



POMPEI , REGIONES I , II E III

Nuove strategie di intervento per la messa in sicurezza

Lorenzo Jurina

Professore Associato, Politecnico di Milano, Dipartimento ABC

lorenzo.jurina@polimi.it

Edoardo O. Radaelli

Professore a contratto, Politecnico di Milano, Dipartimento ABC

edoardooliviero.radaelli@polimi.it

Antonetta Nunziata

Assegnista di Ricerca, Università degli Studi di Genova, DICCA

antonetta.nunziata@dicca.unige.it

SOMMARIO

L'antica città di Pompei rappresenta una testimonianza unica dal punto di vista storico, antropologico, urbano e architettonico.

Gli scavi archeologici condotti negli ultimi due secoli hanno portato alla luce inestimabili tesori di architettura, pittura, scultura e saggezza costruttiva [1,2,3].

PAROLE CHIAVE | KEYWORDS

Pompei, consolidamento
strutturale, messa in sicurezza,
reversibilità, vulnerabilità
sismica Pompeii, structural
consolidation, safety,
reversibility, seismic
vulnerability

La città presenta oggi significativi problemi di conservazione, riconducibili al naturale decadimento dei materiali che costituiscono le strutture ed alla vulnerabilità sismica, specie per numerose pareti e colonne isolate. Ne conseguono l'irrimediabile perdita di materia storica e l'inaccessibilità di numerose domus e strade.

L'articolo illustra il progetto, recentemente sviluppato dagli autori, per la messa in sicurezza delle Regiones I, II e III di Pompei. Le principali vulnerabilità, sia statiche sia sismiche, sono state riscontrate per le pareti isolate, alcune delle quali sottoposte anche ad una eccessiva spinta del terreno a tergo, e per le colonne isolate. A tali elementi si aggiunge la copertura della *Casa degli Amanti Felici* che versava in avanzato stato di degrado, tanto da essere fittamente puntellata. Gli interventi, conclusi nel Gennaio 2020, impiegano sistemi semplici, ma innovativi, basati su cavi d'acciaio di piccolo diametro, che stabilizzano gli elementi snelli a rischio di collasso, evitando l'impiego di puntelli, ingombranti e talvolta poco efficaci. Meritevole di essere descritta è la modalità di bloccaggio degli stralli, realizzato tramite zavorre appoggiate a terra e dunque totalmente rimovibili, una scelta causata dalla impossibilità di realizzare ancoraggi profondi nel terreno.

ABSTRACT

POMPEII: NEW INTERVENTION STRATEGIES FOR THE SAFETY OF REGIONES I, II AND III

The ancient city of Pompeii represents a unique historical, anthropological, urban, and architectural testimony.

Archaeological excavations conducted over the past two centuries have discovered valuable treasures of architecture, painting, sculpture, and constructive wisdom [1,2,3]. The city, which has been preserved intact under volcanic ash for 18 centuries, today faces significant conservation problems, mainly due to the natural decay of the construction materials and to the seismic vulnerability, especially for several isolated walls and columns. The result is the irretrievable loss of historical material and inability to have access to numerous domus and streets.

The paper illustrates the project, recently developed by the authors, for the safety of Pompeii Regiones I, II, and III. The main vulnerabilities, both static and seismic, were noticed on the isolated columns, and on the isolated walls. Some of them were also subjected to an excessive thrust of the ground.

Furthermore, the coverage of the Casa degli Amanti Felici was considered so degraded to be temporarily propped up. The interventions, completed in January 2020, use innovative but straightforward systems based on small diameter steel cables, which stabilize the slender elements at risk of collapse, avoiding the use of props, bulky, and sometimes not very efficient. Finally, the way of locking the stays deserves to be mentioned. It is made with reinforced concrete ballast, resting on the ground and therefore totally removable, due to the impossibility of making deep anchors in the ground.

RINGRAZIAMENTI | ACKNOWLEDGMENTS

Gli autori vogliono ringraziare il Prof. Massimo Osanna, direttore del Parco archeologico di Pompei, il RUP arch. Bruno De Nigris e il DL arch. Arianna Spinosa. Si ringraziano gli ingg. Valentina Caspani e Natasha Lazzari per l'aiuto fornito nella fase di reperimento delle fonti bibliografiche, l'ing. Daniele Rampoldi per il contributo nelle verifiche strutturali, l'arch. Valentina Mogenicato e gli ingg. Mattia Almeri e Alberto Bonetto per il contributo nella fase di progettazione degli interventi.

PREMESSA Cenni storici

La storia della città di Pompei, fondata nel IX secolo a.C., si interruppe bruscamente nel 79 d.C., a seguito dell'eruzione del Vesuvio. Rimasta sepolta per diciassette secoli, nel 1748 Pompei venne parzialmente riportata alla luce, con l'arrivo dei Borbone a Napoli¹ [4,5].

A partire dal 1806 iniziarono i primi espropri nell'area archeologica e iniziò una campagna di scavo sistematica e organizzata, sotto la supervisione di Carolina Bonaparte, consorte di Gioacchino Murat. Pompei divenne ben presto una tappa obbligata del *Grand Tour*. Infatti, grazie all'attenzione dei regnanti, le famose rovine divennero oggetto di innumerevoli guide [4].

Con l'avvento dell'Unità d'Italia e l'affidamento dei lavori a Giuseppe Fiorelli [6], le modalità di approccio agli scavi ebbero una significativa evoluzione e portarono alla luce *insulae* fino ad allora solo in parte conosciute² [4,7].

Nel 1885 fu elaborata la prima mappa completa dell'intera area degli scavi e le rovine vennero affidate alla Direzione Generale delle Antichità e Belle Arti del Regno, sotto la guida di Michele Ruggero [4,7,8].

Figura chiave delle campagne archeologiche Novecentesche fu Amedeo Maiuri, il quale si occupò per 37 anni di dirigere le attività all'interno delle mura di Pompei. Durante quegli anni furono portati alla luce e restaurati la maggior parte degli edifici oggi visitabili [9,10,11,12].

Non mancarono, in quei decenni, gravissimi ed irreversibili danni su molte aree di Pompei, dovuti ad incursioni aeree durante il secondo conflitto mondiale. L'ulteriore aggravarsi dello stato di conservazione degli edifici provocò l'arresto delle operazioni di scavo [13,14].

Il 23 novembre 1980 segna la data del terremoto dell'Irpinia. Nel Parco Archeologico si evidenziarono danni limitati ma l'accaduto portò in evidenza la problematica della tutela e del restauro dei centri archeologici nell'area vesuviana. In risposta alla catastrofe fu dato corso ad una estesa ed approfondita campagna di rilevamento dei danni da parte del Genio Militare, al fine di una sensibilizzazione nazionale ed internazionale.

Si giunse così, tre decenni più tardi, allo sviluppo del Grande Progetto Pompei, dentro il quale si inserisce il progetto³ redatto dagli autori e descritto nei paragrafi a seguire. L'intero iter della progettazione e dell'esecuzione dei lavori si è svolto sotto la direzione del Soprintendente prof. Massimo Osanna.

NOTE

1. Fine ultimo dei Borbone era accrescere il proprio patrimonio artistico. Tuttavia, gli scavi furono condotti con grande approssimazione e poca cura, il *modus operandi* prevedeva la "risepoltura" degli ambienti dopo il recupero dei reperti [4].

2. Fu introdotta la cosiddetta "tecnica della colatura del gesso". Tale innovazione permise di generare dei calchi di oggetti ed elementi organici rinvenuti nel sito. I corpi e gli oggetti, decomposti e rimasti sotterrati dai lapilli, avevano generato dei vuoti. Questi ultimi, una volta riempiti col gesso, formavano i calchi degli abitanti e delle suppellettili dell'antica Pompei.

3. Affidamento della progettazione esecutiva e dell'esecuzione dei lavori, previa acquisizione del progetto definitivo in sede di gara sulla base del progetto preliminare, relative all'intervento: "messa in sicurezza delle regiones I, II, III" Operatore economico: Impresa Lucci Salvatore s.r.l. di Napoli; RUP: Bruno de Nigris, funzionario architetto Parco Archeologico di Pompei – MIBACT; DL: Arianna Spinosa, funzionario architetto Parco Archeologico di Pompei – MIBACT; RTP: Tecton studio Associati s.r.l. (progettazione e coordinamento generale), Cesare Feiffer e Anna Raimondi (restauro), Lorenzo Jurina (strutture), Od'a officina d'architettura, Domenico Esposito (archeologo), Silvia Daleffe (geologo), Mirko Pone (giovane professionista).



1. Planimetria Parco archeologico di Pompei, in evidenza le regio I-II-III interessate dall'intervento.

Lo stato dei luoghi e il Grande Progetto Pompei

Il Parco Archeologico di Pompei si caratterizza per un complesso insieme di strutture⁴, (figura 1) differenti per tipologie e tecniche costruttive, con un tessuto edilizio denso e stratificato, in genere privo di qualsiasi copertura. I paramenti murari, costituiti da elementi lapidei di origine vulcanica o calcarea, presentano giunti di malta di differenti composizioni [15] e, nella maggior parte dei casi, inesistenti.

