

PALLADIO

N. 38
LUGLIO
DICEMBRE
2006

RIVISTA DI STORIA DELL' ARCHITETTURA E RESTAURO

Contributi

- 5 LIA BARELLI: *Ecclesiam reparare: Pasquale II (1099-1118) e il restauro della basilica dei Ss. Quattro Coronati a Roma*
- 29 FRANCESCA ROMANA LISERRE: *La Grotta dei Satiri nei giardini inferiori di palazzo Farnese a Caprarola*
- 51 GIUSEPPE RAGO: *Il complesso di S. Gabriele Arcangelo ad Airola nel repertorio di Martino Buonocore*
- 71 PAOLO VITTI: *Restauri moderni su archi e volte antichi: recenti annotazioni di cantiere nella Domus Tibertiana e nel Colosseo*
- 85 MARIANO NUZZO: *Giuseppe Valadier ed il restauro del sepolcro degli Orazi e Curiazi ad Albano Laziale*
- 101 GIANLUCA VITAGLIANO: *Storia, restauro e progetto nell'attività di Lilians Grassi. Un'operosità teoreticamente fondata*

Recensioni e segnalazioni

- 129 Medioevo
- 132 Barocco e Neoclassico
- 135 Ottocento e Novecento
- 138 Restauro e Tutela ambientale
- 152 Miscellanee ed altro
- 157 Riassunti in inglese
- 159 Il "premio De Angelis d'Ossat" per giovani studiosi di Storia dell'architettura

RESTAURI MODERNI SU ARCHI E VOLTE ANTICHI: RECENTI ANNOTAZIONI DI CANTIERE NELLA DOMUS TIBERIANA E NEL COLOSSEO

Paolo Vitti

Premessa

Auguste Choisy ne *L'art de bâtir chez les Romains* riconosce ai romani il merito di aver elaborato, attraverso l'inserimento di nervature nelle volte in cementizio, un sistema costruttivo teso alla razionalizzazione del processo edilizio (1); le nervature, veri archi in laterizio costruiti su un'armatura leggera, di fatto altro non sono se non delle centine inglobate nella massa muraria, destinate a vivere quanto l'edificio stesso. Si riduceva così quella complessa opera di carpenteria necessaria a costruire centine lignee indeformabili e capaci di sostenere pesanti getti di *opus caementicium*, nel periodo occorrente a trasformare il getto in un monolite. Choisy aggiunge inoltre che tale prassi costruttiva risultava del tutto persa nel cantiere a lui contemporaneo che ricorreva, invece, a getti continui in conglomerato con uso di centine obbligatoriamente molto resistenti e molto onerose.

Oggi non si costruiscono più edifici moderni in muratura né, tanto meno, si ricorre a sistemi voltati in conglomerato cementizio per realizzare le coperture. Il confronto fra tecniche antiche e tecniche moderne appare più stridente. Eppure le osservazioni di Choisy sono attuali. In effetti negli ultimi decenni abbiamo imparato ad apprezzare nel cantiere di restauro il ricorso a tecniche e materiali simili a quelli antichi, scoprendo che i beni architettonici da tutelare e conservare vivono molto più dignitosamente se le aggiunte necessarie a prolungare la vita del manufatto vengono realizzate con strutture di pari rigidezza e resistenza.

Nel presente articolo si descrivono alcuni restauri condotti dalla Soprintendenza Archeologica di Roma, Soprintendente Adriano La Regina, ideati e diretti da Giangiacomo Martines (2). In tale occasione l'autore è stato presente in cantiere per rilievi, disegni esecutivi e documentazione delle fasi di intervento. Gli interventi in *Domus Tiberiana* (Palatino) si concentrano negli anni antecedenti al Giubileo 2000, ad eccezione dell'intervento sul "bastione dei cipressi", che risale agli anni 1986-87 (3). Il restauro della volta del cuneo LV dell'Anfiteatro Flavio, iniziato nel 2001 e conclusosi nel 2002, rientra nel più ampio programma di interventi finanziati dalla Banca di Roma – oggi Capitalia – per il Colosseo.

1. Tre sottoarchi per sostenere il "bastione dei cipressi" negli Orti farnesiani sotto la Domus Tiberiana

Gli scavi condotti sul versante nord-ovest della *Domus Tiberiana* avevano nel tempo sottratto il terreno su cui erano state gettate le fondazioni del cinquecentesco "bastione dei cipressi" (4). Nel 1985, nell'ambito degli interventi per il patrimonio archeologico di Roma, si avviava l'esecuzione di tre archi funzionali al sostegno del muro cinquecentesco. Gli archi sono stati realizzati dal mastro Dionisio Sbardella, dell'impresa SOVED, impiegando laterizi delle fornaci S. Marco di Venezia e, appositamente realizzati, mattoni bipedali 60x60cm (5). Già all'epoca di Pio IX e sotto la direzione di Francesco Fontana mattoni di tale dimensione erano stati confezionati per integrazioni nel paramento del Pantheon (6), ma qui, per la prima volta, l'impiego di simili laterizi è legato principalmente ad un uso strutturale, sfruttandosi, come in antico, il vantaggio di un laterizio che lega il paramento al nucleo del muro (7).

Sotto tre barulle di età farnesiana si inseriscono tre sostegni (*fig. 1*), simili fra loro, ognuno composto da due piedritti su cui spicca un arco. Alla base dei piedritti un arco rovescio, integralmente in bipedali, chiude la struttura ad anello ripartendo le tensioni trasmesse al terreno archeologico sottostante (8). Il paramento dei piedritti è in mattoni rettangolari UNI apparecchiati di testa e di fascia; il nucleo è costituito da pezzame di tufo legato da malta pozzolanica ed è stato eseguito per filari orizzontali contestualmente all'innalzamento del paramento (*fig. 2*). A intervalli regolari la muratura presenta un ricorso di bipedali. L'arco sovrastante, anch'esso integralmente eseguito con bipedali, è di diametro maggiore rispetto alla luce fra i due piedritti ed è quasi a tutto sesto. Lo spazio libero fra l'estradosso dell'arco e la barulla farnesiana è stato riempito e messo a contrasto successivamente al disarmo degli archi. L'intervento moderno è distinguibile dalle murature antiche sia grazie all'apparecchio murario sia per l'impiego di laterizi sabbiati e malta impastata con la molazza. Una scarsella continua lungo la linea di contatto con le murature antiche crea uno scuretto; tale discontinuità delimita l'intervento moderno. Di recente i paramenti hanno ricevuto un intonachino ed è stata apposta una targa che riporta l'anno del restauro. I primi *bipedales* da restauro furono quindi fatti con le argille di Venezia, espressamente per la *Domus Tiberiana*; i primi tre archi furono realizzati con l'assiduo consiglio di Antonino Giuffrè.

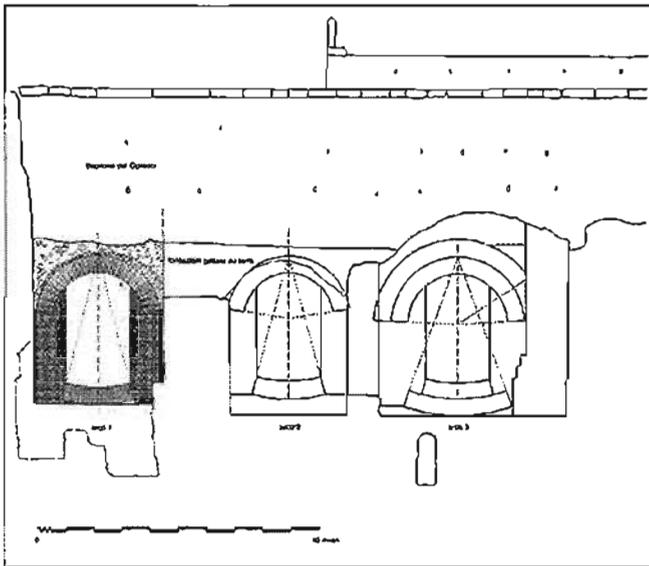
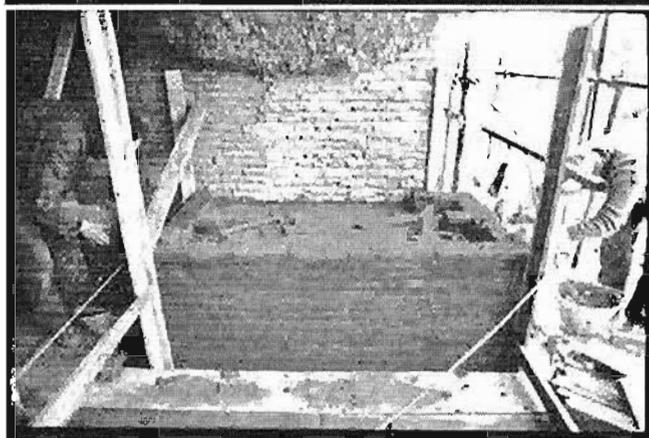
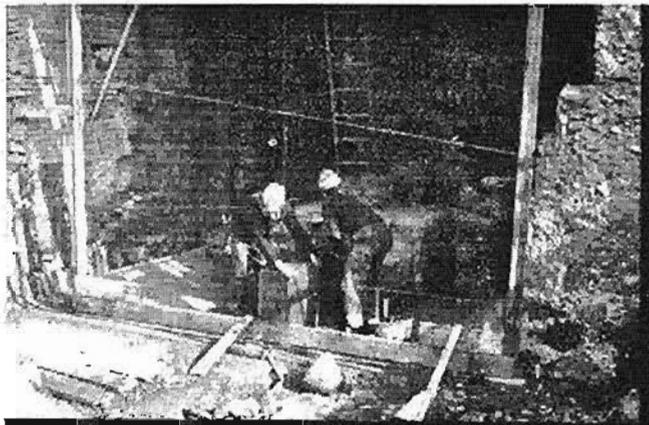


Fig. 1 - Domus Tiberiana. Bastione dei cipressi (Orti Farnesiani). Tre sottarchi per sostenere le barulle di fondazione farnesiane: schema di progetto (rielaborazione da disegno archivio S.A.R., schema dell'A.).

Fig. 2 - Domus Tiberiana. Sottarchi per sostenere le barulle di fondazione del bastione dei cipressi (Orti Farnesiani). In alto, posizionamento dei bipedali dell'arco rovescio. In basso, la costruzione dei piloni con paramenti in mattoni UNI e nucleo in pezzame di tufo legato da malta pozzolanica.



