

**Esame della capacità espressiva e strutturale  
e considerazioni economiche di una muratura strutturale  
realizzata con speciali mattoni a incastro**

Study of the expressive and structural capacity and economical considerations relevant to a brick structural masonry obtained with a special type of bricks.

Arch. Wladyslaw Krzanowski

Libero professionista - Firenze - Italia -

Sommario: Viene condotta l'analisi di una tipologia di muratura armata strutturale con le seguenti caratteristiche: capacità strutturale ed espressiva analoga alla struttura in c.a.; spessore portante contenuto in 12,5 cm con lesene di 25 cm di spessore e quindi possibilità di avere una finitura con camera d'aria ed isolamento termico di grande efficacia; finitura esterna a faccia vista; possibilità di realizzazione con impiego ridotto di manodopera specializzata; incidenza di manodopera in cantiere molto ridotta; tempi realizzazione brevi; costi inferiori alla muratura tradizionale.

Abstract: It has studied a type of structural reinforced masonry, having the following features: expressive and structural capacity similar to the reinforced concrete structure; load bearing thickness within 12.5 cm with 25 cm thick pilaster strips, and therefore possibility of obtaining a finish with air cavity and highly efficient thermal insulation; faced wall bricks; possibility of erection with reduced employment of skilled handlabour; highly reduced handlabour incidence in the yard; short erection times; lower costs as to the handlabour masonry.

1. PREMESSA

Il laterizio unitamente alla pietra e al legno è senz'altro uno dei materiali edili più antichi, ma nello stesso tempo sempre attuali. Esso è il frutto della trasformazione della terra, la più povera, più diffusa e meno costosa materia prima. I componenti di questa trasformazione, cioè l'acqua e il fuoco appartengono alle prime conoscenze e conquiste dell'uomo.

Il collaudo attraverso i secoli è la più vera e valida testimonianza della utilità di questo materiale. Nonostante l'avvento dei nuovi materiali e di nuove tecnologie, il laterizio non si arrende alla concorrenza e anzi per mantenere il suo importante ruolo cerca di evolversi per superare le difficoltà che comportano le odierne tendenze ed esigenze architettoniche.

## 2. CENNI STORICI

Le origini del laterizio si perdono nell'alba della civiltà. Gli scavi archeologici fanno risalire l'uso del mattone crudo a 8000 anni fa e del mattone cotto a 4000 anni (la ziggurat di Ur in Mesopotamia Fig.n.1 [1] ).

Con il passare del tempo e con il progresso delle sue conquiste tecnologiche l'uomo è riuscito a sfruttare il laterizio per costruire: le pareti, le volte e le coperture, cioè gli elementi essenziali dell'edificio.

L'uso del laterizio diffusosi dai tempi dei Romani (Vitruvio nel ... "De architectura libri decem" dà consigli sul corretto uso del mattone nell'edilizia dell'epoca)[2], ha avuto nell'architettura gotica il suo massimo sviluppo, tanto strutturale quanto espressivo, di ciò sono testimonianza i numerosi esempi di architettura sacra e civile, interamente eseguiti in laterizio.

Anche nell'architettura moderna nonostante le maggiori possibilità offerte dalle strutture in ferro o in cemento armato, l'importanza del laterizio è stato sempre notevole, non solo perchè è un'eccellente versatile materiale edile, ma anche per le sue caratteristiche naturali, genuine e semplici e nel contempo molto espressive.

Validissimi esempi della percezione di questi valori e della ricerca strutturale ed estetica nell'uso del laterizio "faccia a vista" e dei suoi accostamenti con gli altri materiali, sono presenti nelle diverse realizzazioni sia dei maestri dell'architettura moderna come Wright, Aalto, Khan, che degli architetti contemporanei come Stirling, Fig. 8[3], Venturi e Rauch, Botta ed altri. Numerosi esempi della produzione architettonica di Frank Lloyd sono testimonianza di un nuovo modo anti classico di intendere la architettura, dove il territorio e il paesaggio suggeriscono la forma e il linguaggio architettonico. La scelta e l'abbinamento dei materiali erano studiati con particolare cura, e fra i materiali un posto di notevole rilievo lo aveva il laterizio e in particolare il mattone biondo il cui uso esemplare tanto esterno quanto interno si può ricordare nella Robie House Fig.2 e Midway G. di Chicago Fig.5 nell'Imperial Hotel di Tokio, o nell'officina Johnson a Racine (Wisc) e in altre assai numerose costruzioni [4,5] Alvar Aalto nella sua architettura ci ha lasciato notevoli esempi di ricerca plastica e cromatica. Già dagli anni '30 Aalto ha sempre cercato di individuare e sottolineare le possibilità decorative dei materiali "in se stessi".

