

BREVE HISTORIA DE LA INGENIERÍA ANTISÍSMICA

JULIO IBÁÑEZ V.

Puede decirse que la Ingeniería Antisísmica nació en el siglo xx. Anteriormente hubo esfuerzos aislados por reglamentar la construcción antisísmica, tales como las disposiciones constructivas que envió el Rey de España a Chile después de los terremotos que destruyeron Santiago en 1647 y 1730 o los ingeniosos dispositivos que idearon los chinos para medir las ondas sísmicas, etc. Estas acciones no tenían nada de común con una normalización que correspondiera a la Ingeniería Antisísmica. La preocupación por la defensa contra los terremotos se hizo patente después del terremoto de San Francisco de California, el 18 de abril de 1906. Poco más tarde, el 28 de diciembre de 1908 el terremoto de Messina (Italia), en que murieron 90.000 personas, fue motivo para que los italianos discurrieran el "Exitoso Sistema de la Albañilería Reforzada".

El terremoto de Tokio, del 1 de septiembre de 1923, en que murieron más de 100.000 personas, marca el inicio de una más seria defensa contra los terremotos. Durante esa catástrofe el Director del Laboratorio Sismológico de Tokio, profesor Imamura, quien, con peligro de su vida, restituyó, en medio del terremoto, la posición de la aguja del sismógrafo, hizo que se obtuviera, con ese sismógrafo de *desplazamiento*, por primera vez un registro de las ondas principales de un gran terremoto, Fig. 1.

Desde 1928 hasta 1960 la actividad sísmica afectó muy especialmente a Chile. Así, en 1928 un terremoto destruyó en gran parte la ciudad de Talca dejando 200 muertos, miles de heridos y pérdidas materiales cuantiosas; en 1939 un terremoto destruyó Chillán y ciudades cercanas, con un saldo de

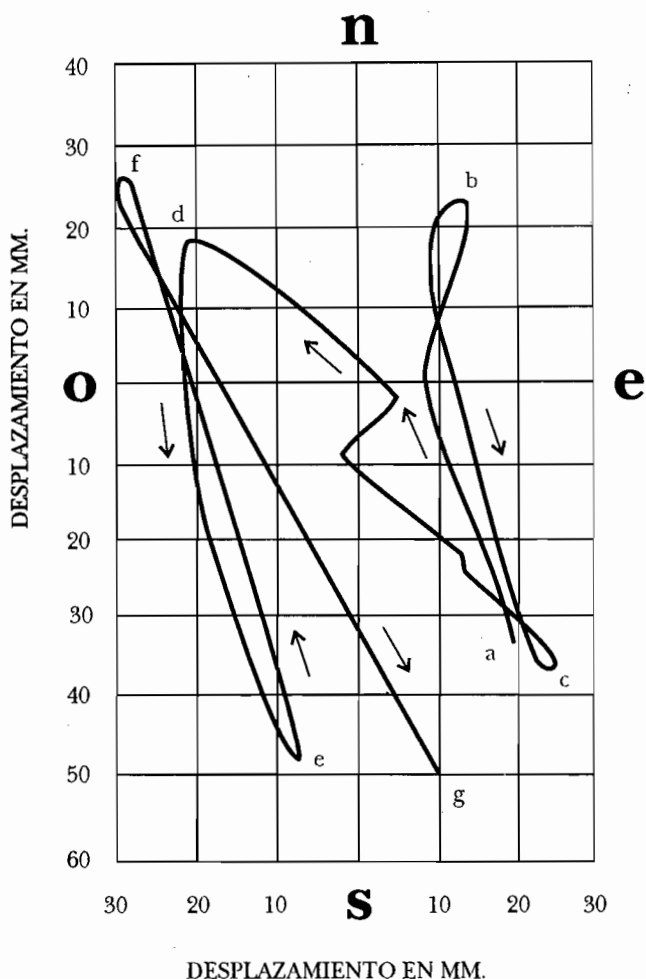


Fig. 1. Sismograma de desplazamiento del terremoto de Tokio, 1/9/1923, tomado por Imamura

Tiempo, a = seg. 12.450, b = seg. 13.085, c = seg. 13.755, d = seg. 14.433, e = seg. 15.150, f = seg. 15.785, g = seg. 16.455. Luego el período de las ondas $(g - l) = (l - e) \dots (b - a) = 1,35$ segs.

