

Oberalpstrasse

Sanierung Kriechhang Arschella

Anita Lutz, dipl. Ing. ETH, Dr. Vollenweider AG, Zürich

Zwischen Disentis und Sedrun durchquert die Oberalpstrasse den aktiven Rutschhang Arschella. In den achtziger Jahren zeigte der Hang eine Tendenz zur Zunahme der Gleitbewegungen. Im Hinblick auf den geplanten Ausbau der Oberalpstrasse wurde der Hang saniert. Nutzen-Kosten-Überlegungen entschieden über den Umfang der Hangsicherung. Der Schubwiderstand wird mit Ankern und Pfählen aufgebracht. Damit sollte der Hang mit massvollem Aufwand ausreichend saniert sein. Dem akzeptierten Restrisiko einer Instabilität wird mit sorgfältiger Überwachung des Geländes begegnet.

A. L.

Kriechhang Arschella

Ausgangslage

Die Oberalpstrasse und die Furka-Oberalp-Bahn durchqueren zwischen Disentis und Sedrun den Kriechhang Arschella-Tscheppa und innerhalb dieses Kriechhanges das aktive Rutschgebiet Arschella. Die Strasse liegt auf etwa 1380 m ü.M., d.h. etwa 140 über dem vom Rhein gebildeten Talgrund. Rund 40 m höher als die Strasse verläuft das Trasse der Furka-Oberalp-Bahn. Beide Verkehrsträger sind vom grossräumigen, eine Fläche von etwa 6 ha umfassenden Rutschgebiet in unterschiedlichem Masse betroffen. Im Hinblick auf den geplanten Ausbau der Oberalpstrasse, aber auch zur Gewährleistung der Betriebssicherheit der beiden Verkehrsträger, wurde eine Sanierung des Rutschgebietes unumgänglich. Eine dringliche Sanierung war um so mehr notwendig, da verschiedene Anzeichen eine Beschleunigung der Kriechbewegungen und eine progressive Ausweitung des aktiven Rutschgebietes erkennen liessen.

Geologie und Baugrund

Das Gebiet Crestas-Bugnei liegt im Bereich des Tavetscher Zwischenmassivs, einem tektonisch ausserordentlich intensiv beanspruchten Gebirgskörper aus vorwiegend Gneis und stark verschieferten Gesteinen mit zum Teil mächtigen Kakirit- und Mylonitonen.

Im Bereich Arschella Ost konnte der Fels unter einer hauptsächlich von Moräne und zum Teil von Gehängeschutt und Bergsturzmaterial gebildeten Lockergesteinsschicht in etwa 5 bis 15 m Tiefe erbohrt werden. Bis eine Tiefe von etwa 30 bis 40 m besteht der Fels mehrheitlich aus Kakirit (vollständig tektonisierter Fels), darunter aus Gneisen und Schiefen. Nach dem Rückzug des Gletschers hatte eine starke Erosion durch den Vorderrhein eingesetzt. In der Folge wurde die Stabilität grosser Hangteile zwischen Crestas und Tscheppa stark vermindert. Die Talbildung resp. die Übersteilung des Hanges führte zu starkem Hangkriechen und zu oberflächlichen Hangrutschungen.

Zustand vor der Sanierung

Der Gleithorizont der grossräumigen Kriechbewegungen Arschella-Tscheppa befindet sich in einer Tiefe von etwa 30 bis 50 m. Die mittlere Kriechgeschwindigkeit der grossräumigen Gleitung beträgt

etwa 6 bis 10 mm/Jahr. Diese globale Gleitung wird den lokalen, eher oberflächlichen Gleitungen Arschella Ost und Arschella West überlagert.

Die Gleitung Arschella Ost wird durch ein relativ starres Blockgleiten ohne grosse plastische Zergleitung charakterisiert. Die Mächtigkeit der ableitenden Lockergesteinsschicht beträgt im Mittel etwa 8 bis 10 m und reicht praktisch vom Hangfuss bis über das FO-Trasse hinaus. Die Kriechgeschwindigkeit von ca. 20 bis 250 mm/Jahr vor der Sanierung wurde immer wieder von eigentlichen Bewegungsschüben im Dezimeterbereich überlagert. 1983 erfolgte eine stärkere Hangrutschung, welche eine provisorische Sanierung und Sicherung der Oberalpstrasse erforderlich machte.