Il mattone aveva notevole importanza nella sua architettura che attraverso la sperimentazione formale (il muro di Muuratsalo) Fig.3 si concretizza nelle diverse realizzazioni di numerosi edifici sia di uso civile, ( per es. il complesso del Politecnico di Otaniemi Fig.5, il palazzo comunale a Säynätsalo, l'Istituto finlandese per le pensioni di Helsinki, i dormitori M.I.T. a Cambridge Mass.USA) o di uso industriale (la centrale termica del politecnico a Otaniemi o la fabbrica di cellulosa a Sunila) [6,7].

L'architettura di Louis Khan denuncia l'intenzione di fare dell'edi

ficio qualcosa di più di un contenitore funzionale e Khan crea gli edifici curando in particolare l'aspetto espressivo. La scelta del laterizio "faccia a vista" in diverse realizzazioni assume oltre al ruolo strutturale o decorativo un importante legame con le tradizioni; la cultura e il luogo dell'intervento; di ciò la testimonianza più importante sono le realizzazioni di Dacca Fig.4 e di Ahmedabad [4,8] .

### 3. Limiti nell'uso odierno del laterizio

L'uso e diffusione del laterizio in generale e del mattone in particolare è nell'odierna edilizia pressoché comune, però è ridotto semplicemente a elemento di tamponatura nascosto poi da intonacatura.

L'impiego della muratura strutturale a "faccia a vista" e non, si è considerevolmente ridotto negli ultimi anni a causa di una serie di fattori fra i quali i limiti imposti all'architettura per la difficoltà a realizzare corpi aggettanti e aperture di luce notevoli, la necessità di ottenere un isolamento termico delle pareti perimetrali superiore a quello ottenibile con la tradizionale muratura ed oggi imposto anche nella vigente legislazione.

Nel contesto economico c'è da sottolineare non tanto il costo del materiale in se stesso ma l'incidenza della mano d'opera qualificata, oggi sempre più difficilmente reperibile, i tempi di realizzazione più lunghi rispetto alle tipologie concorrenziali, il condizionamento dei fattori climatici nelle zone fredde, la laboriosità della posa in opera degli impianti, l'impossibilità di ottenere un procedimento produttivo industrializzato.

Anche la tecnica di rivestire le strutture portanti e di tamponamento con gli appositi listelli di laterizio da rivestimento a "faccia a vista" ha denunciato i propri limiti sia per ragione di notevole costo e tempo di esecuzione sia per le difficoltà di assicurare l'omogeneità del manufatto, visto le diverse sollecitazioni alle quali sono esposte le parti interne ed esterne delle pareti. Ultimamente dopo il boom del cemento armato e acciaio, si nota un certo ritorno all'uso qualificato del laterizio "faccia a vista" che oltre al suo indubbio valore estetico è spesso l'unico legame dell'edilizia con il territorio e il paesaggio. Perciò il laterizio per poter essere competitivo con gli altri materiali nel campo dell'edilizia di medie dimensioni, deve evolversi, adeguarsi al passo dei tempi e delle nuove esigenze sia tecniche che economiche.

L'industrializzazione, l'introduzione delle nuove tecnologie nel settore, certamente hanno portato alla maggiore qualità il prodotto e contenuto il prezzo, ma è difficile sostenere che il mattone tradizionale ha subito da secoli qualche sostanziale evoluzione.

Tralasciando la massiccia introduzione nell'edilizia dei prodotti laterizi simili al mattone con le differenziazioni del manufatto nel peso, dimensioni o nella forma, uno dei nuovi prodotti in laterizio che propone diverse soluzioni e offre interessanti sbocchi di recupero del laterizio nel campo della media edilizia è il mattone modulare a incastro.

