

LA NUOVA FERROVIA E IL VECCHIO ACQUEDOTTO

Le esigenze di conservazione dell'acquedotto Felice hanno imposto l'adozione di una complessa soluzione progettuale per il sottoattraversamento dell'acquedotto da parte della nuova Roma Casilina-Ciampino

di **MARCELLO SERRA**

Servizio Gestione Lavori 2/Divisione Costruzioni

Il quadruplicamento del tratto Roma Casilina — Ciampino è stato inserito nel programma d'interventi straordinari delle Ferrovie al fine di soddisfare le esigenze del traffico pendolare che, fin dagli anni '70, ha assunto notevole rilievo per effetto dello sviluppo urbanistico della fascia periferica sud del Comune di Roma e del limitrofo territorio del Comune di Ciampino.

La proposta di opera relativa al progetto di quadruplicamento è stata approvata nell'agosto 1978 ma i lavori subirono fin dall'inizio molti rallentamenti al loro normale svolgimento a causa delle persistenti difficoltà con gli Enti locali sia per il perfezionamento di alcuni progetti di opere di attraversamento che per la mancanza di disponibilità delle aree occorrenti per la realizzazione di alcuni tratti della nuova sede.

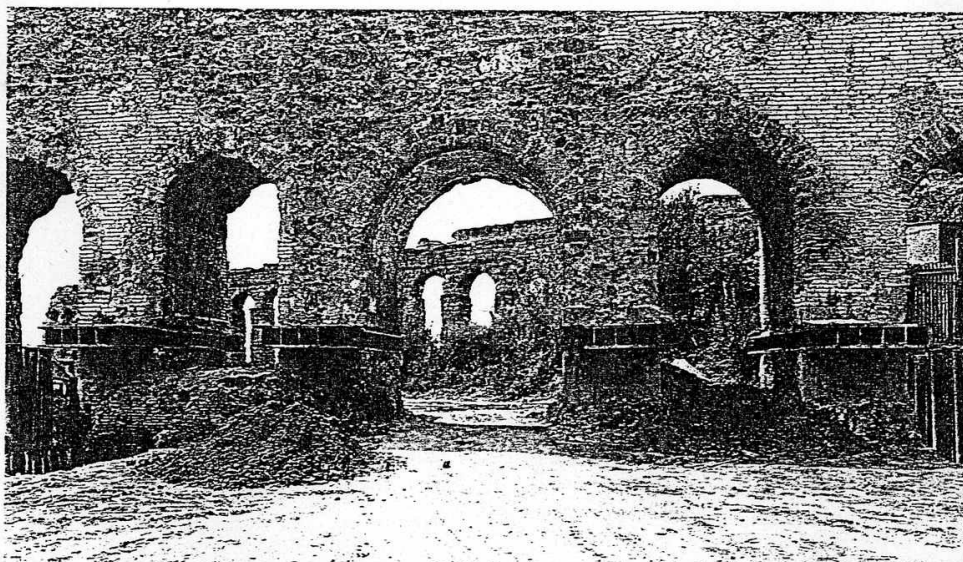
Va inoltre evidenziato che la fascia di territorio attraversata dalla linea Roma-Napoli Via Cassino e quindi dal quadruplicamento che viene ad affiancarsi a quest'ultima linea nel tratto Roma Casilina-Ciampino, è densa di preesistenze di carattere archeologico anche di notevole interesse. A causa di tali ritrovamenti si è resa necessaria una continua e minuziosa attività di

aggiornamento e di affinamento progettuale che l'Ente F.S. ha redatto in stretto contatto con gli Enti interessati ed in particolare con la Soprintendenza Archeologica. Tutto ciò ha comportato una sostanziale modifica del programma originario dei lavori che, per le motivazioni suesposte, si sono sviluppati anziché in un unico intervento esteso a tutta la tratta interessata, a tratti parziali e discontinui ed in particolare in corrispondenza di quelle opere che man mano venivano «affrancate» dai vincoli di ordine tecnico ed ambientale.

Nel contratto di programma 91-92, sottoscritto da Governo ed F.S., il quadruplicamento del tratto Roma Casilina-Ciampino è stato inserito fra i lavori di potenziamento di linee di primario interesse per l'Ente in quanto le problematiche che, oltre un decennio fa, ne avevano suggerito la realizzazione, ora sono ulteriormente aumentate proprio per il consistente ulteriore sviluppo che la zona limitrofa al territorio metropolitano di Roma ha subito in questo recente periodo e che continuerà a subire nel prossimo futuro.

Fra le opere fino ad oggi realizzate nell'ambito dei lavori di quadruplicamento del tratto

L'acquedotto Felice lato Roma con le traversine in acciaio già inserite nelle quattro pile "tagliate". Sullo sfondo l'acquedotto Claudio.



Casilina-Ciampino, ne è stata eseguita una di particolare interesse dal punto di vista dell'«Ingegneria Archeologica»; tale è quella che consente l'attraversamento a quota inferiore dell'Acquedotto Felice (1) mantenendo il manufatto inalterato sia dal punto di vista strutturale che estetico. Se si considera che il sottopasso dell'Acquedotto da parte della nuova coppia di binari della linea ferroviaria Roma-Napoli è stato realizzato mediante il taglio alla base di ben quattro della serie di pile in muratura che «sono state appoggiate» su di una struttura in acciaio con luce netta di circa 17 metri, si può ben immaginare la complessità dell'operazione che è stata eseguita per il trasferimento dei carichi di una struttura in muratura (vetusta ed eterogenea come quella dell'Acquedotto Felice) dalle fondazioni originarie ad un supporto strutturale in acciaio di notevole luce come quella del sottoattraversamento realizzato.

