Abdichtungsmassnahmen

Autor(en): **Gugger, Beat**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 49: **Zur Eröffnung des Loppertunnels - N8**

PDF erstellt am: **06.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75584

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

für die nachfolgenden Zementinjektionen und verhinderte ein Weglaufen der Zementmischung. Im Kämpferbereich ist auch alle Meter eine 2 m lange Lanze versetzt und mit 2 m³ Injektionsgut verpresst worden. Von den 2 m³ Injektionsgut wurde zuerst ein Anteil von 1,2 m³ mit 4% Silikatzugabe eingebracht mit der Absicht, dass das Material nach unten bis zum Dichtungsschirm aus PU verläuft. Die restlichen 0,8 m³ wurden in einem zweiten Schritt mit 12–16% Silikat als dickflüssiges Mischgut injiziert, so dass im Kämpferbereich eine gute Verfestigung erreicht und dadurch eine Ausweichen der Paramente verhindert werden konnte.

Als aufwendig erwiesen sich die Kerninjektionen zwischen den 9 m auseinander liegenden Tunnelröhren. Bei den ausgeführten Bohrarbeiten zeigte sich, dass nach 5 m Bohrlänge auch bei verrohrten Bohrungen sehr grosse Schwierigkeiten auftraten. Gewählt wurden daher Injektionslanzen von 3 m und 5 m Länge in einem Abstand von 2 m.

In einem ersten Arbeitsgang sind die 3 m-Lanzen mit 20 m³ Injektionsgut und im Mittel 12% Silikat injiziert worden. Geplant war damit eine Verfüllung und Verfestigung der Hohlräume direkt hinter dem Parament. Bei den 5-m-Lanzen, in einem zweiten späteren Arbeitsgang verpresst, wurden 20 m³ einer dünnflüssigeren Mischung mit 4% Silikat verwendet. Über den bereits verfüllten Bereich sollte das Injektionsgut bis zur daneben liegenden Tunnelröhre verlaufen. Mit Injektionsaustritten bei Betonierfugen konnte dies auch festgestellt werden. Konnte bei den einzelnen Injektionslanzen nach Verpressung von 20 m³ Injektionsgut noch kein Druckanstieg auf 12 bar registriert werden, so wurden nochmals zusätzlich 10 m³ nachinjiziert. Der maximale Druck war jedoch auf 20 bar limitiert (Bild 5).

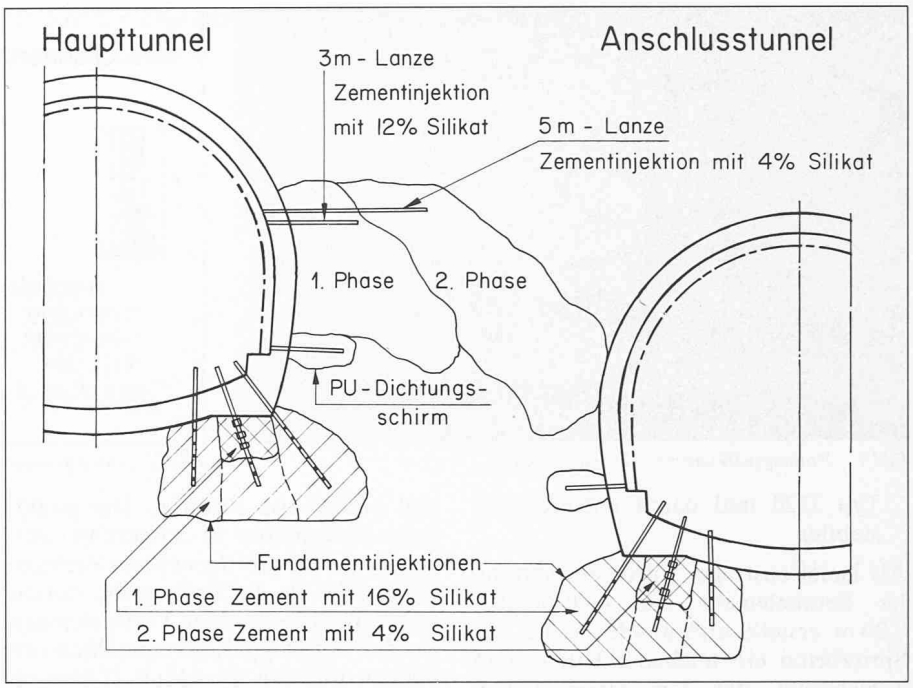

Bild 5. Injektionen zwischen den beiden Tunnels

Zusammenfassung

Am Loppertunnel sind sowohl Polyurethan- wie auch Zementinjektionen ausgeführt worden. Die PU-Injektionen erwiesen sich vorteilhaft im Zusammenhang mit den Vortriebsarbeiten, da die Ausführung sehr rasch und einfach vorgenommen werden konnte und eine sofortige Wirkung vorhanden war. Zudem lief das Injektionsgut nicht weg, was sich vor allem bei nach oben geneigten Injektionen als positiv auswirkte.

