

TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS APLICABLES AL DIAGNÓSTICO DE MUROS DE FÁBRICA

Ignacio Lombillo*
ignacio.lombillo@unican.es

Luis Villegas†
luis.villegas@unican.es

Jorge Elices‡
jorge.elices@unican.es

Resumen

El propósito de la comunicación es aportar una visión actualizada de algunas de las metodologías no destructivas aplicadas, de forma general, al diagnóstico de muros de fábrica tanto de piedra como de ladrillo.

Existe una necesidad imperante de regir los procesos de inspección y de intervención en rehabilitación de construcciones. Desde el punto de vista de la tecnología de estructuras es imprescindible conocer las características mecánicas de los elementos estructurales intervinientes, así como los niveles tensionales existentes en servicio. Actualmente la tendencia es obtener dicho conocimiento de forma no destructiva para dañar lo menos posible las construcciones involucradas.

A este respecto se va a aportar una descripción de las técnicas de gatos planos, hole-drilling y técnicas dilatométricas, exponiendo los resultados obtenidos sobre un muro de sillería arenisca construido en laboratorio.

Palabras-clave: Gatos planos, hole drilling, dilatómetro, presiómetro, fábrica.

* Prof. Ayudante de la Universidad de Cantabria. Dpto. Ingeniería Estructural y Mecánica. Coordinador del Grupo de Tecnología de la Edificación (GTED-UC) y del Laboratorio de Ensayos No Destructivos de la UC (LABEND-UC).

† Prof. Catedrático de la Universidad de Cantabria. Dpto. Ingeniería Estructural y Mecánica. Director del Grupo de Tecnología de la Edificación (GTED-UC) y del Laboratorio de Ensayos No Destructivos de la UC (LABEND-UC).

‡ Ingeniero Técnico Industrial. Universidad de Cantabria. Dpto. Ingeniería Estructural y Mecánica. Investigador del Grupo de Tecnología de la Edificación (GTED-UC) y técnico del Laboratorio de Ensayos No Destructivos de la UC (LABEND-UC).

1 Introducción

El empleo de técnicas no destructivas, en general, y en particular las basadas en aspectos de carácter tensional, puede encuadrarse dentro de la fase de reconocimiento experimental.

En lo que sigue nos vamos a centrar en el empleo de técnicas basadas en aspectos tensionales (gato plano, hole drilling y dilatometría de fábricas). Para ello, en primer lugar se va a realizar una breve descripción de cada una de dichas técnicas [1 y 2], para a continuación exponer los resultados obtenidos sobre un muro de sillería arenisca construido en laboratorio.

2 Descripción de técnicas no destructivas basadas en aspectos tensionales

2.1 Técnicas de gatos planos.

El ensayo de gatos planos (flat jacks) requiere solamente la remoción de una porción de mortero de las juntas de una fábrica, por ello que se considera un ensayo ligeramente destructivo (MDT) al ser un daño temporal y fácilmente reparable después de realizar el ensayo.

El objetivo de la técnica del gato plano consiste en obtener información estimativa y fiable sobre los siguientes parámetros:

- Estimación del estado tensional local de compresión.
- Estimación de las características de deformabilidad (módulo de deformación y coeficiente de Poisson) de la misma.

El ensayo queda dividido en dos fases, en la primera, se utiliza un gato plano para estimar el estado tensional (basado en el principio de liberación parcial de tensiones) de compresión en el punto elegido de la estructura; en la segunda fase, se emplean dos gatos planos con el fin de estimar las características de deformabilidad del material existente entre los dos gatos planos citados.

2.2 Técnica de hole drilling.

La técnica de ensayo fue puesta a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia. El método propuesto se enmarca en el campo de los Minor Destructive Testing (MDT) para cuantificar las tensiones reales de servicio a la que están sometidas elementos estructurales de fábrica.

La técnica se basa en la medida de las deformaciones captadas por tres bandas extensométricas, convenientemente dispuestas, cuando se elimina por taladrado una parte del material. La eliminación de material origina una relajación de las tensiones existentes en la zona analizada, que es captada por las bandas extensométricas. El estado tensional al que estaba sometida la zona analizada antes del taladrado puede deducirse, a partir de estas deformaciones.

2.3 Técnicas dilatométricas o presiométricas.

La técnica dilatométrica o presiométrica se trata de un ensayo in situ realizado sobre un muro de cierto espesor en el que se introduce una tensión mediante una sonda cilíndrica que alojada en una perforación practicada en la pared puede dilatarse radialmente.