Il principale elemento critico del parco archeologico è da individuare nella totale assenza di una manutenzione programmata [16,17] in grado di contrastare i processi di degrado attivati dall'esposizione agli agenti atmosferici che innescano continuamente azioni di degrado chimico-fisico e meccanico, con conseguente perdita della materia storica. A ciò si aggiunge l'instabilità di numerosi fronti di scavo, di cui non tratteremo nel presente articolo, ma di notevole interesse per la conservazione del patrimonio archeologico [18].

I ripetuti tentativi di tamponare la situazione mediante interventi di emergenza, puntuali e poco duraturi, hanno costretto nel tempo a ridurre le aree accessibili al pubblico, così che, nel 2014, le aree visitabili si limitavano al decumano principale, agli edifici pubblici del Foro e ad alcune domus [18].

L'urgenza di rallentare il rapido degrado e di dare una risposta concreta alla compromessa situazione nella quale versava il Parco Archeologico ha portato alla nascita del Grande Progetto Pompei⁵; si tratta di un piano generale di interventi finalizzati al miglioramento del livello globale di sicurezza strutturale e della fruibilità dei luoghi, secondo i criteri comuni al contemporaneo pensiero del restauro conservativo e ben descritto da De Nigris - Previti, 2017.

“La logica della messa in sicurezza del Grande Progetto Pompei nasce dalla necessità inderogabile di realizzare interventi di conservazione efficaci e durevoli. Lo scopo è scongiurare il rischio di reiterare operazioni non sempre totalmente reversibili; limitare la perdita di materiale originale o l'immissione di tecnologie e prodotti nuovi, la cui compatibilità e durabilità vanno sempre accertate” [15].

In passato, l'incipiente ribaltamento dei maschi murari era stato bloccato con la progettazione e installazione dei più comuni sistemi di messa in sicurezza in “tubo giunto”. Allo stesso modo, si era corsi ai ripari per le colonne, per i solai e per le coperture, trasformando gli antichi tracciati ed i preziosi ambienti in selve di ponteggi che, pensati come interventi provvisori, hanno costituito in realtà una vera e propria alternativa al definitivo intervento di restauro. La loro permanenza prolungata nel sito ha costituito elemento di degrado aggiuntivo.

È a partire da tali situazioni che i progettisti hanno tratto spunto nelle scelte progettuali, raccogliendo la sfida di proporre interventi non convenzionali, mai proposti prima a Pompei, superando i limiti delle più usuali puntellazioni ed opere di ritegno, ossia l'ingombro, l'alterazione visiva del bene e la perdita di efficacia (figure 2-4).

Si vogliono qui richiamare alcuni principi che hanno orientato gli autori:

- Primo tra tutti è la non invasività, ottenuta mediante l'impiego di tecniche prevalentemente a secco, sia in presenza di collegamenti di nuove strutture alle murature esistenti, sia in presenza di collegamenti a terra.
- Il secondo criterio è la reversibilità degli interventi, non intesa come mera teorizzazione dei dettami del restauro conservativo, ma come concreto ed efficace strumento per la conservazione delle strutture di Pompei, utilizzando sistemi di zavorra, cavi e piastre in acciaio, che escludono l'uso di soluzioni irreversibili quali cappe in c.a., inghisaggi cementizi etc.
- Il terzo principio è quello della compatibilità dei materiali impiegati, non cementizi, ma a base idraulica.

NOTE

4. Il Parco Archeologico fa parte del patrimonio Unesco dal 1996, e con la sua estensione di 66 ettari, di cui 45 scavati e 33 aperti al pubblico, detiene il primato di sito archeologico più esteso al mondo. I 66 ettari in questione definiscono nella sua totalità l'antico organismo urbano. La città è suddivisa in 9 regioni (aree assimilabili ai moderni quartieri), 12 insulae (isolati) e 1500 domus (case). All'interno del parco sono stati rinvenuti innumerevoli mosaici e apparati decorativi che rendono particolarmente pregiato il patrimonio artistico. Più precisamente troviamo: 1.500 edifici; 2 milioni di m³ di strutture murarie; 17.000 m² di dipinti; 20.000 m² di intonaci; 12.000 m² di superficie pavimentata; 20.000 m² di coperture protettive (www.beniculturali.it).

5. Progetto di riqualificazione del Parco Archeologico di Pompei, promosso dal Governo Italiano per mezzo di decreto legge (n. 34/2011 art.2) e finanziato dalla Commissione Europea con 105 milioni di euro (open.pompeisites.org).

- Quarto criterio è quello del minimo intervento, che si è cercato di ottenere nel rispetto del bene storico, ma al contempo a garanzia della necessaria efficacia strutturale, specie nei confronti dei carichi orizzontali.

Nei paragrafi a seguire vengono descritti gli interventi di messa in sicurezza finora realizzati e conclusi nel Gennaio 2020.



2. Esempio di messa in sicurezza prima dell'intervento, Regione I (foto degli autori). 3. Esempio di messa in sicurezza prima dell'intervento, Regione I (foto degli autori).

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

Interventi strutturali sugli elevati murari

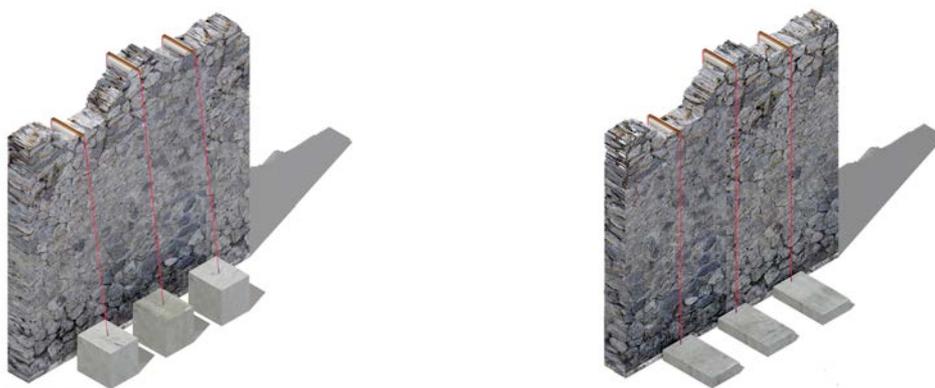
Le pareti in muratura, per lo più di edifici ad un solo piano e privi di orizzontamento, sono risultate tra gli elementi maggiormente vulnerabili. Le verifiche numeriche, condotte tramite modelli ad elementi finiti FEM o, per i casi più semplici, con analisi all'equilibrio limite del corpo rigido, hanno infatti restituito coefficienti di sicurezza inferiori all'unità, dimostrando la non capacità dell'elemento di resistere ai carichi orizzontali. Lo schema di comportamento a parete isolata è stato adottato tenendo conto anche del precario ammassamento tra i maschi murari.

Le pareti, soggette al solo carico verticale da peso proprio, sono state verificate alla spinta del sisma e del vento, assumendo, di volta in volta, la situazione più severa per il dimensionamento dell'intervento di messa in sicurezza.

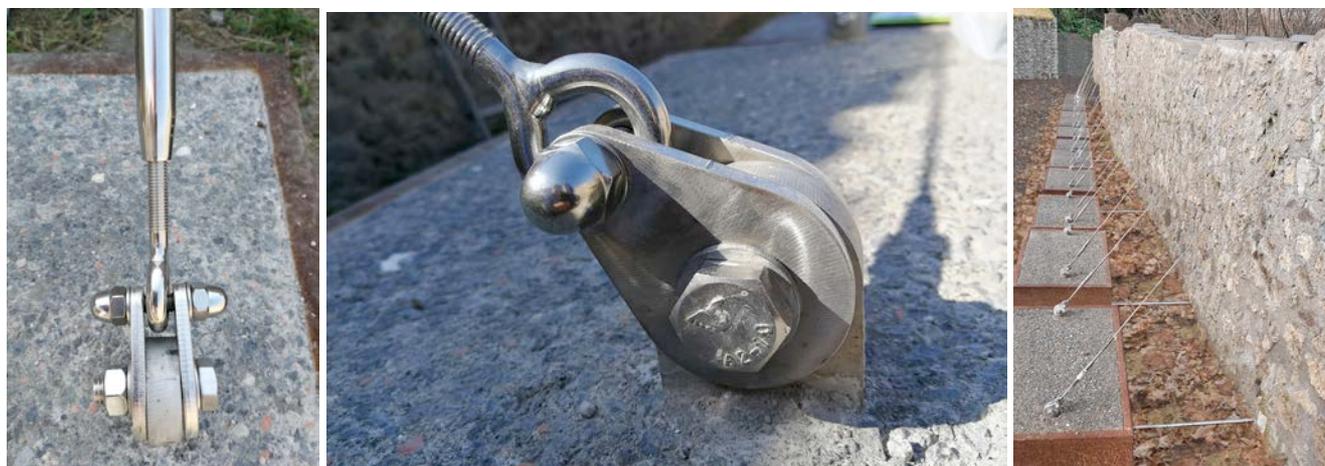


4. Esempi di messe in sicurezza delle colonne (foto degli autori).

Per impedire il ribaltamento delle pareti si è fatto ricorso a soluzioni leggere, buona alternativa alle ingombranti puntellazioni, e basate su elementi “a tirare”, vale a dire su cavi in acciaio inox del diametro di 5 mm, aventi funzione di strallo diagonale. In funzione all'altezza della parete si è variato il passo degli stralli, rendendoli più fitti (50-75 cm) per le pareti alte, e con interasse maggiore (100-150 cm) per pareti di altezza ridotta. I cavi, post-tesati a 2,00-2,50 kN, sono stati disposti a “V” rovescia, a cavallo della muratura, così da offrire una benefica azione stabilizzante in entrambe le direzioni sia fuoripiano che nel piano stesso (figure 5-6).

