

Sono ormai alcuni decenni che si parla con crescente insistenza dell'attraversamento stabile dello stretto di Messina. E' stato il "Concorso Internazionale di idee per un collegamento stabile viario e ferroviario fra la Sicilia ed il Continente", indetto il 28 maggio del 1969 dall'ANAS in collaborazione con l'Amministrazione delle Ferrovie dello Stato, a dare il la ad una serie di proposte, fra le quali è stata subito identificata la soluzione che oggi ha acquisito il ruolo ufficiale: ponte sospeso a campata unica con luce di 3300 m.

Da allora la comunità tecnica e scientifica nazionale ed internazionale sta seguendo l'evoluzione di questo progetto con immutato interesse, non disgiunto da stupore e meraviglia.

L'operazione si inquadra nell'ambito delle grandi sfide dell'uomo contro le forze della natura: gravità, vento, sisma.

Tali sfide sono esplose nel XX secolo, ma erano già iniziate nell'800 grazie alla scoperta rivoluzionaria di un nuovo materiale da costruzione: l'acciaio.

Questo materiale e le sue tecnologie hanno progressivamente fornito all'uomo gli strumenti per conseguire il superamento di grandi luci (ponti) ed il raggiungimento di grandi altezze (grattacieli).

Prima di parlare di ponti, può essere istruttivo esaminare l'evoluzione degli edifici alti.

Si osserva che il fenomeno "grattacielo" ha attraversato una fase iniziale molto rapida. Con il precedente del Woolworth Building con 241 m di al-

tezza già nel 1913, New York ospita l'Empire State Building che raggiunge nel 1931 la considerevole altezza di 381 m. Occorre poi attendere quarant'anni per superare la soglia dei 400 m.

Nel 1973 le sfortunate Twin Towers, simbolo di New York, con 415 m hanno rappresentato un mito per tutti gli strutturisti del mondo. Ma il loro primato è stato di breve durata, superato dopo un solo anno dal Sears Building di Chicago (443 m) che è stato l'edificio più alto del mondo per oltre venti anni.

Hanno di recente superato questo record le Petronas Towers di Kuala Lumpur in Malesia raggiungendo i 450 m nel 1996 (figura 1).

Alcune considerazioni sulla realizzazione di quello che sarà il ponte sospeso più lungo del mondo per l'attraversamento dello stretto di Messina

Some considerations about the realisation of that which will be the longest suspended bridge in the world for the crossing the Messina strait

Relazione presentata alla Tavola Rotonda "Il ponte sullo stretto di Messina" in sede di XIX congresso C.T.A. - Genova, 30 settembre 2003

