

MINING & CONSTRUCTION

世界の現場より ~アトラスコプコの自動化掘削~ 2012 No.3



新型ブーマー、 ポーランドで大活躍

Jinping(錦屏)の
スムーズ
オペレーション

Page 4



鉱山がトルコの
希望になる

Page 8



燃料コスト
削減の秘訣

Page 18



Atlas Copco



ここ20年でアトラスコプコは大きく成長し、世界の岩盤掘削業界では大手サプライヤーに数えられるようになりました。ここに至るまでに研究開発や企業統合を通して幅広い商品もお客様に提供できるようになりました。

賢者がかつてこう言いました、「大きさは問題ではない」と。世界各国に代理店を持っているということは明らかにお客様のお役に立っています。しかし、最も大切なことは、我々は常にお客様のことを考慮しているということです。我々は「全てのものを全ての人に」とは考えていません。その代わりに、十二分に研究された商品と独自のノウハウにより、お客さまにとって純粋なドリリングスペシャリストでありたいと願っています。掘削は我々の専門で130年以上もの経験があります。

ラスベガスでは9月にMINEexpo展示会が開催されました。ブースでは「太陽の下」で使う明り製品や世界屈指の製品(オープンビットマインのプラストドリリング用に特化し開発された新発売のPit Viper ロータリドリル、SmartROCクローラドリル、トンネルジャンボ、レイズボーラー等)が展示されました。

アトラスコプコが最新技術、安全性、サポートを含めた掘削のプロであるとお分かりいただけたことでしょう。

ピーター・サルティット
社長
アトラスコプコドリリングソリューションズ、USA

3	特集 自然の力を利用する
8	急成長のトルコの鉱山
12	都市開発用の最新設備
16	オーストラリアの経費削減
21	トロンヘイムの粘土
24	アフリカ見聞録
27	ポーランドのトンネルジャンボ Boomer M1L
11	商品と進展 完璧な掘削のコンビネーション
15	ルクセンブルグはいい形
20	リグスキャン紹介
26	ボールポジション イン ブラジル
18	技術動向 燃料コスト高騰を解決するソリューションとは
30	マーケットブレイス&短信 世界のニュース



マイニング&コントラクションはアトラスコプコの刊行物です。この冊子は製品のノウハウや情報、あるいは世界中の実際の現場で行われている掘削、ボーリング、岩盤補強、ローディングなどの工法を紹介しています。

発行所 アトラスコプロックドリルAB
SE-701 91 オレブロ スウェーデンwww.atlascopco.com
Tel:+46(0)19 670 70 00

発行責任者 ウルフ・リンダー
email:ulf.linder@us.atlascopco.com

編集責任者 テリー・グリーンウッド
email:terry@greenwood.se

副編集者 ロブ・ナイラー
email:rob@greenwood.se

編集アドバイザー
ウルフ・リンダー、ミカエル・ウェスター、P-Gローレン、
グンナー・ノード、マリエ・フローティン

編集制作、デザイン担当
グリーンウッドコミュニケーションズAB
www.greenwood.se

日本語版制作 アトラスコプコ株式会社鉱山機械事業部
email:sales.cmt@jp.atlascopco.com

記事のコピーや複製の自由
全ての製品名、例えばブーマー、ボルティック、ROC、ビットバイバー、ドリルケア、スマートリグ、スウェレックスはアトラスコプコの登録商標です。
しかしながら、この刊行物に記載されているすべての内容、記事これらの製品名も含めて無料で自由に複製できます。詳細はアトラスコプコにお問い合わせください。

安全第一
アトラスコプコは取付スタッフの安全のため、全世界の、あるいは各地域の安全規則、法令をすべて遵守しています。
この本の写真のいくつかは取付中の現場状況によりスタッフのコントロールを超えた中で撮られました。アトラスコプコの製品を使っている顧客は安全性を第一に考慮し、現場では危険を避けるため適切な保護器具、例えば耳栓、サングラス、ヘルメットなどを身につけることを要求されます。



偉大な水の力

水は、アジアの近代化と人々の暮らしを支える大切なエネルギー資源です。大自然の恵みと近代的掘削技術を活用する2つのプロジェクトをレポートします。





操作は簡単:Boomer 353 E に搭載された3台のCOP 1838を同時に操作するウェン・タオ・リーさん。



雅礮江(がろうこう)屈曲部の現場にて:Jinping II水力発電所プロジェクトの導水路トンネル内を走行するアトラスコプコBoomer 353 E。プロジェクト マネジャーのクアン・リーさんはBoomerを「まるでこのプロジェクト用に作られたようだ」と言います。

注目を浴びるJinping(錦屏)

中国、雅礮江に2本の水力発電所トンネルを建設する。

国の成長を支えるエネルギー資源供給のため、大規模な水力発電開発を行なっている中国では、雅礮江(がろうこう)のJinping I、IIが完成間近です。

2006年に完成した中国、長江(揚子江)の三峡ダムは、巨大な川のエネルギーを有効利用した成功例となりました。

四川省を流れる雅礮江(がろうこう)に計画されているJinping(錦屏)水力発電所が今、水力発電の次のメガプロジェクトとして注目を浴びています。

中国の水力発電技術機関は50年をかけて、雅礮江の推定発電量と有効な発電技術について調査を重ねてきました。

成長の必須条件

Jinpingプロジェクトは2005年11月に着工されました。発電容量3,600MWのJinping Iと4,800MWのJinping IIの2つの水力発電所は、四川省のみでなく中国東部全域への重要な電力供給源になります。

工業化、都市化、人口の増加が続く中国では、水力発電は国の成長に欠かせません。世界最大の水力発電国で、国内消費エネルギーの17%を占め、今後その割合はさらに増加すると目されています。

建設中のJinping I アーチダムは堤高305mと世界で最も高いダムとなります。ここは雅礮江が16kmの範囲で急斜面を蛇行している地形だからです。

屈曲部の西には、高さ37m、長さ162mの水門が設置され、導水路は直径12m、長さ16.6kmに及ぶ4本の導水路トンネルを通りJinping II水力発電所に送られます。掘削工事は第18中国鉄路工程総会社がTBM工法で2本と発破工法で2本行います。

全力でまい進

JinpingプロジェクトにはBoomer 353 Eトンネルジャンボ25台、Boomer XL3 D 1台、クローラードリルROC D7 7台を始め、様々なアトラスコプコ油圧式掘削機が活躍しています。

トンネル掘削はベンチカット工法で行なわれており、上半7.5mをBoomer 353 Eで先行して掘削し、完了後ROC D7クローラードリルで下半の掘削を行います。

12時間交替の2シフトの作業で工事は1日に9~12m進んでいます。「全てが予定通りに進み、満足しています」プロジェクト・マネジャーのクアン・リーさんは、ジャンボの優れた性能について力を込めて話してくれました。

リーさんは香港で働いていた1984年以来のアトラスコプコのお客様です。



撮影:シノハイロ社
Jinping Iダム完成図

Jinping I、II水力発電所は2015年の完成で、中国東部に電力エネルギーを提供する予定です。堤高305mは世界で最も高いアーチダムとなります。

Jinpingの現場で安全な作業がいかに大切かを話す、第18中国鉄路工程総公司プロジェクト・マネジャーのクワン・リーさん

アトラスコプコの最先端のトンネルジャンボのおかげで、仕事にまい進してこれたと言います。「Boomer 353 Eは操作も簡単で、サイズもこのトンネルプロジェクトにぴったりです」

安全第一

熟練したオペレータを見つけるのはそう簡単には行かないと、リーさんは言います。多くの人は、働き場がない住み慣れた田舎を離れ、新しい職を求めてここへ来ます。リグ操作に慣れるまでには6か月間かかることもあります。

リーさんがアトラスコプコ製品を高く評価するもう一つの理由は、安全性が優れていることです。1台のリグは4人のオペレータが交替で操作していますが、けが人は一人も出ていません。「これはとても重要なことです。従業員の安全は常に心がけていますが、この現場ではBUT 35ブームのおかげで安全を確保できている」とリーさんは言います。

オペレータは操作盤間をスムーズに移動しながら、45mmのセコロックビットを装着した3基のCOP 1838を同時に操作しています。

天盤の支保には、5台のBoltec LDで1.2m毎にロックボルトが打設されます。天盤と坑壁には金網を敷設し、その上からショットクリートが吹付られ安全性を高めます。トンネルは貫通後に覆工されていきます。

Jinping II水力発電所では水門、放水路、発電所、4本の導水路などが計画されており、現在建設中のJinping Iよりも複雑な構造になります。

工事が完成すれば、Jinping水力発電所のトンネルは世界最大となります。

全体の工期は8年で計画されており、4本の導水路トンネルのうち2本が使われる発電所は2012年に発電開始、残り2本の発電所は2015年の予定です。

雅砻江（がろうこう）がもたらす電力資源

建設中のJinping IIは、堤高305mと世界で最も高い従来工法の水力発電ダムで、発電容量3,600MW、年間発電量は160~180億kWhを見込んでいます。Jinping II水力発電所では雅砻江放水側の地下に設置される8基の550 MW タービンを回転させます。水力発電に利用される水は、川に放水されます。



本トンネル内NATM 3にて複雑な岩盤構成と大量の出水に立ち向かうBoomer L2C

マレーシアの山々を制覇する

着々と工事が進む、クアラルンプールの水不足を救う導水トンネル

マレーシアの首都クアラルンプールの大規模な水供給プロジェクトは、山の地形と難しい地質からトンネルは複雑な工事となっていますが、予定の工期で進んでいます。

近代化の進んだクアラルンプールの700万人の住民は、将来水の供給が改善されても気づくことはないかもしれません。しかし、山間部から都市部へ原水を運ぶのがいかに難しい事業かを忘れられない人たちがここにいます。

