

# L'opus caementicium<sup>1</sup> nell'edilizia romana

Cairolì Fulvio Giuliani

---

*L'alta qualità del conglomerato e la sua differenziazione all'interno dell'ossatura murale vengono proposte come la risposta dei costruttori agli esiti delle sollecitazioni ossaturali e non come elementi di una lettura stilistica finalizzata alla definizione di seriazioni cronologiche. Nell'ambito della problematica generale alcuni punti fissi come la impossibilità di fare affidamento alla resistenza a trazione da parte delle murature ordinarie risultano per l'antica arte del costruire piuttosto come topoi letterari.*

---

## 1 Fonti letterarie e caratteristiche tecniche

Vitruvio ci dà la composizione di quello che in termini moderni viene definito "calcestruzzo romano"<sup>2</sup>: «*structura ex caementis calce et harena*», cioè un composto di pietrame, calce e sabbia (o pozzolana)<sup>3</sup>. Tuttavia le informazioni più dettagliate le troviamo nel capitolo in cui tratta dell'opera reticolata e dell'opera incerta<sup>4</sup>. Egli sostiene che entrambe le strutture «debbono essere costruite con pietrame molto piccolo, in modo che le pareti abbondantemente saturate dalla malta, fatte di calce e arena (*o pozzolana*), possano durare il più a lungo possibile. Infatti, se le pietre sono porose e di scarso potere coesivo si essiccano facilmente, assorbendo l'umore della malta: al contrario, se la malta è abbondante, il muro che contiene una notevole umidità, non si essiccherà troppo rapidamente e manterrà la propria coesione. Quando infatti la porosità del pietrame assorbe rapidamente l'umido potere coesivo della malta, la calce si distacca dalla sabbia e si dissolve e per conseguenza il pietrame diviene incoerente ed i muri, col tempo vanno in rovina».

Per quanto riguarda la cronologia, è generalmente accettata quella del Lugli<sup>5</sup> secondo il quale l'uso del conglomerato cementizio si diffuse a Roma e in Campania a partire dalla fine del III secolo a.C. su influenze orientali ed ellenistiche<sup>6</sup>. Questo tuttavia contrasta con quanto afferma l'Orlandos<sup>7</sup> che, citando precisi riscontri archeologici (Delo, Thera, Priene), constata che in Grecia la malta, usata come legante (di regola la pozzolana è sostituita da tritume di laterizio), non si può far ri-

salire oltre la fine del II o l'inizio del I secolo a.C. e deve pertanto considerarsi un apporto romano.

Le fonti letterarie ed epigrafiche, del resto, non ci sono di grande aiuto e le ritroviamo tutte elencate dal Lugli<sup>8</sup> e, parzialmente, riprese dall'Adam<sup>9</sup>. Comunque esse non risalgono oltre la metà del II secolo a.C.<sup>10</sup>

Ben altro quadro forniscono le testimonianze archeologiche: anche a voler trascurare i casi di colonie come *Alba Fucens* (303 a.C.) o *Cosa* (273 a.C.), dove si trova un largo uso del calcestruzzo, oppure alcune case pompeiane che sembrano attestare l'uso della malta di calce con funzione legante fin dall'inizio del III sec. a.C., non possiamo ignorare il caso della *Porticus Aemilia*<sup>11</sup>. Dalle vicende di questo edificio si è certi che nel 192 a.C., quindi all'inizio del II secolo a.C., si era in grado di progettare e realizzare un edificio di grandissimo impegno in conglomerato. I primi esperimenti di questa tecnica non potranno perciò collocarsi solo due o tre decenni prima. È più realistico, quindi, pensare alla metà o, al massimo, alla fine del IV secolo a.C.

Riguardo gli ingredienti Vitruvio<sup>12</sup> conferma quanto si desume dalla tradizionale pratica dei cantieri; egli consiglia di prendere molta cura della calce «sia che venga cotta da pietre bianche (*calcari*) sia da quelle molto dure» (in genere si riteneva che una pietra scura fosse più dura di una dello stesso tipo ma di colore chiaro). E aggiunge: «quella che verrà ricavata da materiale compatto e più duro, sarà utile per la muratura, mentre quella che deriverà dalla pietra spugnosa sarà utile per gli intonaci». Accenna poi<sup>13</sup> anche ad una sorta di analisi quantitativa in atto già ai suoi tempi: «le pietre di un dato peso, introdotte in fornace, una volta estratte non possono più corrispondere ad esso; ma, pesandole, pur restandone uguale la dimensione, si troveranno ridotte di circa 1/3 del peso originario per l'umidità evaporata. Così, a causa del fuoco, si saranno aperti i vuoti e le cavità e questi accoglieranno in sé la miscela di sabbia diventando compatti e, tirando, faranno corpo unico coi *caementa* e determineranno la solidità della struttura».

Catone<sup>14</sup>, invece, sconsigliava calcine ottenute da pietre molto diverse tra loro, come pure quelle derivate dalla pietra di particolare durezza. Plinio<sup>15</sup> nota che le pietre di colore verde sono inadatte perché resistentissime al fuoco.

