

VIBRACIONES DE MEDIOS CONTINUOS

1 Descripción del curso

Dar a los graduados de Ingeniería Civil, Mecánica y Naval los conocimientos necesarios para resolver los problemas avanzados de dinámica estructural incluyendo vibraciones de estructuras con movimientos sísmicos diferenciales en sus apoyos, vibraciones de sistemas continuos como barras, cuerdas, vigas y placas, ensayos de integridad de pilotes y determinación dinámica de fuerzas en obenques, interacción suelo - estructura, interacción fluido-estructura y sus aplicaciones al diseño de fundaciones de máquinas y puentes colgantes respectivamente.

2 Organización

2.1 Docentes

- Dr. Ing. Raul Bertero, Profesor Plenario de Mecánica del Sólido (rbertero@fi.uba.ar)
- Ing. Alejandro Lehmann Jefe de Trabajos Prácticos de Mecánica del Sólido II (alehmann@fi.uba.ar)

2.2 Evaluaciones

Se tomará una evaluación integradora al finalizar.

La nota estará formada en un 50% por los Trabajos Prácticos y un 50% por la nota de la evaluación integradora.

El curso termina con un examen integrador final oral en el que se presentan y defienden los resultados de los trabajos prácticos y las lecciones aprendidas.

3 Programa analítico

3.1 Sistemas de n grados de libertad: ecuaciones de equilibrio dinámico.

Ecuaciones de equilibrio dinámico de sistemas de n GL Amortiguamiento clásico. Amortiguamiento de Rayleigh. Amortiguamiento de Caughey. Superposición de amortiguamientos modales. Condensación estática. Sistemas simétricos y no-simétricos con excitación de la base. Aplicación a la respuesta sísmica torsional elástica de edificios de varios pisos. . Frecuencias propias y modos de vibración. Condiciones de ortogonalidad de los modos de vibración.

3.2 Sistemas de n grados de libertad con excitaciones múltiples de los apoyos

Ecuaciones de equilibrio dinámico de sistemas de n GL con excitaciones sísmicas diferentes en cada uno de los apoyos. Aplicaciones a las ecuaciones de equilibrio dinámico de puentes con pilas apoyadas en suelos distintas características.

3.3 Respuesta de sistemas de n grados del libertad mediante análisis modal

Respuesta de sistemas de n grados de libertad en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia. Análisis modal. Respuesta para sistemas con excitaciones múltiples de los apoyos. Aplicaciones a la respuesta sísmica de puentes con pilas apoyadas en suelos distintas características.

3.4 Respuesta sísmica de capas de suelo sobre roca elástica

Planteo de las ecuaciones de equilibrio dinámico en el dominio de la frecuencia. Determinación de las funciones de transferencia intercapa. Procedimiento de resolución para la obtención de la respuesta dinámica en el dominio de la frecuencia. Aplicaciones para la obtención del espectro de diseño sísmico en función del tipo de suelo. Deconvolución. Movimiento en la roca conocido el movimiento superficial. Aplicación a la resolución de vigas de corte.

3.5 Sistemas continuos: ecuaciones de equilibrio dinámico y resolución por análisis modal

Ecuaciones de equilibrio dinámico de sistemas continuos. Viga de corte. Viga de flexión. Efecto de la inercia rotatoria y las deformación por corte en las vibraciones flexionales. Frecuencias propias y modos de vibración. Condiciones de ortogonalidad de las autofunciones. Solución de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales mediante análisis modal. Aceleraciones totales de la respuesta de un sistema continuo. Cantidad de modos necesarios para obtener una aproximación adecuada de la respuesta. Influencia de la variación en el espacio y en el tiempo de la excitación. Método de corrección estática. Aplicaciones a edificios de pórticos y de tabiques y a puentes.

3.6 Sistemas continuos: propagación de ondas. Resolución por el método de las características

Propagación de ondas. Resolución de la ecuación diferencial por el método de las características. Vibraciones longitudinales y torsionales de barras, vibraciones de cuerdas, vibraciones de vigas de corte. Condiciones de borde. Ondas en medios estratificados. Ondas supersónicas y subsónicas. Ondas longitudinales en pilotes. Solución numérica por el método de las características. Aplicación al ensayo de integridad de pilotes.