エネルギー・環境技術・水資源省が計画するパハン・セランゴール導水トンネルプロジェクトは2008年市の北東部セマンタン川のケラウダム建設から開始されました。

24km²の貯水池の水は、幅5.2m、全長44kmの導水トンネルを通り、クアラルンプール

の郊外に設置される浄水施設に運ばれ、処理後、生活・工業用水として利用されます。

2013年の完工を目標に工事が進んでいますが、複雑な地質と突然噴き出す水の危険にさらされ、一瞬たりとも油断は許されません。

難しい地形

現場と市街地は直線距離ではたいして遠い距離ではありませんが、間に位置する山々が工事を困難なものにしています。

工期は2年で、NATM (New Austrian

Tunneling Method)による発破工法、TBM (Tunnel Boring Machine)工法、NATMを活用した開削工法の3工法で施工されます。

NATM工法は、軟岩では地山補強に配慮して採用され4カ所の坑口から全長8.6kmを施工、同様に導水路両端の計1kmは、4 x 4.7mのカルバート開削工法で施工されます。メイントンネルの34.4kmはTBM工法で掘削されます。

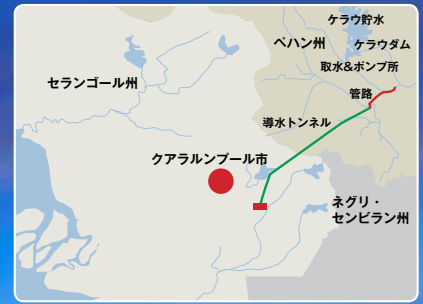
NATM 1, 2, 3, 4と名付けられた4本の横坑は、機材へのアクセス路となり、リグメンテナンス用の設備、コンクリート並びに、浄水プラントなどが設けられます。

10トン/分に及ぶ出水や、複雑な岩盤が工事を困難なものにしています。例えば、現場の中心部を走るレポー断層の境界では岩が破碎されていてトンネルの真上を川が走る箇所では出水量が増加するので、対策を追加する必要があります。

“掘削と発破は順調に進んでいます。”



SNUI共同企業体プロジェクトマネジャー 河田孝志さん



大量の水をクアラルンプールに供給する、セマンタン導水トンネル

工事を請け負っているのは、清水建設(株)、西松建設(株)、マレーシアのUEMBとIJMの4社からなるSNUI共同企業体です。アトラスコプコは着工当初から関わり、4台のトンネルジャンボ(Boomer)、グラウンドエンジニアリング機を提供しています。

Boomerの貢献

現場ではおよそ1000人が働いています。Boomerリグオペレータのネパール人、スダーン・バハドゥール・シュリバリさんは8年の掘削経験を持っています。Boomerの操作には慣れているものの、コンピュータ制御のBoomer L2Cの操作は初めてです。

「ここでの掘削は大体見当がつかますよ。東の岩盤はしっかりしているけれど、西側は注意が必要だと思います。問題は川の下を掘削する時ですが、Boomer L2Cのおかげで難くなくなっています」と話してくれました。

12時間勤務の2交替制シフトで作業は進められています。M&Cが訪問した際は、NATM 3が日進8mで掘削されていて、シュリバリさんは1断面のせん孔を約2時間で行っていました。

Boomer L2Cがほとんどの掘削作業を行なっています。さく岩機はCOP 1838 MEを搭載し、パイロットホールに105mm、ブラストホールに45mmのセコロックビットを使用します。現場ではBoomer 352も

稼働中です。

SNUI共同企業体のプロジェクトマネジャー河田孝志さんは、NATM 1, 2, 3, 4の進捗状況を「約2年を経過した時点で工程通りか、3ヵ月前倒しで進んでいる箇所もある」と言います。

NATM 3は河川下を横断するのに時間がかかりましたが、通過してからは工程より早い進捗の状態に戻りました。ほとんどが均一な花崗岩のNATM 4も軟弱な地山では遅れが生じました。

予想を超える結果

Boomer L2Cを使って、工事は計画より1割ほど早く進んでいると河田さんは評しています。「発破掘削は順調に行なわれています。リグのおかげで、はるかに予想を超える結果を生んだ数ヶ月間もありました」例えばNATM 2の掘削は月進138.3 mの予定でしたが、実際には149.4mに達していました。

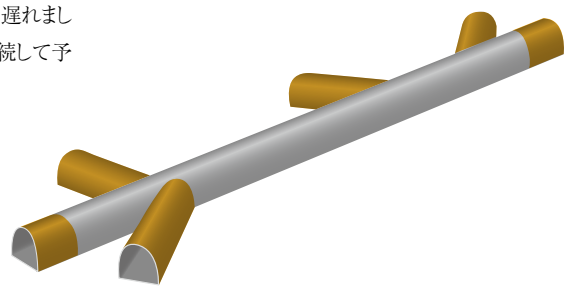
NATM1だけは大量の出水で工程より遅れましたが、問題箇所を通過してからは2ヵ月連続して予定を上回りました。

現場ではジャンボのみでなく、数々のアトラスコプコ製品が採用されています。TBMに先だって掘削される76mm径の探査孔にはCOP 1838 ME さく岩機、また全てのドリリングツールはア

トラスコプコ製です。

機械の高い生産性と熟練したオペレータのおかげでクアラルンプールの人々は予定よりも早く給水を受けられるようになります。

水の輸送路:オープンカットのカルバートと4本の横坑を持つ、全長44kmのトンネル。本トンネルはTBM、図茶色部分のカルバートと横坑はアトラスコプコBoomer L2Cが掘削します。



トルコでのチャレンジ

アトラスコプコの機械を使い、トルコの鉱山は豊富な鉱物資源を活用しています。

トルコは世界屈指の豊富な天然資源保有国で採取できる鉱石は53種類もあります。一方、鉱山を取り巻く環境は大変厳しく、鉱山関係者にとってチャレンジの毎日です。M&Cは彼らが問題を克服している様子をレポートします。

トルコの鉱石生産量は、ここ10年間で300%近く伸びており、鉱山業界も躍進を続けています。クロム、鉄鉱、銅、ホウ酸塩鉱物、亜鉛など鉱石の世界最大の輸出国で、輸出額は2011年に20億ドル(1560億円)に達しました。

さらなる成長のため、鉱山業者はアトラスコプコの機械に大きな期待を寄せています。

黒海からの銅

北東部に位置するムルグル銅鉱山はその好例です。2006年に民営化され現在はジェンギズ・ホールディングの子会社、エティンバキール社が操業しています。露天掘りと5km先にある坑内掘りの現場では、アトラスコプコのドリルリグが採掘を行なっています。

露天掘り採掘場でも多くのアトラスコプコのドリルリグが使われており、7台は生産用掘削を、2台は2次発破と付帯工事を行なっています。

掘削用に2ブーム付Boomer 282、生産用にSimba 1254、2台のST1030ローダー、2台のMT2010マイントラックが、アラリック地下鉱山で稼働しています。さらにドーザーブレードを装備したScooptram ST-3.5が、掘削後のストーブを埋め戻すため選ばれました。

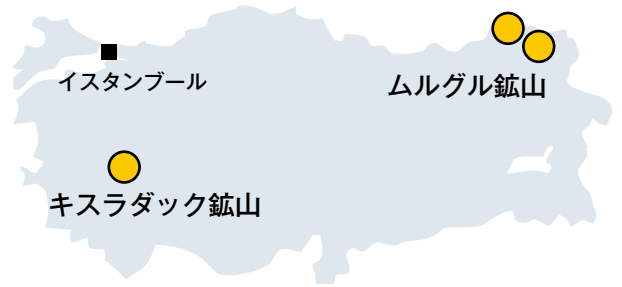
アトラスコプコ第一号機、FlexiROC D60 (購入当時の名称ROC L8) が搬入されたのは2007年のことでした。アトラスコプコトルコ、ビジネスラインマネジャーのバハディール・エゲナーは当時を振り返り「エティンバキール社はその後さらに4台のFlexiROC D60を購入しました。その結果、さく孔能力が上がり、さらに予備のリグを所有していることでスケジュール通りのメンテナンスができるという恵まれた環境で仕事をしています」

エティンバキール社機械担当マネジャーのハッサン・ケシマルさんは、現場について「鉱石は摩耗性が高く、厳しい気候が機械に負担を与えている」と言います。「夏は暑くて35℃、時には38℃になることもあります。乾燥していて埃が酷く、機械に良いわけはありません。反対に冬は湿度が高く、マイナス15℃になるほど厳しい寒さです。ぬかるんだ土は摩耗性があり、リグの台車部に問題を引き起こします」

露天掘り鉱山の目標生産量は1日あたり、鉱石1万トン、ズリは3万~3万5千トン、2012年年間では鉱石300万トン(内、銅精鉱10万トン)、ズリ1000万トンです。ムルグル露天掘り鉱山のズリはほとんどが石灰華(やや軟質の火山岩)ですが、鉱石は強固な高シリカ・テサイトです。



ムルグル鉱山でのFlexiROC T35



FlexiROC D60操作6年の経験をもつスタッフ・メルトさんは「鉱床では12m長孔を約20分でさく孔しています。ズリでは約10分か、岩質が組み合わさっているともう少しかかります」と説明してくれました。

165mm径の孔の場合は、114mm径のロッドにコンベックスボタンビットを取り付けたCOP 64 ゴールドDTH hammerを使い、FlexiROC D60でせん孔して行きます。ベンチは10mで余掘りは2mです。一般的には10時間のシフトで15孔をさく孔しますが、条件がそろえば25孔も不可能ではありません。

鉱石は4×4m、ズリは5×5mの発破パターンが通常取られていますが、デイサイトの組成成分はばらつきがあり、オーバーサイズの岩塊で二次破碎が必要なこともしばしばです。

COP 1840 HEToppハンマーを装備したFlexi

ROC T35 (IHROC D7)が、大塊の二次発破用の89mm径の孔をさく孔しています。少し小さめの岩塊であれば、2台のHB2000ブレーカが破碎してしまいます。

鉱山マネジャーのフェルハット・エクレンさんによると、露天掘りと別のさく孔業者が操業している地下を合わせた鉱石の年間生産量は14万トンとのことです。地下から採取される様々なグレードの鉱石も処理工程のために地上に保管されます。

