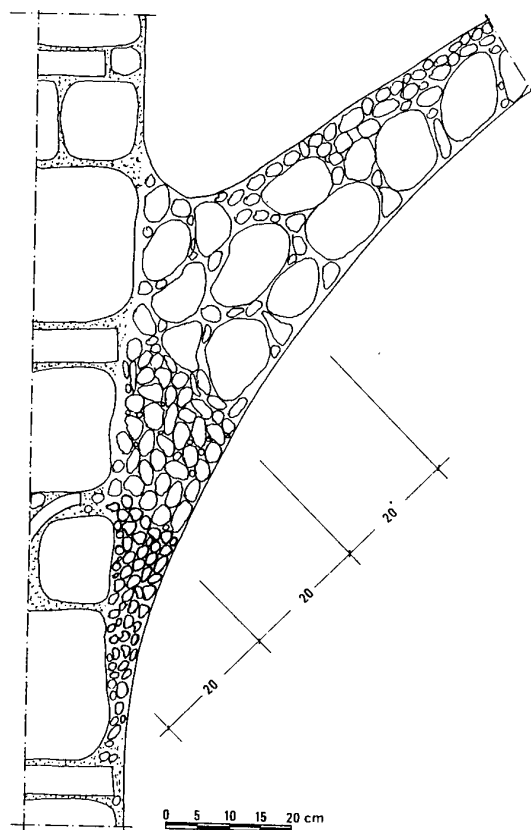
I solai a putrelle e I laminate in ferro per solai hanno cominciato a diffondersi a partire da metà ottocento e sono prevalenti nel primo novecento. L'interasse tra le putrelle varia tra 50 e 80 cm. Le voltine sono in pomice e malta di gesso e hanno estradosso piano (Figura 1.16) o, più raramente, in mattoni a foglio.

Le putrelle sono soggette all'azione corrosiva del gesso. In alcuni casi si è giunti alla corrosione totale dell'anima delle putrelle.

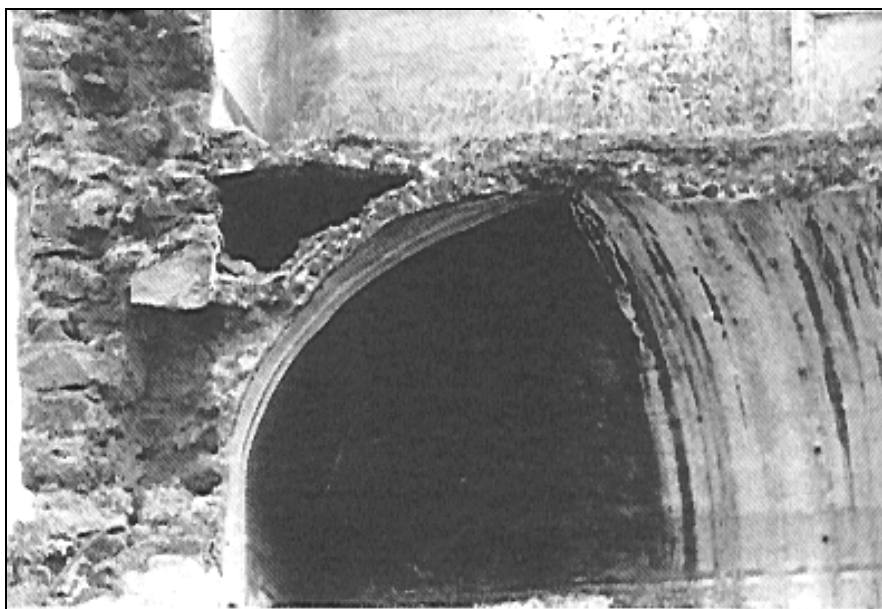
In molti casi, questo tipo di orizzontamento presenta una notevole deformabilità perché realizzato con putrelle di sezione non idonea, o divenuta tale per azione della corrosione.

SO5) Solai in latero-cemento.

I primi esempi risalgono agli anni '30-'40 e sono realizzati con tondini di acciaio dolce e pignatte componibili. Meno frequenti sono le solette piene in c.a., specie se di calpestio di terrazze.



