



L'eterno tormentone: il Ponte sullo Stretto di Messina.

di Gianfranco Oliva



Il 18 marzo del 2022 è stato inaugurato il **Çanakkale 1915 Köprüsü** (Ponte della battaglia di Gallipoli del 1915) sullo stretto dei Dardanelli in Turchia, che con i suoi **2.023 m** di luce, diventa la struttura sospesa più lunga al mondo, strappando il primato all'**Akasci Kaikyo** in Giappone di **1.991 m** di luce, inaugurato il 5 aprile 1998.

C'è subito da puntualizzare che l'**Akasci Kaikyo** era stato progettato come ponte stradale e ferroviario, ma è entrato in servizio solo come ponte stradale (non sono mai state rese note le motivazioni di tale scelta).

Il **Çanakkale 1915 Köprüsü**, è solo stradale.

Per il **Ponte sullo Stretto di Messina**, nella stesura progettuale che ormai tutti conosciamo, è prevista un'unica campata da **3.300 m** (un salto di **1.277 m**); inoltre all'entrata in servizio, dovrebbe risultare bifunzionale, cioè sia stradale che ferroviario.

Fatta questa sintetica premessa, di seguito si puntualizzerà non su dettagli prettamente tecnici inerenti le complesse strutture rappresentate dai ponti sospesi (dovrebbero essere qualche centinaio al mondo gli studiosi che s'interessano della loro progettazione ed esecuzione) ma si cercherà di fornire elementi globali, anche intuitivi, relativi alla evoluzione della lunghezza delle campate e alle loro deformazioni, particolarità che fissano dei limiti alla loro funzionalità, in special modo per quelli ferroviari ove gli scostamenti dell'allineamento dei binari devono necessariamente risultare irrilevanti.¹

I perfezionamenti tecnologici negli anni hanno permesso di realizzare ponti sospesi con campate progressivamente crescenti; però ad oggi, il limite di quest'ultime si attesta all'incirca sui **2.000 m** dei due ponti monofunzionali (stradali) sopra citati.

Più aumenta la lunghezza della campata, più il ponte risulta pesante (del carico complessivo da sostenere, circa l'**80 %** è rappresentato dal peso proprio della struttura, lasciando il restante **20 %** ai carichi mobili che vi circolano) e dato che i flussi veicolari sono pressoché sempre gli stessi per questa tipologia di ponte, all'aumentare della lunghezza e quindi del peso, quell'**80 %** aumenta sempre più, e si tende nel tempo a realizzare ponti che hanno la finalità ultima di sostenere solo se stessi; inoltre all'aumentare della lunghezza della campata, aumenta di conseguenza l'altezza delle torri che, nel caso del Ponte sullo Stretto quest'ultime misurerebbero **383 m** sul livello del mare.

¹ L'accoppiamento tra gli impalcati dei ponti sospesi di grande luce e gli armamenti ferroviari, a causa dell'estrema deformabilità dei primi contrapposta alla grande rigidità richiesta per i secondi, ha da sempre rappresentato una grossa problematica progettuale ed esecutiva dovuta alle notevoli deformazioni provocate da carichi estremamente pesanti quali risultano essere i treni.



Evoluzione della lunghezza delle campate

Nella Fig. 1, sono rappresentati a partire dal 1931 fino al 2022 i cinquanta ponti sospesi (con l'aggiunta ora del Çanakkale 1915 Köprüsü, cinquantuno) più grandi del mondo. ²

