

Programación ampliada del curso

Proyecto y Rehabilitación Sismorresistente de Edificios

Presentación

Los métodos de análisis, proyecto, construcción, refuerzo y rehabilitación de edificios sometidos a acciones sísmicas han experimentado importantes avances en las últimas décadas, fruto de la intensa actividad investigadora llevada a cabo a lo largo de todo el mundo y de la inestimable experiencia aportada por los daños observados para terremotos recientes; en consecuencia, puede afirmarse que la complejidad y la variedad de las técnicas y de las soluciones propuestas se han incrementado significativamente. Los profesionales españoles dedicados a estas actividades precisan actualizar sus conocimientos para poder competir con ventaja con las oficinas consultoras más avanzadas; ello resulta de la mayor importancia en un mercado globalizado y cada vez más internacional debido a la importante crisis que experimenta en la actualidad el sector de la construcción en España. Es destacable que algunos países, entre los que se encuentra Chile, exigen a los ingenieros españoles la superación de una prueba para poder ejercer la profesión; esta prueba tiene un fuerte contenido de ingeniería sísmica y este curso proporciona los conocimientos necesarios para poder superarla. Por otra parte, en nuestro país se viene detectando una importante sensibilización acerca de la problemática sísmica debido, entre otras razones, al reciente terremoto de Lorca, el cual constituye el movimiento sísmico de mayor severidad registrado hasta la fecha en España. La conjunción de estas circunstancias genera una importante necesidad de formación actualizada, a la cual pretende responder este curso.

Este curso se dirige a profesionales del sector de la construcción (ingenieros y arquitectos, de nivel superior y técnico) involucrados en intervenciones (proyecto, construcción, reparación, refuerzo, rehabilitación, entre otras) de estructuras de edificación (en sentido amplio) situadas en zonas sísmicas.

Objetivos

El objetivo de este curso es proporcionar los conocimientos necesarios para proyectar edificios resistentes a terremotos, evaluar el daño estructural causado por un movimiento sísmico, determinar el margen de seguridad estructural post-sismo y diseñar rehabilitaciones sismo-resistentes de edificios existentes. Debe subrayarse que la formación recibida habilita perfectamente para llevar a cabo estas actividades en cualquier lugar del mundo, sea cuál sea su sismicidad e independientemente de la normativa local. Para alcanzar estos objetivos se describirán las formulaciones incluidas en la normativa (nacional NCSE-02, europea EC-8 e internacional), se presentarán las estrategias de proyecto y análisis más avanzadas (proyecto basado en la capacidad, cálculo “push-over”, proyecto basado en el objetivo, aislamiento de base, disipadores de energía) y se desarrollarán en detalle ejemplos de proyectos de edificios nuevos y de acondicionamiento sismo-resistente de construcciones existentes. Para poder recoger con mayor aprovechamiento los conocimientos impartidos, se recomienda que los alumnos estén familiarizados con los programas de análisis estructural SAP o ETABS u otros con prestaciones similares.

Las tecnologías y los conceptos descritos en el curso son el resultado directo de la labor profesional, docente e investigadora de los profesores, quienes habiendo trabajado en las distintas disciplinas incluidas en el temario, brindan una visión amplia tanto de los aspectos teóricos como de las aplicaciones.

Documentación proporcionada

La documentación que será suministrada a los asistentes consiste en:

- Apuntes sobre dinámica de estructuras y sobre proyecto sismo-resistente de estructuras orientados específicamente a los objetivos del curso.
- Ejemplos detallados de dos proyectos sismo-resistentes elaborados según la normativa española y europea de un edificio de hormigón y de otro de acero.

Evaluación

Se proporcionará a todos los asistentes un certificado oficial de asistencia emitido por la Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT

Los alumnos que deseen recibir los 1 ECTS (créditos del EEES) deberán elaborar un proyecto sismo-resistente de una estructura de edificación o realizar un trabajo similar relacionado con el temario del curso. En ambos casos, este ejercicio puede ser resuelto de forma individual o en grupo, y el tema puede ser elegido por los alumnos o ser propuesto por los profesores.