Die Zementinjektionen bewährten sich als Konsolidierungsmassnahme. Die Zement-Bentonit-Mischung kann je nach Zugabe von Silikat-Wasserglas mehr oder weniger verdickt werden und somit den verschiedenen Anforderungen angepasst werden. Als Vorteil erwiesen sich die Injektionen mit Manschettenrohren, ermöglichten sie doch ein gezieltes Injizieren einzelner Stellen und ein Nachinjizieren von ungenügend verfüllten Bereichen.

Generell kann festgehalten werden, dass in Lockergesteinen umfangreiche Abklärungen und Versuche notwendig sind zur Festlegung der Injektionsmenge und der Zusammensetzung der Injektionsmischung. Wichtig ist ausserdem die dauernde Überwachung der Injektionsarbeiten wie z.B. Injektionsdruck, Menge pro Lanze, Injektionsgeschwindigkeit usw. Bei der Ausführung von Ausbrucharbeiten ist immer zu bedenken, dass trotz Injektionen nicht eine 100prozentige Sicherheit gewährleistet ist, da immer wieder einzelne Stellen ohne Injektionsgut angetroffen werden können.

Adresse des Verfassers: *B. Gugger*, Bauing. HTL AG Ingenieurbüro Maggia, 6600 Locarno.

Abdichtungsmassnahmen

Von Beat Gugger, Locarno

Die Isolation in einem Tunnel dient zur dauernden Ableitung des anfallenden Berg- und Kluftwassers. In einem Hohlraum soll das Wasser frei abfliessen, so dass sich kein Wasserdruck aufbauen kann. Gleichzeitig kann auch vermieden werden, dass Feuchtstellen an den Tunnelwandungen entstehen. Die Schwierigkeit stellt sich nun beim Herstellen dieses Hohlraumes sowie bei der spätern Erhaltung desselben während dem Betonieren des Innenrings. Die zu wählende Unterlage der Abdichtungsbahn trägt einerseits zur Erzielung der Drainagewirkung, anderseits als Schutz vor Beschädigungen der Isolationsfolie durch den unebenen und rauhen Untergrund entscheidend zum Funktionieren des Abdichtungssystems bei.

Wahl der Unterlage für die Isolationsfolie

Die bisher oft verwendeten Schaumstoffunterlagen erwiesen sich als ungenügend bezüglich Drainagewirkung, wurden sie doch beim Betonieren so zusammengedrückt, dass beinahe kein Wasser mehr durchfliessen konnte. Auf der Lopper-Baustelle sind daher vier neuere Produkte verlegt, einbetoniert und auf ihre Drainagewirkung untersucht worden. Die vier ausgewählten Produkte waren:

- Vlies, 500 g/m², rund 5 mm stark, mit sehr feinen Fasern verwoben
- Drainmatte, 750 g/m², rund 10 mm stark, grobfaserig verwoben
- Enkamat Typ 7220, rund 14 mm stark, grobmaschig mit einseitiger feinmaschiger Schutzschicht
- Enkamat Typ 7020, rund 18 mm stark, grobmaschig mit ungefähr doppelter Drahtstärke gegenüber

Bild 1. Drainagewirkung verschiedener Produkte

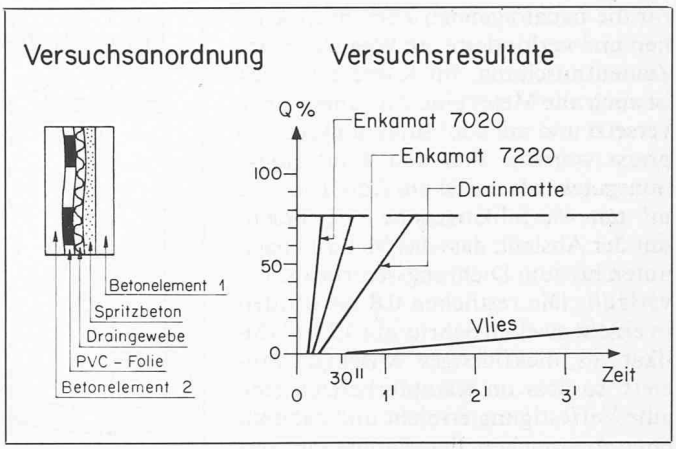

Bild 2. Ankerspinnen zum Anpressen der Isolation

Typ 7220 und damit entsprechend stabiler.