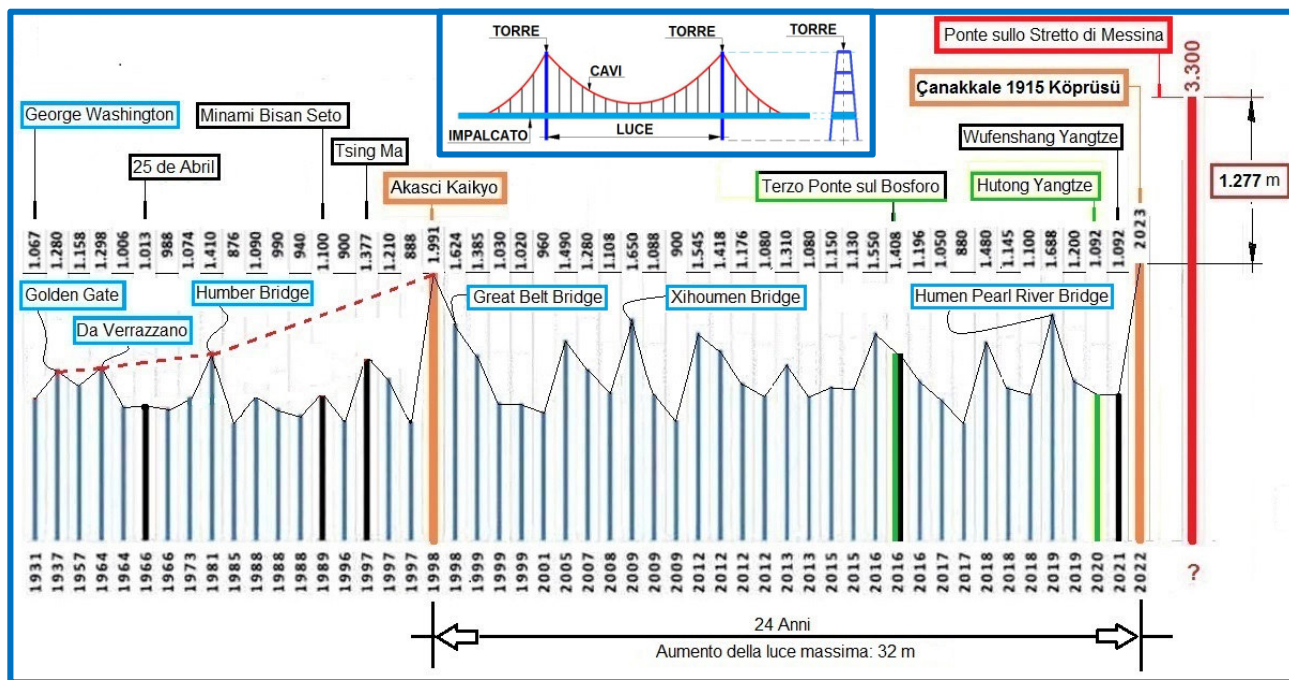


Fig. 1

In azzurro sono indicati i ponti sospesi stradali, in nero i ponti sospesi stradali-ferroviari, in verde i ponti strallati (Fig. 2), in arancione quelli che ad oggi rappresentano il limite massimo della lunghezza delle campate, ovvero l'Akashi Kaikyo e il Çanakkale 1915 Köprüsü e in rosso il Ponte sullo Stretto di Messina.

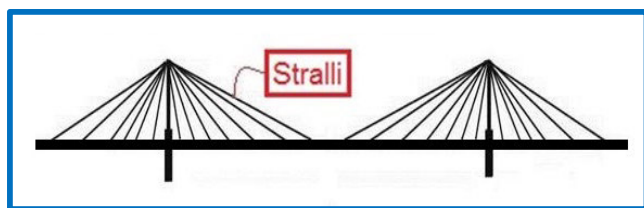


Fig. 2

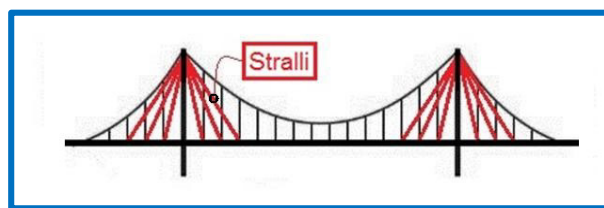
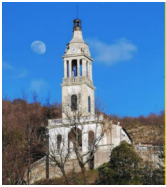


Fig. 3

Da una prima osservazione del grafico, si rileva che il **“ponte sospeso stradale-ferroviario”** con la campata più lunga al mondo risulta essere il **Tsing Ma**, in Cina (1997): **1.377 m**.

Il Terzo Ponte sul Bosforo (2016) ha una luce massima di **1.408 m** ed è predisposto per ospitare due binari ferroviari, ma la sua struttura è mista: sospeso e strallato (Fig. 3).

² G. Saccà, *L'attraversamento stabile dello Stretto di Messina*, CIFI120, Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, Milano 12 dicembre 2019, pag. 76. Lo schema è stato integrato e rielaborato.



