

Roofex

Gebirgsanker von Atlas Copco
Rock bolt from Atlas Copco



Solutions from Materials Technology





Roofex – Gebirgsanker von Atlas Copco

Roofex – Rock bolt from Atlas Copco



Tunnelbau oder Bergbau in instabilem Gestein ist stets eine Herausforderung für den Konstrukteur. Ungeachtet des Ausbaus muss die Gebirgsbewegung jederzeit kontrolliert werden, und der Tunnel oder Schacht dürfen nicht einbrechen.

Atlas Copco hat ein neu patentiertes Ausbausystem entwickelt - Roofex™.

Sicherheit unter extremen Bedingungen

Roofex ist ein Gebirgsanker, der Gebirgsbewegungen sehr gut vorhersagbar absorbieren kann. Dieser Prozess kann ein statisches Phänomen sein, wie bei großer Konvergenz in nachgiebigen Böden, oder abrupt und heftig wie bei einem Gesteinsbruchs. Roofex kann sich auf das mögliche Verhalten des Gebirges einstellen und ist auch eine Lösung für extreme Bedingungen. Sobald die Konvergenzkräfte 80 kN erreicht haben, dehnt sich dieses Ankersystem entlang der Gebirgsbewegung aus, wobei es die Energie des Gesteins ableitet. Aufgrund der Gleitfunktion des Ankers kann sich das Gestein über eine im Vorfeld festgelegte Gleitlänge bis zu 60 cm bewegen, bevor es zum Stillstand kommt. Nach Überwinden der Gleitlänge wirkt Roofex als eine feste Verstärkung mit einer Bruchlast von 100 kN. Indem die Gesteinsbewegung in einem gewissen Maße ermöglicht wird, setzt Roofex die Energie des Gesteins auf kontrollierte Art und Weise frei.

Tunnelling or mining in unstable rock conditions is always a challenge for the designer. Whatever the type of support system, the deformation must be kept under control, and the tunnel or shaft kept from collapsing.

Atlas Copco has developed a new patented rock support system - Roofex™.

Safety in extreme conditions

Roofex is a unique rock bolt that can absorb rock movements with excellent predictability. This process can be almost a static phenomenon, as in the case of large convergence in yielding ground, or extremely sudden and violent as in a rock burst event. Roofex is designed to accommodate the whole spectrum of rock mass behaviour as well as being a solution for extreme conditions. Once convergence forces reach 80 kN, this frictional system starts to extend along of the rock deformation, dissipating the energy of the rock. The bolt's sliding function allows the rock to move over a predefined sliding length, up to 60 cm, before stopping. Once sliding length has been consumed, Roofex acts as a stiff reinforcement fixture, with an ultimate load capacity of 100 kN. By allowing a certain amount of rock movement, Roofex releases the energy of the rock in a controlled manner.



Roofex – geniales Design

Roofex – ingenious design



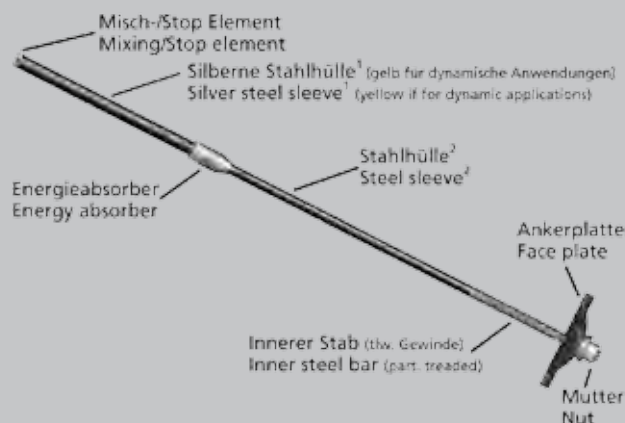
Der Roofex Gebirgsanker besteht aus einem Stahl-in-Stahl-Gleitsystem, das sich aus einer hochfesten Stahlstange, einem Energieabsorber, einem Misch-/Stoppelement, zwei Isolierrohren aus Stahl, einer kalibrierten Sicherungsmutter und einer Ankerplatte zusammensetzt.