Il consolidamento delle murature

Con tale intervento si è cercato di ottenere un generale consolidamento del manufatto storico esteso ai 4 pilastri dei quali era previsto il taglio e ai due pilastri adiacenti a questi.

Si rendeva necessario cioè ripristinare la continuità statica delle murature migliorando le caratteristiche meccaniche della massa muraria attraverso l'aumento del grado di monoliticità del sistema. Ciò attraverso l'esecuzione di iniezioni di malta e resina in una serie di perforazioni condotte in profondità e dislocate in modo tale da assicurare una adeguata diffusione della miscela nella massa muraria.

Per determinare l'ottimale distribuzione e la densità delle perforazioni sono stati eseguiti alcuni sondaggi per accertare la consistenza interna della muratura a mezzo di carotaggi sui cui campioni sono state effettuate le prove fisiche e meccaniche per determinare la percentuale indicativa dei vuoti macroscopici, la massa volumica, la porosità e la resistenza a compressione. Sulla base dei risultati sperimentali raccolti è stato sviluppato il progetto (per il consolidamento delle murature) i cui criteri di massima possono essere così sintetizzati:

— una prima fase propedeutica di intasamento dei vuoti macroscopici mediante iniezioni cementizie a 3 componenti (acqua, cemento pozzolanico e pozzolana ventilata) a bassa pressione;

— una successiva fase consistente nella esecuzione di chiodature con tiranti passivi, sigillate con malta di resina epossidica e saturate con

(1) L'Acquedotto Felice è un'opera idraulica in esercizio la cui gestione è di competenza dell'ACEA (Azienda Comunale Elettricità ed Acqua) del Comune di Roma. La sua realizzazione risale alla fine del XVI secolo quando a Roma la carenza di acqua potabile costituiva un grande problema per la cittadinanza (vedi riquadro a fianco).

Sotto il pontificato di Gregorio XIII (Boncompagni) e cioè dal 1572 al 1585, gli abitanti del Trastevere e molti altri di altri rioni, erano ancora costretti a bere l'acqua del Tevere, che i Benedettini di san Calisto e i Carmelitani Scalzi di santa Maria della Scala, dimoranti nella stessa regione — per non dire di altri — depuravano entro apposite cisterne. In epoche di poco anteriori giravano per Roma i venditori di acqua, e questo commercio — stranissimo, anzi tristissimo in una città come Roma, che aveva posseduto tanta dovizia di acque — durava ancora, per mancanza di fonti, sotto il pontificato di Sisto V.

In queste condizioni nel 1581 si propose a Gregorio XIII di restituire ai colli di Roma, in gran parte disabitati e trasformati in vigneti, le acque che anticamente vi fluivano. Il progetto consisteva nel riallacciamento delle acque che scorrevano in rivoli copiosi nelle alture di Pantano dei Griffi, presso Colonna, e che si sarebbero dovute unire a quelle con le quali l'imperatore Alessandro Severo aveva alimentate le sue terme, per creare un grande deposito presso le terme Diocleziane.

Durante le trattative per l'esecuzione di questo piano, cui dovevano ed intendevano cooperare i Conservatori di Roma, che volevano acquistare una porzione della riallacciata acqua per condurla sul Campidoglio, il Pontefice Gregorio XIII venne a morire, nel 1585. Gli succedette Sisto V, uomo dalle larghe vedute e dalle pronte risoluzioni, capace di comprendere e di affrontare le più audaci imprese. Egli esaminò il progetto già sottoposto al suo predecessore, lo approvò con qualche lieve modifica, lo firmò il 5 maggio 1585, dieci giorni dopo la sua elevazione, e si accinse a farlo eseguire, anche perchè voleva servirsi delle ricuperate acque per le sei fonti della villa che si era fatta costruire presso le Terme Diocleziane, villa passata poi ai principi Massimo, e attualmente sede dell'istituto omonimo.

Il 4 giugno del 1587 Sisto V si recò a visitare le sorgenti riallacciate, e il 15 dello stesso mese l'acqua sgorgava sulla piazza delle Terme. L'opera, dopo un infelice tentativo di Matteo del Castello, che aveva speso inutilmente mezzo milione, era stata affidata a Giovanni Fontana: i lavori vennero rapidamente eseguiti da un esercito di circa tremila operai, manovali e terrazzieri, che provvidero alle escavazioni, ai movimenti di terra, alle livellazioni ed alla costruzione degli acquedotti.

Fu un vero tripudio per i romani, che riacquistarono così il godimento di una ragguardevole massa d'acqua; per rendere più memorabile e solenne l'avvenimento fu coniata una medaglia con l'effigie del Papa e l'epigrafe «UN-

STORICI SULL'ACQUEDOTTO FELICE

DA SEMPER FELIX», medaglia che dal Pontefice venne distribuita a coloro che avevano partecipato all'opera, a notabilità cittadine, ai familiari del Vaticano. All'antica acqua Alessandrina Sisto V impose il suo nome di battesimo, Felice. Ma poichè nella costruzione dei condotti si era trascurato di provvedere ai «purgatori», le piscine limarie degli antichi, l'acqua Felice difettò sempre di purezza; e questo difetto non fece che accentuarsi quando Leone XIII immise nell'acquedotto le due rifoite dei Molini di Pantano, una delle quali apparteneva al principe Borghese. Già nel 1621 Gregorio XIII (Ludovisi) aveva fatto allacciare all'acqua Felice due vene che sgorgavano nella proprietà della sua famiglia — passata più tardi ai Pallavicini — e precisamente quella della Fontanella e di Fontana Galla, che erano state riconosciute buone e potabili e che sommarono a 40 oncie. In seguito raccolse ed aggiunse altre 300 oncie Urbano VIII, provenienti da un bottaccio esistente dietro la rifoita verso la Mola di Pantano.