Nel diagramma i segmenti arancione rappresentano due singolarità; dopo la costruzione dell'Akasci Kaikyo ad arrivare al Çanakkale 1915 Köprüsü, sono stati realizzati ventinove ponti sospesi di grandi dimensioni (escludendo quelli strallati indicati nella Fig. 1).

Solo tre di questi hanno la campata massima superiore a 1.600 m:

- **Great Belt Bridge**, Danimarca 1998, stradale **1.624 m**
- **Xihoumenbridge**, Cina 2009, stradale **1.650 m**
- **Humen Pearl Bridge**, Cina 2019, stradale **1.688 m**

La luce media calcolata sulla base dei citati ventinove ponti, risulta pari a **1.235 m**.

Osservando sempre la Fig. 1, si nota come l'evoluzione della lunghezza delle campate si è sviluppata interamente nell'intervallo temporale tra il 1931 e il 1998 (linea rossa tratteggiata); afferma il prof. Mazzolani: ³

“Dal superamento della luce limite di 1.000 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” (L'articolo è del 2004, n.d.r.).

Ora, ammettendo di massima (ed ottimisticamente) che l'evoluzione tecnologica futura (nelle procedure operative di montaggio, nei materiali, nei metodi di calcolo e quant'altro) raddoppi il parametro dei 13 m/anno in 26 m/anno, per realizzare i 1.273 m mancanti tra il Çanakkale 1915 Köprüsü ed il Ponte sullo Stretto, ad arrivare ai 3.300 m di quest'ultimo necessiterebbero $1.273 \text{ m} : 26 \text{ m/anno} \cong 50 \text{ anni}$

D'altronde nei 24 anni intercorsi tra l'Akasci Kaikyo e il Çanakkale 1915 Köprüsü, l'incremento annuo è stato di $32 \text{ m} : 24 \text{ anni} \cong 1,3 \text{ m/anno}$; e ciò a convalida di quanto sta emergendo a riguardo dei ponti sospesi, ovvero che i 2.000 m di luce rappresentano all'incirca il limite massimo delle campate per questo tipo di strutture (stradali).

Quanto sopra alla luce del fatto che il progresso della tecnica del tutto imprevedibile che si è avuto negli ultimi decenni in alcuni campi, come ad esempio nei semiconduttori, non si è verificato nell'ingegneria civile dove gli sviluppi di queste tecnologie si sono sempre susseguiti nel tempo in modo quasi del tutto lineare, senza mostrare particolari impennate.

E' ovvio che non appare realizzabile un salto di 1.273 m per passare dai 2.023 m ai 3.300 m senza alcuna realizzazione intermedia (non esistono ponti tra i 2.000 m e i 3.300 m) che possa fornire nuove risultanze sperimentali e nuove teorie, in special modo a riguardo della prevista ferrovia quando come si è già detto, la massima campata per un ponte ferroviario ad oggi risulta attestata sui **1.377 m** del **Tsing Ma** realizzato nel 1997.

³ **F.M. Mazzolani**, *L'attraversamento stabile dello Stretto di Messina. Alcune considerazioni estemporanee sulla realizzazione di quello che sarà il ponte sospeso più lungo del mondo per l'attraversamento dello stretto di Messina*, **SIDERWEB** la Community dell'acciaio, 4 agosto 2004, pag. 3.

Prof. Federico Massimo Mazzolani, Dipartimento di Analisi e Progettazione Strutturale, Università di Napoli "Federico II".



Le deformazioni

I ponti sospesi di per sé risultano essere strutture estremamente snelle sia a riguardo dei carichi verticali (il peso proprio, il traffico stradale e ferroviario) che a quelli orizzontali (in special modo al vento).

Nei saggi e negli articoli inerenti i ponti sospesi si cita sempre, nel descrivere gli effetti del vento, il collasso del ponte di Tacoma (Fig. 3) nello stato di Washington avvenuto nel 1940 quattro mesi dopo la sua inaugurazione (con una campata di 853 m era il terzo ponte più lungo al mondo); la velocità del vento risultava essere inferiore a quella di progetto.⁴

All'epoca, non erano ancora conosciuti a fondo tali effetti su questi tipi di strutture e anche da lì nacquero i primi studi interdisciplinari tra l'aeronautica e la tecnologia dei ponti sospesi.