#### 4. Mattone modulare a incastro

Dall'inizio del XX° secolo, anche se il primo uso del laterizio armato risale al 1825[9], si adopera comunemente laterizio armato solo per le strutture orizzontali. Fin d'ora, salvo casi rari e isolati, non si è pensato a un uso più consistente del laterizio armato per le strutture verticali. F.L.Wright negli anni 1915-21 nella realizzazione dell'Imperial Hotel a Tokyo ha eseguito una variante delle pareti in laterizio armato, soprattutto in considerazione dei terremoti, adoperando pareti a doppio guscio: uno esterno, di sottili preziosi laterizi, e uno interno, di mattoni scanalati e forati. Tra questi gusci una colata di cemento per rendere il sistema monolitico Fig.5,6. [5]

Il mattone modulare a incastro per materia prima e per le caratteristiche esteriori assomiglia al mattone tradizionale, ma si differenzia sostanzialmente per l'alta tecnologia di produzione, per le notevoli possibilità strutturali e di isolamento, e per la facilità di montaggio che permette di ridurre sensibilmente il costo di mano d'opera. In più le pareti a incastro data la loro perfetta superficie, la posa precisa e le commettiture orizzontali e verticali pulite e di spessore costante, marcate con il chiaro e scuro dell'ombra, permettono un'eccellente esecuzione della muratura "faccia a vista", con un costo molto inferiore alle tradizionali esecuzioni delle pareti sia in mattoni pieni che con gli appositi listelli da rivestimento.

Il mattone modulare a incastro ci offre la possibilità di eseguire un muro in laterizio armato avente le caratteristiche delle strutture verticali o usando semplicemente la colata di cemento o con l'aggiunta dell'armatura orizzontale e verticale in ferro.

Il mattone modulare Fig.10, rettificato in fase di produzione, basa le sue dimensioni sul modulo di cm 6,25. La lunghezza è di 4 moduli, la larghezza (profondità) di 2 moduli e la altezza (spessore) di 1 modulo; di conseguenza le dimensioni del mattone corrispondenti alle norme UNI sono 25,0 x 12,5 x 6,25 cm. Grazie alla mancanza delle commettiture e alla modularità del prodotto è estremamente semplice l'uso del mattone nel verso orizzontale che verticale, senza tagli e sprechi del materiale. In pianta il mattone ha diversi fori e in sezione trasversale delle scanalature. Il bordo delle facciate esterne del mattone ha una piccola fuga che, dopo la sovrapposizione o accoppiamento dei mattoni si somma con la fuga del mattone confinante per prendere le dimensioni della normale commettitura di circa 1 cm di spessore. Il punto di attacco fra i due mattoni per un gioco d'ombra è quasi invisibile, e l'appoggio dei bordi esterni del laterizio uno su l'altro migliora la coibentazione termica.

La posa dei mattoni avviene a secco ed il posizionamento è facilitato dalla presenza del mattone dai due spinotti in materiale plastico con nervature rigide, inseriti in appositi fori ovali, che guidano la posa delle file sovrastanti. Attraverso altri fori che servono anche per l'inserimento dell'eventuale armatura in ferro avviene l'iniezione della malta cementizia che si estende attraverso

so i fori verticali e le scanalature orizzontali e crea una maglia interna incrociata in cemento oppure in cemento e ferro che permette alla parete di raggiungere le resistenze non ottenibili con le murature tradizionali.

Per ragioni strutturali nel caso di muri di spessore 38,5 cm si possono gettare le porzioni di parete alte 3 metri (solaio-solaio) e nel caso di spessore 12,5 cm le pareti alte 1 metro e in entrambi i casi larghe circa 1,5 m. Il getto eseguito a fasce di certa superficie, facilita l'esecuzione delle pareti nei cantieri situati anche nelle località dove il freddo può creare delle difficoltà nella preparazione continua della malta cementizia.

La modularità del mattone e la possibilità d'inserimento delle armature orizzontali, permette l'esecuzione delle architravi a "faccia a vista" tanto prefabbricate quanto gettate in opera.

E' anche notevolmente semplificata la rifinitura delle mazzette delle portafinestre o finestre, in quanto la perfetta verticalità degli angoli e la rifinitura delle teste dei mattoni, non richiede nessun altro materiale di ricoprimento per nascondere delle imperfezioni nella posa dei mattoni. Notevoli vantaggi offrono le pareti esterne strutturali di spessore 38,5 (2 pareti di mattoni di spessore 12,5 cm vuoto interno spessore 12,5 cm e l'intonaco interno di spessore 1 cm). Il vuoto interno con l'opportuno riempimento e isolante permette l'inserimento degli impianti Fig.11.