El procedimiento de ensayo consiste en taladrar una perforación, cuidando de reducir al mínimo la perturbación en la pared, con un diámetro compatible con el tamaño de sonda a introducir. A partir de las lecturas del ensayo, presión suministrada por la sonda e incremento de volumen, puede obtenerse la curva presión – volumen inyectado, de la que pueden estimarse parámetros mecánicos como el módulo de deformación de la fábrica.

3 Campaña experimental en laboratorio sobre un muro de sillería de arenisca.

3.1 Construcción y transporte del muro.

En primer lugar fue necesaria la construcción del elemento estructural, a base de sillares de arenisca y morteros de cal y cemento 1:2:10 (partes en volumen de cemento: cal: arena), así como su transporte bajo el pórtico de carga.



Figura (1): Transporte del muro



Figura (2): Apertura de cargas

3.2 Obtención de parámetros previos

Para poder estimar el nivel tensional medio existente fruto de la aplicación de un determinado nivel de carga, fue necesario obtener previamente el ángulo de apertura de la carga introducida por la sufridera metálica en el muro. Para ello se dispusieron una serie de galgas extensométricas, ver figura (2), para captar dicho fenómeno. Se adoptó una apertura de 23° .

En segundo lugar, para tener datos experimentales de contraste, se determinó, mediante la disposición de una serie de transductores electrónicos, el

módulo de elasticidad del muro. Para ello se realizó un ensayo de compresión en cuatro escalones de carga (hasta alcanzar una carga total en cabeza del muro de 900 kN). El módulo de elasticidad obtenido fue de 1,992.00 N/mm².

3.3 Realización de ensayos de Hole drilling.

En las figuras que se adjuntan puede observarse tanto el taladrado realizado, como la evolución de las medidas de deformación de las galgas dispuestas.

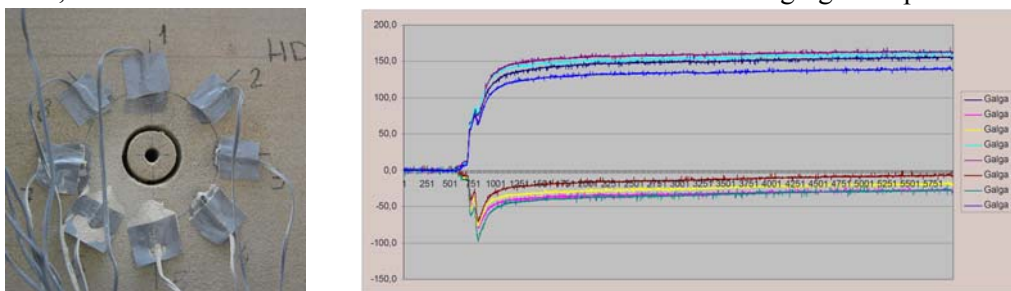


Figura (3) y (4): Ensayo hole drilling una vez realizado y resultados del mismo.

Los resultados obtenidos por las 8 combinaciones de galgas extensométricas fueron válidas, pudiendo concluir que la tensión vertical era de 1.65 N/mm² (fruto de una carga mantenida en cabeza del muro de 900 kN).

3.4 Realización de ensayos de Gato plano.

Al igual que se procedió en los ensayos de hole drilling, se mantuvo constante una carga, en cabeza del muro, de 900 kN.

Seguidamente se procedió a la realización de los ensayos de gato plano simple y doble. A continuación se muestra una fotografía de uno de los ensayos de gato plano doble (figura 5) realizados en el muro de sillería arenisca y el resultado de dicho de los ensayo (figura 6).



Figura (5): Instante de un ensayo de gato plano doble

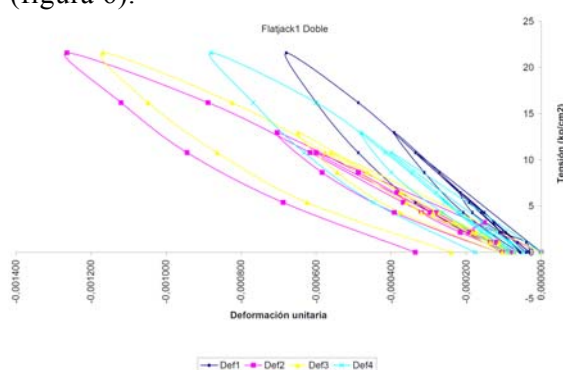


Figura (6): Resultado del ensayo, los parámetros estimados fueron: E=2,019.20 N/mm², y v=0.17

3.5 Realización de ensayos dilatométricos.

También se procedió a la realización de ensayos dilatométricos o presiométricos en el muro objeto de estudio. Una vez finalizada la perforación se introdujo la sonda, realizando ciclos de presión y leyendo los incrementos de volumen derivados. La gráfica obtenida, así como un instante del ensayo, se muestra a continuación.