Ovviamente i passi in avanti sono stati moltissimi fino ad arrivare a sezioni del ponte che possiedono un profilo alare aerodinamico come quello degli aerei al fine di minimizzare gli effetti indotti dal vento.

In Fig. 4 è rappresentata la sezione trasversale del Ponte sullo Stretto; quest'ultima, definita dagli studiosi "impalcato aerato", è costituita da tre distinti cassoni "alari".

La medesima tecnologia è stata adottata per il Çanakkale 1915 Köprüsü (Fig. 5) **con la non trascurabile differenza che il ponte è più corto di 1.273 m e non è prevista alcuna linea ferroviaria.**



Fig. 3

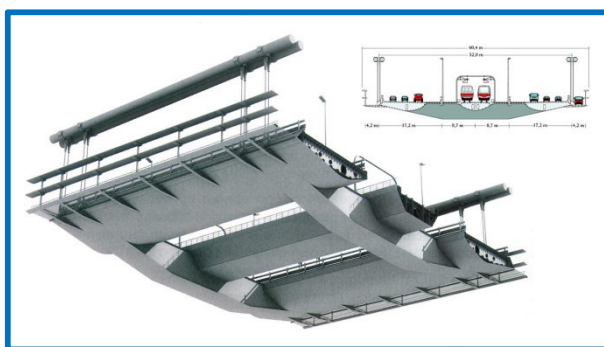


Fig. 4

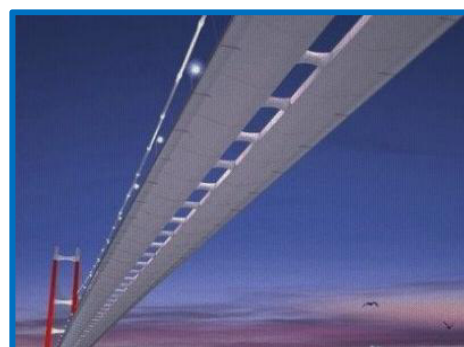


Fig. 5

Al fine di poter valutare le dimensioni dell'opera, in Fig. 6 sono stati messi a confronto il Ponte sullo Stretto (campata da 3.300 m, altezza delle torri 383 m) ed il Golden Gate di Los Angeles del 1937 (campata da 1.280 m, altezza delle torri 227 m).

⁴ E' interessante visionale l'evento del collasso al link di seguito per poter meglio comprendere questa tipologia di fenomeni indotti dal vento. Questo vecchio filmato dell'epoca oggi reperibile sul web, una volta lo si proiettava come film Luce agli studenti di ingegneria.

<https://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs&t=82s>



Si elencano di seguito alcuni dati globali inerenti le deformazioni verticali e orizzontali indotte dal traffico ferroviario e dal vento.

Detti valori sono estratti dal testo ⁵ (Fig. 7) edito per conto della “casa madre” **Stretto di Messina S.p.A** e redatto da alcuni dei tecnici che hanno partecipato allo sviluppo dell’attuale progetto del Ponte sullo Stretto, normalmente classificato **definitivo**.

La Fig. 8 estratta dal suddetto testo mostra la deformazione dell’impalcato al procedere di un treno su di esso ⁶; la massima deformazione si manifesta quando il treno passa per la mezzeria dell’impalcato stesso e quest’ultimo si abbassa di 2,2 m.

Ovviamente se due treni dovessero incrociarsi nella mezzeria la deformazione raddoppierebbe (4,4 m); e ciò vale per qualunque punto dove si verifica l’incrocio; questi valori non sono assolutamente congruenti con l’efficienza di una linea ferroviaria e tanto meno con quella di una carreggiata stradale.

A riguardo gli effetti della spinta del vento, con una velocità di quest’ultimo pari a 30 m/sec, (110 km/h) l’impalcato si sposta lateralmente di circa 3 m nella sua mezzeria; per una spinta pari al doppio (60 m/sec pari a circa 220 km/h) lo spostamento previsto è di 10 m; quest’ultimo valore è stato determinato in galleria del vento su modello aeroelastico.⁷

Nella Fig. 9 della pagina successiva le immagini relative alle prove in galleria del vento dell’Akasci Kaikyo (in sinistra) e del Ponte sullo Stretto (in destra).