Als Isolationsträger wurde ein vertikales Betonelement von 4,00×1,00×0,20 m erstellt und anschliessend mit Spritzbeton ein unebener Untergrund aufgebracht, der dem eingespritzten Tunnelgewölbe entsprach. Auf diesen Untergrund verlegte die Isolationsfirma je einen Quadratmeter der vorgenannten Produkte. Nach dem Aufbringen der 2-mm-PVC-Folie wurde ein 20–25 cm starkes Element vorbetoniert. Nachdem der Beton erhärtet war, konnte nun in die vier gegenseitig unterteilten Felder Wasser eingefüllt und die Durchflusszeit für rund 80% der Versuchswassermenge gemessen werden (Bild 1).

Als Anschlussversuch wurde auch die Schutzwirkung der vier Produkte gegen mechanische Beanspruchung der Isolationsfolie durch einen Betonvibrator geprüft. Die beiden Enkamatunterlagen ergaben die schlechteren Resultate als die Drainmatte und auch als das Vlies.

Für den Loppertunnel ist trotzdem das Enkamat Typ 7020 gewählt worden, da im Tunnel vorwiegend Schalungsvibratoren und nicht Tauchvibratoren eingesetzt wurden und der guten Drainagewirkung mehr Gewicht beigemessen wird.

Isolationssystem in der Felsstrecke

Für die Felsstrecke wurden das Enkamat und eine 2-mm-PVC-Folie unarmiert gewählt. Eine 2 mm starke Folie war der bisher meistens verwendeten 1,5-mm-Folie vorgezogen worden, damit die allfälligen mechanischen Beschädigungen nach dem Verlegen bis zur Einbetonierung der Folie möglichst vermindert werden konnten. Die auf eine Breite von 4,40 m vorkonfektionierten Isolationsbahnen wurden von einem fahrbaren Gerüst aus verlegt und punktweise befestigt. Die punktweise Befestigung ist ausgeführt worden, da sie ein profilgenaueres Verlegen ermöglicht als die Befestigung mittels Bändern. Die einzelnen Verlegebahnen wurden mit Doppelschweissnähten verbunden und mit Druckluft (2 bar) geprüft. Die Ausführung von Doppelschweissnähten erforderte von der Verlegefirma ein sauberes und genaueres Arbeiten beim Verlegen sowie beim Schweissen der Isolationsfolie.
Die Druckluftprüfung der Schweissnähte ermöglicht ein zuverlässigeres und gleichzeitig rationelleres Prüfen der Nähte als bei einer mechanischen Prüfung.

Bei der Feststellung der Schichtstärke des Ausgleichsgunits als Isolationsträger sind die z.T. gegenteiligen Anforderungen entsprechend zu gewichten. Einerseits sollte die Ausgleichsschicht möglichst minimal gehalten werden, um der Versinterung des Drainagegewebes und der Sickerleitungen entgegen zu wirken, anderseits verlangt die Ausführung von Doppelschweissnähten einen möglichst ebenen Untergrund. Zudem müssen die vor allem beim Sprengvortrieb vorhandenen Felsspitzen so abgedeckt werden, dass keine Beschädigungen an der PVC-Folie entstehen können. Im Loppertunnel wurde die Gesamtstärke von Sicherungs- und Ausgleichsgunit auf 8 cm festgelegt. Waren bereits 8 cm oder mehr Spritzbeton als Sicherung aufgetragen (Flyschstrecke), wurden nur noch 2 cm Gunit aufgespritzt.