La calce che non riusciva di buona qualità veniva usata nelle fondazioni piuttosto che nell'alzato, nel nucleo meglio che nella cortina, nei muri interni invece che in quelli di telaio. Ancora alla fine del XVIII secolo<sup>16</sup> la calce tratta da pietra spugnosa veniva destinata agli intonaci.

È probabile che la calce usata a Roma provenisse dal prossimo subappennino<sup>17</sup> dove si trovano ottime vene di calcare bianco e fragile, tanto compatto quanto poroso, adatto per le murature e gli intonaci. Così come è possibile che venisse già usato il pietrame di sfraso delle cave di travertino (usanza ancora testimoniata nel Cinquecento)<sup>18</sup>.

Sappiamo che in età tarda la fornitura della calce rientrava in una sorta di tassazione che le diverse città dovevano fornire per le opere pubbliche. È noto, per esempio, che il 6 agosto del 365<sup>19</sup> Valentiniano e Valente emanarono da Milano un editto indirizzato a Volusiano, prefetto del Pretorio di Roma, per cui i due impera-

tori, desiderosi di restaurare i monumenti urbani e di provvedere alla magnificenza degli edifici pubblici ordinano di pagare un *solidus* (una moneta d'oro) ai calcinai ed ai carrettieri per ogni carico di calce. Tre quarti della somma dovevano essere pagati dai proprietari ed un quarto prelevato dalla *arca vinaria*<sup>20</sup>. In aggiunta non si potevano fornire più di tremila carri piccoli per anno: di essi 1500 erano destinati alla manutenzione degli acquedotti ed il rimanente a quella degli edifici. Dal computo andava esclusa la fornitura di Terracina riservata tradizionalmente alle necessità di Porto e del suo faro. Con la stessa legge venivano esentati i curiali della Tuscia dai 900 carri che avrebbero dovuto fornire ogni anno; a patto che, se un giorno si fosse reso necessario per una nuova opera pubblica, l'obbligo di fornire la calce sarebbe stato ripristinato previa specifica della quantità necessaria.

L'ottima qualità del calcestruzzo è alla base della sopravvivenza dei tanti monumenti antichi e tra le sue caratteristiche meccaniche una va forse meglio considerata di quanto non venga solitamente fatto: la capacità di risposta alla sollecitazione a trazione. È noto che questo è un problema annoso risolto praticamente negando che tale resistenza abbia un qualche ruolo nelle murature tradizionali. Già alla fine del XIX secolo<sup>21</sup> si era convinti che in nessun caso si potesse fare affidamento alla resistenza a trazione nelle murature ordinarie come dimostravano i valori da venti a trenta volte inferiori a quelli della resistenza a compressione. Tuttavia, forse, per l'antichità romana la situazione era diversa e qualche esempio sembra dimostrarlo. Il caso del muro di spina del c.d. Pecile della Villa Adriana (fig. 1): in esso, qualche secolo fa, venne praticata, senza alcuna protezione alla sommità, una apertura di 3,60 m di luce; la struttura originaria, spessa 0,75 m, presentava una riduzione



Fig. 1 Villa Adriana: apertura praticata nel muro di spina del cosiddetto Pecile senza alcuna protezione alla sommità; sulla spalla sinistra è visibile la sgranatura di un colpo di artiglieria. (foto dell'A. prec. i recenti restauri)

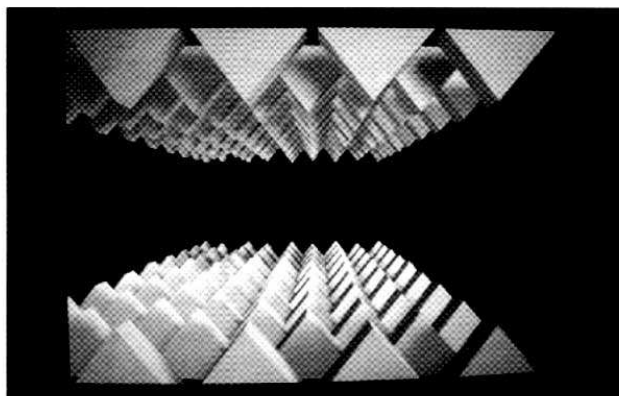


Fig. 2 Posizione degli elementi in una cortina laterizia. (*simulazione al computer dell'A.*)

di sezione da entrambi i lati fino a 0,35 m; vi venne applicato un grande cancello di legno, fu colpito da due cannonate durante l'ultima guerra, e, a tutt'oggi, non mostra lesioni. L'esempio, non del tutto eccezionale per le murature romane<sup>22</sup>, si spiega con l'altissima qualità dei materiali e la grande perizia nella confezione dell'opera.