*Fig. 1.14 - Volta in pomice e gesso (Randazzo 1988).*



*Fig. 1.15 - Controvolta in pomice e gesso (Randazzo 1988).*

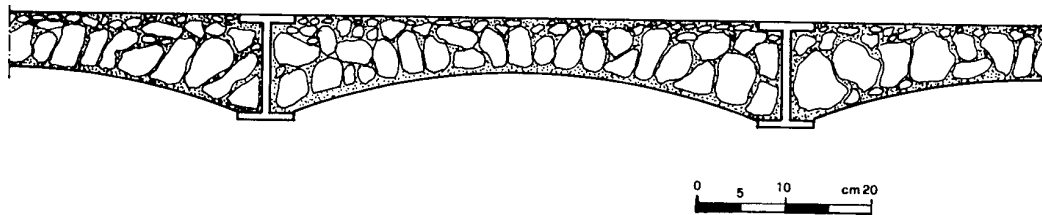


Fig. 1.16 - Solai in putrelle e voltine in pomice e malta di gesso (Randazzo 1988).

#### 1.2.4 Coperture

Le coperture possono essere di due tipi: a tetto o piane.

Le coperture a tetto sono a una o più falde e sono realizzate con legname di castagno. L'orditura lignea è costituita da una trave di colmo e da travetti (purrieddi) disposti secondo la massima pendenza tra la trave di colmo e il dormiente di gronda, con appoggi intermedi su travi rompitratta. Queste ultime poggiano su muretti a sezione rettangolare o a croce. In corrispondenza di locali di rappresentanza, le travi rompitratta poggiano su puntoni inclinati (coscialetti), indipendenti dalla volta (Figura 1.17).

Il tetto è completato dai listelli orizzontali (custere) tessuti sui travetti e dal manto di coppi e canali.

Al di sotto del tetto sono presenti volte "finte" in canne e gesso che non hanno alcuna funzione portante. Esse sono costituite da uno scheletro in legno al quale sono inchiodate canne rifinite all'intradosso con malta di gesso (Figura 1.18).

Sono anche presenti coperture a capriata.

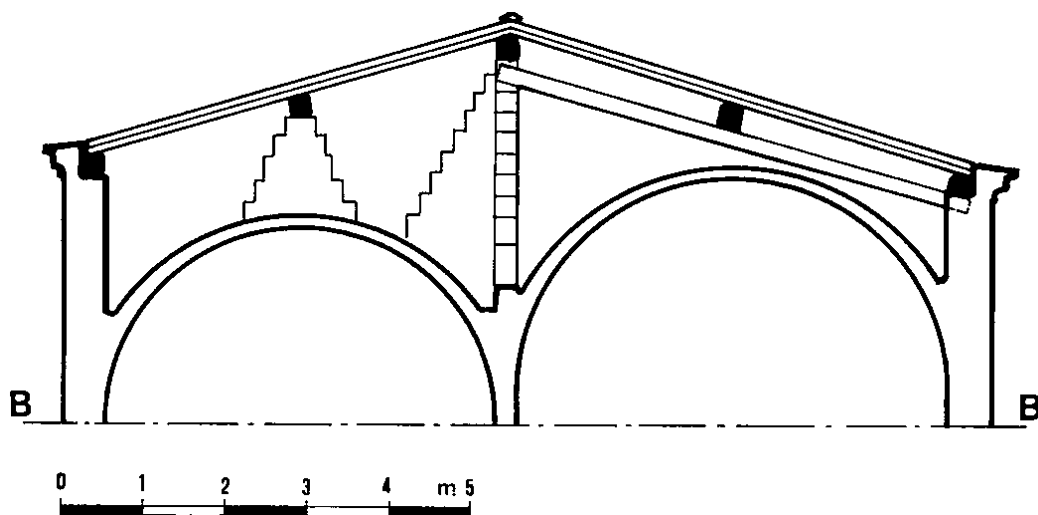


Fig. 1.17 - Sezione tipica di un tetto ligneo a falde (Randazzo 1988).

Le coperture piane sono in legno o in putrelle metalliche.

I solai di copertura in legno sono stati utilizzati fino alla prima metà dell'ottocento. Essi sono realizzati con travi di castagno e tavolato in abete. I solai lignei possono avere le travi a vista, inchiodando il tavolato al di sopra dei travetti, oppure senza orditura a vista, inchiodandolo al di sotto dei travetti.

Le coperture in putrelle metalliche sono presenti dalla seconda metà dell'ottocento e sono in tutto simili ai solai in putrelle e voltine in pomice e gesso.



*Fig. 1.18 - Estradosso di una volta "finta" (Randazzo 1988).*

### **1.2.5 Scale**

Negli edifici di una certa importanza del centro storico, le scale sono a rampe su strutture a volta. Nelle case a schiera è presente una rampa o al massimo due.

Possono essere anche presenti scale alla romana.

