

Structural Assessment of the Bridge Juan Bosch

Jose Luis Soto Trinidad, PhD.¹, Jose Manuel Díaz, Ms.¹, and Maximino Heredia Moquete, Ing.¹

¹ Instituto Tecnológico de Santo Domingo República Dominicana. jose.soto@intec.edu.do

Abstract— To know the current state of the infrastructure that connects the main traffic flow in the city of Santo Domingo, this paper presents a structural assessment based on inspections on Puente Juan Bosch and its components. The assessment procedure used was to observe the different parts of the bridge, such as straps and the board surface, taking photographic images and data from the original plans. In addition, a finite element computer model was created based on the mechanical properties and design loads through 2015 V17.1.1 Bridge CSI program. As a result, they were able to find some corrosion damage in some beams and bridge elements, which can be repaired with a maintenance program. Also, results were obtained of the mechanical behavior governed by the deformations that occur in the modeled structure from the load data and design parameters.

Keywords— Damage, Modelling, Load analysis, Bridge, Cable.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.162>

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.162>

Evaluación Estructural del Puente Juan Bosch*

Jose Luis Soto Trinidad (PhD)¹, Jose Manuel Díaz (Ms), and Maximino Heredia Moquete (Ing)¹

Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Área de Ingeniería. Av. Los Próceres, Galá, Aptdos; 249-2 y 342-9. Santo Domingo, República Dominicana. Tel. (809) 567- 9271* Ext. 272, 278. Fax. (809) 565-9587. jose.soto@intec.edu.do

Abstract– To know the current state of the infrastructure that connects the main traffic flow in the city of Santo Domingo, this paper presents a structural assessment based on inspections on Puente Juan Bosch and its components. The assessment procedure used was to observe the different parts of the bridge, such as straps and the board surface, taking photographic images and data from the original plans. In addition, a finite element computer model was created based on the mechanical properties and design loads through 2015 V17.1.1 Bridge CSI program. As a result, they were able to find some corrosion damage in some beams and bridge elements, which can be repaired with a maintenance program. Also, results were obtained of the mechanical behavior governed by the deformations that occur in the modeled structure from the load data and design parameters.

Keywords: Damage, Modeling, Load analysis, Bridge, Cable.

I. INTRODUCCIÓN

El puente Juan Bosch se empezó a construir en el año 1998 y se inauguró en el año 2001 por el Gobierno Dominicano y promovida por la entonces Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones (SEOPC), hoy Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC). Esta infraestructura es el principal puente de la ciudad de Santo Domingo, el cual se construyó con la finalidad de aligerar el tránsito interurbano entre las zonas oriental y occidental en referencia al Río Ozama, conectado la avenida 27 de febrero con la Autopista las Américas, tal como se muestra en la Fig. 1.



Fig. 1 Flujo Vehicular

En la Fig. 1, se puede observar que el puente tiene dos carriles peatonales, 4 carriles para uso vehicular en sentido este-oeste y 2 carriles para uso ferroviario (según el diseño original).

La infraestructura tiene una longitud total de 395.00 m, un ancho variable entre 33.72 m y 30.00 m y aproximadamente una altura de 31.87 m medida en las torres desde el tablero hasta el nivel de terreno natural, tal como se muestra en la Fig. 2.



Fig. 2 Tablero y Columna de Puente Juan Bosch

La superestructura está compuesta por un tablero de hormigón armado apoyado por dos sistemas estructurales separados por una junta de expansión, de los cuales, las losas de los extremos del puente se soportan por vigas I postensadas, mientras que la luz central está soportada por un sistema de vigas postensadas sostenidas por cuarenta y ocho pares de tirantes de acero galvanizado, tal como se muestra en la Fig. 2. Por otro lado, la infraestructura tiene un sistema de hormigón armado constituido por cuatro torres postensadas que sostienen el tablero central y parte del tablero de acceso, así como también, veinte pilas distribuidas en ambos tramos de acceso. La subestructura, el puente se divide en veintidós vanos principales, ver Fig. 3.