Un passo fondamentale è quello in cui a proposito dell'edilizia abitativa dice che «le leggi non consentono per i muri da costruirsi su suolo pubblico, uno spessore che superi 1,5 piedi (0,45 m), così anche le pareti intermedie si impostano dello stesso spessore per non ridurre la luce dei vani. Ma siccome c'è bisogno di sviluppare molte abitazioni e non basterebbero le aree per una estensione in piano, bisogna per forza di cose ricorrere allo sviluppo in altezza degli edifici. Per questo si sale con pilastrate di pietra, murature di laterizi e pareti di calcestruzzo e si sovrappongono per mezzo di fitte travature, ben connesse tra loro, i piani superiori, con gran vantaggio e bella vista»<sup>23</sup>.

Dunque per l'edilizia abitativa, fino almeno all'età augustea, lo spessore usuale dei muri era di 0,45 m. Questo spessore faceva sì che 2/3 risultavano occupati dalle cortine ed 1/3 (procedendo a colpi di sciabola potremmo dire il terzo medio), dal nucleo. È evidente allora l'importanza della confezione del nucleo a cui era affidata la maggior resistenza.

È pur vero che andrebbero considerati altri fattori di disturbo, primo fra tutti, quello per cui le code dei singoli elementi di cortina (che mediamente avevano una profondità di 15 cm) corrispondono a letti di malta più spessi, ma l'osservazione resta comunque confermata in quei casi, peraltro non frequentissimi, di distacco delle cortine per cause diverse dall'asportazione da parte dell'uomo. Qui, infatti, i letti di malta prossimi alle code degli elementi di cortina tendono molto spesso a seguirle nel distacco.

La profondità dell'intero paramento, la forma a cuneo più o meno accentuata del piotrume di cortina, la disposizione sempre alternata rispetto alle orizzontali, sono tutti accorgimenti destinati ad evitare il fenomeno delle "tre lastre" descritto prima da Vitruvio come un elemento dannosissimo nelle strutture edilizie (fig. 2).



Fig. 3 Portus, Magazzini Traianei, un esempio della struttura angolare di un vano. (foto P. Verduchi)

È evidente che allontanandosi dalla misura sesquipedale nello spessore del muro il rapporto cortine/nucleo si affievolisce fino a diventare assolutamente influente nelle grandi ossature. Tuttavia sappiamo che in antico si faceva grande attenzione anche nel caso di muri di grande spessore. Vale per tutti quanto scrive Plinio il Giovane<sup>24</sup> a proposito della ricostruzione del ginnasio di Nicea i cui lavori procedevano malamente: «e poi l'architetto, certo ostile a quello che aveva cominciato la ricostruzione, sostiene che i muri d'ambito, anche se spessi 22 piedi (= 6,51 m) non sono in grado di reggere il carico previsto perché sono realizzati con pietrame eterogeneo e cocci, senza la cortina laterizia». Così come si evitava la sabbia di mare quando si dovevano realizzare costruzioni pesanti perché, dice Vitruvio,<sup>25</sup>



Fig. 4 Ostia, differenza tra la cortina di un portale con lesene (a sinistra) e la struttura del muro. Entrambe le cortine appartengono ad una stessa fase.



«*neque concamerationes recipit*», cioè il conglomerato ottenuto con malta in cui fosse presente sabbia marina non era in grado di reggere il peso delle volte.

Lo stesso brano vitruviano riguardante il sistema costruttivo delle insule romane riportato sopra, con il riferimento a pile di blocchi di pietra e “tamponature” di muratura distribuite su differenti piani, dimostra, se ce ne fosse bisogno, la perfetta consapevolezza di destinare all’ossatura portante una struttura particolarmente resistente alla compressione. Del resto questo sistema è riscontrabile anche nelle costruzioni superstiti. Le osservazioni però, ovvie quando le ossature sono realizzate in materiali diversi dalle altre parti, divengono confuse quando c’è omogeneità, almeno apparente, di tecnica. La domanda che viene spontanea è se anche in questi casi ci fosse una distinzione di sostanza corrispondente alle ossature.

## 2 Evoluzionismo formale e cronologia

L’approccio archeologico tradizionale alla tecnica edilizia ammette una sorta di *evoluzionismo formale* e attribuisce all’aspetto esteriore, alla minore o maggiore regolarità del pictrame o dei letti di malta significati cronologici. Facendo l’esempio del laterizio, il sistema più usato è il modulo (5 mattoni + 5 letti di malta) per procedere poi al confronto con moduli analoghi di edifici ritenuti di data certa. Siccome il modulo ha variazioni da zona a zona, si usa la media matematica o, se le oscillazioni sono molto consistenti, si ipotizzano fasi cronologicamente differenziate.

L’osservazione di vari edifici ostiensi e portuensi invece ha messo in risalto l’esistenza nell’edificio (e talvolta nell’ambito di uno stesso vano) di tecniche di costruzione differenti per quanto riguarda le cortine di alcuni punti specifici, per esempio gli angoli, a cui talvolta corrisponde anche una diversa disposizione, tessitura, in una parola “qualità”, del conglomerato (figg. 3, 4). Il fenomeno si riscontra spesso nelle parti “specializzate” o anche nell’ambito della stessa parete in corrispondenza di punti particolarmente sollecitati come in qualche caso punti di scari-



Fig. 5 Ostia, tessitura del nucleo di un pilastro di un caseggiato che si affaccia sul Decumano massimo.



