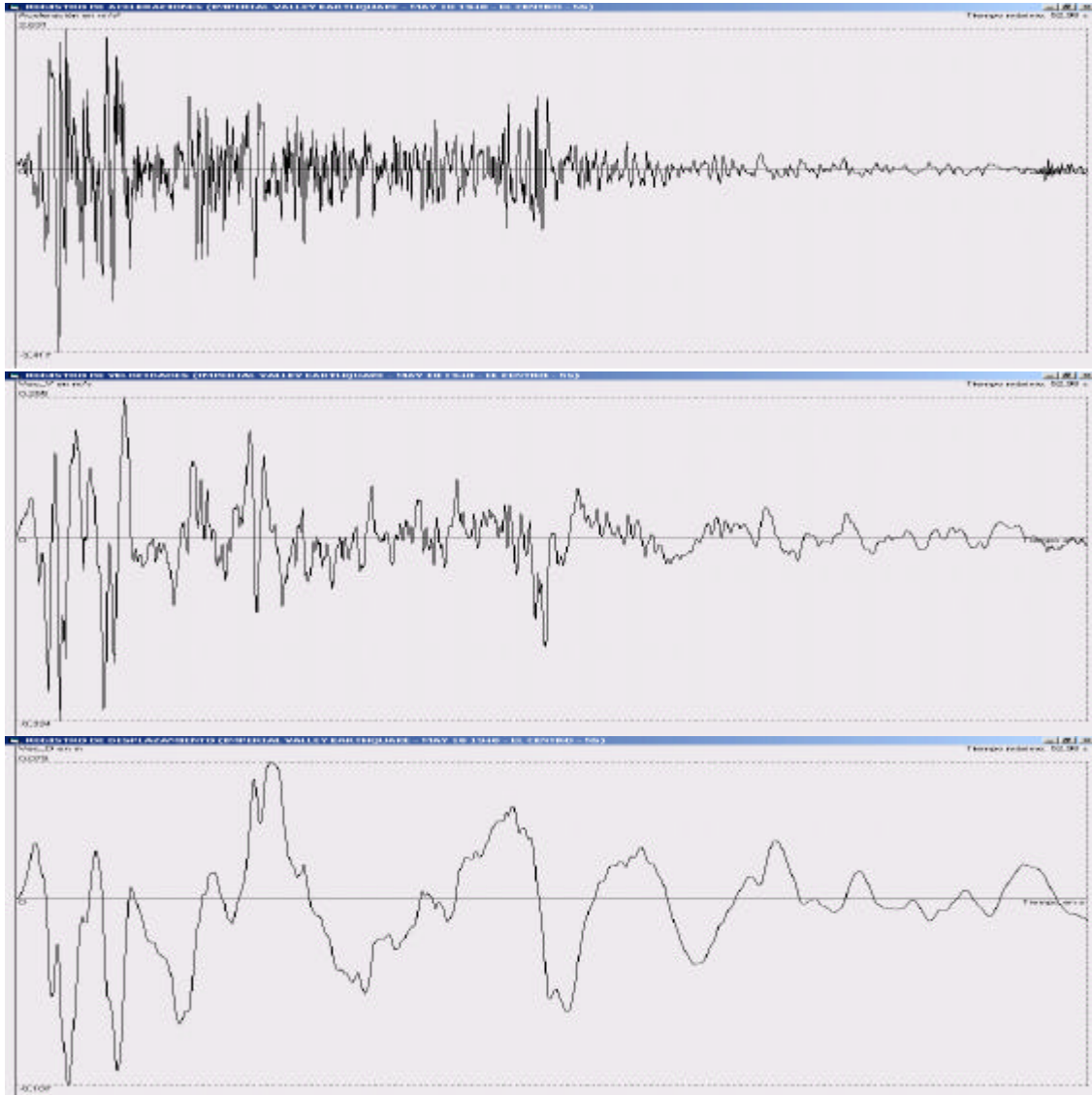


DEFINICION DE LOS MOVIMIENTOS MAXIMOS DEL TERRENO

Si un acelerograma se integra contra el tiempo, se obtiene el registro de las velocidades que describió el terreno durante el sismo; y si se integra nuevamente se determinan los desplazamientos del terreno.