Nelle zone sismiche le pareti esterne armate di spessore 38,5 cm e i divisori interni armati di spessore 14,5 cm danno sufficienti garanzie e possono soddisfare le normative antisismiche.

Per sintetizzare meglio le differenze fra il mattone tradizionale e quello modulare ad incastro seguono le tabelle comparative; le indicazioni sui costi e particolari esecutivi ed esempi di realizzazione. (Tab. 1, 2, 3 e fig. 9 10 11)

#### 5. Conclusioni

Si può affermare che la tipologia esaminata rispetto alla tradizionale permette di ottenere:

- 1) uguale aspetto estetico,
- 2) capacità strutturali nettamente superiori,
- 3) costi: a) paragonabili nel caso di pareti intonacate,  
b) notevolmente più bassi nel caso "faccia a vista",
- 4) tempi di esecuzione sensibilmente ridotti,
- 5) manodopera meno qualificata e meno numerosa.

#### Bibliografia

- 1 S.GIEDION, Le origini dell'architettura, Feltrinelli, 1969
- 2 VITRUVII, De Architectura libri decem, PWN Warszawa, 1956
- 3 JAMES STIRLING, Opere e progetti 1950-1974, Ed.di Comunità, 1975
- 4 CHRISTIAN NORBERG-SCHULZ, Significato nell'architettura occidentale, Electra Editrice, 1974
- 5 BRUNO ZEVI, ~~FRANK~~ L.Wright, Zanichelli, Bologna, 1979
- 6 KARL FLEIG, Alvar Aalto, Zanichelli, Bologna, 1978
- 7 Architectural Monographs 4, Alvar Aalto, Academy Ed. London, '78
- 8 L'architecture d'aujourd'hui 142, 1969
- 9 W. BORUSIEWICZ, Konstrukcje budowlane, Arkady Warszawa, 1962

TAB.1

TABELLA COMPARATIVA DATI TECNICI FRA MATTONE TRADIZIONALE E MATTONE MODULARE A INCASTRO

	mattone tradizionale	mattone modulare
1. dimensioni manufatto	25 x 12 x 5.5cm	25 x 12.5 x 6.25cm
2. rettifica meccanica ( tolleranza )	$\pm 10^{-2}$ cm	-----
3. materia prima	argilla	argilla
4. peso elem. singolo	25.9NN ( 2.64 Kg )	27.5 N ( 2.80 Kg )
5. volume elem. singolo	1650 cmc	1556 cmc
6. peso specifico	15.70 N/dmc ( 1600 Kg/mc )	17.71 N/dmc ( 1806 Kg/mc )
7. assorbimento acqua	~18%	13%
8. resistenza meccanica	19.6-39.2 N/mm <sup>2</sup> ( 200 - 400 Kg/mq )	62.8 N/mm <sup>2</sup> ( 640 Kg/mq )
9. conduttività termica	0.55 $\frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$	0.58 $\frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^\circ\text{C}}$
10. prezzo elem. singolo	168 £	350 £
11. prezzo 1mq solo muratura "faccia a vista" spessore 1. testa	57.280 £	34.434 £

TAB.2

TABELLA COMPARATIVA FRA LE PARETI ESEGUITE IN MATTONI TRADIZIONALI E MODULARI A INCASTRO

## a) CAPACITA' STRUTTURALI - PORTATA -

	muratura tradizionale		muratura modulare	
unità di misura	KN/m	Kg/m	KN/m	Kg/m
parete di spessore				
1 testa	70.6	7.200	147.1	15.000
2 teste	70.6	7.200	147.1	15.000
3 teste	211.0	21.600	490.0	50.000

## b) COIBENTAZIONE TERMICA - TRASMITTANZA "K" -

	muratura tradizionale		muratura modulare	
unità di misura	$\frac{\text{Kcal}}{\text{h mq}^\circ\text{C}}$		$\frac{\text{Kcal}}{\text{h mq}^\circ\text{C}}$	
pareti (faccia a vista) spessore				
1 testa	2.40		2.42	
2 teste (*)	1.10		1.10	
3 teste (*)	0.28 - 0.35		0.28 - 0.35	

N.B. Per i particolari vedi Fig.11

\* - si è trascurata l'influenza del ponte termico rappresentato dalle lesene.