The Roofex rock bolt mechanism consists of a frictional steel to steel sliding system built up by a high strength steel bar, an energy absorber, a mixing/stop element, two insulating steel sleeves, a calibrated lock-nut and a face plate.

Der Energieabsorber ist das Kernstück des Systems.

Sobald das Gebirge sich bewegt, wird die innere Stahlstange durch das energieabsorbierende Element gezogen, wodurch Reibung entsteht, die die aufgrund der Bewegung freigesetzte Energie absorbiert. Außerdem sorgt der Energieabsorber für eine gleichmäßige Mischung des Injektionsmittels. Das Misch-/Stoppelement zerstört die Harzpatronen (z.B. Minova Lokset Kapseln) und mischt die Komponenten.

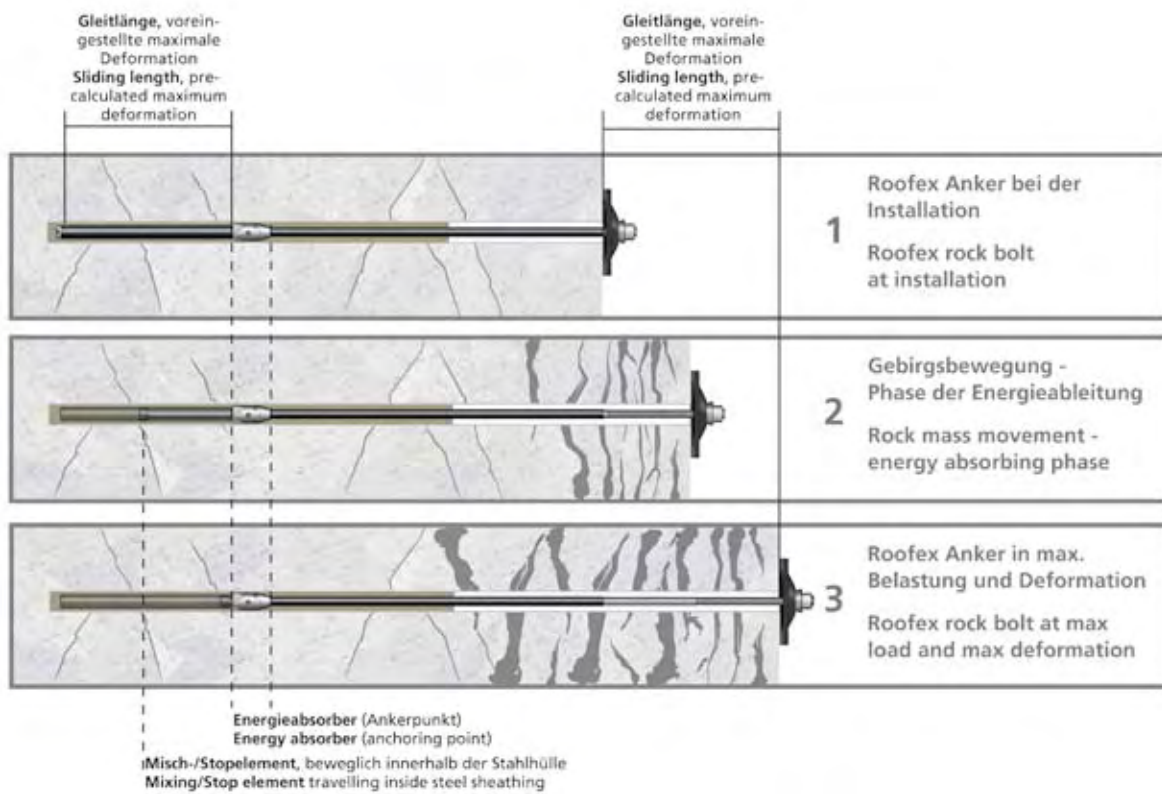
Diese Funktion stellt außerdem sicher, dass die im Inneren befindliche Stahlstange am Ende der Gleitlänge zum Stillstand kommt, so dass die verbleibende Bruchlast die restlichen Belastungen bewältigen kann. Die beiden Isolierrohre aus Stahl wirken als Entkopplungsmittel und Korrosionsschutz.