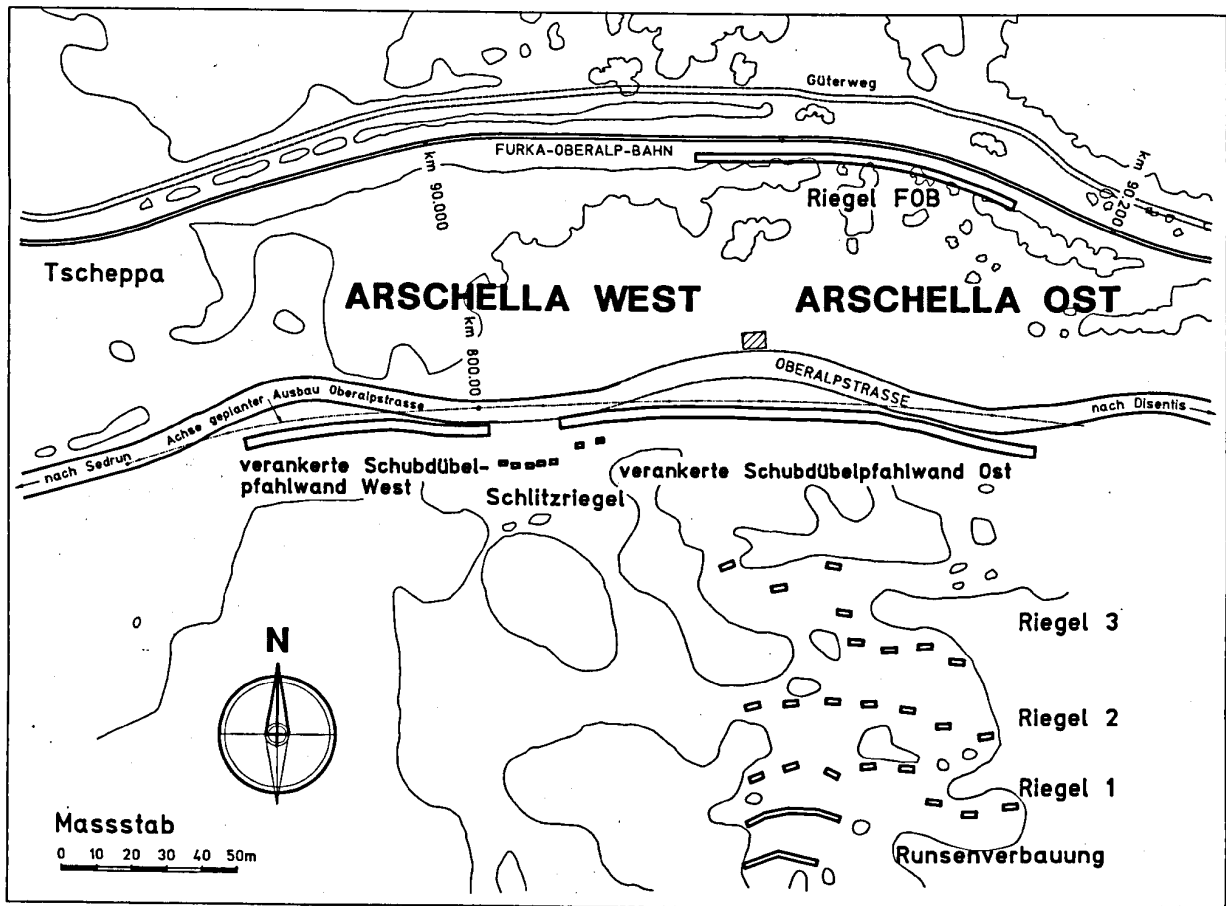
Für den Kriechhang Arschella West sind Verschiebungsgeschwindigkeiten von 10 bis 20 mm/Jahr typisch. Die Mächtigkeit der gleitenden Schicht beträgt im zentralen Bereich etwa 5 bis 12 m, taucht aber im oberen und westlichen Randbereich ab, um in die globale Gleitung Arschella-Tscheppa mit Tiefen bis über 30 m überzugehen. Da die Bewegungen hier konstant verlaufen, sind die Verhältnisse im Bereich Arschella West weniger kritisch als im Bereich Arschella Ost.