30.000 muertos; en 1960 dos terremotos casi simultáneos afectaron muy seriamente a Valdivia y Concepción.

A raíz del terremoto de Talca (1928) al Gobierno pidió al Congreso y obtuvo la Ley N° 4563 de 1 de febrero de 1929 que autorizó al Presidente de

la República para dictar una Ordenanza General que normalizara la construcción de edificios. Obedeciendo a esta Ley y a la Ley N° 4945 de 6 de febrero de 1931, se dictaron normas antisísmicas con disposiciones reglamentarias. Debido a que en esa época no se disponía de Ingeniería Antisísmica como tal, se adoptó como base de esas normas Estudios que se habían realizado en la Universidad de Chile. Estos Estudios estaban basados en la experiencia dejada por los terremotos de Messina (Italia), 1908 y Tokio (Japón), 1923. Del terremoto de Messina y la experiencia sacada por los italianos, se adoptó en Chile, en la Ordenanza General de Construcciones el referido "Exitoso Sistema de la Albañilería Reforzada", de cuya bondad se tuvo una valiosa prueba en el terremoto de Chillán del 24 de enero de 1939, en que se cayeron o quedaron semidestruidas todas las casas de la ciudad, hechas de adobe o de tabiques de madera y adobes, menos seis casas de la ciudad, construidas de Albañilería Reforzada, que no sufrieron daño alguno, casas que cumplían con las exigencias de esa Ordenanza General de Construcciones. Por esto y por sus innegables condiciones antisísmicas y factibilidad de construcción, sin cálculo previo y adaptabilidad a los hábitos arquitectónicos de Chile en el campo habitacional, la albañilería reforzada tuvo tanta acogida y tal extensión de su uso durante 50 años, que puede decirse que en Chile los terremotos han dejado de ser una Catástrofe Nacional.

Del terremoto de Tokio de 1923 y, en especial, de los sismogramas obtenidos de él, se dispuso por primera vez de una base cierta para iniciar un estudio racional del fenómeno sísmico. En efecto, los investigadores japoneses Imamura, Omori, Tanabashi y otros llegaron a obtener la convicción de que las ondas sísmicas destructoras son aquéllas cuyo período está próximo o comprendido entre 1 y 2 segundos. El profesor Omori dividió las estructuras en columnas cortas y columnas largas, tratando como cortas aquellas cuyo período de vibración fuese igual o menor que un segundo y columnas largas aquellas cuyo período de vibración fuese igual o mayor que dos segundos, dejando en claro que si las ondas destructoras presentaban su mayor peligrosidad dentro de un rango limitado de períodos vibratorios se podrían clasificar las estructuras en rígidas y elásticas, lo que hacía posible dar normas racionales: a) para las estructuras rígidas, normas basadas en su resistencia a las fuerzas sísmicas laterales y b) para las estructuras elásticas, normas basadas en su capacidad de deformación.

Apoyado esto en sismogramas de grandes terremotos fue lo que indujo a los estudios hechos en la Universidad de Chile a formular el "Diagrama de Acción del Terremoto", que se usó como Espectro de Acción Sísmica en la norma complementaria que quedó inserta en el Anexo II del Apéndice de la Ordenanza General de Construcciones de 1949 (Art. 249 del Capítulo

xxi). Esta Ordenanza incluyó también el "Exitoso Sistema de Albañilería Reforzada".

En 1956, a propósito del cincuentenario del terremoto de San Francisco de California, se celebró en esa ciudad la Primera Conferencia Mundial de Ingeniería Antisísmica. En ella, en vista del notable acelerograma obtenido del terremoto del El Centro, California, de 1940 que acusaba grandes aceleraciones del suelo, los sismólogos norteamericanos abordaron la tarea de hacer que los edificios resistieran los esfuerzos de inercia resultantes de esas grandes aceleraciones. Tomaron como base los espectros de aceleración, introduciendo en ellos coeficientes sísmicos que reducían su valor, pero tratando al mismo tiempo de hacer que su efecto corresponda con el daño que sufrían las estructuras. Esta tarea ha ocupado a la Ingeniería Antisísmica hasta ahora. Con motivo de esto el "Diagrama de Acción del Terremoto", Fig. 2, con tendencia comparable a la de los espectros de energía propugnado por la Ordenanza de 1949, fue desechado.