Le maggiori cure furono rivolte, fino all'inizio della attività dell'acquedotto, alla difesa di quest'acqua e dell'opera che la conduceva a Roma. Fino dal 20 febbraio 1589, infatti, il Cardinal Camerlengo Enrico Caetani ordinava con un suo decreto la conservazione e la tutela dei beni e delle fabbriche dell'acquedotto Felice. E una bolla di Sisto V, del 19 Febbraio 1590, affidava la manutenzione dell'acqua Felice ad una commissione di due cardinali, coadiuvati da due cittadini romani: i due cittadini, nominati ogni anno dal Comune di Roma, erano incaricati di visitare trimestralmente gli acquedotti e le fontane.

Un editto dei Conservatori di Roma G.B. Motini, Orazio del Bufalo e Giov. Pietro Caffarelli, in data 10 luglio 1603, intimava a coloro che godevano l'acqua Felice derivata dal condotto del Comune o da altri condotti detti di ritorno, ovvero da quelli di privati, di esibire i documenti relativi al possesso delle acque suddette entro il termine di giorni cinque. Segno evidente che gli abusi erano arrivati a tal punto da reclamare una revisione generale delle concessioni legittime e delle utenze arbitrarie. Il 19 agosto dello stesso anno 1603, i medesimi Conservatori bandivano l'asta dei lavori occorrenti per condurre l'acqua Felice nel rione di Trastevere. A titolo di curiosità storica soggiungo che con lo stesso bando si dava inizio all'espurgo della Cloaca Massima, e alla costruzione del palazzo a sinistra del Campidoglio, dalla parte della chiesa dell'Aracoeli, a norma del chirografo di Clemente VIII.

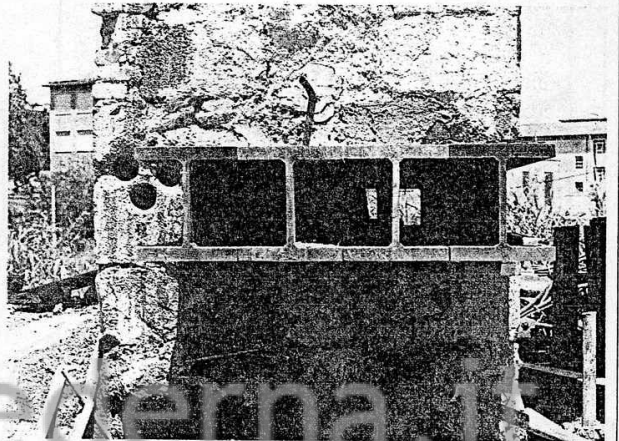
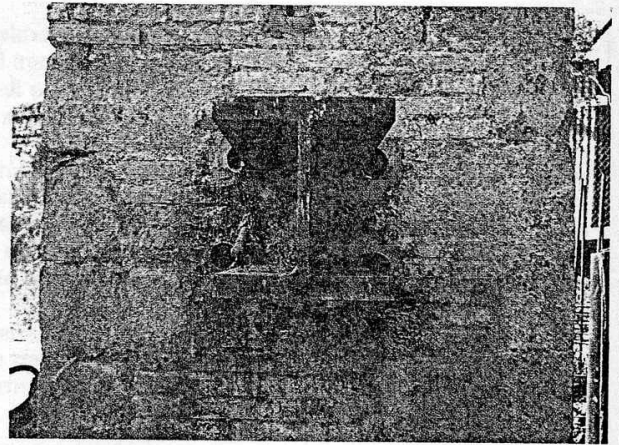
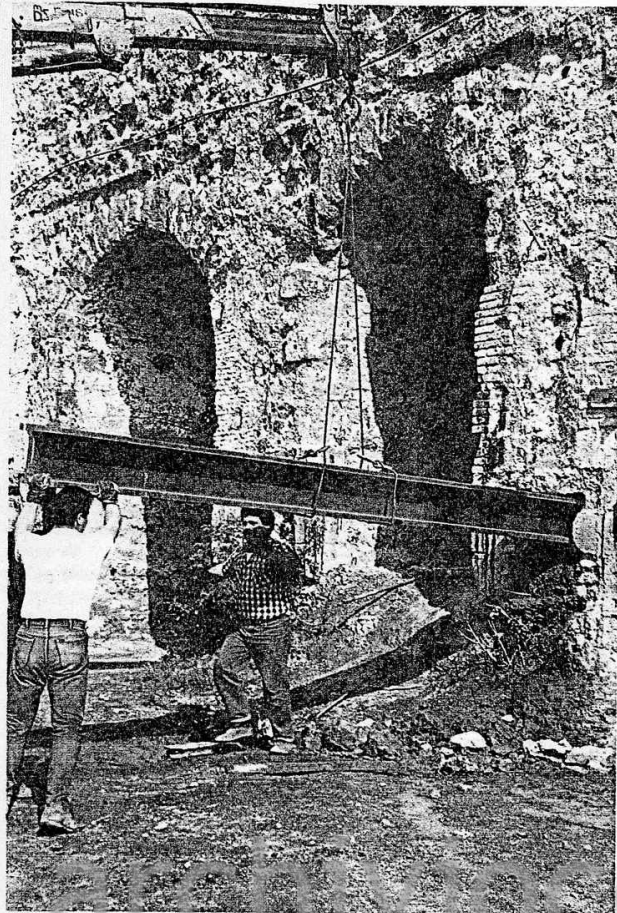
La identificazione precisa delle acque che alimentarono e che tuttora alimentano l'Acque-

