

la necessità di dotare l'edificio di un corpo scale che serva tutti i livelli e che costituisca un compartimento resistente al fuoco in accordo con la normativa antincendio, problematica risolta dall'amministrazione comunale accostando un nuovo volume all'edificio.

Il progetto prevede la destinazione del piano terreno ad accogliere la sede degli Uffici di Coordinamento del Piano Strategico dell'Area Metropolitana Fiorentina, ai quali si accede dall'atrio di distribuzione e di accoglienza. Al piano primo (figg. 3 e 4), che costituisce da sempre il luogo centrale, il "cuore" dell'edificio, è previsto l'allestimento di esposizioni temporanee organizzate nell'ambito delle attività dell'Urban Center, attraverso la disposizione di pannelli e supporti espositivi lungo le pareti perimetrali e nella zona centrale dell'ambiente, nonché in corrispondenza delle pareti in laterizio delle caldaie. Il punto espositivo della memoria di Novoli industriale e dello stabilimento Fiat previsto dal bando di concorso è pensato all'interno delle camere di combustione delle due caldaie, dotate di una altezza sufficiente per

essere adeguatamente fruibili. Nello spazio rimanente, si prevede la possibilità di organizzare un'area per la presentazione delle mostre e dei progetti in corso di realizzazione in città, capace di accogliere circa 60 posti a sedere. Lo spazio espositivo prosegue poi attraverso un percorso che si sviluppa attorno alle caldaie – citazione delle strutture in acciaio che in origine servivano per ispezionare e controllare le strumentazioni – realizzato con passerelle e scalini in vetro anti-sfondamento, per concludersi in corrispondenza del piano di copertura della caldaia più grande, dove verrà collocato un plastico evolutivo della città. Un nuovo livello verrà creato nel grande volume libero che costituisce la sala caldaie: uno spazio destinato ad accogliere un piccolo servizio bar dal quale sarà possibile percepire nella sua interezza l'affascinante spazio sottostante. È previsto infine l'inserimento di un ristorante ad occupare i livelli secondo e sottotetto, dal quale sarà possibile raggiungere il piano di copertura – attualmente non accessibile – potenziale e suggestiva terrazza panoramica sull'intera città.

**Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Ingegneria, Corso di Laurea in Ingegneria Civile indirizzo Strutture
PROGETTO DI UNA PASSERELLA PEDONALE SUL FIORA IN LOCALITÀ PONTE ROTTO
"PARCO ARCHEOLOGICO E AMBIENTALE DI VULCI"**

Autore della Tesi: Jonata VIGNOLINI

Relatori: Prof. Ing. Paolo SPINELLI, Prof. Ing. Salvatore G. MORANO, Ing. Marco LAURIOLA

Anno Accademico 2003/2004

Questa tesi di laurea affronta il problema relativo alla realizzazione di una passerella pedonale sul fiume Fiora all'interno del Parco Archeologico e Ambientale di Vulci. La soluzione scelta è molto originale e caratterizzata da un funzionamento secondo due schemi statici che coesistono combinando le soluzioni del ponte sospeso e del ponte a cavalletto. Il comportamento statico di tipo ibrido è stato introdotto per ridurre la luce della campata centrale, inizialmente troppo grande per una struttura in legno "richiesta dalla committenza". Pertanto è stata necessaria una attenta ed approfondita analisi preliminare, che con metodi semplificati mostrasse la fattibilità di questa ipotesi. Sono stati quindi sviluppati fino al dettaglio gli aspetti progettuali della soluzione, mostrando anche lo sviluppo del metodo costruttivo.

I Relatori

STUDIO DI FATTIBILITÀ

Il Parco Archeologico e Ambientale di Vulci situato nella regione Lazio e più precisamente nel comune di Montalto di Castro, è un bene culturale e paesaggistico in costante evoluzione in questi ultimi anni. Si cerca di rimettere in luce il più possibile dei resti della civiltà antica presente in questo territorio e ricrearne tutti i percorsi esistenti nella medesima, in modo tale da rendere più facile la visita di questo meraviglioso posto sia per capire come era concepita a suo tempo la distribuzione e l'unione degli spazi della città. Il fiume Fiora divide il pianoro di Vulci dalla tomba Francois e il Tumulo della Cuccumella, proprio per questo esisteva un ponte nella zona denominata "Ponte Rotto", ora andato distrutto, in modo da collegare le due parti della città. Lo scopo principale che ci si propone è quello di proporre un attraversamento nello stesso luogo del ponte andato distrutto, che abbia le seguenti peculiarità:

- deve essere una struttura snella, trasparente, elegante ed in armonia con l'ambiente circostante;
- il materiale strutturale principale deve essere il legno lamellare;
- la struttura deve risultare durabile e bisogna di manutenzione poco onerosa e pertanto è stato scelto il larice;
- ottenere un elevato grado di sicurezza nei confronti di eventi naturali quali terremoto ed ondata di piena.

