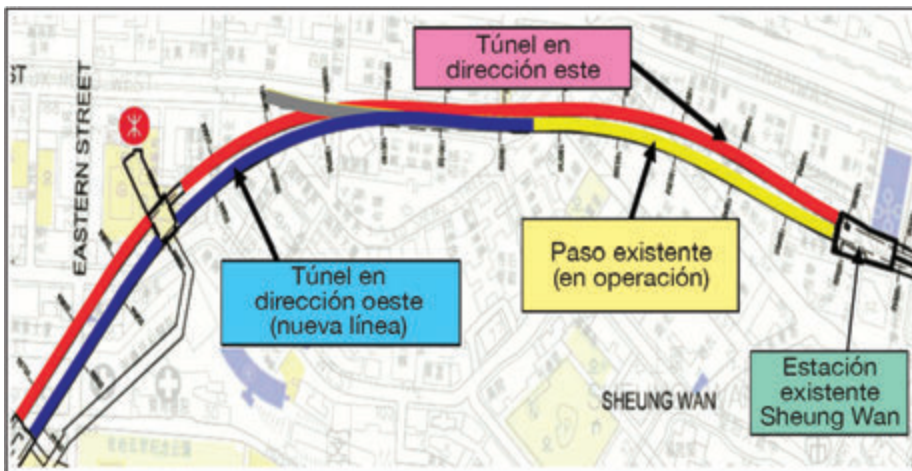


La nueva línea del Metro de Hong Kong: Congelando el suelo para construir túneles

El Metro de Hong Kong o MTR (Mass Transit Railway) es el sistema de transporte ferroviario metropolitano de la urbe China. Tiene en la fecha diez líneas –tres de ellas suburbanas–, 89 estaciones y 175 km de longitud total y presta servicio diario a unos 4,5 millones de personas. La rápida urbanización de la isla de Hong Kong y el implacable incremento del transporte público llevaron a emprender en 2009 una profunda revisión del sistema de transporte hacia el oeste y el sur de la ciudad.



↑ Fue necesario consolidar volúmenes de tierra mediante la congelación para construir una galería temporal.
CORTESÍA DRAGAGESHK



La línea en West Island es un proyecto ferroviario emprendido por el Mass Transit Railway de Hong Kong para extender la línea que existe bajo áreas densamente pobladas en la parte occidental de la isla, y se construye con el fin de aumentar el cubrimiento de la red ferroviaria de la ciudad. Extender una línea subterránea que opera en una urbe tan densa como Hong Kong representa grandes desafíos a la ingeniería y al medio ambiente y exige ideas y técnicas innovadoras que superen obstáculos como la presencia de cimentaciones de múltiples edificios en la superficie. El proyecto comprende perforar dos túneles idénticos de 6,40 m de diámetro interno, la demolición de un túnel existente para conectarlo con la línea nueva, así como la excavación y perforar nuevas galerías y aditamentos. Por las condiciones de población y las complejidades urbanísticas, se requirió la máxima capacidad técnica y humana de la ingeniería en Hong Kong para realizar lo que hasta la fecha es una de las más complejas obras subterráneas del MTR.

↑ Diagrama de extensión del MTR, que decidió extender la línea de la Isla hacia el distrito occidental de Sai Yin Pun y el área de crecimiento de Kennedy Town.

CORTESÍA CALVIN TSE AND JENNIFER LUK

o de detonación, junto con detonadores electrónicos, y las explosiones se efectúan dentro de un recinto para gran ruido. Por primera vez en Hong Kong se excavó un pozo en una zona urbana mediante voladura. Para este proyecto de infraestructura, durante las diferentes etapas de construcción se han instalado dispositivos para monitorear los túneles y las estructuras que cubren la superficie de la ciudad.

Durante el proceso también se ha implementado una máquina llamada Tunnel Dismantling Machine (TDM), que se aplicó en la demolición de elementos prefabricados existentes para reemplazarlos por nuevas estructuras y hacer la conexión entre los túneles, evitando colapsos. Otra de las metodologías para lograr el cumplimiento de este proyecto ha sido la utilización de la técnica de congelación de tierra para alcanzar consolidación en algunos tramos del recorrido en el terreno. Para las obras subterráneas de esta nueva línea de metro, el material elegido ha sido el concreto, tanto reforzado como en elementos prefabricados a lo largo del trazado de la línea.