The energy absorber is the heart of the system. Once the rock starts to move, the inner steel bar is pulled through the energy absorbing element, creating friction which absorbs the energy released from rock movement. The energy absorber is also designed to provide enhanced mixing of the bonding agent. The mixing/stop element

shreds the resin cartridges (e.g. Minova Lokset capsules) and mixes the components.

This feature also ensures that the inner steel bar stops at the end of the sliding length, and allows for the reserve load capacity to cope with residual loads. The two insulating steel sleeves act as decoupling agents and corrosion protection.



Problemloses Anpassen an Ihre Arbeiten

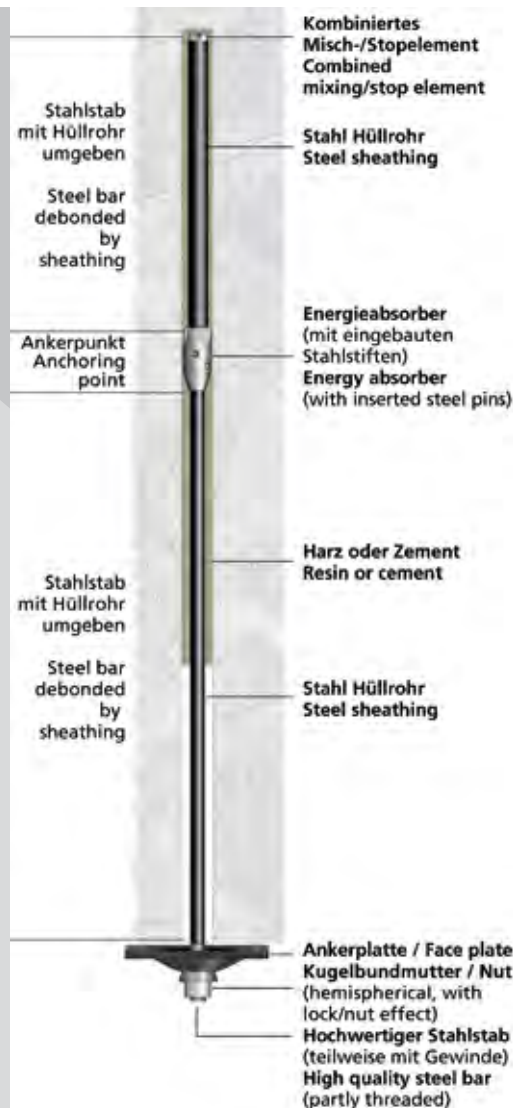
Easily adapted to your operation

Für die Installation des Roofex kann das übliche Ankersetz-Equipment genutzt werden. Nachdem das Bohrloch gebohrt und die Harzpatronen (z.B. Minova Lokset Kapseln) eingebracht wurden, wird der Roofex Anker rotierend gesetzt. Dabei werden die Harzpatronen zerstört und das Harz um den Anker herum sorgfältig durchgemischt.

So wird der Energieabsorber im Gebirge fixiert, während sich die innere Stahlstange im Stahlrohr und im Kern des Energieabsorbers frei bewegen kann.

Primäres oder sekundäres Ausbausystem

Roofex ist nicht nur ideal für neue Tunnel oder Schächte im Bergbau, es kann bei Gefahr eines Kollapses auch in bereits bestehenden Einrichtungen zum Einsatz kommen.



Roofex uses common rock bolting equipment for installation. Once the hole has been drilled and resin cartridges (e.g. Minova Lokset capsules) have been installed, the Roofex bolt is inserted while rotating. This action destroys the cartridges and thoroughly mixes the resin around the rock bolt.

The energy absorber is now fixed to the rock while the inner steel bar is free to slide inside the steel sleeves and the core of the energy absorber.

Primary or secondary support system

Roofex is not only ideal for new tunnelling or mine shaft work, Roofex can also be used in existing installations where there's a risk of a collapse.



