

Renato Pallavicini

Il 7 novembre del 1940, alle 11 circa del mattino di una giornata di forte vento, il Tacoma Bridge, nello stato di Washington, Stati Uniti, comincia ad oscillare paurosamente. La sede stradale che attraversa la baia si attorciglia su se stessa come un nastro: pochi secondi e il ponte, inaugurato appena 4 mesi e 7 giorni prima, letteralmente esplode, sbriciolandosi nell'acqua. Una celebre ripresa cinematografica, che ha fatto il giro del mondo (e che si può vedere su vari siti internet), documenta il collasso del ponte che, fin dall'inaugurazione, era stato soprannominato «Galloping Gertie», proprio a causa delle oscillazioni «galoppanti».

Le oscillazioni non controllate sono la bestia nera dei ponti sospesi. Provocate dal vento, da vibrazioni o da fenomeni di risonanza (è noto che i plotoni militari, quando attraversano un ponte a piedi, «rompono» il passo per evitare di innescare il fenomeno della risonanza) ne mettono a serio rischio la stabilità. Di recente il bellissimo Millennium Bridge sul Tamigi, progettato dallo studio di Norman Foster e realizzato dagli ingegneri della Ove Arup, uno dei gruppi più importanti del mondo, specializzato in grandi strutture, è stato chiuso e sottoposto a pesanti lavori di stabilizzazione perché oscillava a tal punto che la gente che vi passava sopra (il ponte è una passerella esclusivamente pedonale) oltre a spaventarsi non poco, accusava malori e giramenti di testa. Se si pensa che il Millennium Bridge è lungo circa 300 metri e lo si mette al confronto con il Ponte sullo Stretto di Messina, che di metri ne misura 3.300, si può ben comprendere quali siano i problemi, le incognite ed i rischi che la progettazione del ponte ha dovuto e dovrà affrontare.

Ma sono stati sufficientemente affrontati (e soprattutto risolti) questi problemi nel progetto del Ponte sullo Stretto? Lo chiediamo all'ingegnere Massimo Majowiecki, professore di Strutture speciali all'Università di Bologna e ora alla Iuav di Venezia.

Sono certo che studi e prove, sia teorici che sperimentali, sono stati fatti bene, ma c'è un problema di affidabilità più generale, un dominio del non saputo che mi preoccupa.

E cioè?

Che le tradizionali prove e simulazioni non garantiscono, nel caso di luci così grandi (la luce è la lunghezza della campata, cioè della parte sospesa del ponte tra un pilone e l'altro, ndr), una sufficiente e sicura estrapolazione dei dati.

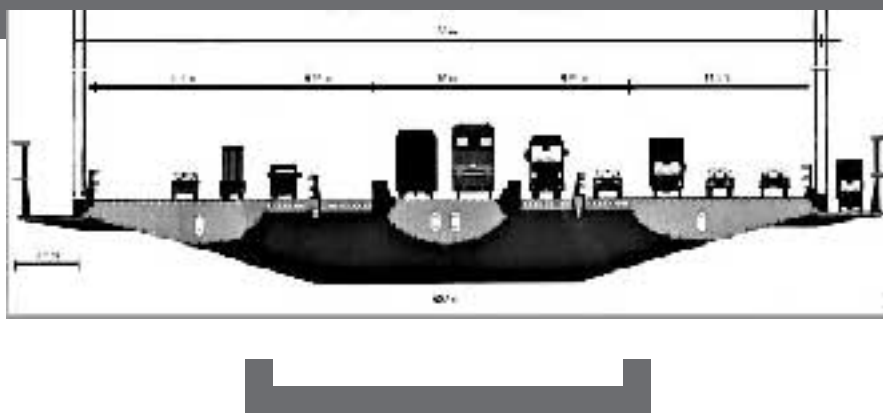
Vuol dire che ciò che vale per un ponte più corto non è applicabile proporzionalmente ad un ponte più lungo?