Federico M. Mazzolani

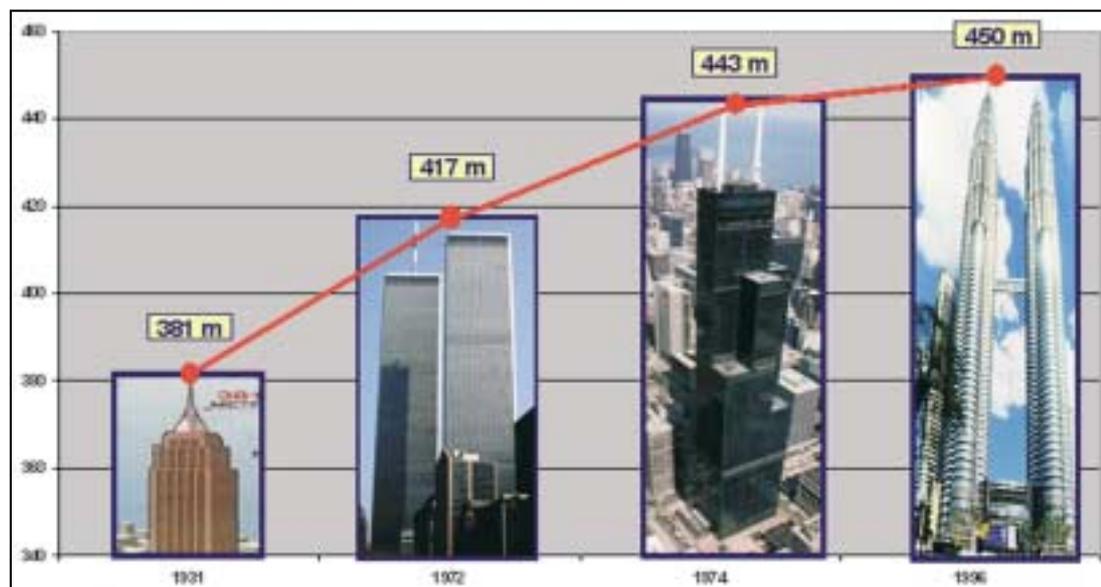


Fig. 1 - Evoluzione dei grattacieli

Non si hanno informazioni certe sul completamento del Financial Centre di Shanghai che è destinato ad arrivare a quota 480 m.

E' recente la notizia che la faticosa soglia dei 500 m è stata superata con i 508 m del Financial Centre "Taipei 101" a Taiwan, che attualmente è l'edificio più alto del mondo. Per l'immediato futuro è in cantiere il progetto di Libenskind per ricostruire le New Twin Towers con altezza di 541 m, ma la data del completamento è ancora da definire.

zontali, al preciso scopo di sfidare le grandi altezze.

Considerando globalmente il periodo delle grandi opere (1931-2003) nel quale si è avuta una crescita in media pressoché lineare, l'incremento è stato di 127 metri in 72 anni, poco meno di 2 metri all'anno (circa 1.8 m per la precisione).

Una crescita che può sembrare modesta, ma non si può negare che sia stata oculatamente commisurata con lo sviluppo tecnologico e scientifico dell'ingegneria strutturale.

di ponti da primato:

- il Great Belt che collega lo Jutland con l'isola di Zealand in Danimarca con luce di 1624 m, attualmente il ponte più lungo d'Europa;
- l'Akashi-Kaikyo bridge in Giappone con luce di 1990 m, attualmente il ponte più lungo del mondo.

Questi due eventi rappresentano oggi il coronamento concreto della grande sfida dell'uomo nel campo delle grandi luci. Dal superamento della luce limite di 1000 m con una sola campata (1931) sono passati circa 70 anni, nel corso dei quali l'aumento di luce è stato di circa 900 m, con un incremento di quasi 13 m all'anno (figura 2).

A questo risultato si è pervenuti attraverso un lento ed oculato processo di crescita, non privo di incidenti di percorso, che ha saputo sfruttare al massimo tutte le potenzialità offerte dalla moderna tecnologia.

Come si colloca in questo scenario il progetto del Ponte sullo Stretto di Messina?

Si ricorda che esso prevede di realizzare un ponte sospeso a campata unica di 3300 m per utenza sia stradale che ferroviaria.

Le fonti ufficiali assicurano che i lavori inizieranno nel 2005 e il ponte sarà collaudato nel 2011.

Questi dati operativi giustificano lo stupore e la meraviglia dei tecnici di fronte a un'opera che può definirsi "ciclopica". Le perplessità nascono a primo acchito da considerazioni di buon senso comune.

Una saggia regola, sempre seguita anche in ingegneria, è quella di guardare lo sviluppo del passato, trarre gli opportuni insegnamenti e mirare alla tappa successiva, rispettando il gradiente di crescita commisurato allo sviluppo tecnologico corrente.

Questa filosofia sembra essere stata correttamente applicata nel processo evolutivo che si è sviluppato nel campo dei grattacieli e - fino ad oggi - anche in quello dei ponti: una crescita continua, ma lenta, prudente e senza discontinuità.

Applicando questa filosofia allo sviluppo dei ponti futuri ed estrapolando quindi la corrispondente legge di evoluzione, si ricava che una luce di 3300 m potrà essere realizzata soltanto fra circa 100 anni se il corrente sviluppo tecnologico rimane inalterato. Questo periodo potrebbe accorciarsi solo nel caso in cui intervengano eccezionali innovazioni tecnologiche che

