

## **Grupo de Ingenieros de San Francisco propone nuevo método para el diseño de estructuras antisísmicas (1)**

Las disposiciones de los códigos que rigen el diseño de estructuras destinadas a resistir cargas sísmicas no pasan, por lo general, de ser reglas puramente empíricas. Teniendo en cuenta este defecto de gran parte de las disposiciones vigentes, un comité conjunto formado por miembros de la Structural Engineers Association of Northern California y de la sección San Francisco de la American Society of Civil Engineers, ha estudiado y propuesto nuevas normas que tienen su fundamento en los principios fundamentales de la Dinámica y, a la vez, en experiencias sobre modelos.

Las normas propuestas se basan en el estudio de las reacciones provocadas en un sistema dinámico sencillo—oscilador simple—al ser sometido a un movimiento sísmico. Se relaciona, luego, el comportamiento de tal sistema simple e ideal con el de prototipos más complicados, cuya frecuencia fundamental sea igual a la frecuencia del oscilador simple. En especial, el estudio teórico y experimental incluye la determinación del esfuerzo de corte total absorbido por la estructura y la distribución de este esfuerzo de corte en fuerzas horizontales que le sean equivalentes.

### **Estudio sobre osciladores simples**

Los estudios realizados tuvieron por objeto determinar cómo responde un oscilador simple cuando es solicitado por movimientos sísmicos dados. Un oscilador simple no es otra cosa que el modelo mecánico de una estructura de un grado de libertad como ser, una varilla sin masa, empotrada en un extremo y que porta una masa concentrada en el otro. Las experiencias y los cálculos comprendían la determinación de esfuerzo de corte que se produce en la base de tales estructuras simplificadas, como respuesta al ser solicitadas por un sismograma dado. Esto ha sido hecho para osciladores de distintos períodos, solicitados, cada uno de ellos, por una serie de sismogramas.

M. A. Biot siguió un método experimental, utilizando como modelo un simple péndulo de torsión y analizando sus respuestas mediante un analizador mecánico.

---

(1) Traducido de la Revista Engineering News - Record Dic. 1/1949. Las fórmulas y ejemplos numéricos se han transformado a unidades métricas.

De sus experiencias, Biot obtuvo una curva que da la respuesta o reacción promedio del modelo y que él llamó «espectro standard de aceleración» (Fig. 1, N.º 1).

Por su parte E. C. Robinson siguió un método analítico: ha calculado, con la ayuda del Watson Scientific Computations Laboratory, las respuestas que provocaría el terremoto de El Centro (California, 1940) al solicitar osciladores simples de diferentes períodos. (Véase E. N. R. Sept. 16-1948, pág. 110). Los datos obtenidos por Robinson se muestran en Fig. 1, curva N.º 2.

