

Respuesta sísmica de edificios instrumentados

David Murià Vila, Wilhelm Morales Avilés, Ricardo Taborda Ríos, Verónica Correa Giraldo, José Camargo Pérez, Carlos Alonso Cruz Noguez, Gerardo Rodríguez Gutiérrez, Marco Antonio Macías, Santiago Loera Pizarro, José Javier Ferretiz Herrera, Efraín Ovando Shelley

Para la evaluación de los daños en edificios ante eventos sísmicos intensos, se tienen dudas concernientes a las respuestas estructurales dados los diversos tipos de daños observados. Entre los expertos se han generado conjeturas y especulaciones en varios aspectos del comportamiento estructural, así como sobre los sistemas y técnicas de rehabilitación que deben aplicarse en las estructuras dañadas y susceptibles de ser reparadas. Estos hechos indican la necesidad de contar con datos experimentales para esclarecer tales controversias. Si bien existen provechosas investigaciones realizadas en otros países, en México es necesario instrumentar edificios debido a sus características estructurales y a las particularidades de los suelos donde están desplantados. En 1988 se inicia formalmente el estudio de la respuesta sísmica de edificios instrumentados. Todavía no se han obtenido registros de respuestas de edificios ante movimientos de gran intensidad, debido a que en las poblaciones afectadas por dichos eventos, ocurridos después de los de 1985, no había edificios instrumentados. Debido a lo poco frecuentes que son estos sismos, que afectan diferentes regiones del país, es necesario instrumentar algunos edificios representativos en ciudades o poblaciones de diferentes regiones de gran peligro sísmico.

El objetivo del estudio es promover la instrumentación de edificios típicos en las regiones de mayor peligro sísmico del país y contribuir a la comprensión de sus respuestas dinámicas ante sismos de gran intensidad, que es precisamente para estos casos donde subsisten las mayores controversias. Teniendo como meta prioritaria, la determinación de las fuerzas y los amortiguamientos que se presenten durante sismos intensos, a fin de comparar sus valores con los que se diseñan, y analizar la evolución de las propiedades del sistema suelo-estructura.

La importancia de la instrumentación sísmica de edificios estriba en que permite hacer evaluaciones cuantitativas de las excitaciones impuestas por los sismos a las estructuras y de las respuestas de éstas. Estos estudios contribuyen a mejorar los criterios de diseño y evaluación estructurales. Además, estos estudios son valiosos para los programas de operación y mantenimiento de las estructuras, ya que permitirán detectar daños estructurales que podría sufrir, y corregir comportamientos inadecuados de elementos no estructurales con base en datos experimentales. Así como, desarrollar un sistema de alerta para fines de protección civil interna que advertirá, en su caso, de alguna anomalía estructural y determinar si procede o no la evacuación del inmueble.

21

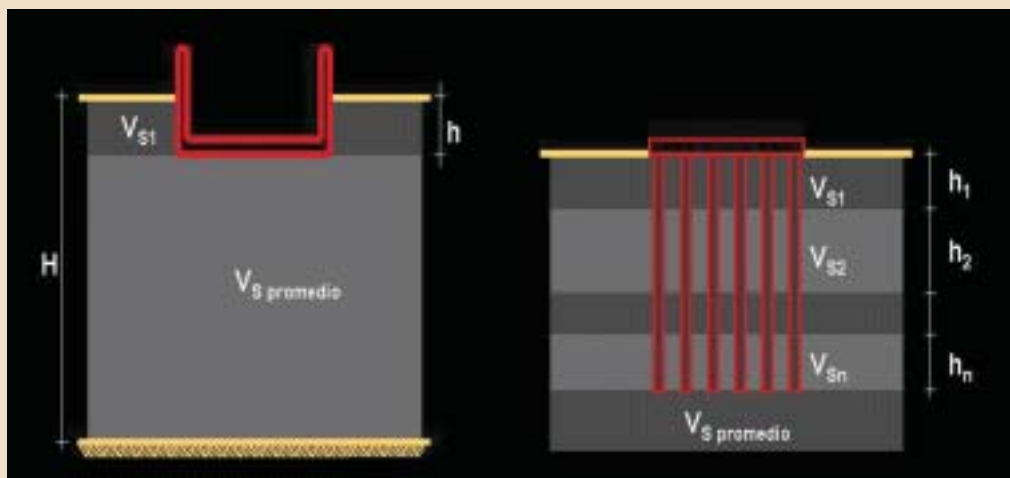


Figura 1. Modelos básicos para estimar las rigideces de la cimentación.