Fig. 6 Tessitura del nucleo di un muro di spina appartenente alla stessa fase ed allo stesso edificio della figura precedente.

co di archi o alloggiamenti di colonne. In questi casi, dove è stato possibile, si è riscontrato un conglomerato più curato ed il fatto stesso che vi corrisponda un cambio di cortina sta a significare, al di là di qualunque dubbio di tipo archeologico estetizzante, che il muro (nucleo e cortina) era considerato anche in antico come una unità ai fini della risposta meccanica. È ovvio che tutte queste osservazioni “ad occhio” necessiterebbero, per essere confortate, di prove fisiche a noi estranee. Una cosa però è certa: a cambiamenti leggeri di cortina corrispondono sempre cambiamenti di calcestruzzo mentre non sempre avviene il contrario.

Così, per esempio, negli edifici porticati lungo il decumano massimo di Ostia, dove i pilastri del portico mostrano un conglomerato molto compatto realizzato in prevalenza da frammenti laterizi allettati a mano e disposti fittamente. Di qualità evidentemente diversa da quello mostrato dal nucleo dei muri interni dello stesso edificio (figg. 5, 6). Un caso particolare che dimostra la sostanziale omogeneità di concezione del conglomerato romano si ha in numerose strutture della Villa Adriana, dove le schegge del tufo locale adoperate per il muro interno scelte tra le più regolari vengono disposte a formare la cortina esterna e penetrano nel nucleo saldandosi perfettamente (fig. 7). Questo tipo di struttura mostra assai più raramente distacchi di cortina.

Un tipo di conglomerato del tutto particolare è poi l'*opus signinum* normalmente confuso dagli archeologi con il cocciopesto (figg. 8, 9). Si tratta in realtà del calcestruzzo impiegato nella costruzione di cisterne, piscine, ed in qualche caso adoperato come pavimentazione di piazzole all'aperto<sup>26</sup>. Vitruvio ce ne trasmette le modalità di confezione: occorre calce molto forte, arena granulosa e pura e pietrame duro (in genere calcare di monte) che non doveva pesare più di una libbra (vale a dire di piccola pezzatura); la sua preparazione prevedeva la miscela di 5 parti in

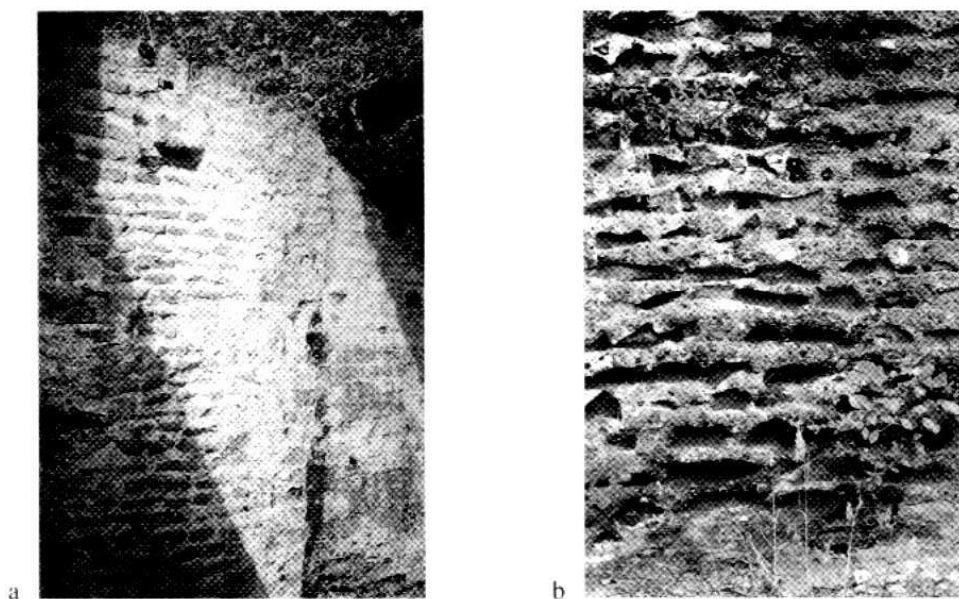


Fig. 7 Villa Adriana, sostruzioni del Cortile delle Biblioteche: a) cortina realizzata scegliendo le scaglie più uniformi tra quelle usate anche per il nucleo interno; b) un tratto in cui il pietrame risulta logorato rispetto al legante.

volume di sabbia e 2 di calce. Il conglomerato si disponeva nella trincea e si costipava battendolo a lungo con la mazzeranga (fig. 10). La sua particolare resistenza era dovuta oltre alla scelta degli elementi soprattutto alla battitura che conferiva all'impasto una compattezza elevatissima<sup>27</sup>. Raramente, come in alcuni interventi di restauro antichi nel santuario di Ercole Vincitore a Tivoli, questa tecnica si trova impiegata in volte massive (fig. 11). In questa tecnica la disposizione del pietrame, facilitata dalla forma prevalentemente prismatica sembra nella maggior parte dei casi quella di un materiale mescolato prima della gettata.