Boomer 282は、5×5mの水平坑を掘削し鉱山を開発していきます。45mmのバリステックビットを装着した3.5m長ロッドを使い、オペレータは1シフトあたり3m掘削します。バーンカットパターンで1切羽におよそ60孔を発破した後、スエレックスボルト、スプリットセットボルト、全面に吹き付けられた鋼繊維補強ショット

クリートが、天盤を直ちに支保していきます。

ストープ(階段式)掘削にはSimbaが使われます。15m長、89mm径の孔を垂直にさく孔していきますが、鉱床の場合には鉱石とズリの境界線に沿って角度を変えてさく孔します。



エティ・バキール社ムルグル銅鉱山機械担当マネジャー ハッサン・ケシマルさん「ここでは摩耗しやすい鉱石と厳しい気候が大きな課題です」



フルスピードで進む作業:アトラスコブコリグはムルグル鉱山でさく孔から運搬まで、あらゆる作業をこなします。ベンチは10m高で余掘りは2m、鉱石には4×4m、ズリには5×5mのパターンを採用しています。



最強のコンビ: Pit Viper PV-235(上)は2011年半ばに搬入され、DM45とともに11ヶ月間で650kmのさく孔を行ないました。



トップラグ社鉱山マネジャー セルカン・ユックセルさんは生産量倍増を目指していると明言します。



Scooptram LHDローダーが鉱石をマイントラックに積み込み地上に運んで行きます。ストープはズリをセメントで固め埋戻しされます。よりコンパクトに大容量の積み込みができる、ドーザーブレード装備のScooptram ST-3.5と、LHDローダーが盛土作業を行なっています。

産金量倍増を目指す

はるか西のアナトリア高原にあるキスラダグ鉱山ではカナダの産金会社、エルドラド・ゴールド・コーポレーションが、順調に作業を進めています。

キスラダグ鉱山は2006年に開山されエルドラド・ゴールド社の子会社、トップラグ社(Tüprag Metal Madencilik Sanayi ve Ticaret)が操業しており、トルコ国内最大規模の約9トンの金を産出しています。

黒海近くの鉱床は火山性塊状硫化物ですが、キスラダグの鉱床は鉱化変質斑岩に分類されます。深度30~80mにある軟質な酸化鉱物の金鉱床は、最高グレード1 g/tと評されています。

トップラグ社が掲げている目標は2014年に産出量を2倍以上にすることだと、鉱山マネジャーのセルカン・ユックセルさんは言います。2008年に他の業者から操業を引き継いで以来、生産用の発破孔には2台のアトラスコプコDM45を使用してきました。2011年半ばに購入したPit Viper PV-235と合わせると、3台で11ヶ月間に行なったさく孔は延べ650kmです。

これについてユックセルさんは「58800孔以上に相当する長さです。Pit Viperは最初の4ヶ月で70kmさく孔しています。もっとも硬岩のさく孔に使用しているので、DM45と単純には比較できませんが」と言います。

「Pit Viperはパワフルで1回に12mさく孔できます」オペレータのヤサール・センタークさんはこう言います。「タワーを立てたまま移動できるのは本当にありがたいです。降ろしたり立てたりの作業をしなくてもいいので、その分さらに5箇所はさく孔できます」

鉱石、ズリともに4.5~5.25mのダイヤモンドパターンか、それより若干広めに掘削します。COP54ゴールドハンマでは152mm径、COP64では165mm径のさく孔を行ないます。サブドリルは10mベンチで通常0.8mです。

キスラダグ鉱山の成功に貢献しているアトラスコプコは、削岩機だけではありません。QLX35ハンマを搭載したFlexiROC D50(ROC L6)が岩壁を安定させるためにプレスプリット孔をさく孔します。さく孔パターンは95mm径20m長のダブルベンチ孔で、サブドリルは1mです。現場の周囲全体を1m間隔で平行にさく孔していきますので、リグの配置に狂いは許されません。

「もう一つの問題点は、地質の違いにより岩壁が65~77度傾斜していることです。今までに、一方のみ傾いている孔、2重平面とも傾いている孔もありました」とユックセルさんは言います。

見守り続ける

エティンギル社もトップラグ社もリグメンテナンスは自社ですことに決めました。しかし、アトラスコプコは常に注意を怠りません。サービス技術者は毎週定期的にムルグル鉱山を訪れ、坑内と明りの両方の現場で機械の状態をチェックしています。



パワフルなPit Viperのおかげで、1シフトでさらに5箇所さく孔できます。

キスラダグ鉱山Pit Viper 235オペレータ、ヤサール・センタークさん



上:クローラドリルのオペレータ ミカエル・ヨハンソンさん
SmartRoc T35を操作中です。このクローラドリルにはGPSロックマネージャ-コントロールシステムが搭載されています。

左:シャンクアダプター、T45ロッド、76mmと89mm径のリトラックビットの完璧な組合せ
スウェーデンの西海岸にあるアンガード採石場はスカンスカ社が操業しています。同採石場は週当たり13000~17000トンの骨材を道路建設やその他建設プロジェクト用に供給しています。

サービスライフの長さは驚異的!

コンプリートドリリングパックがその違いを生む

硬い岩盤、高いベンチ、深いさく孔長。これらの問題解決にはコンプリートドリリングパックが最適です。ロッドのサービスライフが長いので、結果的にロックドリリングツールズ経費の大幅削減につながります。

一般的にロッド・ビットにとって過酷な条件となるスウェーデンの西海岸にある採石現場で、ロッドのライフが記録的な長さになっています。

ヨーテボリ近郊にあるアンガード採石場で、掘削業社のスカンスカはクローラドリルSmartROC T35 (旧 ROC D7)にはアトラスコプコ・セクロックのシャンクアダプター、ロッド(T45)、リトラックビット(76mmと89mm径)を使うことにしました。

耐久性と信頼性に定評があるシャンクアダプター、ロッド、そしてリトラックビットを取り揃えたのは、一般的には良い選択といえます。しかし、SmartROC T35とオペレータの技術が揃って結果が出せるということとを考えると、明りの現場ではなかなか難しいものがあります。

亀裂が入っている花崗岩、石英、雲母等の硬岩上の高さ25~30mのベンチに長孔がさく孔されます。ドリリングパターンは2.5×3.0mで、さく孔速度は1.1~1.6m/分です。これだけ見れば、何も特別なことではありません。

しかし、孔曲がりか20mに10~50cmとわずかだったり、ロッド消費が極端に低いとなれば話は違ってきます。

リグにはGPSロックマネージャ-コントロールシステムが搭載され、正しい位置で掘削できるような掘削プロセスが管理されそして、7本のカラーセルからロッドの継ぎ足しができるようにします。ロッド圧力が60~70barに抑えられるとフィード圧が40barになります。

この結果、さく孔速度が良くなり、ロッドのライフも26000mにまで伸びます。平均のサービスライフが8000mもあるシャンクアダプターがあれば、オペレータは毎週1100m~1200mの発破孔をさく孔できます。

アトラスコプコのプロダクト・スペシャリスト パーオロフ・エイナーソンは「この結果はすごいです。私がこれまで経験したなかで最高の例です。セクロックのドリリングツールズとクローラドリルと腕のいいオペレータが揃えば相乗効果で、最小のコストで最大の生産性を上げられると実証できました」と話し

てくれました。

エイナーソンは、ロッドのサービスライフを極めて長く保つためには、腕のいいオペレータが欠かせないことを強調します。そして「多くの人々が考えていることと違って、生産性に影響を与えるのはさく孔率だけではないのです」と付け加えてくれました。

アトラスコプコのドリリングツールズは耐久性を最大限まで高めるために特別な熱処理が施されています。

なぜ真つすぐな孔が重要なのか

深度20m以上のさく孔に対し孔曲がり10~50cmというのはとても満足のいくものです。大口径で孔曲がりすると孔の底部同士が近すぎたり離れすぎたりするため、発破後破砕された岩石の大きさがまちまちになります。岩塊が大きすぎるとクラッシュの投入口に合わなくなり、二次発破が必要になり生産性が落ちます。大口径の孔曲がりのもう一つの欠点は、シャンクアダプターやロッドが曲がりやすくなったり折れやすくなるということで、これも生産性を下げ経費の増加を招く要因になります。

最新の技術

規格石材採石場で使われている、アトラスコブコダイヤモンドワイヤーソーは、都市開発にも一役買っています。SpeedCutは世界でナンバーワンの高速万能カッターとして知られています。



1980年代にダイヤモンドワイヤーソーが販売され、ほどなく規格石材業者 (DSI) と採石業界で高い評価を得ました。その後、ワイヤーソーの生産力も上がり、改良が続けられてきました。そしてSpeedCutは今、新しい分野で活躍しています。

2012年1月にイタリア ペルフォラ社を得、アトラスコブコは多種多様な石材用切削機を提供しています。傑出しているのはSpeedCutです。世界最速

のカッターで、通常2km/分のスピードで石材を切断していきます。

近年は振動と騒音に制約のある都市部でのインフラ整備プロジェクトが増え続けており、発破掘削工法に替わり、厚板状の岩石を切断し取り除く工法が一般的になりつつあります。代表例はスウェーデンストックホルムのシティラインプロジェクトです。14の島と歴史のある地を通り建設されます。

シティラインにより市民の交通手段は大きく様変わりしますが、地下工事も新しい局面を迎えています。2017年に開通予定のシティラインにより乗客輸送量は倍増され、ストックホルム全体の公共輸送システムも向上します。

を駆使して



ストックホルムの静穏を守る:SpeedCutは気になる振動を起こさず、新しい地下鉄トンネル建設用に岩石を切断しています。

このプロジェクトで建設される全長6kmのトンネルは水面の下を通る箇所があり、そのすぐ近くに駅も建設されます。さらには、市の中心部を通るため既存の地下鉄の線路の数メートル横を走る箇所や、文化遺産として登録されている歴史的建造物の直ぐ下も通ります。

