



HOJA TÉCNICA INFORMATIVA

Cargas cíclicas en cubiertas planas

REQUISITOS DEL AISLANTE EN CUBIERTAS PLANAS FOTOVOLTAICAS

CONTENIDO

- Resumen
- Introducción
- El método de ensayo existente no tiene en cuenta la carga cíclica
- Experiencia de aplicaciones en cubiertas planas
- Un método para evaluar el efecto de las cargas cíclicas
- Ensayo de compresión con carga cíclica para el mercado CE
- Próximos pasos

RESUMEN EJECUTIVO

Una cubierta plana suele estar expuesta a cargas mecánicas dinámicas, por ejemplo, por el tránsito de peatones o vehículos pequeños durante el proceso de construcción o mantenimiento. Sin embargo, la creciente instalación de paneles solares fotovoltaicos en cubiertas planas está dando lugar a un tránsito más intenso que el previsto, y además las cargas de viento sobre los paneles solares instalados pueden crear cargas mecánicas adicionales.

Como consecuencia, empiezan a ser numerosos los casos de mayores deformaciones observadas en cubiertas planas debido a daños en el material aislante. Esto genera un coste de la reparación de las capas de aislamiento dañadas, costes de mantenimiento y sellado adicionales además de las cuestiones de responsabilidad y garantías relacionadas.

Las cargas cíclicas o repetitivas pueden ser la causa de la disminución de la resistencia a la compresión y de una mayor deformación de la capa aislante. Por lo tanto, la declaración del comportamiento estático a compresión de los productos de aislamiento térmico por sí sola puede no ser suficiente para determinadas aplicaciones en la construcción, como es el caso de las cubiertas planas fotovoltaicas. Cada vez hay más pruebas de que es necesario un nuevo procedimiento de ensayo europeo para considerar las cargas de compresión cíclicas de los productos de aislamiento térmico aplicados en edificios.

Esta hoja técnica informativa presenta un método de ensayo y describe un ensayo simplificado de carga cíclica simplificada para el mercado CE. Tanto la experiencia sobre el terreno como los resultados de ensayos indican que la tensión/resistencia a la compresión declarada al 2 % de deformación para el mercado CE de productos de aislamiento térmico debería permitir el diseño seguro de cubiertas planas expuestas a cargas cíclicas, como son las cubiertas fotovoltaicas.

INTRODUCCIÓN

El mercado CE está relacionado con propiedades como la resistencia a la compresión al 10 % de deformación, la capacidad de carga puntual o la compresión a largo plazo que da lugar a deformaciones por fluencia. Estas propiedades se determinan bajo exposiciones a cargas estáticas. Pero en algunas aplicaciones específicas, las cargas dinámicas pueden llegar a ser relevantes para la integridad del aislamiento térmico. Es el caso de las cubiertas fotovoltaicas.



Figura 1: ejemplo de cubierta dañada

Una cubierta plana (o con poca pendiente) suele estar expuesta a cargas mecánicas dinámicas, por ejemplo, el tránsito de peatones o vehículos pequeños. Estas cargas se producen durante la construcción del edificio o el mantenimiento regular de las instalaciones en la cubierta.

Después de unas cuantas cargas, algunos materiales tienden a perder su resistencia a la compresión, lo que provoca una huella más profunda del pie en la impermeabilización. Esta tensión en la impermeabilización puede dar lugar a grietas, o a la penetración de un fijador mecánico a través de la impermeabilización si la huella está cerca.

