

Alhucemas un año después del terremoto

En la reconstrucción de la zona se ha buscado un alto grado de calidad de obra y una eficaz divulgación de principios sismorresistentes para evitar otra catástrofe.

Patrick Murphy, Xavier Goula, Teresa Susagna

Con ocasión del primer aniversario del terremoto de magnitud 6.5 ocurrido en la región de Alhucemas el 24 de febrero de 2004, tuvo lugar un coloquio internacional sobre el "Terremoto de Alhucemas: balance y perspectivas", organizado por la Universidad Mohammed I de Oujda (24 a 26 de febrero de 2005). La asistencia a esas jornadas permitió un mejor conocimiento del movimiento sísmico a partir de las ponencias presentadas, así como un contacto directo con la realidad de la región y en particular con los trabajos de reconstrucción, especialmente en Imzuren, una de las ciudades más afectadas. Los autores habían estado presentes en la zona, días después del terremoto para obtener registros sísmicos de las réplicas y realizar un reconocimiento de los daños.

Esta nota da una breve descripción del fenómeno, sus graves consecuencias y la situación de la zona un año después.

Características del terremoto y del contexto sismotectónico de la región

El terremoto tuvo su epicentro cerca de la bahía de Alhucemas y fue de magnitud 6.5, según las agencias nacionales e internacionales, con un foco a poca profundidad, en torno a los 10 kilómetros, según las agencias marroquíes.

El terremoto se situó en el límite de placas Iberia-África, en su parte central. Esta zona se caracteriza por una sismicidad más difusa que en las dos zonas vecinas del golfo de Cádiz al Oeste y de Argelia al Este. Estudios recientes han puesto en evidencia un déficit de sismicidad a lo largo del siglo XX, respecto a las dos zonas vecinas, que podría interpretarse como un período anómalo de quietud sísmica. Durante el siglo XIX dos terremotos de Magnitud 6 tuvieron lugar en el sur de España (1829 y 1884) con efectos destructores. En la misma región de Alhucemas, en 1994 se produjo un terremoto de magnitud cercana a 6, con daños inferiores a los del sismo de 2004.

El mecanismo focal obtenido por diferentes centros representa un movimiento de cizalla horizontal senestre en una falla en dirección entre submeridiana y N20°E, que corresponde aproximadamente a las direcciones de los principales accidentes reconocidos en esta parte del Rif.

Sobre el mapa geológico regional se han representado las posiciones de las diversas localizaciones del epicentro del terremoto principal, realizadas por diversos organismos nacionales e internacionales.

La longitud de la ruptura sísmica, según relaciones empíricas aceptadas, para un sismo de Mw6.5 corresponde a unos 20-30 kilómetros y el salto horizontal de falla de aproximadamente un metro. Las observaciones de terreno no han permitido poner de manifiesto la existencia de ruptura en superficie de estas dimensiones. Sin embargo se ha puesto de relieve la existencia de una cantidad importante de pequeñas grietas de orden centimétrico que pueden seguirse en el terreno a lo largo de centenares de metros en distintos lugares de la zona. En la figura 1 se ha indicado la posición de algunas de esas grietas, en la playa del Club Méditerranée -CMED (figuras 2 y 3) y en la región de Ifassayenne. Posiblemente esas grietas se han producido como efectos secundarios de la ruptura sísmica, que no llegó a manifestarse completamente en superficie. Las direcciones de las grietas no corresponden exactamente con la dirección de la ruptura.

Breve descripción de los daños producidos

El terremoto ocasionó daños importantes en una vasta región comprendida por tres municipios urbanos y 14 rurales. El número de muertos se contabilizó en más de 600 y el de heridos en el hospital Mohamed V fue del orden de 1.100. Un total de 17.000 viviendas resultaron dañadas, de las cuales 12.000 han sido consideradas inhabitables. Se estimaron en 30.000 las personas afectadas directa o indirectamente.

■ El parque inmobiliario de Alhucemas

La zona ha experimentado una rápida expansión en los últimos decenios donde se ha pasado de una vivienda rural a una edificación urbana en altura con estructura de

Patrick Murphy es arquitecto; Xavier Goula y Teresa Susagna son sismólogos.

hormigón armado. Próximos a la costa hay varios centros urbanizados como la capital regional de Alhucemas (70.000 habitantes) que parece haber esquivado los efectos más dañinos del terremoto gracias a su emplazamiento en roca firme. A unos 30 kilómetros al sur se halla Imzuren, de reciente urbanización debido a las aportaciones de una población emigrante. Estas dos ciudades están caracterizadas por estructuras de hormigón armado siguiendo una tipología muy común en España; planta comercial a nivel de calle y cuatro o cinco plantas de vivienda en altura.