Isolationssystem in der Verzweigung

In der Verzweigung wurde das den Querschnitt kontinuierlich ändernde Innengewölbe nicht mit geschaltem Beton, sondern mit Spritzbeton ausgeführt. In der Ausschreibung war eine vollflächig verklebte Sandwichisolation mit Bituflexemulsion und Hypalonfolie ausgeschrieben mit dem Nachteil, dass der Hohlraum für die Abflussmöglichkeit des Bergwassers nur mittels Halbschalen hergestellt werden konnte. Die ARGE-Isolation unterbreitete dann einen Vorschlag mit Enkamat und einer PVC-Folie analog derjenigen in der übrigen Felsstrecke. Nach einem Versuch im Massstab 1:1 wurden die Kalotten in der Verzweigung und in der Einführung Oströhre folgendermassen ausgeführt:

- Den Ausbrucharbeiten folgend, sind als Sicherungsarbeiten 3-m-Mörtelanker versetzt und 3 cm Schutzgunit aufgetragen worden.
- Zur Verbesserung der Gewölbewirkung in der relativ flachen Kalotte wurden systematisch 5 m- und 8-m-Mörtelanker versetzt.
- Ebenfalls systematisch waren Halbschalen zur Ableitung von Wasseraustritten verlegt worden.
- An den vorstehenden Ankerköpfen konnte zuerst ein 3-mm-Armierungsnetz befestigt und eingespritzt werden. Anschliessend wurde ebenfalls an den Ankerköpfen ein 4-mm-Netz befestigt und dann das Aussengewölbe fertig gespritzt. Die Gesamtstärke betrug je nach Querschnitt 8–12 cm.
- Nun wurden unter Beachtung der Halbschalen die rostfreien 1,5-m-Mörtelanker mit aufgeschweisster Grundplatte versetzt (etwa 1 Stk/m²). Sie dienten zum Erstellen des gespritzten Innengewölbes.
- Das Enkamat-Drainagegewebe und die 2-mm-PVC-Folie wurden verlegt und punktweise befestigt (Bild 2). Damit die Folie möglichst dicht an der Oberfläche auflag, sind pro m² vier Befestigungspunkte verwendet worden. Bei den Ankerdurchdringungen wurde die Folie mit einer zweiten Stahlplatte als Klemmflansch gegen die Grundplatte gedichtet. Zusätzlich ist zwischen beide Platten ein Dichtungskitt aufgetragen (Bild 3).
- Auf die glatte PVC-Folie ist ein Maschennetz 20×20×15 mm verlegt

worden, das an den rostfreien Ankerenden befestigt wurde. Als Träger des Innengewölbes konnten nun 2 cm Schutzgunit auf die Folie aufgespritzt werden. Zuerst sind nur um die Ankerköpfe ungefähr 0,2 m² grosse Flächen gespritzt worden. Als der Gunit erhärtet war, konnten die noch freien Flächen zwischen diesen Punkten ausgespritzt werden, bis durchgehend eine 2 cm starke Schicht vorhanden war.

- Das Innengewölbe wurde mit zwei 4-mm-Armierungsnetzen lagenweise gespritzt. Damit nicht zu dicke Schichten pro Arbeitsgang aufgetragen wurden (Qualitätsverlust!) und die Oberflächenstruktur einheitlich bleibt, ist im Gunit und Spritzbeton des Innenrings kein Schnellbindemittel zugelassen worden.
- Als letzte Arbeit wurden 1–2 cm Feingunit aufgetragen und abgerieben.

Im Bereich der Verzweigung sind vor dem Applizieren der Isolation noch die rostfreien Anker für die Aufhängestangen der Zwischendecke gebohrt und vermörtelt worden. Die Dichtung der Isolation erfolgte analog den Kurzankern mittels Doppelklemmflansch.

Isolation zwischen Aussen- und Innenring in den Lockergesteinen

In den Lockergesteinsstrecken muss die Isolation nur das Eindringen von Sickerwasser verhindern, da ein Druckaufbau beim versickernden Wasser nicht möglich ist. Auf das Enkamat als Drainagegewebe konnte daher verzichtet werden. Die Isolationsfolie musste aber eine teilweise Übertragung der Auflasten vom Aussenring auf das Innengewölbe ermöglichen. Aus diesem Grunde wurde eine glasvliesarmierte 3-mm-PVC-Folie gewählt mit einer grossen mechanischen Durchschlagfestigkeit.

Die Folie wurde punktweise auf den Aussenring befestigt und anschliessend der Innenring direkt gegen die Folie betoniert. Dank der roten Deckschicht auf der Folie konnten eventuelle Schäden während dem Verlegen der Innenringarmierung sofort festgestellt und verschweisst werden. Die Isolationsarbeiten wurden im Unterakkord von der ARGE, Isolationsarbeiten unter der Federführung der Firma Gunimperm ausgeführt, die verwendeten Folien stammten von der Sarna Kunststoff AG.

