SOLUCIONES CON MICROPILOTES PARA EL RECALCE DE ESTRUCTURAS SIGULARES

Juan Carlos Novarece.
Ingeniero de Minas. SITE, S.A.

Palabras clave:
micropilotes, recalces, lechadas, morteros, inyecciones, conexiones.

La restauración de edificios públicos y singulares, el cambio de funciones con aumento de cargas portantes, o el recalce por un comportamiento deficiente del terreno de cimentación, hace de la técnica de micropilotes perforados in-situ una solución aceptable y ampliamente difundida, actualmente mas extendida por la aparición de nuevos equipos de perforación cada vez mas potentes y de dimensiones cada vez mas reducidas que permiten la adaptación prácticamente a cualquier situación requerida.

DEFINICION DE MICROPILOTES

Se refiere a las cimentación profunda compuesta de una perforación cuyos diámetros están comprendidos entre 90 y 300 mm. Los micropilotes consisten en perforaciones ejecutadas en el terreno y armadas en su interior esencialmente por tubos o barras de acero e inyectados con lechada o mortero de cemento. El cálculo estructural y los materiales que se utilizan en esta técnica, deben poseer características adecuadas tales que puedan garantizar su estabilidad de manera permanente.

TIPOLOGÍA

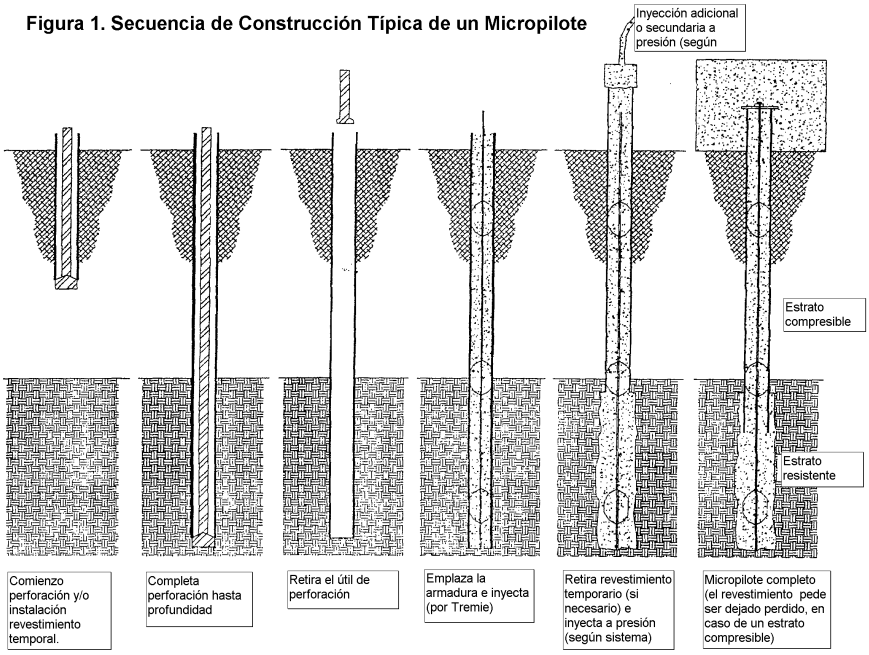
Un micropilote es un pilote de emplazamiento (perforado e instalado in situ) de pequeño diámetro, estos micropilotes perforados, emplazados e inyectados son típicamente para soportar cargas por fricción en el fuste y / o para refuerzos del terreno.

Un micropilote esta constituido por un taladro perforado, con la colocación en su interior de una armadura de refuerzo, y la inyección final del taladro, como se ilustra en la *Figura 1*. Los micropilotes pueden ser solicitados por cargas axiales y/o laterales, y pueden ser considerados como sustituto de un pilar convencional, así como un componente compuesto de un conjunto pilar/suelo, dependiendo sobre todo del concepto del diseño empleado.

Los micropilotes son instalados por métodos que causan un mínimo de perturbación en las estructuras adyacentes, así como al suelo y al medio ambiente. Ellos pueden ser ejecutados en condiciones de accesos y ambientes restrictivos, y en todo tipo y condiciones de terrenos, suelos y/o rocas, incluso atravesando cimentaciones antiguas. Los micropilotes pueden ser instalados con cualquier ángulo de inclinación bajo la horizontal, usando el mismo tipo de equipos de perforación que para los proyectos de anclajes e inyecciones al terreno. Sus procedimientos de ejecución causan mínimas vibraciones y ruidos, y pueden ser utilizados en condiciones de bajas alturas de trabajo, por lo cual son a menudo utilizados para apuntalar o recalzar estructuras delicadas en condiciones de equilibrio límite de forma exitosa.

Generalmente son utilizados para la aplicación de cargas convencionales, reemplazando pilares de resistencia estructural y/o para el refuerzo de hormigones y cimentaciones, incrementando la capacidad portante con el aumento de la sección estructural y la superficie de apoyo. La capacidad portante estructural de los micropilotes, por comparación con otros elementos, cuenta con la alta capacidad resistente de los elementos metálicos introducidos en su interior como armaduras para soportar parte o toda la aplicación de la carga. Estos elementos metálicos pueden ocupar como mucho una mitad del volumen de la perforación. Las perforaciones especiales y los métodos de inyección utilizados en la ejecución de micropilotes permiten tener una alta adherencia o fricción a lo largo de toda la interfase lechada o mortero de cemento inyectado–terreno.