■ La vivienda rural rifeña

La vivienda tradicional rifeña al igual que otras tipologías de la cuenca mediterránea se organiza alrededor de un patio central al que dan el zaguán de acceso y las demás estancias de la casa, identificándose espacios públicos denominados masculinos y otros privados de ámbito femenino. Por ello sólo una pieza tiene acceso directo desde el exterior, donde se reciben invitados y visitas a la vez que se respeta la intimidad de las otras zonas de la vivienda. La edificación rural es de mampostería de piedra y por lo general de una o dos alturas y la cubierta plana. La formación de forjados de planta o de cubierta se realiza con vigas de madera preparadas y escaso trabazón con los otros elementos constructivos. Son edificaciones de gran vulnerabilidad.

Como era de esperar, el comportamiento de estas estructuras ha sido pobre. Algunas aldeas y cortijadas de la comarca de Ait Jamra quedaron arrasadas en su totalidad, sin que se pudiera adivinar en algunos casos el trazado original de caminos y calles o la distribución original de las viviendas de entre los escombros.

■ El bloque de vivienda moderna

Se trata de una edificación de hormigón armado de entre tres y cinco alturas de uso mixto; cocheras, garajes o locales comerciales en planta baja y viviendas en plantas superiores, una tipología conocida y extendida en España. El cerramiento exterior es muro capuchino; es decir, doble hoja de albañilería de iguales dimensiones con cámara entre ellas, trabadas entre sí con trabucos o ladrillos dispuestos a tizón y confinadas ambas hojas entre los forjados de las plantas. La hoja exterior se reviste con un enfoscado de mortero de espesor variable, realizándose dibujos en la fachada y enlazando verticalmente huecos y ventanas en plafones y relieves. No hay duda de que esta solución constructiva aporta una importante rigidez al conjunto de plantas de vivienda incrementado por el revestimiento de mortero y la escasa dimensión de los huecos practicados al exterior.

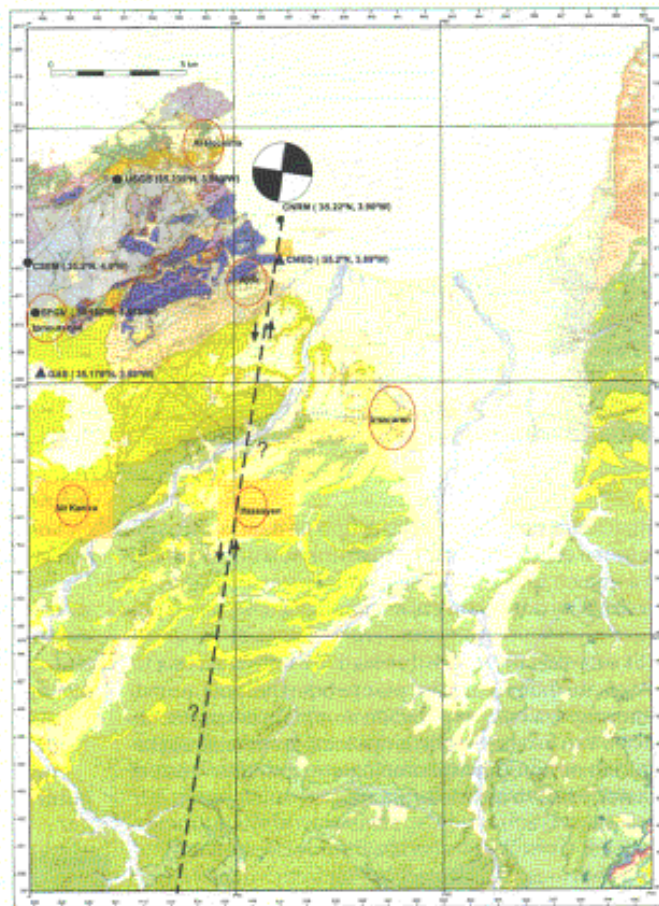


Figura 1. Mapa geológico (1:50.000). Los puntos negros representan las localizaciones obtenidas por distintos centros sismológicos. Los triángulos azules son los emplazamientos de los acelerógrafos desplegados en la intervención después del terremoto. Los círculos rojos indican las zonas donde se observaron daños y las zonas sombreadas en naranja las grietas en el suelo. El trazo discontinuo indica el posible trazado de la falla, cuya ruptura no se observó directamente en superficie. (http://www.icc.es/sismes/catala/m0_indexmarroc.html) / MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, MARRUECOS

■ Daños en edificaciones modernas

Los esfuerzos horizontales del terremoto causan la deformación del pórtico de hormigón por el desplazamiento horizontal de las plantas del edificio. Si la deformación es importante, entran en carga los cerramientos de albañilería causando daños por cortante en forma de equis, siendo ésta una tipología de daño muy documentada en la comarca de Alhucemas. Suelen indicar una falta de rigidez en la estructura principal.