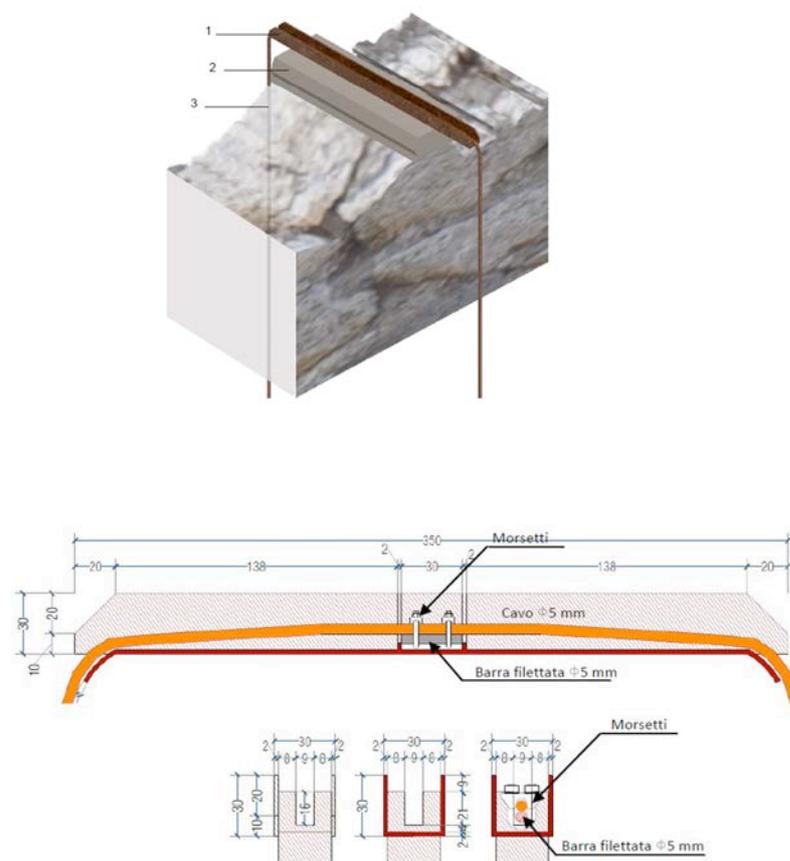


5. Strallatura delle murature – estratto da tavole di progetto (a) soluzione zavorra esterna, (b) soluzione zavorra parzialmente occultata.



6. Strallatura delle murature: (a) intervento concluso (foto degli autori), (b) posa delle zavorre, (c) (d) (e) collegamento della zavorra al cavo per mezzo di una coppia di piastre in acciaio, (f) oltre agli stralli ed alle zavorre si osservano anche i tiranti orizzontali che contribuiscono a stabilizzare la parete, motivati dalla differente quota del terreno a monte e a valle (foto da Impresa Lucci s.r.l.).

Le creste murarie sono state protette con una copertina archeologica, in malta rinforzata, dello spessore medio di 2 cm, con interposta una rete in fibra di vetro. Nel punto alto, dove lo strallo poggia sulla parete, è stato collocato un profilo di ripartizione in acciaio inox, sagomato ad "U", di altezza pari a 30mm; all'interno del profilo sono presenti due "setti" di alloggiamento del cavo che, con la aggiunta di morsetti di bloccaggio, ne impediscono lo scorrimento (figura 7b,d,e).



7. Bilancino passa cavo ad "U" – (a) estratto da tavole di progetto: (1) bilancino di appoggio in acciaio inox, (2) cuscinetto removibile in malta e rete in fibra di vetro per uniformare la superficie di appoggio del bilancino, (3) cavo inox diametro 5 mm, (b) dettaglio estratto da tavola di progetto, (c) posa dei bilancini lungo le creste murarie, (d) foto del bilancino prima della posa in sito, (e) sistema di bloccaggio del cavo da interporre tra le due costole sagomate del bilancino (foto da Impresa Lucci s.r.l.).

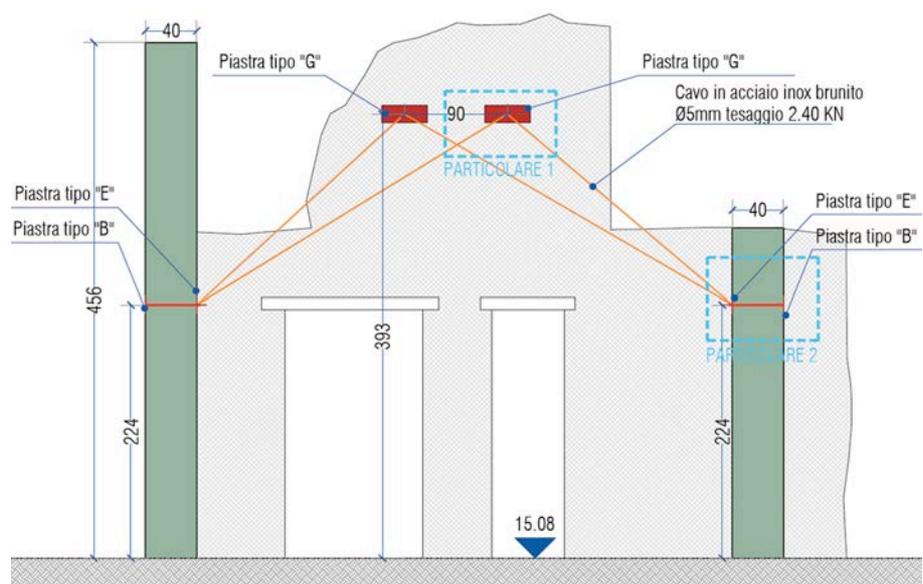
Per l'ancoraggio a terra dei cavi durante la progettazione sono state valutate due distinte soluzioni, di cui una superficiale ed una profonda. Tenuto conto del criterio della reversibilità e della non invasività, che limita e spesso esclude la possibilità di scendere in profondità a causa della potenziale presenza di reperti archeologici, si è scelta la soluzione con zavorre superficiali a vista o, dove possibile, parzialmente occultate da terra di riporto.

La soluzione di tipo superficiale ha previsto la posa in opera a secco di zavorre costituite da contenitori prefabbricati in acciaio riempiti con inerti e cemento, dimensionati in funzione del carico limite trasferito dagli stralli.

Il collegamento tra la fune di diametro 5mm e le zavorre avviene per mezzo di una coppia di piastre in acciaio, parzialmente annegate nel getto e dotate di un foro per il passaggio del perno di fissaggio; il tiro viene applicato al cavo tramite due tenditori a canala, uno per ciascuna estremità, dotati di anello e di capocorda a pressare (figura 6c,d,e).

Una variante alla soluzione sopra descritta è stata adottata per le pareti controterra, soggette ad una maggiore spinta orizzontale. Per tali setti è stata prevista, in aggiunta, una barra orizzontale con funzione di tirante, ancorata ad una zavorra, e con un capochiave in acciaio inox, posizionato a vista sulla muratura (figura 6f).

Una seconda soluzione finalizzata ad impedire il ribaltamento delle pareti è basata sull'impiego di stralli di "controventamento aereo" nel piano sub-orizzontale, posti ad una quota alta delle murature, così da consentire il passaggio dei visitatori (figura 8). La parete oggetto di intervento viene vincolata sfruttando la massa delle pareti adiacenti, alle quali si collega mediante cavi in acciaio inox, prevalentemente ancorati in corrispondenza degli spigoli tra le pareti opposte. La soluzione, adottata ad esempio nella Regio I – Insula 3 – Civico 3 - parete 5, offre molteplici vantaggi, tra cui la manutenibilità, la possibilità di ri-tesaggio e la reversibilità, tenuto conto della necessità di pochi fori di ancoraggio e di contropiastre in acciaio inox, che escludono l'uso di inghisaggi interni alle murature. Il ridotto ingombro della soluzione adottata ha consentito la riapertura dell'ambiente e la libera circolazione dei visitatori.