In precedenza a questo lavoro era già stato affrontato uno studio per la risistemazione del bacino, attingendo quindi da quest'ultimo è stato possibile ottenere tutti i dati reali riguardanti le ondate di piena "studio idraulico", sezione altimetrica e natura del terreno "relazione geologica". Questi risultano essere i vincoli progettuali di tipo idraulico, geologico e piano – altimetrici che influenzano

SOLUZIONE PROPOSTA ED EVOLUZIONE

La soluzione inizialmente proposta "Ponte sospeso con doppio ordine di sospensione" e poi stata modificata radicalmente, considerando le esigenze della situazione oggetto di studio, in particolar modo l'utilizzo esclusivamente del legno come materiale strutturale. Pertanto la travata principale avrà una altezza di un metro e le antenne realizzate a forma di cavalletto, in modo da avere come sollecitazione principale lo sforzo assiale. I pendini sono di tipo Langer "verticali" per avere minori problematiche di instabilità. L'aspetto più delicato di questa tipologia solitamente è la deformabilità, che risulta essere molto pronunciata sotto l'effetto dei carichi accidentali. Analizzando la struttura con la teoria del Wollmann, era risultata una freccia di mezzeria eccessiva. Si è quindi pensato di introdurre dei puntoni alla travata principale, ricreando uno schema a cavalletto e riducendo la luce da 50 metri a 37,4 metri. Pertanto è stato ottenuto un funzionamento strutturale intermedio fra la struttura sospesa e quella a cavalletto. Aumentando la rigidità della struttura con l'incremento del diametro del cavo di sospensione e considerando la riduzione della luce, la freccia di mezzeria è risultata essere accettabile. Il problema della deformazione per viscosità è stato eliminato creando una controfreccia con la sospensione che annullasse l'effetto dei pesi propri; infatti la deformata viscosa è proporzionale a quella iniziale, ma essendo questa nulla lo sarà anche quella viscosa. Creando questa controfreccia, il peso strutturale finisce quasi tutto sulla sospensione e quindi sotto i soli pesi propri i puntoni saranno quasi scarichi, risultando invece fondamentali per controbattere le azioni dei carichi accidentali.

Una volta introdotto lo schema a cavalletto ed aver visto il suo notevole effetto positivo, è nata la tentazione di eliminare la sospensione e vedere come si comportava il solo schema a cavalletto; cercando di ottenere una deformata paragonabile, si è dovuto passare da una travata alta 100 cm a 180 cm (soluzione evidentemente inaccettabile).

Nel piano dei puntoni viene introdotto un controvento ad x, capace di trasferire le forze trasversali applicate alla travata (ondata di piena e vento) a terra. Un puntone viene inserito anche nelle antenne in modo tale da trasferire lo sforzo assiale delle travate "ancorate all'antenna" direttamente a terra, senza inflettere l'asta dell'antenna a cavalletto che deve avere principalmente sforzo assiale.

Per vedere in modo più accurato il comportamento della struttura è stato effettuato uno studio delle forme modali con un modello agli elementi finiti. Queste hanno evidenziato dei periodi oscillatori in senso trasversale eccessivi per le antenne, è stato quindi opportuno introdurre dei controventi al piede e nella parte superiore; dopo tale modifica i periodi delle prime forme modali si sono ridotti ad 1 sec. E come era prevedibile aspettarsi, riguardano l'oscillazione verticale dell'impalcato.

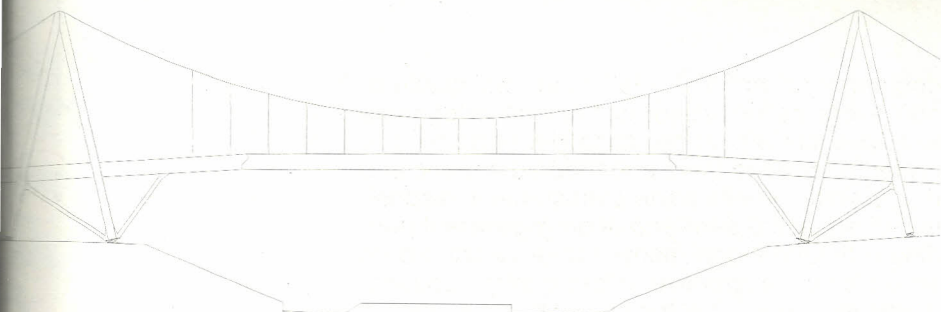


Fig. 1 - Schema statico della soluzione definitiva.