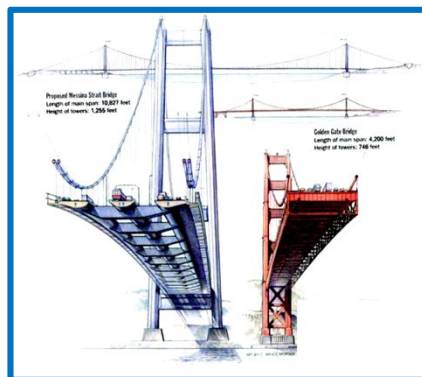


Fig. 6

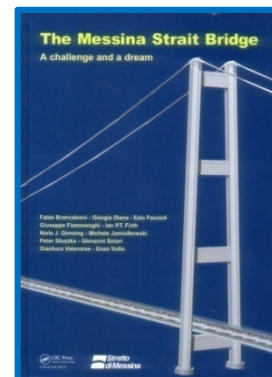


Fig. 7

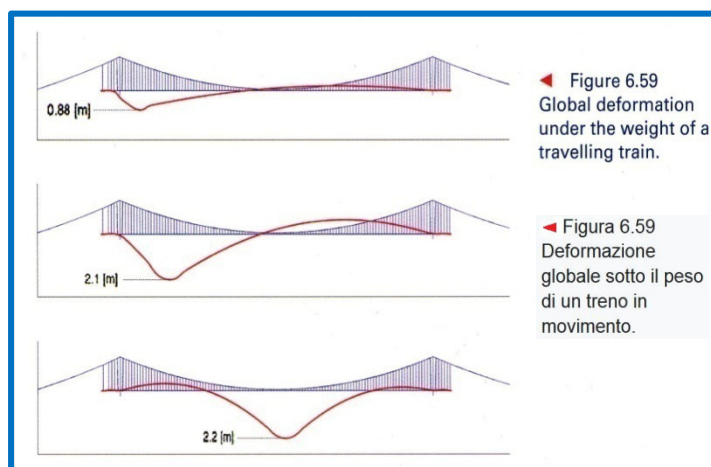


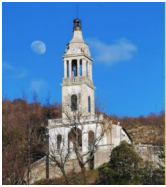
Fig. 8

⁵ **The Messina Strait Bridge A challenge an a Dream**, Stretto di Messina S.p.A, Roma, CRC Press Boca Raton London Vew York Leiden, 2009.

Autori: Prof. Fabio Brancaleoni, Università di Roma Tre; Prof. Giorgio Diana, Politecnico di Milano; Prof. Ezio Faccioli, Politecnico di Milano; Jan P.T Firth, Flint & Neill Limited (Gran Bretagna); Niels J. Gimaing, Technical University of Denmark; Michele Jamiolkowski, Politecnico di Torino; Peter Sluszk, Ammann& Whitney Consulting Engineers (USA); Giovanni Solari, Università di Genova; Gianluca Valensise, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Enzo Vullo, Stretto di Messina S.p.A.

⁶Op, cit. pag. 227.

⁷Op, cit. pag. 209.



La prova sul modello dell'Akashi Kaikyo ha provocato uno spostamento orizzontale equivalente a 30 m; la differenza rispetto ai 10 m del Ponte sullo Stretto è dovuta principalmente alla maggiore resistenza al vento del ponte di Akashi con struttura reticolare rispetto a quella di Messina di tipo alare.

Risulta ovvio pensare che quando si verificano queste particolari condizioni meteorologiche (e nello Stretto non risultano rare), il ponte va posto fuori servizio.⁸

A tal riguardo il prof. Fritz Leonhardt considerato uno dei massimi esperti di ponti dello scorso secolo, nel convegno di Roma "L'attraversamento dello stretto di Messina e la sua fattibilità" del 4-6 Luglio 1978 organizzato dalla Accademia dei Lincei, affermava:

"Non dare troppa fiducia ai modelli dei test in sezione nelle gallerie del vento o alle teorie dedotte, in quanto una campata da 3.300 m è molto al di là del campo di esperienza. Nello Stretto di Messina, a differenza di una galleria del vento dove viene usato un vento costante, si verificano con frequenza tempeste con forti raffiche".

