



BOLETÍN TÉCNICO

DGST No. 1/2023

Importancia de los topes sísmicos en los puentes

En muchas ocasiones se dejan holguras o espacios entre las traveses y el tope, lo cual origina una fuerza de impacto que amplifica las demandas en el tope sísmico, efecto que raramente es considerado en su diseño. Se recomienda colocar placas de neopreno entre las traveses y los topes sísmicos, así, las placas funcionan como amortiguadores y a la vez transmiten la acción sísmica directamente sin llegar a convertirse en un impacto, lo cual suele ser dañino para los topes y para las traveses.

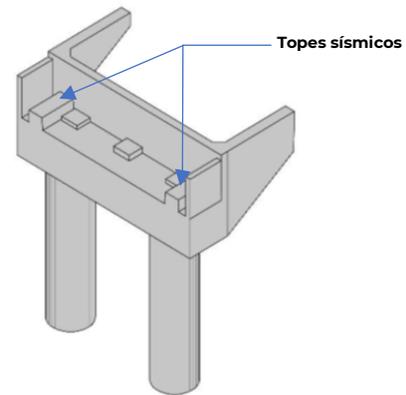


Figura 2. Topes sísmicos tipo ménsula en caballete extremo

INTRODUCCIÓN

Los topes sísmicos tienen como objetivo evitar o restringir el movimiento de la superestructura del puente, producido por los efectos sísmicos. Normalmente se construyen como parte integral del cabezal del puente, a un costado de las traveses, con lo cual limitan el desplazamiento en la dirección transversal de la superestructura durante la ocurrencia de sismos. Desgraciadamente, no se ha tomado conciencia de su importancia al no verificar su comportamiento o no repararlos de manera inmediata después de ser averiados.

El objetivo de este boletín es hacer conciencia de la importancia de estos elementos en el comportamiento de los puentes, durante y después de un evento sísmico y evitar holguras innecesarias entre la superestructura y los topes.

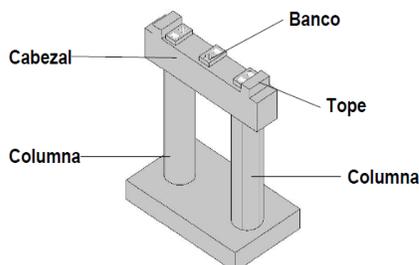


Figura 1. Topes sísmicos tipo ménsula en caballete intermedio

Importancia y funcionalidad

A través de evaluaciones posteriores a la ocurrencia de un sismo, se ha detectado que los topes sísmicos son elementos fundamentales para la estabilidad de un puente. Estos elementos estructurales son de importancia ya que evitan que la superestructura se desplace lateralmente más allá de la holgura dejada entre el tope sísmico y las traveses del puente para evitar un posible colapso y por tanto la incomunicación en la vía.

En el pasado reciente, algunos topes sísmicos dañados no han sido reparados después de un evento sísmico y al presentarse nuevamente este suceso, en algunas ocasiones, ha provocado el desplome de la superestructura.

Fuerzas de Diseño de los topes

En su tesis de maestría "Recomendaciones de Diseño Estructural para Evitar Daños a los Topes Sísmicos de Puentes", el Mtro. Oswaldo Lara Cruz desarrolló un ejercicio específico para obtener la fuerza sísmica considerando el método de elemento finito y las fuerzas de diseño con detalles de unión entre tope y estructura; por otra parte, consideró los criterios de la SICT y de la CFE,

resultando que con el método de elementos finitos, usando topes sísmicos tipo viga, es aproximadamente 1.3 veces menor que la obtenida con las especificaciones de la SICT y aproximadamente 2 veces menor respecto a las especificaciones de la CFE. Además, resultó aproximadamente 2.3 veces menor respecto a las de la AASHTO, aclarando que las especificaciones de la SICT no consideran efectos de ampliación debidos a efectos dinámicos de impacto. En el caso de las especificaciones de la CFE, éstas no establecen explícitamente si se consideran o no efectos de impacto.

Método	Fuerza de diseño (t)	Factor de ampliación	Consideración de impacto
Simplificado	178	-	Sí
Elementos finitos	451	1.00	Sí
Normativa SICT	600	1.33	No
Manual de la CFE	901	2.00	No
AASHTO	1048	2.32	No

Tabla 1. Fuerzas de diseño en topes (Obtenida de la Tesis de Maestría del Mtro. Oswaldo Lara Cruz, UNAM 2013)

Retos para trabajar

Es necesario incluir los topes en los modelos de análisis para lograr una mejor estimación de las demandas en las pilas.

Cuando el tope sufre daños existe una pérdida de rigidez que evita que se generen acciones mayores en las pilas.