Profesorado

Alfredo Arnedo Pena

Dr. Ing. de Caminos. Profesor del departamento de Ingeniería de la Construcción de la Universidad Politécnica de Cataluña. Profesor de los Programas de Máster “Estructuras en la Arquitectura” e “Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural” de la UPC. Experiencia profesional en proyecto sismo-resistente (INYPESA 1984-1999), especialmente en centrales nucleares. Experiencia profesional en diseño antisísmico, protección anti-impactos y explosiones (SENER 2003-2012). Ponente en la Instrucción EAE. Delegado español en el comité del Eurocódigo 3, parte 1.3. Delegado español en el comité CEN /TC 135 sobre Ejecución. Autor del libro “Naves industriales con acero” editado por APTA (Asociación para la Promoción Técnica del Acero) y autor del capítulo de Estructuras metálicas del libro “Estructuras sometidas a acciones dinámicas” (CIMNE). Participación en el proyecto europeo de investigación “Seismic design of light-gauge steel framed buildings”.

Rafael Blázquez Martínez

Dr. Ingeniero de Caminos (Northwestern University, Evanston, Illinois, EE.UU.) y Licenciado en Ciencias Físicas (Universidad Complutense de Madrid). Actualmente es Catedrático de Ingeniería del Terreno (comisión de servicio) en la Universidad Politécnica de Cartagena (Murcia) y Titulado Superior (funcionario en excedencia) del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (MOPU, Madrid). Ha sido asimismo Director del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC), Associate Seismologist en el Departamento de Conservación del Estado de California (Sacramento, EE.UU.), Presidente de la Asociación Española de Ingeniería Sísmica y Presidente del Comité Español del Eurocódigo 8 (CTN 140/AENOR). En el ámbito académico ha ejercido la docencia en Geotecnia en la Universidad Politécnica de Madrid (Profesor Titular) y en la Universidad de Castilla-La Mancha (Catedrático). Como Profesor Visitante (Lecturer) ha impartido cursos de Ingeniería Sísmica y Dinámica de Suelos en la universidad de Granada, en España, y en las universidades de Berkeley, Oregon State y Northwestern, en EE.UU. Es autor de más de 200 artículos en revistas científicas y coautor del libro “Procesos Estocásticos en Ingeniería Civil”, habiendo participado (y/o dirigido) a lo largo de su trayectoria profesional en más de 30 proyectos de investigación y contratos de I+D.

Bashar Farah

Ingeniero Civil (2007) y Máster en Ingeniería Sísmica (2012) por la Universidad de Damasco

(Siria). Posee una amplia experiencia profesional en proyecto, construcción y rehabilitación de estructuras de edificación ubicadas en zonas de alta sismicidad, tales como el edificio del BanJordaniaDSiria en Adra (Siria). Ha impartido diversos cursos profesionales sobre el manejo de programas para el proyecto sismorresistente de estructuras. Actualmente está desarrollando en la Universidad Politécnica de Cataluña su Tesis Doctoral sobre comportamiento dinámico no lineal de edificios sometidos a movimientos sísmicos fuertes.

Ricardo García Arribas

Aparejador y Arquitecto técnico por la Escuela Universitaria de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid. Experto Universitario en Mecánica de la Fractura y Resistencia a la Fatiga por la UNED. Ha colaborado con la Universidad Complutense de Madrid, el Instituto Geológico de Cataluña y el Real Observatorio de la Armada de San Fernando en Cádiz en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios de Málaga (proyecto de investigación ERSE) y en el informe de la UPC sobre el acondicionamiento sismorresistente del nuevo edificio de la Gerencia Municipal de Urbanismo de Málaga. Ponente en numerosos Congresos nacionales e internacionales de ingeniería sísmica y arquitectura técnica (CONTART), ha impartido numerosas conferencias en calidad de invitado en los Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de toda España. Poseedor de una dilatada experiencia profesional en construcción y dirección de obra, ha redactado recientemente un amplio informe sobre el Riesgo Sísmico en España a requerimiento de la Subdirección General de Infraestructuras y Seguimiento para Situaciones de Crisis, adscrita a la Presidencia del Gobierno.