リッダルホルメン島では、地下3~6mにある大量の岩石を運び出す必要がありました。スウェーデン

の強固な花崗岩を掘削する場合、発破工法が一般的に用いられますが、周辺地盤へのダメージが大きいために懸念されます。

この問題を解決するため、ノールボッテン・ベルグテック社(爆破及び岩石切削の専門会社)は最新型ダイヤモンドワイヤソーSpeedCutの使用を決めました。

振動を抑える

「振動が問題な場合は、ダイヤモンドワイヤソーが理想的な解決法です」ノールボッテン・ベルグテック社プロジェクト・マネジャーのレイフ・アルヴァイドソンさんは言います。「SpeedCutの仕事ぶりに大満足です。ワイヤを切ることもなかったし、ロスタイムもほとんどありませんでした」



振動から守る:現場の1m先には住宅や聖マタイ教会(右)がありますが、振動が伝わらないよう守られています。



SpeedCutは建物や設備を損傷せずに毎時7~8m²の岩石を切断し、2週間でこの難しい仕事を完遂しました。

レイフ・アルヴィドソンさんは続けて「ペルフォーラ社の多種多様な機械をアトラスコプコが販売するようになったということは、どこにおいても完璧なサポートが得られるということです」と話してくれました。

人口が集中している、街の北にある現場では、密集して配置された孔に対し水平方向に切断していく「ブラインドカット」と呼ばれる工法で、SpeedCutは作業を行っていました。113年の歴史を持つ聖マタイ教会がほんの数メートル先にあります。

ここでもノールボッテン・ベルグテクニク社は専門知識を駆使し、30度の傾斜を持つ全長60mのトンネルを通りシティラインと接続される、新しい駅を建設しています。近隣の建物は振動の規制が発破につき70mmですが、教会は22mmと厳しい数値です。ワイヤーによる切断は理想的な方法でした。

ノールボッテン・ベルグテクニク社経営責任者、アンドレアス・クリストファーソンさんは、工事業者にとって技術は非常に貴重な財産であり、技術のおかげで様々なケースに柔軟に対応できると言います。「規定のデシベル以下の騒音レベルで作業できるので、夜間工事でも問題なくできるほどです」

ワイヤーソーが問題を解決する

クリストファーソンさんは続けて「ワイヤーは最初に切り込みを入れる時には音がしますが、一度切り込みが入って岩を切断する場合には、音はほとんど出ません。さらに電動なので、ディーゼルエンジンの騒音とは無縁です」

標準使用の場合、1本のワイヤーは約1週間使用可能で、200~300m切断できます。一般的なワイヤーは直径11.2mmで1mあたり35のダイヤモンドが装着されています。

SpeedCutのメカニズム

最高切断速度45m²/時のSpeedCutは市場で最も速いダイヤモンドワイヤーカットソーです。ユニークな特許取得済みのワイヤー張力システムにより、速い切断スピードとワイヤーの耐摩耗を実現しました。

突然の漏水、供給電力の低下、不均質素材などの突発的な事態が生じて、ワイヤーの張力は一定に保たれます。パネルマシンインターフェイスと接続ケーブルは取扱いが容易で、しかも安全な距離を保って機械の操作ができます。

水平方向、垂直方向、地表に近い部分の切断も可能です。さらに、主要部のフライホイールは320度回転可能で、最高2mの距離の平行切断が位置を変えずにできます。

作業の設定変数やプロセスの変更、記録ができるので、最適なパフォーマンスで作業が行えます。切断時間、ワイヤーの性能、エラーコードリストなどの設定変数は、USBメモリーを使いコンピューターに簡単に取り込むことが可能です。2012年9月1日から、SpeedCutは黄色とグレーのアトラスコプコカラーに変わりました。

「振動が問題な場合、ダイヤモンドワイヤーソーは理想的な解決法です」



ノールボッテン・ベルグテクニク社プロジェクト・マネジャー、レイフ・アルヴィドソンさん

SpeedCutの動画は右のQRコードを読み取りご覧ください。





粒形が問われる:モーズドルフ採石場の取締役ウーウイ・ポルダーさん、写真左はPC6が製造した製品

良いビジネスの形

ルクセンブルグのショットワーク・モーズドルフ採石場では、クワトロムーブメント機能を持つパワークラッシャPC6を活用しお客様の要求に応じています。

ルクセンブルグのショットワーク・モーズドルフ採石場は、お客様が必要とするきれいな粒形と正確なサイズの石材製品を作ること定評があります。ビジネスとしても可能性に満ちています。ドイツ国境の北東部に存在するモーズドルフが製造する石材製品は高品質で評判がよく、道路建設、コンクリートやアスファルトさらに、造園や園芸用の骨材などに利用されています。同採石場は1961年よりエレント・ゴーツファミリーが所有していますが、お客様はそこで製造される高品質の石材製品とその納期に満足しています。自走式クラッシャの選択がその鍵となりましたが、モーズドルフが選んだのはアトラスコブコのパワークラッシャPC6でした。

パワークラッシャPC6は独特のクワトロムーブメント機能があることで知られており、市場では最も信頼性の高い自走式クラッシャの1機種と考えられています。このクワトロムーブメントシステムではクラッシャのジョーが8の字に動き、岩石を正しいサイズと綺麗な粒形に仕上げます。取締役のウーウイ・ポルダーさんは「お客様にとって完璧な製品です。岩石は凝縮したものがベストで、お客様の中でも道路建設に携わっているお客様はそういう製品を好まれます」と例を上げながら話してくれました。同採石場のPC6は6種類の粒形の岩石を製品一式として製造しています。ポルダーさんの話は更に続きました。「グリズリースクリーンが大きな岩石と小粒の岩石を分類してくれるので助かっています。それに、岩石の粒形を綺麗にするクラッシャとクワトロ

ムーブメント機能があるのも良いです。

メンテナンスサービスはとても大切ですが、アトラスコブコのサービスはとても良いです。部品も注文すれば24時間以内に納品されます」

右のコードをスキャンすれば、ウーウイ・ポルダーさんのライブインタビューとパワークラッシャPC6の詳細をご覧ください。(英語のみ)



多用途とリモートコントロール

パワークラッシャPC6はいろいろな粒形の製品を作ります。それらはコンクリートやアスファルトをリサイクルするために用いられ最終には製品はさまざまな建設プロジェクトで使われます。リモートコントロール可能なPC6の特長は、スクリーンボックスやクラッシャに材料が投入される前に材料を篩にかける独立型ダブルデッキグリズリースクションがあることです。

クィーンズランドで 燃料コストを 削減する

さく孔経済の大きな改善を支える新しいテクノロジー

オーストラリア クィーンズランドの鉱山施工業者DDQ社は、アトラスコブコPit Viper 235を購入して、燃料コストを大幅に削減しました。その鍵はPit Viperのクラッチにあります。

“ Pit Viper 235は必要な時にだけ空気が流れます。ボタンでコントロールできるのです。

デベス・ドリリング・クィーンズランド創業社長ナイジェル・デ・ベスさん



DDQのオーナー、ナイジェル・デ・ベスさんはPit Viper235 によってもたらされた燃料削減他に満足しています。

始めの3ヶ月間で約75000豪ドル(約600万円)、24時間で1000リッター、1年後には何と4200万円。これはオーストラリアの鉱山施工業者デベス・ドリリング・クイーンズランド(DDQ)が、たった1台の新しいリグを導入したことにより達成できた燃料コスト削減の数字です。

DDQはアトラスコプコPit Viper 235のトップクラスの経済性を享受しています。そして節約できた結果はニュー・ホープ・コーポレーションを始めとする、ニューオー克蘭ド炭鉱の顧客に還元されています。

DDQ創業社長ナイジェル・デ・ベスさんは「始めの3ヶ月間だけでも75000豪ドル(約600万円)燃料コストを削減できました。そしてこの数字は段階的に使用している間中続きました。1日に1000リットル、年間で約4200万円の節約が可能です」

PV-235購入に際しての決め手は、リグの低燃費でした。「1時間あたり50～55リットル節約できています。コンプレッサのウェットクラッチ技術のおかげです」とデ・ベスさんは言います。

押しボタン式がもたらす経済性

油圧式トップヘッド駆動のPV-235に装備されている、油圧式自動クラッチ(特許出願中)はロータリ式からDTHドリル操作まで、傑出した性能を発揮します。

「PV-235のエアは必要に応じて出てきます。さく孔にエアが必要な場合はボタンを押せばクラッチが入り、コンプレッサが作動します。つまりコンプレッサは必要な時にだけ動くという事です」デ・ベスさんはこう説明してくれました。

続けて「アトラスコプコはロッドグリーサーもエアグリーサーも、エアの必要のない電動式ポンプに変えました。エアが必要なのはドリルビットだけです」

DDQはニューオー克蘭ド炭鉱で4年近く操業しており、PV-235は2012年2月に導入されました。PV-235は主に229mm径、50m長のプラストホールをさく孔しています。

「さく孔の最高記録は10時間に1200mですが、今後この記録は伸びて行くと考えています」とデ・ベスさんは言います。オペレータはPV-235の操作に慣れてきていて、調子が上がってきているところです。PV-235があれば1時間にあと10mはさく孔できるでしょう」

コンプレッサやハイテクリグの性能を効率良く使えるのは、アトラスコプコリグコントロールシステム(RCS)のおかげです。遠隔操作移動、自動レベル設定、オートドリリング、自動記録装置、GSPナビゲーションシステムなどの機能を備えています。

デ・ベスさんがPit Viperに信頼を寄せている理由は、他にもあります。シングルパスさく孔が可能です。「リードロッドだけで12.2m長のきれいな孔をさく孔できるのは大きな強みです。Pit Viperの新しい

