



دورة هندسة الأنفاق وحفرها: آلات TBM وطريقة NATM وتبطين الحلقات الخرسانية وأنظمة السلامة



دورة هندسة الأنفاق وحفرها: آلات TBM وطريقة NATM وتبطين الحلقات الخرسانية وأنظمة السلامة

مقدمة:

دورة هندسة الأنفاق وحفرها بآلات TBM وطريقة NATM وتبطين الحلقات الخرسانية وأنظمة السلامة دورة تدريبية مدتها عشرة أيام لفرق الهندسة المدنية والجيوتقنية وإدارة المشاريع لدى المقاولين والملاك، وتنتهي بإعداد بيان طريقة تنفيذ وسجل مخاطر لنفق مترو محل الدراسة. تتجاوز مشاريع الأنفاق موازاناتها وجداولها حين تختار طريقة الحفر قبل فهم التربة، ويضعف ضبط الهبوط، وتؤجل التهوية والسلامة من الحريق إلى المراحل الأخيرة. يتولى المرشحون تصميم الأعمال تحت الأرض أو الإشراف عليها أو إدارتها، وتعتمد الدورة دراسات حالة مبنية على سجلات الجسات وبيانات آلات الحفر وقراءات الرصد. وتقدم كور كونسبت هذه الدورة في هندسة الأنفاق.

أهداف الدورة:

- اختيار طريقة حفر النفق بين آلات TBM والحفر المتتابع بطريقة NATM والحفر والتفجير والحفر والردم والأنفاق المغمورة وفق مسار النفق والنموذج الجيوتقني
- قراءة تقرير خط الأساس الجيوتقني وتصنيف الكتلة الصخرية بنظامي Q-system و RMR لتحديد فئات الحفر والتدعيم
- تحديد نوع آلة الحفر وضغط الوجه ومعالجة التربة وتبطين الحلقات الخرسانية وحقق الفراغ الحلقي في التربة اللينة والصخر
- تصميم تدعيم الخرسانة المرشوشة والمسامير الصخرية والتدعيم الأمامي مع ضبط المياه الجوفية والعزل المائي
- التنبؤ بهبوط سطح الأرض وتحديد مستويات الإنذار لأجهزة الرصد وإدارة مخاطر النفق وتوزيعها تعاقدياً عبر سجل مخاطر
- تخطيط تهوية النفق والسلامة من الحريق والأنظمة الكهروميكانيكية والفحص والصيانة لمرحلة التشغيل

الفئة المستهدفة:

- فرق الهندسة المدنية المسؤولة عن مسار النفق وتسلسل الحفر وتصميم التبطين
- الفرق الجيوتقنية المسؤولة عن النماذج الجيوتقنية وعبارات خط الأساس وتعريف فئات التدعيم
- فرق المواقع والإنتاج لدى المقاولين المسؤولة عن تشغيل آلات الحفر وجبهات الخرسانة المرشوشة وأعمال الحفر والردم
- فرق الهندسة لدى الملاك والاستشاريين المسؤولة عن مراجعة بيانات طرق التنفيذ وبيانات الرصد
- فرق ضبط المشاريع والشؤون التجارية المسؤولة عن سجلات مخاطر الأنفاق والمطالبات المرتبطة بظروف التربة
- فرق الأصول المسؤولة عن أنظمة النفق وبرامج الفحص وإغلاقات الصيانة

محاور الدورة:

اليوم 1: أنواع الأنفاق واستخداماتها وسلوك التربة حول الفتحات

- مقارنة وظائف أنفاق الطرق والمترو والمرافق والأنفاق المائية
- أشكال المقاطع العرضية للأنفاق وتحديد غلاف الخلو
- منحى استجابة التربة ومفهوم مدة الثبات الذاتي
- ظروف الحفر في التربة اللينة والوجه المختلط والصخر الصلب
- خريطة إرشادات ITA-AITES الجمعية الدولية للأنفاق لفرق مشاريع الأنفاق

اليوم 2: تحريات التربة لمسار النفق وخط الأساس الجيوتقني وتصنيف الكتلة الصخرية

- نطاق التحريات على امتداد ممر النفق المقترح
- هيكل تقرير خط الأساس الجيوتقني وصياغة عبارات خط الأساس
- ورقة تقييم RMR تصنيف الكتلة الصخرية باستخدام RQD وبيانات الانقطاعات
- حساب مؤشر Q-system لاختيار فئة التدعيم الصخري
- توزيع المسؤوليات بين تقرير البيانات الجيوتقنية وتقرير خط الأساس