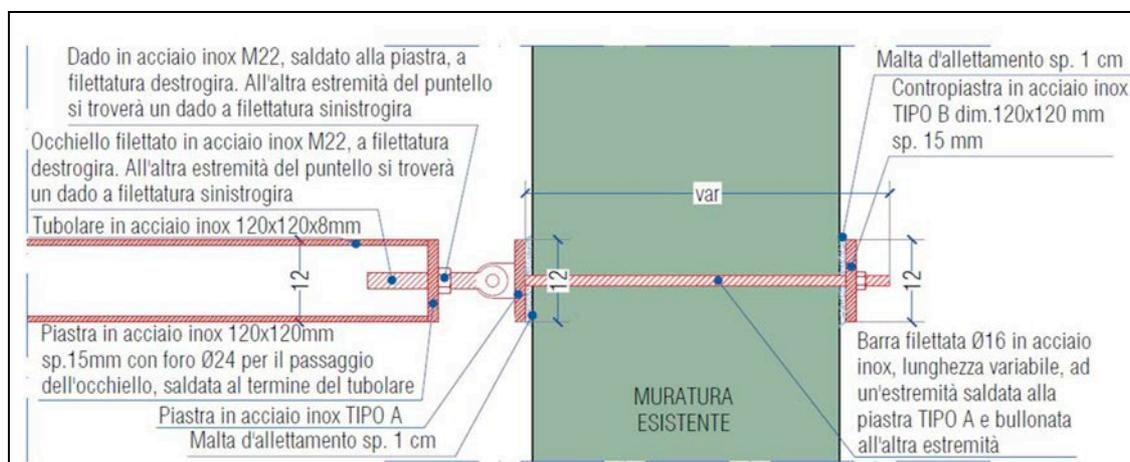


8. Strallatura "a diamante" – estratto da tavole di progetto.

Un'ulteriore modalità di intervento per la salvaguardia delle murature di Pompei è stata adottata nella Regio I - Insula 2 - Civico 15 parete 6 dove risultava prioritario impedire il ribaltamento delle pareti prospicienti il vicolo, rimuovendo le puntellazioni esistenti, che ne impedivano la transitabilità (figura 9). Una prima soluzione sviluppata in fase progettuale aveva previsto un controventamento aereo in quota, mediante barre di acciaio che collegassero la sommità delle murature da consolidare con le parallele pareti adiacenti, aventi funzione stabilizzante. All'emergere di alcune difficoltà esecutive nell'ancoraggio delle barre, si è optato, in corso d'opera, per la posa di "puntoni" orizzontali (figura 10). Sono stati collocati quattro tubolari in acciaio inox 120x120x8mm, al di sopra della strada pedonale, così da rendere mutuamente collaboranti le due pareti da consolidare. Il ribaltamento delle pareti risulta così impedito. Le nuove strutture in affiancamento sono puntualmente connesse alle murature tramite un sistema di piastra-contropiastra in acciaio inox, 120x120x15mm. Al tubolare viene avvitato un occhio M22 che, tramite un perno, si fissa alla piastra, solidale alla muratura. Si è previsto l'utilizzo di elementi a filettatura destrorsa ad un'estremità e sinistorsa all'estremità opposta, in modo da poter tesare il tubolare e creare un presidio attivo al ribaltamento dei maschi (figura 10a).



9. Stato di fatto, Regio I - Insula 2 - Civico 15 parete 6 (foto degli autori).



10a. Puntelli orizzontali Regio I - Insula 2 - Civico 15 parete 6: (a) dettaglio di collegamento alla parete – stralcio da tavola di progetto,



10b,c. Puntelli orizzontali Regio I - Insula 2 - Civico 15 parete 6: (b) e (c) intervento concluso (foto degli autori).

La strallatura “a diamante” della Casa dell’atrio tetrastilo o della Grata Metallica (Regio I - Insula 2- Civico 28)

La Casa della Grata Metallica, scavata nel 1873, si distingue per la presenza di un atrio tetrastilo di epoca sannitica, con quattro colonne poste a sostegno del compluvio, che in origine era protetto da una grata metallica, della quale si rinvennero i resti ben conservati nel corso dello scavo della casa. Dopo lo scavo si procedette al restauro parziale del compluvio, poggiando sulle colonne un leggero architrave di legno, al quale venne fissata una copia della grata metallica, e realizzando, al di sopra dell’architrave un cordolo di muratura, alto circa cm 45. [...]. A seguito dei bombardamenti andarono distrutti gli ambienti, in particolare le tabernae, lungo la facciata della casa. L’atrio tuttavia non subì conseguenze ed il restauro dell’impluvio realizzato a fine Ottocento venne conservato sino agli inizi degli anni Ottanta del secolo scorso. La casa, infatti, subì i danni del terremoto del 1980, a seguito dei quali, nell’ambito dei lavori di restauro straordinari eseguiti con fondi F.I.O., primo stralcio, si procedette al restauro del compluvio. Con il restauro del 1982 le travi di legno furono sostituite da travi in cemento armato, al di sopra delle quali venne ricostruito il cordolo di muratura di sacrificio e venne riproposta la grata metallica, della quale si realizzò una seconda copia” [19] (figura 11).

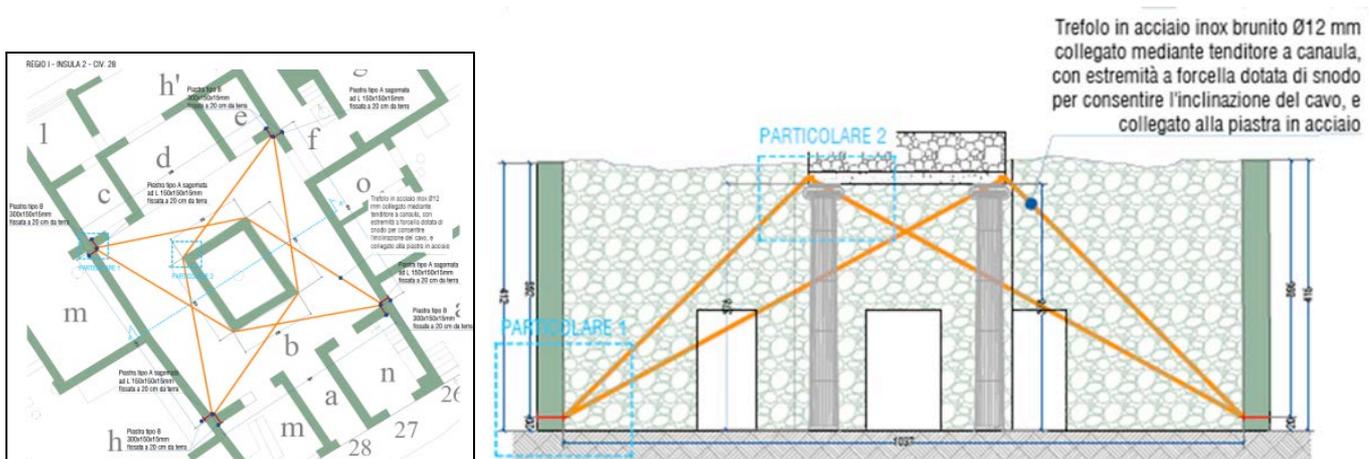


11. Stato di fatto, tetrastilo estivo o casa della Grata Metallica (foto degli autori).

La soluzione di consolidamento adottata impedisce il ribaltamento del tetrastilo, evitando ingombranti ponteggi di messa in sicurezza, particolarmente impattanti e che ne avrebbero limitato la visitabilità.

La soluzione è basata sull'impiego di quattro stralli di "controventamento aereo" (figure 12 e 13), in cavi di acciaio inox, del diametro di 12 mm, ancorati ai 4 spigoli delle murature d'ambito del triclinio. Ciascun cavo lambisce uno dei quattro spigoli della cornice in c.a. del tetrastilo, così da costituire un controventamento tetra stellato dalla geometria "a diamante", in grado di resistere alle sollecitazioni orizzontali sismiche, in qualsiasi direzione. I cavi sono dotati di tenditori a canala alle estremità, così da poter applicare un tiro iniziale e rendere il sistema attivo.

Nei punti bassi, al fine di evitare l'impiego di malte da iniezione nelle murature, si è optato per ancoraggi con contro piastre a vista in acciaio (figura 14), poste nei 4 angoli delle pareti d'ambito, ad una quota intermedia, tale da non costituire intralcio al passaggio dei visitatori; piastre di ancoraggio e contro piastre sono solidarizzate mediante connettori passanti nella muratura, di diametro pari a 16 mm. Nei punti alti, le piastre sono sagomate ad "L" e dotate di tubo passa-cavo (figura 15); poste nei 4 spigoli della trave di collegamento sommitale, tali piastre sono collegate alla trave in c.a. mediante due coppie di barre inghinate per ciascun angolare.



