

## 5 Einbau von Felssicherungen unter Extrembedingungen – Paneuropäischer Korridor X E75 bei Demir Kapija, FYROM

DIPL.-ING. HANNES SALZMANN, FreeFall, Dornbirn

Im Zuge des Vollausbaus des Paneuropäischen Korridors X im Abschnitt zwischen Demir Kapija und Smocvica in FYROM wurde von der AG ILF/ADT Omega eine General- und Detailplanung für die auszuführenden Arbeiten und Kunstbauten erstellt. Die Bauarbeiten wurden nach öffentlicher Ausschreibung durch die Agency of State Roads of the Republic of Macedonia an AKTOR ADT vergeben.

Ein Schlüsselabschnitt stellt dabei die Querung der Celevecka Schlucht bei Demir Kapija dar. In der Planung wurden hier je zwei doppelröhrige Tunnel nord- und südseitig der Schlucht mit entsprechenden Zulaufstrecken auf Brücken über den Vardar Fluss vorgesehen. Vier der Tunnelportale kommen dabei direkt in den mehr oder weniger vertikalen Felswänden der Celevecka Schlucht zu liegen, die Nord- und Südportale jeweils an den Felshängen direkt über dem Vardar Fluss. Zum Schutz vor Steinschlag während der Bauarbeiten und für den zukünftigen Betrieb der Autobahn wurden für alle Tunnelportale Sicherungsmaßnahmen in Form von Felssvernagelung mit Geflecht/Netzabdeckung und flexiblen Steinschlagverbauungen vorgesehen.



Bild 1: Übersicht bestehende Nationalstraße, neue Trasse E75

Die neu zu erstellenden Tunnel wurden im konventionellen Sprengvortrieb in unmittelbarer Nähe zum bestehenden Naturtunnel der M1 ausgebrochen. Aufgrund der dadurch zu erwartenden Erschütterungen und des Zustandes des Naturtunnels wurden auch hier Sicherungsmaßnahmen zur Stabilisierung der Tunnelfirste vorgeschrieben. Die Detailplanung für einen Teil der Steinschlagverbauungen sowie für die Tunnelsicherung oblag dabei der ausführenden Baufirma und musste vor Ausführung durch den Independent Engineer abgesegnet werden.



Bild 2: Zustand des bestehenden Tunnels vor den Sicherungsarbeiten

Die Geobrugg AG wurde von AKTOR ADT mit der Ausführung der gesamten Steinschlagschutz- und Sicherungsarbeiten im Bereich der Tunnelportale und des bestehenden Tunnels beauftragt. Die Freefall Geotechnical Engineering führte dabei die Detailplanung für die Schutzmaßnahmen sowie das Projektmanagement und die örtliche Bauleitung aus.

Aufgrund des Bauablaufes für die Tunnel und Zulaufstrecken wurden die Arbeiten an den neuen Tunnelportalen auf der Südseite begonnen. Der bestehende Tunnel und seine Tunnelportale wurden dabei parallel in Angriff genommen, um möglichst bald mit den Ausbrucharbeiten auf der Südseite beginnen zu können. Da die E75 in diesem Abschnitt die einzige Straßenverbindung zwischen Thessaloniki und Skopje ist, mussten die Arbeiten im bestehenden Tunnel unter einseitiger Verkehrsführung mit Ampelregelung durchgeführt werden. Dies hatte beträchtliche Auswirkungen auf die zu verwendenden Maschinen, da das Lichtraumprofil einer Fahrspur nur den Einsatz relativ kleiner Bohrausrüstung und Installationsplattformen zuließ. Um die Verkehrsbehinderung in diesem Bereich zeitlich möglichst zu minimieren, wurde im bestehenden Tunnel 24 Stunden pro Tag in Schichten gearbeitet.



Bild 3: Bohrarbeiten im bestehenden Tunnel

Vor der Installation der Felsnägel und des hochfesten TECCO G45/2mm Geflechts wurde loses Material von den Tunnelwänden entfernt. Die Geflechtbahnen wurden jeweils über der gesperrten Fahrbahn installiert und zum Schluss oberhalb der bestehenden Tunnelbeleuchtung kraftschlüssig verbunden. Gesamt wurden zur Sicherung des bestehenden Tunnels 3400 Felsnägel und 13000 m<sup>2</sup> hochfestes Geflecht installiert. Für die Vermörtelung der Felsnägel die alle über Kopf installiert werden mussten, wurden spezielle Zementpatronen verwendet. Dies hatte den Vorteil das kein Injektionsmaterial auf die Fahrbahn gelangen und somit ein sicherer ein-spuriger Betrieb des Tunnels gewährleistet werden konnte.

