

Instandsetzung und Verstärkung einer Felssicherung

Repair and reinforcement of an anchored rock cut

Bauherrschaft/Owner:	Baudirektion des Kantons Nidwalden, Stans
Experte/Expert:	Peter Matt, Ittigen
Projektverfasser/Designer:	Dr. Vollenweider Ltd., Zürich
Unternehmer/Contractors:	VSL (Schweiz) Ltd., Lyssach Arge Hatt-Haller AG/Fehlmann AG, Zürich

Ueli von Matt, dipl. Bauing., ETH/SIA
Dr. Vollenweider AG
8032 Zürich

Ausgangslage

Die Felsanschnitte für die Werkstrasse und die beiden Voreinschnitte beim Nordportal des Seelisbergtunnels der N2 sind 1973 bis 1977 mit rund 200 VSL-Litzenankern à 11 bis 19 1/2"-Litzen gesichert worden. Die meisten der mit 110 bis 150 t vorgespannten Anker sind Freispielanker und horizontal angeordnet (Figur 1). Es sind keine Messeinrichtungen für die permanente Überwachung der Verankerung eingebaut und bis 1991 keine Unterhaltsarbeiten an den Ankerköpfen ausgeführt worden.

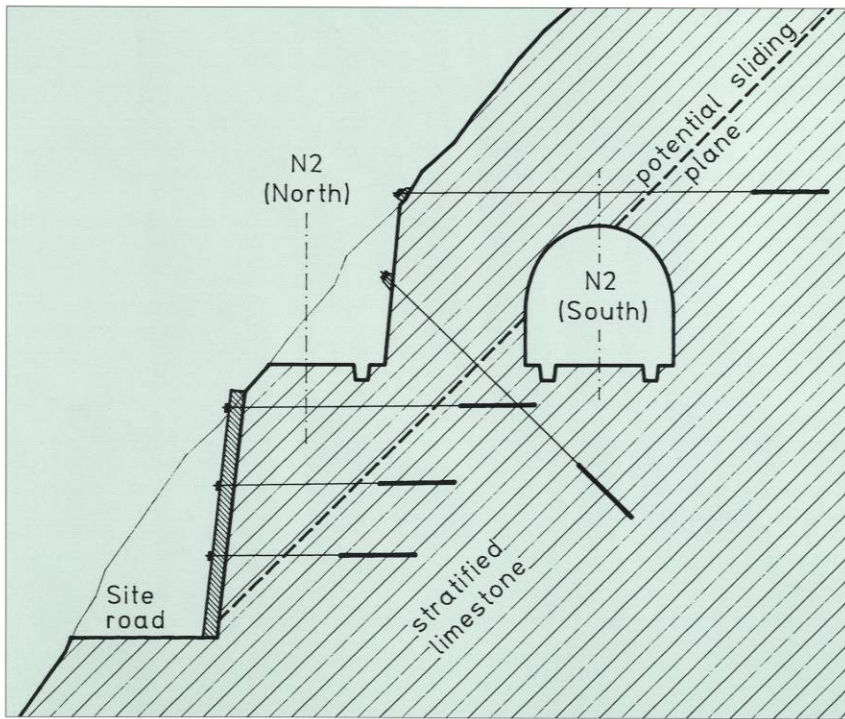


Fig. 1: Typischer Schnitt durch die 1973-77 ausgeführte Felssicherung
Fig. 1: Typical section of the original anchorage

Im Rahmen einer vom Bauherrn im Jahr 1991 angeordneten Überprüfung sind bei der Sichtung der auffindbaren Bauakten, einer stichprobenartigen Überprüfung einiger Anker und der felsmechanischen Nachrechnung der Felssicherung folgende Erkenntnisse gewonnen worden:

- Die Verankerung sichert nicht nur die Felsanschnitte. Ein Versagen der Anker würde auch unmittelbar die beiden Röhren des Seelisbergtunnels gefährden. Das heisst, das Schadenpotential der Verankerung ist als sehr hoch einzustufen.
- Die Ankerköpfe weisen einen absolut ungenügenden Korrosionsschutz auf, insbesondere ist keine Abdichtung gegen Wasserzutritt zu den Litzen unmittelbar hinter der Verkeilung vorhanden. Bei sehr vielen Ankern weist die Ankerplatte überdies oben einen vertikalen, 20 mm

Point of departure

The rock cuts above the site road and the two entrances of the northern portal of the 9 km long Seelisberg tunnel on the Swiss National Highway N2 have been secured in the years 1973 to 1977 by about 200 VSL anchors with 11 to 19 1/2"-strands. Most of the anchors having been locked off at 110 to 150 tons, have a permanent free length and are horizontal (Fig. 1). Till 1991 no monitoring and no maintenance of the anchorage have been executed.

