

Estudio a escala de un terremoto y las consecuencias de sus vibraciones en edificios

Fernando Abella Garrido, Mario Albiar Gómez, Susana Sánchez Albaladejo y Miguel Ángel Vidal Pedreño.

IES Mediterráneo de Cartagena

Coordinadora (IES): M^a Jesús Valero Martínez

Coordinador (UPCT): Manuel Conesa Valverde, Departamento de Física Aplicada y Tecnología Naval de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Contacto IES: 30012276@murciaeduca.es

RESUMEN

Los terremotos son catástrofes naturales que pueden llegar a provocar grandes problemas en las edificaciones y otras construcciones hechas por las personas.

Para mitigar estos daños se han diseñado y construido diferentes tipos de edificaciones y estructuras que consiguen rebajar los daños producidos por este, ya que aguantan los movimientos que el terremoto produce.

Existe una normativa que se ocupa de regir este tipo de construcciones, esta es la Norma de Construcción Sismorresistente. Esta normativa se aplica tanto en construcciones como en puentes.

Para el estudio de los sismos primero nos documentamos sobre los terremotos y el terremoto de Lorca, con el objetivo de conocer los aspectos básicos de los terremotos y poder extrapolar nuestro proyecto al terremoto de Lorca. Tras esto empezamos una experimentación en la que mediante movimientos telúricos similares a los de un terremoto, medimos la aceleración que este producía en una estructura.

Con los objetivos ya fijados y las gráficas analizadas desarrollamos unas conclusiones basándonos principalmente en los datos obtenidos y en un estudio del terremoto de Lorca. No obstante, en nuestras conclusiones también dimos soluciones para suavizar e incluso mitigar el daño de terremotos en estructuras.

Palabras clave: Terremoto, Edificaciones, Normativa, Movimientos telúricos.

ABSTRACT

Earthquakes are natural catastrophes that can cause major problems in buildings and other constructions made by people.

To mitigate this damage, different types of buildings and structures have been designed and built that manage to reduce the damage caused by it, since they support the movements produced by the earthquake.

There is a regulation that controls this type of construction, this is the Regulation of Seismic Resistant Constructions. This regulation applies to both constructions and bridges.

For the study of earthquakes, we first document ourselves on earthquakes and the Lorca earthquake, with knowledge of the basic aspects of earthquakes and to be able to extrapolate our project to the Lorca earthquake. After this we started an experiment in which through telluric movements similar to those of an earthquake, we measured the acceleration that it produced in a structure.

With the objectives already set and the graphs analyzed, we develop conclusions based mainly on the data obtained and on a study of the Lorca earthquake. Nevertheless, in our conclusions we also gave solutions to smooth and even mitigate seismic damage to structures.

Key words: Earthquake, Buildings, Regulation, Telluric movements

INTRODUCCIÓN

Una estructura está diseñada para soportar fuerzas estáticas, sin embargo cuando se le aplica a esta una fuerza dinámica como la de un terremoto, esta sufre y pone en peligro su propia integridad.

Los terremotos son vibraciones o movimientos de la corteza terrestre producidos por la rápida liberación de energía proveniente del interior de la Tierra en forma de ondas sísmicas. Son transitorios, es decir, no duran más de unos segundos o minutos. Los terremotos provocan tantos daños psicológicos a las personas que viven la catástrofe como ambientales a su alrededor.

Los terremotos se producen por el deslizamiento de la litosfera en torno a una falla. La energía va siendo acumulada en ella hasta que alcanza su límite máximo y se fractura.

El punto exacto donde se origina el terremoto es reconocido como hipocentro, que se encuentra a unos 700 km de profundidad aproximadamente. La distribución de los hipocentros hace que se formen distintas regiones: regiones sísmicas, como el Cinturón Circumpacífico; regiones penosísmicas, donde se producen terremotos débiles; o regiones asísmicas, zonas muy estables donde no se dan sismos. Justo encima del foco se encuentra el epicentro, punto donde alcanza su mayor intensidad

Para la medición de los terremotos se utilizan diferentes escalas, entre ellas la más destacada es la de Richter. La escala es logarítmica y cada número representa una intensidad diez veces mayor que el anterior.

El principal problema que causan los terremotos en las edificaciones, como se ha mencionado anteriormente se aplica un movimiento dinámico a estructura diseñada para aguantar movimientos estáticos. Sin embargo, hay diferentes soluciones que se pueden aplicar para la prevención y respuestas ante terremotos.