Immer vorhersagbar

Roofex ist ein leistungsfähiges Tool, und dank gründlicher weltweiter Tests sowie zahlreicher Labortests haben wir bewiesen, dass die Dehnung und die Bruchlasten beständig sind. Die Energie, die die Gebirgsbewegung freigesetzt, wird durch die Stahl-Stahl-Interaktion des Energieabsorbers und die innere Stahlstange absorbiert.

Da diese Anker bei der Herstellung auf ihre Bruchlasten voreingestellt werden, sind sie gegenüber äußeren Einflüssen unempfindlich.

Bei Roofex können die Konstrukteure das Verhalten des Ankers vorhersagen und diese Werte in ihren mathematischen Modellen benutzen. Dieses verbessert die Gebirgsstabilisierung im Berg- und Tunnelbau und ermöglicht ein höheres Maß an Sicherheit und Produktivität.

Predictable – time and time again

Roofex is a powerful tool and thanks to rigorous testing in several places around the world, as well as in lab tests, we have shown that the extension and final load characteristics are consistent. The energy released by the rock deformation process is absorbed by the steel to steel interaction of the energy absorber and the inner steel bar.

Being preset at the manufacturing stage, this means that these bolts are insensitive to the external manipulation.

With Roofex, the designers can predict the bolt's behaviour and use it in their mathematical models. This optimises the rock reinforcement design of deep mines or tunnels and can also facilitate greater levels of safety and productivity.



Roofex Anker für statische Anwendungen
Roofex rock bolt for static applications

Roofex Anker für dynamische Anwendungen
Roofex rock bolt for dynamic applications

Produktpalette

statische oder dynamische Anwendung

Range of products

static or dynamic application

Roofex Anker sind bei einer Vielzahl von Verhältnissen und Belastungen anwendbar. Sie sind für statische aber auch dynamische Anwendungen konzipiert. Der Energieabsorber besteht aus einem hohlen Stahlzylinder mit eingefügten Metallstiften, der die im Inneren befindliche Stahlstange, die in einem „Kaltwalzverfahren“ gleitet, verspannt.

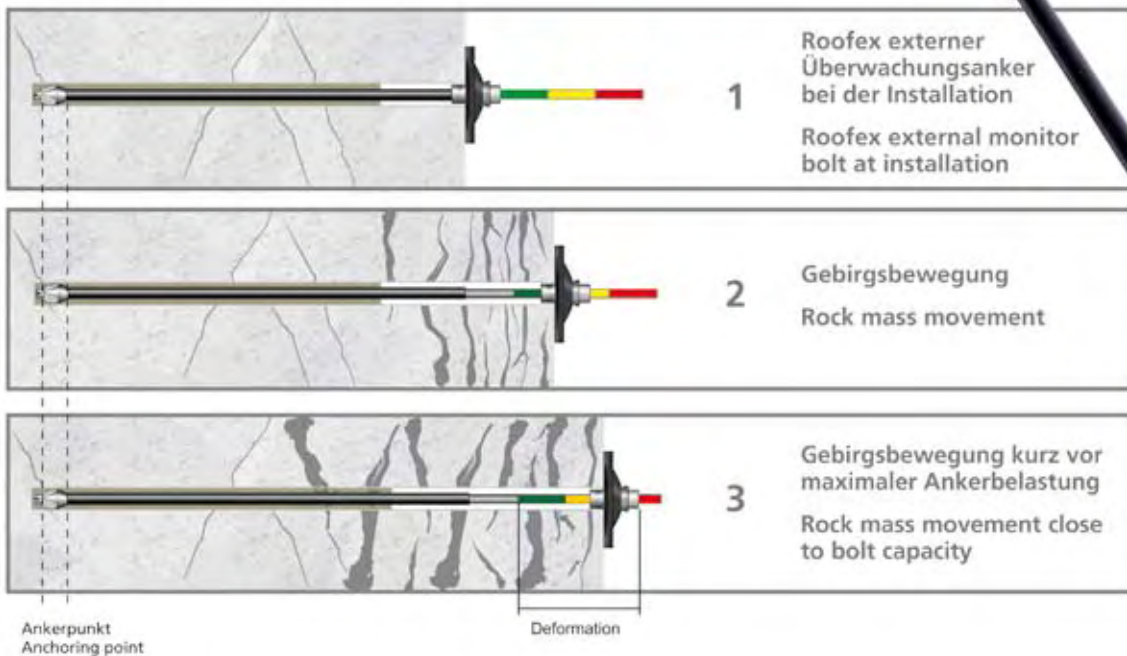
Bei statischen Anwendungen der Roofex Anker werden gewöhnliche Stahlstifte in den Energieabsorber eingesetzt. Bei dynamischen Anwendungen werden wegen der Wärmeerzeugung während der Bewegung entlang der Stahlstange Hartmetallstifte verwendet. Zum System gehören auch Ankerplatten, die zu der jeweiligen Anwendung passen – statisch für nachgiebige Böden oder dynamisch für heftige Bewegungen. Nachgiebige Bodenverhältnisse sind durch relativ schwache oder instabile Böden mit hohen Spannungen gekennzeichnet. Bei Roofex Ankern für statische Anwendungen, wird der Prozess durch die Gebirgsbewegung ausgelöst. Unter dem Druck des Gesteins dehnt sich der Anker langsam entlang der festgelegten Gleitlänge, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist.

