



el puente Verrazano-Narrows, en Nueva York

Información amablemente facilitada por
Triborough Bridge and Tunnel Authority

sinopsis

La entrada en servicio del nuevo puente Verrazano-Narrows, situado en la bocana del puerto de Nueva York, ha constituido un resonante éxito para la ingeniería civil. Aunque la luz del Golden Gate es muy similar a la de esta obra, los métodos constructivos y no pocos detalles difieren esencialmente.

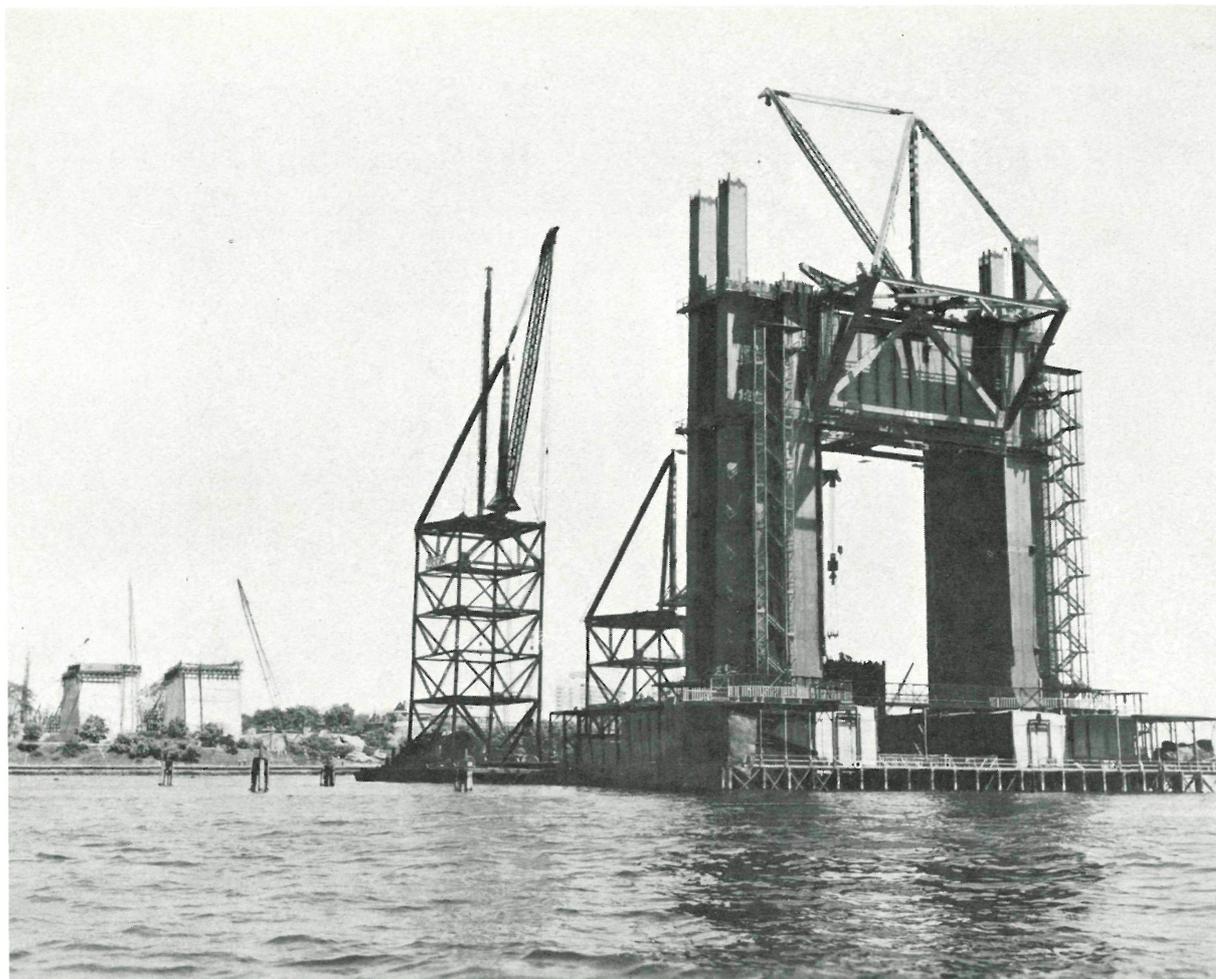
Resalta en primer lugar el reducido período de tiempo empleado en la ejecución y el derroche de precisiones en cada una de sus partes, entre ellas el considerar la esfericidad terrestre para determinar la luz entre ejes de torres en la parte superior e inferior de las mismas.

