

VULNERABILIDAD DE ESTRUCTURAS
ING. JORGE A. AVILA RODRIGUEZ
INVESTIGADOR DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Los objetivos de esta parte son estimar de manera cuantitativa el comportamiento estructural de los edificios o de las estructuras. Una parte importante de esto es entender las razones de las fallas en algunos edificios y de la ausencia de daños en otros. Obtener indicadores para las modificaciones necesarias para la emisión de códigos nuevos. Los temblores o sismos, que vayamos de alguna forma presenciando, nos servirán de experiencia para hacer modificaciones para que a su vez esas estructuras en las cuales queremos que tengan los menores daños posibles, según transcurra el tiempo, se vayan comportando mejor.

Dentro de las partes de esa tarea sería una parte importante desde el punto de vista estructural, la obtención y estudio de la respuesta sísmica de edificios dañados durante el evento que se va presentando, dentro de esta parte, es importante poder evaluar en la forma más detallada que se pueda, el comportamiento de estructuras de edificios, principalmente a raíz de los sismos; podemos mencionar diferentes formas de llevar a cabo tal tarea: una de las partes que debemos tener presente es revisar con el diseño bajo la cual fue construida la estructura de la que estamos hablando; la otra es la parte que se refiere a las normas de emergencia, ejemplo: de este caso, es que a raíz de los temblores de 1985 salieron normas en octubre del mismo año; llevar a cabo el análisis para conocer la respuesta; hacer o proceder mediante diversas formas que nosotros conozcamos para hacer el análisis integrado de sofisticación, desde lo que conocemos análisis elástico, estáticos, dinámicos modales hasta análisis inelásticos que es lo que conocemos como análisis paso a paso. Estos tipos de análisis dependen mucho actualmente más que nada, del tipo de máquina o computadora que tengamos, actualmente ya es posible llevar a cabo estos análisis que son muy complicados en cuanto a tiempo de máquinas; anteriormente, muchas de las cosas se basaban en esa parte que es lo que conocemos como análisis estático, una parte importante dentro de esta evaluación es poder tener un levantamiento de daños y llevar a cabo una cierta medición de propiedades de las estructuras en el campo. La parte importante insisto, es la evaluación del comportamiento de la estructura ante los sismos para poder evaluar, en forma cuanti-

tativa, su comportamiento sismo-resistente, es decir, durante los sismos. Para eso, vuelvo a insistir, tenemos que hacer uso de varias herramientas y dentro de la metodología que se propone seguir para poder llegar a conocer este comportamiento, que es la parte en la cual estamos enfocados, una serie de pausas que hay que llevar a cabo entre ellos. Una parte importante es que si queremos llegar a conocer el comportamiento de las estructuras es preciso saber con que información contamos. Como los problemas que después del temblor se presentaron: muchas de las estructuras de las que supuestamente podríamos haber aprendido muchas cosas, no fue posible hacerlo ya que la información no era completa o no era totalmente confiable. Por lo tanto, para poder llegar a conclusiones importantes uno tiene de alguna forma, que partir de cosas que sean más o menos confiables y completas; una parte importante dentro de esta labor es hacer un levantamiento exhaustivo de daños, es decir, si yo quiero saber como se comportó tal o cual estructura, tengo que saber qué daños y qué tipo de daños se llegaron a presentar durante el evento sísmico al cual estuvo sometida la estructura de estudio. Una parte también importante es poder llegar a cuantificar las propiedades de los materiales de que está hecha esa estructura, por ejemplo, si sabemos que esa estructura esta hecha de concreto reforzado para mi es importante saber como en ese concreto, cuales son las resistencias de ese concreto, cuales son los aceros de que está formada, cuales son las resistencias de los aceros, todo ese tipo de propiedades que de alguna forma me van a servir para poder llegar a conocer sus propiedades. Dentro de esta parte se siguen desde el punto de vista estructural dos líneas que podríamos apuntar tal como se conoce, como el análisis dinámico modal espectral y el análisis dinámico paso a paso, son dos formas diferentes de resolver el problema, la segunda es una forma bastante costosa recuerden ustedes que para poder llevar a cabo esta cuantificación o esta evaluación del comportamiento estructural ante sismos la computadora es una herramienta de la que no podemos deshacernos dependiendo de ello, podremos llegar a hacer uno u otro tipo de análisis y llegar a conclusiones que sean más o menos congruentes con los resultados esperados.

La flexibilidad es un parámetro que resulta bastante importante. El

hecho de que yo tenga una flexibilidad alta en una estructura, o un edificio que se mueva mucho ante eventos aunque no sean importantes como el del 20 de abril de 1989, que fue un evento relativamente pequeño comparado con el de 1985, es un evento que de todos modos dió a luz a muchas estructuras son demasiado flexibles. Estas estructuras son las más viables a tener problemas durante eventos importantes como pueden ser, insisto, el de 1985, una de las cosas importantes, por ejemplo, es el uso desmedido de la loza, para los que tienen idea, -- son aquellas que tienen huecos y se conocen como cafetones; este tipo de sistema de piso que es en el que finalmente estamos apoyándonos, -- mostró que cuando existían estructuras altas o relativamente altas y más con claros entre columna y columna relativamente grandes, eran de demasiado flexibles; otra cosa importante en estructuras fue por ejemplo la doble altura del primer entrepiso, es muy usual que algunos -- edificios se deje una gran altura del primer entrepiso, con respecto a las otras, insisto en un parámetro o un concepto que hace que las estructuras, ante un evento sísmico, se comporten muy satisfactoriamente. En cuanto a cambios bruscos en dimensiones de las columnas -- nos encontramos con estructuras en que las columnas de los niveles inferiores son de cierto tamaño y en cuanto van aumentando de nivel, es decir, ya casi llegan a ser unos castillitos arriba con reducciones -- muy bruscas lo cual no es muy recomendable.