Juan Jódar Martínez

Natural de Lorca, es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Director desde el año 1979 de la Oficina Técnica CETEC, S.L. (Murcia), ha sido Profesor Visitante de Puentes durante diez años en la Universidad de Granada (1991-2000). Entre 1967 y 1974 trabajó como investigador en la Sección de Hormigón Pretensado del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, donde desempeñó los cargos de Adjunto al Secretario General de la Asociación Técnica Española del Pretensado (ATEP) y Secretario del Sello de Conformidad CIETAN para forjados de hormigón armado y pretensado. Ha dictado varios cursos y seminarios en la Región de Murcia sobre puentes (Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos) y estructuras de edificación y forjados (Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos), habiendo impartido también docencia en el Master de Urbanismo de la Escuela de Negocios de la Universidad de Murcia. Asimismo ha colaborado, como miembro del equipo redactor, en diversos libros, instrucciones, normas tecnológicas y normas y manuales de ATEP, destacando su labor en la recopilación, selección de documentación y edición del libro “Hormigón pretensado. Realizaciones españolas”, realizada bajo la dirección del profesor D. Carlos Fernández Casado. Es miembro del Comité de Redacción de la Revista “Hormigón y Acer”.

Francisco López Almansa

Dr. Ing. de Caminos. Profesor Titular del departamento de Estructuras en la Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña y Catedrático de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras. Codirector del Programa de Máster “Estructuras en la Arquitectura” y profesor de los Programas de Máster Universitarios de la UPC “Tecnología en la Arquitectura” e “Ingeniería del Terreno e Ingeniería Sísmica”. Profesor invitado permanente de las Universidades de Girona, de Granada y Austral de Chile. Ha dirigido quince Tesis Doctorales, la mayor parte relacionadas con la ingeniería sísmica. Es autor de cerca de 200 trabajos de investigación, publicados en revistas científicas y presentados a congresos científicos nacionales e internacionales. Ha participado en numerosos proyectos de investigación (nacionales e internacionales) financiados con fondos públicos y privados, habiendo sido promotor y coordinador de aproximadamente la

mitad de éstos.

Fernando Purroy Narvaiza

Arquitecto. Fue profesor del Departamento de Estructuras en la Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña y actualmente es profesor del departamento de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de las Islas Baleares. Codirector del Programa de Máster “Estructuras en la Arquitectura” de la UPC siendo responsable de la parte “Refuerzo y reparación de estructuras”. Actualmente participa activamente en un Proyecto de Investigación de materiales con memoria de forma (“Application of Shape Memory Alloys”) para el refuerzo de estructuras de hormigón. Consultor de estructuras desde 1992 hasta la actualidad. Ha intervenido e interviene en numerosos proyectos de rehabilitación estructural en edificios históricos, complejos deportivos, hospitales y viviendas. Es Consultor de Mapei para el cálculo de refuerzos con FRP (“Fiber Reinforced Plastics”), siendo pionero en refuerzos en hormigón armado y fábrica.

PROGRAMA

LUNES 21 de octubre de 2013

8:30 – 9:00 **Apertura del Curso**

INGENIERÍA SÍSMICA DE SUELOS Y ESTRUCTURAS

9:00 – 10:30 **Sismología Ingenieril. Conceptos Básicos** (R. Blázquez)

Generación y propagación de ondas sísmicas. Tipos de fallas. Parámetros fuente. Medidas de intensidad y magnitud de los terremotos. Sismicidad histórica versus sismicidad instrumental. Peligrosidad sísmica: modelo de Cornell. Período de retorno. Riesgo sísmico. Análisis y procesado de registros sísmicos: parámetros característicos. Espectros de respuesta. Factores determinantes. Acciones sísmicas de proyecto. Normativa española y europea.

10:30 – 10:45 **Pausa café**

10:45 – 12:30 **Comportamiento Sísmico del Terreno** (R. Blázquez)

Efectos de la geología y topografía local sobre las acciones sísmicas. Parámetros dinámicos del suelo. Ensayos de campo y de laboratorio. Ecuaciones constitutivas: modelo lineal equivalente. Amplificación sísmica. Fenómenos inelásticos: densificación y licuefacción de suelos. Modelización numérica. Empuje sísmico en muros de contención. Capacidad portante de cimentaciones sometidas a carga sísmica. Normas NCSE-02 y EC-8.

