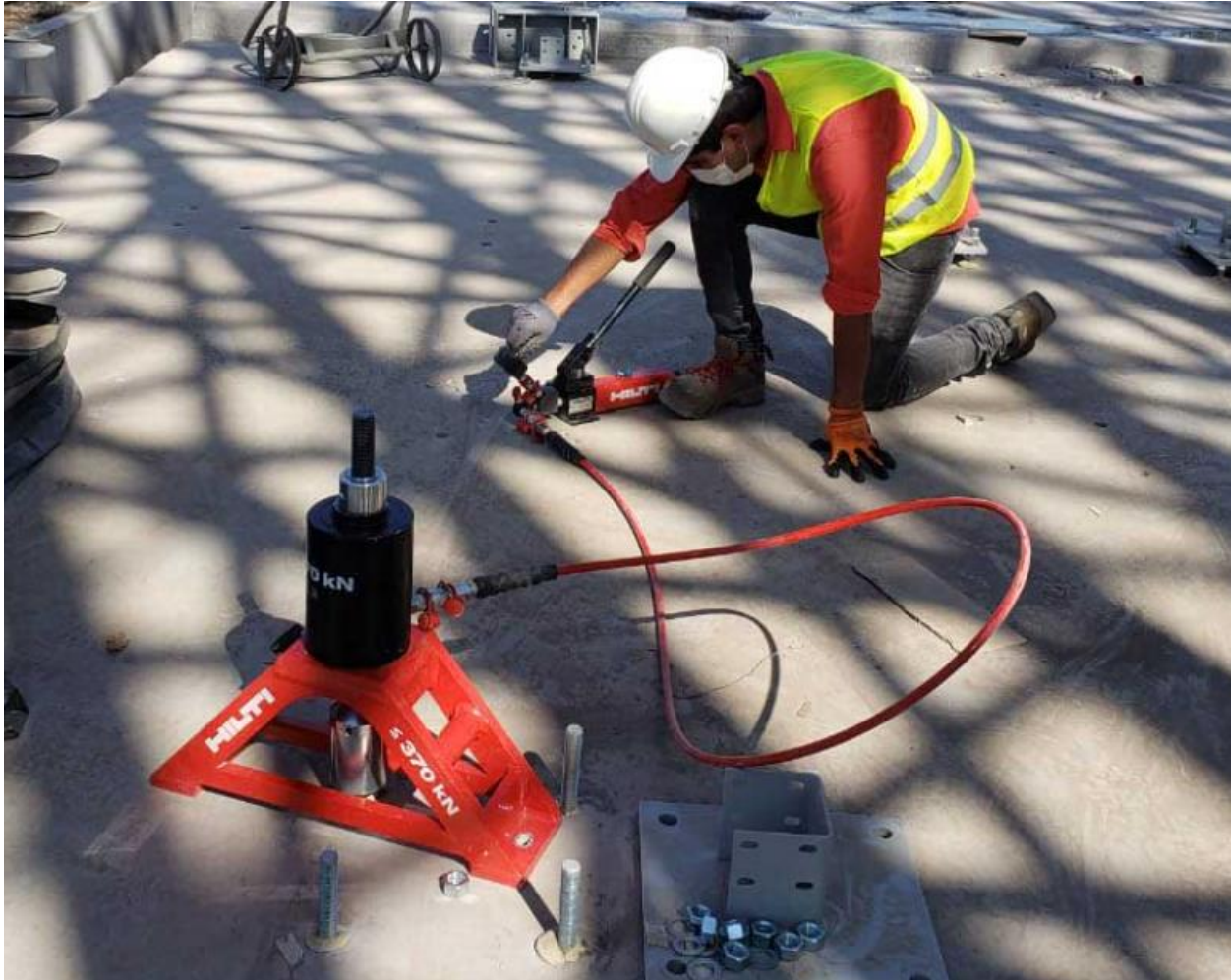


On-Site Testing: Una nueva manera de testear sistemas de anclajes



¿Cómo podemos analizar si un perno o un anclaje químico para un elemento secundario quedaron correctamente instalados en el hormigón? ¿De qué manera podemos diseñar anclajes para materiales en los que no existe una aprobación con relación a su carga permitida? El sistema de ensayo en sitio desarrollado por Hilti puede dar respuesta a esas preguntas. Y es que lo principal, aseguran, es que más allá de todo, se testeen los anclajes para corroborar tanto su diseño como su instalación.