Die Sicherungsarbeiten im bestehenden Tunnel hatten auch Auswirkungen auf alle Arbeiten in der Celevecka Schlucht, da der einzige Zugang zur Schlucht nur vom bestehenden Tunnel aus möglich war, und die gesamte Bauausrüstung vor Einsatz des Helikopters durch den Tunnel transportiert werden musste.



Bild 4: Celevecka Schlucht im Bereich der Tunnelportale

Die Erschließung der Verbauungslinien mittels einfachen Gerüsten und klettersteigähnlichen Seilsicherungen wurde vom Grund der Schlucht ausgeführt. Zu diesem Zweck wurden mehrere hundert Meter Stahlseil und ca. 500 Segmentanker versetzt. Vor Installation der Baugerüste wurde eine Felsräumung in den Bereichen oberhalb der zu erstellenden Verbauungen durchgeführt. Nachfolgend wurden 25 mm Stabanker für die Gerüste gebohrt und installiert und mit Holzbohlen belegt.



Bild 4: Celevecka Schlucht im Bereich der Tunnelportale

Aufgrund der fehlenden Brücken an den Nord- und Südportalen der neuen Trasse und jeglicher Zufahrtsmöglichkeit in diesen Bereichen, sowie in der Celevecka Schlucht mussten alle Materialtransporte per Helikopter durchgeführt werden. Da Transporthelikopter in FYROM und den umliegenden Ländern nicht verfügbar waren, wurde eine Maschine in einem 10-stündigen Flug aus der Schweiz überstellt. Für die Flugbetriebsgenehmigung sowie die Errichtung eines lokalen Start- und Landeplatzes wurden die jeweiligen Genehmigungen von der Aviation Authority in FYROM erteilt. Ein Problem für den Betrieb des Helikopters auf der Baustelle stellte unter anderem die Beschaffung von Kerosin dar, da die lokalen Gesetze den Straßentransport und die Zustellung außerhalb von offiziellen Flughäfen verbieten. Dies ließ eine Betankung des Helikopters nur am Flughafen in Skopje zu, was mit einem ca. 40-minütigen Flug und einhergehendem Unterbruch der Arbeiten verbunden war. Die Wind- und Platzverhältnisse in der Celevecka Schlucht erwiesen sich als sehr schwierig. Aufgrund der Topographie wirkt die Schlucht wie eine natürliche Düse, was an Tagen mit Sonnenschein – eigentlich ideales Flugwetter – durch die regionale Thermik zu starken Winden führt.

Für die Bohrarbeiten wurden spezielle Heliportable Hochdruckkompressoren mit 600 Liter Dieseltank verwendet. Diese wurden an vorbereiteten Installationsplätzen in der Schlucht abgesetzt.



Bild 6: Installationsplatz für Kompressor

Alles restliche Material wie Injektionsmörtel, Anker, Stützen, Seile und Netze wurde vom Umschlagplatz am Nordportal zu den entsprechenden Verbauungslinien geflogen. Gesamt wurden 825 Laufmeter Steinschlagverbauungen mit Energieaufnahmevermögen von 1000 – 3000 kJ und Verbauungshöhen von 3-6 m installiert. Für die Steinschlagverbauungen kamen die ETAG 27 zertifizierten GBE-Systeme der GEOBRUGG AG zum Einsatz.

Aufgrund der Topographie der Felswände in der Celevecka Schlucht wurden bei den zwei nordseitig gelegenen Tunnelportalen zwei, bzw. drei übereinanderliegende Verbauungslinien zur Abdeckung des gesamten Gefahrenbereiches notwendig. Die Verbauungslinien kamen dabei zwischen 25 und 180 m über dem Grund der Schlucht zu liegen. Für die höher als 80 m gelegenen Steinschlagverbauungen mussten die Injektionsausrüstung für die Ankerinstallation, das Wasser und der Injektionsmörtel auf jeweils speziell vorbereitete Plattformen geflogen werden.



Bild 7: Helikopter Transport in der Celevecka Schlucht

Der Zugang durch die Schlucht wurde durch eine Schlechtwetterperiode mit Starkregeneignissen während der Bauarbeiten und dem damit verbundenen Hochwasser unmöglich. Um die Bauarbeiten auch während dieser Zeit reduziert weiterführen zu können, wurde ein einfaches Stegsystem entlang der Schluchtwände bis zu den jeweiligen Zugangspunkten der Steinschlagverbauungen errichtet. Die Bauausrüstung musste ebenfalls vom Schluchtboden auf höher gelegene, geeignete Felsvorsprünge verlegt werden. Gesamt kostete uns das Hochwasser 5 volle Arbeitstage.