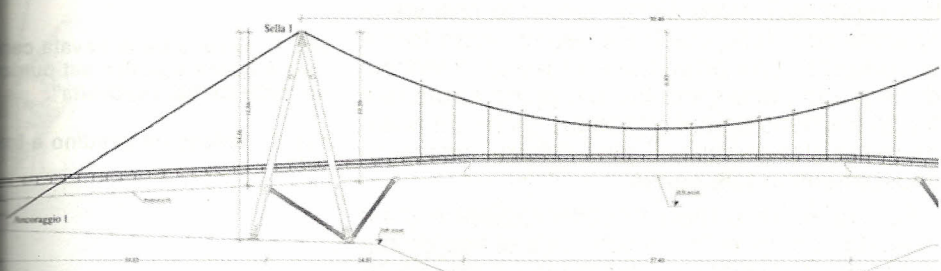


Fig. 2 - Schema dei cavi di sospensione e pendini.

ranno alcune scelte fondamentali nello sviluppo della progettazione.

Il terreno, data la sua buona portanza, non crea problemi particolari per la realizzazione delle fondazioni, in conseguenza anche del fatto che trattandosi di una struttura lignea risulterà molto leggera.

Dal punto di vista idraulico è stato invece affrontato uno studio accurato di tutto il bacino considerando le portate a nostra disposizione (trentennale e duecentennale). Introducendo il ponte nella sezione opportuna è risultato che per avere un franco libero di un metro, sulla piena con tempo di ritorno 200 anni, la quota dell'intradosso del ponte si alza troppo. Collegando quest'ultimo aspetto al fatto che la zona di esondazione è pressoché pianeggiante e che le rampe d'accesso del ponte devono rispettare le pendenze imposte dalle barriere architettoniche, lo sviluppo del ponte risultava essere troppo oneroso. Pertanto è stato deciso di progettare il ponte con un franco libero di un metro sulla piena trentennale e progettare il ponte in modo che regga la pressione esercitata dalla piena duecentennale. Questa scelta progettuale può sembrare ardua, ma è stata ampiamente studiata e documentata.

Una volta raccolti i vincoli alla progettazione sono state analizzate varie soluzioni possibili, da quelle il cui unico vantaggio appare essere quello di un costo contenuto (viadotto realizzato con schema appoggio-appoggio), a quelle che richiedono sforzi economici maggiori ed una progettazione più accurata, ma permettono di ottenere indubbiamente risultati estetici migliori. Quale criterio fondamentale per un buon risultato estetico è la simmetria nelle soluzioni rispetto all'alveo in modo tale da mettere in evidenza l'alveo. In realtà data la morfologia del terreno è stato necessario collegare alla struttura principale simmetrica, una rampa d'accesso sul versante del pianoro di Vulci, che risulta essere del tutto indipendente dalla principale e isostatica.

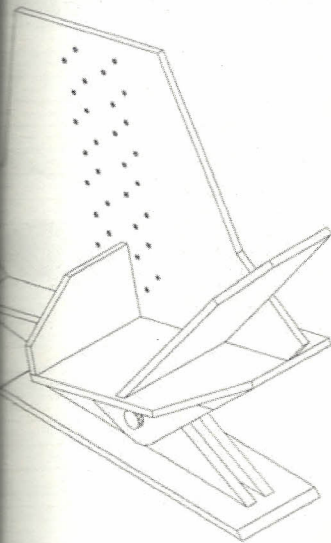


Fig. 3 - Cerniera a perno alla base dell'antenna e piastre di connessione.

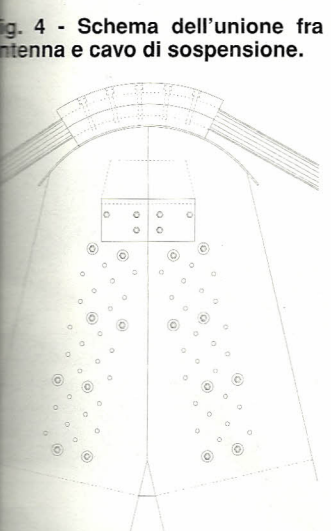


Fig. 4 - Schema dell'unione fra antenna e cavo di sospensione.



Fig. 5 - Vista da una sponda.

PROGETTAZIONE

Tutta la progettazione si è basata sul metodo semiprobabilistico agli stati limite, seguendo la normazione europea degli eurocodici. Per quanto riguarda la verifica sismica è stata presa come riferimento la nuova ordinanza 3274 del 20/03/03 considerando uno spettro plastico. Come era presumibile aspettarsi le verifiche sismiche non hanno influenzato la progettazione, sia perché il comune di Montalto di Castro ricade in una zona 4 e quindi l'accelerazione di picco è piccola, sia perché trattandosi di una struttura in legno le masse in gioco sono esigue e di conseguenza anche le forze. Tutti gli elementi principali, comprese le antenne, sono in legno lamellare di larice ad eccezione dei controventamenti e puntoni. Questi sono infatti realizzati in acciaio per semplificare i nodi in cui confluiscono 5 aste. La progettazione spinta fino al dettaglio, curando di evitare ovunque pericolosi ristagni di acqua che potrebbero causare problemi di curabilità; a tal proposito tutte le travate sono protette da una scossalina di rame.