## **1.3 Organismo strutturale**

Una classificazione dei tipi strutturali ricorrenti dell'edilizia di Catania può essere basata sull'incrocio tra il tipo di struttura verticale e il tipo di struttura orizzontale (Tabella 1.3).

Tabella 1.3: Tipi strutturali ricorrenti in muratura.

| STRUTTURE<br>VERTICALI      | STRUTTURE ORIZZONTALI            |              |                          |                              |                                        |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
|                             | SO1<br>Solai a travi<br>in legno | SO2<br>Volte | SO3<br>Volte e<br>catene | SO4<br>Putrelle e<br>voltine | SO5<br>Solaio in<br>latero-<br>cimento |
| SV1<br>Tessitura irregolare | T11                              | T12          |                          |                              |                                        |
| SV2<br>Tessitura regolare   |                                  | T22          | T23                      | T24                          | T25                                    |
| SV3<br>Squadrata ben legata |                                  | T32          | T33                      | T34                          |                                        |
| SV4<br>In blocchetti        |                                  |              |                          | T44                          | T45                                    |

- T11) Muratura a tessitura irregolare, tetto in legno con volta “finta”.  
In questo tipo ricadono le “*case terrane*” povere, costruite tra il settecento e il novecento.
- T12) Muratura a tessitura irregolare, orizzontamenti a volta.  
T12.a) case terrane in attesa di sopraelevazione;  
T12.b) case a 2÷3 piani, del tipo a schiera o in linea.
- T22) Muratura a tessitura regolare in pietrame sbozzato di media pezzatura, orizzontamenti a volta in gesso e pomice.  
T22.a) case terrane predisposte per 3÷4 piani, in attesa di sopraelevazione;  
T22.b) case a schiera a 2 piani realizzate nel sette-ottocento;  
T22.c) case in linea a 3÷4 piani realizzate nel sette-ottocento;  
T22.d) palazzetti a 2÷4 piani realizzati nel sette-ottocento;  
T22.e) case a corte a 2÷3 piani.
- T23) Muratura a tessitura regolare, orizzontamenti a volta con catene.  
Come sopra.
- T24) Muratura a tessitura regolare, solai in putrelle e voltine.  
Palazzetti di epoca ottocentesca e umbertina.
- T25) Muratura a tessitura regolare, solai in latero-cemento.  
T25.a) case in linea degli anni '40; presentano cordoli parziali su alcuni lati;  
T25.b) case in linea degli anni '40-'60 con cordoli completi.
- T32) Muratura a blocchi regolari, orizzontamenti a volta.  
T32.a) edilizia di pregio, palazzi nobiliari, conventi, chiese fino a metà settecento;  
T32.b) case dell'ottocento con prevalenza di murature di “*intostoni*” listate.
- T33) Muratura a tessitura regolare, orizzontamenti a volta con catene.  
Come sopra.

- T34) Muratura a blocchi regolari, solai in putrelle e voltine.  
Case dell'ottocento con prevalenza di murature di “*intostoni*” listate.
- T44) Muratura in blocchetti, solai in putrelle.  
Case degli anni '40-'60; sopraelevazioni dello stesso periodo.
- T45) Muratura in blocchetti, solai in latero-cemento.  
Case degli anni '60-'90 nei quartieri della periferia sud e sud-ovest.

## BIBLIOGRAFIA

- Battiato, G. (1988): Le malte del centro storico di Catania. *Documento 16 dell'Istituto Dipartimentale di Architettura e Urbanistica dell'Università di Catania*, 85-107.
- Cuomo, M. (1998): Indagini sperimentali su un campione di muratura. *Comunicazione privata*.
- Cuomo, M., Badalà, A. (1998): Problematiche metodologiche relative alla determinazione sperimentale delle proprietà meccaniche dei materiali murari e dei loro componenti. *Comunicazione privata*.
- Lo Giudice, E., Novelli, F. (1997): Osservazioni sull'evoluzione e sulle caratteristiche del centro storico di Catania in funzione della risposta al sisma. *Atti dell'8° Convegno Nazionale “L'Ingegneria Sismica in Italia”*, Taormina, 1357-1369.
- Randazzo, G. (1988): Le strutture murarie negli edifici del centro storico di Catania. *Documento 16 dell'Istituto Dipartimentale di Architettura e Urbanistica dell'Università di Catania*, 109-143.
- Sciuto Patti, C. (1896): Sui materiali da costruzioni più usati in Catania. *Tipografia Editrice dell'Etna*.