Figura 1. Secuencia de Construcción Típica de un Micropilote



SOLUCIONES CON MICROPILOTES PARA EL RECALCE DE ESTRUCTURAS SIGULARES

Juan Carlos Novarece.
Ingeniero de Minas. SITE, S.A.

Palabras clave:
micropilotes, recalces, lechadas, morteros, inyecciones, conexiones.

La transferencia de las cargas a través de la lechada o mortero de cemento de inyección al terreno que está en contacto con las paredes de la perforación se realiza por fricción entre ambos y de forma similar a como se transfieren las cargas en los anclajes inyectados al terreno, con la diferencia que los anclajes trabajan generalmente a tracción, por arrancamiento, mientras que los micropilotes son solicitados generalmente a compresión.

Las tensiones finales creadas en la superficie adherente entre lechada o mortero–terreno en la perforación están influenciadas en primer medida por el tipo de lechada y el tipo y método de inyección utilizado, por ejemplo inyección a presión global o repetitiva o introducido por gravedad. El tipo de método de perforación tiene también su influencia, y no siempre esta bien cuantificado (como ya vimos, la *Figura* 1 detalla la secuencia típica de construcción de un micropilote).

CASO TÍPICO DE RECALCE DE ESTRUCTURA SINGUALAR

Para la restauración del Teatro Alcalá Palace de Madrid, se requería realizar la excavación del subsuelo para la construcción de servicios de escena del teatro tales como camerinos, prolongación del escenario para almacenamiento de escenografías, una sala para ensayos, y todos los servicios de seguridad que una sala de esas características requiere actualmente. Todo ello manteniendo la vieja estructura y fachada ya que esta clasificada como edificio histórico de la ciudad, y por lo que su aspecto exterior no podía ser modificado.

Para obtener los fines perseguidos se necesitaba sostener toda la estructura durante el proceso constructivo, y transmitir las cargas de la nueva estructura a un estrato de suelo mas profundo minimizando las superficie de apoyo.

Vista fachada Teatro Alcalá Palace

Por lo tanto, la solución que se planteó fue la de recalzar la estructura para continuar los pilares y muros de carga hacia la nueva cota de cimentación. Para ello se planteó una solución con micropilotes perforados atravesando las viejas zapatas, que sirven de apoyo provisional, y se apuntala con conexiones soldadas las estructuras metálicas antiguas con las nuevas, mientras se realiza la excavación y la continuación de los pilares y muros, y la posterior construcción de las nuevas zapatas de apoyo.

Esta solución preveía la ejecución en primera instancia de cuatro micropilotes verticales por pilar distribuidos simétricamente, y otros tantos paralelos a los muros de carga perimetrales.

Recalce de un pilar metálico

Para los trabajos se contrató a la Empresa SITE, S.A., especialista en trabajos de tratamiento del terreno, que por contar con personal capacitado y equipos de alta potencia y de reducido tamaño, se adaptaba para este tipo particular de trabajos.

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE LOS TRABAJOS

El terreno afectado en la cimentación del nuevo teatro, esta constituido por las típicas arenas de origen sedimentario de transporte, comúnmente conocidas como “Arenas de Miga de Madrid”, situadas por debajo de una cobertura de rellenos antrópicos de baja capacidad portante con espesores variables de entre 2 y 3 metros. El reconocimiento se realizó con una serie de “calicatas” y sondeos con muestreo del terreno y la realización en su interior de ensayos de determinación indirectos del tipo penetrométrico, para determinar las características de compacidad y resistencia del suelo de cimentación, así como ensayos de identificación en laboratorio de muestras inalteradas obtenidas para determinar los parámetros geomecánicos necesarios para el diseño y cálculo de los micropilotes, así como de la nueva cimentación.

Equipo de perforación de interiores M-3

En la investigación geotécnica no se detectó la presencia de niveles freáticos continuos o aislados que pudieran entorpecer la realización de los trabajos de cimentación o de excavación requeridos para las obras, lo que facilitó las soluciones de proyecto y la fase de ejecución de los trabajos.

SOLUCIONES CON MICROPILOTES PARA EL RECALCE DE ESTRUCTURAS SIGULARES

Juan Carlos Novarece.
Ingeniero de Minas. SITE, S.A.

Palabras clave:
micropilotes, recalces, lechadas, morteros, inyecciones, conexiones.

MEDIOS Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Para la ejecución de los trabajos se dispuso en obra de dos equipos de perforación de pequeñas dimensiones, uno de accionamiento hidráulico del tipo Casagrande M3 con torre guía limitada en altura a 2,80 metros y autodesplazamiento sobre orugas, y un equipo desmontable de mandos separados de accionamiento neumático del tipo Stenuick con deslizadera guía de 2,00 metros para los rincones de mas difícil acceso y desplazamiento manual sobre neumáticos.

