

Análisis experimental del comportamiento a flexión dinámica de vigas sándwich

I. Ivañez, C. Santiuste, S. Sánchez-Sáez

Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras
Universidad Carlos III de Madrid, España

RESUMEN

En este trabajo, se ha analizado experimentalmente el comportamiento a flexión dinámica de vigas sándwich con pieles de fibra de vidrio/poliéster y núcleo de espuma de PVC. Se han llevado a cabo ensayos dinámicos de flexión en tres puntos, de los que se ha obtenido la fuerza de contacto, la energía absorbida y el desplazamiento máximo de ambas pieles. Se ha analizado la influencia de la energía de impacto sobre estas variables y en el modo de fallo de las vigas, observando que la compresión del núcleo bajo el área de contacto provoca una localización del daño que favorece la rotura de la piel superior.

1. INTRODUCCIÓN

Las vigas sándwich formadas por pieles de material compuesto y núcleo de espuma polimérica son utilizadas cada vez con más frecuencia como estructuras ligeras en las industrias automovilística, marina y aeroespacial, debido a la combinación de alta rigidez y resistencia a flexión, y bajo peso que presentan

Estas estructuras pueden estar sometidas a sollicitaciones dinámicas que, por su naturaleza, pueden producir daños importantes que disminuyan la eficiencia de las vigas sándwich aunque, en general, los diseños de los que forman parte tienden utilizar su capacidad de deformación para absorber la energía del impacto y mitigar sus efectos. Por ejemplo, los vehículos sometidos a un impacto de baja velocidad, como pueda ser una colisión lateral en una zona urbana, deben poseer estructuras capaces de absorber la energía del impacto y soportar esfuerzos de flexión, reduciendo la transmisión de fuerzas a otras partes del vehículo y a sus ocupantes. Se resalta entonces la necesidad de realizar estudios detallados de cómo afecta la energía de impacto a los diferentes parámetros involucrados y de cómo se produce la absorción de energía en las estructuras.

Existen numerosos autores que describen el comportamiento a flexión estática de estas vigas (Steeves and Fleck 2004, Mines and Alias 2002, Shahdin et al. 2009), siendo menos conocido su comportamiento a flexión bajo condiciones dinámicas (Tagiarelli et al. 2007). En este trabajo se ha estudiado experimentalmente el comportamiento a flexión de vigas sándwich sometidas a impactos de baja velocidad, analizando la influencia de la energía de impacto sobre la fuerza máxima de contacto, la energía absorbida y los desplazamientos máximos de las pieles.

2. MATERIAL

Se ha utilizado un material sándwich formado por pieles de laminados de tejido de fibra de vidrio en matriz poliéster con 3 mm de espesor, y núcleo de espuma de PVC, de 100 kg/m^3 de densidad y 30 mm de espesor. El uso de estos materiales para conformar estructuras sándwich está bastante extendido debido a sus excelentes propiedades a flexión y se capacidad de absorción de energía.

3. ENSAYOS DINÁMICOS

Se han realizado ensayos de flexión en tres puntos en condiciones dinámicas utilizando una torre de caída de peso instrumentada, CEAST Fractovis 6785, que permitió registrar la fuerza ejercida por el percutor sobre la probeta. Se ha utilizado un percutor de cabeza Charpy de 20 mm de diámetro y 7,97 kg de masa total. Se han ensayado 20 vigas de sección rectangular (50 mm de anchura y 36 mm de espesor) y 480 mm de longitud, utilizando una distancia entre apoyos de 450 mm. Los ensayos, comprendidos en un rango de energías de impacto de entre 25 J a 75 J, se han grabado mediante una cámara de alta velocidad, lo cual ha permitido medir la velocidad de impacto del percutor sobre las probetas, la velocidad de rebote del percutor tras el impacto, así como el desplazamiento de ambas pieles. Tanto la energía de impacto como la absorbida, se calcularon a partir de las velocidades del percutor.