I bipedali prodotti dalle fornaci S. Marco e impiegati in *Domus Tiberiana* sono a sezione costante e a sezione rastremata. La sezione costante è impiegata sia nelle ghiera degli archi sia nei ricorsi nella muratura. Dall'osservazione delle pareti in *opus testaceum* del Palatino si nota che le lesioni che attraversano le pareti antiche quasi sempre muoiono in concomitanza di un ricorso di bipedali; il ricorso di fatto contrasta quella tripartizione della muratura, tipica delle pareti con due paramenti e opera cementizia interna, ripartendo le tensioni presenti nelle murature (9). I bipedali a sezione rastremata sono impiegati nelle ghiera degli archi. Negli archi antichi della *Domus Tiberiana* il numero e la posizione dei bipedali a sezione rastremata è sempre variabile; si ha l'impressione che il mastro antico disponesse di un certo numero di bipedali rastremati che collocava nella ghiera a sua discrezione, per mantenere il giunto di malta sempre al di sotto di 0,7-1 cm. La rastremazione dei bipedali antichi non è mai costante: varia di bipedale in bipedale e si ripete raramente, tanto da far pensare che venisse eseguita a pié d'opera con la mattellina (10). In realtà l'ipotesi più plausibile è che così giungessero dalle *figlinae*. Sull'arco antico II,2 della facciata nord-est della *Domus Tiberiana* (fig. 3) i bipedali rastremati presentano una rastremazione variabile che raggiunge una differenza fra un estremo e l'altro del bipedale pari a 3,5 cm, con spessore massimo 5 cm e minimo 1,5 cm. In media lo spessore massimo è pari a 4,5/5 cm, quello minimo 2,7 cm. I bipedali a sezione rastremata delle fornaci S. Marco sono stati prodotti con un'unica rastremazione, con spessore minimo 2,7 cm e massimo 5 cm (11). La produzione di un'unica rastremazione non consente di scegliere in fase di costruzione l'alternanza con i bipedali a sezione costante; per questo motivo gli archi moderni sono stati disegnati su carta prima di procedere alla costruzione: sulla carta è possibile stabilire la cadenza dei bipedali rastremati, così da ottenere giunti di malta di spessore adeguato a garantire una buona resistenza e una corretta rigidità.

“Il cantiere di restauro può essere il luogo di esperimenti scientifici per la conoscenza dei manufatti che si restaura” (12). Una simile sperimentazione è lecita nella misura nella quale è finalizzata non tanto alla falsificatoria e mimetica riproduzione di un apparecchio murario antico, quanto alla comprensione del sistema costruttivo sotto tutte le sue componenti – di produzione materiale, di posa in opera, di meccanismo strutturale e di resa estetica – nell'ottica di una ricerca di soluzioni adeguate a garantire una corretta e duratura azione di tutela sui monumenti. Si tratta di un processo lento di recupero di una logica costruttiva che, nel caso delle strutture di cui si tratta, si contraddistingue per i meccanismi assolutamente originali e non più rintracciabili in nessun processo costruttivo di epoca successiva.

2. I restauri storici della facciata nord-est della Domus Tiberiana: paramenti laterizi e archi di restauro tra il 1860 e il 1901

Per descrivere i recenti restauri in Domus Tiberiana è necessario presentare i precedenti interventi. I primi lavori di restauro nella Domus Tiberiana risalgono all'epoca di Napoleone III, quando Pietro Rosa, incaricato dall'imperatore dello scavo delle sue proprietà sul Palatino, si trovò ad affrontare diverse problematiche di carattere conservativo al fine di prevenire il crollo delle strutture ridotte allo stato di rudere (13). Gli interventi di restauro che accompagnarono gli scavi del Rosa miravano al sostegno delle masse murarie liberate dal terreno, improvvisamente tornate ad un esercizio statico, dopo secoli di interro. Alcune immagini fotografiche ottocentesche, anteriori e posteriori all'intervento sulla parete, esemplificano l'entità degli interventi (14). Sulla facciata era prevista la realizzazione di uno sperone per ognuno dei quattro settri centrali della parete, alto quanto i due ordini di arcate. In realtà Rosa ne portò a termine solo due. Nel suo insieme l'intervento di rinforzo, con le sue ampie aggiunte volumetriche, ben si inquadrava in quello che l'archeologo Luigi Grifi, alla guida del Ministero del Commercio, Industria, Agricoltura e Belle Arti sotto Pio IX, aveva coniato come "restauro di sostegno" (15). L'esito figurativo dell'intervento rimanda ad uno stato di rustico e suggerisce all'osservatore che la fabbrica originale proseguiva verso il Foro. I lavori vennero condotti ricorrendo alle tecniche costruttive del cantiere edile tradizionale ottocentesco: stessi materiali, stessi apparecchi murari. I paramenti e gli archi sono infatti realizzati con muratura "alla gotica", mentre le superfici "in sezione" sono realizzate con apparecchi a dente di sega irregolare (fig. 4 F ed E). Appare evidente il riferimento al modello adottato da Giuseppe Valadier e Gaspare Salvi nel Colosseo, anche se nella resa costruttiva e figurativa delle murature si percepisce minore rigore e precisione.

La ripresa dei restauri nella Domus Tiberiana, dopo la caduta di Napoleone III e l'acquisto delle sue proprietà sul Palatino da parte dello Stato Italiano, avvenne tre decenni dopo, tra il 1899 e il 1901, come testimonia una immagine scattata in quel periodo da Thomas Ashby (16). Rispetto al precedente restauro si utilizzarono apparecchi murari diversi, sia dal punto figurativo che costruttivo. Le murature "in sezione" vennero realizzate a dente di sega con un apparecchio geometrico regolare, lo stesso già adottato da Rodolfo Lanciani sulle colonne onorarie al Foro romano (17) (fig. 4 I). I paramenti vennero realizzati con mattoni rettangolari di profondità volutamente ridotta (18) (fig. 4 H), disposti di fascia segnando i ricorsi di bipedali con laterizi di spessore maggiore (19). Negli archi laterizi le ghiera esterne furono realizzate con "tavelle", laterizi di lunghezza pari ai bipedali antichi, ma profondi solo 15 cm (20). I nuovi paramenti laterizi ad una

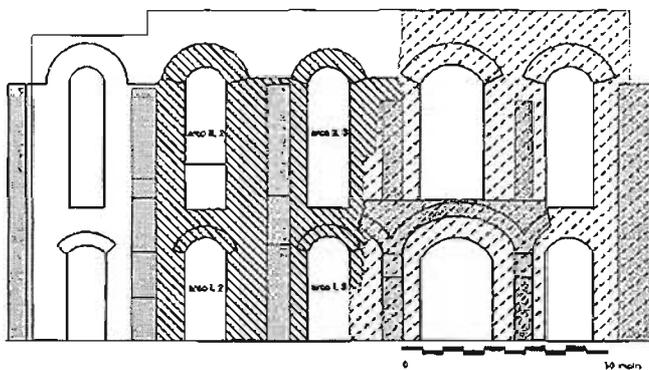


Fig. 3 - Domus Tiberiana: angolo nord-ovest. Schema degli interventi di restauro. In tratteggio continuo i restauri 1997-2000; in tratteggio discontinuo gli interventi di Pietro Rosa. A1-A2: archi in mattoni intessuti "alla gotica"; C: speroni; D-E: apparecchio a dente di sega con laterizi di recupero; F: paramento con cortina "alla gotica"; H: cortina laterizia con giunti allineati a filari alterni; I-O: apparecchio a dente di sega regolare con mattoni "a zoccoli"; L: apparecchio a listoni (filari alternativamente sporgenti e rientranti); M: speroni; N: archi di restauro eseguiti con "tavelle".

testa si addossarono ai nuclei murari senza alcuna ammortatura, evitando programmaticamente qualsiasi sacrificio o manomissione delle murature antiche. Nei lavori traspare una sottostimata valutazione del fattore strutturale. Ne è prova il fatto che negli archi l'impiego delle tavelle a somiglianza dei bipedali risponde ad una esigenza puramente figurativa, ma nient'affatto strutturale. Le tavelle foderavano un arco interno realizzato con mattoni tipo "zoccolo", vera struttura portante (fig. 5 b).

L'arco in tavelle portava sé stesso, mentre l'arco in mattoni tipo "zoccolo" assolveva tutto il carico trasmesso dalle strutture sovrastanti: la sezione resistente risultava di 123 cm, pari allo spessore della muratura diminuito dello spessore delle tavelle: si riduceva di fatto la capacità portante dell'arco, con conseguenze non trascurabili sul comportamento statico della parete. Non era così negli archi antichi dove le due armille in bipedali che definiscono i prospetti erano legate al nucleo dell'arco, in cementi-

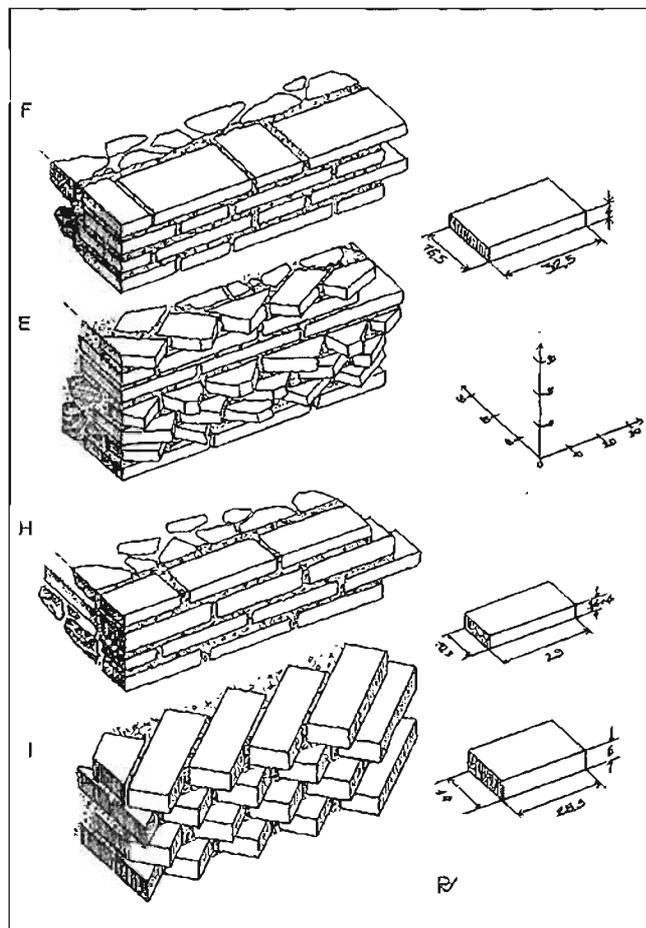


Fig. 4 - F. Restauro Rosa - cortina "alla gotica". Il bipedale di testa è tagliato come si vede nell'arco II,3. E: restauro Rosa, cortina a dente di sega. H: restauro 1900, cortina laterizia con laterizi di profondità ridotta ($p = 10,5$). I: restauro 1900, cortina a dente di sega con mattoni "zoccoli".

zio, con bipedali passanti, così da delimitare veri e propri conci di *opus caementicium* che riproducono in muratura il concio degli archi in pietra. In questa maniera l'arco era un'unica struttura compatta di spessore portante pari allo spessore del muro, nel nostro caso 153 cm (fig. 5 a). In sostanza la ricostruzione dell'arco fu concepita scindendo la componente figurativa da quella strutturale, senza intuire la possibilità di operare simultaneamente sui due piani, estetico e strutturale.