Sanierungskonzept

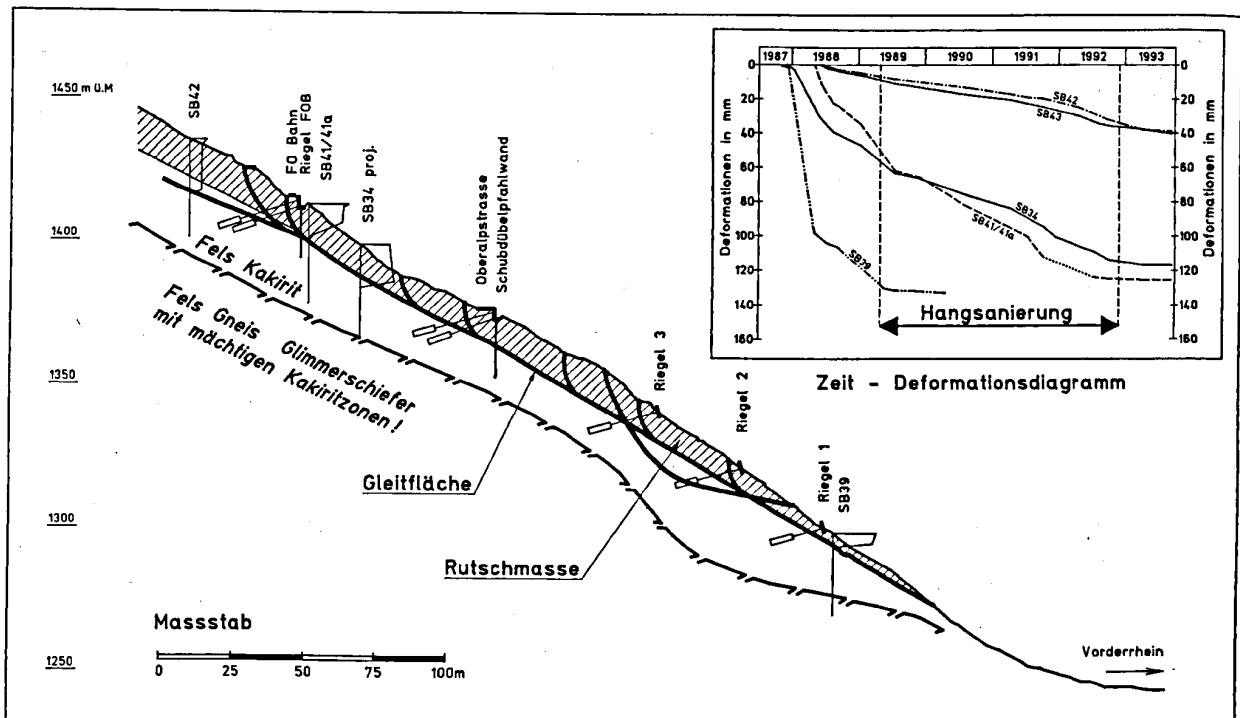
Das primäre Ziel der Sanierung war die Verbesserung der Sicherheit für die beiden Verkehrsträger, welche

Entre Disentis et Sedrun, la route de l'Oberalp traverse la zone avec glissement actif d'Archella. Pendant les années quatre-vingt, le versant marquait une tendance accrue à des glissements. Compte tenu des travaux prévus sur la route de l'Oberalp, le versant a été assaini. Une réflexion sur le coût-rendement a dicté l'ampleur des travaux de consolidation du versant. La résistance aux efforts de cisaillement est réalisée par des tirants et des pieux. Par ces mesures, il est possible d'assainir le versant pour un coût modéré. Une surveillance minutieuse du terrain permet de compenser le risque d'instabilité qui subsiste.

C. S.



1: Übersicht Rutschgebiet Arschella mit Hangsicherungsmassnahmen.