TABELLA COMPARATIVA COSTI FRA MURATURA TRADIZIONALE E MURATURA  
MODULARE A INCASTRO

modo d'esecuzione	"faccia a vista"		intonaco esterno	
	tradizio- nale	modulare	tradizio- nale	modulare
parete di mattoni	£/mq	£/mq	£/mq	£/mq
a 1 testa	68.720	34.434	55.258	57.314
a 2 teste	86.730	63.884	74.638	76.694
a 3 teste	146.010	100.318	118.730	113.128

Per i particolari delle pareti a mattoni modulari vedi Fig. 12

## ELEMENTI DI ANALISI DEL COSTO

a) Muro tradizionale ( dati Bollettino degli ingegneri, Firenze  
n°10 del 1981

## 1. materiali

mattoni 25x12x5,5cm 1 mq = 60 pezzi x 168 £. = 10.080/mq  
 malta cementizia 71.680/mc x60 :1.000 = 4.300/mq

## 2. mano d'opera- esecuzione "faccia a vista"

posa in opera giornaliera: 500 mattoni  
 squadra: 2 muratori (15.576 £/h)  
 1 manovale (13.517 £/h) ] = 42.900/mq

## 3. opere compiute

muratura ordinaria mattoni pieni e malta  
 cementizia = 32.378/mq  
 compenso per la muratura "doppio tavolato" = 4.856/mq

b) Muro di mattoni modulari a incastro (dati rilevati)

## 1. materiali

mattoni 25x12,5x6,25 1 mq = 64 pezzi x 350 £. = 22.400/mq  
 malta cementizia 71.680/mc x64 :1.000 = 4.587/mq

## 2. mano d'opera - esecuzione "faccia a vista"

posa in opera giornaliera: 2.000 mattoni  
 squadra: 1 muratore (15.576 £/h)  
 1 manovale (13.517 £/h) ] = 7.470/mq

c) Altri materiali Opere compiute ( dati Bollettino  
degli ingegneri, Firenze, n°10 del 1981)

- muratura dei forati a 6 fori con malta  
 idraulica = 16.010/mq  
 - intonaco interno = 11.440/mq  
 - lana di vetro spessore 40/45 mm = 2.000/mq  
 - intonaco esterno = 12.810/mq

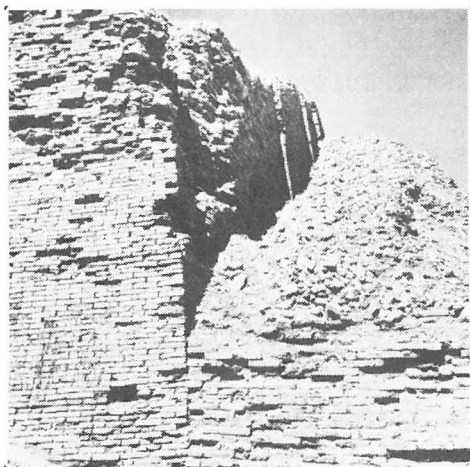


fig.1  
Ur Mesopotamia - struttura  
della scalinata in mattoni  
cotti, ca. 2000 a.C.