Proprio così. Del resto questi non sono soltanto miei dubbi, ma i risultati di un simposio internazionale, lo Isalb '92, svoltosi a Copenaghen, da cui si è ricavata la sensazione «ingegneristica» che l'affidabilità del processo globale di progetto e verifica del sistema strutturale classico del ponte «semplicemente» sospeso abbia un limite attuale per luci fino a

Un'incognita in più è la conseguenza del passaggio dei treni una parte essenziale del traffico previsto

”

“ Majowiecki ingegnere massimo esperto di strutture speciali mette in guardia dai rischi di una campata di 3300 metri



Il precedente del Tacoma Bridge che nel 1940 crollò negli Stati Uniti 4 mesi dopo l'inaugurazione”

Il ponte di Messina, un'amaca al vento

Prevista un'oscillazione «normale» di 15 metri in 30 secondi, la struttura reggerà?



2000 metri.

Come si è arrivati a queste conclusioni?

Il congresso di Copenhagen era dedicato a ponti a grandissima luce e vide la partecipazione di specialisti e progettisti del settore. Furono fatte tre presentazioni principali: quella del ponte sullo Storebeld in Danimarca (1.624 metri), quella del ponte Akashi Kaikyo in Giappone (1.990 metri) e quello per il ponte di

Messina (3.300 metri). I danesi presentarono il progetto esecutivo del loro ponte con sezione «aerodinamicamente trasparente», che è una sezione di tipo alare molto sottile per resistere all'azione del vento trasversale. È una forma venuta fuori dopo la tragica esperienza del ponte di Tacoma. In quel caso, partendo dalla tipologia classica del ponte sospeso, come quello di Brooklyn, per ridurre peso e offrire meno resistenza al

vento, si era assottigliata sempre più la sezione dell'impalcato, fino al collasso.

I giapponesi con il loro ponte, che presentava un salto di 300 metri in più rispetto a quello danese, proposero una soluzione che segnava il ritorno al modello dei ponti «rigidi» perché, dopo una serie di lunghe ed approfondite prove su almeno un centinaio di sezioni differenti, realizzate in un'avanzatissima galleria del

vento con una larghezza di 45 metri (normalmente si usano gallerie larghe 4-5 metri), si erano accorti che la sezione «aerodinamicamente trasparente» non andava bene per una luce di quasi 2.000 metri. E decisero di adottare una sezione «scatolare», più rigida, anche se questo avrebbe aumentato pesi e costi.

E i rappresentanti italiani come se la cavarono?

Sorpresero un po' tutti, perché

riproposero l'ipotesi danese, applicata però ad un ponte lungo 1.600 metri in più di quello sullo Storebeld e oltre 1 chilometro in più dello Akashi Kaikyo. Un grande salto che apriva un'altrettanto grande discontinuità applicativa. E anche se da allora sono passati diversi anni, e studi e prove sono stati affinati, ribadisco che quando si fanno salti così grandi non si possono estrapolare previsioni di comportamento da ponti più

piccoli. Avremmo insomma bisogno di informazioni ulteriori, che per ora non ci sono e che anzi la Società del Ponte di Messina ha rimandato al progetto esecutivo, per dire che l'affidabilità del progetto è completa. E poi il progetto della Società Ponte di Messina ha individuato nella sezione dell'impalcato l'oggetto principale della progettazione, certamente trovando soluzioni più avanzate delle precedenti. Ma la risposta ai problemi di stabilità e di sicurezza di un ponte non la dà solo la sezione dell'impalcato: è una questione di cavi, di proporzione tra la luce e l'altezza dei piloni, di stabilità dei pendini (i cavi verticali che sostengono il ponte), di sollecitazioni e deformabilità dovute al passaggio dei treni. Perché, ricordiamolo, il ponte di Messina è anche un ponte ferroviario.

Ma tra le due ipotesi, quella che va alla ricerca della leggerezza e della trasparenza al vento e quella che punta invece sulla rigidità e la pesantezza dell'impalcato per opporvisi più efficacemente, è possibile una terza strada, una soluzione tecnologicamente più

complessa che garantisca sicurezza nel caso di luci oltre i 2.000 metri?

Sì ed è quella che utilizza una componente strutturale attiva.

Può spiegarci meglio?