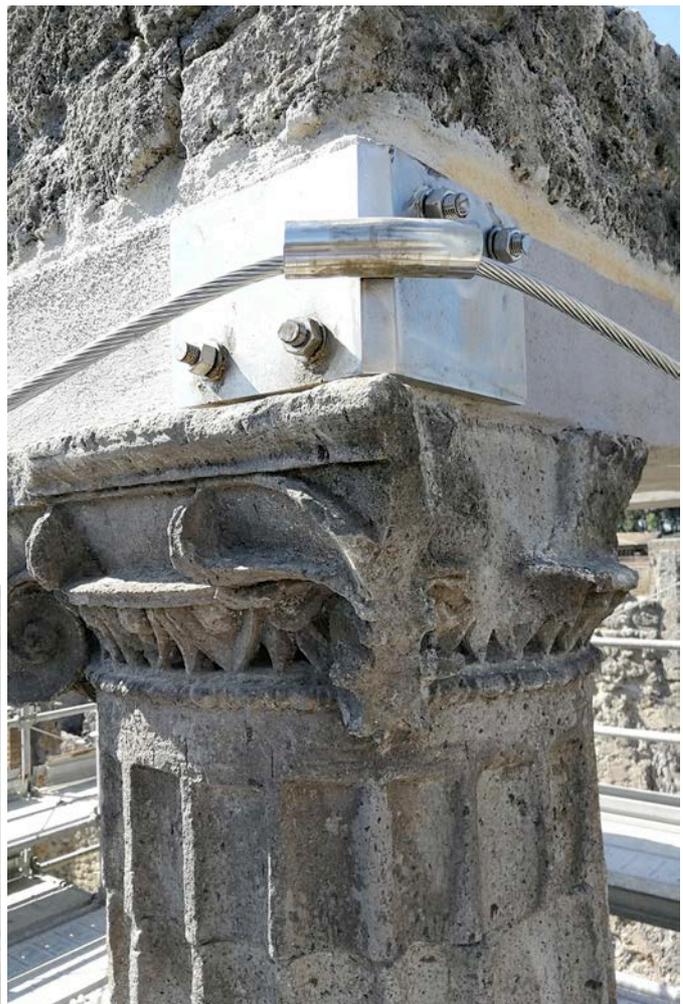
12. Pianta e prospetto: Intervento di consolidamento con strallatura a diamante del tetrastilo (Casa della Grata Metallica) – estratto da tavole di progetto.



13. Strallatura a diamante del tetrastilo (Casa della Grata Metallica) a lavori ultimati (foto da Impresa Lucci Salvatore s.r.l.).



14. Dettagli delle piastre di ancoraggio alle pareti: (a) durante il cantiere e (b) a lavori ultimanti (foto degli autori).



15. Dettagli delle piastre di ancoraggio al tetrastilo durante il cantiere (foto di arch. B. De Nigris).

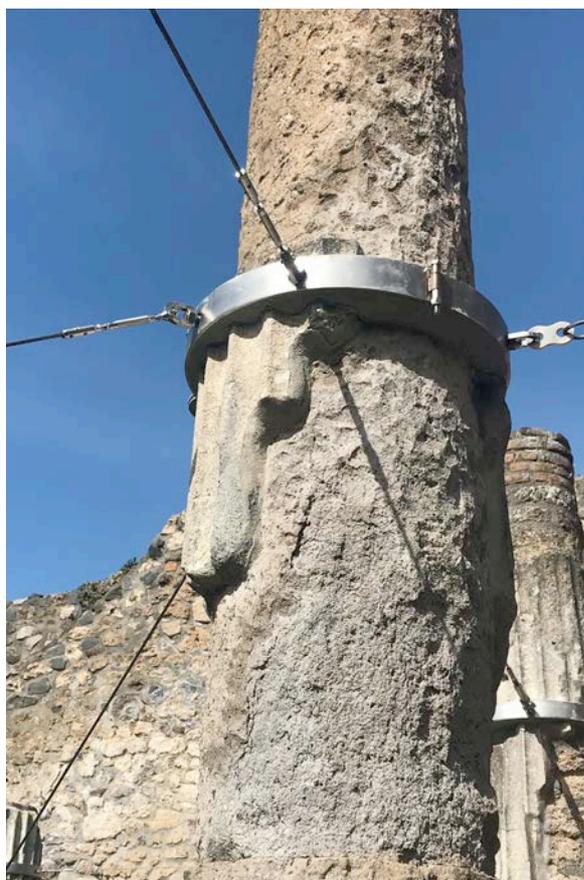
Interventi di strallatura e di cerchiatura delle colonne

Le numerose colonne isolate di Pompei costituiscono elementi particolarmente vulnerabili alle azioni orizzontali; molte si trovano in situazioni precarie e tali da interdire l'accesso alle *domus*. Ravvicinate ispezioni visive hanno evidenziato in parecchi casi la presenza di barre in acciaio al carbonio, disposte lungo l'asse della colonna ed annegate in malta cementizia, a collegare i rocchi sovrapposti che costituiscono le colonne (figura 16b). Pur trattandosi di un intervento incongruo e di recente realizzazione, la tenacia dell'iniezione e la delicatezza delle colonne ne ha suggerito il mantenimento. La presenza delle barre di collegamento garantisce la monoliticità dell'elemento anche se la loro ossidazione rappresenta un pericolo e frequentemente ha provocato vistose fessure ad andamento verticale sulla superficie esterna (figura 16a). Sezioni ed altezze differenti tra colonna e colonna, oltre alla presenza di intonaci e pertanto non perforabili, hanno richiesto soluzioni di messa in sicurezza *ad hoc* calibrate su ogni singolo caso. Si illustrano due innovative modalità di consolidamento: una prima che impiega cavi in acciaio inox e una seconda che invece utilizza tubolari in acciaio.

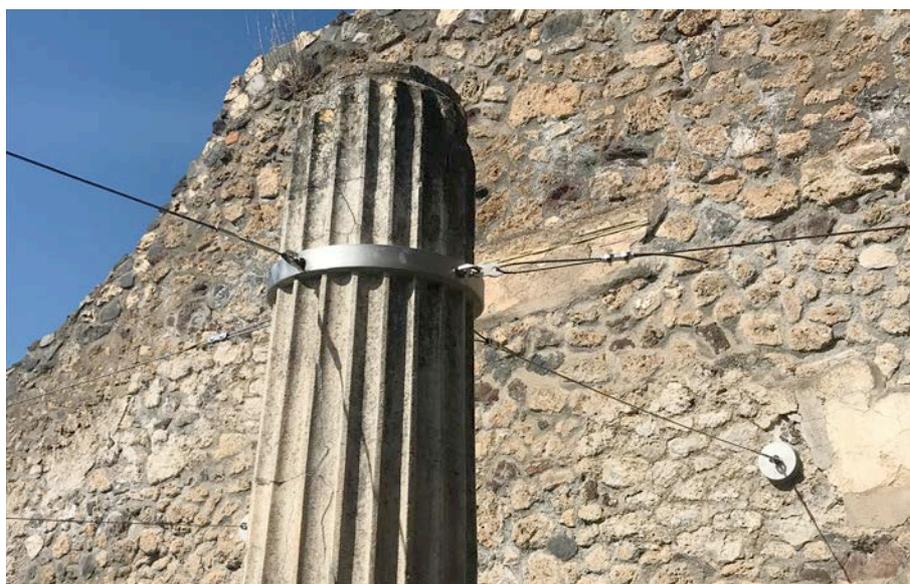


16. Stato di fatto delle colonne: (a) colonna lesionata a causa di presenza di ferri di armatura, (b) presenza di armature inghisate nell'area centrale della colonna, (c) mancanza di giunti di malta, (d) il Prof. Jurina intento a verificare la presenza di eventuali barre di armatura inserite nelle colonne (foto degli autori).

Presso la Casa del Citarista (Regio I – Insula 4 – Civico 17-25), l'intervento ha previsto la posa di stralli in cavi d'acciaio inox diametro 10mm disposti con varie inclinazioni e direzioni, con l'obiettivo di fornire un'azione stabilizzante rispetto a quella ribaltante indotta dai carichi sismici o dal vento. Ciascuna colonna viene stabilizzata da quattro cavi (solo tre per quelle di estremità lungo un allineamento), due dei quali la collegano alle due colonne adiacenti, mentre gli altri due la collegano ad un vincolo fisso, costituito o dalla muratura d'ambito, oppure da zavorre a terra (figure 17 e 18).