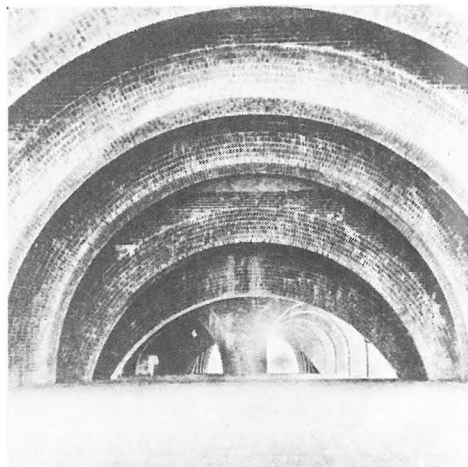


fig.4  
Louis Khan    Dacca  
Assemblea Nazionale    1968



fig.2  
Frank L.Wright  
Robie House Chicago  
1908



fig.3  
Alvar Aalto Muuratsalo  
residenza estiva 1953  
muro sperimentale



fig.5  
 Frank L.Wright  
 Hotel Imperial Tokyo 1915 - 1921

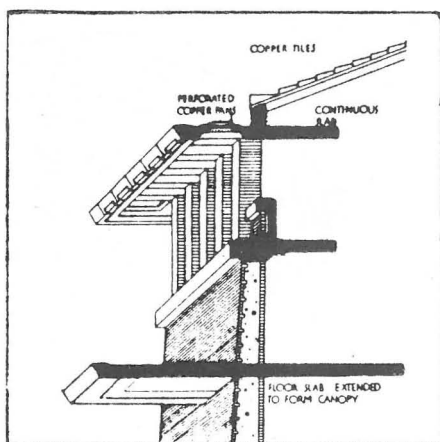


fig.6  
 idem - parete armata in laterizio

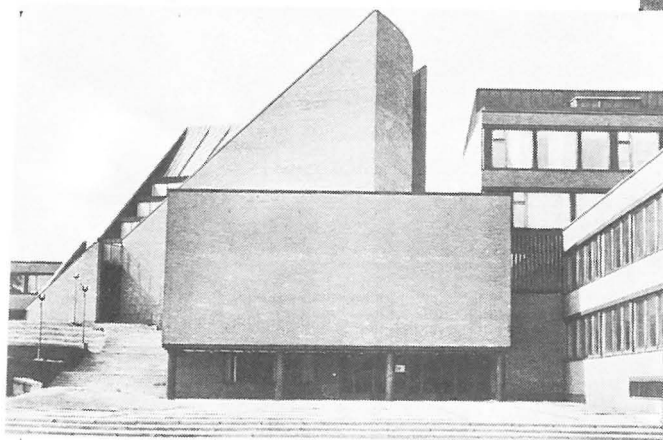
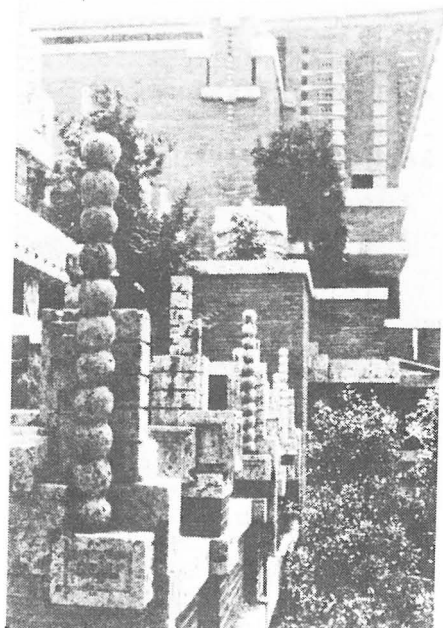


fig.7  
 Alvar Aalto Otaniemi  
 edificio principale del  
 Politecnico 1961/64

fig.8  
 James Stirling  
 casa per anziani Blackheath 1960

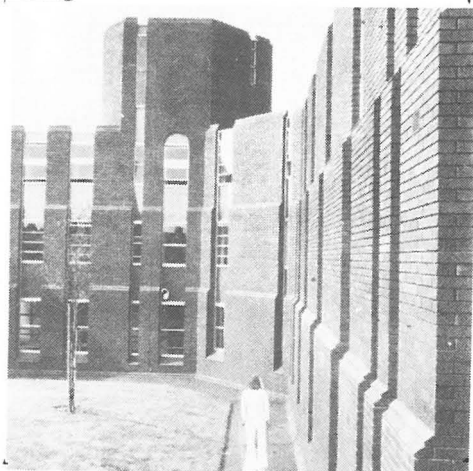
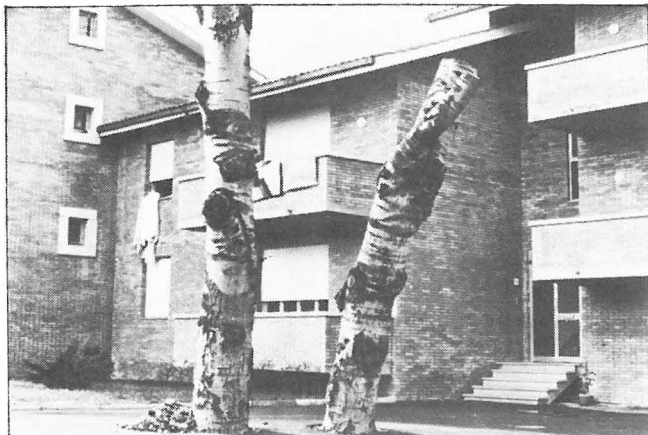
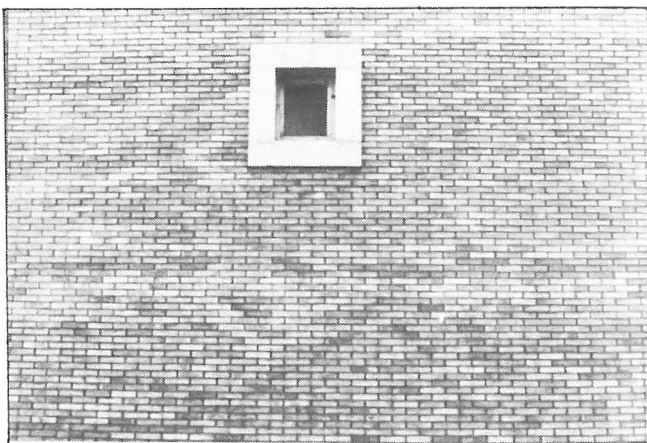