Las figuras muestran para el temblor del El Centro del 18 de mayo de 1940, el registro original de aceleraciones, el de velocidades del terreno que se obtuvo al integrar el de aceleraciones y el de desplazamientos del terreno. $A_{te} = 3.417 \text{ m/s}^2$; $V_{te} = 0.334 \text{ m/s}$; $D_{te} = 0.109 \text{ m}$

La relación que puede existir entre estos tres parámetros ha sido estudiada desde hace algún tiempo. [Newmark, 1968/69] e indicaba que la siguiente relación es siempre válida.

$$D_{te} A_{te} > V_{te}^2$$

y que en general

$$\frac{D_{te} A_{te}}{V_{te}^2} \approx (5a15)$$

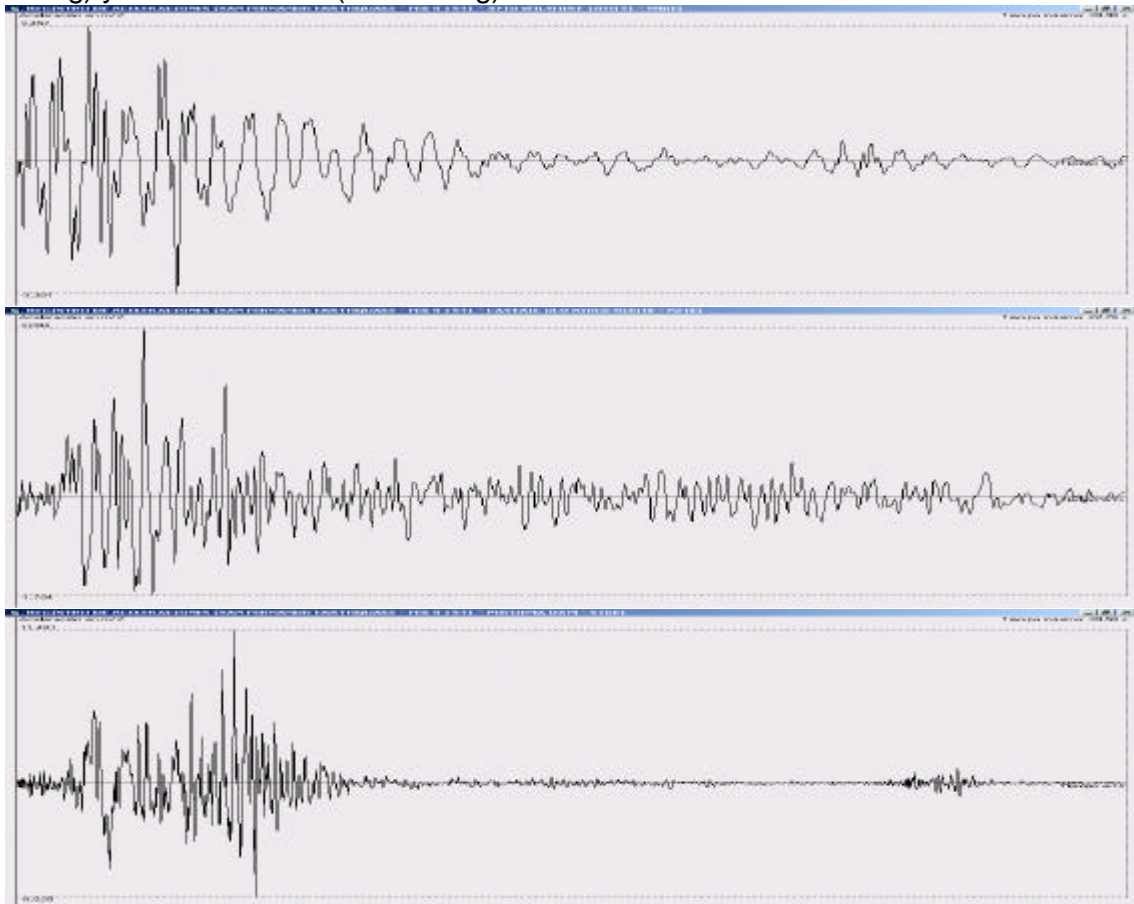
EFFECTO DE LAS CONDICIONES LOCALES DEL SUELO

El efecto del sismo se ve influenciado enormemente por las características locales del suelo, en la zona afectada. En aquellos casos en los cuales el suelo consiste en material granular suelto, el

movimiento cíclico del sismo tiende a compactarlo, lo cual conduce al desarrollo de exceso de presión de poros lo cual, a su vez, puede causar licuación del suelo.

Las variaciones que se presentan, a partir de los movimientos registrados en roca, consiste en una amplificación de las ondas sísmicas con frecuencias de vibración similares a las dominantes del depósito del suelo; un aumento en la duración del sismo; y un aumento de las aceleraciones, velocidades y desplazamientos observados.