Fig. 3 Lado Norte del Puente Juan Bosch

Se ha seleccionado este Puente, ya que constituye una solución vial importante para el País, el cual se debe conservar. Por lo tanto, en este trabajo, se busca hacer una evaluación

general basada en inspecciones técnicas y modelar la infraestructura a fin de conocer su estado actual y de sus componentes.

Para llevar a cabo este estudio se hará uso de la mecánica de materiales, ciencia de los materiales y diseño estructural, entre otras herramientas y método de la ingeniería con la ayuda de programas computacionales y equipos para toma de fotografías.

II. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

El procedimiento utilizado para realizar la evolución estructural del puente consistió en varios pasos que condujeron a los objetivos. Primero, se hizo la lectura de planos estructurales originales del puente [1]. Segundo, se seleccionó un software especializado para análisis y diseño de puentes (CSI Bridge 2015) de acuerdo al tipo de análisis que se perseguía, en este caso, elementos finitos.

Por otro lado, se realizó una inspección visual con toma de fotografías para verificar el estado actual del puente, es decir, daños importantes que puedan comprometer la estructura del mismo y daños por deterioro de elementos no estructurales.

Entonces, se elaboró un primer modelo virtual estructural de puente, es decir, un dibujo en tres dimensiones tal cual está en los planos estructurales, tomando en cuenta para este modelo la infraestructura comprendida entre las juntas de expansión más el vano anexo a estas. Asimismo, se contemplaron algunos detalles que no estaban vislumbrados en los planos del diseño, tales como, separación de tirantes en Pilares principales y su distribución sobre el tablero.

Posteriormente, al modelo virtual, se asignaron las cargas de análisis sísmico conforme al Reglamento para el Análisis y Diseño Sísmico de Estructuras [2] utilizando ecuaciones (1) y (2) para determinar a aceleraciones espectrales de diseño:

$$S_a = S_{DS} \quad ; \quad 0 < T \leq T_s \quad (1)$$

$$S_a = S_{D1} / T \quad ; \quad T > T_s \quad (2)$$

S_a: Aceleraciones espectrales

S_{DS}: Aceleraciones Espectrales asociado a periodos cortos.

S_{D1}: Aceleraciones Espectrales asociado a periodos Largos.

T: Periodos en segundos

Las ecuaciones (1) y (2) se obtuvieron modificando el espectro según el amortiguamiento correspondiente de un 2% e igualando el primer tramo del espectro al valor de aceleración máximo de acuerdo a la norma AASHTO [3], con el propósito de garantizar el desempeño tomando en cuenta la ductilidad. Además, se toman en consideración las cargas de viento según la norma ASCE-7 [4], utilizando las ecuaciones (3) y (4).

Ecuaciones para determinar las cargas de viento en pilares y en tablero:

$$q_z = 0.613 K_z K_{zt} K_d V^2 I \quad (N/m^2); V \text{ en m/s} \quad (3)$$

$$p = q_z G C_N \quad (4)$$

La carga peatonal se tomó de acuerdo a las normas AASHTO [3].

Una vez asignadas todas las cargas citadas, se hizo la simulación del puente con sus elementos y se interpretaron los resultados.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la inspección visual realizada a la estructura, dan amplio conocimiento del estado de daños actual del puente. Se encontró desgaste en varios elementos ocasionados por la corrosión, por el término de vida útil, actos vandálicos que caracterizan la zona, inadecuados procesos de instalación y poco mantenimiento.

Dentro de los daños por corrosión observados esta oxidación de los protectores, produciendo así el desprendimiento del recubrimiento plástico que los envuelve para protección, ver Fig. 4



Fig. 4 Deterioro de Protección de Tirantes

En los desgastes por término de vida útil, se detectó el deterioro de la junta de expansión entre el tablero principal y el tablero de acceso, también, se constató la falta de mantenimiento adecuado como el crecimiento de plantas en zonas críticas, ver Fig. 5



Fig. 5 Desgaste de Junta de Expansión

Los procesos de instalación y construcción inapropiada aseguraron el desprendimiento del recubrimiento en columnas por espesor inadecuado, ver Fig. 6



Fig. 6 Desprendimiento de Recubrimiento

Por último en lo que a daños se refiere, la falta de seguridad en el puente permitió la sustracción ilegal de tapas de alcantarillas, ver Fig. 7



Fig. 7 Retiro Ilegal de tapa de drenaje pluvial.