4. RESULTADOS

Las grabaciones de los ensayos han permitido realizar un examen visual del fenómeno del daño en las vigas sándwich. Se ha observado que para energías de impacto más bajas, la viga sándwich exhibe un comportamiento a flexión global, siendo similar el desplazamiento de ambas pieles durante todo el ensayo. Cuando aumenta la energía de impacto se produce bajo la zona del impacto una compresión localizada del núcleo, cuya densificación favorece la rotura de la piel superior. En la Fig. 1 se muestran dos imágenes en los momentos anterior y posterior a la rotura de la piel superior de la viga sándwich.

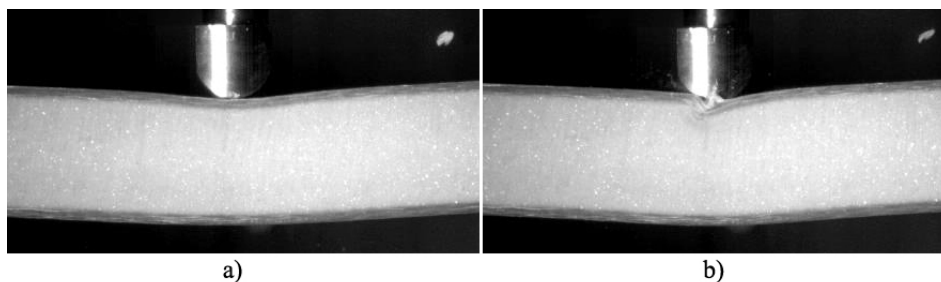


Fig. 1. Imágenes correspondientes a un ensayo de energía de impacto de 52 J: a) antes de la rotura de la piel superior, b) después de la rotura de la piel superior.

Se ha obtenido la fuerza máxima de contacto en cada uno de los ensayos, Fig. 2.a. A pesar de que la rotura de la piel superior no se produjo para todas las energías de impacto utilizadas, la fuerza máxima exhibe valores prácticamente constantes para todos los ensayos, aumentando ligeramente con la energía de impacto.

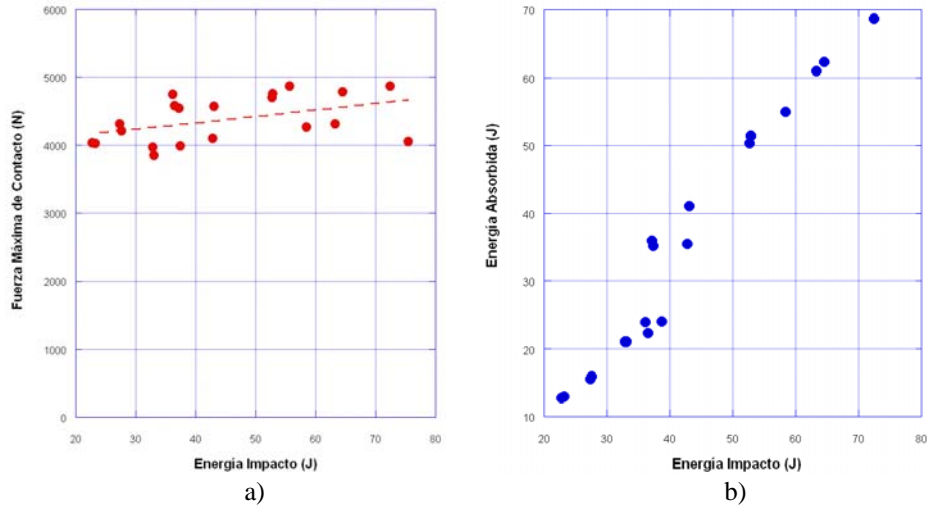


Fig. 2. a) Fuerza máxima de contacto frente a energía de impacto, b) Energía absorbida frente a energía de impacto.