اليوم 3: اختيار طريقة حفر الأنفاق وتقنيات الحفر

- نطاقات استخدام آلات TBM بموازنة ضغط التربة والطين والصخر الصلب
- مبادئ الحفر المتتابع بطريقة NATM وخيارات تقسيم وجه الحفر
- دورة الحفر والتفجير وضبط الحفر الزائد بصورة عامة
- تسلسل إنشاء صناديق المحطات بالحفر والردم من الأسفل ومن الأعلى
- تصنيع عناصر الأنفاق المغمورة وإنزالها بصورة عامة

اليوم 4: اختيار آلة حفر الأنفاق وتشغيلها وتبطين الحلقات الخرسانية

- تخطيط رأس القطع والأقراص القاطعة ورصد تآكل الأدوات
- ضبط ضغط الوجه في آلات EPB ومعالجة التربة بالرغوة
- وحدة فصل الطين وإدارة دائرة البنتونيت
- أبعاد حلقة القطع الخرسانية سابقة الصب وقطعة المفتاح وتركيب الحلقة
- حقن الفراغ الحلقي وتفاوتات الحلقة وإصلاح القطع المتضررة

اليوم 5: الخرسانة المرشوشة والتدعيم والعزل المائي ودراسة حالة موجهة لاختيار الطريقة

- خلطة تبطين الخرسانة المرشوشة وسماكتها واختبار مقاومتها المبكرة
- فئات التدعيم بالمسامير الصخرية والدعامات الشبكية والتدعيم الأمامي
- نزح المياه وتجميد التربة والحقل النفاذ لضبط تدفق المياه
- مقارنة أغشية العزل الصفائحية والعزل المرشوش في الأنفاق
- دراسة حالة موجهة لاختيار طريقة الحفر والتدعيم في تربة مختلطة

اليوم 6: التنبؤ بالهبوط وأجهزة القياس ورصد أعمال الإنشاء

- تقدير فقد الحجم وحوض الهبوط بمنحنى Gaussian
- تقييم فئة الضرر للمباني فوق الأنفاق المحفورة آلياً
- مخطط توزيع مصفوفات التقارب ومقاييس الإزاحة ومقاييس ضغط المياه
- خطة الاستجابة لمستويات التنبيه والإنذار
- تسجيل بيانات آلة الحفر وإجراءات مراجعة قاعدة بيانات الرصد

اليوم 7: إدارة مخاطر الأنفاق وتقاسم المخاطر التعاقدية

- مدونة الممارسة المشتركة لإدارة مخاطر أعمال الأنفاق
- تحديد مخاطر انهيار الوجه واندفاع المياه والحفر الخسفية
- تقييم سجل مخاطر النفق وتحديد مالك كل إجراء تخفيف
- توزيع المخاطر في FIDIC Emerald Book عقد الأعمال تحت الأرض
- مطالبات ظروف الموقع المختلفة مقارنة بعبارات خط الأساس

اليوم 8: تهوية الأنفاق والسلامة من الحريق وتنسيق الطوارئ

- أنظمة التهوية الطولية والعرضية بالمرامح النفائثة
- مفهوم السرعة الحرجة وضبط ارتداد الدخان
- اشتراطات NFPA 502 معيار الحماية من الحريق لأنفاق الطرق
- تباعد الممرات العرضية وتخطيط مسارات الإخلاء الطارئ
- تنسيق خطة الاستجابة للطوارئ مع جهات الإطفاء والإنقاذ

اليوم 9: الأنظمة الكهروميكانيكية للأنفاق والفحص والتشغيل والصيانة

- أنظمة إنارة الأنفاق وضخ الصرف وتغذية الطاقة
- الإشراف عبر SCADA على التهوية وكشف الحريق والمضخات
- فحص التبطين لرصد الشروخ والتسرب وتقشر الخرسانة
- نظام تقييم حالة النفق وتصنيف شدة العيوب
- إغلاقات الصيانة ومؤشرات الإرتاحة وتخطيط إعادة التأهيل