Dynamische Ereignisse wie Gebirgsschläge ereignen sich normalerweise in festem Gestein bei hohen Spannungen. Der Roofex Anker für dynamische Anwendungen ist in der Lage, die plötzlich freigesetzte Energie abzuleiten und sie unmittelbar in eine Bewegung entlang des Gleitwegs zu übertragen, ohne dass dabei größere Schäden entstehen.

Roofex rock bolts are universally applicable to a large variety of ground conditions and load applications. They are designed either for static or dynamic applications. The energy absorber consists of a hollow steel cylinder with inserted metallic pins deforming the inner steel bar sliding through it in a “cold rolling process”.

For static applications of the Roofex rock bolts, ordinary steel pins are inserted into the energy absorber, whilst for the dynamic applications, because of heat generation during the rapid movement along the steel bar, hard metal pins made from carbide have to be used. The system also includes face plates that are matched to each application. Yielding ground conditions are characterised by relatively weak or broken ground with high stresses. With Roofex rock bolts designed for static applications, the sliding process is initiated by the rock mass expansion and the bolt slowly stretches under the prevailing rock mass pressure along the pre-defined sliding length until equilibrium is reached again.

Dynamic events such as rock bursts typically occur in massive hard rock with high stresses. The Roofex rock bolt designed for dynamic applications is able to dissipate the sudden energy release and transfer it directly into movement along the pre-defined sliding path, without receiving any major damages.



Roofex Überwachungsanker

Externer Überwachungsanker

Roofex monitor bolt

External monitor bolt



Das Roofex Programm bietet auch zwei Arten von Anker an, die die Bewegungen des Gesteins direkt überwachen und damit sofortige Information bieten und ein vorhersehbares Ausbausystem bilden.

Nachdem die Roofex Anker installiert sind, kann die tatsächliche Gebirgsbewegung an Firste oder Stoß (Strosse) des Ausbruchs nur mit der Überwachung (Vermessung) festgestellt werden.

Durch den Einsatz des Roofex Überwachungsankers kann die tatsächliche Bewegung der inneren Stahlstange durch den Energieabsorber überwacht werden. Durch die Verwendung der Roofex Anker zusammen mit Roofex Überwachungsankern kann schnell geprüft werden, ob die Anker im Gebirge korrekt funktionieren. Die beiden Versionen der Roofex Überwachungsankers sind entweder für statische oder für dynamische Anwendungen geeignet.

Roofex externer Überwachungsanker

Die Überwachung der Bewegung mit der externen Version des Überwachungsankers (grün-gelb-rot kodierte Stange) ist sehr einfach. Die Farbkodierung der Stange wird durch den Gleitprozess verändert, und die Stärke der Gebirgsbewegung kann ohne zusätzliches Vermessen beobachtet werden.