Además, la respuesta obtenida según análisis del puente bajo cargas de diseño tales como peso propio, cargas de viento y cargas sísmicas, permitió obtener datos que permiten comprender el comportamiento de la estructura bajo el efecto de estas cargas. También, vemos una imagen 3D del modelo estructural, ver Fig. 8.

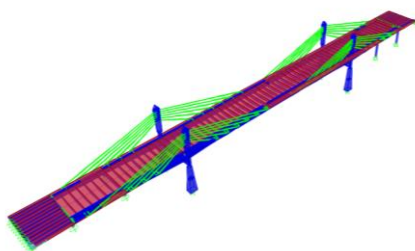


Fig. 8 Modelo 3D Puente Juan Bosch

A continuación se presentan las tablas de respuestas máximas para cada elemento y cada caso de carga analizado.

TABLA I
MÁXIMAS RESPUESTAS A CARGAS UTILIZADAS

Elementos	Parámetros	Cargas de Análisis				
		M	V	S O-E	S S-N	W S-N
Tirante	Carga Axial (KN x 10 ³)	6	2	---	---	---
	Fuerza Cortante (KN x 10 ³)	---	---	---	---	---
	Momento Flector (KN-M x 10 ³)	---	---	---	---	---
Torre	Carga Axial (KN x 10 ³)	71	20	5.5	9.8	0.8
	Fuerza Cortante (KN x 10 ³)	89	0.7	2.7	8.9	0.9
	Momento Flector (KN-M x 10 ³)	12	10	46	153	14
Viga Postensada	Carga Axial (KN x 10 ³)	52	18	---	---	---
	Fuerza Cortante (KN x 10 ³)	7	2	2	2.8	0.7
	Momento Flector (KN-M x 10 ³)	67	25	14	44	4.5

D: Carga Muerta
V: Carga Viva
SO-E: Carga Sísmica Dirección Oeste-Este
SN-S: Carga Sísmica Dirección Norte-Sur
W: Carga de viento

Según La Tabla I, concluimos que la carga axial en los tirantes está controlada por la carga muerta actuante sobre la estructura, esto es el peso propio. En las torres gobiernan las cargas muerta y de sismo en dirección N-S, y en las vigas postensadas las cargas muertas.

TABLA II
MÁXIMAS RESPUESTAS A CARGAS UTILIZADAS

Elementos	Parámetros	Cargas de Análisis			
		Muerta	Sismo O-E	Sismo N-S	Viento S-N
Torre	Deflexiones (mm)	---	---	---	---
	Desplazamientos (mm)	---	46.9	781	92.4
Viga Postensada	Deflexiones (mm)	410	---	---	---
	Desplazamientos (mm)	---	35.00	209	10.3

Los desplazamientos máximos y en las vigas postensadas ocurren con el caso de carga sísmico dirección S-N, y la deflexión en el vano central del tablero principal está gobernada por la carga muerta.

Las siguientes muestran los diagramas de fuerzas internas de los elementos según los casos de cargas señalados.

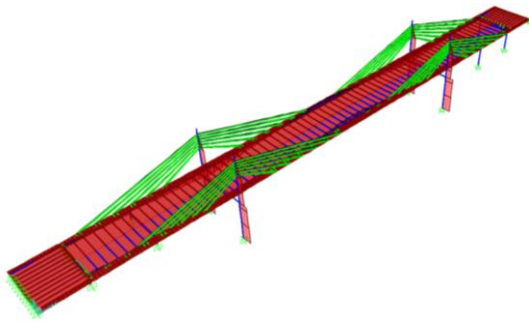


Fig. 9 Diagrama de Cargas Axiales Debido a Cargas Muertas

La Fig.9 muestra que la compresión máxima en los pilares es justo en la base y en la vigas postensadas actúan tensiones tanto de compresión en los apoyos como de tracción en el vano central.