A modo de ejemplo de las variaciones se muestran tres registros del sismo de San Fernando en 1971 obtenidos en las estaciones "Castaic Old Ridge Route (0.3155038 g), Pocoima Dam (1.170696 g) y Wilshire 10th Fl (0.352478 g)



TIPOS DE TEMBLORES SEGUN EL ACELEROGRAMA

Los registros acelerográficos, varían para eventos producidos por diferentes fuentes sismogénicas, e inclusive para sismos producidos por una misma falla.

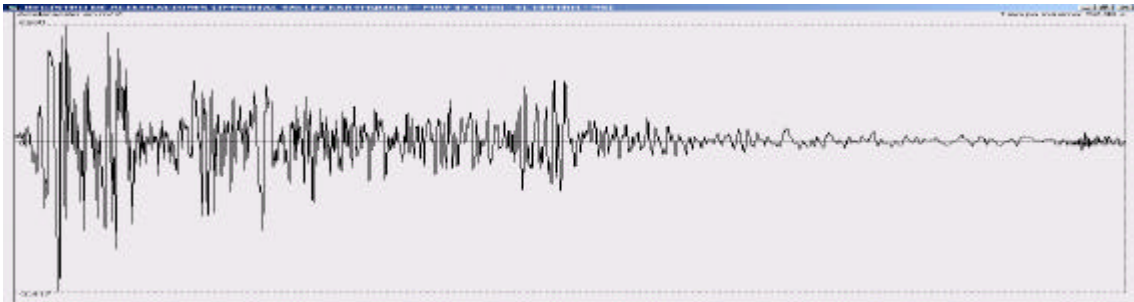
Newmark y Rosenblueth (1971) clasifican los temblores de la siguiente manera, según sus acelerogramas:

Tipo 1:

El acelerograma consiste prácticamente en un pulso único. Registros de este tipo se obtienen solo a distancias cercanas al epicentro, solo en terrenos firmes, y únicamente durante sismos superficiales.

Tipo 2:

Están representados por un movimiento extremadamente irregular de duración moderada. Ejemplo el sismo del El Centro de 1940. Están asociados a distancia epicentrales moderadas y ocurren únicamente en suelo firme. La mayoría de los sismos que se producen en el Anillo Circumpacífico son de este tipo.



Tipo 3:

Un movimiento del terreno de mucha duración y que manifiesta períodos de variación muy definidos. Ejemplo el sismo de la ciudad de México set/1995. Esta es la consecuencia de sismos de los tipos anteriores que son filtrados a través de estratos de suelo blando.



Tipo 4:

Este tipo de movimiento comprende aquellos casos en los cuales se presentan deformaciones permanentes a gran escala de terreno. En los lugares de interés se puede presentar licuación de o grandes desplazamientos de suelo.