さく孔システムは本当に凄いです。今までの見てきたどんなリグも超えています。速くて操作も簡単です」

他にも忘れてはならない利点があるとデ・ベスさんは言います。「オペレータが疲労しないのです。操作もしやすいし、必要なものは全て座席から簡単に手が届きます。仕事を終えてリグを離れる時も、オペレータは元気で注意力も充分ですよ。これは夜のシフトには、大切なポイントです」

PV-235に加えてDM25 2台、DML HP 1台が稼働しています。大型のPV-275も2台2013年には搬入される予定です。

アトラスコプコはクイーンズランド州の顧客に12台以上のPit Viperを販売しました。全てのリグにはコンピュータ制御のRCSコントロールシステムが搭載されています。

クラッチが燃料コストをどう削減するのかは、18ページの「技術動向」をお読みください。



燃料高騰との戦い

報告 アトラスコブコ・ドリリングソリューション プロダクトマーケティング部 エンジニア モーリーン・ポハック

大型穿孔機Pit Viperに搭載したアトラスコブコが開発したクラッチ技術により、維持費のみならず環境に対するリスクを軽減させる事に成功致しました。

アトラスコブコは業界初となるオートマチッククラッチシステム(特許出願中)を、大型穿孔機向けに開発致しました。鉱山業界にとっては最新技術となりますが、既に実証されている技術です。開発に成功したクラッチコントロールユニットにより、大型穿孔機の燃料費やメンテナンス費の削減につながり、燃料を大幅に削減する事により環境にも優しいオプションが出来上がりました。

ドリルを勉強された方は御存知かと思いますが、ドリルの仕事内容は、穿孔、移動・走行、レベリング、ロッド接ぎ足などがあります。通常これらの作業中にはエンジンとコンプレッサは常に回転しておりますが、コンプレッサが必要となるのはたった一つ、穿孔中の繰粉排出時のみです。必要に応じコンプレッサを稼働したりしなかったりすることが出来ればエンジンへの負荷を減らす事が出来るはずですが、コンプレッサがスタンバイ時でも30%ものエンジン定格馬力を消費しているのです。

アトラスコブコは穿孔時のみコンプレッサが稼働し、他の作業時には稼働しないという有益なシステムを開発致しました。このシステムにより、燃料やメンテナンスにかかる費用を大幅に削減することが出来ます。消費燃料の削減が環境に大きく影響を与えることは言うまでもありません。

操作性

このクラッチシステムを追加しても機械の操作は以前と全く同じです。シンプルかつ部品点数も少ないので、既にご使用されている機械にも簡単に取り付けることが出来ます。また、以前と違った操作をオペレーターが行う必要もありません(図1)。通常通りにセットアップを行った後、コンプレッサのスイッチをオンにするだけです。その瞬間、クラッチコントロール装置に信号が送られ、エンジン回転数が900rpm前後に自動的に減速し、クラッチがつかがり始めます。

コンプレッサとエンジンがつながった後、エンジン回転数は自動的に定格回転数に戻ります。機械的にもオンとなり、コンプレッサは負荷運転を始めます。僅か3秒以内でこれらの作業を完了するので、見た目には全くわかりません。穿孔終了後、オペレータはコンプレッサのスイッチをオフにするだけで、自動的にクラッチが切り離され、次の孔へと向かえます。

全く同じ条件下でシングルパスとマルチパス、クラッチの有無で穿孔・比較してみるとシングルパスのクラッチ有りが明らかに燃料を使いません。一孔の燃費向上が年間の燃料費の削減に大きく繋がっていることは明白です。

機械モデル名 Pit Viper275	
空気	低圧 1900cfm@110 PSI/53.8m ³ /min@7.6 bar
エンジン	Cat C27-800HP@1800RPM
さく孔サイズ	251mm(9-7/8")
アプリケーション	コールオーバーバーデン
シングルパスの深さ	11.3mm(37ft)
シングルパスの深さ	59.4m(195ft)



図1
クラッチシステム



特許出願中のオートマチッククラッチシステムは大型穿孔機向けのオプションです。
右:クラッチシステム搭載機は、黄色で示してある穿孔時とホールクリーニング時のみ圧縮空気を作成します。

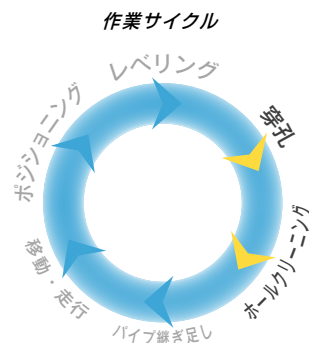
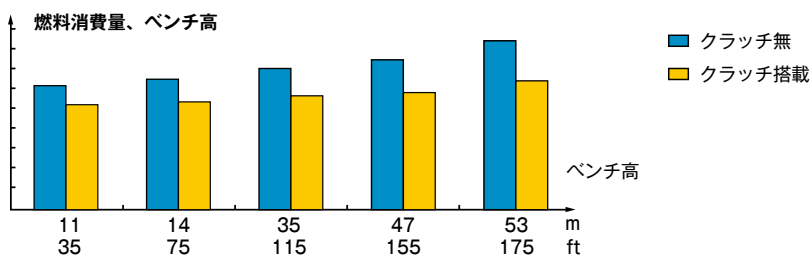


図2



軟岩穿孔時における異なる穿孔深度に対する燃料消費量。孔の深さやパイプ継ぎ足し本数に比例して燃料抑制量が大きくなります。また、穿孔速度が大きくなる軟岩では抑制量が大きくなります。実際の抑制量はそれぞれの穿孔機、アプリケーションによって左右いたします。

一般的にマルチパス(長孔穿孔)の方がシングルパスに比べ、穿孔以外の時間を必要とするため、燃料抑制量が大きくなる傾向にあります(図2)。また、燃料抑制量は軟岩の方が硬岩に比べて大きくなります。硬岩穿孔の場合、穿孔時間の方がパイプの継ぎ足し時間より長く、軟岩穿孔時よりエンジン馬力と燃料をより消費します。

可能性

軟岩・硬岩、マルチパス・シングルパスに関わらず、大幅に経費削減できる可能性があるということです。事実このオプションを取り付けた予備調査では燃料消費量を30%も削減できたケースもありました。アトラスコプコの大型燃料タンクや水タンクがついている機械では別のメリットがありました。

このクラッチシステムにより、燃料補充や水補充のサイクルタイムが伸びました。燃料や水を補給している時間が少なくなり、ローリーを動かす間隔もながくなり、生産性が向上いたしました。

PV-275の燃料タンクは2,365リットルで、3,100リットルの水タンクを搭載しておりますが、このクラッチシステムを搭載することにより、ローリーで燃料や水を補給することなく、24時間連続で穿孔し続けることが可能となりました。

今回のクラッチシステムはたくさんのオプションのうちの一つですが、お客様の作業環境や近隣環境に考慮した、環境に優しいオプションです。

クラッチシステムは運営経費の削減に役立ちますが、それ以上に重要なのは、お客様の安全性と環境に配慮されていることです。

ISO14001認証を持つアトラスコプコは機械の設計、組立、設備においても厳しい環境基準を設け、経費削減だけでなく、環境面やお客様の利益に貢献すべく、日々努力と開発を続けています。



モーリン・ボハックはアトラスコプコドリリングソリューションUSAのプロダクトマーケティングエンジニアです。大口径ブラストホールドリルリグに関する情報収集し世界各国のカスタマーセンターに提供しています。

クラッチオプションの特徴

- ▶ クラッチは特に寒冷地において、始動時のエンジンの負荷を減らします。エンジンとコンプレッサの寿命を延ばします。
- ▶ クラッチシステムを搭載する事により、コンプレッサとエンジンを別々に管理することが出来ます。以前まではエンジンアワメーターで管理していたものを、それぞれ独立に管理、保守計画を立てることが可能となります。
- ▶ 今までの仕事を少ない燃料で作業することができ、環境への影響も軽減されます。

リグスキャン 最適なパフォーマンス を実現する新技術



健康診断:お使いのドリルリグの調子はいかがでしょう?アトラスコプコのリグスキャン技術は最低の休止時間でその場で答えを出します。

新技術により簡単に素早くドリルリグの状態をモニターリングできるようになりました。

ドリルリグ全体の点検やトラブルを引き起こす要因を突き止めるには、リグのある部分を解体し、再び組み立てる作業が必要でした。しかし、これも昔の話となりました。我々は、カナダの鉱山会社や技術開発業者の協力の下で、機械の「健康診断」を行うシステムを開発しました。名付けて「アトラスコプコリグスキャン」です。さまざまな繊細なハイテク機器を駆使し、瞬時にデータが集められ分析できるようになります。

アトラスコプコサービス事業部の製品チームマネージャー ジェフ・ローズは次のように説明します。「迅速かつ正確に機械のパフォーマンスを査定できるアプリケーションの携帯ツールには、誰にも真似できない技術が使われています。リアルタイムで点検できるの

で連続使用が可能になり、経費の掛かる部品の不具合発生を防ぐことができます。リグスキャンは機械の今と過去のデータを瞬時に集約し、安全作業を確実にし、素早く判断し、適正な処置が必要であれば修理出来るように整えます」

アトラスコプコリグスキャンの特長

- ・予想分析し機械の休止を避ける
- ・包括的にパフォーマンスを分析し生産性を上げることでオペレーションコストを削減する
- ・素早いトラブル対応で保守コストを削減する
- ・潜在的な危険を予測し、安全性、環境負荷に対処する
- ・燃料効率を改善する

この新技術で機械のメンテナンスが合理的に行われるようになり、その結果として稼働時間、生産性、利益性を向上させます。リグスキャン機能は最初にプラストホールドリルリグ用に海外で2012年の半ばに発売されました。そして、最終的にはすべての機械でも利用できるようにされます。

「アトラスコプコは「持続可能な生産性」を約束していますが、リグスキャンを使われるお客様は、機械のパフォーマンスを予測し安全性を確立できるだけでなく、保守契約、遠隔モニターリング、オイル管理、オーバーホール等機械の総合的なサービスソリューションも得られます。」