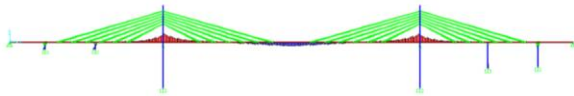


Fig. 10 Diagrama de Momentos Debido a Cargas Muertas

En la Fig.10 se puede observar que el momento máximo negativo debido a cargas muertas ocurre en el apoyo ofrecido por las torres y el momento positivo máximo se produce en el vano central.

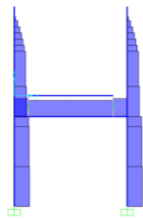


Fig. 11 Diagrama de Cortantes en Torres Debido a Sismo en Eje Y (Dirección Norte)

La Fig.11 muestra la distribución de cortante sobre en las torres, siendo esta incremental, desde la base hasta el tope de la misma.

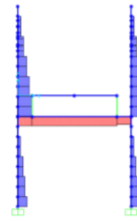


Fig. 12 Diagrama de Cortantes en Torres Debido al Viento en Eje Y (Dirección Norte)

La información que arroja la Fig.12 identifica las zonas donde se produce mayor cortante debido a las cargas de viento.

El análisis modal dio como resultado las características dinámicas del puente, entre estas se obtuvo el periodo fundamental de la estructura o primer modo de vibración con valor de $T=2.23$ s., ver Fig. 13.

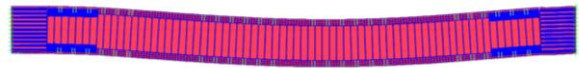


Fig. 13 Primer Modo de Vibración, Periodo $T= 2.23$ s

IV. CONCLUSIONES

Debido a que el puente Juan Bosch es una estructura fundamental que se encuentra en servicio continuo, es constantemente sometido a diferentes estados de carga.

A través de este estudio se pudo constatar que la deflexión máxima en el tablero debido a las cargas vivas del carril de diseño es igual a 158 mm, las cuales no superan los límites de deflexiones de $L/800 = 225$ mm propuesto por las Normas AASHTO. De la misma manera, se determinó que los desplazamientos debido a sismo y viento no exceden los límites permisibles. Se verifico cortante basal determinado para el sismo en dirección sur-norte representa un 70% del peso dinámico de la estructura y en dirección oeste-este un 57% del peso dinámico de la estructura, lo que implica incrementar la fuerza sísmica en la dirección oeste-este hasta alcanzar el 65% mínimo según la norma R-001 [2].

Por otro lado, se observó que existen diferencias notables entre lo construido y los planos evaluados, tales como: variación del tablero en el primer tramo principal del puente, no existe continuidad entre los tirantes a cada lado de las torres, la curvatura vertical del puente no es constante y no existen rieles para tren, sino, que se utilizan todos los carriles para tránsito vehicular.

La infraestructura del puente presenta un avanzado deterioro por oxidación en algunos de sus componentes, tales como: el envoltorio. Esto debido a que el mismo se encuentra ubicado en una zona con alto potencial de corrosión. Cuando se

corrijan estos daños se podrá aumentar la vida útil de la estructura y la seguridad de los beneficiarios de esta obra. Además, para conservarla se necesita un mantenimiento adecuado y recurrente.

El entorno en que se encuentra ubicado el puente lo hace víctima de actos de vandalismo, por lo que es imperante un sistema de seguridad que salvaguarde los elementos de la infraestructura del puente.

AGRADECIMIENTOS

Se le agradece la colaboración y todo el apoyo brindado al personal de la Vicerrectoría de Investigación y Vinculación del INTEC, al Ministerio de Obras Públicas, al ESIMEZ del Instituto Politécnico Nacional de México. También, por soporte otorgado por el Profesor Eric Hernández (PhD.), el Ing. Jose Miguel Pimentel y la Ing. Olga Font.

REFERENCIAS

- [1] MOPC, Planos de Puente Juan Bosch, 1998.
- [2] MOPC, Reglamento para el Analisis y Diseño Sismico de Estructuras R-001, Santo Domingo: MOPC, 2011.
- [3] AASHTO, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2005.
- [4] ASCE, "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures," Virginia, American Society of Civil Engineers, 2010, pp. 259-273.