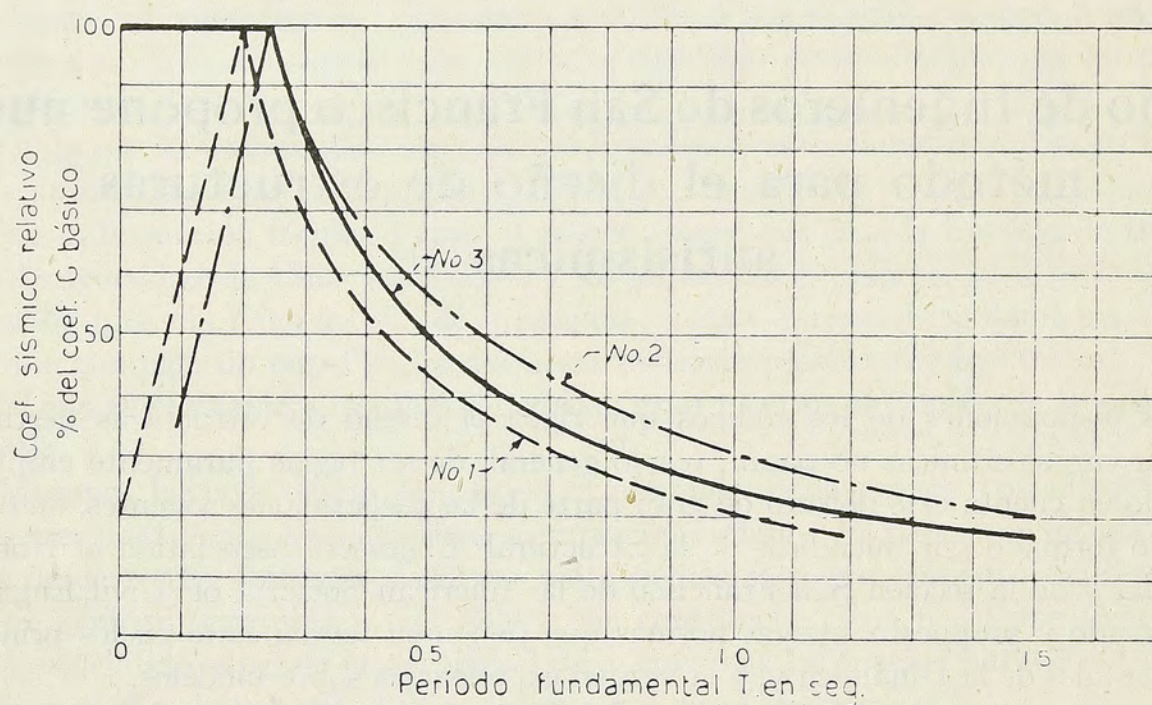


Fig. 1

Fig. 1.—La curva N.º 3 ha sido obtenida a partir de las curvas N.º 1 y N.º 2.

Para poder comparar ambas curvas, las ordenadas han sido reducidas a una escala porcentual, expresando la ordenada de cada punto como un porcentaje del máximo respectivo. Es de notar la gran semejanza de forma que presentan las dos curvas: ambas se alejan de sus respectivos máximos en forma virtualmente «paralela».

\*

\* \*

Debe tenerse presente que a causa de la simplificación introducida (un grado de libertad) y de que el amortiguamiento de los osciladores era insignificante, los resultados cuantitativos obtenidos fueron mucho más altos que los que se habrían producido en una estructura real cualquiera.

Colocándose en un punto de vista práctico, el comité propuso la curva designada con el N.º 3. Hay que observar que no se reducen los coeficientes sísmicos para períodos menores que el correspondiente al coeficiente máximo. Para períodos de

