

OBRAS SOIL NAILING

PROYECTO: REPARACIÓN MURO CONTENCIÓN – EL REMANSO DE MANQUEHUE

Descripción

En Junio del 2009 se produjo una falla en el Muro de Contención del Camino El Remanso, en una extensión aproximada de 15 m. El muro fue diseñado y estructurado en base a paneles prefabricados, dispuestos entre pilas ancladas con pernos pasivos (nails), espaciadas aproximadamente cada 3 m. La zona afectada correspondía a un sector de 5 pilas con alturas de muro entre 4.0 y 4.5 m y presentaban dos niveles de pernos TITAN 30/16. Se solicita a **Pilotes Terratest S.A.** el desarrollo de un proyecto de Ingeniería que permita reparar la zona dañada y reforzar el resto de la estructura existente.

Al inspeccionar la falla, se detecta que ésta se originó debido a la deficiente conexión entre las coplas y las barras de refuerzo insertas en el terreno natural. La ejecución de estas conexiones (entre barras dispuestas en el terreno natural y el largo adicional requerido para conectar el perno de refuerzo con las pilas), no fue correctamente ejecutada, lo cual generó la falla o colapso del sistema.

Se realizó un Estudio, donde se verificó la zona de coplas entre barras embebidas en terreno natural y la longitud adicional dispuesta. Los resultados del Informe de Ensayo mostraron, que una porción importante de las coplas ensayadas presentaban una conexión insuficiente. En base a dicho estudio se puede suponer que muchas de las coplas no ensayadas presentaban deficiencias en la conexión, lo cuál era riesgoso y comprometía el factor de seguridad de estabilidad de la contención, incrementando el riesgo de colapso en otros sectores de la obra.



OBRAS SOIL NAILING PROYECTO: REPARACIÓN MURO CONTENCIÓN – EL REMANSO DE MANQUEHUE

Solución Técnica

Dado la gran dificultad que presentaba la revisión de cada una de las coplas en todo el muro de contención y no existir una técnica segura para la reparación de las coplas, **Pilotes Terratest S.A.** recomendó realizar nuevamente el refuerzo del Muro, disponiendo pernos en la zona de paneles, evitando así que el probable Corte de armadura (debido a la perforación para posterior ejecución de pernos) genere una pérdida de la capacidad a la flexión de la pila.

Evaluación de Factibilidad de soluciones

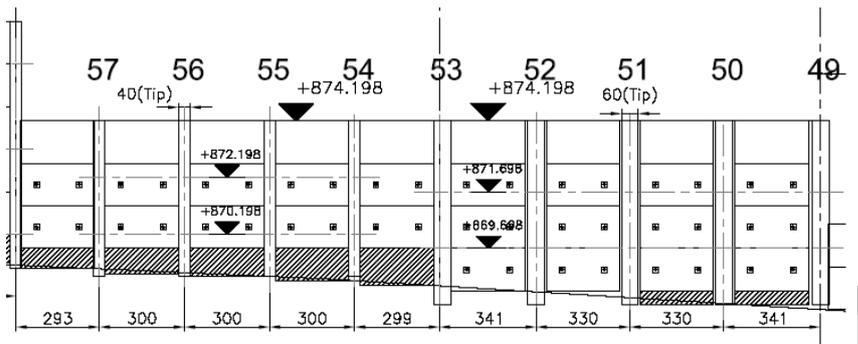
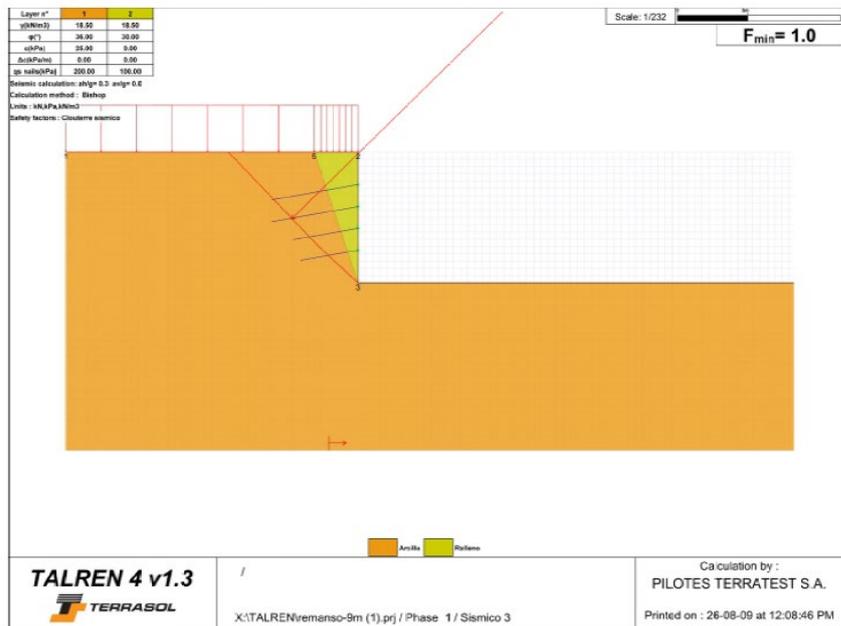
Se **realizó un análisis de la factibilidad de las opciones de reparación** necesarias para restablecer las condiciones de diseño del muro proyectado inicialmente.