I modelli di ponte «semplicemente» sospeso di cui abbiamo parlato perseguono una sorta di accanimento «analitico», cioè tentano di migliorare uno schema «antico» senza rivedere la soluzione strutturale. Altre strade sono praticabili e, tra queste, quella più adatta è quella proposta da Sergio Musmeci nel suo progetto di ponte sullo Stretto di

Messina che partecipò al concorso internazionale del 1969 e fu tra i premiati. Il progetto di Musmeci conteneva intuizioni importanti ed introdusse innovazioni concettuali modernissime, tra cui quella di una serie di cavi tranti stabilizzanti, un sistema che oppone una resistenza attiva, dinamica all'azione del vento e che dà più affidabilità rispetto ad un aumento della rigidità del ponte. Certo andrebbe rivisto ed aggiornato con le novità tecnologiche intervenute in questi decenni, ma ritengo che sarebbe un'ottima base di partenza.

Ma è davvero così pericolosa l'azione del vento per un ponte?

Le previsioni di spostamento per effetto del vento al centro del ponte sono dell'ordine di 15 metri con un periodo di oscillazione completa di 30 secondi. E come se fosse un'amaca sospesa che oscilla a destra e a sinistra, e per tornare nella posizione iniziale impiega appunto 30 secondi.

E il rischio sismico?

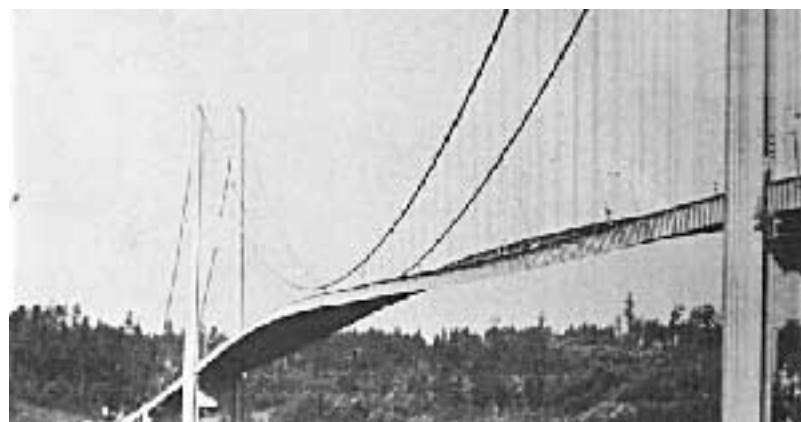
Il ponte di per sé, nella sua parte sospesa ha periodi propri di oscillazione che non entrano in sintonia con le alte frequenze del sisma. Semmai i rischi maggiori riguardano i piloni ed i possibili spostamenti relativi tra le due coste. A preoccupare sono altri problemi come quelli dei giunti saldati (tutto l'impalcato del ponte è saldato e non prevede chiodature, né bullonature) e delle sollecitazioni a cui sono sottoposti dai binari e dal passaggio dei treni.

In Danimarca una struttura di 1623 m. in Giappone di quasi due Km ma oltre i 2000 metri non ci sono verifiche

”

re. p.

Quelle roventi montagne di cemento

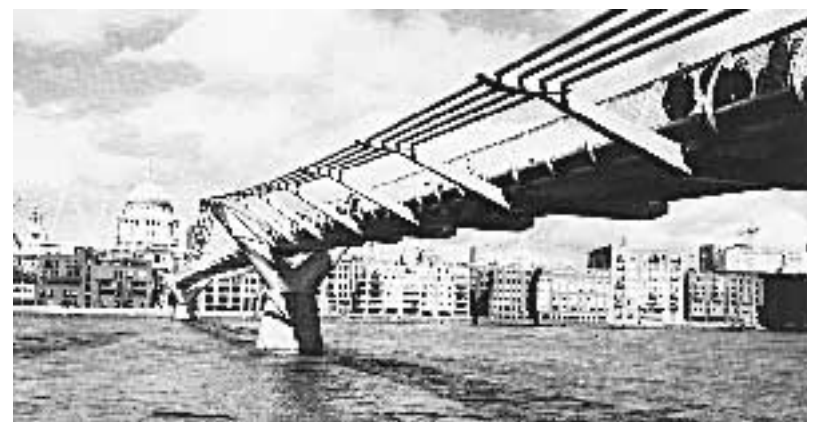


TUTTI I NUMERI DEL PONTE

Lunghezza campata centrale	
3.300 m.	
Lunghezza campate laterali	
810 + 960 m.	
Larghezza dell'impalcato*	
54 m.	
Altezza torri	Acciaio torri
370 m.	55.000 t. l'una
Calcestruzzo torri	
55.000 tonnellate l'una	
Lunghezza dei 4 cavi di sospensione**	
Oltre 5.000 m. ciascuno	