L'uso di fodere laterizie e di archi in ravelle è piuttosto diffuso nei restauri del Novecento. L'assenza di una funzione strutturale non ha generalmente inficiato la stabilità delle strutture, il più delle volte ridotte allo stato di rudere e quindi non soggette ai carichi originali. Non è così invece nel caso della facciata nord-est della *Domus Tiberiana* dove lo studio geotecnico, condotto a partire dal 1980 da Giuseppe Scarpelli, ha messo in evidenza una inadeguatezza delle opere di fondazione, causa di dissesti

e crolli sin dall'antichità. La disomogeneità naturale dei terreni di fondazione e la presenza di uno strato superficiale di argilla piuttosto deformabile si ripercuotono sulla stabilità della parete nord-est che tende a staccarsi dal resto del monumento (21). Tutto il complesso è soggetto ad un movimento ciclico verso la Basilica di Massenzio assopitosi durante secoli di reinterro e risvegliato dalla rimozione della terra sulla *via Nova* e sulla Casa delle Vestali. Da allora nuove pressioni sono tornate a sollecitare la periferia dei piedritti. Mentre il restauro del Rosa, eseguito secondo la regola d'arte del cantiere ottocentesco, ha resistito dignitosamente ai dissesti, nelle murature dei primi del Novecento si sono materializzate lesioni larghe diversi centimetri (fig. 6) rivelando l'inadeguatezza dell'intervento.

3. I recenti restauri della facciata nord-est della Domus Tiberiana: sostituzione di archi e piedritti schiacciati

L'aggravarsi dei dissesti sulla facciata nord-est condusse, negli anni Settanta del secolo scorso, alla chiusura del monumento e ai primi provvedimenti finalizzati ad allontanare il pericolo di crollo (22). Successivamente nei primi anni Ottanta si formò una commissione dedicata allo studio dei problemi strutturali (23). Nel 1997 prendevano inizio i lavori di restauro, a partire dall'arco I,2 (24). I lavori sono proseguiti nel triennio successivo con la sostituzione di tutte le murature schiacciate appartenenti all'intervento dell'anno 1900. I lavori sono stati condotti dai mastri Renato Di Piero e Roberto Polletta dell'Impresa Vi.Be. Complessivamente sono state sostituite le murature rotte corrispondenti ai quattro archi I,2 I,3 II,2 e II,3 (fig. 3).

Nei restauri si possono distinguere tre tipologie di intervento.

1. Intervento su paramenti antichi distaccati. Il distacco di porzioni di *opus testaceum* dal nucleo cementizio nella maggioranza dei casi era dovuto all'azione delle cortine di restauro che andando in pressoflessione avevano trascinato i paramenti antichi sottostanti (fig. 7 c). Sporadicamente era da imputare a dissesti antichi. L'*opus testaceum* distaccato è stato "bollinato" (fig. 7 Be) e quindi smontato e rimontato, secondo un procedura già sperimentata sulle cortine dell'acquedotto claudio-neroniano al Celio (25). Le cortine antiche rimontate si distinguono da quelle rimaste in opera per l'inserimento di una sottile lamina di piombo che ne delimita il perimetro.

2. Intervento su paramenti di restauro e su nuclei cementizi. Alcune murature antiche si presentavano disgregate, sia per effetto delle tensioni che non potevano essere assorbite dai paramenti di restauro distaccati, sia per la prolungata azione dell'acqua che filtrava attraverso le lesioni. La parte superficiale del nucleo, anche se protetta dalle fodere di restauro, era decoesa:

si sbriciolava letteralmente al tatto. In contemporanea con la sostituzione dei paramenti di restauro distaccati si è proceduto al risanamento dei nuclei cementizi disgregati (fig. 7 A-B-D). I paramenti di restauro dell'anno 1900 distaccati e schiacciati, sono stati sostituiti con nuovi paramenti realizzati con mattoni rettangolari, provenienti dalle fornaci S. Marco, prodotti *ad hoc* in due tonalità che riproducono la vibrazione cromatica dei paramenti antichi. I nuovi paramenti laterizi di restauro mantengono un sottosquadro di 1 cm dal paramento antico (fig. 8). Per raccordare esteticamente i laterizi di restauro sabbiati a quelli antichi (tagliati) è stata eliminata parzialmente la sabbia superficiale – mediante sfregamento della superficie con un altro laterizio – ed è stata riprodotta la disuniformità della faccia-vista dei laterizi romani con una martellinatura superficiale eseguita con il "male-e-peggio" (26). I nuclei murari demoliti sono stati ricostruiti, approntando diatoni murari ("scarselle"), atti a garantire le legature fra muratura nuova e muratura antica, onde evitare fenomeni di separazione come quelli rilevati sulle murature del restauro 1900 (fig. 7D). La tenuta delle scarselle è garantita da due laterizi posti di testa, ottenuti da bipedali rastremati, quindi più lunghi, che collegano il paramento alle scarselle.

3. Sostituzione dell'arco. L'intervento concerne le ghiera in tavelle con archi interni in mattoni tipo "zoccolo" ed è finalizzato a restituire all'arco portante l'intero spessore della parete. La sostituzione ha interessato l'arco in tutta la sua profondità, perché anche gli archi in mattoni zoccoli risultavano schiacciati dal movimento della facciata (28). Il nuovo arco di restauro è simile a quelli antichi (fig. 5 c). La riproduzione dell'apparecchio antico garantisce l'inserimento di una struttura di misura e rigidezza pari a quella antica. È realizzato con bipedali sulle due ghiera di paramento e con opera cementizia all'interno. La legatura fra opera cementizia e paramento è assicurata dalla disposizione a pertine dei bipedali, tagliati secondo lunghezze diverse. Ad intervalli regolari cortono, da paramento a paramento, bipedali passanti, che formano i concio di cementizio (fig. 9). La curvatura dell'arco, con raggio 101,5 cm e con imposte inclinate, ha suggerito l'impiego di bipedali rastremati per ridurre lo spessore dei letti di malta sull'estradosso. Bipedali a sezione rastremata e non si alternano regolarmente riducendo così lo spessore della malta all'estradosso (29) (fig. 9 B). I bipedali passanti, che collegano i due paramenti, ricorrono ogni otto bipedali e non sono mai rastremati, il bipedale rastremato è infatti più fragile di quello non rastremato e perciò meno adeguato a garantire una solida connessione tra le armille di facciata. La costruzione dell'arco è eseguita simmetricamente partendo dalle due imposte e chiudendo l'arco di testa con un bipedale passante. Ogni concio compreso fra due bipedali passanti è lasciato riposare prima di apparecchiare il concio successivo, dando così tempo alla muratura di "calare".

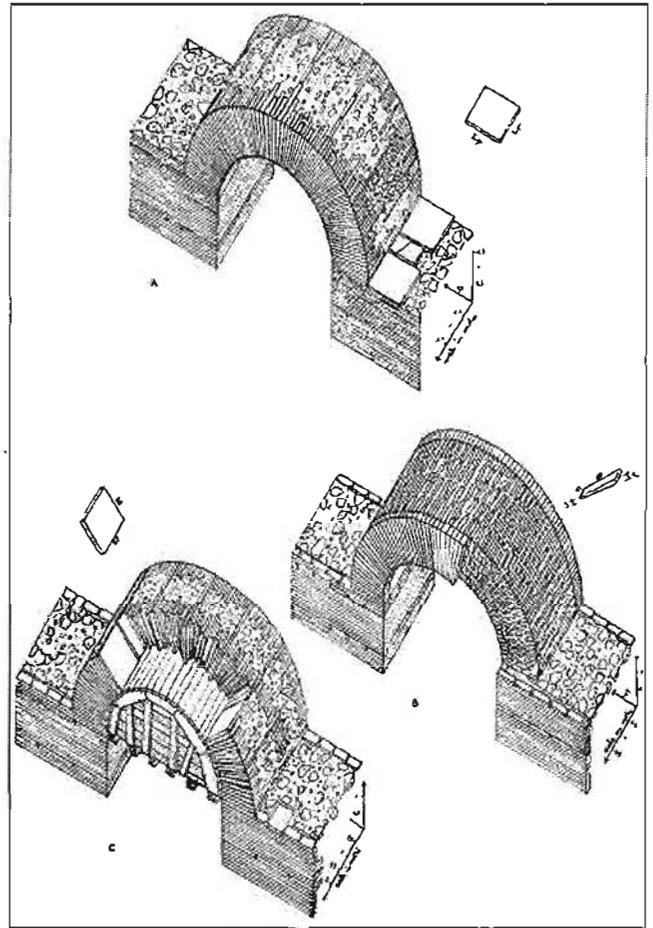


Fig. 5 - Domus Tiberiana. Facciata nord-est. A: l'arco antico in mattoni bipedali; B: l'arco del restauro 1900 in mattoni, zoccoli e tavelle; C: l'arco del restauro 1997.

Nei letti di malta ai lati del bipedale di chiave sono stati "inzeppati" a cuneo frammenti di laterizio per garantire il massimo contrasto (fig. 10).

La demolizione dell'arco lesionato e la successiva ricostruzione possono essere assimilate ad una sottomurazione realizzata a cuci-scuci per non sconnettere le murature sovrastanti: in una prima fase viene demolita e ricostruita la parte verso l'interno, per una profondità di 80 cm, quindi la parte verso l'esterno, per i restanti 70 cm (fig. 9 A). Sull'arco la legatura delle due fasi costruttive è ottenuta da una nervatura il cui asse corre a 65 cm dal filo della facciata interna. La nervatura è apparecchiata nella prima fase gradualmente; essa ha un profilo a pertine verso l'interno e verso l'esterno, garantendo così il totale ammorsamento con il nucleo cementizio. L'inserimento di una nervatura è una variante rispetto a quanto si osserva sugli archi antichi della facciata, ma era presente nella tecnica edilizia romana; essa concorre a realizzare la legatura necessaria fra due murature eseguite in due momenti costruttivi distinti.