Entre ellas están las estructuras antisísmicas. Estas están preparadas para aguantar y suavizar movimientos telúricos mayores mediante sus materiales. Entre sus materiales destaca el hormigón, la madera,

los ladrillos antisísmicos y el acero. Y por otro lado encontramos las sismorresistentes, estas están enfocadas en aguantar el movimiento, no son capaces de suavizarlo.

Para regir estas construcciones existe una normativa, llamada NCS (Norma de Construcción Sismorresistente). Esta se divide en dos, por un lado tenemos la NCSE (edificios) y la NCSP (puentes). La normativa se aplica en las regiones que tengan una aceleración mayor a 0,08 G en la escala de Richter o una gran probabilidad sísmica.

Nuestro proyecto ha sido extrapolado al terremoto que más afectó a nuestra región. Este fue el terremoto de Lorca de 2011, ocurrió el 11 de mayo de 2011, tuvo 5,1 en la escala Richter, su hipocentro fue la Alhama de Murcia y afectó al 80% de las viviendas de la ciudad.

OBJETIVOS

Los objetivos de este proyecto fueron reproducir un terremoto a pequeña escala, evaluar la respuesta de una estructura simulada antes terremotos variando la frecuencia del movimiento, extrapolar la información obtenida al terremoto de Lorca de 2011 y proponer soluciones para evitar las severas consecuencias en próximos terremotos

MATERIAL Y MÉTODOS

Realizamos tareas de documentación y búsqueda de información en la web en diversos repositorios y motores de búsqueda como Google Scholar, Google o Dialnet.

Empezamos simulando diferentes vibraciones en el laboratorio de física aplicada, para medir las aceleraciones mediante un software de simulación Datastudio, con este determinamos la frecuencia de la estructura, recogiendo los datos en una tabla Excel y elaborando gráficas de posición, velocidad y aceleración.

Estas simulaciones se deben hacer con fuerzas que varíen de forma sinusoidal. Realizamos un ensayo donde obtenemos la respuesta en amplitud de la estructura en función de la frecuencia y después extrapolamos la respuesta a un terremoto

similar ocurrido en Lorca en el año 2011. Con ello, vamos variando parámetros de la estructura hasta encontrar una mejor respuesta. Finalmente y con estos datos buscamos soluciones para evitar daños.

Para la realización de la simulación experimental se precisa de una estructura que simula un edificio a pequeña escala, un generador de fuerzas periódicas, un acelerómetro y un mando de generador de ondas, unos sensores de ultrasonidos con su respectivo soporte, pesos de 1 g a 200 g y un software de análisis de datos, llamado Datastudio.

La experimentación requiere de un material específico para la óptima recogida de datos. La estructura simulada de un edificio es el eje principal del experimento. Dicha estructura de tres plantas es hueca y se soporta sobre cuatro ruedas que permiten el movimiento de esta al aplicar una fuerza periódica. El esqueleto de la misma está hecha de plástico y se mantiene unido mediante tornillos. En las aristas horizontales encontramos tornillos orientados verticalmente que nos servirán para colocar, más tarde, anillas de diferentes masas. En la base de estas estructuras se une el generador de fuerza periódica conectado a su vez al control y mando de generador de ondas, donde controlamos la amplitud y frecuencia de estas. Al lado de la estructura encontramos los sensores de ultrasonidos, colocados a distintas alturas, intentando que cada uno de ellos capte el movimiento de una de las plantas. Estos sensores están conectados al ordenador que contiene el software específico, llamado Datastudio. Gracias a este programa, podemos elaborar tablas y gráficas que recogen la posición, velocidad y la aceleración del edificio tras aplicar dicho movimiento.

El procedimiento experimental se ha llevado a cabo en la Universidad Politécnica de Cartagena. En nuestra primera visita nuestro coordinador nos explicó el procedimiento que debíamos seguir y nos enseñó las instalaciones en las íbamos a realizar el proyecto. También llevamos a cabo prácticas con los materiales y el software Datastudio que íbamos a utilizar para la parte práctica. En la segunda visita, empezamos con el

desarrollo del proyecto, realizando pruebas con el fin de obtener datos para su análisis. En nuestra tercera visita repetimos las pruebas que creíamos que eran erróneas y concretamos con nuestro coordinador en referencia a la extrapolación de los resultados obtenidos al terremoto de Lorca de 2011. Antes de las visitas nos informamos acerca del proyecto estudiando documentos relacionados con los terremotos que nos proporcionó nuestro coordinador.