17. Strallatura delle colonne in fase di cantiere, casa del Citarista. Prova di posa dei cavi (foto degli autori).



18. Strallatura delle colonne in fase di cantiere, casa del Citarista. Prova di posa dei cavi (foto degli autori).

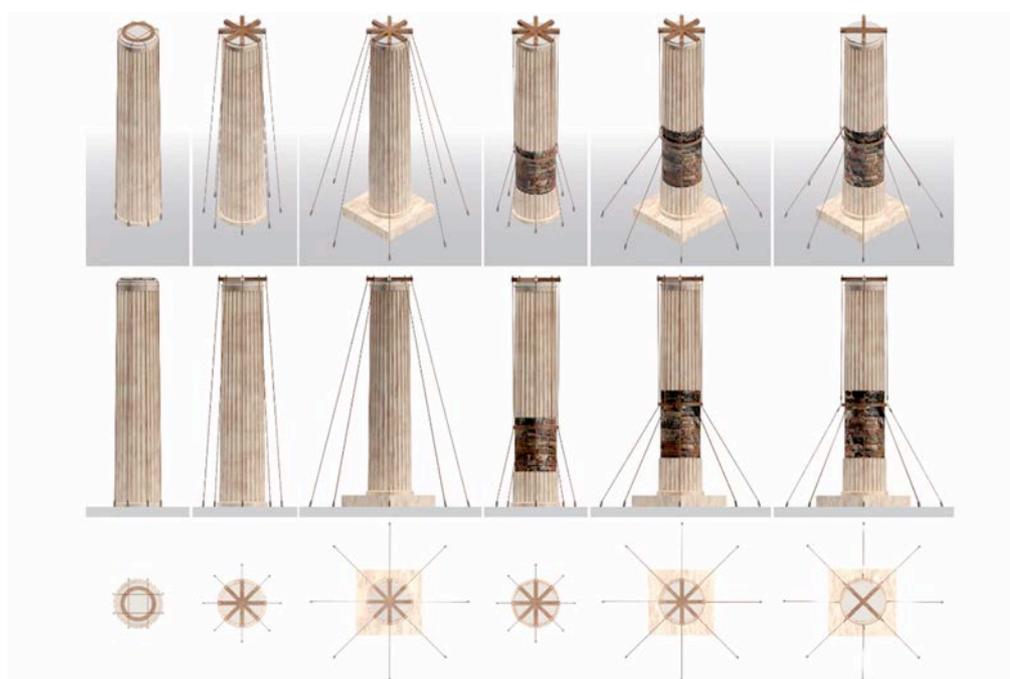
Il contatto tra l'elemento di consolidamento e l'elemento esistente, seppur molto spesso realizzato in semplice accostamento, ha richiesto molteplici varianti in corso d'opera, finalizzate alla conservazione della materia storica. In particolare, per l'ancoraggio alle colonne sono stati adottati anelli in acciaio inox, di sezione 50 x 5mm, dotati di quattro fori per l'inserimento del capocorda filettato, bloccato con un dado prigioniero e dunque totalmente a scomparsa. Al capocorda filettato si collega un tenditore a canaule, che consente di applicare il necessario tiro ai cavi.

I vincoli fissi delle strallature sono stati realizzati secondo tre differenti soluzioni: una prima soluzione, in presenza di murature d'ambito poste controterra, ha previsto l'impiego di barre bloccate con malta da inghisaggio; una seconda soluzione, in presenza di murature libere sui due lati, ha previsto l'adozione di piastre e contropiastre di contrasto, collegate tra loro mediante barre filettate; la terza soluzione, non essendo disponibile alcuna muratura, ha richiesto l'impiego di zavorre, analoghe a quelle già descritte per stabilizzare le pareti.

In sommità alle murature interessate dall'intervento, prima di posizionare il bilancino in acciaio, è stato realizzato un cuscinetto di allettamento e regolarizzazione in malta fibrorinforzata, posato su una membrana di separazione, che consentirà, in futuro, di rimuovere efficacemente il sistema senza intaccare il paramento murario. Questo sottile cuscinetto permette una parziale distribuzione delle pressioni puntuali esercitate dai bilancini metallici sommitali. Soluzioni analoghe, con cavi che scendono a terra, sono state progettate per stabilizzare colonne isolate (figura 19), anche se finora non hanno trovato applicazione nei lavori eseguiti.

Una seconda tipologia di intervento progettata dagli autori è stata realizzata per le colonne isolate della Regio I- Insula 16- Civico 1.

In una prima versione progettuale era stata proposta una soluzione analoga a quella già descritta, basata su cavi in acciaio e zavorre, poi modificata su richiesta del Parco Archeologico di Pompei, tenendo conto della volontà di mantenere il cortile centrale libero da zavorre.



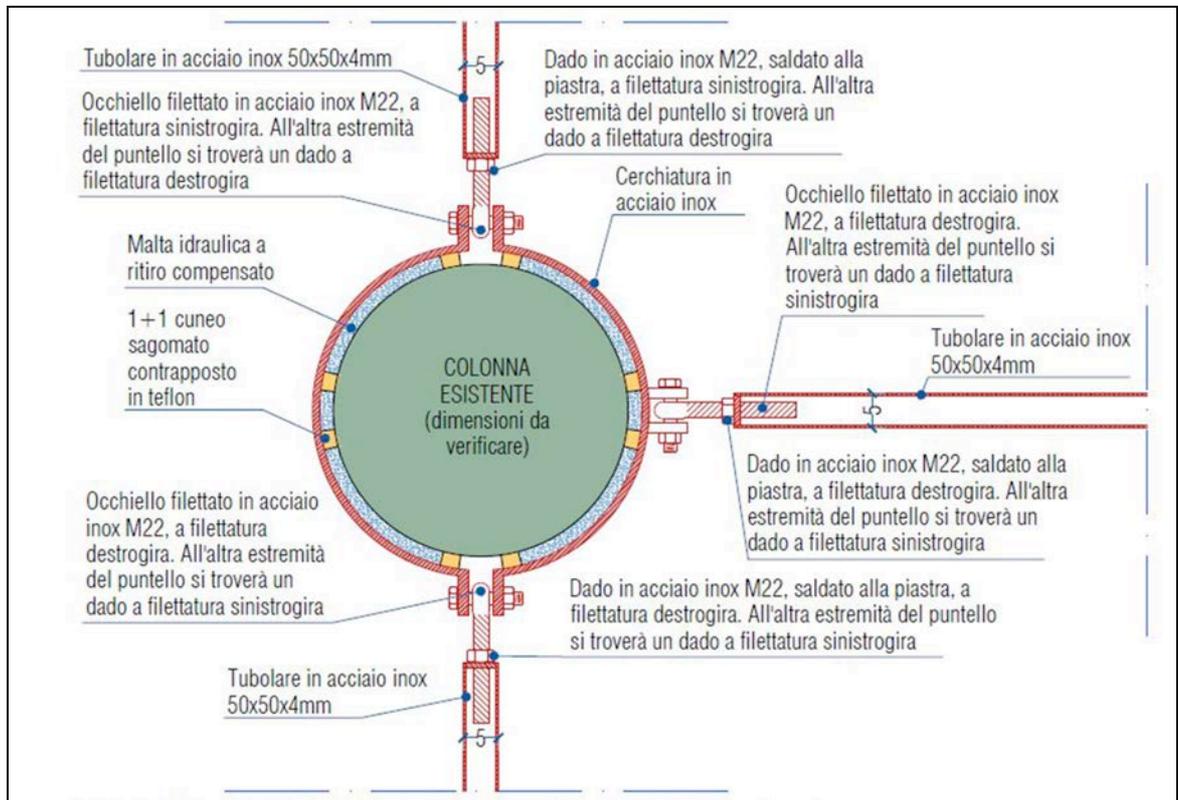
19. Strallatura delle colonne – estratto da tavole di progetto, tipologici.

La nuova soluzione consiste in una sorta di “pergolato” metallico, costituito da tubolari orizzontali in acciaio inox di dimensioni 50x50x4mm, ancorati da un lato alle cerchiature poste in sommità delle colonne esistenti, e, all'estremo opposto, ad un sistema di piastra – contropiastra, solidale alle pareti (figura 20).

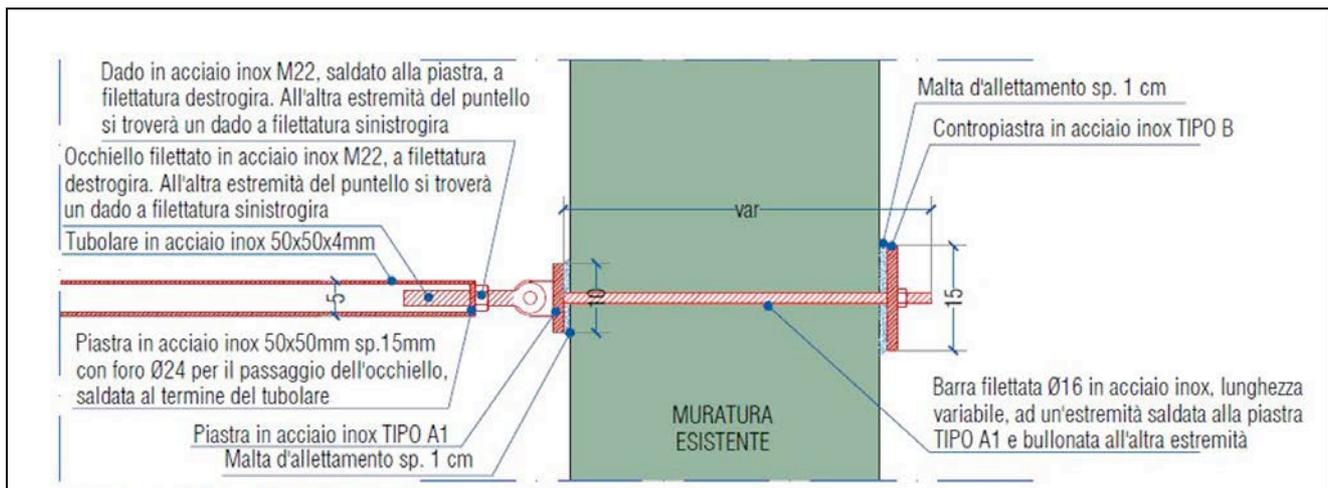


20. Pergolato metallico, Regio I- Insula 16- Civico 1 (foto degli autori).

Il collegamento alla colonna avviene per mezzo di due occhielli filettati M22, che collegano il tubolare all'anello di sommità (figura 21a,c) ed alla piastra a muro (figura 21b,d), tramite un perno; gli occhielli sono a filettatura destrogira ad un'estremità e sinistrogira all'estremità opposta, in modo da poter tesare il tubolare e creare un presidio attivo rispetto al ribaltamento delle colonne. Per tenere conto delle irregolarità delle superfici è stato previsto uno strato di allettamento in malta di calce.