Constituye notable interés el cajón multicelular empleado para cimientos de las torres, que ha permitido llegar al firme, partiendo de un islote artificial, con plena estabilidad y seguridad.

Con esta estructura se amplían las actuales luces y se crean nuevas posibilidades. Por el contrario, sigue en pie el problema determinante de la vejez de la estructura, máxime, en este caso, por hallarse cables y anclajes en un medio corrosivo importante como es la atmósfera marina.

564 - 18

Uno de los principales artífices de meritoria mención es el venerable Aurrmann, del que tan rica experiencia y aviso hemos recibido.



Torre del lado de Broocklyn.

Introducción

En el número 160 de INFORMES DE LA CONSTRUCCION se describió el alcance, proyecto y estado actualizado de las estructuras de esta importante obra, orgullo de la ingeniería moderna.

Este puente, como su antecesor, el de Broocklyn, tuvo su motivo y momento. El último ha experimentado profundas reformas para remozarle y capacitarlo de acuerdo con las actuales necesidades del tráfico. Desde la puesta en servicio hasta la reforma pasaron unas décadas. Nadie podría sorprenderse si, aun en menor período de tiempo, el Verrazano-Narrows experimenta un proceso similar.

La prevención que a todo proyectista retiene en primer grado, es conservar la continuidad funcional futura dentro del siempre supuesto desarrollo evolutivo de la función original. Las cosas actuales van excesivamente de prisa para poder asegurar esta ingenua aspiración en las grandes urbes, donde las previsiones caen forzosamente dentro del dominio de la Administración, y ésta, dentro del cambio continuado de los equipos que la orientan y aprecian el momento.

En los puentes suspendidos, dos fórmulas sencillas nos hacen comprender rápidamente el juego que liga la tensión, flecha, carga y luz. Para un cable suspendido, la tensión en el soporte será

$$F = \frac{l}{4f} W + \omega \left(\frac{l^2}{8f} + \frac{f}{2} \right)$$

en forma teórica, para la catenaria, y

$$T = \frac{W_1 l^2}{8f} (1 + 16n^2),$$

también en forma teórica, para la tensión en un cable supuesto parabólico y cargado uniformemente.

En estas fórmulas, F es la tensión; ω , peso unitario del cable en la catenaria; W_1 , carga unitaria en el caso parabólico; l , la luz; f , la flecha; $n = f/l$, y W , la carga concentrada, suponiendo en uno y otro caso los soportes al mismo nivel.

En las dos fórmulas fundamentales entran en juego tres variables, l , f y n ó l , f y W , que se reducen a dos una vez fijado n y W . Estos dos últimos valores se derivan de la experiencia y necesidad respectivamente.

Todo concepto presenta dos aspectos: uno sencillo y otro simplista. Sería simplista la utilización de estas fórmulas fundamentales sin mayor análisis o ulterior consideración. Como el número de variables que pueden afectar las fórmulas es de consideración, al despreciar gran número de ellas confesamos la carencia de rigor absoluto. El viento, su efecto, oscilación, rigidez, temperatura, deformación lenta y esfericidad terrestre, entre otras, son las variables que complican las fórmulas, por lo que su influencia es del mayor interés.

Roebing, Ammann y Steinman son tres hitos que han jalonado un camino que nos llevó a las grandes luces. Por ser sus contribuciones de carácter realizador se centran preferentemente en el orden práctico, pues en el juego de variables nada se ha alterado fundamentalmente.