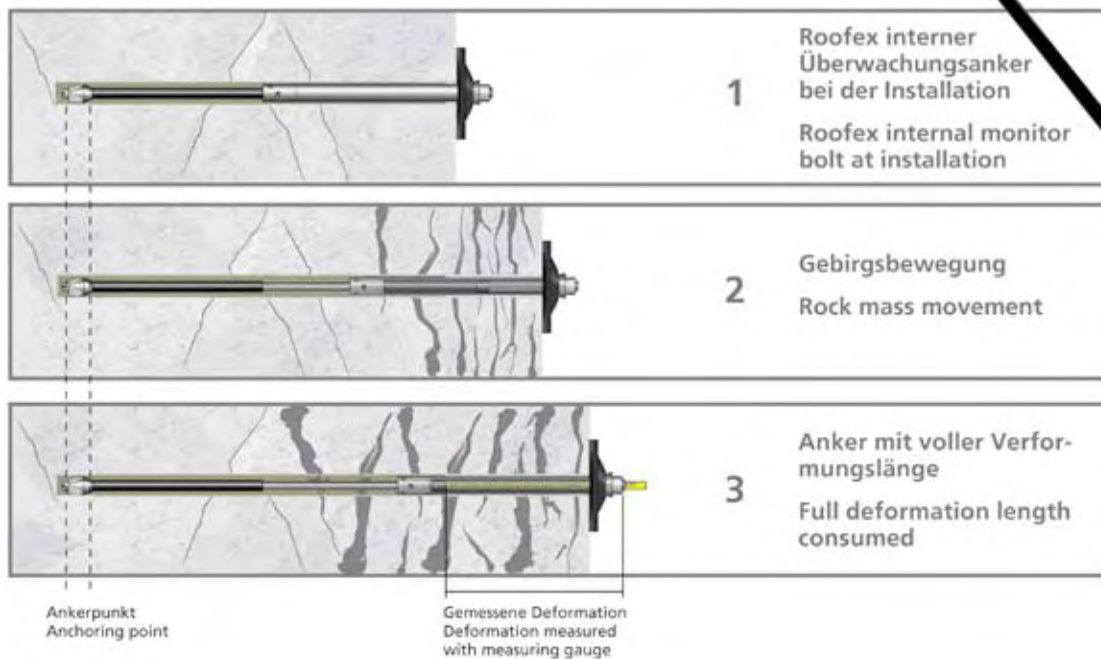
The Roofex concept also offers two types of monitor bolts that directly monitor rock mass movements and therefore provide on the spot info and predictability to the rock reinforcement system.

Once Roofex bolts are installed, the actual rock mass deformation at the roof and sidewalls of the excavation can only be determined by monitoring (geodetical survey).

By using Roofex monitor bolts, the effective movement of the inner steel bar through the energy absorber can be clearly monitored. In fact, using Roofex rock bolts together with Roofex monitor bolts is the easiest way to verify that the bolts function correctly in a given rock mass environment. The two versions of the Roofex monitor bolts are both designed either for static or dynamic applications.

Roofex external monitor bolt

The external version of the monitor bolt, with the green-yellow-red coded bar is very simple in terms of monitoring. The colours on the bar will be consumed by the sliding process, and the magnitude of the rock mass deformation can be easily observed without the necessity of additional geodetical survey.



Roofex Überwachungsanker

Interner Überwachungsanker

Roofex monitor bolt

Internal monitor bolt

Roofex interner Überwachungsanker

Der interne Überwachungsanker bietet die gleichen Vorteile wie seine externe Version. Das Ausmaß der Gebirgsbewegung wird jedoch optisch nicht so deutlich dargestellt. Dieser Überwachungsanker ist in erster Linie für Stöße geeignet, in denen von der hervorstehenden Farbmarkierung eine Gefahr innerhalb des Abbaus ausgehen würde.

Die tatsächliche Gebirgsbewegung kann im Inneren des Stahlrohrs am Ankerkopf mit einem Maßband oder einem automatischen Messfühler als Entfernung zwischen der Platte und dem Kopf der inneren Stahlstange gemessen werden.