“ この難しい仕事には、
最適なせん孔方法でした。



ハリングダル・ベルグボーリング社社長、ヤイール・ベスラガルドさん

ノルウェーの粘土層 に勝つ

トロンヘイムトンネルの困難な条件を克服する特別な解決策

難しい地盤と文化財の保存の問題を克服し、地盤工学エンジニア達は
ノルウェーのトロンヘイム市に新しい道路トンネルを建設しました。





時計回りに左から:さく孔前に、オーバーサイズのリングビット付きケーシングシューを溶接する; ケーシング側面の連結部分を揃える; パイプ打設後に回収されたドリルロッド

満足のいく成果:パイプ壁の前で粘土層を調査するノルウェーのエンジニア

ノルウェーE6号道路のトロンヘイム - スチュールダル間の建設工事は2014年の完成を目指し、順調に工事が進んでいます。しかし建設工事は様々な問題を抱え、特にトロンヘイム市入口に建設される全長2.6kmの道路トンネル工事は困難を極めていきます。

通常では容易なトンネル建設工事のはずでしたが、エンジニア達は普通の現場とは全く違うことに、気がつきました。トンネル建設予定地は水を含んで緩んだ粘土層を300m通過し、そのうち100mは「クイックレイ」と呼ばれる非常に不安定な土質です。また、歴史的な木造建築物は木杭で不安定に支えられおり、トンネルはこのすぐ傍を通ります。

トンネルの東にある坑口に擁壁を打ち込む際に、油圧ハンマを使う従来のやり方はできませんでした。粘土層に振動を与え、障害を引き起こし、歴史的な

建物にダメージを与える可能性があるからです。

リスクを避ける

市の文化財を守るため、トロンヘイム市当局は崩壊が危ぶまれる5棟を他の場所に移すことにしました。木の土台から外し、まるごと巨大なクレーンで安全な場所へ運んだのです。

この予防措置作業が遂行されている間、プロジェクトの地盤工学エンジニアチームのNCCは、地盤を安定させる工法の作業に集中していました。岩盤まで届く擁壁を打ち込み、根入れをセメントで強化します。

現場は厚さ9m~23mの粘土層からなり、地下水位は地表からわずか約1.5mです。このため粘土層へ影響を与えたり、地下水位を下げる危険性のある作業は厳しく禁じられています。

ノルウェー公共道路管理局は工事業者と協力し、パイプ全長に連結システムを装備したケーシングを打ち込む新しい工法をテストしました。3本のケーシングを直接岩盤に、他の3本は「クイックレイ」を通り岩盤に打ち込みます。

ピエゾメーター、全圧計、傾斜計など様々な方法による計測と、ケーシング周辺のサンプル土の地盤工学検査も行われました。その結果、このケーシングを使った新しい工法が環境に適した解決法であり、アトラスコプロの大口径ケーシングシステムが唯一の手段であるとの結論に達しました。

解決策

エレメックスシステムは難しい地盤用にアトラスコプロが開発したさく孔システムです。ケーシングにリングビットを溶接し、内側のドリルロッドにはパイロットビットを装着します。

エレメックスパイロットビットと先行して掘り進むリングビットによりケーシングが深く進んでいきます。圧縮空気はリングビットにより流れが変わり、ビットの表面を効率的に流れていきます。ロッドは徐々に粘土層を通り岩盤に達します。その後、パイロットビットは岩盤を通常通りさく孔していきます。ケーシングが岩盤にしっかりと打ち込まれたら内側のロッドは引き上げられ、残った外側のケーシングにセメントが充填されます。

“ 今までこれほど大掛かりに
やったことはありませんでした
が、とてもいい結果が出ました。



ヒニングスル・フンダメンタリング社プロジェクト・マネジャー、トロンド・イムセットさん



近すぎる距離:文化財の建築物はそっくりそのまま移設され、工事後もとの場所に戻されました。

解決策:ケーシングの内側のドリルロッドにはエレメックスパイロットビットが装着されました。



水を通さず荷重にも耐える

アトラスコブコDTH(ダウンザホール)ドリルQL200ハンマーを使って特別仕様のシートパイル打設機2台で施工しました。(ケーシング径610mm、リングビット径674mm)リングビットにより、ケーシングの接合部分も適切にさく孔できます。

岩盤部分に1.2~4.6m、全体では11~33mの深さまで349本の連結パイプが打ち込まれました。これにより、擁壁は水を通さず、縦横の荷重にもびくともしない状態になります。

打設工事を施工するのは、NCCの委託を受けた、ヒニングスル・フンダメンタルリングの下請負業者ハリングダル・ベルグボーリング社です。

ハリングダル・ベルグボーリング社のプロジェクト責任者、ヤイル・ベスラガルドさんは工事を振り返り「この工事の特殊な条件をクリアするには、エレメックスシステムが理にかなった選択でした。一回の工程で粘土層を通りぬけ岩盤までさく孔することが連続してできました。一度うまく行ってからは繰り返し行うだけでした。」

この方法はNCCの要求に完璧に応えられたと続けます。「状況を考えて、他のどんなやり方もうまいかなかったと考えています。擁壁は頑丈で水も通さず、工事は予定通りに完了しました」

ヒニングスル・フンダメンタルリング社マネジャー、トロン・イムセツさんは、こうコメントします「アトラスコブコ

は外部協力業者と共同で、シートパイル工法ではない方法で、困難な問題を解決しました。これほどの規模は世界中のどこにもありません。始めは時間がかかりましたが、慣れるに従って全長20m、岩盤への根入れ深さ1.5~4mのパイプを一日に14本打設できるようになりました。的確な計画と協力体制のおかげで工事は順調でした」

振動と回転

エレメックスシステムは通常パイロットビットにリングビットを固定し、回転、フラッシングにより粘土層と岩盤をさく孔して行きます。本来ならこの方法で完璧ですが、トロンド Heim トンネルでは若干違った措置が取られたと、ノルウェーアトラスコブ コーポレーションのグナー・シュミットは説明します。

「粘土部での打撃は難しく、接合部の抵抗が大きく、回転とフラッシング単独では充分でないことが判明したので、ケーシングに振動を与えずケーシングにゆっくりと力を加え粘土層を貫きました。パイロットビットが岩盤に達したあと、さく孔とフラッシングを始めました。」

トロンド Heim のオープンカット トンネルは2011年に完成し、安全な場所へ移されていた建物は元の場所に戻されました。2012年初頭には開通し、予定通りのスケジュールです。

脚注: E6 高速道路の総工費は4億5000万ユーロ(444億円)、トロン Heim - スチュールダル間を結ぶ全長9.5KMの道路建設もその一部です。このプロジェクトは2009年に着工され、2014年には完工の予定です。地盤工学技術はNCCとSWECOが提供しています。

アフリカで 何が起きているか



世界経済が伸び悩んでいるなかで、アジアだけが成長を象徴する黄金の星はありません。アフリカもまた急激に成長しています。M&Cはアフリカの現状を知るために鉱山スペシャリストのアンディ・ヌデュルビラにインタビューしました。

Q: 世界経済が低迷している中でアフリカは大きな成長を遂げていますが、この秘密はなんですか？

A: いくつかの要因があると思っています。最初に、金融危機に関しては、アフリカは他の国々が被ったような膨大な借金がなかったのです。次に、鉱物への世界需要の高まりや金属価格の上昇、そしてこの地域が豊富な資源を有していたことです。これらが若年層の労働力と結びつき、全体的な急成長へと繋がりました。

Q: アフリカは世界でも経済成長の著しい地域の1つと言われていますが、どのような状況なのでしょう？

A: 過去10年間をみると、アフリカの成長は東アジアを上回っています。データ上では、アフリカをライオンマーケットと呼べるほど、アフリカ大陸の数カ国ではアジアのタイガーマーケットやラテンのピューママーケットと同等かそれ以上の急成長を示しています。急成長の国は世界平均以上の成長率を達成しています。国際企業は発展途上国では投資効率が最も高い新興アフリカ経済に投資しています。2011年の成長は3.4%で2010年と比べ5%下がりましたが

しかし、北アフリカ経済の回復と他の地域の成長の持続により、アフリカ全体の成長は2012年には4.5%、2013年は4.8%に上がると見込んでいます。

Q: どの国々の成長が著しいのでしょうか？

A: モーリタニア、アンゴラ、モザンビーク、ブルキナファソ、エチオピアなど資源豊富な国々です。需要を満たすため開発がとて活発です。探査プロジェクトが多くあるので、その結果新しく鉱山が操業されたと考えています。技術とアプリケーションノウハウの発展により、付加価値のあるソリューションを提供できます。利益がでないだろうと目されていた鉱山も今は利益を上げるベンチャーになっています。同時に操業中の鉱山も拡大し、生産と生産性も向上しています。鉱山業界は明らかに成長を支える原動力になっています。

Q: 今日アフリカの鉱山業界が直面している最大の問題は何でしょうか？

A: 問題を3つ抱えています。それは経験豊富なオペレータの確保、安全性、機器の選択です。地下鉱山で鍛えられた有能なオペレータは世界中のいろいろな鉱山で引っ張りだこになっています。それで常に人材が不足しています。誰でもこれに気づいており、トレーニングが最も重要な課題になっています。これを解決するために家族に焦点を当てています。もし、鉱山業界に同じ家族の人達が何人もいれば、簡単にそこに引きとめられます。安全性もまた大きな課題で、的確なアプリケーションと機械の最適化に常にニーズがあるため大部分の会社で常に強調されていることです。

Q: アトラスコプロはこれらの会社をどのようにサポートしているのでしょうか？

A: 我々の機械に関して言えば、世界中のどのような地域であってもトレーニングと安全性の重要性を強調しています。中にはシュミレーショントレーニングを行っている会社もあり、そしてそのような会社は増えています。シュミレーションは新人オペレータのトレーニングをスピードアップさせますし、実機の操作許可が下りる前に機械操作を行うことが出来ます。失敗しても本人がケガすることもありませんし、他の人にケガをさせることもありません。我々は最適化することで最新鋭のソリューションや効率性を提供し、お客様が長期計画を達成できるようにお手伝いします。