Ultima considerazione, il prof. Majowiecki alla domanda "Ma è davvero così pericolosa l'azione del vento per un ponte?", rispose (a riguardo il Ponte sullo Stretto):

"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. È come se fosse un'amaca sospesa che oscilla a destra e a sinistra e per tornare nella posizione iniziale impiega appunto 30 secondi".^{9 10}

E nella stessa intervista, a riguardo il rischio sismico il prof. Majowiecki affermava:

"Il ponte di per sé, nella sua parte sospesa ha periodi propri di oscillazione che non entrano in sintonia con le alte frequenze dei sisma. Semmai i rischi maggiori riguardano i piloni ed i possibili spostamenti relativi tra le due coste¹¹. 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".

⁸ Le specifiche riguardanti il traffico sulla carreggiata superiore in presenza di vento per il **Tsing Ma** (il ponte ha due livelli), per velocità del vento compresa tra i 50 e i 75 km/h (per oltre 10 minuti) impongono il trasferimento dei veicoli sensibili (altezza fino a 1,60 m, motocicli e tricicli a motore) dall'impalcato superiore a quello inferiore (a sezione chiusa) con limite di velocità di 50 km/h. Con velocità del vento superiore ai 75 km/h, le carreggiate superiori saranno chiuse al traffico e quest'ultimo verrà trasferito interamente nelle carreggiate inferiori. Con velocità del vento superiore a 190 km/h le due carreggiate verranno poste entrambe fuori servizio.

⁹ **M. Majowiecki**, *Il Ponte di Messina, un'amaca al vento*, l'Unità 28 giugno 2002, pag. 11.

Prof. Massimo Majowiecki, Tecnica delle costruzioni e Strutture Speciali Università di Bologna.

¹⁰ Nel testo di cui alla nota 5, alla pag. 185 è riportato un valore di 32 secondi.

¹¹ A tal proposito c'è da ricordare che il ponte Akashi con le torri già in opera, durante il terremoto di Kōbe del 1995 di intensità pari al 6,9 della scala Richter subì uno spostamento della torre sud rispetto alla nord di circa 1 m; in seguito a questo la campata prevista di 1.990 m dovette essere riprogettata per una lunghezza di 1.991 m. Al terremoto di Messina del 1908 si assegna una magnitudo di intensità pari al 7,3 della scala Richter.



Fig. 9



Conclusioni

Alla luce di quanto esposto, le deformazioni verticali dovute dai carichi indotti dal traffico sull'impalcato e le oscillazioni orizzontali indotte dal vento (tralasciando altre importanti tipologie di sollecitazioni quali le vibrazioni indotte principalmente dal traffico ferroviario, fenomeni di risonanza ecc) possono provocare seri rischi di stabilità nelle strutture dei ponti sospesi quanto più queste deformazioni ed oscillazioni aumentano in funzione della luce della campata.

E' stato già detto come una deformazione in mezzera di 2,2 m e una oscillazione orizzontale massima di 10 m non è assolutamente compatibile con un utilizzo efficiente di una ferrovia ed anche di una strada; e **questi valori sono stati forniti dalla stessa società Stretto di Messina S.p.a.**; inoltre nel volume di cui alla nota 4, non è riportato alcuna entità della deformazione verticale nel caso di un carico combinato stradale più ferroviario; risulta ovvio che la deformazione risulterebbe di gran lunga superiore ai 2.2 m.

Ora, nella Delibera 24/2009 della Corte dei Conti, Sezione centrale di controllo sulla gestione delle Amministrazione dello Stato, dal titolo "**Esiti dei finanziamenti per il ponte sullo Stretto di Messina**"¹² (Fig. 10), a pagina 16 del suddetto documento, la nota 20 è interamente dedicata agli aspetti tecnici inerenti la lunghezza della campata (3.300 m) posta a confronto con quelle delle altre grandi opere esistenti (tutte elencate), puntualizzando sulla grande differenza tra l'entità della prima rispetto a quelle realizzate; al termine di detta nota, si cita il rapporto finale **Steinman**¹³ sugli "**Approfondimenti di aspetti tecnici di carattere specialistico del progetto di massima del ponte sullo Stretto di Messina**", presentato al Ministero dei Lavori Pubblici nel novembre 2000 ove si afferma:



Fig. 10

"L'oscillazione (verticale, n.d.r) del ponte è stimata sino a 7 m in presenza di effetti termici e di carico anche se rari (1 treno e traffico intenso), risultando in tal modo il canale navigabile per un'altezza di 57 metri rispetto ai 64 metri previsti in progetto".