Si se colocan topes en el puente, pero se omite su presencia en los modelos de análisis, las demandas de rotación en las pilas se subestiman en los puentes tipo marco con columnas de igual altura, resultan conservadoras en los puentes irregulares con columnas de diferentes alturas y en los puentes con apoyos de neopreno.

Los trabajos de rehabilitación y mantenimiento que se han generado a partir del programa SIPUMEX han favorecido la adición de topes sísmicos en varios puentes, no obstante, los resultados no parecen del todo satisfactorios para

la integridad de los topes. Uno de los problemas que se presentan al colocar topes sísmicos es que éstos pueden fallar por tensión diagonal, aunque ayudan a que la superestructura no colapse. Otra desventaja es que al fallar por cortante, las trabes se mueven y se desalinean por lo que hay que colocarlas nuevamente y reconstruir el tope sísmico.



Figura 3. Topes sísmicos tipo ménsula donde existe separación no conveniente entre trabes y tope en caballete

Recomendaciones

Las siguientes son algunas recomendaciones que el Mtro. Oswaldo Lara Cruz considera apropiadas y propone para el procedimiento de revisión y diseño de los topes sísmicos de puentes prefabricados:

- El diseñador puede calcular si ocurrirá el choque entre el tope y la superestructura. Se propone una distancia máxima de 8 cm con el fin de evitar una inestabilidad geométrica y daños en las placas de apoyos de neopreno.
- Cuando se determine que existirá un choque entre la superestructura y el tope sísmico será necesario diseñar los topes sísmicos con una fuerza que incluya los efectos de impacto. Se propone que los topes sísmicos sean tipo viga para poder realizar reducciones por ductilidad. Adicionalmente, los topes intermedios se proponen como segunda línea de defensa ante un sismo de intensidad extraordinaria y así, proporcionar redundancia al sistema estructural.



Figura 4. Topes sísmicos tipo viga en caballete extremo

Conclusiones

Es necesario evitar la generación de fuerzas de impacto en los topes sísmicos, eliminado cualquier holgura entre el paramento de la superestructura y el tope, colocando placas de neopreno entre estos elementos. Así se logra transmitir y distribuir la carga sísmica al tope de una manera más equilibrada y menos perjudicial.

Para el cálculo de las fuerzas dinámicas de impacto de diseño y para la distancia mínima entre la superestructura y el tope sísmico se recomienda realizar un análisis, paso a paso, con registro de temblores reales o simulados o con la combinación de ellos, cuyas intensidades sean compatibles con el riesgo sísmico del sitio en cuestión.

La presencia de los topes sísmicos en los puentes contribuye a la disipación de la energía sísmica de entrada y evita la potencial caída de la superestructura.

El dejar sin reparar los topes sísmicos representa un riesgo que no es conveniente tomar. Existen situaciones donde los topes sísmicos no son reparados y al ocurrir un evento sísmico, la superestructura no presenta restricción de desplazamiento, lo que ocasiona la pérdida de la superestructura.

Si se colocan topes en el puente, pero se omite su presencia en los modelos de análisis, las demandas de rotación en las pilas se subestiman en el puente regular, y son conservadoras en los puentes irregulares y en los puentes con apoyos de neopreno. Es necesario incluir en los modelos de análisis los topes para lograr una mejor estimación de las demandas en las pilas.

REFERENCIAS

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes - Dirección General de Servicios Técnicos. **Manual de Inspección de Puentes**. México, 2018.

Lara Cruz, Oswaldo. **Recomendaciones de Diseño Estructural para Evitar Daños a los Topes Sísmicos de Puentes**. Tesis para optar por el grado de Maestro en Ingeniería. Junio 2013.

Román Salgado V. M.; Gómez Martínez, Roberto; Escobar Sánchez, José Alberto. **Revisión de diseño sísmico de topes laterales de puentes**. Artículo Técnico XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica 1999.

Jara Díaz, Manuel; Álvarez Sereno, José de Jesús; Jara Guerrero, José Manuel. **Algunas Deficiencias de Puentes Sísmicamente Vulnerables**, Artículo Técnico XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural 2006.

Lara Cruz, Oswaldo; Escobar Sánchez, José Alberto; Gómez Martínez, Roberto. **Reducción de daños en los topes sísmicos de puentes**. Artículo Técnico Núm. 536, Colegio de Ingenieros Civiles de México. Diciembre de 2013.

Jara Díaz, Manuel; Samuel Montuar, V. **Influencia de los topes sísmicos en la respuesta transversal de puentes continuos**. Artículo de Revista Palbak No. 41. Abril 2018.