Una simplificación en aras de sencillez, que afecta a la fórmula fundamental, consiste en dar al cable una flexibilidad que no tiene. Este fenómeno no inquietó a ninguno de los tres anteriormente citados, ni tampoco el mecanismo intramolecular de los materiales y aún menos la determinación de vejez y fatiga actualizada de los mismos.

El desconocimiento riguroso de estos fenómenos en todos los materiales terreneales no permitió a estos tres notables ingenieros predecir la vida que a sus magníficas obras les esperaba, arma que utilizaron no pocos simplistas y detractores.

Hoy, después del Golden Gate y Narrows, la experiencia acumulada es voluminosa, y a nadie es dado negar la posibilidad racional de un aumento consistente de la luz actual del tramo central del Verrazano-Narrows.

La rigidez ha sido motivo de no pocas controversias, y ésta con su tablero llamado rígido y oscilación propia fueron factores decisivos en la catástrofe del puente Tacoma.

Las vacilaciones sensatas en el comportamiento de los llamados empotramientos y repartición de cargas y momentos son problemas que, como la estabilidad, vejez y resistencia de los puentes suspendidos, se han resuelto introduciendo supuestos que han de analizarse en sus consecuencias en cada obra con carácter de utilidad pública.

El problema es, pues, general, y del acertado juicio y elección de métodos y materiales depende, en su mayor parte, el éxito o inconsistencia de la obra.

Gestación del puente

Después de grandes críticas y período de tiempo se llegó a 1942, año en que el Estado de Nueva York adjudicó 50.000 dólares para la redacción de un proyecto de túnel bajo los Narrows.

En 1946, el Estado de Nueva York autorizó a Triborough Bridge and Tunnel Authority, entidad autónoma, para construir un puente que salvase la bocana de entrada al puerto de Nueva York.

A partir de este momento empezaron las gestiones interminables de cesión de una a otra autoridad y tramitación para disponer del terreno e instalaciones que el ejército disponía en los lugares de ubicación de los estribos del puente. Finalmente, y después de enconadas deliberaciones, en las que aparecía el espectro del túnel se llegó al 13 de agosto de 1959, fecha en que empezaron las obras.

Ya en 1954 se encargó el estudio y proyecto del puente a Ammann & Whitney. En junio de 1959 se presentaron los primeros proyectos de iniciación y Pliegos de Condiciones.

Simultáneamente con la formación y estudio del proyecto de ejecución, la Triborough Authority desplegó una actividad portentosa para negociar económicamente el puente, emitir obligaciones y expropiar e indemnizar o trasladar a las familias afectadas por la expropiación.

El puente

Su nombre se debe al famoso marino y explorador italiano Giovanni da Verrazano, descubridor de Nueva York, empresa que se realizó bajo los auspicios de Francisco I de Francia en 1524.

Los puentes suspendidos de mayores luces en América son:

Verrazano-Narrows	1.298 metros	San Francisco-Oakland Bay	704 metros
Golden Gate	1.280 »	Bronx-Whitestone	701 »
Mackinac	1.158 »	Throgs Neck	548 »
George Washington	1.066 »	Brooklyn	486 »
Tacoma Narrows	853 »		

Los puentes suspendidos europeos de grandes luces son: el de Tancarville, sobre el río Sena (Francia), que tiene 600 m de luz, y el de Forth, en Edimburgo (Escocia), de 1.005,80 metros.

Todos los puentes se dilatan, pero en el de Narrows es tal que produce un descenso de 3,65 m en el tablero. Como la altura libre sobre aguas en pleamar, de 70 m, es más que suficiente para asegurar la navegación bajo el puente, estas diferencias de nivel en el tablero no afectan a la navegación y apenas si son perceptibles a los usuarios del puente.

Las torres se apoyan, en cada uno de los dos montantes, sobre un gran cajón, de 39 × 70 m, provisto de 66 células cilíndricas de 5,20 m de diámetro. Estos cajones se hundieron partiendo de un islote al efecto creado y excavando en el fondo de cada célula hasta descender al banco rocoso reconocido en sondeos preliminares.

