

GRUPO DE TRABAJO:

Diseño Sísmico de Estructuras Marítimas

Antecedentes

Actualmente, no existe hasta la fecha ningún código técnico, normativa o recomendación en materia de diseño sísmico específico para obras marítimas en España.

Este tipo de estructuras, ya sea por sus peculiaridades o por analogía con el resto de países, es necesario tratarlas de forma independiente, echándose en falta por ahora unas pautas que sirvan de guía para los ingenieros españoles en cuanto al diseño de estructuras portuarias y offshore en este campo.

Solamente la ROM 0.5-05 y la ROM 2.0-11 recogen una propuesta para el tratamiento de la sollicitación sísmica para obras marítimas que consiste en tomar la aceleración básica del terreno y afectarla de una serie de coeficientes que sirven para obtener como resultado una aproximación al valor de la aceleración sísmica a considerar en la dirección horizontal y en la vertical.

Este planteamiento es una simplificación que, a la luz de los avances en esta materia a nivel mundial, ha sido superado y actualmente tiene un rango de aplicación muy limitado a zonas de baja aceleración o a estudios preliminares. La tendencia actual recibe el nombre de "*Performance-Based Design*" y consiste en permitir con la llegada de la sollicitación sísmica un determinado nivel de daño en la estructura marítima en función del propósito de la misma, de su importancia y del plazo y accesibilidad para los trabajos de reparación correspondientes.

De esta manera se deberían definir distintos niveles de evaluación (introducción del concepto del factor de modificación de respuesta y del factor de sobre-resistencia): un nivel diseñado para que tras la finalización del sismo la estructura pueda seguir plenamente operativa; otro nivel para el que se consentirán ciertas deformaciones, fallos locales y deterioros que requieran de una reparación a corto o medio plazo, pero que en ningún caso contemplan el colapso de la obra, etc.

Estados Unidos, Japón, India, México así como el resto de países latinoamericanos son algunos de los ejemplos de implantación de esta metodología ampliamente extendida en estos territorios. Tanto es así, que esta filosofía de cálculo se encuentra en constante evolución y es susceptible de ir sufriendo cambios según se avance en el conocimiento del comportamiento de las estructuras frente a la agitación del terreno.

En el ámbito meramente estructural, esta metodología lleva ya un largo periodo de tiempo puesta en práctica. En España, incluso la NCSP-07 para el diseño sísmico de puentes ya contemplaba un primer traslado de este procedimiento a nuestro país.

Pero nada se ha escrito a nivel nacional hasta el momento de su extrapolación al ámbito de las distintas tipologías de estructuras marítimas: taludes, estructuras pilotadas, cajones, pantallas y bloques.

Todo ello, sumado al hecho de que las empresas españolas están comenzando a abrir sus campos de actividad a la escala internacional, ha propiciado la necesidad de emitir unas bases de cálculo sísmico que mejoren el diseño de las obras marítimas en zonas sensibles de sufrir estos eventos y que ayuden al ingeniero español a asentar una base técnica que lo ayude a defender sus propuestas en el extranjero.

Objetivos

Los objetivos que se plantean en este grupo de trabajo son los siguientes:

- Recopilar, analizar y estudiar en detalle la normativa internacional en materia de diseño sísmico y la bibliografía vinculada, con la intención de asentar unas bases de partida suficientemente bien fundadas para el desarrollo de los trabajos del presente grupo.
- Profundizar en el diseño y en el entendimiento del comportamiento sísmico de las estructuras marítimas.
- Difundir estos conocimientos adquiridos entre los profesionales de la asociación como herramienta que permita a un ingeniero que aborde un proyecto en un emplazamiento con aceleraciones sísmicas considerables conocer los pasos concretos a seguir, la normativa que debe aplicar, las asunciones en materia de riesgos que debe contemplar así como otras particularidades en su ejecución y ventajas/desventajas de las distintas soluciones en función de los condicionantes sísmicos del caso concreto.