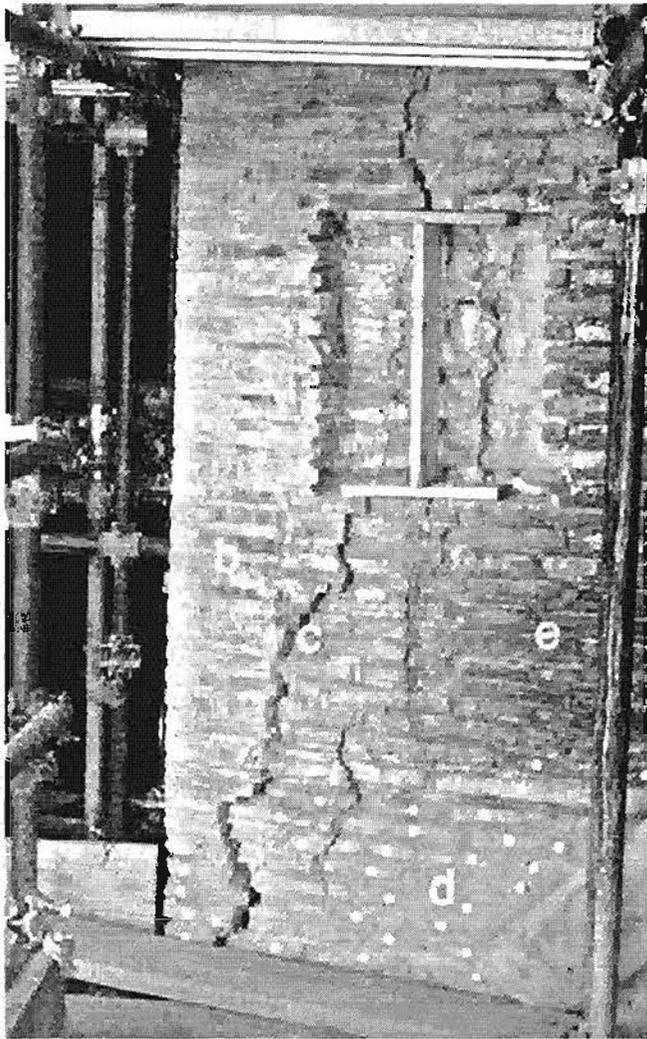


Fig. 6 - Domus Tiberiana. Facciata nord-est. Arco II.3. pilone esterno: b, e: paramento "alla gotica" del restauro di Rosa. Il paramento non è attraversato da lesioni, d: paramento antico bollinato; f: sinistra aperta nella muratura per verificare la profondità delle lesioni (c), che concernono solo il paramento del restauro del 1900.

4. Sull'impiego delle nervature negli archi e nelle volte romane e sul degrado delle volte in concreto

L'impiego di nervature negli archi in muratura venne introdotto sotto gli imperatori Flavi. Nell'Anfiteatro Flavio esse sono presenti nel primo ambulacro del II ordine, in corrispondenza delle scale del sovrastante ambulacro che conducono dal III ordine all'attico (30). Nelle arcate severiane al Palatino (fig. 11) si possono osservare archi larghi circa 8 piedi (4x2 p = quattro bipedali) in cui appaiono sull'intradosso tre nervature, legate fra loro da bipedali passanti che corrono da un prospetto all'altro: l'arco risulta una struttura compatta. La tecnica è presente anche fuori Roma, come, ad esempio,

nel cosiddetto tempio di Diana a Baia. Il sistema delle legature delle armille degli archi con bipedali passanti rappresenta una intuizione tecnica attraverso la quale si evita che il nucleo cementizio e le due armille esterne si comportino come strutture indipendenti. La tecnica dei bipedali passanti trasponeva sostanzialmente sugli archi il meccanismo delle legature dei paramenti in *opus testaceum* con ricorsi in bipedali e va letta in stretta dipendenza con la maturazione degli apparecchi murari laterizi in età flavia.

Cairolì Fulvio Giuliani riporta "il caso di una arcata del Ponte Lucano presso Tivoli dove a seguito delle sollecitazioni del traffico pesante e di una piena particolarmente forte, qualche anno fa è crollato il nucleo dell'arcata, in calcestruzzo, mentre sono rimaste integre le due ghiera di travertino" (31). Viceversa l'immagine a noi consueta per archi in muratura laterizia è quella in cui le due armille esterne sono state spoliare lasciando a vista il nucleo della muratura. Difficilmente però l'assenza delle armille esterne è dovuta al distacco di queste dal nucleo cementizio interno; infatti l'impiego di bipedali a peccine, verso il cementizio, e la presenza di bipedali passanti garantisce un comportamento statico omogeneo evitando il distacco delle armille esterne. Sulle arcate severiane la presenza di nervature simili può essere interpretata come l'intenzione di ottenere una garanzia per il comportamento omogeneo dell'arco in presenza di una considerevole larghezza. Oggi diciamo che la struttura dell'arco in questa maniera risulta più rigida.

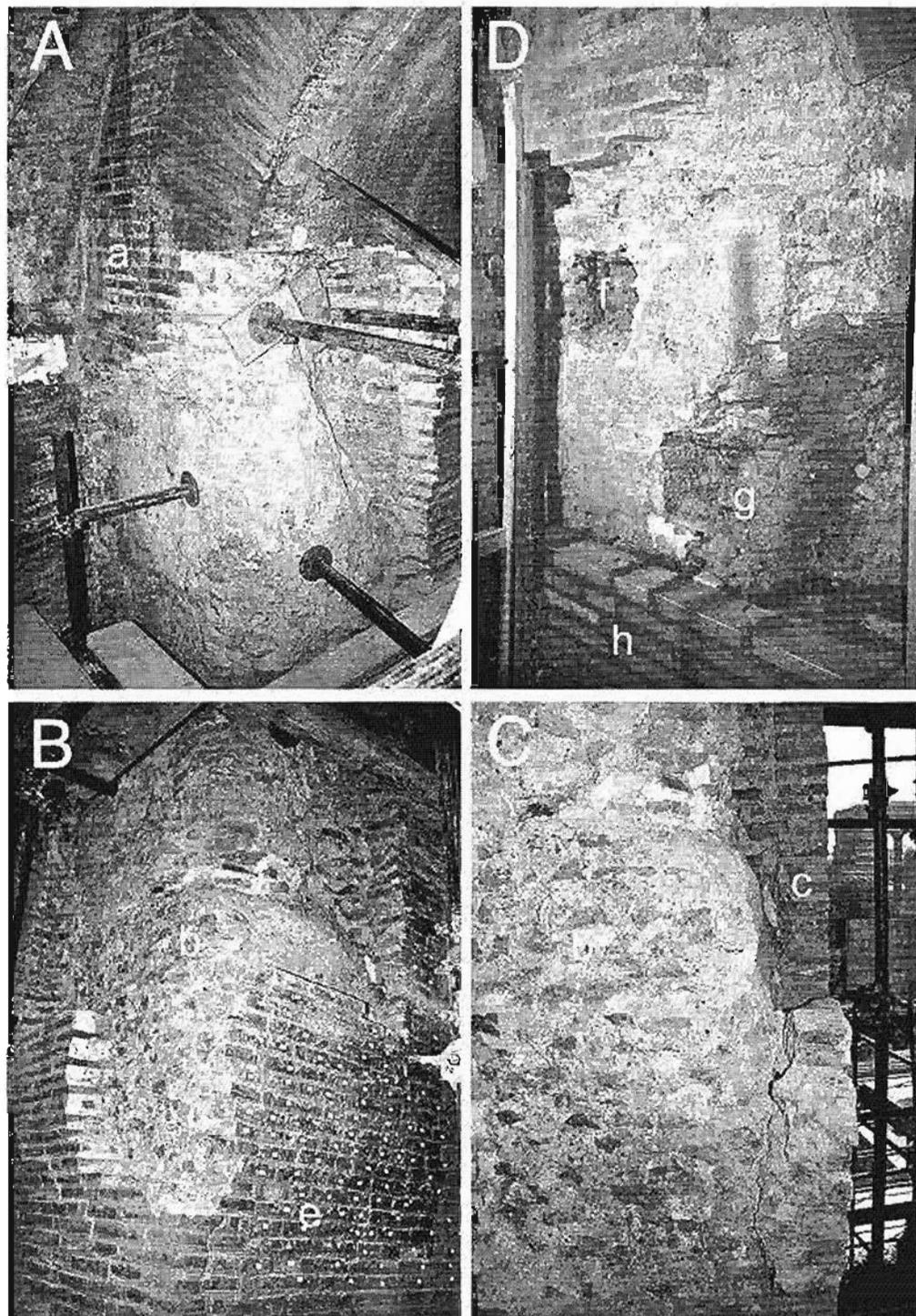
Il sistema delle nervature può essere facilmente trasposto da un arco ad una volta a botte, ottenendo lo stesso effetto di legatura e irrigidimento della struttura. È quanto si nota nelle volte a botte delle arcate severiane stesse. Nelle volte romane, realizzate in cementizio, le nervature assolvono il compito di strutture portanti. Choisy le definisce "une charpente interne, une sorte de squelette léger" (32). Secondo l'interpretazione dell'ingegnere francese, le nervature sono strutture rigide che, entrando in carico molto più velocemente della gettata cementizia, consentono tempi di disarmo assai più brevi.

Guglielmo De Angelis d'Ossar nota che le "nervature costituiscono naturalmente l'ossatura, valida specie nel periodo della costruzione, del sistema murario delle cupole, atta ad imbrigliare la massa di calcestruzzo" (33). Inoltre "quando esista un sistema di nervature portanti e la luce sia notevole, la cupola tende ad avere spessore minore rispetto ai casi in cui manchino le costolature e si tratti di cupole di piccole dimensioni" (34).

Entrambe queste osservazioni suggeriscono la possibilità di utilizzare le nervature come ossature portanti di una massa cementizia di spessore minimo, nel restauro di volte antiche in cementizio fortemente degradate.

Ma qual'è il motivo per cui strutture di grande qualità costruttiva come le volte romane necessitano di restauri così importanti? Le volte in cementizio di età romana sono dei monoliti: "les conditions d'équilibre des voûtes

Fig. 7 - Domus Tiberiana. Angolo nord-est. Arco 1.2, interno. A-B-C: stato di fatto successivo alla demolizione dei paramenti di restauro distaccati: a) paramento antico integro; b) nucleo del pilone in concreto, in larga parte schiacciato; c) muratura appartenente al restauro 1900; e) paramento antico distaccato: sui laterizi sono stati apposti i bollini per poter effettuare lo smontaggio del paramento antico distaccato. Il distacco è particolarmente evidente nella foto C; D: il pilone interno durante la ricostruzione della muratura degradata; f) scavarella approntata per ammorzare la nuova muratura al nucleo antico; g) lacuna corrispondente al nucleo cementizio demolito perché schiacciato; h) paramento della muratura di restauro che sostituisce la parte demolita.