Roofex internal monitor bolt

The internal monitor bolt provides the same control benefits as the external version, but does not indicate the rock deformation magnitude in the same visual manner. This monitor bolt is mainly suitable for side-walls where the external monitor bolt's protruding coloured bar would create a dangerous obstruction in the excavation space.

The actual rock mass deformation can be measured inside the steel tube at the bolt head by measuring tape or automated transducer as the distance between the plate and the head of the inner steel bar and is immediately transmitted.



Roofex Produkttests

Roofex testing program

Um die hohen Atlas Copco Qualitätsstandards einzuhalten, wurde der Roofex Gebirgsanker während seiner Entwicklung umfangreichen Labor- und Feldtests unterzogen.

Statischer Zugtest

Im Atlas Copco Labor in Feistritz (Österreich) fanden statische Zugtests an vollständig eingebauten Roofex Anker statt. Verschiedene voreingestellte Gleitlängen von 150 bis 600 mm Zuglänge kamen zum Einsatz. Der erfolgreiche Test bestätigte eine konstante Belastungskapazität von 80 kN über die gesamte Gleitlänge des Bolzens.

Dynamischer Fallversuch

In den CANMET-MMSL Laboren in Ottawa (Kanada) wurden die dynamischen Eigenschaften der Roofex Anker getestet. Die getesteten Anker wurden in simulierten Bohrlöchern eingebaut, mit verschiedenen Belastungen, Fallmassen und Fallhöhen getestet, um Abweichungen bei der Schlagarbeit zu untersuchen.

Die dynamische Belastung wurde durch den Fall einer Masse aus einer vorher gewählten Höhe auf den Anker simuliert. Die Tests ergaben, dass die Höchstbelastung der Anker leicht vorhergesagt werden kann und nur geringe Abweichungen aufweist. Mit diesen Ergebnissen kann man die Gleitlänge des Ankers bei einem dynamischen Ereignis vorhersagen.

In the course of the development of the Roofex rock bolts, Atlas Copco has conducted an extensive laboratory and field testing program, to commit to our high quality standards.

Static pull test

At the Atlas Copco in-house laboratory in Feistritz, Austria, static pull testing on fully assembled Roofex rock bolts has been performed. Various pre-set sliding lengths from 150 to 600mm pulling length were used. The test successfully confirmed a constant load capacity of 80 kN over the full sliding length of the bolt.

Dynamic drop test

Tests on the dynamic capability of Roofex rock bolts have been done by CANMET-MMSL laboratories in Ottawa, Canada. The tested bolts were installed in simulated bore holes, with variations of the loading parameters, drop mass and the fall height, to achieve variations of the impact energy.

The dynamic load was simulated by dropping a mass over a selected distance onto the bolts. The tests showed that the peak load of the bolts is easily predictable and show little variations, why the performance can be used to predefine the bolt's sliding length adequately for a given dynamic event.



Mischtest

Im Atlas Copco Labor in Feistritz wurden weitere Tests durchgeführt, um das einwandfreie Zerstoren der Harzpatronen, das anschließende Mischen der Komponenten und die Verteilung des Harzes vor dem Energieabsorber zum Verkleben des Ankers im Bohrloch zu prüfen. Bei den Tests wurden Roofex Anker rotierend in mit Harzpatronen gefüllte Stahl- und Plexiglasrohre eingesetzt und nach dem Aushärten des Harzes wurden Zugversuche durchgeführt. Die Mischtests ergaben gleichmäßige und sehr zufriedenstellende Ergebnisse.

Während der gesamten Entwicklungsphase von Roofex wurden umfangreiche Feldtests mit verschiedenen Testinstallationen durchgeführt.

Mixing test

At the Atlas Copco laboratory in Feistritz, mixing tests were also executed in order to confirm proper shredding of the resin cartridges, subsequent mixing effect of the resin mortar and distribution of the resin in front of the energy absorber to provide bonding inside the drill hole. The Roofex bolts were rotationally driven into several Plexiglas or steel tubes containing the anchoring cartridges and the pull-out tests were performed as soon as the resin was hardened. The mixing tests showed even and very satisfying results.

