

## Matemáticas para ver cómo afectan las explosiones a las estructuras

Investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid han desarrollado, calibrado y validado un modelo numérico que permite entender y estudiar el comportamiento de losas de hormigón frente a cargas explosivas. Ataques terroristas como los sucedidos en Madrid en 2004 o en Boston en 2013 demuestran la gran vulnerabilidad de estas estructuras frente a los explosivos.

UPM

23/11/2015 08:43 CEST

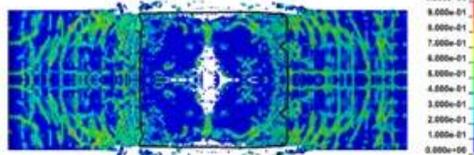
Cara superior



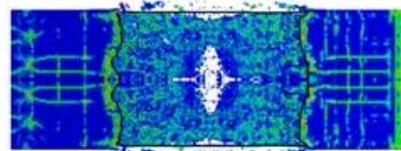
Cara inferior



Modelo CSCM - cara superior



Modelo CSCM - cara inferior



Vista lateral con plancha de acero



Modelo CSCM - vista lateral con chapa de acero



Resultado de una explosión sobre una losa con chapa de acero y su correspondiente simulación numérica. / UPM

El hormigón armado es uno de los principales materiales usados en la construcción de terminales de transporte e infraestructuras de comunicación, debido a su precio, resistencia al desgaste o el fuego, fácil manejo y buenas propiedades mecánicas. Sin embargo, la utilización de explosivos improvisados (conocidos por sus siglas en inglés, IED) en ataques terroristas recientes, como los sucedidos en Madrid (2004),

Estocolmo (2010), Moscú (2011) y Boston (2013), demuestran la gran vulnerabilidad de estas estructuras ante ataques de este tipo.

---

La simulación numérica permite predecir el comportamiento frente a las explosiones y optimizar costes

Ahora, el [Grupo de Explosivos](#) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) ha creado un modelo numérico que permite estudiar el comportamiento del hormigón armado frente a cargas explosivas cercanas. El estudio, que se publica en el *International Journal of Impact Engineering*, es fruto del proyecto SEGTRANS, financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) dentro del programa Fondos Tecnológicos y Proyectos Integrados.

En general, para mejorar la resistencia frente a explosiones de estos materiales se trabaja en dos vías. La primera consiste en añadir fibras (acero, carbón, vidrio o polipropileno) al hormigón como refuerzo interno, creando lo que se conoce como hormigones reforzados. La segunda, en revestir el hormigón con elementos como espumas de aluminio o chapas de acero.

Ambas técnicas son complejas, en algunos casos costosas, y no siempre son la solución definitiva. En este marco, la simulación numérica permite de antemano predecir el comportamiento de estas soluciones frente a un fenómeno dinámico como las explosiones y, por tanto, optimizar costes en la experimentación y puesta en marcha.

### **También ensayos en el laboratorio**

Además del desarrollo, la implementación y la validación de los modelos numéricos, el Grupo de Explosivos de la UPM ha sido el encargado, entre los años 2010 y 2014, de la realización de los ensayos en las instalaciones del Instituto Tecnológico de La Marañosa. Se efectuaron 8 ensayos, 3 de ellos de calibración y los restantes de diferentes configuraciones con refuerzos de

fibras (metálicas y de polipropileno) y protecciones como planchas de acero.

Para los ensayos de calibración se desarrollaron dos modelos empleando diferentes definiciones del hormigón según los materiales implementados en el *software* LS-DYNA. En comparación con las medidas de presión y aceleración obtenidas en los ensayos, uno de los dos modelos materiales utilizados, denominado CSCM, presentó mejores resultados y, por ello, se empleó en el resto de los ensayos. El error medio en términos relativos entre la simulación y los ensayos reales estuvo en torno a un 12%.

El trabajo ha demostrado, además, que la protección pasiva que no reviste al hormigón (tipo camisas de acero) no es la mejor solución, pues produce un aumento en el área de *spalling* o daño. La razón es que la plancha de acero focaliza el efecto de la presión sobre el área que está por debajo y en los extremos de la misma se producen concentración de tensiones que favorecen el aumento del daño a la estructura.

Los investigadores confían en que los modelos numéricos desarrollados puedan emplearse como paso previo a la experimentación con el fin de diseñar mejores ensayos, estudiar el efecto sobre construcciones ya edificadas o, incluso, sobre posibles soluciones pasivas en edificios que estén en servicio.

#### Referencia bibliográfica:

R. Castedo; P. Segarra; A. Alañón; L.M. López; A.P. Santos and J.A. Sanchidrián. "[Air blast resistance of full-scale slabs with different compositions: Numerical modeling and field validation](#)". *International Journal of Impact Engineering* 86:145-156, 2015.

Derechos: **UPM**

#### TAGS

EXPLOSIONES | MODELOS NUMÉRICOS | HORMIGÓN | MATERIALES |  
MATEMÁTICAS |

Creative Commons 4.0

Puedes copiar, difundir y transformar los contenidos de SINC. [Lee las condiciones de nuestra licencia](#)