

Finite Element Analysis of Composite Materials, por Ever J. Barbero, CRC Press, Boca Raton, FL, 2007. Revisado por Dr. Luis A. Godoy, Catedrático, Centro de Investigaciones en Infraestructura Civil, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Puerto Rico en Mayagüez.

Los materiales compuestos (especialmente los fabricados con una matriz polimérica y fibras de vidrio) han ingresado en la construcción o reparación de infraestructura civil en la última década. Los usos generalmente se concentran en la construcción de nueva infraestructura que debe operar en condiciones severas, o en la reparación de infraestructura existente de hormigón o acero. En cualquiera de los dos casos, el aprovechamiento pleno del material requiere de procedimientos de análisis sofisticados, en los que se considere el compuesto y su evolución en el tiempo.

La mayor parte de los textos disponibles sobre materiales compuestos se concentran en la teoría clásica de laminado, pero no incursionan en el uso de técnicas más adecuadas para el trabajo en ingeniería, como el método de elementos finitos. El enfoque del texto que se revisa es precisamente la aplicación de elementos finitos al análisis de materiales compuestos, y como tal, es casi único en su género. El libro está compuesto por diez capítulos, que reflejan un curso graduado que el autor dicta en West Virginia University.

El capítulo 1 es introductorio a la mecánica de materiales compuestos laminados, considerando brevemente los fundamentos de mecánica de sólidos ortótropos. El capítulo 2 introduce los conceptos básicos de elementos finitos y se especializan en el contexto de un programa para propósitos generales (ANSYS) que se usa en el resto del libro. El análisis de láminas y laminados mediante elementos finitos es el eje del capítulo 3, y aquí se discuten criterios de falla del compuesto. El capítulo 4 versa sobre problemas de pandeo: debido a que los compuestos se usan en componentes de pared delgada, el problema de inestabilidad es frecuentemente una restricción de diseño. El análisis de pandeo que se presenta incluye técnicas de bifurcación y de continuación. El capítulo 5 es único entre diversos libros de compuestos, y trata de esfuerzos en bordes libres y fuerzas interlaminares.

El capítulo 6 incluye una valiosa revisión de la micro-mecánica computacional, una disciplina reciente en la que se simula el comportamiento del material en el nivel micro. En este capítulo se explican las técnicas de homogeneización y el análisis mediante elementos finitos. Los capítulos 7 y 8 tratan de fenómenos hereditarios: viscoelasticidad y mecánica de daño. La parte viscoelástica comienza con modelos analógicos tradicionales, y evoluciona a modelos más sofisticados: superposición, análisis en el dominio de frecuencia, e implementación de modelos mediante rutinas generadas por el usuario. La parte de daño cubre problemas 1D y 3D y se extiende al capítulo 9 para considerar daño en laminados. El último capítulo trata de problemas de delaminación, vistos desde la mecánica de fractura.

Una particularidad del libro es que en cada capítulo se desarrolla un tópico e inmediatamente se explica su implementación en ANSYS mediante líneas de código detallados. Se enfatiza en cada caso el comportamiento físico mediante ejemplos resueltos (hay más de 50 ejemplos resueltos y 75 propuestos). El libro puede ser usado en un contexto universitario como herramienta de enseñanza- aprendizaje a nivel graduado, pero también será de gran beneficio para ingenieros que deban enfrentarse con problemas prácticos complejos y resolverlos con programas comerciales.

Principles of Passive Supplemental Damping and Seismic Isolation, por C. Constantin Christopoulos y André Filiatraut, IUSS Press, Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia, Pavia, Italia, 2006, 480 p. Revisado por Luis E. Suárez, Catedrático, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico en Mayagüez.