Desde hace años, la incorporación de los pernos de anclaje –sean mecánicos o químicos– para estructuras de hormigón armado en un proyecto se ha hecho cada vez más recurrente. Y la razón de ello es que trabajar con este tipo de elementos es “más rápido, más productivo y más eficiente”, comenta María de los Ángeles Arce Miranda, National Specifier Engineer de Hilti Chile.

Entregando un poco de contexto, el diseño de los sistemas de anclajes para hormigón viene normado por el Código ACI 318 desde su versión 2002, cuando se incorpora el Apéndice D al texto. Para esa versión del código, se consideraron sólo los anclajes mecánicos. Para los anclajes químicos, hubo que esperar que se agregaran al mismo Apéndice D pero en el ACI 318-08. De esta manera, en lo que respecta a hormigón, los sistemas de anclajes se encuentran perfectamente normados desde, a lo menos, diez años.

En efecto, en el nuevo Código ACI 318-19, se han agregado nuevas disposiciones relacionadas con el diseño de anclajes para hormigón, en especial en lo que se refiere a “los anclajes del tipo tornillo post instalados, que son reconocidos en el ACI 318-19”, explicó el Dr. Jack P. Moehle en entrevistas anteriores. Como resultado de esto, gran parte de los anclajes que se utilizan para hormigón.

Sin embargo, la normativa actual se hace cargo sólo de los sistemas de anclaje en hormigón, pero se dejan afuera otros soportes. “En Chile, por ejemplo, en los proyectos mineros, a veces tenemos que hacer anclajes a roca. Entonces, el ACI, que es lo que nos norma a nosotros como diseño, en ninguna parte menciona cómo tú diseñas un anclaje a roca y el módulo de falla ahí es completamente distinto al del hormigón”, explica María de los Ángeles Arce.

Además, a juicio de la profesional de Hilti, otro de los grandes problemas que surgen con el uso de sistemas de anclajes es su instalación. “Nosotros podemos sacar el mejor perno aprobado, pero si se instala mal, sirve de nada”, asegura. Por lo mismo, es necesario testear la instalación de los sistemas de anclajes y probar, primero, que su instalación sea la correcta y segundo, “verificar que el anclaje está cumpliendo con el requerimiento de carga que se diseñó”, dice la ingeniera.

Pruebas en sitio para determinar instalación y diseño: destructivos y no destructivos

¿Cómo verificar que los anclajes cumplan, primero, con la capacidad de carga diseñada en un material base desconocido? ¿De qué manera se puede ver que los anclajes estén correctamente instalados, una vez que ya han sido colocados? Conseguir datos de manera correcta para responder a estas interrogantes, eso es lo que se logra con el sistema de ensayo en sitio que, en la actualidad, ejecuta Hilti en sus sistemas de anclaje y el que, para ser correctamente aplicado, es



necesario que se entregue toda la información y variantes que puedan implicar en el ensayo.

Los ensayos en sitio (“On-Site Testing”) tienen como finalidad última “complementar el diseño inicial del anclaje para su correcta instalación”, resalta Arce y en ese sentido, el testeo en sitio de los pernos, sean químicos o mecánicos, permite corroborar que los distintos sistemas de anclajes que presente una obra estén correctamente instalados, en un primer apronte y segundo, que el diseño de estos, cuando se utilicen en materiales base desconocidos o no normados.

Ensayos destructivos

Para realizar los ensayos en sitio, se aplican dos metodologías: una destructiva y otra no destructiva. En la primera, lo que se realiza es “traccionar, en este caso, al hormigón hasta que se produce una falla. Ésta puede ser por cono, que es lo que generalmente se produce, pero lo que se busca es verificar que la adherencia falle. Sin embargo, lo que primero cede es la fluencia, que es lo que finalmente buscamos con este método: que el diseño sea por fluencia y que la adherencia aguante eso”, explica Arce.