ESTUDIO DE AMENAZA SISMICA

Introducción

Determinar cuáles son las fuerzas para las que han de diseñarse las estructuras es un problema de toma de decisiones. La naturaleza del fenómeno sísmico, así como nuestro estado de conocimiento sobre él, hacen que las decisiones hayan de tomarse en un ambiente de incertidumbre.

Un temblor es el resultado del movimiento repentino de una masa de roca con respecto a otra. Se requieren diversos parámetros para cuantificar un temblor, por ejemplo orientación, profundidad y sentido del movimiento en el plano de la falla, la longitud y área de la zona de ruptura, desplazamiento de la falla, velocidad y aceleración de partícula del movimiento de la falla, la duración de ruptura y de la energía sísmica total e irradiada, etc. Sin embargo solo se dispone de esta cantidad de información para algunos temblores. Puesto que para obtenerla se requieren complejos y extensivos análisis, así como datos de muy alta calidad.

Dado que la naturaleza de los temblores no es del tipo determinista, el problema debe tratarse mediante modelos probabilista. Esto implica, por una parte, saber modelar probabilísticamente los fenómenos involucrados, y por otra, tener medios para estimar las consecuencias de las hipótesis y decisiones adoptadas. No es posible decir con certeza cuando ocurrirá un temblor, pero podemos decir qué tan probable es que ocurra.

Ha sido común en estudios de riesgo sísmico cuantificarlo en términos de cantidades como la tasa de excedencia de intensidades, o con base en descripciones más completas tales como las distribuciones de probabilidad de las intensidades máximas en un lapso dado. Para formular un modelo de sismicidad y estimar sus parámetros sería deseable contar con un número suficiente de registros de movimientos de registros de movimientos sísmicos fuertes, de las características de su fuente y de su ubicación, sin embargo esta información es muy escasa por lo que se tiene que hacer uso de técnicas estadísticas más refinadas.



Distribución de Poisson (discontinua de orden infinito)

Si se considera que en la distribución binomial “n” tiende a infinito mientras que la probabilidad “p” de éxito tiende a cero, entonces la ecuación (1) se convierte en:

$$P(x) = \frac{n^x}{x!} e^{-n}, \quad x = 0, 1, 2, 3, \dots, \infty \quad (2)$$

Esta distribución de probabilidad se llama de POISSON de parámetro "n"

Su Media es igual a:

$$mx = \sum_{x=0}^n x P(x) = n$$

Su Variancia es igual a:

$$s_x^2 = \sum_{x=0}^n x^2 P(x) = n$$

Su Desviación estándar es igual a:

$$s_x = \sqrt{n}$$

Ejemplo.

Mediante un estudio estadístico sobre la ocurrencia de sismos en cierta región se estimó que un temblor con una magnitud igual o mayor a 6, tiene un período de recurrencia de 100 años. Calcular las probabilidades de que en los próximos 10, 50 y 100 años no ocurra ningún sismo en dicha región cuya magnitud exceda a 6, suponiendo que la ocurrencia de los sismos se puede modelar mediante un proceso estocástico de Poisson.

$$\lambda_M = \frac{1}{100} = 0.01$$

$$P(n) = \frac{(0.01 \cdot t)^n e^{-0.01 \cdot t}}{n!}$$

Para t = 10 años.

$$P(0) = \frac{(0.01 \cdot 10)^0 e^{-0.01 \cdot 10}}{0!} = 0.905$$

Para t = 50 años.

$$P(0) = \frac{(0.01 \cdot 50)^0 e^{-0.01 \cdot 50}}{0!} = 0.607$$

Para t = 100 años.

$$P(0) = \frac{(0.01 \cdot 100)^0 e^{-0.01 \cdot 100}}{0!} = 0.368$$

Las probabilidades de que ocurra por lo menos un sismo con magnitud mayor que 6 son:

Para t = 10 años.

$$P_{10}(n \geq 1) = 1 - 0.905 = 0.095$$

Para t = 50 años.

$$P_{50}(n \geq 1) = 1 - 0.607 = 0.393$$

Para t = 100 años.

$$P_{100}(n \geq 1) = 1 - 0.368 = 0.632$$

Sismicidad local

Se conoce como sismicidad local al proceso de ocurrencia de temblores generados en una zona determinada. Se entenderá por evaluar la sismicidad, local determinar los parámetros de las distribuciones de probabilidad que describen la ocurrencia de temblores en una región dada.