Questa ricostruzione storica è tratta dalla pubblicazione "Acque, acquedotti e fontane di Roma", edita dall'allora Governatorato di Roma, sotto il titolo "Acqua Felice" a firma di Federico Marvigli.

dotta Felice è stata lungamente discussa. Il Pontefice Sisto V, che aveva avuto in dono — attraverso la sorella donna Camilla — una vigna di circa quaranta «pezze» dal protonotaro e referendario Monsignor Anselmo Dandini di Cesena, vigna confinante con la sua villa dell'Esquilino, e nella quale erano i ruderi dell'antico acquedotto della Marcia, si servì dei materiali e degli archi ancora adattabili per la costruzione del suo acquedotto. Questo fatto lo indusse nella erronea convinzione di aver ricondotto a Roma l'acqua Marcia e la Appia. Il Fea, nella sua «Storia delle acque antiche» esclude che nell'acquedotto Felice possa essere incorporata la Appia: qualcuno sostiene doversi trattare della Claudia ed altri, con il Nibby, affermano trattarsi della Alessandrina. Il prof. Cavaliere di san Bertolo, nel suo «Discorso» sulle acque si assume di dimostrare che l'acqua Felice non è che l'antica acqua Alessandrina, aumentata da altre acque di nuovo acquisto. Nella pianta di Roma del Bufalini, infine, l'acqua che scorre nell'acquedotto Felice è chiamata Augusta.

Nel 1838, a causa di alcuni difetti di costruzione, ad un miglio circa fuori la porta Maggiore rovinò il tratto dell'acquedotto Felice che passava attraverso la vigna dei religiosi Serviti. Immediatamente Gregorio XVI dispose che si riparasse il grave danno, affidando la direzione dei lavori all'ingegnere capo cav. Luigi Brandolini. Vennero ricostruiti quindici archi, sui quali venne apposta una lapide di marmo che ricorda l'epoca e l'entità del restauro.

Dell'acqua Felice, come di tutte le altre, si faceva a Roma il più deplorabile abuso, manomettendo e deteriorando condotti e tubature, aprendo arbitrarie fistole, causando inquinamenti, dispersioni e infiltrazioni. Il chirografo «l'Evidente diminuzione» in data 6 agosto 1834, diretto da Gregorio XVI al Prefetto della Congregazione delle acque, ordina appunto la regolarizzazione del metodo di distribuzione di quest'acqua e la repressione degli abusi. Pure da Gregorio XVI venne fatto costruire — come ricorda la iscrizione marmorea — il castello eretto vicino alla fontana di Termini. L'acquedotto Felice è lungo 22 miglia, equivalenti a metri 32.592,60 dei quali 22.222,20 corrono sotterra, e 10.370,40 allo scoperto, con archi tramezzati agli antichi, e specialmente a quelli dell'acqua Claudia. Tutto il lavoro venne eseguito in meno di due anni, poichè Sisto V salì al trono nel 1585, e la sua acqua sgorgò — come detto più sopra — dalla mostra delle Terme il 15 giugno 1587. La spesa occorsa fu di 300.000 scudi d'oro, somma ingentissima in rapporto con il valore della moneta in quel tempo.



resina pura;

— realizzazione di un sistema di perforazioni avanzate passanti (in senso trasversale), per consolidare l'intradosso degli archi e i pilastri da tagliare nelle zone di contatto fra questi e le travi metalliche da porre in opera per realizzare il supporto di appoggio definitivo del manufatto. Era infatti lungo queste linee che si potevano temere le massime concentrazioni di tensioni dovute ai fattori geometrici e ai diversi moduli di elasticità fra archi lapidei o in muratura di mattoni e il materiale di riempimento in «conglomerato romano».

La struttura di supporto

Si tratta di una struttura mista in acciaio-calcestruzzo atta a sostenere il peso dell'Acquedotto in corrispondenza delle pile tagliate. Si compone di 2 travi principali a sezione mista in semplice appoggio sulle spalle di nuova costruzione, di 8 traversi metallici di irrigidimento e di 20 traversine (5 per ogni pila) destinate a trasferire il carico del manufatto archeologico alle travi principali.

Nelle verifiche di resistenza sono state ipotizzate diverse condizioni di carico compreso l'effetto del vento e quello di un sisma sussultorio; è chiaro che la struttura in fase progettuale

Sopra a sinistra, l'inserimento di una traversina in una pila dell'Acquedotto. A destra, traversine già inserite; nella foto sotto si notano tre delle perforazioni necessarie all'inserimento della quinta traversina.

deveva essere dimensionata in modo tale da dare luogo a tensioni di intensità limitata e a deformazioni contenute.

La tecnica utilizzata nel varo delle travi in acciaio si è basata su un sistema di martinetti meccanici che, attraverso una serie di viti (4 viti, $\varnothing 30$ per ogni traversina in acciaio) ha trasferito il carico delle traversine (infilate nel vano di taglio delle pile) alle travi sottostanti. L'operazione, semplice dal punto di vista concettuale, è stata nella pratica assai complessa e delicata; nel corso del suo svolgimento per controllare la regolarità dell'operazione, è stato studiato ed attivato uno speciale sistema strumentale.