Los dispositivos y sistemas que aportan amortiguamiento adicional a las estructuras civiles siguen ganando popularidad en la ingeniería estructural moderna, en especial como una manera de garantizar el funcionamiento luego de un sismo de estructuras con funciones críticas como hospitales, cuarteles de policía y bomberos y centros de emergencia. Los sistemas de amortiguamiento suplementario tienen como objetivo disipar parte de la energía que un sismo le suministra a la estructura. Si bien en la actualidad ya existe en la literatura técnica una extensa cantidad de material sobre este tema, en su mayor parte se encuentra en revistas y reportes técnicos. Es muy oportuno entonces que los profesores Christopoulos (University of Toronto) y Filiatraut (University at Buffalo, New York) prepararan lo que se puede considerar como un libro de texto sobre estos sistemas de protección sísmica. El libro, que está dirigido a estudiantes graduados e ingenieros estructurales en la práctica profesional, contiene métodos de análisis y diseño junto con resultados de estudios experimentales y una descripción de implementaciones prácticas. El libro está enfocado en aquellos sistemas de amortiguamiento llamados “pasivos” o sea que no necesitan de ninguna fuente de potencia ni computadoras para su operación, y se incluyen aquí los sistemas de aislamiento de base y absorbedores de vibraciones. El libro tiene un prefacio a cargo del Dr. Vitelmo Bertero, Profesor Emérito de la Universidad de California en Berkeley. El Prof. Bertero comenta que una de las razones por las cuales estos sistemas innovadores de protección sísmica no se

han implementado de manera más extensa es por la ausencia de un libro de texto que presente los principios y la implementación de estas tecnologías.

El libro viene con un CD-ROM que contiene, además de datos para ejemplos del libro, una versión estudiantil del programa RUAUMOKO desarrollado en la Universidad de Canterbury en Nueva Zelanda (RUAUMOKO es el dios de los volcanes y terremotos de la tribu Maori de este país). El programa incluido en el libro permite hacer análisis dinámicos no lineales de estructuras aporcadas en 2 dimensiones y análisis de empuje lateral.

A continuación se presenta una descripción sucinta del contenido del libro, capítulo por capítulo. El primer capítulo del libro contiene conceptos básicos introductorios incluyendo una breve historia de los sistemas de amortiguamiento adicional y de aislamiento de base.

El Capítulo 2 contiene una breve revisión de las dos filosofías para el diseño sísmico comenzando con el procedimiento tradicionalmente usado en la actualidad que se enfoca en las fuerzas. Se discuten algunos de las limitaciones de este método y se presenta como alternativa el diseño basado en desempeño (“Performance-Based Design”). Se discute el método del espectro de capacidad y el método directo de desplazamiento propuesto por M.J.N. Priestly.

El Capítulo 3 también tiene un carácter introductorio: se presenta allí una visión general de los distintos sistemas pasivos para disipación de energía. Se clasifican estos sistemas en tres tipos y se discute su contribución al balance de energía. Se presenta en forma sucinta las metodologías de diseño de estos sistemas recomendadas en los documentos FEMA-356 y FEMA-450.

El siguiente capítulo tiene como objetivo presentar conceptos energéticos en la ingeniería sísmica. La presentación teórica sigue el trabajo clásico de Uang y Bertero de 1990. A continuación se presentan ejemplos del cálculo de las energías en pórticos planos de dos pisos sometidos a tres sismos históricos. Se usa un pórtico con juntas rígidas, con arriostramientos elásticos, con dos dispositivos de amortiguamiento suplementario y con aislamiento de base.

El Capítulo 5 está dedicado a los amortiguadores metálicos (basados en el comportamiento histerético de los metales cuando se deforman en el rango post-elástico) y de fricción. Ambos tienen en común que su comportamiento puede ser modelado mediante una relación fuerza-deformación elasto-plástica. Se estudian los casos específicos conocidos como ADAS (“Added Damping-Added Stiffness Systems”), LED (“Lead-Extrusion Devices”) y BRB (“Buckling Restrained Braces”). Dentro de los amortiguadores de fricción se estudian las conexiones con ranuras atornilladas (“slotted-bolted connections”), el amortiguador de la compañía Sumitomo y el de Pall (“Pall Friction Device”). El capítulo concluye con un procedimiento para el diseño de estructuras con amortiguadores histeréticos.

Los amortiguadores más conocidos, los de tipo viscoso y viscoelástico, tienen dedicado el Capítulo 6. Se presenta el análisis dinámico en estructuras con estos tipos de amortiguadores. El capítulo tiene una breve discusión de dispositivos cinemáticos que se usan para amplificar las deformaciones de los extremos del amortiguador (“Toggle-Brace & Scissor-Jack Damping Systems”).