In the course of an examination of the anchorage ordered by the owner in the year 1991 the following facts were found by scrutinizing the remaining site documents, by checking some individual anchors and by a rockmechanical verification of the anchorage:

- The anchorage does not only secure just the visible rock cuts. A rupture of the anchors would represent a direct risk to both tubes of the Seelisberg tunnel. Thus, the damage-potential of the anchorage has to be classified as very high.
- The anchor heads are absolutely insufficiently protected against corrosion. Especially, there is no sealing against water access to the strands directly behind the grips. The bearing plates of most of the anchors even show above the anchor head a vertical 20 mm wide slit. Behind the bearing plate a cavity not seldom filled with water can be observed. Obviously, the anchorage originally had been considered as a temporary stabilisation measure.
- Directly behind the grips the strands show well marked signs of corrosion attack. Single wires or even entire strands are broken. But already about 150 mm behind the grips the tendon steel is in a faultless condition owing to the protection by the single polyethylene sheaths filled with grease (so-called monostrands).
- The rockmechanical verification makes clear that the original anchorage shows - even without losses due to corrosion - a remarkable deficit of anchor force. This implies the installation of additional anchors.

Repair of the original anchors

If it is possible to detension the anchors and to grip the strands about 150 mm beyond the original position of the grips a durable repair of these nearly 20 years old anchors can be achieved. VSL elaborated a proposal to remove the anchor head and the outer trumpet including the spiral, to build in a new trumpet with a watertight sealing at the rock-side end and to fix it by flow concrete. The strands can then be gripped at the beginning of their sound section and tensioned by a new subsidable anchor head furnished with inner and outer threads (see Fig. 2). This proposal has then been successfully tested on a corrosion-damaged anchor.

In the second half of 1992 147 of the totally 157 accessible original anchors have been repaired.

breiten Schlitz auf. Dahinter sind Hohlräume oder gar stehendes Wasser festzustellen. Die Anker sind damals offenbar nur als temporäre Bauhilfsmassnahme betrachtet worden.

- Die Anker weisen unmittelbar hinter dem Ankerkopf markante Korrosionsschäden auf. Einzelne Drähte oder gar Litzen sind gebrochen. Bereits rund 150 mm hinter der Verkeilung ist der Ankerstahl jedoch in einwandfreiem Zustand, dank dem Schutz durch fettverfüllte PE-Einzelhüllrohre (sogenannte Monolitzen).
- Die eingebaute Felssicherung weist aus heutiger Sicht - selbst ohne Verluste durch Korrosion - ein beachtliches Ankerkraftdefizit auf. Dies bedingt die Erstellung von Zusatzankern.

Instandsetzung der bestehenden Anker

Wenn es gelingt, die Anker zu entspannen und die Litzen rund 150 mm hinter dem alten Keilbiss neu zu verkeilen und zu spannen, ist eine dauerhafte Instandsetzung der bestehenden Anker möglich. Die VSL erarbeitete einen entsprechenden Vorschlag, der vorsah, den Ankerkopf inkl. äusseren Ankerstützen auszubauen, einen neuen Ankerstützen mit felssseitiger Abdichtung einzubauen und mit Fließbeton einzubetonieren. Die Litzen können dann mit einer versenkten Ankerbüchse mit Innen- und Aussengewinde im gesunden Bereich verkeilt und gespannt werden (Figur 2).

Mit einem Versuch an einem geschädigten Anker wurde dieses Vorgehen mit Erfolg getestet und der für die Sanierung erforderliche Aufwand ermittelt.

Im Sommer/Herbst 1992 sind von den 157 für eine Instandsetzung zugänglichen Freispielankern deren 147 instandgesetzt, mit einer Spannprobe geprüft und mehrheitlich 20 bis 30% höher gespannt worden als die ursprüngliche Vorspannkraft. 10 Anker mussten aufgegeben werden, 7 wegen ungenügender Tragfähigkeit und 3 wegen tief liegender Korrosionsschäden. Die ungenügende Tragfähigkeit ist als Folge der horizontalen Anordnung der Anker zu betrachten. Denn bei horizontalen Ankern ist eine fachgerechte Injektion schwierig auszuführen und zu kontrollieren.

Die Anker hatten ursprünglich einen Litzenüberstand von ca. 90 mm. Deshalb konnten nur die kurzen Anker mit der Presse entspannt werden, die längeren Anker ($L_f > 12$ m) mussten mit dem Schweißbrenner aus der Verkeilung gelöst werden.

Zusatzanker - umfassend korrosionsgeschützt

Im Sommer/Herbst 1992, also gleichzeitig mit der Instandsetzung der bestehenden Anker sind 100 Zusatzanker Typ VSL 5-19 mit 18 Litzen à 100 mm^2 erstellt worden. Die Verankerungslänge beträgt 8 m, die freie Länge variiert von 9 bis 36 m. Die Anker sind mit 2460 kN geprüft und auf 1965 kN gespannt worden. Die Vorspannkraft entspricht 60% der Bruchlast des Zuggliedes.



Teilansicht der instandgesetzten und verstärkten Felssicherung
View of the repaired and reinforced anchored rock cut

tested in an acceptance test (proof load 0.75 uts) and locked off at a load about 20 to 30% higher than the original lock off load. 10 anchors had to be given up, 7 of them as a result of too low bearing capacity and 3 of them because of corrosion damages in the transition zone from free length to bond length. The insufficient bearing capacity of seven anchors is considered a consequence of the horizontal position of the anchors. In this position a complete grouting of the borehole is very difficult to achieve.