An extensive field testing program with several test installations has been conducted throughout the development phase of Roofex.

Technische Daten

Technical Specifications

Typ Type	Technische Details - Technical details				
	Ankertyp Bolt type	Anwendung Application	Gesamtlänge Overall length	Gleitlänge Sliding length	Gleitlast Sliding load
Rx8S	Gebirgsanker Rock bolt	Statisch Static	2400 mm	300 mm	80 kN
Rx8D	Gebirgsanker Rock bolt	Dynamisch Dynamic			80 kN
Rx8S Monitor I	Monitor Anker intern Monitor bolt internal	Statisch Static	2400 mm	300 mm	80 kN
Rx8D Monitor I	Monitor Anker intern Monitor bolt internal	Dynamisch Dynamic			80 kN
Rx8S Monitor E	Monitor Anker extern Monitor bolt external	Statisch Static			80 kN
Rx8D Monitor E	Monitor Anker extern Monitor bolt external	Dynamisch Dynamic	2700 mm	300 mm	80 kN
Ankerplatten und Sicherungsplatten Face plates and mesh washers					
Rx8S Plate	Ankerplatte Face plate	Statisch Static			80 kN
Rx8D Plate	Ankerplatte Face plate	Dynamisch Dynamic			80 kN
Rx8 Mesh washer	Sicherungsplatte Mesh washer	Statisch/Dynamisch Static/Dynamic			

Allgemeine Daten - General Data		Technische Daten - Technical Data	
Stabdurchmesser Steel bar diameter	12,5 mm	Stahlgüte (innerer Stab) Type of steel (inner bar)	CK 45
Sicherungsmutter Lock nut	28 mm (quadratisch/square)	Bruchlast Ultimate load	100 kN
Sicherungsmutter (optional) Lock nut (optinal)	35 mm (hexagonal)	Fließlast Yield load	90 kN
Stahlgewinde Steel bar thread	Linksgewinde (rechts opt) Left hand (right opt)	Gleitlast Sliding load	80 kN
AußenØ Energieabsorber Outer Ø energy absorber	30 mm	Statische Bruchdehnung Stab Static elongation of steel bar	< 15 %
AußenØ Stop/Mischelement Outer Ø Stop/Mix element	18 mm	Dynamische Bruchdehnung Stab Dynamic elongation of steel bar	< 10 %
Stahlhülle ¹ AußenØ/Wandstärke Steel sleeve ¹ OuterØ/wall thickness	22,0 / 1,0 mm	Statische Energieabsorption Static energy absorption	~ 800 J/cm Gleitlänge / sliding length
		Dynamische Energieabsorption Dynamic energy absorption	~ 290 J/cm Gleitlänge / sliding length
Stahlhülle ² AußenØ/Wandstärke Steel sleeve ² OuterØ/wall thickness	18,0 / 1,0 mm		
BohrkronenØ Drill bit Ø	33/35 mm		
HarzpatronenØ Resin cartridge Ø	28/32 mm		
Ankermethode Anchoring method	Harz/Zement Resin/Cement		
Minimale Verklebungslänge Minimum grouting length	500 mm		
Gesamtlänge Overall length	1500 - 3600 mm (300 mm gestaffelt / staggering)		
Voreingestellte Gleitlänge Pre-set sliding length	150 - 600 mm (150 mm gestaffelt / staggering)		



Kooperation von Atlas Copco Exploration and Geotechnical Engineering, Märsta, Schweden und Minova International, Melbourne, Australien.

Cooperation of Atlas Copco Exploration and Geotechnical Engineering, Märsta, Sweden and Minova International, Melbourne, Australia.

Minova CarboTech GmbH

Am Technologiepark 1
45307 Essen

Fon +49 201 172-10 38

Fax +49 201 172-13 17

eMail info@minova-ct.com

Internet www.minova-ct.com



A member of the Orica Group

Juli 2009 / July 2009