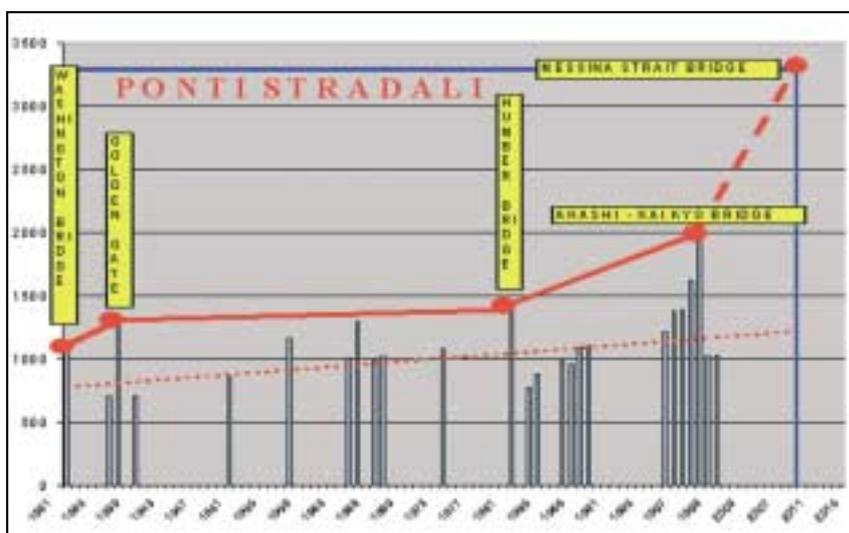


Fig. 2 - Evoluzione dei ponti stradali

Si apprende dalla stampa che nei primi mesi del 2004 inizieranno i lavori di quello che potrà essere l'edificio record: la torre "Burj Dubai" negli Emirati Arabi con 520/600 metri di altezza.

L'idea di realizzare un edificio alto 1000 m, da battezzare Millennium Tower, è rimasta un'utopia, così come il progetto di Frank Lloyd Wright per una città teorica, la Mile High Sky City collocata a 1609 metri.

Sotto l'aspetto qualitativo, l'evoluzione dei grattacieli è stata alquanto rapida nei primi decenni del secolo scorso, ma dopo il superamento dei 400 m si è rallentata, nonostante l'introduzione di una gamma di acciai con caratteristiche resistenziali sempre crescenti (la cosiddetta "quarta dimensione") e l'impiego di nuove tipologie strutturali (mega-frames, framed tube, tube in tube, ...) introdotte con il preciso scopo di ottimizzare il comportamento della struttura alle azioni orizz-

Si passi ora ad esaminare l'evoluzione dei ponti. Lo schema del "ponte sospeso" ha consentito di superare il limite di 1000 m già negli anni '30 con due prestigiose realizzazioni: il Washington bridge (New York, 1931) con luce di 1067 m ed il Golden Gate bridge (San Francisco, 1937) con luce di 1280 m, di poco superato solo dopo 27 anni dal Verrazzano bridge (New York, 1964) con luce di 1298 m.

Il primato americano si è mantenuto incontrastato per vari anni, fino a quando in Inghilterra nel 1981 è stato inaugurato l'Humber bridge con luce di 1410 m, che ha contemporaneamente superato anche il primato europeo, prima detenuto dal ponte "25 aprile" sul fiume Tago a Lisbona (1973) con luce di 1074 m, e quello mondiale, diventando il ponte più lungo del mondo per il successivo periodo di 25 anni. Occorre infatti attendere il 1998 per assistere contemporaneamente nello stesso anno all'apertura di due gran-

possano rivoluzionare il naturale sviluppo.

Purtroppo allo stato grandi innovazioni tali da modificare l'attuale tendenza di sviluppo non sono concretamente disponibili, né facilmente prevedibili nel prossimo futuro.

Infatti i materiali da costruzione utilizzabili nelle realizzazioni strutturali sono quelli conosciuti ed applicati sia nei ponti che nei grattacieli; le tecnologie corrispondono alle attuali esperienze costruttive; i metodi di analisi strutturale non hanno consentito di scoprire nulla di nuovo, anche se bisogna riconoscere una indubbia velocizzazione dei tempi di calcolo legata al parallelo progresso informatico.

Si tratta di sviluppi innovativi di tipo corrente, privi del carattere di eccezionalità, che portano ad escludere categoricamente il conseguimento di una tappa così ambiziosa nel giro di qualche anno.

Ma non è tutto. Non bisogna dimenticare un particolare fondamentale.