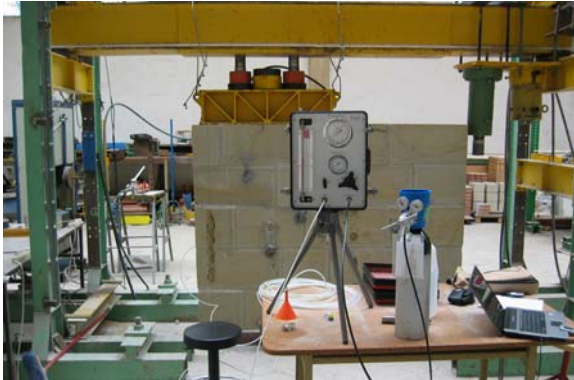


Figura (7): Instante de un ensayo presiométrico

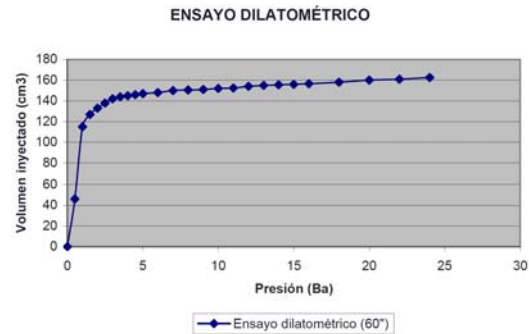


Figura (8): Gráfica obtenida en el ensayo

Con las presiones disponibles no se consiguió alcanzar la fase plástica y por ende la formulación para obtener E no fue aplicable.

4 Conclusiones

A continuación se presenta una tabla resumen de los resultados expuestos con anterioridad.

Tabla 1: Resumen de resultados

Parámetros ⁽¹⁾	Datos de contraste (N/mm ²)	GP-A (N/mm ²)	GP-B (N/mm ²)	HD (N/mm ²)	DILAT. (N/mm ²)
Nivel tensional en el plano de ejecución de GP-A	2.06	2.45 (ε = 15.75 %)			
Nivel tensional en el plano de ejecución de GP-B	2.15		1.94 (ε = 9.72 %)		
Módulo de deformación del muro de sillería	1,992.00	2,320.50 ⁽²⁾ (ε = 14.16 %)	2,019.20 ⁽²⁾ (ε = 1.35 %)		----
Nivel tensional en el plano de ejecución del HD	1.72			1.65 (ε = 3.61 %)	

⁽¹⁾ Se considera una apertura de cargas 23°, y como nivel tensional el medio en el plano. La anchura del muro son 31 cm.

⁽²⁾ Se considera el módulo secante medio en el ciclo de carga 1.

En relación a la técnica **Hole Drilling** puede concluirse que se trata de un ensayo ligeramente destructivo. Ofrece la posibilidad de obtener las tensiones principales, y por ende la tensión en cualquier dirección. Tiene el inconveniente de necesitar ensayos complementarios para la obtención de las características mecánicas (E y ν) del material soporte de las galgas extensométricas. En relación a la obtención de los niveles tensionales involucrados, en fábricas de sillería, dada su regularidad, a priori, el ensayo se muestra como adecuado.

En relación a la técnica de **Gatos Planos** puede concluirse que también se trata de un ensayo ligeramente destructivo y muy intuitivo. La fase crítica del ensayo es realizar una roza adecuada, pues de su adecuación depende mucho la bondad de los resultados. Una ventaja es que mediante el complemento del gato plano doble, se pueden estimar las características mecánicas (E y ν) del muro, por lo que se muestra como un ensayo más completo que el hole drilling.

En relación a la técnica de **Dilatometría**, aludir a que se requiere un esfuerzo importante y útiles adecuados para realizar perforación. Como para calcular el módulo presiométrico es necesario, según la formulación relacionada, el alcanzar la fase plástica, es necesario disponer de capacidad para involucrar presiones importantes para caracterizar medios rígidos (como pueda ser la fábrica de sillería comentada en la sesión), caso contrario únicamente se muestra aplicable a fábricas bastante deformables.

5 Agradecimientos

El Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria agradece al Gobierno de Cantabria la confianza depositada en el equipo del proyecto, a través de la convocatoria “Plan de Gobernanza Tecnológico (PGT 33/2006)”.

6 Bibliografía

- [1] Varios autores. *Metodologías no destructivas aplicadas a la rehabilitación del patrimonio construido*. Santander: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria (Villegas, L.; Lombillo, I), ISBN 978-84-690-5269-3. 2007.
- [2] Villegas, L.; Lombillo, I. Metodologías no destructivas aplicadas a la rehabilitación del patrimonio construido: un estado del arte (Parte 1). *Revista END de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos*, 1^{er} trimestre 2008: 8-15 pág.