La energía absorbida en función de la energía de impacto se representa en la Fig. 2.b. Se puede distinguir en torno a los 37 J de energía de impacto un cambio brusco en los valores de energía absorbida, coincidiendo este cambio con la rotura de la piel superior. Para energías de impacto inferiores a ese valor, la energía absorbida por la viga corresponde a un 50-60% de la energía de impacto, mientras que para energías superiores, corresponde a un 94-97%. Para los niveles de energía de impacto en los que se produce la rotura de la piel superior, la energía absorbida se sigue incrementando con el aumento de la energía de impacto, lo que indica una contribución por parte de la deformación del núcleo de espuma al proceso de absorción de energía.

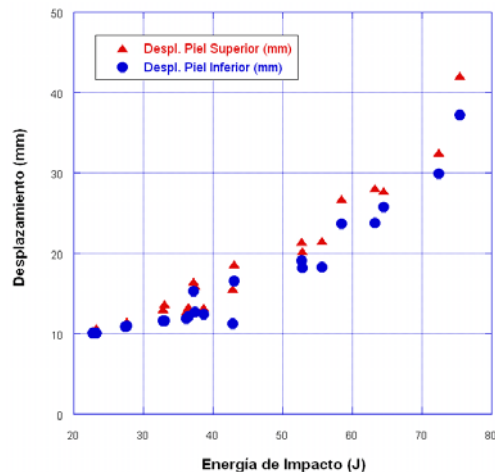


Fig. 3. Desplazamientos máximos de las pieles superior e inferior.

Los desplazamientos máximos de la piel superior e inferior se representan en la Fig. 3. Se observa un incremento de estos desplazamientos con el aumento de energía de impacto. La diferencia entre ambos desplazamientos máximos se hace más notable para energías de impacto superiores a 37 J, momento en el que se produce la rotura de la piel superior de las vigas sándwich. Para energías de impacto inferiores a 37 J, los desplazamientos máximos de ambas pieles son similares, debido a que la viga exhibe un comportamiento a flexión global.

5. CONCLUSIONES

El comportamiento a flexión dinámica de vigas sándwich con pieles de fibra de vidrio en matriz poliéster y núcleo de espuma de PVC, se ha analizado de forma experimental mediante ensayos de flexión en tres puntos en una torre de caída de peso. Se ha estudiado la influencia de la energía de impacto en la fuerza de contacto, la energía absorbida y el desplazamiento máximo de ambas pieles. La fuerza máxima de contacto presenta valores similares para todos los ensayos, a pesar de que la rotura de la piel superior no se produjo para todas las energías de impacto. Este hecho es significativo, pues aunque la energía de impacto aumente, los esfuerzos que se transmiten a los apoyos se mantienen prácticamente constantes. La energía absorbida presenta un salto en sus valores, que coincide con la energía de impacto a la que se produce la rotura de la piel superior de las vigas sándwich (aproximadamente 37 J). En los ensayos donde se produce la rotura de la piel superior, se ha observado una densificación del núcleo que favorece la absorción de energía. Esta densificación se confirma comparando los máximos desplazamientos de ambas pieles, cuyas diferencias aumentan notablemente a partir de ese valor de energía de impacto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Comunidad de Madrid y a la Universidad Carlos III de Madrid la financiación del Proyecto CCG08-UC3M/DPI-4348, que ha permitido la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- MINES, R.A.W., ALIAS A. (2002). Numerical simulation of the progressive collapse of polymer composite sandwich beams under static loading. *Compos Part A-Appl S.*, 33, 11-26.
- SHAHNIN A., MEZEIX L., BOUVET C., MORLIER J., GOURINAT Y. (2009). Fabrication and mechanical testing of glass fiber entangled sandwich beams: A comparison with honeycomb and foam sandwich beams. *Compos Struct.*, doi:10.1016/j.compstruct.2009.04.003.
- STEEVES C.A., FLECK N. A. (2004). Collapse mechanism of sandwich beams with composite faces and a foam core, loaded in three-point bending. Part II: experimental investigation and numerical modelling. *Int J Mech Sci.*, 46, 585-608.
- TAGARIELLI V.L., DESHPANDE V.S., FLECK N.A. (2007). The dynamic response of composite sandwich beams to transverse impact. *Int J Solids Struct.*, 44, 2442-2457.