à pierres sèches et celle des voûtes maçonnées diffèrent profondément entre elles. Dans un cas, les pierres ne tiennent qu'à raison de leurs formes, et il faut donner à leur joints des directions convergentes; dans l'autre cas, la matière d'agrégation fait de tout l'ensemble un bloc unique, où les lits de mortier et les couches de pierres se trouvent confondus en une masse homogène et continue" (35).

Nell'area romana si usa il tufo come *caementum*; il legante è malta pozzolanica per garantire la presa anche di masse molto grandi. Il tufo è impiegato in virtù del suo peso specifico modesto, che riduce le pressioni che si trasmettono alle strutture sottostanti. La qualità di tufo color giallo paglierino (tufo giallo pisolítico o litoide, proveniente prevalentemente dalla sponda destra del Tevere, a nord di

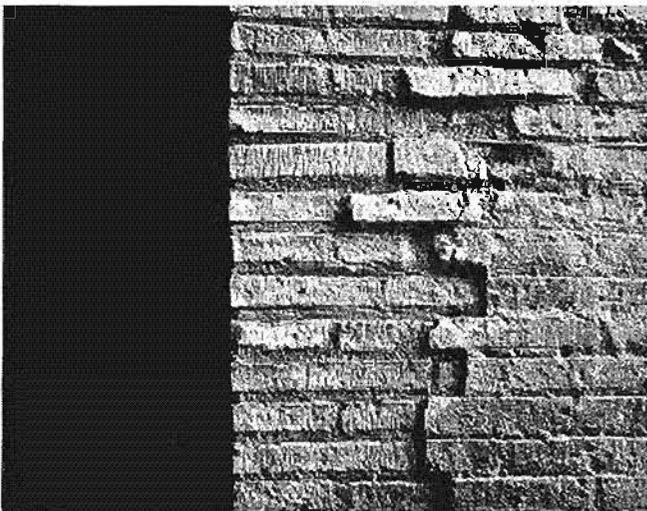
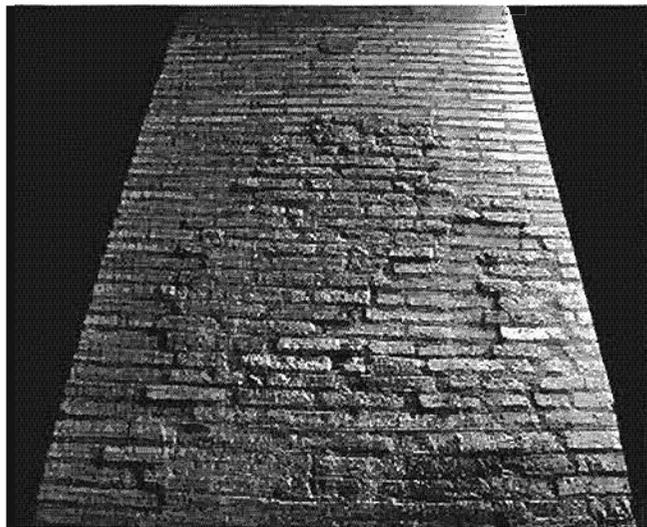


Fig. 8 - Domus Tiberiana. Facciata nord-est. Arco 1,2. Paramenti di restauro.

Roma) è la più diffusa nelle volte. È un tufo molto poroso e con ridotto peso specifico. Di fatto il tufo giallo non è utilizzato ove è necessaria una buona resistenza meccanica del materiale in sé stesso, come nell'opera quadrata o nell'opera cementizia di una parete verticale. Il tufo giallo ha una bassa resistenza meccanica ed è altamente deperibile se a contatto con gli agenti atmosferici.

Choisy inoltre ricordava che "les assises composant le corps d'une voûte romaine en maçonnerie brute gardent ... l'horizontalité la plus exacte" (36); "le rôle du mortier n'a plus ce caractère accessoire: c'est lui, et lui seule, qui établit un lien entre les éléments de la bâtisse" (37).

La disposizione dei *caementa* secondo piani orizzontali, il ruolo porante della malta e conseguentemente il ruolo subordinato dei *caementa*, che per tale motivo possono essere scelti fra i materiali meno resistenti, spiegano la

vulnerabilità delle volte romane: quando vengono meno l'intonaco steso sull'intradosso della volta in cementizio e il manto che ne protegge l'estradosso, inizia il degrado dei *caementa* in tufo. L'acqua che filtra dall'alto, la condensa notturna che si deposita sull'intradosso e, in alcuni casi, l'azione eolica, consumano la superficie del tufo. L'*opus caementicium* nell'intradosso delle volte si sfoglia per strati orizzontali, che sono più deboli al cervello della volta, dove i *caementa* allietati secondo piani di posa orizzontali sono naturalmente sottoposti ad una azione di trazione, mancando l'appoggio, anche minimo, al filare sottostante. Lentamente cede anche il reticolo di malta cementizia, rimasto privo del materiale che inglobava. Se eseguiamo delle sezioni verticali parallele alle direttrici delle volte romane a botte ci accorgiamo che il nucleo assume un profilo vicino a quello di una parabola. Lo spessore al cervello si va assottigliando; la volta resiste fino a quando non cade l'elemento della volta che garantisce l'equilibrio. A partire da questo momento la massa monolitica della volta risulta divisa in due elementi non più contrastati, due mensole che tendono a ruotare attorno al baricentro di ognuna.

5. Come sostenere una volta in concreto fortemente degradata: il restauro di una volta della Domus Tiberiana sottostante ai giardini farnesiani

Gli ambienti più interni della *Domus Tiberiana* sono stati in larga parte interrati all'epoca della creazione degli Orti Farnesiani. L'umidità proveniente dai giardini, l'erosione eolica e la rugiada del microclima hanno causato nel tempo il degrado delle volte in *opus caementicium*. I recenti scavi condotti dall'Istituto Svizzero in Roma (38) hanno riportato alla luce gli ambienti più interni del settore 11, sottostanti al "giardino delle rose" creato nel 1912 da G. Boni. Qui di seguito si illustrerà l'intervento condotto nell'ambiente 14 dove la volta era parzialmente crollata; nella parte sopravvisuta erano diverse lacune disposte in maniera asimmetrica rispetto all'asse longitudinale dell'ambiente (fig. 12 a). Il paramento laterizio era stato spogliato, lasciando a vista il nucleo cementizio, con *caementa* di laterizio e tufo lionato. Nel cementizio della volta a botte comparivano esclusivamente *caementa* in tufo giallo. La differente qualità dei *caementa* si evidenziava nello stato di conservazione: il cementizio delle pareti si presentava forte e compatto, quello della volta era decoeso e si sfaldava alla minima sollecitazione.

Nel 1997 si avviava il cantiere di restauro per l'integrazione della volta e la ricostruzione della parte interamente crollata. L'intervento è stato guidato da mastro Gianni Pannelli, impresa VISAN. Per la zona più interna, dove occorreva integrare le lacune presenti nella volta, era necessario operare dal basso con il minimo sacrificio delle parti originali. L'esecuzione di una controfoderata in opera cementizia non era praticabile per due ragioni: in primo luogo perché non sarebbe stata sufficientemente resistente, a motivo degli

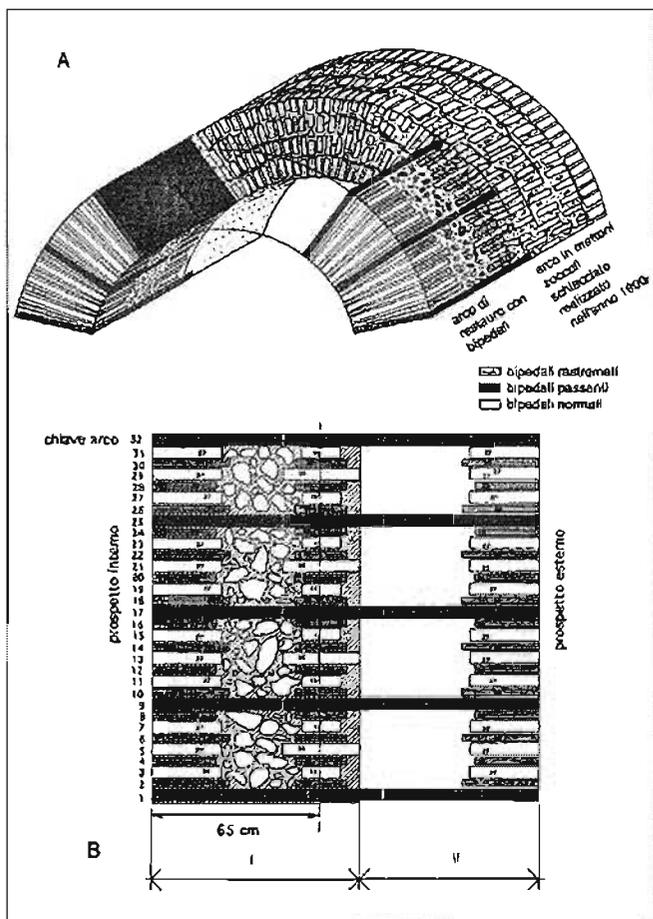
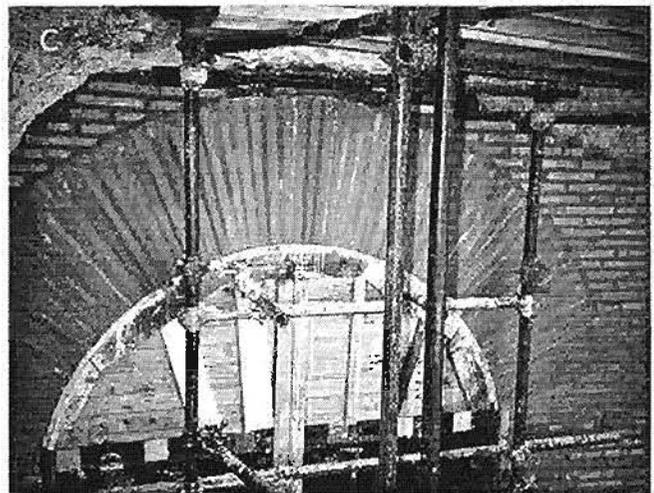
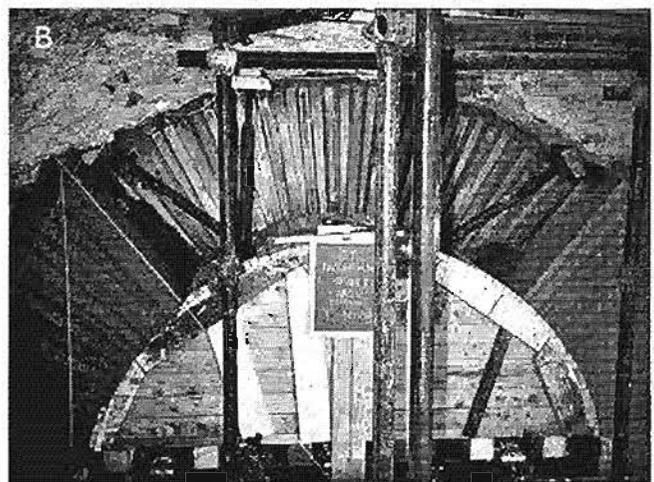
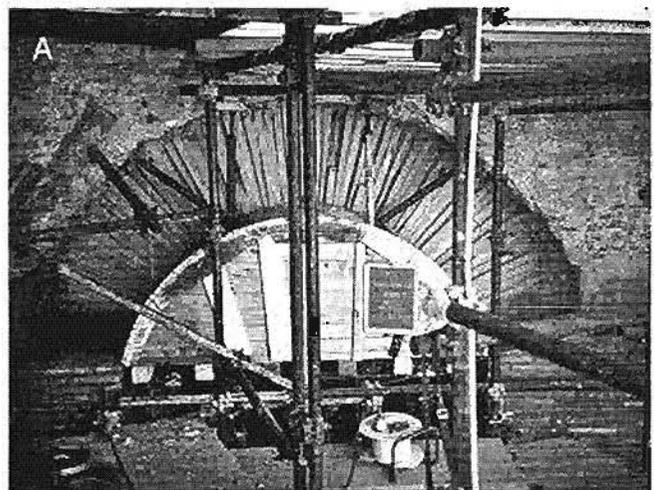