Ora, considerando valida in prima approssimazione la puntualizzazione di cui sopra, l'altezza utile di 64 m per di più ridotta a 57 m, non risulta essere più conforme al transito dei cargo portacontainer e navi da crociera di ultima generazione¹⁴, veri e propri giganti del mare; sotto questo aspetto il progetto andrebbe rivisitato.

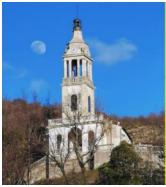


Fig. 11

¹² https://www.lavoripubblici.it/documenti2010/lvpb1/relazione_cortedeiconti_strettodimessina.pdf

¹³ Steinmann International, advisor tecnico del Governo.

¹⁴ L'Allure of the Seas e la sua gemella Oasis of the Seas (Fig. 11), navi da crociera, misurano 72 m di altezza dalla linea di galleggiamento.



Ricapitolando:

- Le massime luci ad oggi realizzate si attestano sui **2.023 m** per i ponti stradali e **1.377 m** per quelli ferroviari (limiti imposti delle attuali conoscenze tecnologiche), ben lunghi dai **3.300 m** del progetto del Ponte sullo Stretto;
- L'abbassamento della mezzeria del ponte durante il transito di un treno senza traffico rotabile è pari a **2 m** (The Messina Strait Bridge, nota 5); sotto carico eccezionale è di **7 m** (Steinmann International, advisor tecnico del Governo);
- L'oscillazione orizzontale sotto la spinta del vento di **30 m/sec** (pari a circa **110 km/h**) è di **3 m**; sotto la spinta di **60 m/sec** (pari a circa **220 km/h**) è di **10 m** (The Messina Strait Bridge, nota 4); Il prof. Majowiecki parla di un ordine di grandezza di **15 m**;
- Per ultimo, sono molte le critiche a riguardo quello che viene presentato come progetto definitivo ma che in effetti è lo stesso progetto di massima con inserite irrilevanti modifiche.

Si provi ad immaginare di attraversare il ponte mentre si verificano una o entrambe le condizioni di cui sopra.

In questa sede ed in poche paginette sarebbe stato pretestuoso esaurire la problematica di questa opera che comprende complessi aspetti strutturali, geologici, geotecnici, sismici, di montaggio, economici, di impatto ambientale, di flussi di traffico ecc. tutti analizzati negli anni da studiosi ed esecutori di opere similari; ma si pensa che i pochi parametri forniti relativi alle luci e alle deformazione dei ponti sospesi, permettano a chi legge di poter intanto esprimere una personale opinione sulla fattibilità dell'opera e sulla sua fruibilità.

Ora senza entrare nelle polemiche da tifoserie **"il ponte s'ha da fare"** e **"il ponte non s'ha da fare"**, risulterebbe più utile per tutti che venga fornita una risposta definitiva alla domanda:

"Il ponte ad una sola campata da 3.300 m, facendo riferimento alle sole opere fuori terra (escludendo quindi gli aspetti geologico-geotecnici, sismici e quant'altro, anch'essi estremamente complessi) e alle relative risultanze emerse in relazione alla sua deformabilità valutati sulla base degli studi effettuati, ad oggi è tecnicamente realizzabile? E una volta realizzato è fruibile in assoluta sicurezza?"

Possibilmente una risposta con il solo supporto, in contraddittorio, degli studiosi delle tante problematiche in gioco; e non da parte dei politici-politicanti pro tempore...

Il testo **"Il mitico ponte sullo stretto di Messina"** di Aurelio Angelini propone *"un'accurata cronistoria delle lunghe vicende scientifiche, tecniche, politiche ma anche sociali legate all'ipotizzata costruzione del Ponte di Messina, nel corso della quale, accanto alla descrizione del susseguirsi degli eventi e delle decisioni in ambito politico e socio-economico, si evidenziano i differenti punti di vista del dibattito scientifico sull'opportunità o meno di realizzare nel contesto dello Stretto di Messina un'opera di dimensioni "colossali" (dalla Presentazione di Giovanni Puglisi)*. Il testo è reperibile in cartaceo ed ora anche sul web: <https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/53246/304661/IL>