El hormigón colocado en los bloques de anclaje se eleva a 265.000 m³ en total. Cada cordón se amarra a una argolla prevista en el anclaje para él. Estos bloques absorben el esfuerzo de los cuatro cables, de 0,91 m de diámetro, que tiene el puente.

Cada una de las torres tiene 210 m de altura sobre el mar, se apoyan sobre dados revestidos con sillería granítica y transmiten a su base un esfuerzo de 133.000 toneladas.

Para la formación de los cables se instaló en obra una verdadera trefilería. El trefilado de los 26.108 alambres para constituir 61 cordones de 428 alambres en cada cable ha sido una operación muy particular empleada únicamente en estos casos excepcionales. Terminado el trefilado unas prensas hidráulicas le dieron, por presión, forma cilíndrica y, finalmente, se le protegió con la envoltura de un cable arrollado en forma de espiral.

El tablero o estructura de rigidez se preparó en un taller y se transportó, por trozos, y vía marítima, a pie de obra. Como en la bocana que salva el puente la corriente es muy sensible, las barcas que transportaban los trozos de tablero tuvieron que anclarse. Al terminar la colocación del tablero, el puente descendió unos 8 metros.

La losa del tablero, de hormigón armado, tiene un espesor de 15 cm. La calzada consta de tres bandas de circulación para cada dirección y se ha previsto otra inferior, que se construirá más adelante y cuando la circulación así lo exija.

En la construcción de esta importante obra ha trabajado un gran número de personas de distintas características, que van del aprendiz al especialista más depurado y del nacional al de las más distintas nacionalidades, pasando por momentos de máximo absoluto en el que el número total se elevó a 1.200 productores.

Durante la construcción, pero con otros cometidos, fueron muchos los colaboradores que se ocuparon de transportes, operarios de talleres de prefabricación, expertos financieros, cuadros de autoridades públicas y centenares de ingenieros, de delineantes y, entre ellos, bastantes arquitectos. De todo este personal merece especial mención Othmar H. Ammann, autor de no pocos proyectos de este tipo.

Actualmente octogenario, Ammann, de origen suizo, llegó a los EE. UU. en 1904, se especializó en estructuras y fue encargado de la redacción de proyectos de ejecución de varios puentes importantes, entre ellos, por citar uno, el de Washington, en Nueva York.





Perspectiva hacia el futuro

La Triborough Bridge and Tunnel Authority ha realizado obras por valor de 360 millones de dólares que, sumados a los 305 correspondientes al puente Verrazano-Narrows, representan un volumen de 40.000×10^6 pesetas, sin que por esto se dé por terminada la labor de esta importante entidad, pues mientras dure la próspera producción del país y la presencia de 120×10^6 de vehículos previstos para el año 1980, los problemas viales exigirán una reacomodación y ordenación continuada, lo que implícitamente nos lleva a prever y determinar la curva de necesidades viales futuras.

Entre las obras de este tipo de mayor interés figuran tres arterias colectoras y un túnel Queens-Midtown que requieren inmediata atención. Pero la obra cuya gestación se presenta más dilatada y que cada día se siente mayor necesidad, es el paso que ha de salvar la bahía de Long Island Sounds.

En un principio, y como primera aproximación, se presenta favorable un paso superior, similar al de Verrazano-Narrows, entre Oyster-Bay y Port Chester. Aunque de momento no existe ni anteproyecto, se puede augurar que la obra será, por lo menos, de la importancia del Narrows, de la que tanta experiencia se ha obtenido.

Para la solución definitiva se está haciendo un cálculo estadístico del número regular de vehículos que salvan las dos márgenes irrumpiendo y entorpeciendo el tráfico en el casco urbano neoyorkino. Del resultado de este aforo y cómputo de desgaste de vehículos y consumo de gasolina ha de resultar la ubicación, tipo de obra y, naturalmente, los métodos constructivos.