Bild 8: Hochwasser in der Celevecka Schlucht

Nicht nur das Wetter stellte sich manchmal als unberechenbar heraus, auch der Import des Materials für die Steinschlagverbauungen und Felsvernagelungen bereitete zuweilen Probleme. So zum Beispiel, als der Wirtschaftsminister in FYROM sein Amt unverhofft zurücklegte und somit den ganzen Apparat für irgendwelche Einfuhren zum Erliegen brachte. Bis zur Ernennung eines Nachfolgers, zwei Wochen später, blieben alle Materiallieferungen im Zolllager in Skopje stecken. Die Zollverwaltung war immer für eine Überraschung gut, so mussten zum Beispiel für die Stahlseile der Steinschlagverbauungen CE Zertifikate für die elektrische Leitfähigkeit eingereicht werden, da diese von der Zollbehörde als Stromkabel eingestuft wurden. Zollämter wurden willkürlich zugeteilt und so war nie bekannt, ob das Material in Skopje oder direkt an der Grenze in Gevgelija verzollt werden musste.

Um den Flugbetrieb auf der Baustelle während guter Bedingungen möglichst voll nutzen zu können, versuchten wir in speziellen, zugelassenen Fässern einen Kerosinvorrat auf der Baustelle anzulegen. Zu diesem Zweck wurden diverse Tankflüge nach Skopje notwendig. Die direkte Betankung der im Helikopter mitgeführten Kerosinfässer wurde am Flughafen in Skopje jedoch verweigert, da nur Fluggeräte direkt betankt werden dürfen. Ohne Betankung der Fässer war es möglich, pro Rotation ca. 300 Liter Kerosin auf die Baustelle zu bringen. Um die Tankflüge effektiver zu machen, wurde der Tankinhalt des soeben auf dem Flughafen vollgetankten Helikopters in die mitgeführten Fässer umgepumpt und der Helikopter binnen 15 min vom Flughafenpersonal ein zweites Mal betankt. Somit wurde die Vorschrift, nur Luftfahrzeuge zu betanken, eingehalten – und wir konnten pro Tankrotation 800 Liter Kerosin auf die Baustelle bringen. Nach den entsprechenden Vorbereitungsarbeiten konnte dann mit der Installation der Steinschlagverbauungen begonnen werden. Aufgrund einer weiteren Schlechtwetterperiode konnte aber zu Beginn an fünf aufeinanderfolgenden Tagen nicht geflogen werden.



Bild 9: Installation der Steinschlagverbauungen in der Celevecka Schlucht

Der größte Teil der Installationsarbeiten für die Steinschlagverbauungen musste am Seil ausgeführt werden. Alle diese Arbeiten wurden nach dem IRATA Standard durch zertifizierte Seilarbeiter unfallfrei ausgeführt. Für Notfälle wurden an zwei Orten Rettungsbahnen und Seilwinden zur Bergung von Verletzten installiert. Gesamt wurden ca. 3000 m Halbstatik-Seile für Zugangs- und Sicherungsarbeiten installiert. Um die Aufstiege zu den Arbeitsplätzen möglichst einfach und kraftschonend zu bewältigen, wurden zwei motorbetriebene Handwinden eingesetzt. Bei Flugwetter wurden die Spezialisten direkt von Umschlagplatz am Helikopter hängend zu den einzelnen Einsatzorten geflogen. Für die Installation der Geflecht- und Netzabdeckungen wurden Arbeitsbühnen mit einer Reichweite von max. 48 m sowie Mobilkrane verwendet. Da in FYROM weder geeigneten Arbeitsbühnen noch Mobilkrane gemietet werden konnten musste auch diese Ausrüstung aus dem Ausland besorgt werden.

Während der orthodoxen Osterfeiertage mussten aufgrund des erhöhten Verkehrsaufkommens alle Arbeiten eingestellt werden und der bestehende Tunnel der M1 zweispurig offen sein.



Bild 10: Bohrarbeiten an den bestehenden Tunnelportalen der M1

Die gesamten Sicherungsarbeiten wurden im Frühjahr 2013 über einen Zeitraum von 4 Monaten ausgeführt. Nach dem Tunneldurchbruch wurden noch zusätzliche Verankerungsarbeiten an einem Tunnelportal in der Celevecka Schlucht ausgeführt.

Der Autor möchte sich für die sehr gute Zusammenarbeit mit AKTOR ADT und GEOBRUGG AG bedanken. Nur durch die Bemühungen aller Beteiligten war eine unfallfreie und termingerechte Fertigstellung der Arbeiten möglich.

Freefall Geotechnical Engineering ZTGmbH  
Hannes Salzmann  
[www.free-fall.at](http://www.free-fall.at)