* Il traliccio dell'impalcato, sospeso ad 80 metri sul livello del mare è composto di 2 cassoni laterali di 13,50 m. X 2,40 m. per la sede stradale (tre corsie, più emergenza) ed un cassone centrale di 8 m. X 2,40 m. per la sede ferroviaria a doppio binario.

** Ciascun cavo è composto da 88 funi ciascuna delle quali a sua volta comprende 504 fili, per un tot. di 44.352 fili d'acciaio per cavo.



Di Majo, docente di costruzioni ferroviarie nelle università di Pisa e di Torino, in un suo saggio sui «pericoli» del ponte sullo Stretto, apparso nella rivista *Realtà Nuova*, è quello rappresentato dagli ancoraggi alle estremità dei cavi, ancoraggi che, scrive Di Majo «sono delle mezze montagne: 329.000 metri cubi in Sicilia e 237.000 metri cubi in Calabria. Si calcola - aggiunge Di Majo - che per smaltire il calore della presa del cemento e ritornare alla temperatura dell'ambiente saranno necessari da quattro a cinque mesi».

Mille sogni sullo Stretto

Nel 1969 Musmeci riuscì a ridurre la luce a 2 km con una struttura rigida

Sezione del modello del ponte di Sergio Musmeci. Sopra, a sinistra l'oscillazione del Tacoma Bridge prima del crollo e, a destra, il Millennium Bridge. In alto simulazione virtuale del Ponte sullo Stretto e, sopra il titolo, la sezione dell'impalcato

A congiungere Scilla e Cariddi, pare ci avessero provato già i Romani ai tempi delle guerre puniche. Poi il sogno di un collegamento, ponte o tunnel sottomarino, ha attraversato i secoli. Armando Brasini, architetto «visionario» pensò, nel 1957, ad un monumentale ponte Omerico a più campate appoggiate su giganteschi piloni emergenti da isole artificiali. Ma è alla metà degli anni Sessanta che si comincia a studiare con maggior serietà ed approfondimento il problema dell'attraversamento dello Stretto. Nel 1969 viene lanciato un concorso internazionale d'idee che vede la partecipazione dei maggiori e più brillanti architetti ed ingegneri strutturalisti dell'epoca. I progetti presentati proponevano soluzioni diverse: dal ponte a campata unica a quello a più campate,

dal tunnel sottomarino ad un curioso e bizzarro ponte circolare, un gigantesco anello d'acciaio sospeso tra Calabria e Sicilia. Ma i due progetti più interessanti che si aggiudicarono i due premi principali furono quelli di Sergio Musmeci e di Pier Luigi Nervi.

La proposta di Nervi era basata su un sistema di cavi «a doppia curvatura»: agli ancoraggi ai piloni i cavi partivano molto distanti tra di loro per convergere verso il centro del ponte ad una distanza pari alla larghezza dell'impalcato. I quattro giganteschi piloni avevano una massiccia forma di iperboloidi (tipica del linguaggio di Nervi) e la grande distanza tra di loro costituiva di per sé un forte impatto ambientale che suscitò, già allora, più di una perplessità.

La struttura del ponte disegnato da Musmeci era una sintesi tra il classico ponte sospeso e il ponte strallato (gli stralli sono cavi inclinati agganciati ai piloni e all'impalcato). Con questo sistema la campata «virtuale» del ponte diventava di 2.000 metri. Tutto il sistema era irrigidito da cavi di pretensione che servivano per assorbire le azioni orizzontali e da una fitta rete di tiranti. I due piloni erano formati da due coppie di antenne dalla sezione stellare a tre punte, dell'altezza di 603 metri (quelle dell'attuale progetto sono di 370 metri). Ma, nonostante le babeliche dimensioni, il ponte nel suo complesso, almeno nel modello presentato, possedeva una straordinaria leggerezza ed eleganza.