De acuerdo a ello **se restringió la solución a tres opciones:** Instalación de pernos de refuerzo adicionales en pilas; Excavación entibada para descubrir coplas mal unidas y reparar la conexión y la Instalación de pernos de refuerzo adicionales en paneles prefabricados.

La Instalación de Pernos de refuerzo adicionales en Pilas, fue descartada debido a que el dimensionamiento de las pilas en el proyecto original impedía la realización de la perforación con diamantina para la ejecución del nuevo perno, sin el alto riesgo de cortar alguna de las armaduras longitudinales de flexión. Al realizar la verificación de ello, se obtuvo una insuficiencia de la capacidad resistente de las pilas, lo que habría involucrado su falla a flexión.

La Excavación entibada, para descubrir las coplas mal unidas, constituía una solución técnicamente compleja de materializar y riesgosa, debido a que habría implicado una excavación manual programada por etapas y entibada, mediante una secuencia de excavaciones intercaladas, utilizando un criterio de trincheras primarias, secundarias y terciarias.

Por lo tanto, **la solución más viable fue la Instalación de pernos de refuerzo adicionales en paneles prefabricados.**



OBRAS SOIL NAILING PROYECTO: REPARACIÓN MURO CONTENCIÓN – EL REMANSO DE MANQUEHUE

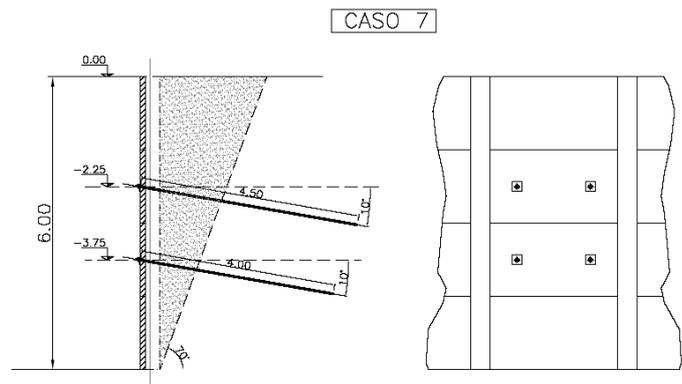
Instalación de Pernos de refuerzo adicionales en Paneles Prefabricados

Para todo el Muro de contención se consideró la **ejecución de paneles prefabricados de 2,6 x 1,5 x 0,15 m**, los cuales se dispusieron cubriendo los vanos entre pilas y conectados estructuralmente a ellas.

Al analizar la opción de instalar pernos directamente en los paneles prefabricados, se llega a una limitante respecto a la resistencia estructural de éste, debido a que fue diseñado como elemento secundario y solo para tomar parcialmente el empuje, por lo que existe una restricción respecto a la carga máxima que puede transmitir el perno al panel.

El diseño se ve principalmente controlado por la flexión del panel, con lo cuál se llega a que la única manera de disminuir la sollicitación por el efecto de la transferencia del empuje del terreno a los paneles, es colocando dos pernos por cada panel.

Si bien esta solución mantiene el mismo diseño de estabilidad global proyectada para el muro original, ahora las pilas pasan a ser elementos secundarios de conexión y se establece un concepto de contención mediante una pantalla anclada flexible, como comúnmente se diseña un muro de hormigón proyectado (**Shotcrete o Soil Nailing**).