3.7 Sistemas continuos: estructura de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de equilibrio dinámico – Sistemas con energía de deformación asociada a derivadas de primer orden.

Estructura de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de equilibrio dinámico. Vibraciones de cuerdas, barras, membranas, discos, vigas de corte, sólidos semi-infinitos en el plano y en el espacio. Clasificación de los distintos métodos de solución de las ecuaciones diferenciales. Frecuencias y modos de vibración. Solución por el método de las transformadas. Transformada de Fourier en el espacio y Transformada de Laplace en el espacio. Definición analítica de cargas discontinuas en el tiempo y en el espacio. Definiciones de las Transformadas de Laplace, Fourier, Finita de Fourier, Hankel y Finita de Hankel. Funciones de Bessel. Propiedades de las Transformadas. Teorema de convolución. Solución para cargas armónicas. Solución para cargas impulsivas. Aplicación a las vibraciones de cuerdas y a la determinación experimental de los esfuerzos en cables de puentes atirantados.

3.8 Sistemas continuos: estructura de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de equilibrio dinámico – Sistemas con energía de deformación asociada a derivadas de segundo orden

Estructura de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de equilibrio dinámico. Vibraciones de vigas. Vibraciones de placas. Frecuencias y modos de vibración. Solución para cargas armónicas. Solución para cargas impulsivas. Aplicación a las vibraciones de entresijos ante la acción de eventos rítmicos.

3.9 Vibraciones de suelos. Interacción suelo-estructura

Ecuaciones de equilibrio dinámico en sólidos tridimensionales. Ondas primarias y secundarias. Problema de Lamb en estados planos de deformación. Ondas de Rayleigh. Velocidad de propagación. Forma de las ondas de Rayleigh. Dependencia de la profundidad con la frecuencia de la vibración. Aplicación a vibraciones de máquinas sobre el terreno. Ley de reciprocidad dinámica. Solución de Lysmer a la vibración de una base rígida sobre el terreno. Rigideces y amortiguamiento dinámico de bases rígidas sobre el terreno. Aplicaciones a la fundación de un compresor sobre el terreno.

3.10 Interacción fluido-estructura. Vibraciones de tanques de almacenamiento de líquidos

Ecuaciones de la hidrodinámica. Determinación de la frecuencia del oleaje en tanques rectangulares y circulares. Presiones convectivas e impulsivas sobre las paredes del recipiente. Analogía mecánica de Housner. Aplicaciones a la respuesta y diseño sísmico de tanques de almacenamiento de líquidos.

3.11 Interacción fluido-estructura. Aeroelasticidad.

Aerodinámica. Números de Reynolds y Strouhal. Acciones del viento sobre cuerpos. Coeficientes de "Lift" y "drag". Vórtices de Von Karman. Fenómeno de "lock-in". Efectos aeroelásticos. Ecuación diferencial de interacción fluido-estructura. Fenómenos de "Galloping", Divergencia Torsional y Flameo. Coeficientes de flameo. Velocidad crítica de flameo. Aplicaciones al diseño de puentes colgantes y pasarelas. Aplicaciones al diseño de chimeneas.

3.12 Aislación de bases y disipadores de energía.

Teoría lineal de la aislación de bases. Extensión de la teoría a edificios. Características de los aisladores. Fosa perimetral y diseño de instalaciones. Métodos de diseño preliminar de disipadores de energía (viscodampers).

4 Material de estudio

4.1 Material de clase

El curso está organizado en clases desarrolladas en pantalla, las que serán grabadas y entregadas a los alumnos.

4.2 Bibliografía

- "Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering". Anil K. Chopra. Prentice Hall.
- "Dynamics of Structures", Ray W. Clough and Joseph Penzien. McGraw-Hill, Inc. Second Edition
- "Wind Effects on Structures". Emil Simiu and Robert Scanlan. John Wiley & Sons.
- "Mechanical Vibrations". J.P. Den Hartog, Mc Graw Hill
- "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yousef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004

4.3 Software

Para la resolución de los trabajos prácticos se utilizará el programa Mathcad.