12:45 – 14:30 **Fundamentos del Diseño Antisísmico de Estructuras** (F. López Almansa)

Sistemas de uno y varios grados de libertad. Frecuencias naturales y modos propios de vibración: expresiones empíricas. Análisis modal espectral. Espectros de energía. Ductilidad. Espectros de capacidad versus espectros de demanda. Proyecto basado en prestaciones (PBD). Estados límites de daño. Método push-over. Análisis de empuje incremental modal y adaptativo. Recomendaciones generales del proyecto sismo-resistente de edificios. Resistencia a torsión. Mecanismos frágiles de colapso. Efecto “pounding”. Cálculo dinámico no lineal. Normativa española, europea e internacional.

MARTES 22 de octubre de 2013

PROYECTO SISMO-RESISTENTE DE EDIFICIOS DE HORMIGÓN

9:00 – 10:30 **Tipologías Generales y Criterios de Proyecto-I** (F. López Almansa)

Tipologías estructurales de hormigón. Pilares, pantallas (“shear walls”), pilares apantallados, sistemas duales. Uso de elementos de arriostramiento. Tipos de forjados; forjados uni y bidireccionales. Tipologías recomendables en zonas sísmicas. Criterios generales de sismo-resistencia. Influencia de los elementos de cerramiento y de partición; generación de cargas excéntricas. Daños observados. Ductilidad seccional; armaduras infracríticas y supracríticas. Uso de acero de alta ductilidad (SD). Análisis de nudos mediante modelos de bielas y tirantes (“struts and ties”). Recomendaciones de la normativa española y europea. Clases de ductilidad. Normativa americana y japonesa. Ejemplo de proyecto sismo-resistente de un edificio de hormigón. Uso de los programas WinEva, SAP y ETABS. Análisis “push-over”; obtención de los “performance-points”. Discusión de los resultados obtenidos. Errores frecuentes derivados del uso de los programas comerciales.

MIÉRCOLES 23 de octubre de 2013

PROYECTO SISMO-RESISTENTE DE EDIFICIOS DE ACERO

9:00 – 10:30 **Tipologías Estructurales y Criterios de Proyecto** (A. Arnedo)

Tipologías estructurales de acero; pórticos sísmicos. Tipologías recomendables en zonas sísmicas. Criterios generales de proyecto sismo-resistente. Pórticos de nudos rígidos. Arriostramientos concéntricos y excéntricos. Barras diagonales (“braces”) y en V (“chevron braces”); uso de “zipper columns”. Rigidizadores. Ductilidad. Distribución en planta de los arriostramientos: simetría y separación. Uniones soldadas y atornilladas; uniones pre-cualificadas (FEMA 350). Influencia de los elementos de cerramiento y de partición. Uso de “outrigger walls”.

10:30 – 10:45 **Pausa café**

10:45 – 12:30 **Recomendaciones Normativas. Ejemplos prácticos** (A. Arnedo)

Recomendaciones de la normativa española y europea; clases de ductilidad. Normativa americana y japonesa. Ejemplos de diseño sismo-resistente de edificios de acero. Comparación entre las distintas alternativas.

REHABILITACIÓN SISMO-RESISTENTE DE EDIFICIOS

12:30 – 14:30 **Criterios Generales. Aplicación a edificios de hormigón** (F. López Almansa)

Medidas de rehabilitación sísmica (FEMA 273): modificación local de componentes, eliminación o reducción de irregularidades, rigidización estructural global, refuerzo estructural global, reducción de la masa, aislamiento de base, disipadores de energía. Rehabilitación sismo-resistente de edificios de hormigón. Revestimiento de pilares o nudos con hormigón armado, camisas de acero o “composites”. Riesgo de formación de columnas cortas. Refuerzo de vigas y nudos a cortante y a momento. Riesgo de formación de mecanismos de colapso frágiles; flexibilización de vigas. Técnicas de recentrado (resimetrización) de edificios. Incorporación de muros de relleno (de hormigón u obra de fábrica) o de barras diagonales (de acero). Refuerzo de vigas de acoplamiento entre pantallas.

