

REVISIÓN DE LIBROS

Fundamentals of Seismic Loading on Structures, por Tapan Sen, John Wiley & Sons, 2009, 384 páginas, ISBN 978-0-470-01755-5. Revisado por Dr. Juan Carlos Herrera S., Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana - Seccional Cali, Colombia.

La ingeniería sísmica comprende diversas áreas tales como sismología, respuesta sísmica de suelos, análisis y diseño sísmico entre otros. Este nuevo libro del ingeniero consultor y catedrático T. Sen (*City University, Londres*) reúne temas conceptuales tratados tradicionalmente en textos de dinámica estructural, interacción suelo-estructura, ingeniería sísmica geotécnica y diseño sismorresistente entre otros, y se presenta de forma integral para la comunidad de ingenieros, desde la óptica de un profesional dedicado al análisis y diseño de estructuras. Ofrece un tratamiento de todos los aspectos del análisis sísmico de estructuras, abarcando desde los aspectos sismológicos hasta el diseño sísmico basado en desempeño (PBSD). El libro está dividido en 12 Capítulos. A continuación se presenta una breve descripción del contenido de los capítulos.

El primer capítulo (*“Introduction to Earthquakes”*) se inicia con una perspectiva histórica de la sismicidad a nivel mundial, continuando con temas clásicos de la ingeniería de terremotos tales como la teoría de placas tectónicas, causas de los terremotos, tipos de ondas sísmicas, categorías de fallas, efectos de los sismos, intensidad, magnitud y otros aspectos sismológicos. Al final del capítulo se presenta una introducción a los conceptos de la tomografía sísmica.

El Capítulo 2 (*“Single Degree of Freedom Systems”*) está dedicado a la teoría de la dinámica estructural de sistemas de un solo grado de libertad (SDOF). Se estudia aquí las vibraciones libres de sistemas con y sin amortiguamiento, así como la respuesta dinámica de estos sistemas a fuerzas periódicas para diferentes tipos de amortiguamiento (Viscoso y de Coulomb). Aquí se presentan los conceptos de Factor Dinámico de Carga (DLF) y resonancia. A continuación se plantean las ecuaciones para sistemas con movimiento en los apoyos y la obtención de la respuesta dinámica en el dominio del tiempo bajo cargas arbitrarias, usando la integral de Duhamel e involucrando su evaluación numérica, finalizando con un ejemplo de aplicación.

El Capítulo 3 (*“Systems with Many Degrees of Freedom”*) cubre el análisis lineal de sistemas con múltiples grados de libertad (MDOF). Se estudian las ecuaciones de movimiento para sistemas con masa concentrada, el cálculo de frecuencias y modos de vibración, así como el clásico tópico de superposición modal. Posteriormente se presenta el análisis dinámico no-lineal para un sistema SDOF, por medio de técnicas de integración paso a paso, presentando los métodos numéricos para la integración de las ecuaciones de movimiento considerando la no-linealidad. Se discute primero el método de diferencias finitas, seguido del método de Hubolt, tanto para sistemas SDOF como MDOF, analizando esquemas explícitos e implícitos de integración.

El Capítulo 4 (*“Basics of Random Vibrations”*) tiene como objetivo presentar los conceptos del análisis de vibraciones aleatorias. Se inicia con la teoría probabilística de las variables aleatorias, continuando con el tema del análisis armónico, estudiando la aplicación en vibraciones de las series e integrales de Fourier, así como de la densidad espectral. Seguidamente se presentan los conceptos de contenido de frecuencias de los sismos y se presentan los aspectos teóricos de la Transformada Discreta de Fourier (DFT) y el análisis en el dominio de la frecuencia usando la Transformada Rápida de Fourier (FFT). Un ejemplo para un registro sísmico de aceleración finaliza el capítulo.

El Capítulo 5 (*“Ground Motion Characteristics”*) se divide en dos secciones. En la primera se estudian las características sismológicas de los terremotos, como los procesos de ruptura de las fallas y orígenes de estas. También se presentan los principales parámetros desde el punto de vista estructural de los registros de aceleraciones de los sismos, tales como el contenido de frecuencias, la aceleración pico y la duración del movimiento sísmico. En la segunda se discuten la relación entre la aceleración pico del terreno y la escala de intensidad de Mercalli modificada, y las relaciones atenuación recientemente propuestas en Europa, Japón y Estados Unidos.

El Capítulo 6 (*“Introduction to Response Spectra”*) se inicia con el clásico e importante concepto de espectros de respuesta para sistemas de un grado de libertad y sus diferentes formatos de presentación, usado ampliamente en la ingeniería estructural. Se discuten los pseudo-espectros de velocidad y de aceleración, su relación con el espectro de desplazamientos y se presenta el concepto de espectro de diseño, discutiendo brevemente el propuesto por G. W. Housner en 1959. Seguidamente se discuten los factores de amplificación, y el tópico de espectros de respuesta del sitio, usando el enfoque determinístico ilustrando todo el proceso de diseño con un ejemplo práctico paso a paso para la construcción de un espectro específico de aceleración. A continuación se estudian los espectros inelástico de diseño y su relación con la demanda de ductilidad, terminando con la discusión de algunos aspectos del análisis por medio de elementos finitos en el dominio del tiempo.