Q: どの機械がもっともお客様の役に立つと考えていますか？

A: 適切に使ってさえいれば、アトラスコプロの機械であればどれも有効だと思います。人間工学とコントロールシステムのコンビネーションがある限り操作しやすく、精密で、安全かつ高いパフォーマンスを得られ一番お客様の役に立ちます。性能は生産性を上げ、その結果1トン当たりのコストを削減できるようになります。

Q: お客様へのファイナンスの重要性はいかがでしょうか？

A: それは重要な要素であり、最近ではファイナンスシステムを使っているお客様も増えています。鉱山会社や業者にとって、例えば個々の条件が厳しすぎる等、機械購入の資金調達が難しい場合、我々はアトラスコプロのファイナンスシステムを使うことができます。



付加価値ソリューション: アンディ・ヌデュルビラとDRCのカモト鉱山で坑内製品マネジャーをしているリカルド・トレスさん



アンディ・ヌデュルビラはこれまで30年間アフリカで仕事をしてきました。

アフリカに進出した大手サプライヤとして、我々は鉱山ビジネスを熟知していますし、鉱山会社が抱えている問題も理解しています。このため、長期にわたる良い関係を築くという視点から全てのオペレーションを見えています。現在ではACC、レリアンドリリング、リグリソース、ブルーロック、ドリルアフリカ等がお客様になっています。

これには探査や鉱山開発ばかりではなくて生産用の機械も含まれています。シエラレオーネとガーナでは鉱山開発を推進するために資金調達を行っています。

Q:個人的には何を目標としていますか？

A:私の使命はお客様が目標や目標以上のものを達成し、持続し、アトラスコプコがソリューション提供者のナンバーワンであると認識してもらえるようにすることです。

アフリカの資源

アフリカ大陸3千万Km²には、60種類の金属や鉱物製品があり、世界の鉱物資源の約30%、ゴールドは40%、コバルトは60%埋蔵されています。

ゴールドが最大の鉱物であり、大部分のゴールド、銅、ダイヤモンド、その他の鉱物は南部アフリカの銅鉱山地帯で見られます。

従って鉱山は最大のセクターであり665社が操業しています。業界は南アフリカ、ガーナ、ジンバブエ、タンザニア、ザンビア、コンゴが大半を占めています。

ある報告によると、これら地域には世界の急成長経済のベスト10カ国の内6カ国が存在していると言われています。

ブラジルでポールポジションにつく



ユーティリティパワーポールドリル120では口径810~3005mmをさく孔できます。

電力と設備をどうするかということは、ブラジルの企業、シルテック・システムス エレクトリコスにとって大きな課題になっています。効率を上げるために同社はアトラスコプコのユーティリティパワーポールドリルを試しました。

2012年世界で第6位の経済国として、ブラジル全体はサンパウロやリオデジャネイロの大都市以上に潤っていました。その他の都市例えば、リオグランデスルの南部にある古都でアルゼンチンの国境沿いに位置するサンボルジャ等もまた急成長しています。

新興地域に生活する人々に電力を供給するために、シルテック・システムスエレクトリコスは電信柱を設置する新しい方法を採用しました。

最近、同社はセコロックのパワーポールドリル120(トラック搭載型のドリリングシステム)で岩盤をさく孔するテストを4日間にわたり行いました。これは、オーガー工法や発破工法よりも速く効率的です。

シルテックのテストはとても厳しいものでした。エアコンプレッサ、サポートモジュール、ポールドリルを事前にテストした後、機械に取り付け再びテスト

しました。

最初のテスト孔はサンティアゴのボロッカ近くでサンボルジャの東に位置するカスティロ建設砕石が所有する現場で行われました。せん孔は46分で完了し、その間3回引き抜き、孔をきれいにしました。0.7Mpaのエア圧力で8rpmの回転数、深さ2m、径609mmの孔をさく孔しました。

最高のパフォーマンス

テスト2日目は、31分間で深さ2mの新しい孔をさく孔しました。

休暇から戻りチームに参加したシルテックの取締役ダグシ・シュナイドさんは、部下より「既存の機械を使って同様の孔をさく孔すると丸1日かかっていた」という報告を受け取りました。

電信柱用の孔を短時間でさく孔出来たこと以外に、安全ケーブルとドリルコントロールボックスがテストではとても素晴らしかったと報告されています。シルテックのオペレータ、テルトさんとジュニアさんは安全性では最高の評価をしています。

ユーティリティパワーポールドリル120は810~3005mmをさく孔できます。このドリルはコンパクトで軽量、シングルキャニスターで多様なDTHハンマに組み合わせられます。






地平線を広げる

ブーマーM1Lを使っているお客様は目標以上の成果を手に入れています。

ブーマーS1Lの後継機として2011年に発売されたこのリグは、新たな可能性を開くためにポーランドの鉱山グループKGHMと共同で設計されました。

KGHMとアトラスコプコは鉱山テクノロジーの共同開発を行い成功しました。





デザイン改良:ブーマーM1Lは堅牢でパワーも強く、操作性もあります。サービスポイントにも簡単にアクセスできます。

ルドナ鉱山を深く進んで

ポーランドの産銅地帯は近代化を迎えました。高い目標を達成するためにそして、作業条件を改善するためにKGHMとアトラスコブコはブーマーM1Lの共同設計を行い大成功しました。

》 低シレジア地域として知られているポーランドの南西部にあるルドナ鉱山はヨーロッパ屈指の豊富な埋蔵量がある銅鉱山の一つで、ポーランドの大手輸出国社KGHMポーレスカ・ミード鉱山グループの資源基盤でもあります。同社はコンビナート・ゴルニフ・ハッチングジー・ミーズという社名で1961年に国営企業として設立されましたが、1991年に株式会社に移行しました。

KGHMは銀では世界最大手、銅では第9番目の大手生産会社で、レグニカ・グロゴウ銅地帯として有名な地域全体を中心に操業しています。

目標展開

低シレジア地域では直接的に鉱山業務に就いている従業員が18000人もいる大企業であり、更に従業員10000人が同社の関連会社で働いています。KGHMの所有地は約467,000km²もあります。

そこにはルビナ鉱山、ルドナ鉱山、ポルコワイス・シロゾワイス鉱山、更に選鉱所、銅製錬工場2カ所、線材工場、その他各種補助設備があります。

1969年に操業開始したルドナ鉱山では4シフト

以上で1日24時間ずっと稼働しています。KGHMは年間30Mtの鉱石を産出していますが、銅含有量は1.8%、銀は1トン当たり46g含まれています。作業員と機械は狭い坑道に向かって更に深く深く進んでいます。

13鉱区に分けられているルドナでは、深さ950m～1250mの立て杭が11カ所あります。

KGHMはここで低断面用のドリルジャンボ、ブーマーS1Lを使用しています。オペレーターもエンジニアもブーマーS1Lのパフォーマンスにとっても満足していました。

しかし、ルドナ鉱山の岩盤状態が複雑になってきたことや、今後数年間で作業区域をさらに深くする計画のため、KGHMはアトラスコブコに新しいブーマーを要求してきました。

アトラスコブコはKGHMの3鉱山すべてに機械、サービス、部品サポート等を提供し何年も一緒に仕事をしてきましたが、新しい局面を迎えていました。

その詳細を得るためにM&Cは、ルーム&ビラー工法を採用しているルドナ鉱山を訪問しました。そこは機械と大量の岩石より出る熱で坑内温度がとても高くなっていました。

「古い機種ではこれより深く狭いシームを掘削するというお客様の要求を満たすことができませんでした。そこで我々は新しいモデルを開発するという可能性を探り始めました」と、アトラスコブコ・ポーランドの技術サービスマネージャーのアンドレジ・ゾルテイスクは話してくれました。

“**アーティキュレートポイントのデザインが変わり、リグというよりもローダーのようになりました。**

アトラスコブコ アンダーグラウンドロックエクスカベーション部門ビジネスラインマネジャー ロバート・ヤンコウスキー



いく



ブーマーM1L現場に向かう
この写真はルドナ鉱山の高さ2~2.5mの坑道で撮影されました。



俯瞰図
ポーランドの南西部に位置するKGHM
ルドナ鉱山はヨーロッパきっての銅埋蔵
量がある鉱山の1つです。

彼は同僚のボグスロー・ホルダと共にポルコワイ
ス鉱山にあるアトラスコプコのサービス基地で2005年
から新モデルのプロトタイプを製作し始めました。こ
のプロジェクトの一環として、KGHMは3名のエンジ
ニアを派遣し設計・製造チームに参加させました。

主要製品

「完璧なチームワークでした」とゾルティスクは
M&Cに話し始めました。「この協力体制の下で我
々は鉱山の必要性をすべて把握でき、その結果は
言うことなしです。ブーマーは製品群のなかでと
ても重要な製品の1機種になり、今後10年間で需要
が多くなると期待しています」

同プロジェクトは2008年の世界的な金融危機
で棚上げにされましたが、計画が2009年に再検討
され、ブーマーM1Lの開発がスウェーデンにあるア
トラスコプコの施設で再開しました。そして、2010年
11月15日に試作機がルドナ鉱山に納められました。

それから約半年にわたりブーマーM1Lの試作
機がテストされました。稼働時間約800時間で平均
長さ3.2mの孔を32000本以上さく孔しました。

テスト期間中、機械の可用性は90%、利用率は
75%で、数回保守点検のために休止させました。テ
スト後、包括的な報告書が作られましたが、そこには
操作統計に付け加えて、オペレータとマネジメン
トチームの意見も含まれていました。

「試作機的设计がとても気に入っていますし、
テスト結果にも満足しています。ゴールに到達しま
した。」とルドナ鉱山のメカニカルマネジャーのレゼ
ック・スベックさんは話してくれました。