Con desplazamientos mayores pueden producirse rótulas plásticas en los nudos de la estructura con de-



Figuras 2 y 3. Grietas observadas cerca de la playa del Club Mediterráneo. Situación en la figura 1. / PÉTER MURPHY

formaciones permanentes. Este tipo de daño suele concentrarse en los encuentros pilar-forjado de planta baja ya que en esta zona suelen concentrarse los esfuerzos sísmicos por las cargas mayoradas que se resuelven en ese nivel.

Es un caso tan común que ha dado nombre a una tipología de daño llamada "planta baja diáfana" por su menor rigidez en comparación con plantas superiores gracias a su uso como cochera o local comercial, sin tabiquería de compartimentación con grandes vanos al exterior y mayor altura de planta.

Los daños característicos de una planta baja diáfana son grandes grietas de cortante en forma de equis en los cerramientos de esa planta que indican un gran desplazamiento de la estructura. En casos más graves se produce la formación de rótulas plásticas en los encuentros pilar-forjado que rápidamente pueden llevar al fallo de esa planta y al derrumbamiento de los pisos superiores sobre la baja, como sucedió en varios edificios de Imzuren.

■ **La interacción entre el cerramiento y la estructura**

A veces durante un terremoto la estructura se comporta de forma distinta a la prevista debido a la partici-



Figura 4. Edificio reparado en Ajdir, con nuevos pilares más gruesos. / PÉTER MURPHY



Figuras 5 y 6. Edificio con pilares dañados reparado con un muro de hormigón que abarca toda la planta baja. / PATRICK MURPHY

pación de elementos no estructurales que modifican la geometría original del pilar. La forma más común sucede cuando un pilar se halla confinado por tabiquería en ambos extremos pero liberado en el centro, resultando en una reducción de su longitud, por lo que se conoce con el nombre de "pilar corto".

Reparaciones

Las reparaciones deben valorar los costes globales de una intervención estructural frente a los de reedificación, por ello las edificaciones de varias plantas que han sufrido daños estructurales como rótulas plásticas de pequeña o moderada envergadura se han reparado y reforzado con varias intervenciones que documentamos a continuación.

La pantalla de hormigón aporta una gran rigidez y resistencia en su plano y se observa su uso en varios ejemplos de obra nueva en Imzuren como en el centro cívico en construcción en la plaza principal de la población.

En el caso de reparaciones se usan pantallas de hormigón de varias maneras dependiendo del tipo de daño. En viviendas de altura con daños en la planta baja se han colocado pantallas en los vanos del pórtico haciéndolos resistentes y aportando gran rigidez al conjunto. En otros ejemplos se ha observado el uso de pantallas como un gran envolvente que recubren pilares dañados como en un edificio en Imzuren que había sufrido daños importantes por el efecto de pilar corto.

Las implicaciones de una obra de refuerzo deben valorarse sobre la totalidad de la estructura, por ello hay que tener cuidado que una planta baja excesivamente rígida con pantallas no traslade el efecto de planta baja diáfana a una planta superior. Este riesgo se ve incrementado por la facilidad de intervención en la planta ba-

ja por ser ésta de uso de cochera o local comercial y no de vivienda como en las plantas superiores.

Otra técnica de refuerzo observado es rodear o encastar un elemento dañado, generalmente un pilar, por otro de mayor dimensión. Al aumentar la rigidez del miembro, se puede afirmar que mejora su resistencia al sismo. Debe verificarse la resistencia de todo el conjunto de la misma manera que las intervenciones anteriores para no comprometer la resistencia del conjunto en su totalidad.

Una tendencia observada es la de reforzar por reforzar, como efecto causal por la alarma social generada tras el terremoto y la pérdida de confianza en las estructuras incluso aquellas que resultaron ilesas o con daños ligeros. Este tipo de reparaciones las realizan propietarios por su cuenta y a pesar de su intención pueden resultar inútiles si no se analiza el efecto de las intervenciones sobre la totalidad de la estructura, o incluso peligrosas si alteran de forma significativa las distribuciones de rigideces.

Consideraciones finales

Después de un terremoto se produce un periodo de tiempo donde las calidades de la edificación mejoran y las normas sismorresistentes se repasan, revisan y, en algunos casos por primera vez, se aplican. Dado que la única defensa frente al sismo es la buena práctica constructiva, el objetivo a buscar es un alto grado de calidad de obra y una eficaz divulgación de los principios sismorresistentes de la construcción para evitar una repetición de catástrofes de este tipo en el futuro.

Los autores de esta nota agradecen al Institut Cartogràfic de Catalunya los medios puestos a su disposición para la realización de la campaña de recogida de datos y la visita realizada a la zona un año después del terremoto. ■