2: Querprofil Arschella Ost mit Gleitflächen und Hangsicherungsmassnahmen, mit Deformationsprofilen.

die einzigen Verbindungen von Dientis Richtung Sedrun-Oberalp bilden. Das Studium von verschiedenen Sanierungsvarianten brachte schliesslich zwei Lösungen in den Vordergrund. Die eine Projektidee bestand in einer Stabilitätsverbesserung des Hanges mittels Schub-sicherungselementen. Das andere Projekt sah eine Umfahrung mit einem Tunnel vor. Aus wirtschaftlichen Erwägungen und langfristigen Risikoüberlegungen schied die Tunnelösung aus.

Es galt als erstes, die erforderliche Stabilitätsverbesserung (Sicherheitsniveau) festzulegen. Diese konnte aber nur abgeschätzt werden, da das rheologische Verhalten des Kriechhanges nur unzureichend prognostizierbar war. Eine eingehende Gefährdungsbild-Risikoanalyse wurde unternommen und Kosten-Nutzen-Überlegungen miteinbezogen. Diese Betrachtungen führten aus wirtschaftlichen Erwägungen zu einem Sanierungsprojekt mit Bemessung nach der Beobachtungsmethode.

Das Konzept bestand darin, nur gerade jene baulichen Anlagen auszuführen und nur soviel Hangwiderstand zu installieren, dass der Hang mit grosser Wahrscheinlichkeit als saniert betrachtet werden durfte. Eine begleitende und langfristige Bauwerküberwachung muss dabei das eingegangene und akzeptierte Restrisiko einer möglichen Hanginstabilität abdecken. Mit der Überwachung sollen erste Anzeichen einer Instabilität frühzeitig erfasst und erkannt werden, um ergänzende Hangsicherungsmassnahmen ausführen zu können.

Die konstruktive Hangsicherung

Bemessung

Die Sanierung wurde auf Gleitflächen bis in eine Tiefe von etwa 18 m ausgelegt. Es wurde davon ausgegangen, dass sich der Hang vor der Sanierung in einem labilen Zustand befand. Für die bestehende Gleitsicherheit für Gleitungen bis 18 m Tiefe wurde 1.0 angenommen. Aufgrund von verschiedenen Untersuchungen einschliesslich einer Kosten-Nutzen-Betrachtung wurde für den Hang Arschella Ost schliesslich eine Verbesserung der Gleitsicherheit um 10% für die globale, resp.

um 15% für die lokale Gleitung gefordert.

Dies entspricht etwa einem angestrebten, zulässigen Mass der mittleren Kriechgeschwindigkeit des sanierten Hanges von etwa 1 bis 2 mm/Jahr.

Der zu installierende Hangschubwiderstand, bezogen auf eine vorsichtige Schätzung der gesamten Gleitmasse, beträgt etwa 350 000 kN.

Ausführung

Die konstruktive Hangsicherung besteht aus mehreren, in der Höhe gestaffelten Sicherungsmassnahmen und Subchsicherungselementen:

- Rensenverbauung der untersten Erosionsrunden in Arschella Ost mit einzelnen Riegeln aus Steinkörben.
- Hangsicherung des unteren Hangteils Arschella Ost mit drei in der Tiefe bzw. Höhe gestaffelten, verankerten Stützriegelkonstruktionen in Abständen von etwa 40 bis 50 m.
- Verankerte Schubdübelpfahlwand entlang der Oberalpstrasse als integrierte Trag- und Sicherungskonstruktion für die Erweiterung der Strasse.
- Riegel aus 12 Ankerblöcken ergänzt mit Mikropfählen zur Hang- und Trasseesicherung im Bereich der Furka-Oberalp-Bahn.
- Fassen und gesichertes Ableiten von Hangwasserläufen und Quellen sowie Drainagebohrungen anhand angetroffener Wasserläufe bei Bohrungen.
- Aufforsten des ganzen Gebietes.