Principales desafíos de la SCL y su conexión con la existente

Implementación de TDM

Los nuevos desafíos han llevado a buscar soluciones innovadoras tanto en el sector de la construcción como en el de infraestructura, entre ellas la mencionada máquina TDM. Es una solución innovadora que satisface el desafío que ha implicado conectar un túnel nuevo con uno existente, con un diámetro de 15 m. Como reto adicional, con la TDM también se logró excavar con éxito tierra suelta en un área con alta densidad de

↓ Para hacer frente a las complejas condiciones geológicas, para perforar ambos túneles se han utilizado seis tuneladoras TBM, equipadas con rigurosas características de seguridad.

CORTESÍA DRAGAGESHK

Para esta línea, denominada SCL, (Shatin to Central Link), ya se han realizado excavaciones mediante voladura para un túnel de 2.475 m así como un túnel bitubo de 1.400 m perforado con una tuneladora de presión de lodos de 7,4 m de diámetro excavado. Las obras comenzaron en octubre de 2012 y su duración, según los constructores, será de 68 meses. La construcción de la línea SCL se ha organizado en diez lotes principales y consiste en realizar 12 km de trazado subterráneo, construir 4 nuevas estaciones y acondicionar 2 estaciones de interconexión.

Para hacer frente a las complejas condiciones geológicas, para perforar ambos túneles se han utilizado seis tuneladoras TBM, equipadas con rigurosas características de seguridad. A la vez, para el proyecto se han adoptado varias tecnologías que marcan rumbo para una construcción sostenible. En todo el proceso de voladura se ha utilizado el agua como lastre de explosión



redes de servicios públicos y rascacielos con todas sus cimentaciones. Funciona mediante una tecnología de aire comprimido y se desplaza hacia atrás dentro del túnel a desmontar, quitando uno por uno los segmentos de arco, empleando una presión de 2,8 bares. Mientras la TDM se mueve hacia atrás, con un brazo mecánico aplica concreto lanzado en la pared del túnel para asegurar la estabilidad temporal del suelo. Luego, cada 2 metros, la cavidad del túnel se rellena con un concreto pobre. Este modelo ayuda a evitar colapsos y fugas de agua, y limita inmersiones difíciles.

Congelación de tierra

Fue necesario consolidar volúmenes de tierra mediante la congelación para construir una galería temporal en el entorno urbano denso; posteriormente se procedió a perforar los túneles y a construir el sistema actualmente en curso.

Dificultades técnicas

Uno de los retos técnicos fue el potencial de las obstrucciones subterráneas a lo largo de la alineación de los túneles. Se encontró que uno de los túneles se enfrentaba con arcos de acero instalados hacía más de 20 años durante una operación para reparar las pilas de algunos cimientos. Estos arcos se hallaban entre 25 y 30 metros por debajo del nivel del suelo y aproximadamente a 20 m del túnel existente. Un estudio geofísico que realizó una compañía participante en el proyecto identificó las obstrucciones del arco de acero y posteriormente el consorcio de empresas decidió retirarlas antes de perforar el túnel con TBM. Para facilitar la extracción de los arcos, se optó por excavar una galería horizontal temporal. La naturaleza de los suelos indicaba que las

técnicas convencionales de inyección no iban a lograr el grado de consolidación requerido para evitar que el suelo se asentara durante la excavación de la galería. Se desarrolló entonces una solución robusta y ecológica utilizando tecnología de congelación para resolver el problema de la estabilización del terreno. Debido al espacio confinado, a la proximidad de una estación existente y a las dificultades logísticas asociadas con el uso de nitrógeno líquido, la congelación se llevó a cabo utilizando salmuera de cloruro de calcio (CaCl_2). La planta convencional de refrigerante de amoníaco fue reemplazada por otra que utiliza un gas ecológico y no tóxico.

La congelación del suelo con CaCl_2

La congelación se logró haciendo circular salmuera a -25 y -30 °C a través de tubos coaxiales. La salmuera fue bombeada a través del tubo interno hasta el punto más lejano. A su regreso, a través del anillo entre el tubo exterior y el interior, con la salmuera se extrajo el calor del suelo. A continuación, la salmuera se transfirió a un refrigerante que seguía un ciclo termodinámico (evaporación, compresión, condensación y expansión).

Perforación

El acceso para la perforación se hizo dentro de la infraestructura MTR existente. Se montó una plataforma de acero especial de trabajo para permitir la perforación a través del terreno mixto e instalar la plataforma de congelación. Se utilizó un diámetro de 1,20 m, que fue apretado por el martillo perforado con monitorización automática de los parámetros de perforación. Con una cabeza de 20 m de agua, se utilizaron inyectores en cada localización establecida. La técnica de congelación de tierra requiere una estricta tolerancia de posición y la

➔ Las unidades de congelación fueron diseñadas especialmente para introducirse dentro de la excavación MTR existente. Se movilizaron dos unidades de congelación de 100 kW.