Los ensayos destructivos en sitio deben manejarse con extrema precaución. “Existe un componente de seguridad importante. Por ejemplo, cuando comienzas a testear un perno y éste fue mal instalado o no se realizó el proceso de limpieza correcto al colocarlo, el anclaje sale disparado y ahí, la falla se produce por adherencia”, detalla.

En esa misma línea, la ingeniera explica que este tipo de ensayos se utiliza mayoritariamente en materiales base conocidos, “como el hormigón, por ejemplo, en el que puedes controlar la falla”. La razón de esto tiene que ver con la seguridad del operador que realice un ensayo de este tipo. “Por ejemplo, en roca es muy difícil ensayar de manera destructiva porque tú no sabes cómo se va a comportar la falla frágil, que es el material base. Entonces, por ejemplo, si empezamos a traccionar un perno en roca, puede que el equipo salga disparado y es muy peligroso”, asegura la profesional. Por ello, en Hilti recomiendan este tipo de ensayo sólo para material base conocido, “como el hormigón”, puntualiza.



Asimismo, y dado que los sistemas de anclajes se utilizan principalmente para elementos no estructurales, el ensayo en sitio se realiza en hormigón que sólo tiene factor de compresión. “Cuando se comienza a ensayar el anclaje, este se levanta, hace el cono”, detalla Arce. Sin embargo, es posible realizar este ensayo en pernos de anclaje sobre estructuras de hormigón armado, aunque en este caso, primero se analizan las fichas de diseño del anclaje y con los equipos de testeo, se puede determinar el diseño de carga del elemento. “El manómetro te enseña ya que sus agujas se mueven de forma distinta cuando comienzas a ver la fluencia del acero”, explica la profesional.

Ensayo no destructivo

Si bien con el ensayo destructivo es posible determinar –en materiales base conocidos– si el diseño y el comportamiento del perno de anclaje se condicen con sus cargas, esto no es posible de muestrear cuando se trabaja en materiales base cuyas cargas de resistencia se desconocen o bajo supuestos o condiciones no informadas previamente por quienes solicitan el On-Site Testing, lo que puede generar problemas de seguridad que María de los Ángeles Arce detalla anteriormente. En estos casos, se recomiendan Ensayos en sitio no destructivos.

De acuerdo con la ingeniera, la mayor parte de los ensayos en sitio que realiza Hilti, son de carácter no destructivo. Estos, explica, consisten en testear de manera empírica –a través de



equipos que miden la capacidad de los pernos de anclaje– si cumplen con las capacidades de carga para las cuales fueron diseñados, en especial, cuando el material base no está especificado dentro las normativas que rigen al diseño de los sistemas de anclaje.

“Un caso importante fue un proyecto minero de tunelería subterránea. Por productividad, se evaluó el cambio de todos los anclajes que debían soportar elementos secundarios como bandejas eléctricas, tuberías, entre otros, anclajes que, según detalle, debían empotrarse alrededor de 4 metros en la roca”, detalla la profesional de Hilti y explica que “basados en los resultados de las pruebas hechas por nuestro sistema, el cliente concluyó que podría reducir el empotramiento a 70 centímetros”.

“Con esto –añade María de los Ángeles Arce– pasamos de perforaciones con Jumbo a perforaciones manuales con rotomartillos, reducción de acero y verificación de diseño en obra de los anclajes redundantes”. En ese

sentido, y dados los estándares de seguridad del mandante, la solución fue realizar el ensayo en sitio no destructivo para determinar el diseño de carga de los anclajes en roca.

Para superficies base desconocidas el principal método es el ensayo destructivo. “Por un tema de seguridad, el cliente o nosotros, como expertos, podemos optar por un ensayo no destructivo, como es el caso de la roca”, comenta la profesional y agrega que también se puede aplicar este método en hormigón estándar para determinar si los sistemas de anclaje están correctamente instalados en el material. En efecto, la ingeniera subraya que el ensayo “no puede ser destructivo” porque “se expone a la persona que realizará el ensayo”.

Para realizar y verificar la correcta instalación de los anclajes de, por ejemplo, elementos secundarios como bandejas eléctricas, se realiza una prueba con el equipo especial ya mencionado a un porcentaje de los anclajes ya instalados. “La cantidad de anclajes a probar es definida conforme a normativas internacionales que establecen el porcentaje requerido de ensayos –clarifica Arce– para obtener el cuadro completo respecto a la instalación de los anclajes”.