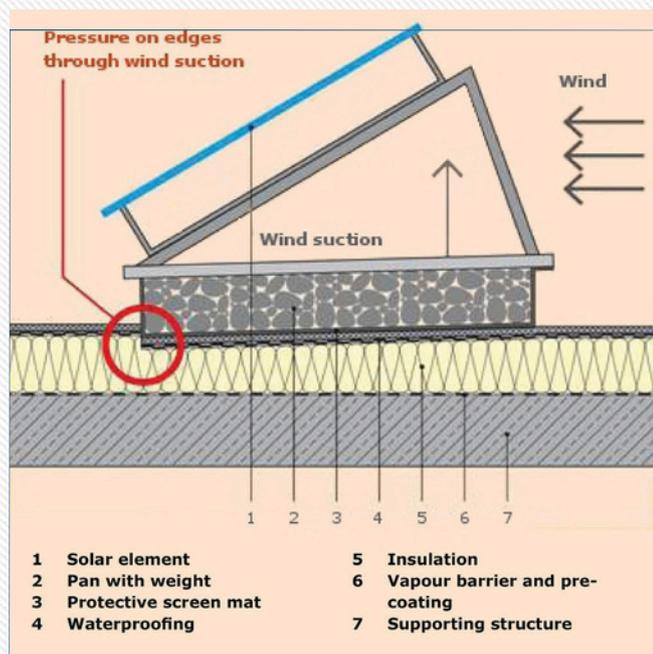


Figura 2: Presión en los bordes por succión del viento (fuente: IVPU)

Por lo tanto, el material aislante y la impermeabilización pueden resultar gravemente dañados, dando lugar a una cubierta con goteras.

Además, la creciente instalación de paneles solares fotovoltaicos en cubiertas planas genera un mayor tránsito peatonal durante la instalación y durante el mantenimiento (figura 1).

Y lo que es más importante, las cargas de viento sobre paneles fotovoltaicos transmiten cargas adicionales a la estructura auxiliar portante, por ello el aislamiento está sometido a cargas cíclicas adicionales. La presión sobre los paneles inclinados a barlovento se alivia, mientras que la presión a sotavento se incrementa. Si el panel solar se inclina como resultado de la succión del viento, todo el peso se desplaza hacia el borde del soporte.

La presión del borde puede causar daños al revestimiento impermeable de la cubierta cuando la capa aislante no tiene la resistencia mecánica suficiente (figura 2).



Figura 3: Paneles solares sobre una cubierta plana (fuente: IVPU)

Esta hoja técnica resume las conclusiones de los siguientes documentos/proyectos:

- Investigación del Aachener institute für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik (AIBau) [1]
- Un nuevo método para evaluar el efecto de las cargas repetitivas [2]
- Ensayo de compresión con carga cíclica [3]

EL MÉTODO DE ENSAYO EXISTENTE NO TIENE EN CUENTA LA CARGA CÍCLICA O REPETITIVA

En la actualidad, se utiliza un método de ensayo estático para determinar el comportamiento a la compresión de los productos de aislamiento térmico aplicados en edificios. La resistencia/esfuerzo a la compresión se mide con una deformación del 10 %.

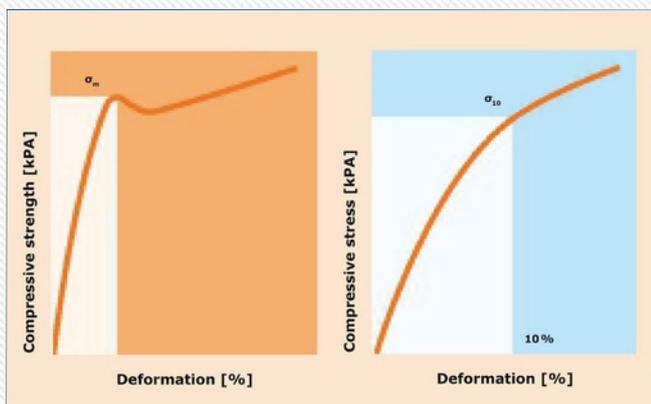


Figura 4: Resistencia a la compresión y tensión de compresión al 10 % de deformación [4].

Sin embargo, la experiencia de determinadas aplicaciones demuestra que las declaraciones que utilizan un método de ensayo estático y un nivel límite de deformación del 10 % pueden no ofrecer información suficiente sobre el comportamiento a la compresión de los productos de aislamiento térmico en situaciones de carga cíclica, que pueden darse en las aplicaciones de cubiertas planas. Esto es especialmente cierto cuando puede esperarse un tráfico repetido de personas y vehículos pequeños para trabajos de construcción y mantenimiento o cuando se instalan paneles solares sobre soportes en la cubierta plana.

EXPERIENCIA DE LAS APLICACIONES EN CUBIERTAS PLANAS [1]

El Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik (AlBau) [1] informó de que se habían observado mayores deformaciones en cubiertas planas debido a materiales aislantes dañados (figura 5).

Al principio, parecía lógico vincular la pérdida de resistencia a la compresión (y, por tanto, el aumento de la deformación) de determinados productos aislantes inorgánicos a la penetración de humedad.