21a,c. Pergolato metallico Regio I- Insula 16- Civico 1: (a) dettaglio del collegamento alla colonna, (c) dettaglio del collegamento alla colonna (foto di arch. B. De Nigris)



21b,d. Pergolato metallico Regio I- Insula 16- Civico 1: (b) dettaglio del collegamento alla parte – stralcio da tavola di progetto, (d) dettaglio del collegamento alla parte (foto degli autori).

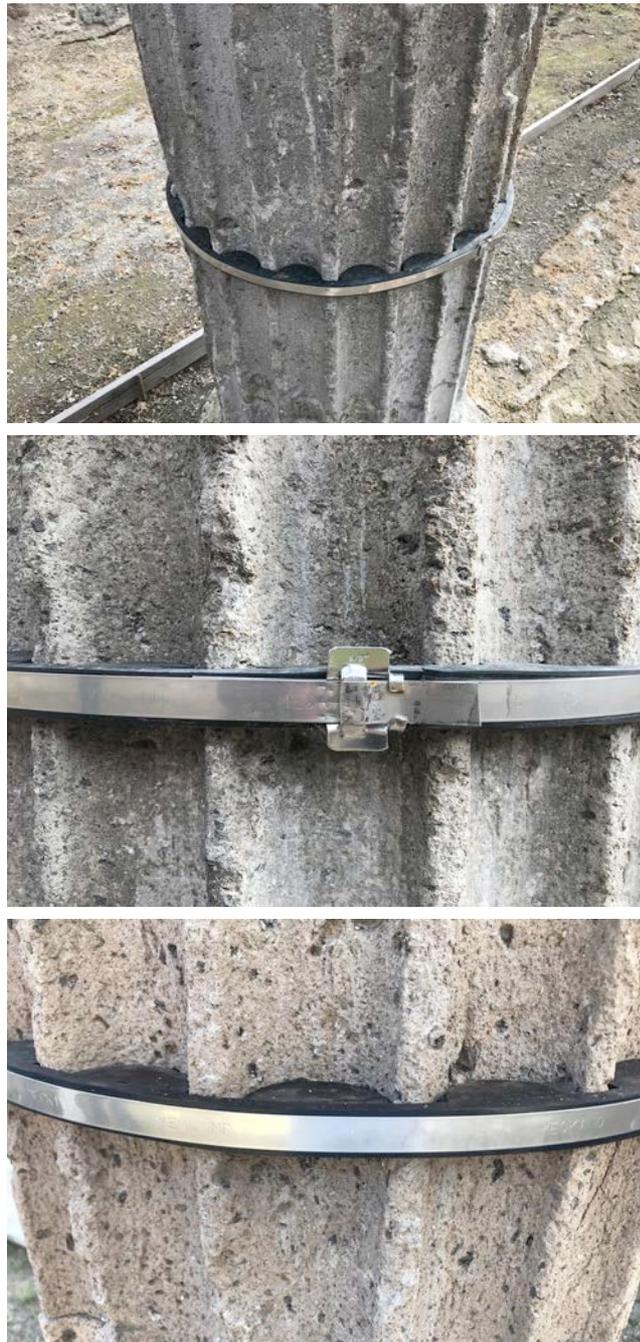


A differenza della soluzione con stralli, in cui i controventi lavorano esclusivamente a trazione, i tubolari possono resistere anche a sforzi di compressione, comportandosi da puntoni e da tiranti, in funzione delle forze orizzontali agenti sulle colonne. Alcune colonne presentavano fessurazioni verticali tipiche di un eccessivo carico verticale o, più frequentemente, dovute alla presenza di barre in acciaio, inserite in anni recenti, che, ossidandosi, hanno sottoposto la colonna a sforzi radiali verso l'esterno. Si è ritenuto pertanto necessario eseguire un intervento di consolidamento strutturale che preveda la cerchiatura di tali elementi fessurati, oltre alla passivazione delle barre interne mediante iniezioni.

È stata introdotta una cerchiatura minima, compatibile con la materia storica e reversibile, costituita da regge metalliche in inox, di spessore 1,5 mm e larghezza pari a 16 mm.

Nel caso di colonne lisce sotto alla reggia è stato interposto uno strato continuo di neoprene, di larghezza 20 mm e di spessore 5 mm. Nel caso di colonne con scanalature sono stati impiegati ulteriori spessori in neoprene, sagomati a semicerchio ed interposti nelle gole tra pietra e reggia, al fine di evitare la concentrazione di sforzi sui listelli che separano le scanalature medesime e ridistribuire così le compressioni radiali in modo uniforme lungo la circonferenza (figura 22a,b,c).

L'effetto cerchiante delle regge, messe in tensione, contribuisce positivamente all'incremento di resistenza delle colonne e al tempo stesso ne garantisce una certa duttilità, particolarmente utile in zona sismica.



22. Cerchiatura delle colonne con regge metalliche e interposto strato di neoprene tra la reggia e la colonna: (a) cerchiatura, (b) dettaglio di chiusura della reggia (foto degli autori), (c).dettaglio dello strato di neoprene sagomato tra la reggia e la colonna (foto da Impresa Lucci s.r.l.).

La copertura della Casa degli Amanti Felici

Portata alla luce nel 1933, la Casa degli Amanti Felici prende il nome dal verso inciso in un quadretto con anatre sul fondo del peristilio che recita *Amantes, ut apes, vitam melitam exigunt* (Gli amanti, come le api, trascorrono una vita dolce come il miele). A tale affermazione seguiva l'esclamazione: "velle(m) (vorrei che fosse così!) [5] (figura 23). La casa, situata nel cuore della Regio I, fu chiusa al pubblico negli anni Ottanta quando, con il sisma, si rese necessario realizzare un ordito di puntelli a sostegno della copertura dell'atrio e del peristilio, occultando e stravolgendo la lettura degli spazi e delle decorazioni della *domus*.

La Casa degli Amanti Felici, dopo la casa del Menandro, rappresenta il complesso di maggior valore archeologico presente nell'insula I 10 [19, 20].

La particolarità più rilevante dell'abitazione consiste nella presenza del peristilio a doppio ordine di colonne che rappresenta un *unicum* a Pompei (figura 24).



23. Quadretto con anatra e graffito *Amantes, ut apes, vitam melitam exigunt* -1959 (foto di Stanley A. Jashemski, fonte: www.pompeiiinpictures.com).



24. Vista del peristilio a doppio ordine della casa degli amanti felici, dopo il restauro (gennaio 2020) (foto degli autori).

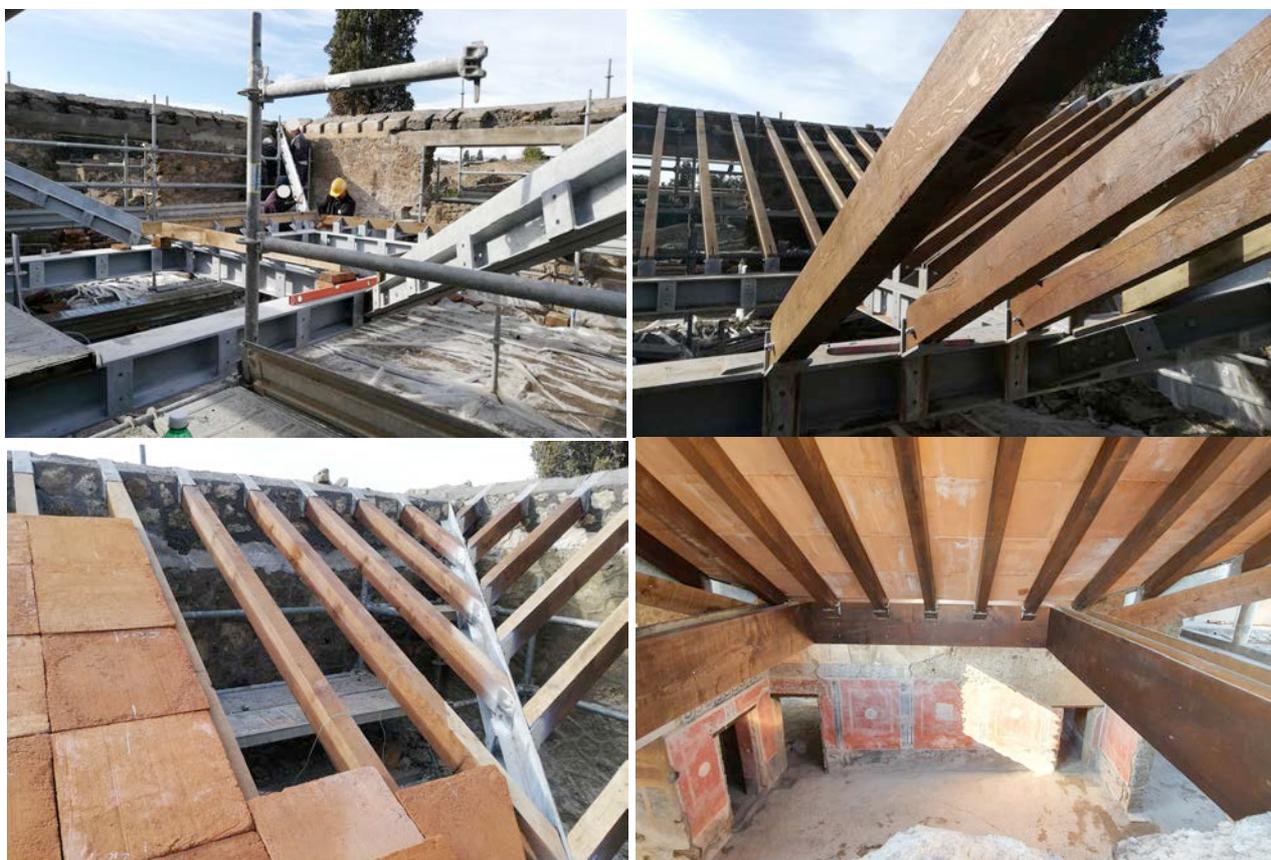
Contestualmente allo scavo della casa venne ricostruito il secondo ordine del portico, prevedendo sui lati ovest e nord un secondo porticato e sui lati est e sud una serie di ambienti finestrati affacciati sul porticato stesso [19].