Para la preparación e inyección de lechadas de cemento se contó con una central de preparación de mezclas, compuesta por mezcladora de alta revoluciones (1500 rpm), una agitadora de paletas con capacidad para 300 litros y una bomba de impulsión de pistón de doble efecto con capacidad máxima de bombeo de hasta 60 lts/min a 100 Bares de presión.

La perforación se realizó por el sistema de rotación con revestimiento temporal del taladro en aquellos emplazamientos donde el terreno lo requería, y con sistema de refrigeración y limpieza de la perforación por circulación de aire a presión, y herramienta de corte de acero reforzado del tipo “trialeta”.

Conectores de carga pilar con micropilotes

La colocación de las armadura tubulares se realizaba manualmente, con la introducción de tramos cortos de armadura de 3 metros, unidos con rosca macho-hembra a tope, hasta el fondo de la perforación.

La inyección realizada fue del tipo de baja presión, introducida con un obturador en la boca de la armadura tubular y por su interior, para retornar por el espacio anular hasta la superficie. Esta inyección realizada con una lechada preparada con agua y cemento en una relación típica 0,5 (a/c) e impulsada con una presión del orden de 1 Bar, asegura la continuidad del relleno del espacio anular, un buen y firme contacto entre la lechada y el terreno, para conseguir la adherencia necesaria para soportar las cargas axiales.

Arristramiento entre micropilotes

Poceso de excavación cimentación antigua

La realización del corte de las paredes de la perforación y la inyección para un contacto solidario entre cemento y terreno, es fundamental para obtener el éxito de la operación, por lo que es un trabajo que realizan empresas especialistas y de una larga historia y probada eficiencia.

Excavación con pilar recalzado y arriostrado

Pilar sostenido por los micropilotes y el arriostramiento

PRODUCCIÓN Y PLAZOS DE EJECUCIÓN

Los trabajos de recalce con micropilotes comenzaron con la instalación de los equipos el 16 de Julio de 2.001, dando comienzo a la perforación y ejecución del primer micropilote el día 18 de Julio. El total de medición realizado fue de 128

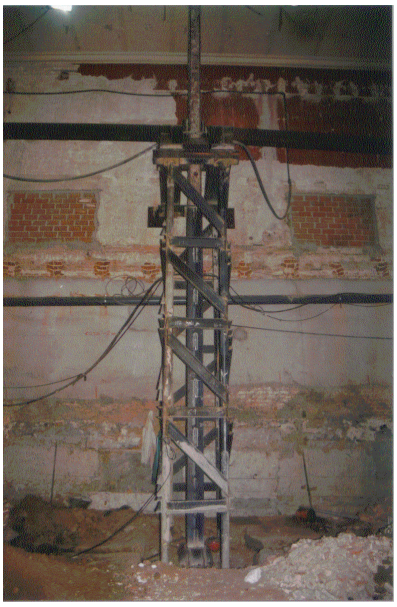
SOLUCIONES CON MICROPILOTES PARA EL RECALCE DE ESTRUCTURAS SIGULARES

Juan Carlos Novarece.
Ingeniero de Minas. SITE, S.A.

Palabras clave:
micropilotes, recalces, lechadas, morteros, inyecciones, conexiones.

unidades de micropilotes de 60 TN de carga estructural axial por compresión, con una medición final de 1.739,90 metros lineales.

Procedimiento de continuación por recalce de un pilar metálico



Vista de un pilar terminado.

Los trabajos terminaron el 16 de Octubre de 2.001, con una cantidad total de cemento inyección de 54,45 TN.

Las dificultades de los trabajos y las difíciles condiciones de acceso del centro de Madrid, requirió de una coordinación de las actividades con el contratista principal, ya que la ejecución de los micropilotes se realizaba por delante de la excavación y del arriostramiento de los grupos de micropilotes por debajo de los antiguos pilares, con un intenso movimiento de personal y equipos mecánicos, que demandaba un ingenioso y elaborado plan de trabajos para no provocar interferencias entre las empresas actuantes, como tampoco interferir el tráfico en las cargas y descargas.

Vista general del interior del Teatro durante el proceso de excavación

SISTEMAS DE CONTROL DE CALIDAD Y SEGUIMIENTO

Antes del comienzo de los trabajos se verificaron con ensayos de comprobación las características mecánicas de las armaduras de acero con certificados de fábrica tanto de composición de las coladas de acero como de resistencia a compresión simple y flexión.

De las lechadas preparadas se extrajeron muestras para la comprobación de resistencias a la compresión simple a diferentes tiempo de endurecimiento.

Tanto del posicionamiento del equipo de perforación en cada micropilote, como del comportamiento de las estructuras durante la excavación, se realizaron comprobaciones con mediciones topográficas sobre los micropilotes y las estructuras involucradas para verificar la situación espacial y las deformaciones ocurridas para que se mantuvieran dentro de límites aceptables.

Vista general interior del Teatro con excavación finalizada.