Fig. 9 - Domus Tiberiana. Facciata nord-est. Intervento di sostituzione dell'arco schiacciato. A. Assonometria con schema delle due fasi di sostituzione dell'arco schiacciato; B. Sviluppo dell'intradosso dell'arco di restauro con disposizione dei bipedali nell'armilla dell'arco di restauro 1,2.

Fig. 10 - Domus Tiberiana. A-B-C Sostituzione dell'arco schiacciato: 2° fase di intervento con ricostruzione della parte esterna.

spessori disponibili; in secondo luogo perché per eseguirla occorre realizzare il negativo di una controvolta a sezione costante, con grande sacrificio del cementizio originale che, come abbiamo detto, presentava mancanze disposte in maniera irregolare lungo la superficie della volta.

Nella volta antica si inseriscono invece delle nervature, vale a dire archi portanti di sezione limitata, che legano e sostengono il cementizio che colma le lacune presenti nella volta (fig. 12 b). Lungo la generatrice della volta si dispongono sei nervature intervallate, l'una dall'altra, di 156 cm (fig. 13). Fra una nervatura e l'altra corre una nervatura minore (39). Tutte le nervature sono unite da bipedali passanti. Nervature e bipedali passanti descrivono dei lacunari, realizzati in cementizio. Le nervature sono a sezione costante, con spessore pari a 40 cm (40), corri-



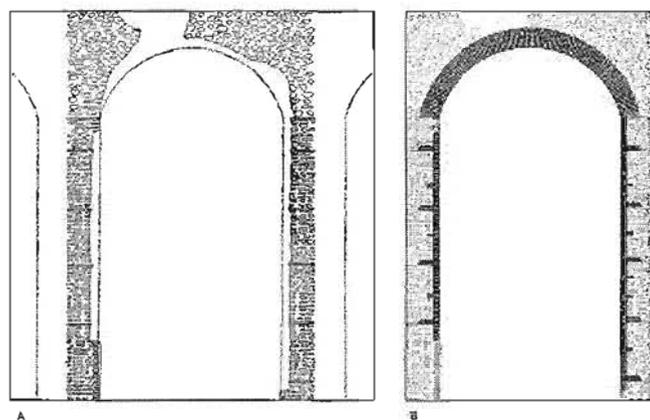
spondente alla profondità delle lacune presenti al cervello. Verso le imposte, dove intercettano il conglomerato cementizio antico, si insetiscono all'interno di una traccia realizzata nel cementizio (fig. 14). Un simile sacrificio è finalizzato all'appoggio delle nervature direttamente sul setto murario antico, così da ottenere una struttura auto-



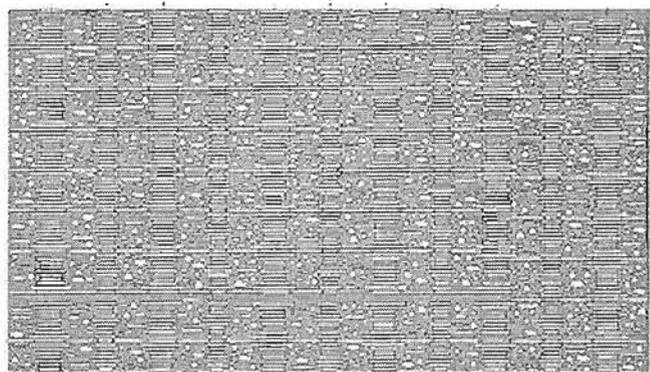
Fig. 11 - Arcate severiane al Palatino.

Fig. 12 (nella colonna di destra, in alto) - Domus Tiberiana. Settore 11, ambiente 14. Sezione trasversale dell'ambiente. A: rilievo dello stato di fatto; B: intervento di restauro.

Fig. 13 (nella colonna di destra, in basso) - Domus Tiberiana. Settore 11, ambiente 14. Sviluppo in piano della volta di restauro con sequenza delle nervature e delle centine.



SVILUPPO INTRADOSSO DELLA VOLTA



SEQUENZA CENTINE



SCHEMA NERVATURE



portante che non spinge sulle reni della volta antica. Infatti in molti restauri storici, dove le integrazioni di volte antiche in concreto sono limitate alla risarcitura della lacuna che si era formata al cervello, il cementizio antico, su cui poggia e contrasta la risarcitura, con il tempo tende a perdere l'originaria consistenza, disgregandosi e innescando il distacco delle parti di restauro. È significativo il caso di una risarcitura in una volta del cuneo XLII del Colosseo (fig. 15). Nelle risarciture delle volte è perciò necessario realizzare una struttura portante staticamente autonoma dal conglomerato cementizio antico. Il carico trasmesso dalle nervature, in ragione del loro esiguo spessore, sollecita principalmente il paramento. Dal momento che quello antico era stato spoliato nella parte alta, si è realizzato un nuovo paramento, prima dell'integrazione delle volte, ancorato al paramento antico con ammorsature regolari (41).

6. Sull'impiego delle nervature per consolidare una volta antica in concreto: il restauro di una volta a botte inclinata dell'Anfiteatro Flavio, sulla scala del cuneo LV

I lavori di restauro condotti nell'Anfiteatro Flavio a partire dal 1997 hanno dovuto affrontare il tema del degrado delle strutture cementizie. Il cantiere di restauro è stato l'occasione per osservare con attenzione il monumento e le sue tecniche costruttive, nell'intento di individuare di volta in volta le soluzioni più corrette per i diversi tipi di degrado e dissesto.

Le volte dell'Anfiteatro Flavio possono essere ricondotte a quattro tipi: volte a botte tronco-coniche, volte toriche, volte a crociera, volte a botte tronco-coniche inclinate. Queste ultime sono impiegate per realizzare piani inclinati, quali la cavea dell'anfiteatro e le scale. Il getto cementizio della cavea può essere assimilato ad

un monolite poggiato sui setti che delimitano i cunei. Viceversa, le volte delle scale sono incassate nelle pareti verticali dei setti (42) (fig. 19).

Le volte a botte tronco-coniche rampanti sono gettate su ambienti a cuneo delimitati alle estremità da archi a tutto sesto. L'intradosso della volta si materializza unendo con lenze (trasposizione cantieristica delle generatrici) i due archi semicircolari, così da rendere semplice e rapido il tracciamento geometrico. Parimenti i conglomerati cementizi sono realizzati secondo una tecnica che consente un notevole risparmio in tempo e materiali grazie all'uso di centine leggere. Infatti le volte in concreto poggiano sugli archi posti all'estremità bassa del cuneo e sono eseguite con *caementa* apparecchiati per strati rigorosamente orizzontali. In questa maniera la volta romana cresce in altezza non per sezioni verticali bensì per piani orizzontali. Una tale disposizione dei *caementa* consente la realizzazione della volta con centine leggere, in quanto ogni strato aggiunto poggia parzialmente su quello sottostante e tutti scaricano sull'arco in laterizio o travertino posto all'estremità inferiore.

Allo stato attuale una gran parte delle volte cementizie della cavea risulta crollata. Le volte del Colosseo sono andate sfogliandosi lentamente all'intradosso e all'estradosso, fino alla formazione di lacune che dal cervello hanno interessato porzioni sempre più prossime alle imposte. Il crollo delle volte ha innescato fenomeni di instabilità nelle masse murarie, principalmente per l'assenza di quel reciproco contrasto che garantiva resistenza alle spinte orizzontali, specie in occasione dei sismi.

I cantieri di restauro ottocenteschi hanno contrastato il degrado naturale del monumento. Le volte danneggiate o parzialmente crollate sono state oggetto di ampie ricostruzioni e reintegrazioni. Diverse appaiono le tecniche costruttive adottate nei restauri, con prevalenza della controvolta in mattoni disposti in fascia, per operazioni di sostegno dal basso, e gettate cementizie, per ricostruzioni dall'alto.

Una fotografia scattata dal giovane Ashby all'interno del Colosseo nel 1892 è un documento prezioso per la conoscenza degli interventi condotti a termine in quella data (43). Al secondo ordine si nota il procedere dei lavori nel settore occidentale. La ricostruzione delle volte dei cunei LV e LVI, prossimi all'ingresso ovest, erano ultimati e garantivano l'accesso agli ordini superiori, vale a dire al settore ricostruito da Salvi e Canina.