Fig. 8 Carsulac, cisterna in *opus signinum* gettato in cassaforma lignea.



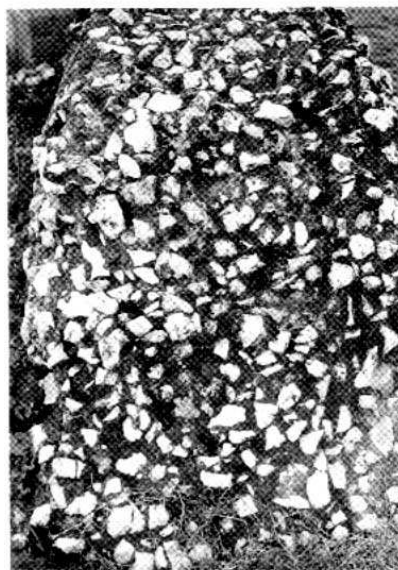


Fig. 9 Tivoli, cisterna in Via Empolitana, *opus signinum* in pietra di monte; si noti la disposizione del pietrame che appare evidentemente gettato dopo essere stato premescolato.

### 3 Malte speciali

Per quanto riguarda le malte poi resta sempre il problema di fondo dell'uso di eventuali additivi organici. Alcuni esempi: sappiamo da Plinio<sup>28</sup> e da Faventino<sup>29</sup> che quando serviva una malta molto raffinata e macerata, oltre che a pestarla a lungo nel mortaio veniva arricchita con sostanze organiche come la caseina, l'olio, la cenere, il vischio, l'uovo magari dopo essere stata spenta con l'aceto o il vino. È probabile che questi additivi fossero estranei all'uso generalizzato per il conglomerato, ma non è escluso che venissero adoperati in circostanze particolari anche nei punti più sollecitati della struttura<sup>30</sup>.

A questo proposito, per concludere, vale la pena citare la ricetta per confezionare la *maltha* (forse uno stucco per guarnizioni idrauliche) data da Plinio<sup>31</sup>: «La *maltha* si ricava dalla calce appena cotta: essa va spenta con il vino e subito pestata (nel mortaio) con grasso di maiale e fichi come doppio emolliente: questa sostanza diviene tenacissima e supera in durezza le pietre: quello che va rivestito di malta va prima spalmato con olio di oliva».

Sappiamo che gli antichi da gran tempo avevano individuato l'ossatura resistente delle costruzioni e nei punti dove più frequentemente riscontravano gli effetti delle sollecitazioni ponevano materiali particolarmente adatti allo scopo spesso anche profondamente differenti dal contesto murario.

È evidente che nei casi in cui la struttura impiegata era omogenea, per esempio il laterizio, le differenze non si evidenziano perché si risolvevano in una diversa e più accurata confezione del muro che nell'aspetto generale restava omogeneo. Magari si adoperava il mattone forte anziché il dolce o l'albasio allettato con malta più fine (pozzolana vagliata) e magari il nucleo, spesso fatto anche esso di pezzame di late-

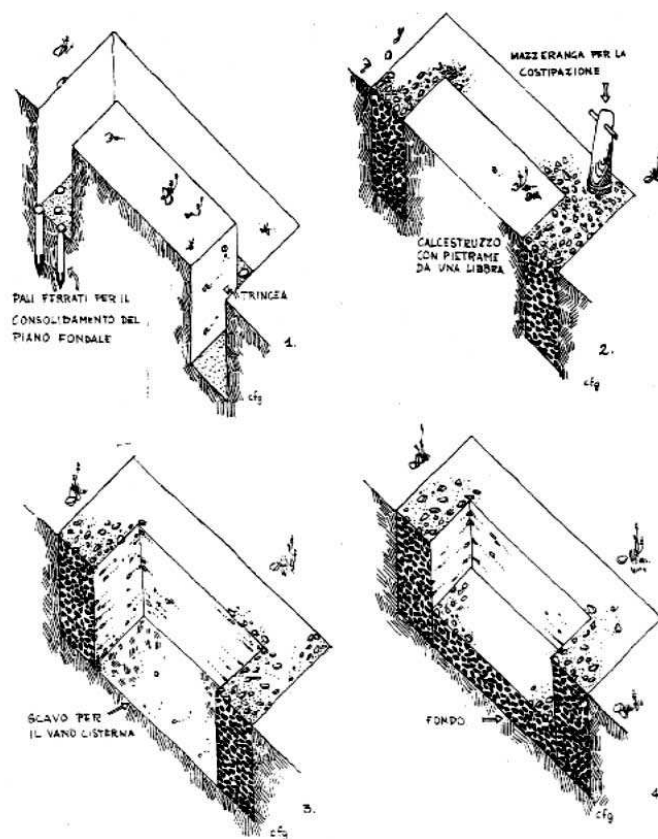


Fig. 10 La tecnica di costruzione di una cisterna in *opus signinum*. (C.F. Giuliani)

rizio, era costruito a strati complanari con la cortina. Questo sistema si trova usato in vari casi, nei pilastri dei portici dei palazzi ostiensi in cui la ridotta sezione sopportava un carico/cm<sup>2</sup> assai più elevato del resto della costruzione che infatti veniva realizzata con nucleo di pezzame di tufo, travertino, laterizio ecc., di maggiori dimensioni, relativamente più rado e quindi con maggiore quantità di legante.