16.45 – 20:00 **Resolución de casos prácticos** (F. López Almansa, Arnedo, B. Farah)

JUEVES 24 de octubre de 2013

9:00 – 10:30 **Rehabilitación Sismo-Resistente de Edificios de Acero y Obra de Fábrica** (F. Purroy)

Incorporación de elementos de arriostramiento. Rehabilitación sismo-resistente de edificios de obra de fábrica. Refuerzos mediante materiales compuestos (“composites”). Colocación de armaduras en las juntas horizontales (“repointing”).

10:30 – 10:45 **Pausa café**

10:45 - 12:30 **Rehabilitación Sismo-Resistente de Cimentaciones** (F. Purroy)

Refuerzo de cimentaciones directas (superficiales): aumento de las dimensiones de las zapatas, colocación de pilotes o micro-pilotes, aumento del espesor y de la armadura de losas, mejora de

las propiedades del terreno mediante inyecciones, incorporación de vigas de atado entre zapatas. Refuerzo de cimentaciones profundas (pilotes): incorporación de nuevos pilotes, refuerzo de los encepados, mejora de las propiedades del terreno mediante inyecciones, incorporación de vigas de atado entre encepados. Riesgo de vuelco (“uplift”); colocación de anclajes. Refuerzo de muros de contención. Aumento del espesor y la cuantía de armadura. Redimensionamiento de la puntera y el tacón del muro. Disposición de anclajes al terreno contenido.

NUEVAS TECNOLOGÍAS

12:30 – 14:30 **Aislamiento de Base** (F. López Almansa)

Concepto de aislamiento de base. Grado de aislamiento. Proyecto de edificios con aisladores. Límites de aplicabilidad. Tipos de aisladores. Aisladores de goma (RB, LRB, HDRB). Péndulos de fricción. “Sliding isolation pendulum”. Otros tipos de aisladores. Rehabilitación de edificios mediante aislamiento de base. Recentrado de edificios asimétricos. Evaluación post-terremoto del comportamiento de edificios con aislamiento de base. Aislamiento tridimensional. Normativa. Aplicaciones: aislamiento de edificios históricos, edificios industriales, centrales nucleares, etc. Aislamiento de áreas urbanas (Beijing, L’Aquila y Tokyo). Edificios con aislamiento de base en Barcelona.

VIERNES 25 de octubre de 2013

9:00 – 10:30 **Disipadores de Energía** (F. López Almansa)

Concepto de disipadores de energía. Utilidad y colocación de los disipadores. Tipos de disipadores: histeréticos, friccionales, viscoelásticos, etc. Proyecto de edificios con disipadores. Propuestas de uso masivo de disipadores para países en desarrollo. Comparación entre aislamiento de base y disipación de energía. Edificios con disipadores de energía en Granada.

10:30 – 10:45 **Café**

CONFERENCIAS INVITADAS

10:45- 12:00 **Prácticas constructivas y de proyecto en el sureste español** (J. Jódar)

Enseñanzas derivadas del terremoto de Lorca. Importancia de los elementos no estructurales. Disposiciones normativas para la mejora del comportamiento dinámico de estructuras de edificación en zonas de riesgo sísmico. Medidas de proyecto y construcción. Influencia del proceso de cálculo en el fallo de estructuras sometidas a acciones sísmicas. Análisis crítico de las disposiciones normativas. Incidencia de los daños observados. Aplicación al caso del terremoto de Lorca, 2011.

12:00 – 13:15 **Daños en edificaciones observados en terremotos recientes** (R. García Arribas)

Vulnerabilidad sísmica. Comportamiento de estructuras de mampostería. Naturaleza aleatoria de los fenómenos sísmicos. Utilidad de la prevención. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en España. El papel y la responsabilidad legal de las instituciones y el sector de los seguros en la mitigación de los daños sísmicos. Correlación entre daños y errores en el diseño y construcción de estructuras. Daños observados en terremotos ocurridos recientemente en España. Evaluación y refuerzo sismorresistente de edificios.

13:15 – 14:30 **MESA REDONDA CON LOS PONENTES**

14:30 **CLAUSURA DEL CURSO**