Nel 2001, nel corso di un intervento di messa in sicurezza della scala del cuneo LV, fra primo e secondo ordine, l'attenzione si è soffermata sul degrado della volta antica già interessata dai restauri sopra richiamati (fig. 16). Nella parte centrale, tra le reni e il cervello, la volta presentava lacune profonde fino a 25 cm, corrispondenti a porzioni di conglomerato cementizio cadute per il progressivo deterioramento del tufo. Sulla volta era ben visibile la ricostruzione ottocentesca, che interessava la metà superiore per un tratto



Fig. 14 - Domus Tiberiana. Settore 11, ambiente 14. Particolare della nervatura in prossimità dell'imposta della volta.

Fig. 15 - Anfiteatro Flavio. Cuneo XLII, 1° ordine, fra 3° e 4° ambulacro. Risanatura ottocentesca di una lacuna nella volta antica del monumento. La risanatura si imposta sopra le reni della volta antica. Non essendo autoportante si è distaccata man mano che la volta antica su cui poggiava si è consumata.



lungo circa 5 metri. Sull'intradosso erano le impronte delle tavole della centina lignea (44). Dalla linea di contatto fra i due conglomerati si evinceva che la volta antica era stata moderatamente regolarizzata sulla testata, eliminando le parti più degradate. L'esame diretto sui ponteggi rivelava ampie superfici di *opus caementicium* distaccate, individuate con la bussatura dell'intradosso. Una lesione che prendeva avvio da una delle imposte basse della volta, si sviluppava verso il cervello secondo un andamento subparallelo alla generatrice in chiave, guadagnando la lunghezza della volta, per poi morire diramandosi in diverse cavillature. La lesione sostanzialmente divideva il getto monolitico in due masse in equilibrio per mutuo contrasto. La lesione era già stata oggetto di un modesto intervento di cucitura eseguito con laterizi disposti normalmente alla lesione stessa, nel tentativo di legare le due masse della volta. La lesione non era comunque presente sui gradini sovrastanti (rifacimento ottocentesco) ed era, quindi, da imputare a tensioni non più presenti dopo quell'intervento.

La presenza della scala sull'estradosso della volta non consentiva di valutare l'effettiva sezione resistente al cervello e, di conseguenza, il rischio o meno di un collasso in relazione alla ulteriore caduta delle parti bussate. Gli esami endoscopici hanno evidenziato uno spessore minimo al cervello del nucleo cementizio antico di 25 cm, mentre lo spessore minimo della sovrastante muratura della scala era di 20 cm (fig. 17). La verifica agli elementi finiti ha stabilito l'assenza di stati tensionali in grado di causare il crollo della volta (45).

Per la messa in sicurezza delle porzioni di opera cementizia distaccata è stata realizzata una controvolta aderente a quella antica, ma sostanzialmente autonoma dal punto di vista statico. Il restauro raccoglie l'esperienza maturata nei cantieri della *Domus Tiberiana* (46): nervature laterizie coprono tutto il sesto della volta e sostengono l'opera cementizia che integra le lacune nella volta antica. Le nervature giacciono su un piano verticale, parallelo agli archi alle estremità della volta; sono realizzate (fig. 18) con mattoni formato UNI apparecchiati di testa e in fascia per una larghezza di circa 40 cm e disposti secondo la linea inclinata delle generatrici (fig. 17). Nell'intervento le piccole parti decoese o distaccate si fanno cadere; quindi si procede al tracciamento delle nervature, evidenziandone la posizione con un segno di gesso. Si procede alla realizzazione delle nervature: una per volta, da quella più alta corrispondente alla zona più degradata verso quella più bassa. Viene posizionata la centina e si esegue la traccia nelle zone in cui manca lo spessore necessario all'inserimento della nervatura (pari ad una testa di mattone UNI). Si procede alla partizione della centina così da individuare il numero di filari che compongono la ghiera. Ad intervalli regolari (circa 50 cm) le nervature sono attraversate da mattoni bipedali passanti ("briglie"), che collegano le nervature e delimitano i conci dell'opera cementizia che integra le lacune nella volta.

L'integrazione delle lacune della volta avviene dopo l'esecuzione delle nervature, murando dalle reni alla chia-

ve *caementa* in tufo marrone disposti secondo la fuga delle generatrici della volta. La malta pozzolanica è confezionata alla molazza con aggiunta di inerti dopo l'impasto (pozzolana rossa e nera). Laddove il cementizio antico si conserva integro, l'integrazione si appoggia ad esso. Il piano di appoggio è segnato da un filare di mattoni bipedali di profondità superiore rispetto a quella delle altre "briglie", così da garantire un migliore appoggio alla volta antica. L'intervento si conclude con l'apposizione di una targhetta ovale in porfido con la data dell'intervento "REST. MMI".

(1) A. CHOISY, *L'art de bâtir chez les Romains*. Paris 1873, capitolo II: "Les voûres concrètes", *passim*.

(2) Esprimo la mia gratitudine all'arch. Giangiacomo Martines per le osservazioni che sono confluite in questo scritto. Desidero inoltre ringraziarlo con sincero affetto per gli insegnamenti che, nell'arco di un ventennio, ha voluto trasmettermi. Disegni e foto sono dell'A.

(3) Lavori in attuazione della legge 23 marzo 1981, n. 92, "Provvedimenti urgenti per la protezione del patrimonio archeologico di Roma". L'A. era presente in cantiere con il fratello Massimo per l'esecuzione di rilievi. Per l'attività svolta v. M. VITTI, *Domus Tiberiana: un muro neroniano asportato*, in *Il Palatino: Area sacra sud-ovest e Domus Tiberiana*, a cura di G. Giavarini, Roma 1998.

(4) Il bastione rientra nella sistemazione delle pendici occidentali del colle ad opera dei Fatnesi.

(5) L'intervento è segnalato in A. GIUFFRÈ, G. MARTINES, *Conoscenze e sviluppi teorici per la conservazione dei sistemi costruttivi in muratura*, Atti del Convegno di Studi di Bressanone 23-26 giugno 1987, Padova 1987, pp. 307-317, tav. 14, p. 316 nota 8.

(6) "furono fatti fabbricare a bella posta mattoni quadrati derti triangoli ed i grandi mattoni quadrati derti raveloni della dimensione degli antichi, li primi occorrenti per filari orizzontali, li secondi per gli archi che rinvengono nelle spoglia e paramento del muro discorso": Francesco Fontana, 1858, a proposito dell'intervento sul Pantheon. Cir. in P. D'ORSI, *Roma: Pantheon, Portico degli Dei Consenti, Colosseo. Tre monumenti antichi restaurati a metà Ottocento*, in «Ricerche di Storia dell'Arte», 52, 1994, p. 72. V. anche E. PALLOTTINO, *Roma 1846-1878: restauro dei monumenti antichi tra rapprezzi mimetici e ricostruzioni semplificate*, *ibidem*, pp. 69-71.

(7) G. MARTINES, *Integrazione della cortina laterizia*, in *Trattato di Restauro Architettonico*, a cura di G. Carbonara, Torino 1996, p. 228.

(8) Gli archi tovesci o barulle sono ispirati al modello raffigurato nel *Manuale dell'Architetto*, CNR 1960 p. 64: "fondazione su pilastri ed archi tovesci".

(9) Il ricorso di bipedali è stato interpretato da A. Giuffrè anche come un accorgimento adottato empiricamente dai costruttori romani per ridurre gli effetti del ritiro differenziale della malta presente sul paramento rispetto a quello del nucleo cementizio; A. GIUFFRÈ, *Lettura meccanica delle strutture storiche*, Roma 1988.

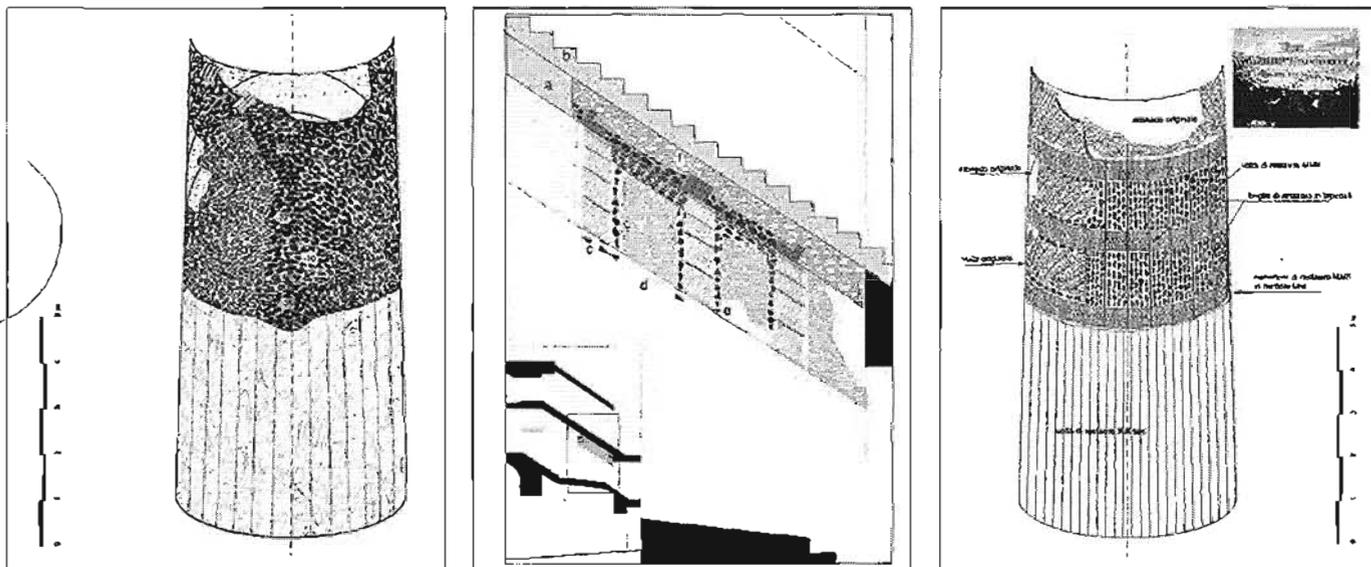


Fig. 16 - Anfiteatro Flavio. Cuneo LV: degrado della volta in concreto.

Fig. 17 - Anfiteatro Flavio. Cuneo LV: a) volta ottocentesca ricostruita per ripristinare l'accesso alla galleria del terzo ordine; b) scala che porta alla galleria; c: nervature di restauro in mattoni UNI e bipedali; d) integrazione della volta antica con tufelli (i tufelli sono disposti lungo le generatrici e non su piani orizzontali); e) intonaco antico distaccato per i lavori di restauro e ricollocato alla fine dell'intervento; f) volta antica con tufelli disposti lungo le generatrici (disegni dell'A., collaborazione alla elaborazione F. Menichetti).