Il problema infatti era quello di controllare minuziosamente l'operazione in modo tale da garantire, senza inconvenienti, il trasferimento del carico (che era noto) sulle travi principali facendo loro assumere, in ogni sezione e per intero, la propria deformazione elastica istantanea. In tale modo si sarebbe ottenuta, come è stato, la garanzia che, all'atto della demolizione delle porzioni delle pile sottostanti, il piano del taglio (al momento dello svuotamento del sottopasso) non si sarebbero verificati ulteriori cedimenti elastici istantanei almeno in misura significativa. Gli unici cedimenti sarebbero stati

infatti soltanto quelli elastici viscosi dovuti al fluage del calcestruzzo.

Tale tecnica particolare ha garantito il regolare allineamento delle pile dell'Acquedotto Felice per effetto del peso proprio senza l'insorgenza, nel manufatto, di variazioni di tensioni interne. Per le ulteriori azioni esterne, quali vento e sisma, e per i fenomeni viscosi sopra citati, il manufatto, una volta svuotato il sottopasso, anzichè essere impostato sul sistema «rigido» plinti-terreno, sarebbe stato poi supportato da un appoggio «elastico» (sistema di travi). E a tale riguardo sono state opportunamente valutate le tensioni che avrebbero potuto svilupparsi nelle murature del manufatto; tensioni che sono state ulteriormente verificate dopo che era stato possibile, attraverso prove con martinetti piatti, determinare con maggiore precisione il peso proprio del manufatto.

Criteri per il controllo del trasferimento del carico

Come già detto per procedere senza inconvenienti alla delicata operazione di trasferimento del carico (peso proprio e dell'acqua nello specchio) dell'acquedotto, dai plinti originari alla nuova struttura del sottopasso ferroviario, è stata effettuata una serie di indagini e di prove sulle strutture murarie del manufatto.

Data la delicatezza dell'intervento si è ritenuto opportuno di avvalersi della collaborazione di uno degli Istituti di ricerca e di progettazione più importanti, a livello sia nazionale che internazionale, e cioè dell'ISMES S.p.A. di Ber-

gamo che, attraverso la propria Divisione Geomeccanica ha condotto e completato l'indagine in questione.

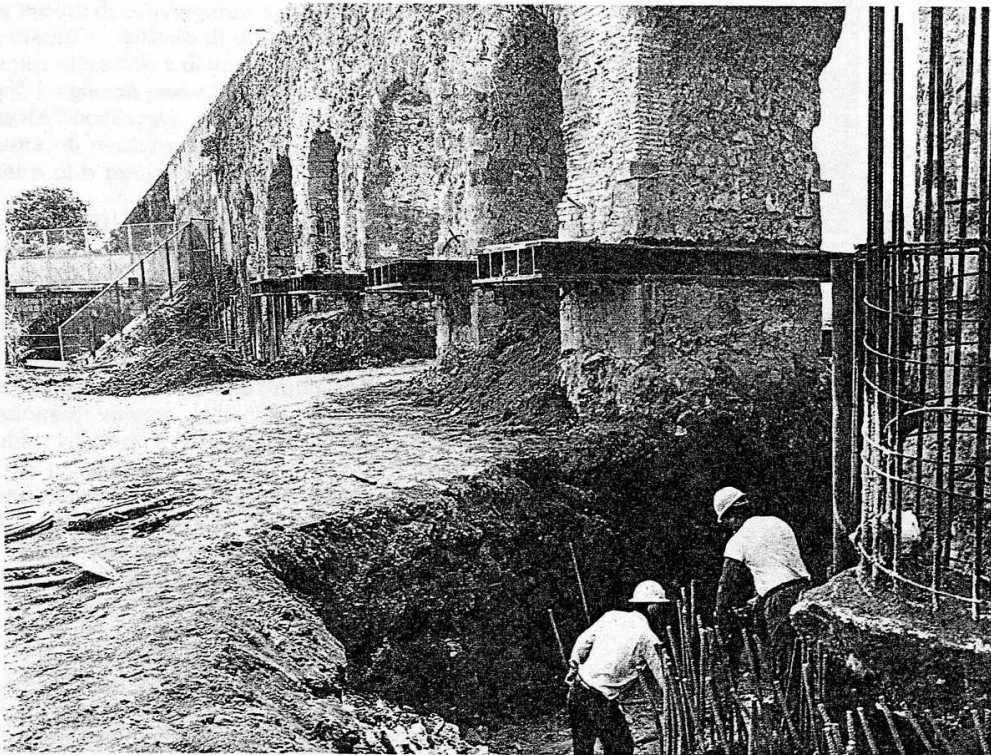
La campagna di prove era finalizzata alla determinazione dello stato tensionale presente nella muratura prima dell'intervento, alla verifica dell'effettivo trasferimento del carico delle vecchie fondazioni alla nuova struttura di sostegno ed al rilievo della deformazione della struttura stessa durante e dopo il trasferimento del carico.

In primo luogo si è proceduto alla determinazione dello stato di sollecitazione presente nella muratura utilizzando una tecnica di prova di tipo non distruttivo che si basa sull'impiego di speciali martinetti piatti di dimensioni adeguate alla forma e alla tessitura muraria degli elementi.