“Depende de lo que quiera nuestro cliente, pero nuestras recomendaciones referentes al tamaño de la muestra son basadas en normativas. Sin embargo, es su decisión si desea seguir esta metodología u otros parámetros. Esto nos permite dar una mejor recomendación, pero no puede anticipar ni prever situaciones no consideradas o una incorrecta aplicación”, subraya la profesional de Hilti.

Equipos especiales para los ensayos en sitio

Para llevar a cabo sus ensayos en sitio, sean estos no destructivos o destructivos, Hilti desarrolló equipos especiales que permiten verificar tanto si la instalación de los sistemas de anclajes es la correcta o si la resistencia de estos es la adecuada, ya sea en material base conocido como en aquel que no está dentro de la normativa, como el caso de la roca. “Esto –dice la national specifier engineer de Hilti– nos permite dar una mejor recomendación, pero no puede anticipar ni prever situaciones no consideradas o una incorrecta aplicación”.



“Los equipos que maneja Hilti para realizar el ensayo en sitio son el HAT 30 y el HAT 370. El numeral 30 tiene que ver con que aguanta hasta 30 kilo-newton y 370, hasta 370. Con estos equipos, están contenidas las dos formas del ensayo en sitio: la determinación de la resistencia y la verificación la instalación. Y con estos, se pueden realizar pruebas destructivas, no destructivas y en materiales base desconocidos”, explica Arce.

De acuerdo con las especificaciones de Hilti, el HAT 30 es un equipo de transporte manual que permite ensayar anclajes principalmente en mampostería y hormigón ligero. Como ya mencionó la ingeniero, posee una carga máxima de 30 kilo-newton y puede ensayar anclajes de $\frac{1}{4}$ (4 mm) hasta $\frac{3}{4}$ (20 mm). Por su parte, el HAT 370, es mucho más robusto y permite ensayar anclajes y barras. Se utiliza principalmente en hormigón y se pueden ensayar anclajes de $\frac{7}{8}$ (20 mm) hasta de $1 \frac{1}{4}$ (36 mm), los que, explica Arce, entran en la categoría de anclajes especiales. “A partir del próximo mes, los dos equipos serán digitales”, adelanta la ingeniera.

Ensayo en sitio: Especificación en ingeniería

Finalmente, para María de los Ángeles Arce, la idea de realizar este tipo de ensayo no es otra que comprobar que tanto el diseño como la instalación de los sistemas de anclajes, mecánicos y/o químicos, estén ejecutados de manera correcta, ya sea para hormigón u otro material.

En ese aspecto, la profesional reitera que el ensayo para diseño es recomendable para materiales base desconocidos, pero aclara que en hormigones, por ejemplo, la documentación y normativas para el diseño de anclajes se encuentra disponible, por lo tanto, el ensayo no debe reemplazar las aprobaciones. “Lo que se recomienda –dice– es verificar que su instalación esté correcta y cualquier otro factor que pudiera implicar alterar los resultados”.

Más importante es, a juicio de la ingeniera, que las oficinas de ingeniería consideren este tipo de testeo en los diseños originales de la obra. “Nosotros como ingeniería, lo que tratamos de hacer con oficinas de ingeniería es que especifiquen ‘On-Site Testing’. Por ejemplo, que en los planos los ingenieros coloquen ‘On-Site Testing’, que puede o no ser de Hilti, sobre todo para equipos que pueden ser críticos. Entonces con eso, el constructor debiese solicitar este tipo de ensayo en sitio”, detalla Arce.

Con esto, dice la profesional de Hilti, se puede determinar que el sistema de anclaje “esté cumpliendo ya sea con el requerimiento de carga que se diseñó, para verificar la instalación de este porque el ACI lo dice y lo otro, en especial con anclajes químicos, aunque mecánicos también, es que estos sistemas son sensibles a una serie de factores y ese factor principal tiene que ver con la instalación. Entonces, cómo nos aseguramos de que quede bien instalado, haciéndole un testeo”, asegura.



Hormigón al Día

<https://hormigonaldia.ich.cl/recomendaciones-tecnicas/on-site-testing-una-nueva-manera-de-testear-sistemas-de-anclajes/>