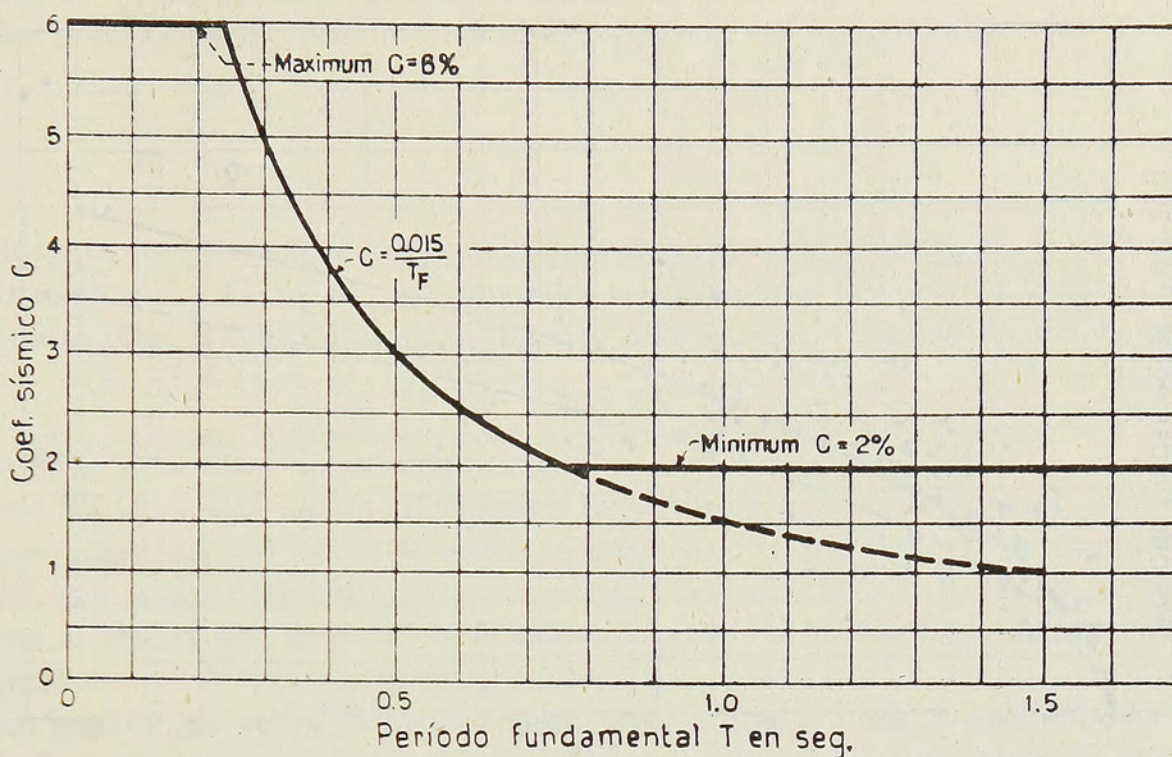


Fig. 2

Fig. 2.—Curva propuesta por el comité, de la cual se pueden obtener los valores del coeficiente sísmico.

vibración mayores que 0,25 seg. se propone una reducción del coeficiente sísmico según la hipérbola,

$$C = \frac{K}{T}$$

en que

C es el coeficiente sísmico,

K es una constante,

T es el período de vibración, en segundos.

Basado en la experiencia, el comité ha dado a K el valor 0,015 y limitado los valores de C al intervalo comprendido entre 0,02 y 0,06.

### Determinación del período de vibración

Lo anterior no estaría completo, si no se dispusiera de un medio de calcular el período T. En este asunto de la determinación del período, el comité adopta un punto de vista puramente pragmático: aprovechando las mediciones de período hechas por la U. S. Coast and Geodetic Survey en una serie de edificios y otras estructuras, el comité ha tratado de expresar el período propio de un edificio como una función sencilla de sus dimensiones generales. En la figura 3 se han indicado los período