Otra cosa interesante o importante es la densidad de los muros en -- cuanto al comportamiento sísmico de la estructura misma. Se llegó a observar que es muy usual que en edificios tipo oficinas por interés -- en dejar lugares libres para escritorios u otro tipo de aditamento de las mismas se deja sin muchos muros de mampostería contratio, por -- ejemplo, a las estructuras tipo casa-habitación que tienen muros de -- mampostería por donde quiera, lo cual, hace que una y otra estructura se comporten, ante los sismos, de manera diferente. Dentro de las posibles causas del porqué no hayan aparecido muros de falla más drásti -- cos sobre todo en columnas a raíz de lo observado físicamente.

Pudiera pensarse que sobre todo en el Valle de México, fueron origi -- nados por falla de columnas, es decir, si esas columnas que son los --

elementos que sustentan a la estructura, llegan a fallar, muchas de las fallas que lleguen a provocarse no se podrían remediar. Entre las posibles causas por las cuales no hayan aparecido más daños puede deberse principalmente a que los criterios actuales para estimar las fuerzas sísmicas ante un sismo severo, no ayudan a predecir el comportamiento local.

Esos criterios, se estiman actualmente de una forma muy aproximada, tal vez no de la mejor manera, y dentro del cálculo de resistencia ante efectos dinámicos importantes parece ser conservador. Actualmente desde el punto de vista del diseño sísmico se maneja un factor, que anteriormente era el factor de utilidad, que ahora ha sido definido como factor de comportamiento sísmico acerca del cual posiblemente falte mucho estudiar. Otra cosa importante es los efectos de interacción fuera de estructura. Las estructuras de cierta altura en el Valle de México, por las mismas características del suelo, llegan a presentar efectos de interacción; el querer pensar que el comportamiento es nada más de la estructura es erróneo, debemos pensar que seguramente hay una interacción entre el suelo que esta subyacente a la estructura y la estructura misma, entonces, si queremos llegar a tener o a evaluar en forma más o menos razonable, debemos pensar que esa interacción es importante en la estructura, La participación de los muros de mampostería y de todos aquellos elementos no estructurales o que etiquetamos los estructuristas como no estructurales resultan bastante importantes desde el punto de vista de comportamiento sísmico porque muchas veces este tipo de comportamiento "no estructurales" llegan a trabajar realmente, durante el evento sísmico, favorablemente pueden actuar muchas veces como fusibles que hacen que la energía que un sismo está transmitiendo a la estructura por ahí se disipe, pero muchas veces la participación de esos elementos no estructurales hacen que la estructura trabaje de forma diferente a lo que se ha pensado uno en el proyecto inicial.

Si yo evito concentrar demasiada resistencia y energía lateral en zonas que yo se que sólo ellas van a trabajar, por ejemplo, núcleos rígidos, la zona de los elevadores, las escaleras, si yo evito que todo este concentrado en esas zonas seguramente mi estructura va a tener un -

comportamiento más satisfactorio porque de esa forma lo que estoy haciendo es distribuir el comportamiento de la fuerza que el sismo me está transmitiendo de una manera más uniforme.

Dentro de la parte que se recomienda que vale la pena estudiar es investigar con más detalle que implicaciones trae el uso de los criterios actuales, yo diría un poco simplistas con respecto a estudios más sofisticados como pueden ser los análisis "paso a paso", porque estamos modelando la estructura prácticamente como debería ser.

Ampliar los estudios sobre estructuras reales (las que actualmente están en pie) por ejemplo estudiar porqué muchos de los edificios que supuestamente tenían que haber fallado no fallaron, es decir, tratar de sacar relaciones de este tipo de estructuras, tratar de sacar resultados con base en estructuras que sí sufrieron daños, tratar de ver porqué sufrieron daños; este tipo de estudios, desde el punto de vista estructuralista me darán parámetros adicionales que serán más representativos del comportamiento de edificios ante efectos sísmicos y de esa forma yo pueda diseñar estructuras futuras con mayor margen de seguridad y por lo tanto con mayor tranquilidad, estudiar que tan importante es aquella participación de los elementos que hemos definido como no estructurales, aquellos elementos que por lo general, el que hace los cálculos piensa que no son importantes, pero que a la hora del temblor su comportamiento cambia a lo que fue originalmente concebido, por lo que vale la pena preguntar si estos elementos están suficientemente estudiados, por otro lado y por los problemas que tenemos en el Valle de México, es necesario tratar de estudiar sus problemas de interacción del suelo, estructura, actualmente los estudiamos de una forma muy simplista tal vez no de la mejor manera, pero según vayamos entendiendo sobre el problema debemos ir ligando ese tipo de cosas que vayamos encontrando y poder ver con más detalle cómo es que esa estructura o esa interacción entre ese suelo que está abajo de la estructura y esa estructura misma se comportan o interactúan durante un evento como son los sismos.

Bueno creo que es todo, gracias.