Il recupero della configurazione originaria di questo spazio permise di restituire la conoscenza del peristilio a doppio ordine, una soluzione architettonica unica nel suo genere a Pompei.

Nel recente intervento di consolidamento progettato dagli autori la copertura dell'atrio, precedentemente in travi lignee e sovrapposizioni in profili di acciaio, è stata completamente ricostruita.

La nuova copertura è costituita da 2 travi principali, in HEA220, e da 4 puntoni inclinati, costituiti da coppie di UPN 140, in acciaio zincato, per garantire la durabilità del materiale (figura 25b,c). A tale struttura in acciaio si accostano fodere in legno, che restituiscono, insieme ai nuovi travetti lignei dell'orditura secondaria, una lettura formale unitaria; tali fodere in legno celano il sistema di smaltimento delle acque meteoriche, il quale sostituisce i preesistenti ed inadeguati tubi in plastica a vista, utilizzando canaline ispezionabili, che convogliano l'acqua piovana all'esterno (figura 25d). Al di sopra dell'orditura secondaria sono state posizionate piastrelle in cotto di nuova fattura, ma di dimensioni analoghe a quelle originarie, visibili all'intradosso e protette (figura 25c,d) all'estradosso da un sottile strato continuo di malta impermeabilizzante. Al di sopra dello strato impermeabilizzante sono state riposizionate le tegole di recupero (figura 25e).

Si è trattato, in definitiva, di un intervento di sostituzione completa della copertura esistente fortemente ammalorata, così da restituire l'apertura al pubblico dei preziosi ambienti della *domus*, oltre a rappresentare un intervento pilota all'interno del più complesso Grande Progetto Pompei.





25. La nuova copertura della Casa degli Amanti Felici: (a) nuova struttura in acciaio, (b) posa dei travetti lignei, (c) piastrelle in cotto di nuova fattura, (d) sistema di scolo delle acque, occultato tra le foderie in legno che rivestono la struttura portante in acciaio, (e) strato di malta impermeabilizzante successivamente coperto da tegole, (f) vista interna a lavori ultimati (foto di arch. B. De Nigris).

CONCLUSIONI

Il Parco Archeologico di Pompei è stato frequentemente soggetto a dissesti strutturali, di natura statica e sismica, che hanno compromesso la stabilità degli elementi archeologici e architettonici, causando gravi ed irreversibili perdite di materia storica, e, non da ultimo, determinato un rischio sempre più allarmante per i suoi visitatori.

Tali avvenimenti hanno richiesto interventi di messa in sicurezza strutturale, i quali devono possedere caratteristiche di efficacia e di facile operatività, nonché di economicità e sensibilità estetica.

Gli usuali sistemi di messa in sicurezza, che prevedono l'impiego di puntelli o di ponteggi in tubo-giunto, sebbene offrano una grande versatilità e un'ottima resistenza, tuttavia possono risultare ingombranti e non sempre consentono il libero accesso all'edificio o ai percorsi pedonali.

In alternativa, l'impiego di cavi, barre o snelli tubolari in acciaio può garantire un adeguato livello di sicurezza ed una riduzione degli ingombri, compresa una sufficiente gradevolezza formale, pur trattandosi di un intervento a carattere temporaneo.

L'impiego di cavi e profili in acciaio, così come realizzati nelle Regioni I, II e III di Pompei e qui illustrati, costituisce un valido sistema temporaneo di consolidamento, che potrà essere esteso ad altre aree archeologiche.

BIBLIOGRAFIA | REFERENCES

- [1] Maiuri A., "Pompei", Istituto Poligrafico e zecca dello Stato, Roma, 1954.
- [2] Fiorelli G., "Pompeianarum Antiquitatem Historia, volumen Secundum". Prid. Non. Martias, Napoli, 1862.
- [3] Osanna, M., "Pompei: la prossimità del passato", Pompei@ Madre, Materia Archeologica, 2017, p. 91-101.
- [4] Ranieri Panetta M., "Pompei. Storia, vita e arte della città sepolta", s.l., White Star, 2012, p. 35-36.
- [5] La Rocca E., De Vos M. e A., "Guida archeologica di Pompei", Milano, Arnoldo Mondadori Editore, 1976.

- [6] Niccolini, F., Niccolini, F., Cassanelli, R., "Le case ei monumenti di Pompei nell'opera di Fausto e Felice Niccolini", Istituto Geografico DeAgostini, 1997.
- [7] Barbanera M., Terrenato N., "L'archeologia degli italiani: storia, metodi e orientamenti dell'archeologia classica in Italia", Editori riuniti, 1998.
- [8] Pagano M., "I diari di scavo di Pompei Ercolano e Stabiae di Francesco e Pietro La Vega (1764 - 1810)", Roma, L'erma di Bretschneider, 1997.
- [9] Maiuri A., "Mestiere d'archeologo". Antologia di scritti di Amedeo Maiuri, a cura di C. Belli, Garzanti/Scheiwiller, Milano 1978.
- [10] Maiuri, A. , "L'ultima fase edilizia di Pompei", Roma, Istituto di studi romani, 1942.
- [11] Osanna M., "Amedeo Maiuri a Pompei tra scavi, restauri e musealizzazione", in Ercolano:1927-1961, a cura di D. Camardo, M. Notomista , "Studi e ricerche del Parco Archeologico di Pompei", Roma, 2017, p. 159-178
- [12] Maiuri A., "Restauri a Pompei", Firenze, Casa editrice Felice Le Monnier.
- [13] Casiello S., "I ruderi e la guerra: memoria, ricostruzione, restauri", Nardini, 2011.
- [14] Y. García, L. G., "Danni di guerra a Pompei: una dolorosa vicenda quasi dimenticata: con numerose notizie sul Museo pompeiano distrutto nel 1943", (Vol. 15), L'Erma di Bretschneider. 2006.
- [15] De Nigris B., Previti M, "L'affidabilità strutturale degli interventi di messa in sicurezza del patrimonio archeologico",. Atti del convegno IFCRASC '17, Milano, 14-16 settembre 2017, Dario Flaccovio Editore, 2017, p.493-502.
- [16] Cinquantaquattro T. E., Fichera M. G, Malnati L., Mancinelli M. L., "Per la conservazione programmata di Pompei: il piano della conoscenza nel quadro del grande progetto", in Conservazione e valorizzazione dei siti archeologici. Approcci scientifici e problemi di metodo, Atti del Convegno di Studi Bressanone, 9-12 luglio 2013, Padova, Edizione Arcadia Ricerche, 2013, p. 353-363.
- [17] Alagna A., "La questione della manutenzione dei siti archeologici", in Sposito A., "Sylloge archeologica. Cultura e processi della conservazione", Palermo,1999, p. 201-204.
- [18] Osanna M., Picone R. (ed.). "Restaurando Pompei: riflessioni a margine del grande progetto", L'Erma di Bretschneider, 2018.
- [19] Esposito D., "Relazione archeologica serie RS01", progetto esecutivo "messa in sicurezza delle Regiones I,II,III", Soprintendenza Speciale di Pompei – MIBACT, 2017, p.182-322.
- [20] Caspani V., Lazzari N., "POMPEI MMXVIII. Consolidamento strutturale della "casa degli amanti" e recupero architettonico delle strutture provvisorie di porta Stabia", Laurea magistrale in Ingegneria edile architettura, Politecnico di Milano, Prof. Lorenzo Jurina, Ing. Antonetta Nunziata, Ing. Alessandro Armanasco, 2018.