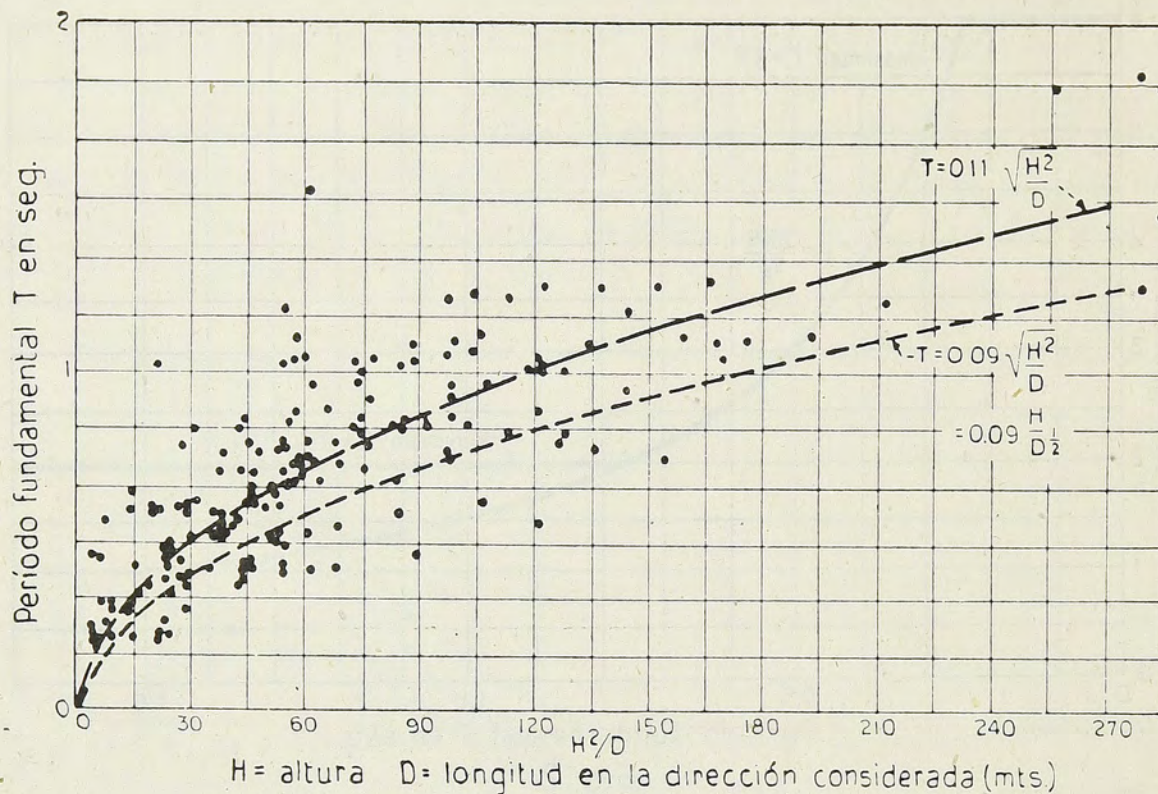


Fig 3

Fig. 3.—Resultados de las medidas de período hechas por la U. S. C. and G. S., representados como función de la variable  $\frac{H^2}{D}$

de un grupo representativo de edificios, como función de la cantidad  $\frac{H^2}{D}$  siendo H la altura total del edificio y D su longitud en la dirección de ataque del temblor, ambas expresadas en metros.

El comité ensayó el uso de otras variables independientes, pero todas ellas condujeron a diagramas en que los puntos aparecían aun más dispersos que en el de la Fig. 3. La ecuación

$$T = 0,11 \frac{H}{D^{1/2}}$$

parece representar según el comité una buena curva de regresión para los puntos del diagrama. Sin embargo, a fin de obtener diseños más seguros, el comité recomienda el uso de la fórmula

$$T = 0,09 \frac{H}{D^{1/2}}$$

Hay que dejar constancia que el propio comité reconoce las limitaciones de la fórmula anterior, pero la estima de importancia en la determinación rápida de un valor razonable del período a partir de las dimensiones generales de la estructura.

Sugiere, al mismo tiempo, que la investigación futura se oriente a la obtención de métodos prácticos que permitan calcular el período con mayor exactitud.

\*

\* \*

Resumamos: conocidas las dimensiones generales del edificio, se pueden calcular sucesivamente T y C. Una vez obtenido C, el esfuerzo de corte en la base o esfuerzo de corte total transmitido por el terreno a la estructura se calcula por la ecuación

$$V = C W,$$

siendo W el peso total del edificio.

Los métodos de cálculo antisísmico de edificios a base de fuerzas horizontales exigen el conocimiento de dos cosas: a) el esfuerzo de corte total, b) un método para repartir este esfuerzo de corte entre los pisos de la estructura. Ya se ha dicho como propone el comité que se resuelva la primera parte del problema, queda por resolver la segunda:

En general, en todos estos procedimientos lo que se hace es descomponer el esfuerzo de corte total en fuerzas horizontales aplicadas al nivel del suelo de cada piso; se considera que los suelos actúan como diafragmas que reparten la carga aplicada en el piso entre los muros o pilares en proporción a sus respectivas rigideces. El problema consiste, entonces, en determinar qué porcentaje del esfuerzo de corte en la base hay que aplicar en cada piso.

Teniendo en cuenta distintas combinaciones de las deformaciones debidas al esfuerzo de corte dinámico y a los momentos de flexión, el comité llegó a la conclusión