Fig. 18 - Anfiteatro Flavio. Cuneo LV: inserimento di nervature di restauro: ipografia (disegni dell'A., collaborazione alla elaborazione F. Menichetti).

(10) Ho potuto registrare un unico caso di bipedale rastremato in opera, nel Colosseo, cuneo XLIII, 1° ordine, tra 2° e 3° ambulacro, arco verso il 3° ambulacro.

(11) L'ottimizzazione dello standard è stata appositamente studiata dall'archeologo Alessandro Cassacella nel 1984.

(12) G. MARTINES, *Osservazioni sul cantiere di restauro dei monumenti archeologici*, in *Manutenzione e recupero nella città storica. Progetto e intervento*, Atti del II convegno ARCo, a cura di M. M. Segarra Lagunes Roma 12-13 settembre 1995, p. 293.

(13) M. A. TOMEI, *Gli scavi di Pietro Rosa per Napoleone III (1861-1870)*, in *Gli orti farnesiani sul Palatino*, Atti del convegno di Roma (23-30 novembre 1985), Roma 1990, pp. 61-107. Per quanto attiene il rapporto con l'antico negli Orti Farnesiani v. G. MARTINES, *Gli Horti farnesiani tra cultura antiquaria e archeologia: tradizione e rovina dei palazzi imperiali*, Atti della giornata di studi "Giardini Storici, conservazione, tutela, valorizzazione", Roma 30 aprile 1983, Roma 1987, pp. 159-169.

(14) Per la datazione delle immagini. P. VITTI, *Domus Tiberiana: la facciata nord-est nei restauri dell'800 e i primi '900*, in *Il Palatino...*, cit. alla nota 3, p. 421.

(15) E. PALLOTTINO, *Roma 1846-1878: restauro dei monumenti antichi tra rappresaglie mimetiche e ricostruzioni semplificate*, in «Ricerche di Storia dell'Arte», 52, 1994, pp. 68-71.

(16) P. VITTI, *op. cit.* alla nota 14.

(17) Le cortine a dente di sega impiegate, come nel precedente restauro, vennero realizzate con laterizi rettangolari 29x14x6 cm

Per il restauro del Lanciani v. G. MARTINES, *op. cit.* alla nota 12, pp. 291-293.

(18) 29x10,5x3,6/4 cm. Il rapporto anomalo tra la testa e la costa del laterizio denuncia il desiderio di ridurre la profondità al fine di lavorare nello spazio corrispondente al negativo del paramento antico mancante, senza dover intaccare il nucleo antico per inserire laterizi di profondità canonica (costa=2teste+1cm).

(19) I ricorsi di bipedali sono segnalari con mattoni tipo "zoccolo", più alti e più chiari dei mattoni utilizzati nel paramento.

(20) Un bipedale romano misura 60x60 cm, una ravella 60x15 cm, negli archi risultano impiegate anche cavelle rastremate.

(21) G. CALABRESI, G. SCARPELLI, *Domus Tiberiana: studi e ricerche di geotecnica*, in *Il Palatino...*, cit. alla nota 3, pp. 379-407.

(22) Per le circostanze che condussero alla chiusura del monumento e all'inserimento di un primo ordine di catene v. G. IOPPOLO, *Domus Tiberiana. Sostruzioni palatine sulla via Nova*, *ibidem*, pp. 343-377.

(23) Membri della Commissione di studio per il dissesto statico della *Domus Tiberiana* furono Giovanni Calabresi, Carlo Cestelli Guidi, Attilio Croce, Giorgio Croci, Salvatore Di Pasquale, Elio Giangreco, Antonino Giuffrè, Paolo Emilio Pinto. Furono da essa perseguite le seguenti attività: monitoraggio del monumento attraverso l'apposizione di strumenti di controllo (controllo geodetico ing. Datio Franco Cavallotti); sondaggi geotecnici; scavi di alleggerimento. Gli strumenti per i controlli delle lesioni furono appositamente progettati da Roberto Marnetto e costruiti da Gianni Ter.

(24) G. MARTINES, M. A. TOMEI, Domus Tiberiana. "Clivo della Vittoria", in *Archeologia e Giubileo. Gli interventi a Roma e nel Lazio nel Piano del Grande Giubileo del 2000*, a cura di F. Filippi, I, Napoli 2001, p. 156. Responsabile del procedimento e direzione scientifica dott.ssa M.A. Tomei. Progetto e direzione dei lavori arch. G. Martines; assistenza alla direzione lavori geom. E. Catoni; restauri Cinzia Conri; consulenza ai consolidamenti CISTeC (coordinamento prof. C. Giavarini).

(25) G. MARTINES, *op. cit.* alla nota 7, p. 227.

(26) *Ibidem*, p. 222.

(27) Per la terminologia si fa riferimento a R. PARENTI, *Una proposta di classificazione tipologica delle murature postclassiche*, in G. GIUFFRÉ, G. MARTINES, *op. cit.* alla nota 5, pp. 49-61.

(28) Ogni pilone si è mosso separatamente: ciò è risultato dai controlli geodetici, i movimenti differenti hanno indotto un'ulteriore spinta agli archi di mattoni zoccoli – quelli larghi 123 cm – che si sono schiacciati.

(29) 2,3 cm all'estradosso per 0,8 cm all'intradosso. Nella soluzione con un bipedale rastremato ogni tre bipedali regolari il giunto all'estradosso sarebbe risultato di 3,2 cm.

(30) Secondo Lynne Lancaster le nervature flavie, eseguite con bipedali interi o fratti, erano finalizzate a rinforzare la volta cementizia in rapporto ai carichi maggiori derivanti dal collocamento delle sovrastanti scale. L. C. LANCASTER, *Reconstructing the Colosseum's restorations after the fire of 217*, in «Journal of Roman Archaeology», 11, 1998, pp. 146-174.

(31) C. F. GIULIANI, *L'edilizia nell'antichità*, Roma 1990, p. 78.

(32) A. CHOISY, *op. cit.* alla nota 1, p. 34. Di avviso diverso il Cozzo che non accerta la teoria di Choisy sostenendo che l'impiego era finalizzato ad ovviare al problema dell'assessamento differenziato del gerro cementizio e alla necessità di ripartire il carico in corrispondenza delle imposte. G. COZZO, *Ingegneria romana*, Roma 1928, pp. 175-178.

(33) G. DE ANGELIS D'OSSAT, *Forma e struttura delle cupole romane*, in *Realtà dell'architettura apporti alla sua storia, 1938-78*, a cura di L. Marcucci, Roma 1982, I, p. 71.

(34) *Ibidem*, p. 66.

(35) A. CHOISY, *op. cit.* alla nota 1, p. 36.

(36) *Ibidem*, p. 35.

(37) *Ibidem*, p. 38.

(38) L'Istituto Svizzero in Roma, sotto la direzione di Clemens Krause, ha condotto gli scavi in questo settore negli anni '80. Lo scavo dell'ambiente 14 è stato condotto nel 1995: C. KRAUSE, *Domus Tiberiana I. Gli scavi*, in «Bollettino di Archeologia», 25-26-27, con bibliografia sull'attività archeologica condotta negli anni '80 nella *Domus Tiberiana*.

(39) Le nervature minori nascono per esigenze di cantiere. Infatti le centine sono profonde 78 cm, così da permettere ai mastri di lavorare dalla testa della volta, cioè di fronte alla muratura in costruzione, e controllare così la qualità dell'apparecchio murario.

Essendo l'interasse delle nervature pari a 156 cm, la nervatura intermedia assicura la legatura fra due parti di volta eseguite in momenti successivi.

(40) I laterizi con cui sono realizzate le nervature sono bipedali tagliati. Dal frazionamento di due bipedali si ottengono i seguenti tagli: 40x40, 40x30, 30x20, 40x30 impiegati per le nervature; 60x20 cm impiegati per i bipedali passanti. La disposizione dei laterizi nelle nervature è a pettine, così da assicurare l'ammorsatura al cementizio. Le nervature principali assolvono il ruolo di ossatura portante della controvolta. La loro profondità massima è di 40 cm. Il cementizio è portato dalle nervature ed ha uno spessore che si adegua alle mancanze della volta antica; è contenuto dai bipedali passanti, profondi 20 cm. Il ripristino della volta è stato completato nel 2003 dall'impresa Tecres, sotto la direzione dell'arch. Giuseppe Morganti. Mastro Dionisio Sbardella ha realizzato la volta, non ancora ultimata, in un'unica soluzione, senza cioè procedere per sezioni crescenti: ha realizzato le nervature tutte dello stesso tipo, procedendo da entrambe le imposte e chiudendo contemporaneamente la chiave della volta sull'intera lunghezza.

(41) La disposizione delle ammorsature corrisponde allo schema descritto in G. MARTINES, *op. cit.* alla nota 7, p. 228.

(42) Le volte delle scale sono state realizzate successivamente alla costruzione dei setti murati laterizi su cui poggiavano, incassando il gerro cementizio in una risega. Si procedeva all'innalzamento del setto murario arretrando il filo del paramento in corrispondenza della traccia della volta. In queste zone arretrate il paramento assumeva spesso il profilo di una ammorsatura aperta, con laterizi disposti a filati alternativamente e irregolarmente accostati e sporgenti. Successivamente si procedeva al gerro della volta inglobando sull'estradosso piani di bipedali su cui si impostava la muratura laterizia dei gradini. Tale procedura si deve forse porre in relazione con la necessità di guadagnare velocemente la costruzione in altezza, lasciando l'esecuzione dei gerti cementizi ad un momento costruttivo successivo alla realizzazione del piano su cui impostava l'ordine superiore. V. in merito anche le considerazioni di R. Taylor circa l'organizzazione del cantiere, soprattutto per quanto attiene le fasi costruttive: R. TAYLOR, *Roman builders*, Cambridge 2003, pp. 156-157.

(43) Fra gli altri spicca un'ampia e particolarissima integrazione laterizia delle volte prospicienti il quarto ambulacro, di fronte al piano ancora parzialmente interrato dell'arena, corrispondente ai cunei XLVII-L.

(44) L'impiego di tavole lunghe quanto l'integrazione dimostra che il gerro era stato eseguito dall'alto in un'unica soluzione.

(45) Gli esami endoscopici sono stati condotti dall'ing. Stefano De Vito. L'esame agli elementi finiti è stato eseguito dagli ingg. Alessandra Carrieto e Fabio Sabbadini, del Dipartimento di Ingegneria strutturale e geotecnica dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

(46) Il lavoro è stato eseguito dagli stessi mastri Renato Di Pietro e Roberto Pollerla dell'impresa ViBe.