En los últimos tres años se han estudiado las respuestas de cuatro edificios altos instrumentados. Tres de ellos se localizan en los suelos blandos de la ciudad de México y el restante en los suelos blandos de la ciudad de Acapulco. En este periodo se han realizado esencialmente estudios sobre la respuesta simulada ante sismos de gran intensidad del edificio de Acapulco, con base en los registros de sismos de pequeña intensidad que se han presentado y el estudio de los efectos de interacción suelo-estructura (ISE) de los cuatro edificios.

Para el primer estudio, se elaboró un modelo matemático del edificio con un programa de análisis no lineal. Los modelos lineales se calibran con los resultados experimentales obtenidos de sismos registrados en el edificio. Los elementos estructurales se modelan con su respectiva ley de histéresis, previamente calibrada con resultados experimentales. Además, se tomaron en cuenta los efectos fuera del plano a través de resortes. Con la finalidad de obtener un registro sísmico representativo de uno de gran magnitud, se calcularon varias simulaciones a partir de eventos sísmicos registrados en la estación acelerográfica de campo del edificio. Se analizó la respuesta no lineal del edificio a través de las respuestas de desplazamiento, aceleraciones, distorsiones, cortantes y demandas ductilidad. Finalmente, se compararon los valores de los parámetros estructurales determinados de dichos análisis con los de diseño.

En el segundo estudio, los efectos ISE en los cuatro edificios se manifiestan por la presencia de una cimentación constituida por un cajón de concreto reforzado apoyado sobre pilotes. Para el estudio de los efectos ISE se exploraron métodos experimentales y analíticos. Los métodos experimentales empleados se basaron en un análisis espectral y en un método paramétrico modal que se adecuaron para identificar las características correspondientes a los efectos ISE. Los métodos analíticos aplicados fueron los propuestos en las Normas

Técnicas Complementarias por Sismo del Reglamento del DF y el de un programa comercial. Entre los dos métodos hay una diferencia importante relativa a los efectos de grupo de pilotes y los efectos de torsión, que en dichas normas no son considerados.

Los principales resultados de estos estudios son:

Las características de la instrumentación son tales que han generado un número suficiente de registros por cada evento sísmico, lo que permite visualizar la respuesta tridimensional del sistema suelo-estructura y así estudiar los aspectos estructurales y geotécnicos de dicho sistema. Dado que son equipos de alta resolución se han podido analizar los registros de eventos de pequeña a gran intensidad. Con la información generada se han determinado las propiedades dinámicas del sistema, los efectos de torsión, la variación de parámetros y los efectos ISE.

A pesar de los pocos edificios instrumentados y del rezago de aproximadamente tres décadas con respecto a la experiencia de los países pioneros (Estados Unidos y Japón), los resultados obtenidos a la fecha son interesantes. Estos han permitido concluir que las consideraciones de análisis de las estructuras que se asumen en la práctica profesional, requieren ser mejoradas para que se apeguen más a la respuesta dinámica real. Entre estas consideraciones destacan el deterioro estructural y los efectos de interacción suelo-estructura. La propuesta del nuevo Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal incluye modificaciones que toman en cuenta algunos resultados de ambos aspectos. Está pendiente de considerarse los efectos de grupo de pilotes que han evidenciado su gran influencia en los efectos ISE.



Figura 2. Vista parcial de edificios de la zona de suelo blando de la ciudad de México donde se han instrumentado algunos de ellos.