El Capítulo 7 (“*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*”) está dedicado al importante tópico del análisis de la amenaza sísmica. Se inicia con la presentación de las características y procedimiento básico para el análisis probabilístico de la amenaza sísmica. Se tratan, entre otros, los temas de sismicidad histórica, leyes de recurrencia, parámetros de los terremotos – aceleración pico, velocidad, etc. –, y el modelo de distribución de Poisson para estimar la tasa de recurrencia de los terremotos. A continuación se presenta una introducción al tema de la técnica de simulación Monte-Carlo aplicada en ingeniería sísmica. Seguidamente se estudia el tema de la construcción de espectros de amenaza uniforme (UHRS). Finalmente se presentan algunos métodos computacionales empleados en los análisis de la amenaza sísmica.

El Capítulo 8 (“*Code Provisions*”) examina las provisiones de análisis y diseño sísmico de estructuras de algunos de los códigos de diseño usados en los Estados Unidos y Europa. Se inicia con un recuento histórico del desarrollo de la normatividad para el diseño sísmico de edificios en los Estados Unidos presente en los códigos UBC, NEHRP, ATC, SEAOC. A continuación se presenta el tradicional método de la fuerza estática lateral para el cálculo de la cortante basal y su distribución en la altura de la edificación, para diferentes códigos y la definición de los espectros de diseño a usar en los métodos de análisis dinámico exigidos en los códigos, tales como el análisis modal espectral. Un ejemplo completo del análisis sísmico, para un edificio de concreto reforzado de 20 pisos finaliza el capítulo.

El Capítulo 9 (“*Inelastic Analysis and Design*”) presenta el tema del comportamiento inelástico de elementos estructurales para cargas cíclicas, tanto en concreto reforzado como de acero; especialmente las uniones viga-columna. Posteriormente se presenta una sección dedicada al uso cada vez más popular de los dispositivos que aportan amortiguamiento adicional a los edificios, y que tienen como objetivo disipar parte de la energía que un sismo le suministra a la estructura. Se estudian los amortiguadores de fricción, amortiguadores metálicos (basados en el comportamiento histerético de los metales sujetos a deformaciones plásticas), y finalmente los amortiguadores más usados, los de tipo viscoso y viscoelástico.

El Capítulo 10 (“*Soil-Structure Interaction Issues*”) está dedicado al tópico de interacción suelo-estructura y presenta brevemente una introducción a la teoría de la propagación de ondas sísmicas. Continúa con las características más importantes de la interacción suelo-estructura, entre las que se destaca el efecto del amortiguamiento por radiación. Seguidamente se hace un análisis de los daños en estructuras debidos a la amplificación sísmica del terreno, ocurrida en los sismos de México (1985) y Loma Prieta (1989). A continuación se presentan los efectos de la licuefacción del suelo en la falla de estructuras como edificios, puentes y tanques de almacenamiento, observada en diferentes sismos a nivel mundial. En especial se le da importancia al tema de falla de pilotes y sus implicaciones para el diseño estructural.

El Capítulo 11 (“*Liquefaction*”) estudia el tema de licuefacción de suelos y su relación con el colapso de estructuras debido a movimientos sísmicos. Primero se presentan los aspectos geotécnicos del fenómeno, siguiendo con los métodos empíricos para la evaluación de la resistencia a la licuefacción, donde se presentan los conceptos de razón de resistencia cíclica y la razón de esfuerzo cíclico, así como un método para la estimación de este último parámetro. A continuación se presentan las metodologías basadas en el clásico procedimiento SPT, para evaluar el potencial de licuefacción. Seguidamente se examinan los aspectos de diseño y construcción de cimentaciones en zonas susceptibles a licuación del terreno, presentando un caso en donde se usa el método de vibroflotación.

El Capítulo 12 (“*Performance Based Seismic Engineering – An Introduction*”) tiene un carácter introductorio: se presenta allí una visión general del innovativo concepto de la Ingeniería Sísmica Basada en Desempeño (PBSE por sus siglas en inglés) el cual ha ganado importancia en los últimos años en el campo de la Ingeniería Sísmica Estructural. Inicia con un recuento de los primeros pasos dados hacia el diseño basado en el desempeño estructural, en normativas tales como la del SEAOC en los Estados Unidos, y las de Japón y Europa. A continuación se discuten los aspectos más relevantes de la metodología basada en desempeño tales como los objetivos de desempeño, niveles de desempeño estructurales y no-estructurales, y niveles de amenaza sísmica. Finaliza discutiendo algunos de los procedimientos estáticos no lineales implementados en los códigos, tales como el Método del Espectro de Capacidad y algunos de los métodos de diseño basados en desplazamientos

Este revisor recomienda el libro para los cursos graduados de ingeniería sísmica estructural, diseño sísmico de estructuras y como texto de referencia para otros cursos como el de dinámica de suelos; así como también para aquellos investigadores realizando trabajos en estas áreas. También será de gran utilidad para los ingenieros que trabajen en diseño sismorresistente de estructuras.