Questi ragionamenti generici fin'ora sviluppati sulla base dell'analisi dell'evoluzione dei ponti sospesi non sono del tutto corretti e per giunta non sono purtroppo a svantaggio di sicurezza.

Infatti la legge di evoluzione dei ponti sospesi ora richiamata si basa essenzialmente sull'esame di ponti esclusivamente stradali. In realtà il Ponte sullo Stretto di Messina è previsto anche per l'attraversamento ferroviario. Questo complica notevolmente ogni previsione ed aumenta considerevolmente le perplessità tecniche. La tipologia del ponte sospeso, per le sue caratteristiche di grande deformabilità, non è certo la più adatta per un attraversamento ferroviario che richiede specifici requisiti per il piano rotabile ed i suoi raccordi.

Tanto è vero che, con tipologia "sospesa" e luce superiore a 1000 m, solo due ponti sono stati realizzati fin'ora nel mondo (figura 3).

Il ponte "25 Aprile" a Lisbona, costruito nel 1973 con luce di 1074 m, rappresenta il primo tentativo di realizzare una soluzione mista stradale-ferroviaria con uno schema di ponte sospeso. La sezione trasversale del ponte prevedeva infatti fin dall'inizio una corsia superiore per l'attraversamento stradale ed una corsia inferiore per l'attraversamento ferroviario. Tuttavia, di fatto, per tanti anni dopo l'inaugurazione, in questo ponte ha funzio-

nato solo la corsia superiore ed occorre attendere il 1998, nell'ambito delle innovazioni conseguenti all'Esposizione Internazionale di Lisbona, per assistere all'apertura della linea ferroviaria dopo lunghi e complessi lavori di adeguamento della struttura del ponte.

Nel frattempo nel 1988 in Giappone è stato aperto il primo ponte sospeso, il Minami Bisan-Seto con luce di 1100 m, completo di attraversamento ferroviario fin dall'inizio.

Questi sono i due soli ponti sospesi

la ragione per la quale sono occorsi 25 anni per adeguare in senso ferroviario il ponte sul fiume Tago, pur avendo solo 1074 m di luce? Forse hanno voluto aspettare la conclusione dell'esperienza giapponese del ponte Minami e trarne un insegnamento? Questa risposta sarebbe logica e coerente, ma dovrebbe essere acquisita ufficialmente. Il ponte più lungo del mondo, l'Akashi Kaikyo in Giappone (luce di 1990 m), era stato inizialmente previsto anche per l'attraversamento ferroviario, ma quando aprirono il

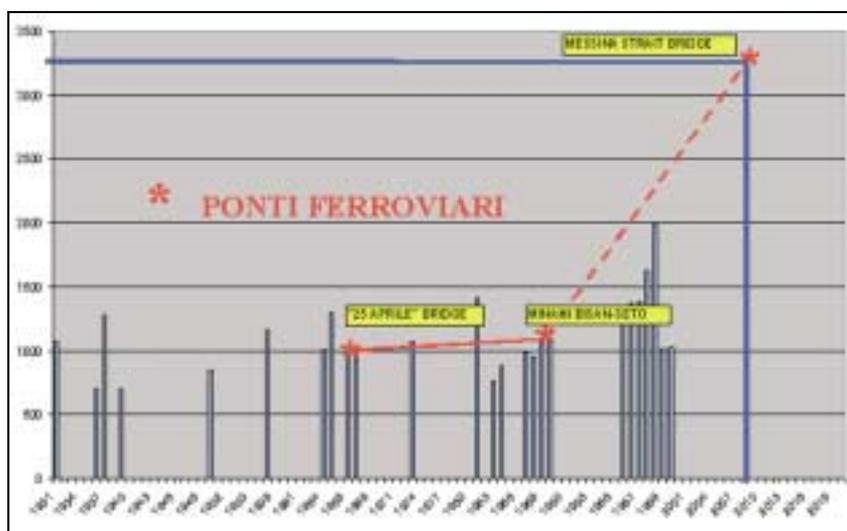


Fig. 3 - Evoluzione dei ponti ferroviari

realizzati con attraversamento ferroviario, fino ad oggi disponibili sullo scenario mondiale. Trattandosi di due casi isolati, la loro singolarità, evidentemente, non li rende interpretabili attraverso una legge evolutiva.