fig.9  
esempi di realizzazione  
e di progettazione con  
l'uso dei mattoni modu-  
lari a incastro



condominio a Fucecchio/FI/  
1980



progetto della "uteco"  
Pontelagoscuro /FE/

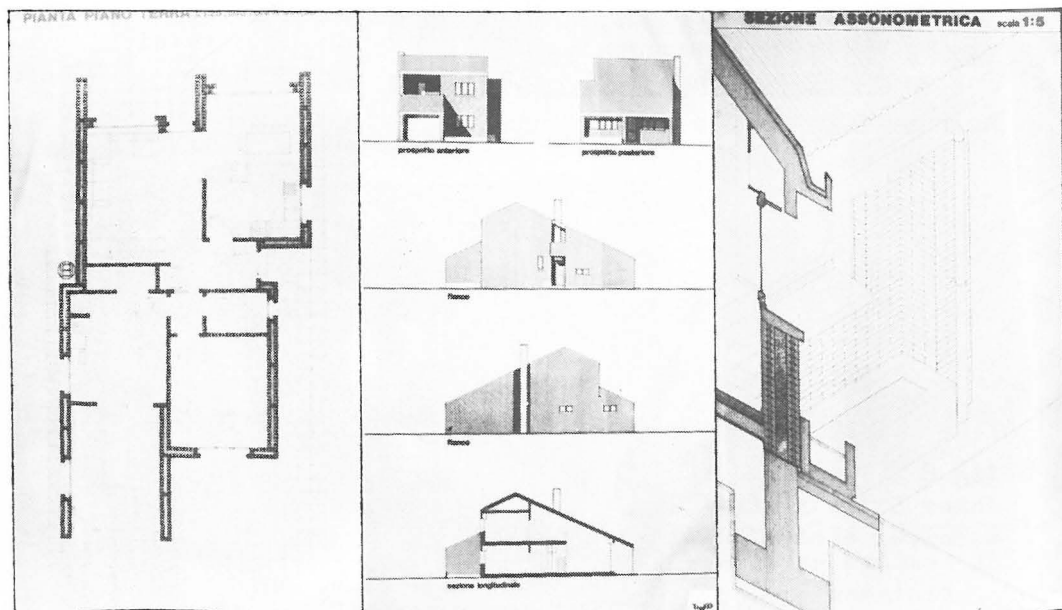


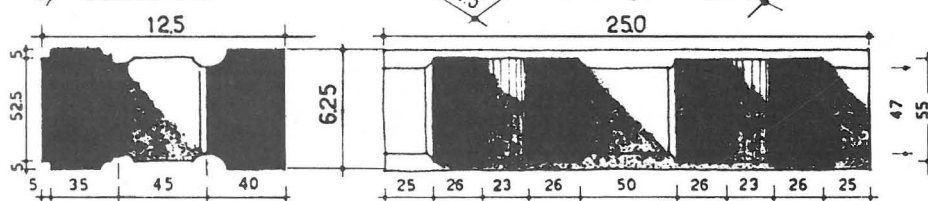
fig.10

# **MATTONI MODULARE A INCASTRO**

veduta  
prospettica

sezioni  
a/ trasversale

b/ longitudinale



## **PARTICOLARE - APPOGGIO SOLAIO SULLA PARETE IN MATTONI MODULARI**

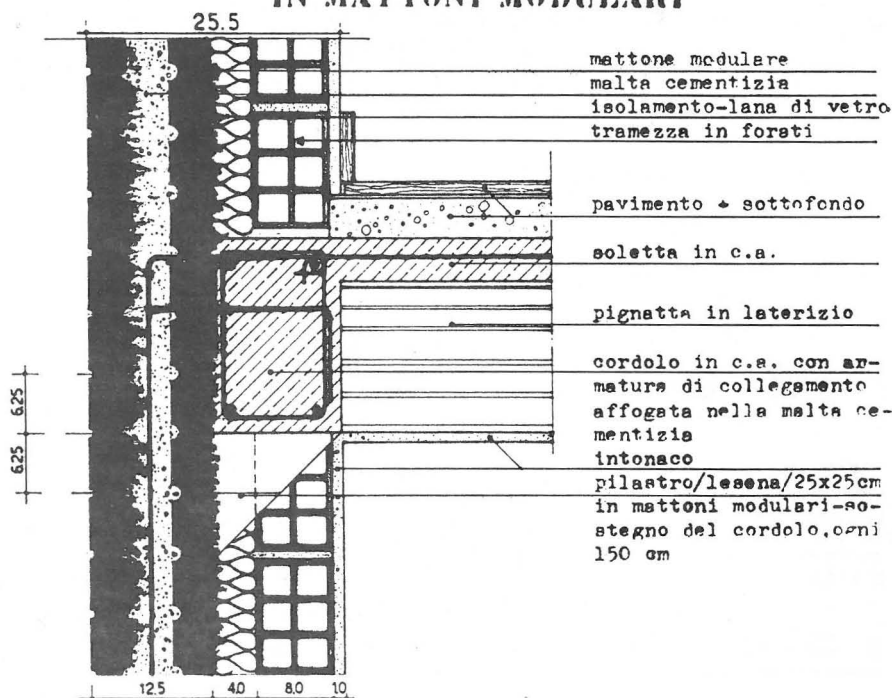
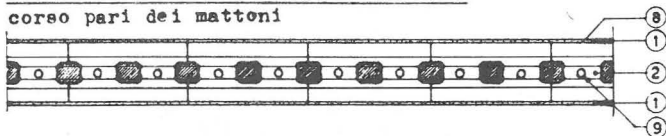


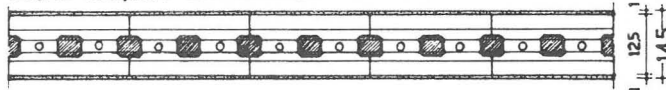
fig.11

### PARETE 14,5 cm (1 TESTA)

corso pari dei mattoni