CORTESÍA DRAGAGESHK



Concreto en obra garantizado

alineación de cada agujero se verificó sistemáticamente cada 4 m con un dispositivo especial. En general, en el suelo se instalaron 22 tubos de congelación de una longitud media de 33 m. Los tubos eran termosoldados para evitar problemas durante la posterior perforación del túnel con TBM. Se taladraron 6 agujeros adicionales para instalar un sistema de monitoreo en tiempo real que incluía cuerdas de transmisión, sensores de presión y células de presión de agua para controlar el espesor de la pared de hielo y otros parámetros de la planta de congelación.

Funcionamiento de la congelación

Las unidades de congelación fueron diseñadas especialmente para introducir las dentro de la estación existente. Se movilizaron dos unidades de congelación de 100 kW a un sitio donde fuera posible congelar una pared de hielo de 2 m de espesor en el programa trazado de 7 semanas. Una vez que se formó la pared de hielo, la congelación se mantuvo durante otras 8 semanas durante las cuales se excavó la galería, los conjuntos de acero se cortaron y se retiraron y luego se rellenaron.

Conclusiones

La construcción de la Shatin to Central Link (SCL), ha sido un verdadero desafío para la ingeniería en Hong Kong, pues la necesidad de trabajar en obras subterráneas bajo la altísima densidad poblacional de la ciudad China no ha sido un trabajo fácil. Gracias a la implementación de tecnologías nuevas y existentes, acompañadas de las ventajas que proporciona el concreto para este tipo de obras, se ha logrado la transformación del sistema del metro de Hong Kong y, al mismo tiempo, dar un ejemplo de ingeniería nueva y sostenible para el mundo.



↑ Las obras del proyecto de la nueva línea del metro comenzaron en octubre de 2012 y se estima que tenga una duración de 68 meses.

CORTESÍA DRAGAGESHK

Referencias

<http://www.bachy-soletanche.com.hk/nindex.php?serial=79&specialserial=44>

<http://www.mtr-shatincentrallink.hk/en/construction/progress-update.html>

<http://www.bouygues-construction.com/en/innovation/all-innovations/tunnel-dismantling-machine-tdm-next-generation-tunnellers>

<http://dragageshk.com/projects-post/mtr-west-island-line-shw-to-syp-tunnels/>

<http://dma.lsgi.polyu.edu.hk/JISDM-Proceeding/Proceeding/Full%20paper/49.pdf>

Al adquirir una planta OMEGA, usted puede producir el concreto más fresco que existe, en cualquier lugar donde se localice su proyecto, sin límite de horarios, y en las cantidades que desee.



Productos y Servicios

- Venta, Garantía, Repuestos y Servicios de Planta Móvil de Concreto Omega.
- Alquiler de Plantas Omega.
- Maquila de Concreto con Materiales del Cliente.
- Suministro y Producción de Concreto Certificado, a Nivel Nacional.
- Aditivos Químicos para Concreto (BRK).



INOMEGA
INGENIERÍA Y CONCRETO OMEGA

Bogotá D.C. - Colombia
Tels: (57) 1 4660025 - (57) 304 4060590
www.omegacolombia.com
info@omegacolombia.com

LA CALIDAD DE NUESTRO PORTAFOLIO, SE VE REFLEJADA EN EL ÉXITO DE SUS PROYECTOS



Conozca el **portafolio** que **Toxement**
le ofrece para el **desarrollo de proyectos**
en **infraestructura**
#SOMOSINFRAESTRUCTURA

Proyecto • Doble Calzada Bogotá - Villavicencio

OFICINA PRINCIPAL: Calle 20C N° 43A - 52 Int. 4 Bogotá, Colombia
PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 86 00 Ext 133 - WWW.TOXEMENT.COM.CO
OFICINAS NACIONALES: • Medellín: (4) 448 01 21. • Cali: (2) 524 23 25. • Barranquilla: (5) 380 80 23
/ 382 05 22. • Bucaramanga: (7) 690 96 51 / 691 52 14. • Cartagena: (5) 653 62 31 / 653 62 47.



Síguenos como [/toxement.col](https://www.facebook.com/toxement.col)



EUCLID GROUP
TOXEMENT