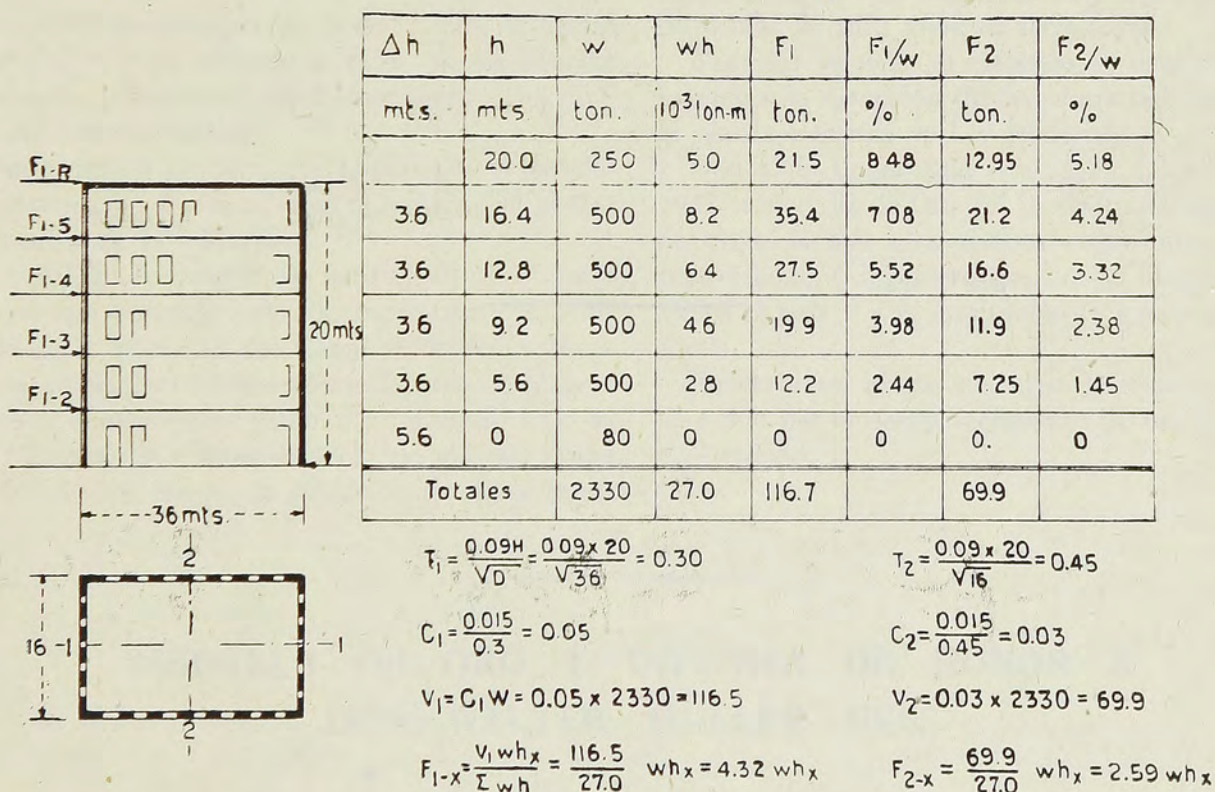


Fig. 4

Fig. 4.—Ejemplo numérico del proceso de cálculo. Primero se han hecho las operaciones de la parte inferior y luego se han calculado los valores de la tabla.

de que una elástica rectilínea representa una base razonable para la distribución del esfuerzo de corte. La traducción analítica de esta conclusión es

$$F_x = \frac{V w_x h_x}{\Sigma w h},$$

en que

$F_x$  = fuerza horizontal aplicada al nivel «x».

$w_x$  = carga vertical al nivel «x»,

$h_x$  = altura en metros del nivel «x» sobre la base.

$\Sigma w h$  = suma de todos los «wh» del edificio.

En la fig. 4 se muestra la aplicación del método a un edificio de cinco pisos y de planta rectangular. Además de las fuerzas horizontales,  $F$ , se dan las razones  $\frac{F_x}{w_x}$ , a fin de comparar el método propuesto con el otro más corriente en que los coeficientes sísmicos se dan en función del número de pisos del edificio.

El comité conjunto de la Secc. de San Francisco, ASCE, y de la Structural Engineers Association of Northern Calif., estaba compuesto por las siguientes personas: J. E. Rinne, presidente; A. W. Anderson; J. A. Blume; Henry J. Degenkolb; H. B. Hammill; E. M. Knapik; H. L. Marchand; H. C. Powers; G. A. Sedgwick; y H. O. Sjoberg.