Si è quindi provveduto alla installazione, secondo uno schema appositamente studiato, di celle di carico per verificare l'entità del carico trasmesso. È stata installata infine una serie di comparatori meccanici per il rilievo delle deformazioni indotte dal carico trasmesso alla nuova struttura di sostegno.

Il martinetto piatto

La tecnica di prova con martinetto piatto per la determinazione dello stato di sollecitazione si basa sulla variazione dello stato tensionale in un punto della struttura muraria provocata da un taglio piano di limitate dimensioni eseguito in direzione normale alla muratura in corrispondenza di un corso di malta.



Fase di realizzazione di una spalla del sottopasso. Sullo sfondo a sinistra, l'imbocco lato Roma della galleria artificiale sotto l'Acquedotto della coppia di binari esistente della Roma-Cassino.

Nei disegni le varie fasi della tecnica di prova con martinetto piatto (MP) per la determinazione dello stato di sollecitazione. Dopo la misurazione delle distanze fra punti della muratura (1), si realizza il taglio mediante perforazioni guidate (2). Si inserisce quindi il MP nel taglio effettuato nella muratura (3). Si torna a misurare la distanza fra i punti (4) dopo il cedimento avvenuto in conseguenza del taglio e, per mezzo della pressione esercitata dal martinetto viene ripristinata la distanza originaria e attraverso la lettura del manometro si risale allo stato tensionale all'interno della muratura.

Il rilascio tensionale provoca una parziale chiusura del taglio che viene rilevata per il tramite di misure di convergenza fra coppie di punti posti in posizione simmetrica rispetto al taglio stesso.

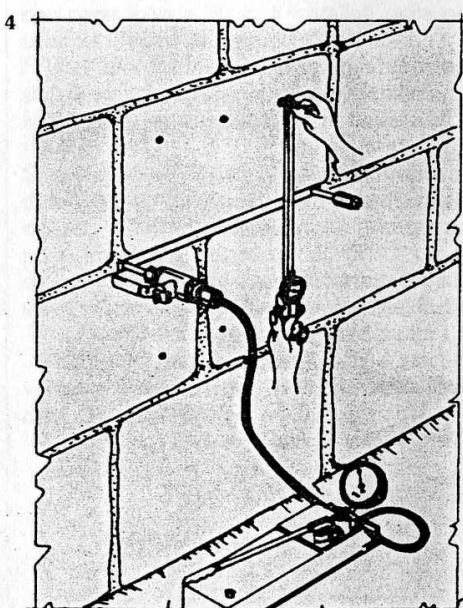
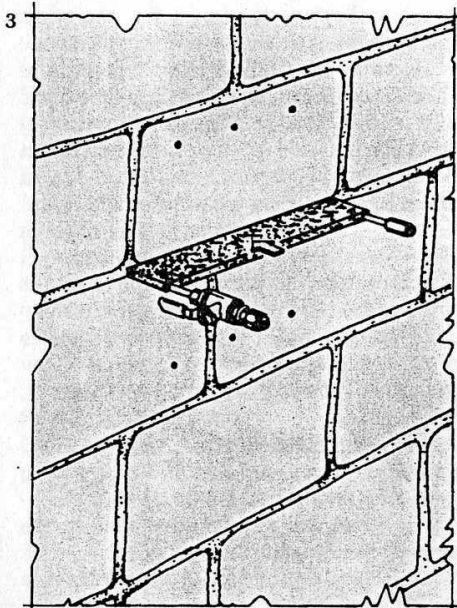
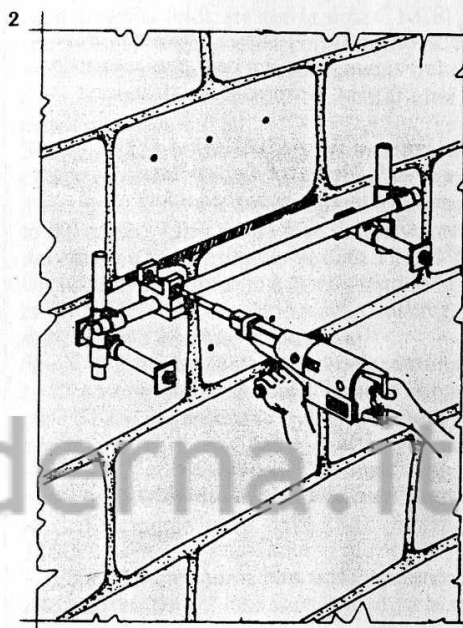
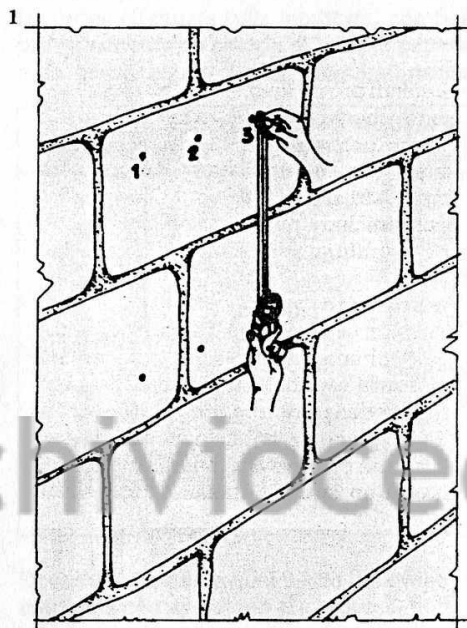
Viene quindi inserito all'interno del vano di taglio uno speciale martinetto piatto, realizzato mediante sottili lamiere di acciaio saldate, la cui pressione interna viene gradualmente aumentata fino ad annullare la deformazione misurata durante l'esecuzione del taglio.