Lo Choisy<sup>32</sup> distingue due tipi di muratura: quella compressa a mezzo di battitura con mazzeranga, riservata alle strutture interrate (fondazioni) o con paramento in blocchi di pietra, e quella priva di compressione per i muri di alzato. Questo secondo tipo, che non differisce molto dal nostro, veniva realizzato stendendo con la pala un letto di malta di 3÷4 cm e disponendo su di esso uno strato di pietrame di una dimensione media di 0,12 x 0,15 x 0,07 m (spesso le dimensioni erano anche maggiori). Poi ancora si ricopriva con letto di malta disposto sempre con la pala e così via. Questa tecnica sembra dimostrata dal fatto che spesso la sezione dei letti di malta va decrescendo da una estremità. Inoltre in qualche caso, però non frequentissimo, si nota che i giunti verticali tra il pietrame contengono una soffiatura centrale, segno che i due letti di malta superiore ed inferiore non si sono toccati. Questo procedimento ben si accorda con l'affermazione di Vitruvio sulla necessità di usare malta abbondante (v. sopra).

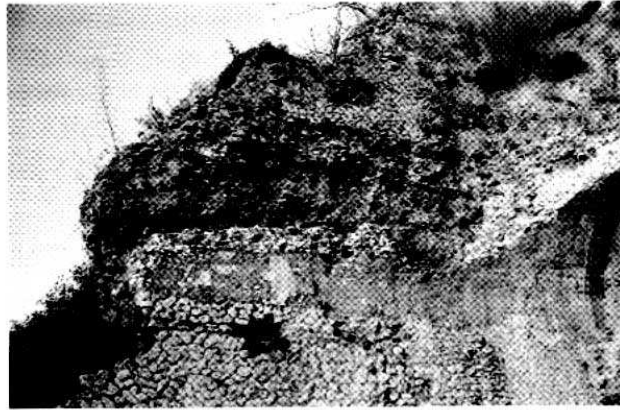


Fig. 11 Tivoli, Santuario di Ercole Vincitore, *opus signinum* impiegato nel rifacimento antico di alcune volte massive.

Tutto questo indica un uso separato della calce e del pietrame la cui disposizione, affidata a squadre diverse (una stendeva la malta e l'altra metteva a dimora le cortine ed il pietrame del nucleo), semplificava grandemente il lavoro rispetto ad un uso premiscelato del calcestruzzo che avrebbe comportato notevoli difficoltà di manodopera oltre che di trasporto del materiale mescolato.

Questa ricostruzione resta valida. Tuttavia limiterei l'assenza di battitura agli alzati di non grande spessore, perché negli altri sembra avere avuto un qualche ruolo la compressione con mazzeranga<sup>33</sup>. E aggiungerei che almeno nell'*opus signinum* la disposizione del pietrame e della malta appare piuttosto quella del materiale premiscelato.

#### Note

1 La maggior parte dei codici, tra il X e l'XI secolo, riporta la grafia *coementicium* anziché *caementicium*. Il dittongo *ae* si deve alla ricostruzione filologica moderna per cui, facendo derivare il termine da *caedere* (rompere, frantumare), attraverso il passaggio *caedimentum* - *caementum* ha fatto affermare la grafia con il dittongo *ae* che oggi tutti usiamo come corretta. Ricordo questa puntualizzazione che Giuseppe Lugli faceva sempre all'inizio dei corsi sulla Topografia di Roma Antica ed ho preferito ripeterla per riallacciarmi ad un periodo storico, quello medioevale, in cui le differenze culturali non si dividevano ancora nettamente in area tecnica ed area letteraria.

2 H. O. Lamprecht, *Opus caementicium: co-*

*struzioni in calcestruzzo romano*, L'industria del cemento, 7-8 (1986), p. 590; Id., *Opus caementicium*, Bautechnik der Römer, Düsseldorf, 1987.

3 Vitruvius, *De architectura*, 5, 12, 5. Altrove, parlando della pozzolana, dice che è un *genus pulveris* il quale va mescolato *cum calce et caemento*. Faventinus, *De diversis fabricis architectonicae*, Plommer, Cambridge 1973, p. 54.

4 Vitruvius, *De architectura*, II, 8, 2; cfr. G. Lugli, *L'opus caementicium* in Vitruvio, *Classica et Mediaevalia*, 17, (1956), 1-2, p. 99.

5 G. Lugli, *La tecnica edilizia dei romani*, Bardi, Roma 1957, p. 363 ss; cfr. da ultimo J.P. Adam, *La Construction Romaine, materiaux et techniques*, Picard, Paris 1984, p. 82.