オペレータコントロール、電気系統、後方カメ
ラの位置に改良が施されて、試作機が完成しま
した。2011年にKGHMは4台のブーマーM1Lを
購入しました。2012年3月に5台目が納品されまし
た。KGHMはそれらを注文して以来、2013年には
さらに15台が納品予定になっています。

サービス性と堅牢さ

KGHMとアトラスコプコの現在の関係について
伺ったとき、スベックさんは次のように話してくれま
した。「KGHMとアトラスコプコの関係は大切です。
現在組織を挙げて使っている機械台数を最適化し、
利用率を上げようとしています。ルドナ鉱山の
鉱体は減少していますし、古い鉱区は掘り尽くされ
ています。したがって、坑道の高さも低くなっていま
す。深さ1100mでは、坑道は2~2.5mの高さです。
グロゴロー・ディーブ工業が操業している場所は深さ
が1200m以上もあり、作業はこの機械にかかって
います」

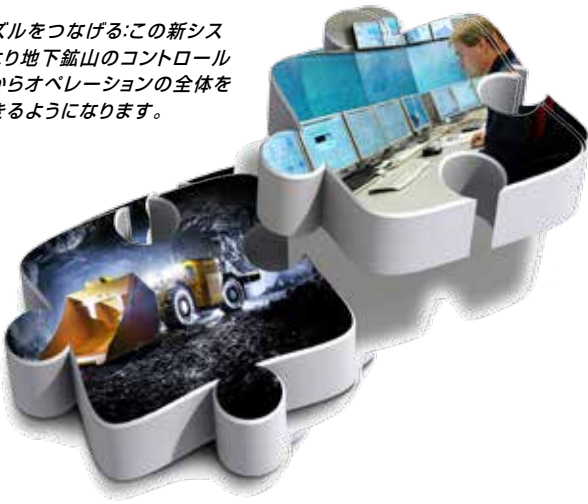
サービスのし易さと堅牢さはリグ開発に関してい
うと最重要項目でした。全長13.6m、高さ1.8mもある
ブーマー M1Lは2m以上の坑道では理想的な機

種で、ブーマーを移動せずに高さ5.8m、幅8mのせ
ん孔が可能です。ブーマー MILのモジュールデザ
インは、ブーマー S1Lと同様に電気や油圧機器が
80~90%を占めています。

「アーティキュレートポイントの設計に関して言う
と、リグというよりもトラックと言った方がいいかもしれ
ません」とアトラスコプコ、アンダーグランドドリリング
のマネジャーロバート・ヤンコウスキーさんは話してく
れました。

MILの開発でもうひとつ重要になったものは、エ
アコン付きのオペレータキャビンです。オペレータの
マリアス・ガロニスキーさんは試作機を操作しまし
たが、「びっくりしました」と言います。「ブーマー S1L
や他のリグと比べると、すごく快適です。キャビンは
限られた空間なので、エアコンが付いているのと付
いていないのでは大きな差があります。静かだし以前
より作業に集中できます」

統合パズルをつなげる。この新システムにより地下鉱山のコントロールルームからオペレーションの全体を把握できるようになります。



坑内鉱山の新規統合システム

スウェーデン アトラスコプコはABBと共同開発した地下鉱山用の車両の統合システムで大きく前進しました。両社は操作概要が分かる世界初のシステムを考案しました。この技術を使うとアトラスコプコのロードホルダダンプ等の坑内移動機械からWiFiネットワーク経由でリアルタイムで送られてくるデータをABBのプロセスコントロールシステム800xAに接続することで操作室にいるスタッフは全操作の状況を把握でき、情報に基づいた作業工程を決めることが出来るようになります。

データマネジメント・コミュニケーションのプロダクトマネジャー マティアス・ピーターソンは「この技術によって地下鉱山の未来が開けたようでワクワクします。今までよりもっと効果的に操業でき目標も達成できます。また、製品のメンテナンスも効率的に行えます」と話します。

アンダーグラウンドロックエクスカベーション部門の社長 デイビッド・シェルハマーは「未来の鉱山オペレータは、アンダーグラウンド製品の稼働を最適化するために総合情報センターがあればいいと願うでしょう。地下鉱山の最適化がこのプロジェクトにより大きく前進すると確信します」と話します。

大規模亜鉛鉱山の拡大



インド 亜鉛の一貫生産会社で世界最大手のヒンドスタン亜鉛会社 (HZI) はアトラスコプコの機械を使いアンダーグラウンドオペレーションを拡大しています。

バダナタグループの関連会社であるHZZはラジャスタンにあるランブラ・アグチャ鉱山を操業しています。同社はアトラスコプコのリグ、ローダーやマイントラックを大量に注文しました。

HZZのヤカド鉱山とランブラ・アグチャ鉱山で使われる機械は2012年中に納品される予定です。

アンダーグラウンドロックエクスカベーションのビジネスラインマネジャー アニールバン・センは「HZZは非常に高い生産目標を達成するために我々の製品に投資しました。デナタは我々の製品によって経費削減と生産性アップが同時にできると見込んでいます」と話します。

アトラスコプコ支社

詳細は最寄のアトラスコプコへお問い合わせください。

国名	所在地	電話番号
アルジェリア	ゼラルダ	+21 32 83 25 /26/27
アンゴラ	ルワンダ	+244 222-840165
アルゼンチン	ブエノスアイレス	+54 (0)11-47172200
オーストラリア	ブラックタウン	+61 (0)2-96219700
オーストリア	ウィーン	+43 (0)1-760120
ベルギー	ブルッセル	+32 (0)2-6890511
ボリビア	ラパス	+591 (0)2-2112000
ブラジル	サンパウロ	+55 (11)-34788200
ブルガリア	ソフィア	+359 (0)2-4893178
カナダ	ソッドベリ ノースベイ	+1 (0)705-6736711 +1 (0)705-4723320
チリ	サンチャゴ	+56 (0)2-4423600
クオアチア	ザグレブ	+385 (0)1-6111288
中国	北京 南京	+86 (0)10-65280517 +83 (0)25-85757600
コロンビア	ボゴタ	+57 (0)1-4199200
キプロス	ニコシア	+357 (0)22-480740
チェコ共和国	ブラハ	+420 225 434 002
コンゴ民主共和国	ルブンバシ	+243 (0) 991 004 430
デンマーク	クロストラップ	+45 43454611
エジプト	カイロ	+20 (0)2-6102057
エストニア	フィンランド バンター	+358 (0)20-7189300
フィンランド	バンター	+358 (0)20-7189300
フランス	サントウアン	+33 (0)1-39093222
ドイツ	エッセン	+49 (0)201-21770
ガーナ	アッカ	+233 (0)21-774512
イギリス	ハムステッド	+44 (0)1442-222100
ギリシャ	レントイス	+30 (0)210-3499600
インド	ブーン	+91 (0)20-30722222
インドネシア	ジャカルタ	+62 (0)21-7801008
イラン	テヘラン	+98 (0)21-66937711
アイルランド	ダブリン	+353 (0)1-4505978
イタリア	ミラノ	+39 (0)2-617991
日本	東京	+81 (0)3-57657890
カザフスタン	アルマティ	+7 (0)737-2588534
ケニア	ナイロビ	+254 (0)20-6605000
韓国	ソウル	+82 (0)2-21894000
ラトビア	フィンランド バンター	+358 (0)20-7189300
リトニア	フィンランド バンター	+358 (0)20-7189300
マケドニア	スコピエ	+389 (0)2-3112383
マレーシア	セランゴール	+60 (0)3-51238888
メキシコ	トラルネバトラ	+52 55 2282 0600
モンゴル	ウランバートル	+976 (0)11-344991
モロッコ	カサブランカ	+212 (0)22-600040
ナミビア	ピントフック	+264 (0)61-261396
オランダ	ズイントレヒト	+31 (0)78-6230230
ニュージーランド	オークランド	+64 (0)9 5794069
ナイジェリア	アブジャ	+234 7069686223
ノルウェー	オスロ	+47 64860300
パキスタン	ラホール	+92 (0)51-8356075
ペルー	リマ	+51 (0)1-4116100
フィリピン	マニラ	+63 (0)2-8430535 ~ 39
ポーランド	ラジン	+48 (0)22-5726800
ポルトガル	リスボン	+351 214 168500
ロシア	モスクワ	+7 (495)-9335552
サウジアラビア	ジェッダ	+966 (0)2-9633357
シンガポール	ジュロン	+65 6210-8000
スロベキア	リュブリャーナ	+386 (0)1-2342725
南アフリカ	ウィットフィールド	+27 (0)11-8219000
スペイン	マドリッド	+34 (0)916-279100
スウェーデン	ストックホルム	+46 (0)8-7439230
スイス	スチューデン/ビール	+41 (0)32-3741581
台湾	桃園	+886 (0)3-4796838
タイ	バンコック	+66 (0)-38562900
トルコ	イスタンブール	+90 (0)216-5810581
アラブ首長国連邦	ドバイ	+971 4-8861996
ウクライナ	キエフ	+38 (0)44-4991871
アメリカ合衆国	デンバー コロラド	+1 800-7326762
ベネズエラ	カラカス	+58 (0)212-2562311
ベトナム	ホーチミン	+84 (0)8-38989638
ナンビア	チンゴラ	+260 (0)2-311281
ジンバブエ	ハラールレ	+263 (0)4-621761

日本の問い合わせ先:

アトラスコプコ株式会社

土木鉱山機械事業部

東京都港区芝2-13-4

TEL: 03-5765-7890

www.atlascopco.co.jp/

繋がる



アプリを使ってアトラスコプコの情報を簡単に得ることが出来ます。

坑内用製品、ジャンボ、ローダー、トラック等が高解像度3Dでどの角度からでも見ることが出来ます。

さらにビデオ、施工事例、社会ニュースも見られます。GPS機能も付いているので、最寄りの営業所に繋げてくれます。iPadとAndroid共に利用でき、サイトは www.underground-app.com（英語）です。ダウンロードは、もちろん無料です。



Sustainable Productivity

Atlas Copco