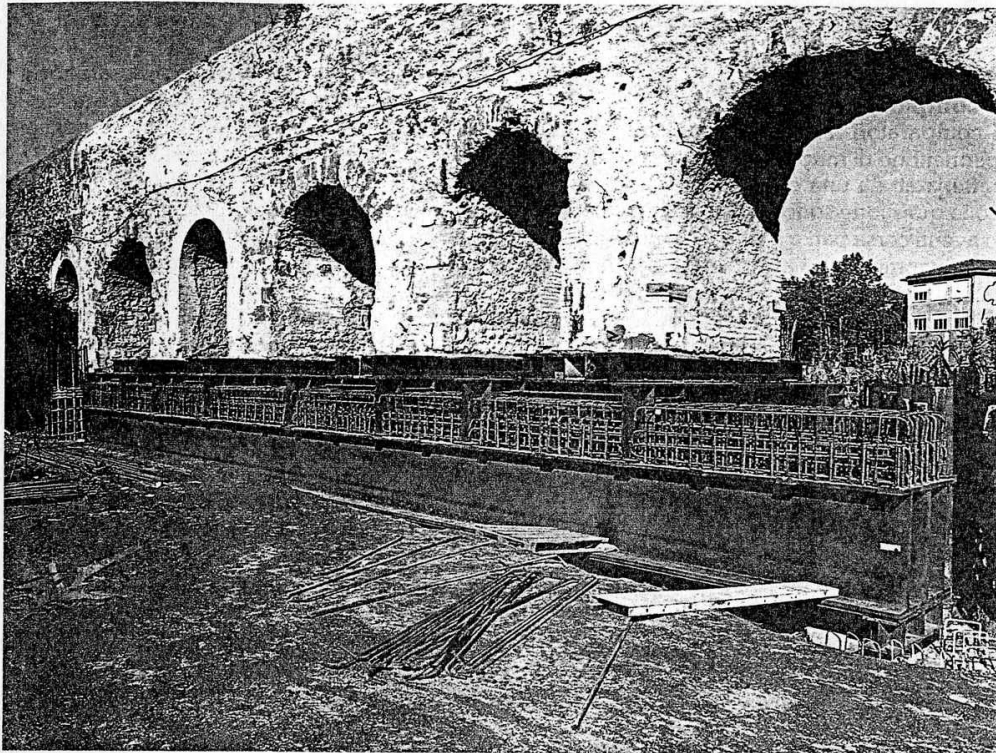
In queste condizioni la pressione all'interno del martinetto è uguale alla sollecitazione preesistente nella muratura in direzione normale al

piano del martinetto, a meno delle costanti sperimentali che tengono conto del rapporto tra l'area del martinetto e l'area del taglio, e della rigidità intrinseca di ciascun martinetto.

Nel «riaprire» il taglio effettuato nella muratura vengono eseguite le misure di spostamento rilevate in corrispondenza della base di misura in posizione centrale mentre i dati acquisiti dalle altre basi permettono di controllare il comportamento della muratura durante le fasi di ripristino del carico.

Al termine della prova il martinetto viene facilmente recuperato e la muratura può essere riportata alle condizioni originarie riempiendo e





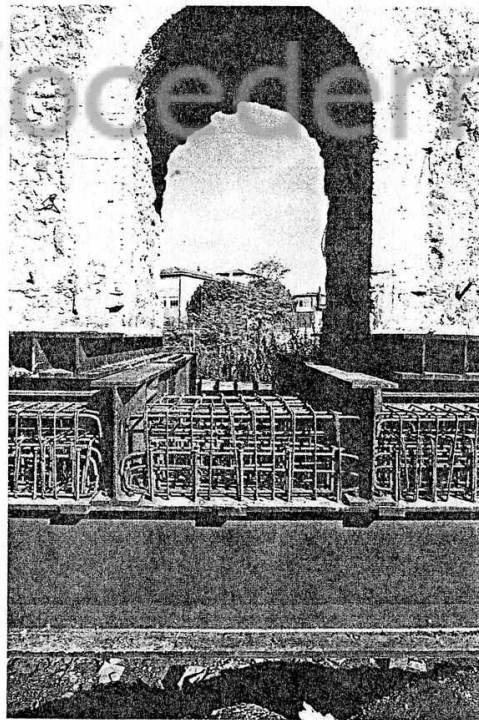
La struttura metallica di supporto dell'Acquedotto in corrispondenza del sottopasso. Sotto, particolare della struttura: dal basso verso l'alto, la trave principale, le traverse di irrigidimento e le traversine.

sigillando il taglio con malta. Per introdurre il martinetto è stata realizzata una fessura eseguendo una serie di fori paralleli (del diametro pari a 12 mm) mediante un trapano munito di sistema di guida per la punta.

Le misure di convergenza sono state effettuate mediante l'utilizzo di un estensimetro meccanico rimovibile e di una serie di basi di misura di lunghezza pari a 200 mm, realizzate mediante l'incollaggio, sulla superficie della muratura, di piastrine in acciaio «invar» del diametro di 5 mm.