- 6 Cfr. soprattutto Adam, op. cit.
- 7 A. Orlandos, *Les matériaux de construction et la technique architecturale des anciens Grecs*, I, De Boccard, Paris 1966, p. 135, n. 2.
- 8 Loc. cit.
- 9 Loc. cit.
- 10 Cato, *De agricultura*, 14,1, raccomanda: «nel costruire una villa bisogna fare tutte le pareti di calce e pietrame mentre i pilastri angolari di pietra»; cfr. anche 14,4; 14,5; 14,5; 15,1.
- 11 T. Livius (35, 10) dice che la costruirono L. Emilio Lepido e L. Emilio Paolo nel 192 a.C. e che successivamente, nel 174, venne "ricostruita" da Q. Fulvio e A. Postumio Albino che «*porticum Aemilium reficiendam curaverunt*» (41, 27, 8). Si tratta di un edificio lungo 487 m e largo 60, diviso in 50 vani paralleli larghi 8,30 m, coperti con settori rialzati di volte a botte e divisi da elementi murari assimilabili a pilastri. La tecnica usata è il calcestruzzo con cortina di opera incerta di tufo. Se pensiamo alla superficie coperta di quasi 3 ettari, allo sviluppo longitudinale ed alla collocazione su un terreno fondale infido come quello della riva del Tevere, non possiamo negare che si tratti di una realizzazione di straordinario impegno progettuale e cantieristico. Per realizzarne la costruzione, considerando anche il tiro delle malte, non occorsero certo meno di 20 anni. Proprio per questo forse le due date vanno interpretate, più che come la costruzione (192 a.C.) ed il rifacimento (174 a.C.), come l'inizio della costruzione ed il suo collaudo. È probabile che il *reficiendam* fosse giustificato dai restauri resi necessari dagli assestamenti in corso d'opera inevitabili in una fabbrica tanto vasta realizzata nelle condizioni meno propizie (si ricordino i problemi posti dall'antistante complesso settecentesco del San Michele, assai simile per giacitura e dimensioni). Inoltre i terremoti del 192 a.C. (T. Livius, 35, 40, in questa occasione si ebbero scosse per 38 giorni: «*terras die duodequadraginta movit*»; cfr. E. Guidoboni, *I terremoti prima del Mille*, Ist. Naz. Geofisica, Bologna 1989, p. 585; AA.VV. *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980*, Ist. Naz. Geofisica, SGA, Bologna 1995, p. 143) e del 179 a.C. (Liv., 40, 59, 7; Obseq., 7; E. Guidoboni, op. cit., p. 585; *Catalogo*, op. cit., p. 143), possono aver danneggiato la fabbrica in costruzione giustificando il *reficiendam* per il 174 a.C.
- 12 Vitruvius, *De architectura*, 2, 5, 1 ss.
- 13 Vitruvius, *De architectura*, 2, 5, 3.
- 14 Cato, *De agricultura*, 38, 2 e Plinius, *Naturalis historia*, 36, 174.
- 15 Plinius, *Naturalis historia*, 36, 169.
- 16 A. Uggeri, *Suppl. aux journées pittoresques des édifices de Rome antique*, III Pagliarini, Roma 1802, p. 19.
- 17 Faventinus, op. cit. 9: «*Calx itaque de albo saxo vel tiburtino aut colombino fluviatili coquatur*» inserisce il travertino e la pietra palombina che non vengono espressamente citate da Vitruvio (2, 5).
- 18 Vedi i forni per la cottura della calce rappresentati in corrispondenza delle cave di travertino Le Fosse presso Tivoli nella carta di Eufrosino della Volpaia (1547), in A.P. Frutaz, *Le carte del Lazio*, Roma, 1972, Vol. I, pp. 20 e 21.
- 19 *Codex Theodosianus*, 14, 6, 3. Cfr. X. Janvier, *La législation du Bas-Empire romain sur les édifices publics*, Aix en Provence, 1969, pp. 154-159; A. Chastagnol, *La préfecture urbaine à Rome sous le Bas-Empire*, Paris 1960, pp. 341 e 348; A.H.M. Jones, *The later Roman empire*, Oxford 1964, II, p. 708.
- 20 Gli *Arcarii* che facevano capo alle *arcae*, *vinaria*, *olearia* e *frumentaria* erano i cassieri del fisco imperiale, riscuotevano le tasse, custodivano il denaro pubblico e provvedevano alle grandi forniture attraverso contratti con i fornitori all'ingrosso (*Scriptores Historiae Augustae, Severus Alexander*, 43, 4 e *C.I.L.* V, 1801). L'*arca vinaria* era destinata a rifornire Roma di vino che veniva venduto a prezzo ridotto di  $\frac{1}{4}$  rispetto al mercato libero. Analogamente accadeva per le altre due *arcae*.
- 21 S. Di Pasquale, *L'arte del costruire, tra conoscenza e scienza*, Marsilio, Venezia 1996, p. 409.
- 22 Cfr., per esempio, C.F. Giuliani, *L'edilizia nell'antichità*, NIS, Roma 1990, p. 186; per il cocciopesto cfr. ibid. p. 172.
- 23 Vitruvius, *De architectura*, 2, 8, 17.
- 24 Plinius Jr., *Lettera a Traiano*, 30-40.
- 25 Vitruvius, *De architectura*, 2, 4, 2.
- 26 C.F. Giuliani, *L'edilizia nell'antichità*, op. cit., pp. 172-174; Id. *Opus signinum e cocciopesto, Segni, St. Antic. e Archeol.*, I, Università di Salerno, pp. 89-94. Raramente, gettato in casciforma lignea, fu adoperato anche in strutture di alzata (*Schola Xanthi* al Foro Romano e Basilica sotterranea di Porta Maggiore). In entrambi questi ultimi due casi i *caementa* sono di basalto.
- 27 È evidente che la ricetta vitruviana con il tempo si sia modificata - e Faventino ne è la pro-