La generación de temblores es un proceso complejo que apenas comienza a entenderse. Aunque se conocen grandes rasgos del fenómeno, lo que se sabe no es suficiente para describirlo con base exclusivamente en teorías físicas. Las incertidumbres existentes obligan a considerar las variables en juego como aleatorias, por lo que deben sujetarse a la teoría de probabilidades.



De todas las variables que caracterizan la sismicidad local, son tres las más relevantes:

- ✓ La distribución de las magnitudes de los temblores.
- ✓ Sus instantes de ocurrencia.
- ✓ Localización de los focos.

POTENCIAL DESTRUCTIVO DE LOS TERREMOTOS

Según Bertero (1992) las condiciones generales que determinan la ocurrencia de un desastre por terremoto son cuatro:

- ✓ La severidad de un terremoto, ya que un sismo pequeño no induce en el terreno un movimiento lo suficientemente fuerte para producir daños estructurales considerables.
- ✓ La fuente sísmica, que debe ser lo suficientemente cercana a un área urbana, ya que a grandes distancias el movimiento del terreno se atenúa hasta que alcanza un nivel que no puede producir daños importantes.
- ✓ El tamaño, distribución y desarrollo económico de las poblaciones afectadas.
- ✓ La preparación contra el sismo, entendida como el grado de respuesta de la población y las medidas de prevención que se toman frente a la probabilidad de un terremoto.

GLOSARIO SISMOLÓGICO

Distancia epicentral: Distancia entre un observador y el epicentro de un sismo, medida sobre la superficie de la Tierra.

Enjambres (swarms): En algunas regiones se producen una serie de temblores que no están asociados con ningún terremoto mayor. A estas series se les llama "enjambres sísmicos". Estos son comunes en las regiones volcánicas, pero también suceden en otras regiones no asociadas a actividad volcánica, por ejemplo, Copiapó en 1973.

Epicentro: El punto en la superficie de la Tierra ubicado directamente sobre el foco o hipocentro.

Escala de Mercalli Modificada: Es una escala de 12 grados que mide la intensidad registrada en un lugar específico. Para un mismo temblor habitualmente se reportan varias intensidades las cuales van decreciendo a medida que la distancia epicentral aumenta. (Ver escala).

Escala de Richter: Corresponde a la escala de magnitud de un sismo. Es una escala abierta por ambos lados, sin embargo el terremoto más grande registrado hasta el momento alcanzó una magnitud de 9.5 correspondiendo a una ruptura del orden de 1000 km de longitud, 200 km de ancho con un desplazamiento promedio de 20 m. En el otro extremo de la escala, magnitudes negativas se logran en laboratorios con rupturas milimétricas.

Falla: Es la superficie de contacto entre dos bloques que se desplazan en forma diferencial uno con respecto al otro. Se pueden extender espacialmente por varios cientos de km y en forma temporal por varios millones de años. Una falla activa es aquella en la cual ha ocurrido desplazamiento en los últimos 2 millones de años o en la cual se observa actividad sísmica.

Hipocentro o Foco: El punto en el interior de la Tierra, en el cual se da inicio a la ruptura que genera un sismo,

Hora o tiempo origen: Corresponde al momento en que se produce la relajación súbita de los esfuerzos, es decir, el momento en que se inicia la ruptura en el foco. Esta puede ser referida a la hora local u hora estandarizada universal (UTC).