Figura 5: medición de la deformación [1]

Sin embargo, la encuesta realizada por el instituto entre expertos llegó al resultado de que la carga repetitiva puede ser más problemática incluso si el material aislante no es húmedo. Las zonas por las que se camina con frecuencia suelen mostrar una disminución de la resistencia a la compresión.

AlBau [1] investigó en qué condiciones se daña (por ejemplo, contenido de humedad, duración de la penetración de humedad, composición de determinados productos aislantes inorgánicos, nivel de carga) se daña, en qué condiciones es posible el secado y cuándo debe sustituirse debido a los daños. La investigación llegó a la conclusión de que:

- La debilidad de los materiales aislantes puede deberse a una carga demasiado repetitiva.
- La deformación permitida de materiales aislantes instalados no debe derivarse de la ensayo de compresión estándar al 10% de deformación

UN MÉTODO PARA EVALUAR EL EFECTO DE LAS CARGAS CÍCLICAS O REPETITIVAS [2]

Para predecir los daños potenciales debidos a las cargas cíclicas o repetitivas, se ha desarrollado un nuevo método que simula el tránsito de peatones sobre una cubierta.

Se construyó una máquina, el llamado hombre maratón, que simulaba la marcha repetitiva del pie (con zapato) de un hombre de 75 kg con un rollo de impermeabilización de 25 kg. El número de ciclos de carga puede ajustarse, simulando la intensidad de la carga repetitiva en la cubierta.(figura 6).



Figura 6: equipo de prueba del 'hombre maratón'

Para realizar las pruebas, se utilizó un panel aislante estándar de PU para cubiertas planas con una densidad de 35 kg/m³, revestido por ambas caras con una lámina de aluminio de 50 μ (Ins 1). El material se comparó con otro aislante orgánico de uso común (Ins 2) y con un producto aislante inorgánico (Ins 3).

Se observaron cambios significativos en la resistencia a la compresión (Cs) (figura 7).

Para el PU, la reducción de Cs se limitó a menos del 20 %, para el aislante tipo 2, la reducción de Cs fue del 8 % y el aislante tipo 3 mostró una disminución mucho mayor, la Cs restante fue de aproximadamente el 50 % después de 5 ciclos, y después de 30 ciclos la Cs restante fue inferior al 15 %.

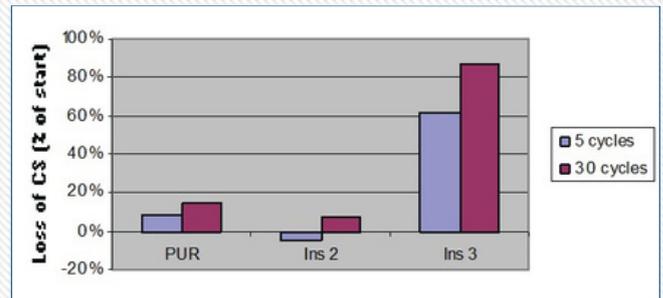


Figura 7: pérdida de resistencia a la compresión tras el ensayo

Este trabajo ya ha provocado un debate en Países Bajos sobre cómo adaptar la normativa de construcción incorporando una prueba que refleje realmente el rendimiento de un material en una cubierta transitable. El método del "hombre maratón" es una de las opciones. En los Países Bajos, el BDA ha propuesto un sistema de clasificación.

| Clase | Número de ciclos | Cumple criterios | Tipo de transitabilidad |
|-------|------------------|------------------|-------------------------|
| 0 | 5 | no | no |
| 1 | 5 | sí | limitado |
| 2 | 10 | sí | bueno |
| 3 | 30 | sí | intensivo |

1) Criterio: resistencia a la compresión tras la prueba no inferior en más de un 15% a la inicial.

Cuadro 1: Sistema de clasificación propuesto por BDA

ENSAYO DE COMPRESIÓN CON CARGA CÍCLICA PARA EL MERCADO CE [3]

El equipo de ensayo descrito en el capítulo anterior representa un escenario realista para el aislamiento aplicado en cubiertas planas, pero es bastante complicado para una evaluación del producto que se utilizará en el mercado CE. Por lo tanto, se pidió a la FIW (Munich) que desarrollara un escenario de ensayo para una máquina de ensayo de compresión regular y que realizara ensayos con diferentes materiales aislantes.