Una cosa è certa: il salto dimensionale richiesto dal progetto dell'attraversamento dello Stretto di Messina sta nel rapporto di 3 a 1 rispetto all'esistente. E' questo salto che lascia sgomenti, perché non trova riscontro in nessuna opera strutturale dell'uomo, né è giustificato da rivoluzioni tecnologiche o da scoperte innovative eclatanti.

Ma esistono altre osservazioni che fanno aumentare le perplessità. Dalla storia tecnica del recente passato, si osserva che non sono pochi i casi in cui la soluzione ferroviaria ha creato notevoli problemi, che non è stato possibile al momento risolvere.

Innanzitutto, una lecita curiosità assale il tecnico. Perché non domandare

cantiere nel 1988 dichiararono che l'utenza ferroviaria era stata eliminata. Perché?

Non si conosce una risposta ufficiale, ma sarebbe molto interessante ed istruttivo poterla ottenere dai colleghi giapponesi, soprattutto da parte dei membri della Commissione Consultiva del Ponte sullo Stretto.

Il ponte più lungo d'Europa, il Great Belt in Danimarca (luce di 1624 m) appartiene ad una nuova linea stradale e ferroviaria che collega lo Jutland con Copenhagen. La linea procede su viadotti misti stradali e ferroviari, ma quando arriva al punto dove deve attraversare lo Stretto di Store Baelte si assiste allo sdoppiamento fra la corsia stradale che procede sul ponte e quella ferroviaria che si inabissa in un tunnel sottomarino. Perché le due corsie non hanno potuto continuare a procedere in parallelo sul ponte sospeso? Sembra logico pensare che, se fosse stato possibile continuare anche la

linea ferroviaria sul ponte, questa sarebbe stata certamente una soluzione più economica rispetto alla costruzione di un tunnel sottomarino. Perché non è stato fatto? Perché si è abbandonata la soluzione più spontanea, per adottare quella più complicata e costosa?

Anche in questo caso sarebbe di fondamentale importanza conoscere la ragione tecnica delle scelte adottate. E' doveroso inoltre aggiungere che in questo contesto non si fa cenno ad altre perplessità a livello geologico, ecologico ed economico. In questi campi altri esperti hanno espresso la loro erudita opinione, dando luogo ad un quadro d'insieme molto poco promettente per la fattibilità di una tale opera. Quanti dubbi e quante perplessità alla base di un'opera così grandiosa che ha l'ambizione di diventare la struttura più importante ed ardua mai realizzata dall'uomo. E' accettabile tutto questo? Si può ammettere l'esistenza di questo alone di incertezze, senza che nessuno ne dia dovuto conto?

Non è doveroso cercare delle risposte convincenti per placare almeno le perplessità più ovvie, prima di partire in quarta con una soluzione progettuale utopistica e promettere tempi di realizzazione del tutto improbabili, anche se semplicemente confrontati con quelli normalmente occorrenti per le opere pubbliche? Sarebbe ovvio, oltre che impietoso, citare opere attualmente in corso.

Non si può tuttavia ignorare che nel progetto del Ponte sullo Stretto di Messina sono stati coinvolti a vari livelli e con competenze specifiche molti illustri esponenti della comunità tecnico-scientifica nazionale, a ciascuno dei quali è stata commissionata la soluzione di uno specifico problema.

Ma si ritiene che questo non possa bastare; l'eccezionalità dell'opera richiede che tutta la comunità tecnica debba essere sensibilizzata a partecipare attivamente ad un dibattito approfondito che si auspica venga promosso dalle Istituzioni, dalle Associazioni culturali, dagli Enti e dagli Ordini. Fino ad oggi non pare che tale attività sia in corso.

I motivi di riflessione sono molteplici. Innanzi tutto, come si può giustificare un salto dimensionale così elevato (3 a 1) che non ha mai trovato riscontro nelle grandi opere che l'uomo ha realizzato nella sua costante sfida

contro le forze della natura, non solo nell'ambito dei ponti ma ancor meno in quello dei grattacieli, senza che ci sia stata un'innovazione rivoluzionaria nel settore dei materiali e delle strutture, come è avvenuto ad esempio nel XIX secolo.