Intensidad: Es una medida de los efectos producidos por un sismo en personas, animales, estructuras y terreno en un lugar particular. Los valores de Intensidad se denotan con números romanos en la Escala de Intensidades de Mercalli Modificada (Wood y Neumann, 1931) que clasifica los efectos sísmicos con doce niveles ascendentes en severidad. La intensidad no sólo depende de la fuerza del sismo (magnitud) sino que también de la distancia epicentral, la geología local, la naturaleza del terreno y el tipo de construcciones del lugar.

Isosistas: Curvas de nivel de igual intensidad.

Magnitud: Es una medida que tiene relación con la cantidad de energía liberada en forma de ondas. Se puede considerar como un tamaño relativo de un temblor y se determina tomando el logaritmo (base 10) de la amplitud máxima de movimiento de algún tipo de onda (P, Superficial) a la cual se le aplica una corrección por distancia epicentral y profundidad focal. En oposición a la intensidad, un sismo posee solamente una medida de magnitud y varias observaciones de



intensidad. Los tipos de magnitudes que se utilizan en forma más común son Richter o local (ML), ondas P (mb), superficial (MS) y coda (MD).

Precusores: En ciertos casos es posible observar algunos temblores pequeños con anterioridad al sismo principal. A éstos se les denomina precusores. Sin embargo, éstos no suceden con la suficiente regularidad como para ser utilizados a modo de predecir terremotos de mayor magnitud.

Réplicas: Después que se produce un terremoto grande, es posible esperar que ocurran muchos sismos de menor tamaño, en la vecindad del hipocentro del sismo principal. A estos pequeños temblores se les denomina réplicas. Algunas series de réplicas duran largo tiempo, incluso superan el lapso correspondiente a un año (para los eventos de Alaska 1964, Chile 1960). La zona que cubre los epicentros de las réplicas se llama "área de réplicas" y sus dimensiones, principalmente de las réplicas tempranas (uno a tres días de ocurrido el evento), son una indicación del tamaño de la falla asociada con el terremoto principal.

Sismo: Corresponde al proceso de generación de ondas y su posterior propagación por el interior de la Tierra. Al llegar a la superficie de la Tierra, estas ondas se dejan sentir tanto por la población como por estructuras, y dependiendo de la amplitud del movimiento (desplazamiento, velocidad y aceleración del suelo) y de su duración, el sismo producirá mayor o menor intensidad

Tsunamis: Los terremotos muy grandes, cuyas zonas de ruptura están bajo el mar o en las cercanías de la costa, producen cambios de elevación en la superficie y el fondo oceánico. Estos cambios topográficos generan olas que se propagan a partir del epicentro y que pueden alcanzar alturas de varias decenas de metros sobre el nivel normal del mar. Estas olas se llaman "tsunamis", término derivado del japonés que significa literalmente ola de bahía. Este término es aceptado internacionalmente para designar marejadas producidas por impulsos en masas de agua y corresponde a lo que en Chile se denomina maremoto o salida de mar.

BIBLIOGRAFÍA

- {1} Clough, Ray W. – Penzien Joseph; "Dynamics of Structures"; Editorial: Mc Graw Hill; ISBN0-07-011394-7; Año 1993.
- {2} "Dinámica estructural aplicada al diseño sísmico" Luis Enrique García Reyes, 573 Pág. Universidad de los Andes – Departamento de Ingeniería Civil, Bogotá - Colombia.
- {3} "Diseño sísmico de edificios", 317 Pág. L.M. Bozzo y A.H. Barbat, - ISBN: 84 - 291 – 2011 - 4, Editorial Reverté.
- {4} "Diseño sismorresistente de edificios", 365 Pág. E. Bazán y R. Meli, - ISBN: 84 - 291 – 2011 - 4, Editorial Reverté.
- {5} <http://www.carder.gov.co/sismos>
<http://www.angelfire.com/nt>
<http://www.ssn.unam.mx/SSN>
<http://rai.ucuenca.edu.ec/proyectos/sismica/>
<http://tlacaelel.igeofcu.unam.mx/Sismo.html>
<http://www.ugr.es/iag/iag.html>