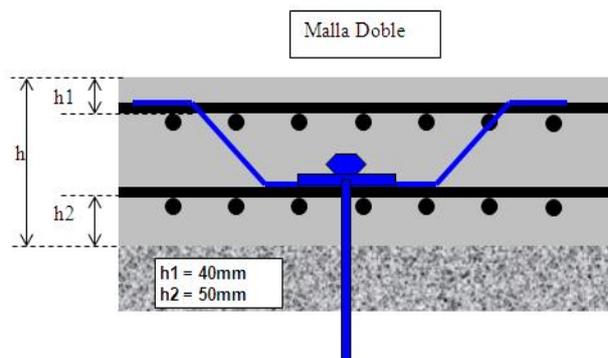
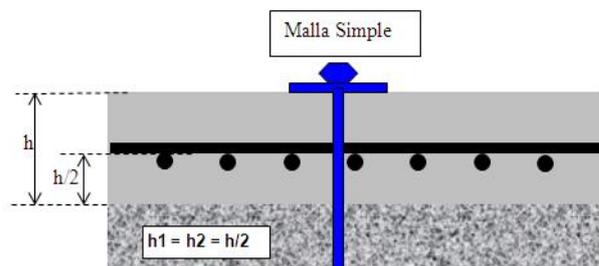


Análisis de la solución propuesta

Los análisis realizados consistieron en determinar la falla que controla el diseño. Para ello se consideró la Resistencia de la Cabeza del perno, y los modos de falla potenciales en la piel del muro (por Flexión o Punzonamiento). Los modos de falla están definidos por las condiciones de conexión entre el perno y los paneles.

Adicionalmente existen otros mecanismos de falla que no son analizados debido a que corresponde a fallas no críticas que usualmente no controlan el diseño. Estos modos de falla incluyen la falla de corte en una dirección para los paneles, falla de flexión en la placa de apoyo y la falla por corte en la placa.

El fabricante de los sistema de pernos autoperforantes TITAN asegura una Resistencia de la placa suficiente para permitir que el acero de la barra alcance la fluencia sin que fallen estos elementos.

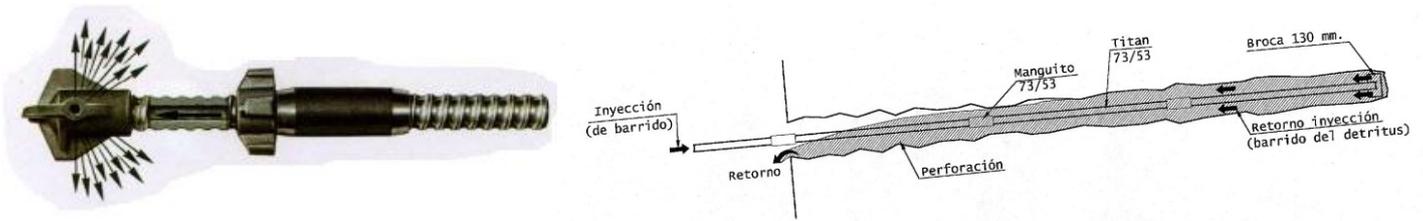


OBRAS SOIL NAILING PROYECTO: REPARACIÓN MURO CONTENCIÓN – EL REMANSO DE MANQUEHUE

Materiales: Anclaje Ischebeck TITAN®

El Ischebeck TITAN® es un anclaje pasivo o nails del tipo autoperforante, instalándose en un proceso unificado con martillo de rotopercusión y con inyección simultánea de cemento como fluido de perforación (barrido del detritus a superficie) y de sostenimiento de la perforación.

En el caso particular de esta obra se usaron pernos TITAN® R32/15. La materia prima de la barra es un acero con tensión mínima de fluencia de 500 N/mm².



Ensayo de Aptitud – Pruebas de Tracción de los Nails (Pernos)

Se realizó una inspección rápida para el 100% de los anclajes pasivos ejecutados. Para ello fue necesario un ensayo de corta duración y fácil montaje en obra. El objetivo fundamental del ensayo es determinar la fricción unitaria última a través de la medición de las curvas de fricción en función del desplazamiento relativo nail/suelo. Debido a que los nails utilizados en los ensayos están incorporados en la estructura, la carga de prueba que se usó fue levemente superior a la carga de servicio de cada perno para evitar que se produzca un comportamiento no lineal con deformaciones remanentes o una falla de bulbo.

La prueba se realizó cargando los nails mediante un gato hidráulico hueco accionado por bomba manual, el que fue apoyado sobre una silla de tensado que a su vez descansaba en una placa de ángulo lo que permitió pasar la carga a los paneles, pero repartiendo la misma de forma que no provoque daños estructurales

El resultado fue satisfactorio, lo que demostró que los pernos tomaban la carga de servicio correctamente.