va - per accogliere la pozzolana nella malta, e spesso i *caementa* di tufo.

28 Plinius, *Naturalis historia*, 33, 94, 159.

29 Faventinus, *op. cit.*, 6 e 19.

30 Sarebbe interessante per esempio analizzare le evidenti differenze visibili nella malta delle cortine laterizie interne della grande cisterna della Villa di Domiziano al Circeo rispetto al nucleo

retrostante.

31 Plinius, *Naturalis historia*, 36, 181 e Palladius, *Opus agriculturae*, 1, 17, 3.

32 A. Choisy, *L'art de batir chez les Romains*, Paris 1873, p. 14-16, rist. anast., Forni, Bologna 1969.

33 Per la battitura dei calcestruzzi antichi cfr. Vitruvius, *De architectura*, 8, 6, 1 4; Faventinus, 4; Palladius, *Opus agriculturae*, 17, 1.

### **L'Autore:**

C. F. Giuliani, *Rilievo e analisi tecnica dei monumenti antichi*, Facoltà di Lettere e Filosofia, Università degli Studi di Roma «La Sapienza».

### **Summary**

*The Roman concrete was composed of lime, stone fragments and arena (a term whose literal translation is sand, but we find to-day that it was mostly pozzolana). In the present paper it is studied comparing the descriptions found in the classical literature (Vitruvius, Pliny, Cato, Faventinus, Palladius) with the experience gained by the in depth examination of the still existing structures.*

*In his description of two types of opus caementicium (opus incertum and opus reticulatum) Vitruvius states that the stones should be of small dimensions and that the lime mortar should be abundant in order to avoid the danger that the porous aggregate might drain the water out of the mortar and hinder the development of its strength (a statement that clearly indicates the hydraulic character of the mix).*

*While Lugli dated the appearance of this technology in Rome to the end of 3rd century B.C. and considered it imported from the Hellenistic world, the information available to-day indicates that the Roman republican buildings antedate by far the earliest Greek examples. Also, the initial date in Rome must be moved back at least to the end of the 4th century because the technique appears quite mature in the Porticus Aemilia, an enormous construction over unstable ground which may be accurately dated 191-174 B.C.*

*The literature shows that the production of lime was carefully controlled and different types were available; for instance Vitruvius mentions the use of the lime made from soft, white, limestone for the renderings while the lime made from hard, probably coloured, limestone was useful for the masonry structure. The very good performance of Roman concrete, that often exhibits even a substantial tensile strength, is due both to the high quality of the materials and to the very accurate assembly technique.*

*Walls were built by alternating layers of mortar with layers of a coarse aggregate that was carefully positioned not only to form the curtains of the wall but also in the cores. The standard, foot-and-a-half, wall of a Roman house may be considered composed of three almost equal sections, the two*



---

*curtains (made of triangular bricks or the truncated tufa pyramids of opus reticulatum) and the core, the three being normally very well connected to each other because of the wedge-like shape of the curtain material.*

*A casting technique of construction, which is described by Vitruvius, was applied instead in the case of opus signinum, used mainly to make floors; in this case the concrete was poured and then beaten with appropriate instruments before setting. To-day we observe that such a technique must have been used occasionally also for vaults. Beating of the fresh concrete was probably applied in the case of very thick walls.*

*Variations in the structure of the concrete (in the nature, dimension, disposition of the aggregate or in the mortar/aggregate ratio) were considered in the past as possible indicators of different dates of construction; it is clear to-day that frequently such changes inside a single building are often determined by technical reasons. An example of this is the change in type and dimensions of the coarse aggregate (e.g. small brick fragments in place of tufa splinters) and the more accurate execution of masonry parts that are subject to the highest stresses in the building.*

*Organic admixtures (such as oil, ash, egg, vinegar or wine) are mentioned by both Vitruvius and Faventinus but it is likely that such additions were applied only to mortars used in special parts of the buildings, rather than to general purpose concrete.*

*Another special purpose binder must have been maltha, mentioned by Pliny; it is described as a quicklime slaked with wine and mixed with swine fat and figs that is more likely to have been used as a stucco for pipe connections rather than as a masonry mortar.*