Como en los EE. UU. las cosas van muy de prisa, confiamos que pronto podremos anunciar la solución que a tan interesante proyecto se ha de dar, y no dudamos aparezcan en él innovaciones estructurales.

*Traducido y adaptado por
J. J. Ugarte.*



Plano de situación del paso en estudio sobre Long Island Sound.

Le pont Verrazano-Narrows   New York

Information aimablement fournie par Triboroukg Bridge and Tunnel Authority.

La mise en service du nouveau pont Verrazano-Narrows, situé à l'entrée du port de New York, a constitué un notable succès pour le génie civil. Bien que la portée du Golden State soit très similaire à celle de cet ouvrage, les méthodes constructives et beaucoup de détails diff rent essentiellement.

Il est à signaler en premier lieu la période réduite de temps employé pour l'exécution et la quantité de précisions appliquées à chacune de ses parties, parmi lesquelles la prise en considération de la sphéricité terrestre pour déterminer la portée entre les axes des tours sur leur partie supérieure et inférieure.

Un intérêt non des moindres est constitué par le caisson multicellulaire employé pour les fondations des tours, descendant jusqu'aux rochers sains, partant d'un îlot artificiel, en toute stabilité et sécurité. Cette nouvelle réalisation a amplifié les portées actuelles et crée de nouvelles possibilités. Par contre, le problème de perte des valeurs caractéristiques originales des matériaux en fonction du temps reste encore à résoudre, particulièrement pour les câbles et ancrages, qui sont soumis à une ambiance corrosive, comme l'atmosphère marine.

Un des principaux personnages dignes d'être mentionnés est le vénérable Aurmann, de qui nous avons reçu autant d'avis qu'une riche expérience.

The Verrazano Narrows Bridge, New York

Information kindly supplied by the Triboroukg Bridge and Tunnel Authority.

The completion of the new Verrazano Narrows bridge, at the entrance to the New York harbour, signifies an outstanding triumph for civil engineering. Although the span of the Golden Gate bridge is very similar to this span the constructive methods, and many details, differ in essential aspects.

Firstly, the very short time taken in the construction is notable and also the great accuracy of calculation of many of its features. For instance, the sphericity of the earth has been taken into account, in determining the span between the axes of the towers, at the top and bottom parts of these.

A multicellular box, used for the foundation of the towers is of great interest. This has made it possible to reach the solid ground, starting from an artificial island, with full stability and safety.

This structure means an increase in existing bridge spans, and new possibilities arise. On the other hand, the problem of the total life of such a structure remains, especially in this case, since the cables and anchorage are situated in a highly corrosive environment, such as the air over the sea.

One of the main artificers of this great work is the venerable Aurmann, from whom such rich experience and knowledge has been passed on to us.

Die Br cke Verrazano-Narrows, in New York

Gegebene Information von Triboroukg Bridge and Tunnel Authority.

Die neue Brücke Verrazano-Narrows, die in Meerenge vom Hafen von New York liegt, hat einen grossen Erfolg für die Zivilingenieure gebildet. Obwohl die Weite von Golden Gate sehr ähnlich mit diesem Bau ist, sind die Bauart und nicht wenig Einzelheiten wesentlich verschieden. An erster Stelle ist die kurze benutzte Zeit in ihrem Bau und der Überfluss von Genauigkeiten in jedem Teil, unter ihnen das Betrachten die erdische Kugelform um die Weite unter Turmachsen im oberen und unteren Teil derselben.

Ein grosses Interesse bildet den benutzten vielfachzellen Kasten für das Fundament der Türme. Dieser Kasten hat bis zu den Grund kommen erlaubt auf Grund von künstlichen Inselchen, mit voll Stabilität und Sicherheit.

Mit dieser Struktur vermehrt sich die heutige Spannweite und bildet neue Möglichkeiten. Umgekehrt ist ein grosses Problem das Alter von der Struktur in diesem Fall noch mehr, weil die Kabeln und Verankerungen in einem wichtigen korrosiven Mittel befinden, wie die Atmosphäre von der See ist.

Man muss den wichtigsten Künstler erwähnen; er ist Aurmann.