Le unioni fra elementi lignei e di acciaio, sono realizzate con piastre e spinotti in parte bullonati, sia per evitare il distacco fra legno e piastra, sia per evitare atti vandalici. Gli spinotti sono disposti nella parte centrale dell'elemento con sviluppo lungo l'asse, in modo non rettilineo ma sfalsato, per poter permettere il ritiro trasversale del legno ed evitare il formarsi di piani preferenziali di rottura. I due elementi più delicati da progettare sono stati l'unione del pendino con la trave e l'unione della travata centrale con quella a sbalzo sul puntone. Il principio fon-

damentale di entrambe le unioni era quello di non avere sollecitazioni di trazione ortogonale alle fibre del legno; nel caso del pendino si è preferito forare la trave andando ad agganciarlo a quest'ultima nella parte sottostante. Il dispositivo di aggancio permette di poter tesare il pendino e di farlo leggermente rotare senza creare sollecitazioni aggiuntive (il foro è fatto appositamente più largo). La travata centrale è unita a quella a sbalzo con una sella Gerber capovolta, in modo tale che questa è sorretta dai 4 $\text{Æ}20$ inseriti nella stessa sella. Pertanto i quattro bulloni reggono l'intero sforzo tagliante che viene ripartito con delle piastre al legno, sotto forma di compressione ortogonale al legno. Il vincolo di cerniera viene garantito dal gioco strutturale fra gli elementi uniti; è presente anche un collegamento longitudinale per evitare eccessivi spostamenti in tale senso.

Per trasferire a terra le sollecitazioni è stato previsto due tipi di fondazioni, una di tipo diretta per la parte isostatica della struttura, ed una indiretta per la parte principale iperstatica. Effettuando un primo dimensionamento della palificata di fondazione, sono risultati necessari pali $\text{Æ}60$ di lunghezza 6 metri. Una particolare attenzione è stata rivolta nella definizione di un metodo di costruzione coerente con la tipologia proposta: le prime fasi consistono nel realizzare le fondazioni e quindi la pila e le spalle, saranno poi costruite le antenne e poste le travi che vanno dalle spalle alle sopra citate, vengono poi predisposti i puntoni della struttura a cavalletto e le travi a sbalzo poggianti sugli stessi, verrà poi messa in opera la travata centrale "realizzazione dello schema a cavalletto" ed infine la sospensione.

CONCLUSIONI

La struttura ipotizzata risulta essere elegante ed in piena armonia con l'ambiente circostante. L'uso del lamellare di larice consente di ottenere un'opera molto durabile e bisognosa di manutenzione poco onerosa "grazie ad una progettazione curata fin nei minimi particolari". Infine con la presente ipotesi di struttura a unica si sono ridotti notevolmente i rischi nei confronti di eventi naturali quali terremoti ed ondate di piena.

Fig. 6 - Vista assonometria dell'intera opera.

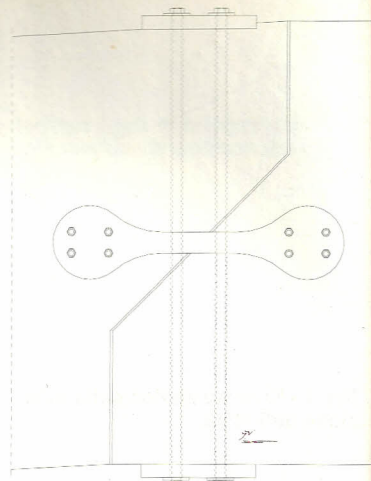
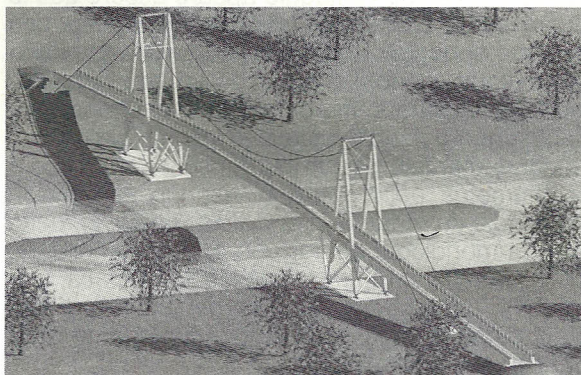


Fig. 7 - Unione fra la travata centrale e quella a sbalzo sul puntone "sella Gerber capovolta".

Fig. 8 - Unione fra pendino e travata.