El escenario de carga se eligió con 5 ciclos y niveles de carga crecientes:

- Tiempo de carga 1 s
- Tiempo libre 60 s
- Velocidad de prueba 180 mm/min
- Carga en tiempo libre 2 kPa
- Tamaño de la muestra 100 mm x 100 mm

Los resultados de los ensayos muestran claramente el aumento de las deformaciones no lineales bajo los ciclos de carga de compresión con niveles de carga crecientes.

Se observó un comportamiento de deformación lineal hasta el nivel de carga al 2 % de deformación.

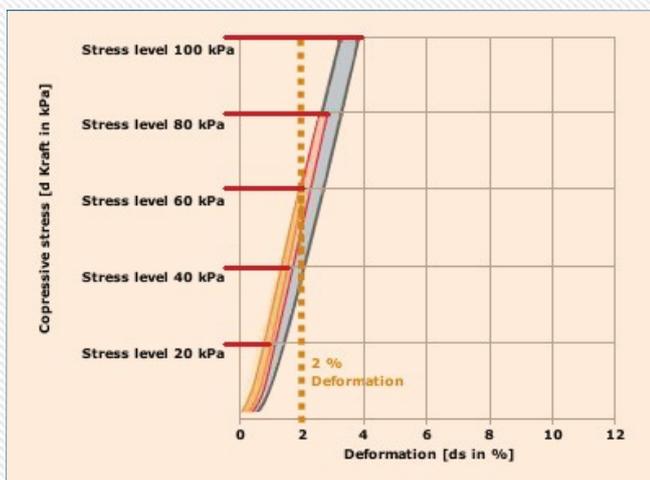


Figura 8: Deformación de la espuma rígida Pu por esfuerzos cíclicos de compresión [4]

De las pruebas realizadas [3]:

"existe un desfase entre los valores medidos de tensión de compresión al 10 % de deformación y una exposición real en una cubierta plana con carga dinámica. se obtuvo un conjunto de resultados de ensayos tras carga dinámica según los parámetros descritos. los valores de tensión de compresión al 2 % de deformación parecen ajustarse bastante bien a los niveles de carga obtenidos tras tiempo libre y un nivel de carga de $\leq 2,0$ % de deformación".

PRÓXIMOS PASOS

La carga de compresión cíclica o repetitiva en las cubiertas planas debida al tráfico peatonal o a la succión del viento sobre los paneles solares puede influir en la integridad y el rendimiento mecánico a largo plazo de las capas de aislamiento térmico. La resistencia de compresión declarada al 10 % de deformación para el marcado CE de los productos de aislamiento térmico puede no ofrecer información suficiente para un diseño seguro de la construcción de la cubierta plana.

Los resultados de la investigación y los estudios sobre el terreno ponen de manifiesto la necesidad de que los productos aislantes declaren el rendimiento de la carga de compresión cíclica al 2 % de deformación con el marcado CE. Los resultados de los ensayos descritos en esta hoja técnica informativa deberían contribuir al desarrollo de un nuevo método de ensayo europeo asequible que refleje el rendimiento en las aplicación final de uso.

Referencias

1. Oswald, R.; Spilker, R.; Abel, R.; Wilmes, K.: Zustandsänderungen von Mineralwollgedämmstoffen in Warmdachaufbauten bei Flachdächern infolge Feuchteintritt (Changes of mineral wool insulation in warm roof build-ups of flat roofs due to infiltration of water), AlBau Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik, Research Report Nr. F 2824, IRB-Verlag, Stuttgart 2012
2. The Effect of Moisture on the Compressive Strength and Walkability of Roofing Insulation, Paper presented at the 5th Global Insulation Conference, London, 4-5 October 2010, Nico A. Hendriks, BDA
3. Determination of behaviour under cyclic loading ("walkability"), Research report of Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V.-München (FIW), 2012
4. IVPU-Merkblatt Flachdächer mit Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen – Anforderungen an die Wärmedämmung

La información contenida en esta publicación es, a nuestro leal saber y entender, veraz y exacta, pero cualquier recomendación o sugerencia que pueda hacerse carece de garantía, ya que las condiciones de uso y la composición de los materiales de origen están fuera de nuestro control. además, nada de lo aquí contenido se interpretará como una recomendación de uso de ningún producto que entre en conflicto con las patentes existentes que cubren cualquier material o su uso.