El Capítulo 7 es tal vez el más interesante del libro, principalmente por lo novedoso. Este capítulo está dedicado a los sistemas auto-centrantes (“Self-Centering Systems”). El propósito de estos sistemas es limitar las excesivas deformaciones residuales que quedan en las estructuras diseñadas con la filosofía de los códigos actuales luego de un terremoto severo. Dentro de estos sistemas se agrupan todos los dispositivos que proveen amortiguamiento adicional a través de un comportamiento histerético pero que permiten que el sistema estructural retorne a su posición original luego del evento sísmico. Todos estos dispositivos se caracterizan por tener una relación fuerza deformación idealizada con la forma de una bandera (“flag-shaped hysteresis”). La curva fuerza-deformación se asemeja a un poste inclinado (o sea la parte elástica en el origen) seguida por el paño de la bandera (o sea la parte inelástica que provee el amortiguamiento). Se describen el primer sistema auto-centrante (las columnas de los antiguos templos griegos) y sistemas más modernos, comenzando con el puente Rangitikei en Nueva Zelanda de 1981. Siguen las aleaciones con memoria de forma (“Shape Memory Alloys”), el dispositivo EDR (“Energy Disipating Restraint”) de Fluor Daniel Inc., el amortiguador SHAPIA fabricado por Spectrum Engineering, y por último los sistemas de paredes y pórticos post-tensionados en donde la disipación de energía la proveen la rotación parcial de las juntas o de la base de la pared. Estos sistemas son fuertemente no lineales y una buena parte del capítulo está dedicada al análisis y a la descripción de este comportamiento.

El Capítulo 8 describe el uso de los famosos amortiguadores de masa sintonizada (“Tuned Mass Dampers”). Se presenta la conocida teoría de Den Hartog para el diseño de absorbedores sin y con amortiguamiento montados en una

REVISIÓN DE LIBROS

estructura de un grado de libertad. Se discute la aplicación específica de estos sistemas para mitigar la respuesta sísmica. Este último tema no está tratado en profundidad y a base de su experiencia, este revisor tiene dudas sobre la efectividad de estos sistemas para ingeniería sísmica.

Los conceptos básicos del análisis y diseño de sistemas de aislamiento de base se presentan en el Capítulo 9. Estos sistemas son hoy en día muy conocidos y hay al menos cinco libros (en inglés) dedicados al tema. El capítulo comienza con la (interesante) teoría lineal propuesta por James Kelly para el análisis. A continuación se describe el método de diseño que aparece en la edición 2003 del Internacional Building Code (que a pesar de su nombre, y al menos hoy en día, es de los EE.UU.). El capítulo concluye con algunas consideraciones para el diseño de puentes aislados sísmicamente.

El Capítulo 10 es de naturaleza mayormente descriptiva en donde se presentan los distintos tipos de aisladores de uso en el presente: los de goma laminada (“Laminated Rubber Bearing”), los de goma con corazón de plomo (“Lead-Rubber Bearing”), los sistemas de péndulo con fricción (“Friction Pendulum Systems”) y otros de uso menos frecuentes.

El Capítulo 11 debería ser de especial interés para aquellos educadores a cargo de cursos graduados avanzados. Se presentan allí dos proyectos sugeridos para un curso sobre el tema del libro. El primero es la actualización estructural (“retrofit”) de un pórtico de seis pisos de acero con juntas resistente a momentos; el segundo proyecto es similar pero está enfocado en un puente simple de cables atirantados (“cable-stayed bridge”). Se describen los parámetros para el análisis y las propiedades de las estructuras, recomendándose el uso del programa RUAUMOKO para llevar a cabo los proyectos.

Este revisor recomienda el libro porque presenta en forma relativamente accesible material moderno que hasta ahora estaba disperso en artículos técnicos. Sin embargo, es necesario aclarar (y los autores lo hacen en el prólogo) que para su mejor aprovechamiento los lectores deben tener conocimientos bien fundamentados de dinámica estructural, y preferiblemente también de análisis no lineal. Como el libro por ahora no está publicado por una de las casas editoriales tradicionales, puede no ser fácil de adquirirlo. Este servidor lo adquirió a través de la Internet, usando compañías asociadas a Amazon.com.