Es wurden insgesamt 484 Litzenanker der Klasse 6 mit $V_G = 500$ bis 600 kN installiert (total etwa 290 MN). Die freien Ankerlängen betragen zwischen 14 und 25 m, die Verankerungsstrecken 8 bis 10 m. Je nach angetroffenen Verhältnissen waren mehrere Nachinjektionen erforderlich. Entlang der Oberalpstrasse wurden talseitig 70 Bohrpfähle erstellt (\varnothing 900 mm mit Stahlprofilträger HEM 600). Die Widerlager der verankerten Pfahlkopfriegel wurden auf das bestehende Ausbauprojekt der Oberalpstrasse ausgelegt.

Die Furka-Oberalp-Bahn wurde zusätzlich zu den Felsankern mit einem System aus 24 Mikropfählen und 48 Felsnägeln gegen lokale Gleitmechanismen gesichert.

Die Sanierungsarbeiten wurden in

den Jahren 1989 bis 1992 in drei Etappen von unten nach oben fortschreitend ausgeführt. Die Kosten für die gesamte konstruktive Hangsicherung betragen total 9,1 Mio. Fr.

Die Überwachung

Überwachungskonzept

Der Kriechhang Arschella wird seit 1974 überwacht. Zu Beginn konzentrierte sich die Überwachung auf den Bereich um die Strasse. Später wurde diese Überwachung ausgebaut und auch nach der Sanierung weitergeführt.

Als Gefährdungsbilder werden im Sicherheitsplan vor allem globale und lokale Gleitungen in gesicherten und ungesicherten Hangbereichen aufgeführt. Dabei wird zwischen Arschella Ost, wo die globale Gleitung relativ oberflächlich verläuft, und Arschella West, wo die Gleitfläche relativ steil abfällt und ziemlich tief liegt, unterschieden. In Arschella West wird auch vermutet, dass mit den westlichsten Pfahlkopfriegeln (Gleitfläche > 18 m) kaum mehr eine nennenswerte Stabilisierung der Gleitung erreicht werden kann.

Nach der Sanierung werden Kriechbewegungen von weniger als 1 bis 2 mm/Jahr erwartet. Kriechverschiebungen von absolut max. 50 mm, bzw. von relativ max. 5 mm/Jahr werden als zulässig betrachtet. Kritisch gelten solche von 100 mm bzw. 10 mm/Jahr und mehr.

Liegen die gemessenen Werte deutlich über den erwarteten oder ergeben sich unerwartete oder widersprüchliche Messresultate, so ist vorgesehen, die Überwachung schon vor dem Erreichen der zulässigen Grenzwerte zu intensivieren. Bei Überschreiten der zulässigen Grenzwerte sind spezielle Sicherungsmassnahmen zu ergreifen. Im Sicherheitsplan sind z.B. teilweise Entspannung der Verankerung, Verstärkung der Hangsicherung, Vernagelung der Deckschicht, Entspannung des Hang- und Klufwassers, soweit vorhanden, u.a.m. vorgesehen.

Die für die Baugrundüberwachung eingesetzten Mittel beinhalten geodätische Vermessung, Nivellement, Slope Indicatormessungen, Porenwasserdruck- und Ankerkraftmessungen, Messung von Rissweiten an Stützmauern, Temperatur- und Nie-



3: Verankerte Schubdübelpfahlwand Arschella Ost mit Zufahrt für den Unterhalt. Oben im Bild Oberalpstrasse.

derschlagsmessungen sowie visuelle Kontrollen des Geländes. Für die Überwachung und Zustandskontrollen der Bausubstanz werden die üblichen Mittel eingesetzt.