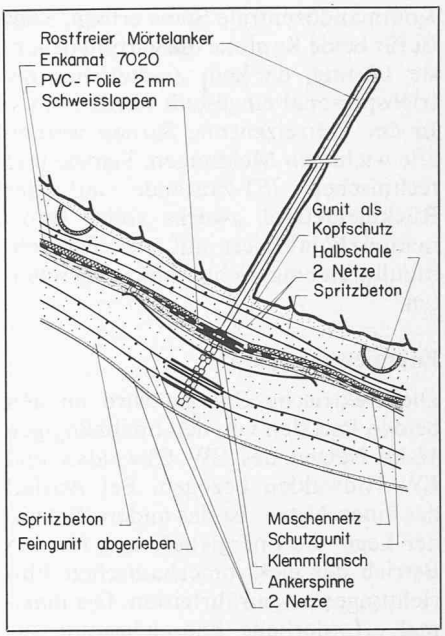

Bild 3. Verzweigung, Isolierung und Kalottenaufbau

Zusammenfassung

Die gewählten Isolationssysteme haben sich bis heute bewährt. Auch in der Verzweigung und in der Einführung der Oströhre ist ein einwandfreier Wasserabfluss feststellbar. Der Aufwand für eine gut funktionierende Isolation ist entsprechend gross und liegt nicht nur bei der Produktewahl, sondern auch in der sorgfältigen Ausführung und Überwachung der Details. Speziell sollte die Isolationsfolie vor dem Einbetonieren nochmals auf in der Zwischenzeit entstandene Beschädigungen untersucht werden. Bei den Prüfungen der Schweissnähte sind auch sämtliche Flickstellen und Anpassungen zu kontrollieren. Schliesslich ist dem profilgenauen Verlegen und dem genügenden Befestigen der Folie die notwendige Beachtung zu schenken.

Adresse des Verfassers: *B. Gugger*, Bauing. HTL, AG Ingenieurbüro Maggia, 6600 Locarno.

Elektromechanische Führungs- und Sicherheitseinrichtungen

Von Bruno Boffo, Oberbauleitung NW, Stansstad

Kommandozentrale

Die Nationalstrasse N2 Basel–Luzern–Stans–Seelisbergtunnel–Gotthardstrassentunnel–Lugano ist eine der wichtigsten ganzjährlich offenen Strassenverbindungen im internationalen Verkehrsnetz neben dem San-Bernardino- und dem Grossen-Sankt-Bernhard-Tunnel. Für den Betrieb und den Unterhalt der N2 sind auf ihrer ganzen Länge verteilt einige wichtige Betriebs- und Überwachungszentralen erstellt worden. Zu erwähnen ist auch, dass die vier Kommandozentralen der beiden längsten Strassentunnels der Welt in Airolo, Göschenen, Flüelen und Stans hinsichtlich Ausrüstung, Bedienungs- und Leitfunktion praktisch identisch sind. Auf dieser Nord-Süd-Haupttransversale sind die Verkehrsbelastungen in den verschiedenen Teilstrecken bezüglich der Grundlast sehr ähnlich, hingegen in der Spitzenbelastung im Ausflugs- und Ferienverkehr sehr unterschiedlich.

Die Führungsfunktionen in den vier Kommandozentralen, die mit allen technischen Raffinessen ausgestattet sind und rund um die Uhr, in einem gut eingespielten 14-Tage-Takt, in Betrieb stehen, werden auf die drei beteiligten Kantonsequipen aufgeteilt, und zwar Airolo/Flüelen und Göschenen/Stans. Für die nichtführenden Kommandozentralen besteht dann die Möglichkeit der Kompensation von Ferien, Überzeiten, Ausbildung, Militärdienst usw.

Für den Betrieb eines Strassentunnels sind sehr umfangreiche elektromechanische Einrichtungen für die Gewährleistung der Sicherheit der Tunnelbenützer notwendig. Die Erfahrungen, die beim Bau und nun beim Betrieb der beiden grossen N2-Tunnel Seelisberg und Gotthard gewonnen wurden, konnten vollumfänglich einfliessen.

Unter den vorerwähnten Aspekten und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die N8 Hergiswil–Sarnen–Brünig eine ausgesprochene Ausflugsroute ist, welche am Wochenende, speziell aber am Sonntagabend zwischen 16 und 20 Uhr, einen einseitigen in Richtung Norden anfallenden Stossverkehr aufweist, wurde entschieden, dass die Führung des Tunnelbetriebes N8 durch die