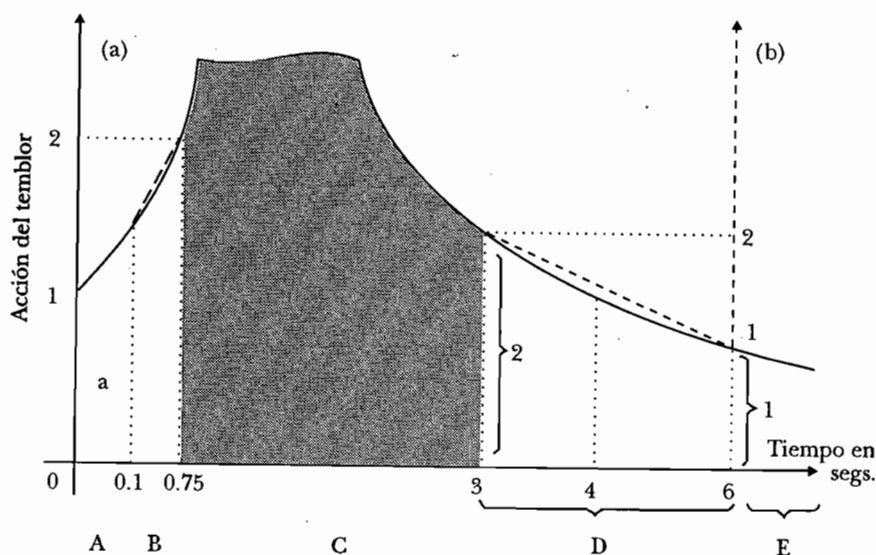


Fig. 2. Diagrama de acción del terremoto

En la referida tarea de hacer que los edificios resistan las fuerzas de inercia resultantes de las grandes aceleraciones, la Ingeniería Antisísmica atribuyó a esas fuerzas una función que es propia de la energía sísmica entregada por el suelo, un trabajo que es el producto de la fuerza sísmica

multiplicada por el recorrido eficaz que esas fuerzas ejecutan venciendo la resistencia de las estructuras.

Desde 1945 empezaron a aparecer en la literatura del ramo opiniones que señalaban la importancia de la energía entregada por el suelo a los edificios en los terremotos como causa del daño o destrucción. A partir de la 5ª Conferencia Mundial de Ingeniería Antisísmica, celebrada en Roma en 1973, estas opiniones se hicieron definitivamente consistentes, apareciendo ahí la exigencia de dar a las estructuras la ductilidad requerida para la absorción de energía y, también, aparecieron cálculos de estructuras en que esa absorción se hacía por medio de rótulas plásticas u otros dispositivos aptos para el mismo fin. Estas ideas adquirieron aún mayor consistencia en las Conferencias Mundiales 6ª, 7ª, 8ª y, especialmente, en la 9ª, en Tokio en 1988. Las mismas ideas se encontraban también, en los últimos 20 años, en la literatura del ramo, en el ACI Standard Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-63), etc. En ellas se hace ver que la defensa de las estructuras contra los terremotos se obtiene absorbiendo la energía sísmica entregada por el suelo a las estructuras, satisfactoriamente, por ellas mismas o por dispositivos agregados con ese fin.

Sin embargo, el perfeccionamiento de las normas de cálculo actualmente en uso mediante Tablas de Valores Empíricos y, especialmente, el Proyecto de Norma en Consulta Pública, actualmente en revisión, NCh433.cR89, que es el resultado de un trabajo serio y sostenido de los técnicos de dicho Proyecto, están encontrando una aceptación que permite mantener el prestigio internacional de la Ingeniería Antisísmica chilena por su defensa de la vida y bienes en nuestro país, y podemos esperar que los rápidos progresos de la avanzada tecnología que se está alcanzando ahora en el mundo nos permita llegar a la ambicionada seguridad antisísmica garantizada. El hecho de que se haya podido construir, sobre el conflictivo subsuelo de la ciudad de Tokio un edificio habitacional de Hormigón Armado, de 30 pisos a prueba de terremotos, en Hikarigaoka Norima-ku district, cuya estructura está basada en el concepto de la energía, con rótulas plásticas para absorber esa energía (véase Proceedings de la 9ª Conferencia Mundial de Ingeniería Antisísmica celebrada en Tokio en 1988, volumen V, pp. 417 al 422), es una promesa de que esa seguridad antisísmica garantizada no está lejos de ser alcanzada.