

Resumen

Las redes de transporte terrestre constituyen uno de los principales pilares de la sociedad, siendo esenciales para su funcionamiento social y económico. En este contexto, la resiliencia de sus infraestructuras resulta clave frente a adversidades y eventos extremos. Entre sus elementos más críticos se encuentran los puentes, cuya vulnerabilidad aumenta con el tiempo debido a procesos de deterioro, incrementos en las cargas de servicio y cambios en las condiciones operacionales. La aparición de fallos locales puede desencadenar fenómenos de colapso progresivo; sin embargo, en numerosos casos, dichos fallos no conducen a la pérdida global de la estructura. Esta observación plantea la necesidad de comprender los mecanismos resistentes latentes que permiten a los puentes de celosía metálica resistir la pérdida local de cualquiera de sus componentes sin desencadenar un colapso progresivo.

La construcción del estado del arte sobre colapsos y robustez estructural en puentes permitió identificar un vacío relativo a la caracterización sistemática de estos mecanismos en puentes de celosía metálica. Mientras que en edificios esta línea de investigación ha derivado en reglas prescriptivas y metodologías de diseño consolidadas, en puentes el desarrollo es aún limitado y carece de evidencia experimental sistemática.

La presente tesis doctoral aborda esta brecha mediante la evaluación exhaustiva de la robustez estructural de un puente de celosía metálica representativo, tomando como eje central un estudio experimental a gran escala. El modelo experimental fue diseñado aplicando la teoría de similitud apoyada en el análisis dimensional, garantizando la reproducción fiable del comportamiento estructural y de los procesos de redistribución de cargas. Se ensayó un amplio conjunto de escenarios de fallo correspondientes a la pérdida de elementos pertenecientes a distintos niveles estructurales, bajo configuraciones de carga equivalentes a las del puente real. La respuesta estructural se registró mediante un plan de monitorización extensivo, permitiendo analizar, a nivel de elemento, funcionalidad estructural y sistema global, la activación de caminos alternativos de carga (ALP) y el desarrollo de mecanismos resistentes. El modelo fue además llevado hasta el fallo global

mediante carga incremental para estudiar su comportamiento en régimen no lineal. Los resultados experimentales se complementaron con simulaciones computacionales e interpretaciones analíticas fundamentadas en la mecánica estructural, posibilitando un estudio sistemático de todos los escenarios de fallo de componentes individuales y su influencia en la respuesta estructural.

Como principal contribución, se identificaron y caracterizaron seis mecanismos resistentes latentes que describen la respuesta estructural del puente frente a distintos escenarios de fallo y explican su capacidad para evitar el colapso progresivo bajo determinadas condiciones.

Los hallazgos constituyen una aportación a la comprensión fundamental del comportamiento estructural ante fallos locales en puentes de celosía metálica y establecen una base conceptual y metodológica para la evaluación de su robustez estructural. La caracterización sistemática de estos mecanismos proporciona criterios técnicos que pueden servir de referencia para el desarrollo futuro de metodologías de diseño, evaluación y monitorización orientadas a mejorar la seguridad y resiliencia de estas infraestructuras.

Palabras Clave: Robustez Estructural, ALP, Mecanismos Resistentes, Puentes de celosía de acero, Colapso Progresivo