Por último realizamos un cuaderno de bitácora para documentar los pasos de nuestra experimentación

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Lo primero que hicimos fue hacer un barrido de frecuencias entre 1-20 Hz. Pusimos la máxima amplitud en el generador de ondas, de esta manera, encontraríamos las frecuencias de resonancia con más facilidad y podríamos centrarnos más en ellas. En este primer barrido, decidimos hacer pruebas con duración de 10 segundos. Antes de empezar a tomar datos, colocamos los tres sensores de ultrasonido en las tres diferentes plantas que tenía nuestro “edificio”.

Una vez todo preparado, comenzamos las pruebas, analizamos los movimientos con una gráfica de posición tiempo. Hicimos dos barridos, uno sin peso, y otro con 400 g en cada planta. Después de estos dos barridos nos dimos cuenta de que las frecuencias de resonancia sobre nuestra estructura eran las de 6 y 14 Hz. Con esta información, nos centramos más en ellas y hicimos distintas pruebas variando el peso entre 200 y 800 g en cada una de las plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De todas estas pruebas, sacamos distintas gráficas que analizamos para sacar las siguientes conclusiones: Nuestro “edificio” sufría más cuando el peso se encontraba en la planta de abajo. Investigando, nos dimos cuenta de que, en la vida real, suele ser al revés, esto es debido a que nuestro edificio no deja de ser una simulación, que no es una imitación perfecta de un edificio.

CONCLUSIONES

Como dijimos en la introducción, teníamos una serie de objetivos, que hemos sido capaces de cumplir. Hemos reproducido un terremoto a pequeña escala, gracias a nuestro generador de ondas, y extrapolar esos datos al terremoto de Lorca de 2011. Experimentamos con este tipo de movimientos y nos dimos cuenta de que más de una frecuencia puede resultar resonante. Además, observamos que aumentando el peso en la parte superior del edificio podíamos romper las frecuencias de resonancia causando menos daños sobre la estructura.

Sacamos la conclusión también de que los edificios de Lorca no estaban preparados para un terremoto de tal magnitud, por ello fueron tales los daños.

Las diferentes soluciones que encontramos para disminuir los daños en estructuras debido a movimientos sísmicos son los siguientes:

-Amortiguador de masas integrado: Se trata de un péndulo que provoca que los edificios no entren en resonancia, esto es debido al movimiento arrítmico del péndulo respecto al edificio.

-Evitar pilares cortos: Esto es debido a que los pilares cortos transmiten mejor el movimiento ya que tienen menos oscilaciones.

-Comprobar que los edificios cumplen con la normativa antisísmica vigente en el momento.

-Sistemas de aislamiento de la base, apoyos de neopreno. Se basa en colocar materiales elásticos en las uniones del edificio con la tierra.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no se habría podido realizar sin la ayuda de nuestros coordinadores y la de la UPCT. Por ello queremos dar las gracias a la UPCT por proporcionarnos los medios necesarios para llevar a cabo nuestra investigación, a nuestro coordinador Jose Manuel Conesa por guiarnos y darnos el soporte necesario para el avance de nuestro proyecto y por último a Maria Jesus Valero y a Paco Roig por introducirnos en esta impresionante asignatura, la investigación.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Bordino, J. (2022, junio 30). *Terremoto: Qué es, cómo se produce y tipos - Resumen*. Ecología Verde. Recuperado 25 de enero de 2023, de <https://www.ecologiaverde.com/terremoto-que-es-como-se-produce-y-tipos-3644.html>

Geographic, N. (2011, octubre 24). *¿Cómo se miden los terremotos?* | *National Geographic*. National Geographic. Recuperado 13 de marzo de 2023, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/como-se-miden-los-terremotos>

Mexicano, S. G. (2017, octubre 2). *SISMOS: Causas, características e impactos* | *Servicio Geológico* .. Gobierno De México. Recuperado 13 de marzo de 2023, de <https://www.gob.mx/sgm/es/articulos/sismos-causas-caracteristicas-e-impactos?idiom=es>

Rodríguez Pascua, M. Ángel, Pérez López, R., Martín González, F., Giner Robles, J., & Silva, P. (2012). *Efectos arquitectónicos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de* . Recuperado 8 de marzo de 2023, de https://www.igme.es/boletin/2012/123_4/9_ARTICULO%206.pdf