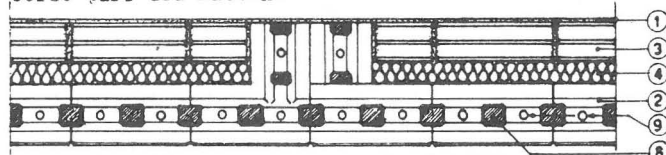


corso dispari dei mattoni

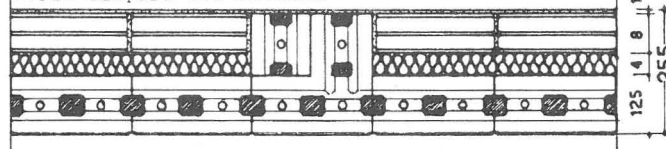


### PARETE 25,5 cm (2 TESTE)

corso pari dei mattoni



corso dispari dei mattoni

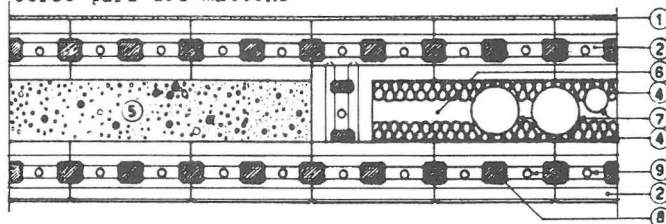


### LEGENDA

- 1.intonaco interno
- 2.mattono modulare a incastro
- 3.tramezza in mattoni forati
- 4.isolamento sol.a lana di vetro 4cm
- 5.isolamento sol.b resine espanse
- 6.camera d'aria
- 7.tubazioni-impianti
- 8.fori per armatura e getto malta cem.
- 9.terni/spinotti/in plastica

### PARETE 38,5 cm (3 TESTE)

corso pari dei mattoni



corso dispari dei mattoni