Oggi è innegabile che gli studi basati su una modellazione sempre più sofisticata, una simulazione numerica che interpreta con precisione il comportamento reale, le prove su modelli in scala ridotta che evidenziano la natura fisica dei fenomeni forniscono risposte sicure ed affidabili nella progettazione corrente.

Ma di fronte ad un'opera di carattere eccezionale per geometria e prestazioni richieste, quale certezza che gli "studi a tavolino" possano considerarsi esaustivi?

Come si può a priori escludere che possano manifestarsi "effetti" ancora sconosciuti perché mascherati dall'effetto di "scala ridotta", ma che potrebbero uscire allo scoperto nella realtà soprattutto quando sono determinanti le azioni dovute a fenomeni naturali di complessa interpretazione quali il vento ed il sisma?

Tutti ricordano il ben noto caso del Tacoma Bridge, il ponte realizzato negli USA nel 1940, che crollò miseramente in un giorno di vento, di intensità peraltro inferiore a quella prevista in progetto. La causa fu successivamente spiegata sul piano scientifico attraverso l'effetto di un fenomeno nuovo fino allora sconosciuto, il cosiddetto "flutter". Il ponte fu ricostruito dopo 10 anni con un impalcato molto più rigido e pesante.

Come in questo caso, le lezioni tratte dai progettisti di ponti dagli incidenti di percorso, che hanno costellato la loro storia evolutiva, sono state innumerevoli e tutte servite per migliorarne la concezione strutturale procedendo per piccoli passi, mai con salti dimensionali imprudenti ed ingiustificabili.

Come si può escludere che esistano altri fenomeni, non conosciuti per mancanza di esperienza pratica in opere fuori misura, ma altrettanto pericolosi e non riconoscibili dalla semplice validazione di modelli teorici? Tutti sanno che, con un salto dimensionale di 3 a 1, l'aumento di geometria amplifica esponenzialmente l'effetto dei fenomeni in gioco con conseguente esaltazione della domanda prestazionale.

Andando a scavare in un passato ancora più lontano, si può osservare che agli inizi dell'800 nessuno si sarebbe potuto immaginare che nel corso di quel secolo avrebbe assistito alla realizzazione di opere straordinarie. Dai ponti in muratura di modeste dimensioni si è passati a quelli sospesi con luci superiori a 200 metri.

Eiffel costruì una torre di 330 metri di altezza, impensabile solo alcuni decenni prima.

Questi incredibili salti dimensionali in lunghezza ed in altezza furono possibili grazie al passaggio dalla struttura muraria alla struttura in acciaio. La scoperta di questo nuovo materiale da costruzione ha dato luogo ad importanti innovazioni tecnologiche, conseguenti alla "rivoluzione industriale". A partire da queste brillanti origini, la nuova ingegneria strutturale non si è mai fermata, ma ha sempre proceduto con prudente consapevolezza.

Nell'Estratto del *Monitore delle Strade Ferrate* del 2 maggio 1883 è riportata una lettera di Alfredo Cottrau, il grande progettista e costruttore di ponti napoletani che può a ragione considerarsi come l'"Eiffel italiano", inviata al Direttore del *Monitore delle Strade Ferrate* di Torino. Titolo dell'estratto: "Può gettarsi un ponte nello Stretto di Messina?". Dopo aver esposto due possibili soluzioni ideate in gioventù a soli 27 anni, Cottrau condensa la sua filosofia di grande ingegnere in due frasi di grande saggezza: *"Secondo me, la vera scienza dell'ingegnere non deve consistere nel progettare e nell'eseguire opere colossali, ma bensì deve raggiungere un dato scopo con la maggiore facilità e con la minore spesa possibile. Il volgo va in estasi innanzi ad un elefante, una balena ed una giraffa, mentre il naturalista e il filosofo ammirano ben più la potenza del Creatore negli animali minuscoli e microscopici; ed a mo' d'esempio, trovano più perfetta e sorprendente la pulce e la formica, che sviluppano, a parità di peso, una forza 40 e 50 volte superiore a quella dei grossi quadrupedi"*.

Le grandi sfide dell'ingegneria strutturale debbano continuare, ma non possono trasformarsi in utopie.

Prof. dr. ing. Federico Massimo Mazzolani

Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni.

Dipartimento di Analisi e Progettazione Strutturale, Università di Napoli "Federico II"