اليوم 10: دراسة حالة ختامية: بيان طريقة التنفيذ وسجل المخاطر لنفق مترو

- إحاطة نفق المترو محل الدراسة ببيانات التربة والواجهات
- تسلسل الحفر وجدول فئات التدعيم في بيان طريقة التنفيذ
- خطة رصد الهبوط في الحالة مع مستويات الإنذار
- بنود سجل المخاطر في الحالة مع الملاك والتوزيع التعاقدي
- عرض بيان طريقة التنفيذ وسجل المخاطر أمام لجنة المراجعة

المهارات التي ستكتسبها:

- اختيار طريقة حفر الأنفاق
- تصنيف الكتلة الصخرية
- ضبط ضغط وجه الحفر
- توصيف تبطين الحلقات الخرسانية
- تصميم تدعيم الخرسانة المرشوشة
- التنبؤ بحوض الهبوط
- تخطيط السلامة من الحريق في الأنفاق
- تقييم حالة الأنفاق

لماذا تحضر هذه الدورة:

- تسليم بيان طريقة التنفيذ وسجل المخاطر لنفق مترو محل الدراسة إلى مدير المشروع وفريق المراجعة الهندسية لدى المالك
- المفاضلة بين الحفر الآلي والحفر المتتابع والتفجير والحفر والردم بناء على أدلة التربة لا على توفر المعدات
- تجنب انهيارات الوجه والهبوط الضار والمطالبات المرتبطة بالتربة الناتجة عن ضعف خط الأساس وتأخر مستويات الإنذار
- نقل نماذج مراجعة خط الأساس وفئات التدعيم والرصد وسجل المخاطر إلى فرق حزمة الأعمال تحت الأرض التالية

الخاتمة:

بعد العودة إلى العمل يسلم المشاركون مدير المشروع وفريق الهندسة لدى المالك بيان طريقة تنفيذ وسجل مخاطر يحددان طريقة الحفر وفئات التدعيم وضوابط الهبوط ومالك كل خطر في مقطع النفق. ويعتمد المراجعون عليهما في إقرار الطريقة قبل التعبئة وفي الاتفاق على المخاطر التي يتحملها المقاول وتلك التي يتحملها المالك. وبعد أول مقطع حفر تقارن الوحدة قراءات الهبوط وضغط الوجه الفعلية بالتوقعات، وتراجع حالات تجاوز مستويات الإنذار، وتحديث سجل المخاطر.

الأسئلة الشائعة:

ما الذي يحتاج المشاركون إلى معرفته قبل دورة هندسة الأنفاق وحفرها؟

يكفي أن يعمل المشاركون في مهام مدنية أو جيوتقنية أو إدارية لأعمال تحت الأرض أو أعمال مدنية ثقيلة، وأن يقرأ سجلات الجسات والمخططات الإنشائية. ويساعد إحضار تقرير تربة أو بيان طريقة تنفيذ أو سجل رصد من نفق قائم على تطبيق دراسات الحالة.

بم تختلف دورة هندسة الأنفاق وحفرها عن دورات التحريات الجيوتقنية أو أنظمة السكك الحديدية؟

تركز الدورة على إنشاء الأنفاق وتشغيلها: اختيار الطريقة وجبهات الحفر الآلي و NATM والتبطين بالحلقات والخرسانة المرشوشة وضبط الهبوط وتقاسم المخاطر والتهوية وأنظمة النفق. أما دورات التحريات فتقف عند بيانات التربة، ودورات أنظمة السكك تتناول الإشارات وضمان السلامة وتشغيل القطارات.

متى تفضل طريقة NATM على آلات TBM في هندسة الأنفاق وحفرها؟

يناسب الحفر المتتابع بطريقة NATM المقاطع القصيرة والمقاطع المتغيرة والتقاطعات والكهوف وتوسعات المحطات حين لا يبرر حجم العمل استخدام آلة. وتتفوق آلة الحفر غالباً في المقاطع الطويلة المتجانسة في التربة اللينة أو المشبعة بالمياه حيث يهبط ضغط الوجه وسرعة تركيب الحلقات.

ماذا يعود به المشاركون من دورة هندسة الأنفاق وحفرها؟

يعود المشاركون ببيان طريقة تنفيذ وسجل مخاطر لنفق مترو محل الدراسة، مع نماذج لفئات التدعيم وخطة الاستجابة لمستويات الإنذار وسجل المخاطر وفحص التبطين يمكن تكييفها مع مشاريع الأعمال تحت الأرض في جهته.