Normativa y textos de referencia:

Se enumeran a continuación las principales normativas y otra documentación de referencia a tener en cuenta (el orden del listado no indica prioridad de unos códigos sobre otros):

- *“Seismic Design Guidelines for Port Structures”*, PIANC, 2001.
- *“ASCE 61-14 Seismic Design of Piers and Wharves”*, 2014.
- *“Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan”*, The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan, 2002.
- *“The Port of Los Angeles Code for Seismic Design, Upgrade and Repair of Container Wharves”*, City of Los Angeles Harbor Department, 2010.
- *“Port of Long Beach Wharf Design Criteria”*, Long Beach Harbor Department, 2012.
- *“Prestandard and commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings”*,

- FEMA 356, 2000.
- *“Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures”*, FEMA 440, 2005.
 - *“ASCE 7/16 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures”*, ASCE, 2016.
 - *“UFC 4-152-01. Design: piers and wharves”*, 2001.
 - *“NSR-2010 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente”*, Gobierno de Colombia, 2010.
 - *“NEC-13 Norma Ecuatoriana de la Construcción. Capítulos 2 y 3”*, Gobierno de Ecuador, 2013.
 - *“E.030 Norma Técnica de Diseño Sismo Resistente”*, Gobierno de Perú, 2012.
 - *“Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por Sismo”*, Comisión Federal de Electricidad de México, 2008.
 - *“Eurocódigo 8. Diseño Sísmico”*, AENOR, 1998.
 - *“Dynamic analysis for STS crane to cope with the Japanese Seismic Regulation”*, 2014.
 - *“Fundamentals of Earthquake Engineering”*, Newmark and Rosenblueth, 1971.
 - *“Performance-Based Seismic Analysis of an Anchored Sheet Pile Quay Wall Structures”*, Dong-Shan Yang, 1999.
 - *“Seismic Analysis of Tall Anchored Sheet-Pile Walls”*, G. Gazetas, E. Garini and A. Zafeirakos, 2016.
 - *“A Novel Approach for Seismic Design of Anchored Sheet Pile Wall”*, Honglue Qu, Ruifeng Li, Jianjing Zhang, Huanguo Hu and Deyi Zhang, 2016.
 - *“Stability of Rubble-Mound Breakwaters under Seismic Action”*, C.D. Memos, 2000.
 - *“Experimental Investigation of the Seismic Response of Rubble-Mound Breakwaters”*, C.D. Memos, 2000.

Alcance:

Se tratarán, como propuesta tentativa, los siguientes aspectos (existe una fase previa de investigación y análisis de la documentación de referencia):

- Análisis de la Peligrosidad Sísmica;
- Diferencias entre las distintas metodologías de cálculo recogidas en normativas o recomendaciones actuales;
- Sensibilidad de las tipologías de obras de atraque y de abrigo al sismo. Revisión de casos y recomendaciones para la selección de topologías;
- *Performance-Based Design* – “Diseño Basado en el Desempeño”
 - Niveles de Sismo, Grados de Desempeño y Niveles de Daño;
 - Factor de Comportamiento o de Modificación de Respuesta. Rótulas plásticas. Ductilidad de las estructuras;
 - Valores umbrales de deformaciones y giros asociados con los Niveles de Daño

- Soluciones estructurales propuestas históricamente para resistir el sismo. Novedades y tendencias;
- Fallos acontecidos debidos al sismo en estructuras marítimas. Análisis y entendimiento de las causas. Posibles mejoras;
- Interacción Suelo-Estructura;
- Ejemplos prácticos de cálculo de todas las tipologías mencionadas;
- Repercusión económica del sismo en el coste de obras de atraque y de abrigo.

Estos contenidos se desarrollarán por fases a lo largo de la evolución del GT.

Producto Final:

Divulgación del Conocimiento sobre el Diseño Sísmico de Estructuras Marítimas.

Disciplinas que se consideran adecuadas para los miembros del GT:

Este grupo, debido a la amplitud de temas a abordar, y al objetivo final que persigue, debería contar con los siguientes miembros, de manera que el apoyo y colaboración de personas de los diferentes grupos que a continuación se mencionan ayuden a la elaboración del resultado más adecuado y al éxito final del trabajo en grupo:

- Consultores especializados en cálculo estructural de obras marítimas
- Consultores especializados en geotecnia de obras marítimas
- Consultores especializados en la redacción de proyectos de obras marítimas
- Gestores y Responsables de Infraestructuras de Autoridades Portuarias y Puertos del Estado, conocedores de la normativa existente
- Miembros de empresas constructoras con experiencia en lugares con elevado riesgo sísmico
- Miembros con reconocidas capacidades en el campo de la investigación de la sismicidad, tanto en el sistema español como fuera de él, de manera que pueda trasladarse al ámbito nacional los modelos de éxito de otros países