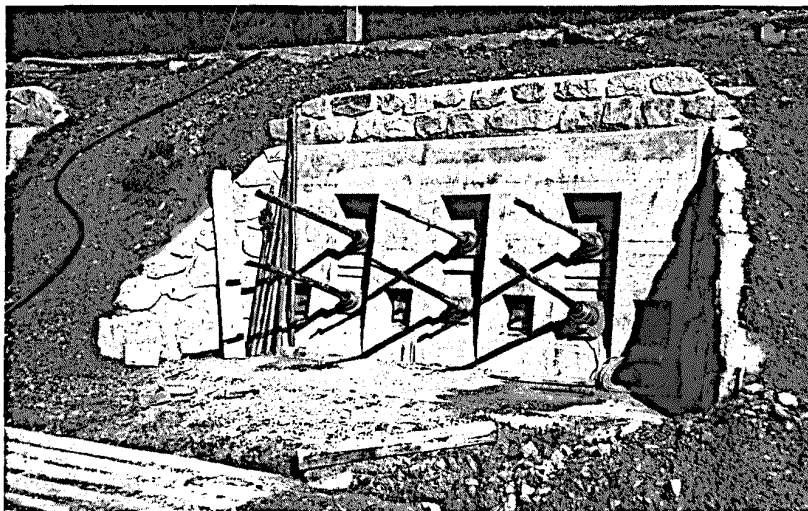
Instrumentierung und Kontrollen

50 Ankerkraftmessdosen, 3 Neigungssensoren und 25 Wasserdruksensoren sind, über den ganzen Kriechhang verteilt, fix installiert. Zusammen mit Temperatur und Niederschlag werden sie mehrmals täglich gemessen. Die Resultate werden via Datalogger und Telefonnetz ins Büro übermittelt und dort ausgewertet.

Im weiteren werden 30 Slopeindikatoren, 2 pneumatische Porenwasserdruckgeber sowie Nivellement- und geodätische Messpunkte periodisch gemessen und ausgewertet. Aufgrund der Auswertungen wird das Hangverhalten regelmässig beurteilt, und es kann gegebenenfalls reagiert werden.

Kriechhang Arschella Zustand Ende 1993

Der Zeitpunkt für eine abschliessende Beurteilung der gewählten Sicherungsmassnahmen ist zu früh. Bei den vorliegenden Verhältnissen benötigt es eine gewisse Zeit, bis die



4: Einzelner Ankerblock mit Felsankern und -nägeln zur Sicherung des Trassees der FOB während der Erstellung. Oben im Bild Trassee Furka-Oberalp-Bahn.

getroffenen Massnahmen voll wirksam werden können. Der Hang wurde durch die Bewegung in einzelne Teilschollen aufgelöst. Es braucht nun eine gewisse Zeit bzw. einen gewissen Weg bis zur vollständigen Konsolidation auf den neuen Gleichgewichtszustand.

Die kurzfristigen Resultate mit Reduktionen der Bewegungsgeschwindigkeiten um einen Faktor von etwa 5 bis 100 in den entsprechenden Bereichen sind sehr erfreulich. Der unterste Hangteil ist nun nahezu ruhig. Das Bewegungsmass im Teil unterhalb der Oberalpstrasse von etwa 1–2 mm/Jahr entspricht etwa den Erwartungen.

Das Ziel der Sanierung war und kann nie die totale Stoppung der grossräumigen Bewegung Arschella-Tscheppa sein.

Die Bewegungen des Hanges oberhalb der Oberalpstrasse haben sich im Teil Ost abgeschwächt. Für den Teil West zwischen Oberalpstrasse und Furka-Oberalp-Bahn, welcher nicht durch bauliche Massnahmen gesichert wurde, kann zum heutigen Zeitpunkt keine Aussage gemacht werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Bewegungen hier unvermindert weiterlaufen werden.

Die volle Wirkung der Hangsicherung wird aber erst in den nächsten Jahren vorhanden sein.

Die schon erreichten Geschwindigkeitsreduktionen in den entsprechenden Bereichen bestätigen, dass das gewählte Sicherungskonzept als angemessen und im allgemeinen als geeignet bezeichnet werden darf.

Der bauliche Teil der Hangsicherung ist abgeschlossen. Mit Beendigung der Bauarbeiten darf die Hangsicherung jedoch nicht ebenfalls als abgeschlossen betrachtet werden. Die Einflüsse und Reaktionen im Hang selbst (Hangbewegungen, Wasserzutritte, morphologische Erscheinungsformen usw.) und der Zustand der Widerstandselemente selbst müssen weiter überwacht werden. Die Auswertungen und Beurteilungen werden zeigen, ob und wo die Hangsicherung allenfalls verstärkt oder ergänzt werden muss. Es wird jedoch kaum möglich sein, in Arschella auch die Grundgleitung Arschella-Tscheppa zu stoppen. Eine dauernde und der momentanen Gefährdung angepasste Überwachung ist im vorliegenden Fall unumgänglich.