Le celle di carico

Per misurare l'intensità del carico agente in direzione assiale sono state introdotte nella muratura alcune celle di carico. Queste sono composte da un martinetto piatto con un elemento cilindrico, contenente un piccolo pistoncino. Le variazioni di carico che provocano una variazione di volume della cella, attraverso il liquido, vengono evidenziate dallo spostamento del pistoncino. Le variazioni di carico vengono rilevate mediante un trasduttore elettrico di tipo potenziometrico alimentato da una centralina tascabile che permette di leggere direttamente in mm, su schermo a cristalli liquidi, i valori dello spostamento del pistoncino. Sopra la cella è disposta una piastra di ripartizione del carico dalla vite di contrasto alla cella stessa, avente uno spessore di 28 mm. Le celle utilizzate hanno un fondo scala di 250 KN ed una sensibilità pari allo 0,1% del fondo scala; queste sono caratterizzate ciascuna da



una propria curva di taratura fornita dal costruttore.

I comparatori meccanici

I comparatori meccanici sono strumenti che permettono di misurare spostamenti e sono caratterizzati da una elevata precisione. Nel caso in questione sono stati utilizzati comparatori aventi corsa pari a 5 mm e risoluzione 0.002 mm e comparatori aventi corsa pari a 30 mm e risoluzione 0.01 mm. Complessivamente sono state eseguite 12 prove per la determinazione dello stato di sollecitazione con martinetto piatto a sezione rettangolare di dimensioni pari a 200 x 400 x 8 mm.

Le prove effettuate sulla muratura, composta principalmente da blocchi di tufo, di peperino e da malta, hanno fornito i seguenti risultati:

N° PROVA	SOLLECITAZIONE MISURATA (MPa)
1	0.210
2	0.184
3	0.340
4	0.645
5	0.152
6	0.168
7	0.352
8	0.502
9	0.210
10	0.314
11	0.240
C	0.125

Durante la fase di trasferimento del carico, sui martinetti corrispondenti alle prove 7, 8, 9, 10 e C è stato lasciato un manometro di precisione (avente fondo scala pari a 25 bar, risoluzione pari a 0.1 bar) per controllare eventuali variazioni di sollecitazione nella struttura durante la fase di trasferimento del carico.

Sono stati così rilevati gli spostamenti subiti dalla muratura nelle diverse fasi di prova; spostamenti che sono stati poi correlati alla larghezza del taglio (cm); al tempo di assestamento (min); alla sollecitazione applicata dal martinetto nella fase di scarico (MPa).

È chiaro che se il materiale interno ai pilastri avesse avuto caratteristiche di deformabilità migliori o peggiori di quelle dello strato corticale esterno (nel quale sono state effettuate le prove), esso avrebbe potuto trasmettere un carico rispettivamente maggiore o minore rispetto allo strato esterno.

Dall'esame dei valori di carico misurati si sono potute trarre alcune importanti osservazioni: — le prove 9, 10 e 11 effettuate in corrispondenza della zona interna dei pilastri n. 2 e n. 3 alla stessa quota delle altre prove (con esclusione della prova C), hanno fornito valori di sollecitazione in media inferiori del 45% rispet-

to ai valori ottenuti dalle prove effettuate sui lati esterni dei pilastri;

— la media delle sollecitazioni misurate considerando esclusivamente le prove eseguite sui lati esterni dell'Acquedotto sono state, per i pilastri 1, 2, 3 e 4, rispettivamente pari a 0.197, 0.493, 0.427 e 0.160 MPa;

— considerando invece i risultati delle prove interne 9, 10 e 11, effettuate alla stessa quota, si è ottenuta una media, per lo stato di sollecitazione nei pilastri n. 2 e n. 3, pari rispettivamente a 0.408 e 0.345 MPa; la diminuzione media della sollecitazione è risultata quindi essere del 18.2% circa per i due pilastri.

Complessivamente sono state installate n. 8 celle di carico (indicate con le sigle C1-C8), disposte tra altrettante viti di contrasto \varnothing 30 mm (sulle 80 previste per il trasferimento del carico) e l'estradosso delle travi HEM 300 (due per ciascuna delle 4 pile).

Scopo dell'installazione era la taratura della chiave dinamometrica che sarebbe servita per il serraggio di tutte le viti durante il trasferimento del carico. Una prima fase di trasferimento del carico è stata eseguita in data 19.1.1990. Un successivo controllo è stato eseguito in data 28.3.1990, in occasione della sostituzione di n. 2 celle risultate difettose.

Sono stati inoltre installati complessivamente n. 23 comparatori meccanici (indicati con le sigle F1-F23) durante la fase di trasferimento del carico:

— F1 e F2, con corsa pari a 5 mm e risoluzione pari a 0.002 mm installati in corrispondenza dell'appoggio nord delle travi principali I 1150;

— F3 e F12 con corsa pari a 30 mm e risoluzione pari a 0.002 mm installati sotto le travi principali;

— F13, F14, F16, F17, F19, F20, F22 e F23, con corsa pari a 30 mm installati nella parte centrale delle travi HEM 300;

F15, F18 e F21, con corsa pari a 30 mm, installati su opportune strutture metalliche per misurare gli spostamenti tra le volte ed il terreno.

Scopo di questa installazione era la misura delle deformazioni della nuova struttura di sostegno e della struttura dell'Acquedotto durante e dopo le fasi di trasferimento del carico. Gli spostamenti misurati dai comparatori sono stati misurati al termine delle seguenti fasi così distinte:

— 50% del carico applicato alle sole pile 1 e 4;

— 50% del carico applicato alle 4 pile;

— raggiungimento del 100% del carico applicato alle sole pile 3 e 4;

— 100% del carico applicato alle 4 pile.