
Drainage of single permanent shotcrete linings in Swedish rock tunnels

ENTWÄSSERUNG VON EINSCHALIGEN SPRITZBETON-AUSKLEIDUNGEN IN SCHWEDISCHEN FELSTUNNELN

TOMAS FRANZÉN

Die geologischen Bedingungen in Skandinavien sind für den Tunnelbau günstig, weil das Grundgestein aus hartem kristallinen Fels mit einer dünnen Überdeckung aus quartären Lockergesteinen besteht. Der Fels ist oft gut und großteils selbst tragend, erfordert aber eine Sicherung um lose Blöcke zu stabilisieren und die Oberfläche vor Verwitterung zu schützen. Übliche Sicherungsmaßnahmen bestehen aus vermörtelten Felsankern und typischerweise 5 cm Stahlfaserspritzbeton. Unter ungünstigen Bedingungen bestehen die Stützmaßnahmen in den meisten Fällen aus Systemankerungen mit längeren Ankern in engerem Abstand und einer dickeren Spritzbetonauskleidung zwischen 15 und 20 cm, wobei die Bewehrung mit dem Fels zusammen den Ausbruch stabilisiert. Wenn schwierige, nicht standfeste Zonen zu überwinden sind, werden kürzere Abschlüge in Kombination mit vorausseilenden Injektionsankern zur Sicherung erforderlich. Doch noch immer erfolgt eine einschalige Spritzbetonauskleidung. Das heißt, dass wir Ortbeton oder vorgefertigte Betonschalen nur in wenigen sehr besonderen Fällen verwenden.

Um die ständig wachsenden Anforderungen an die Abdichtung zum Schutz unseres Grundwassers zu erfüllen, wenden wir gewöhnlich vorausseilende Injektionsschirme an, um den Wassereintritt auf bestimmte Werte zu reduzieren, die mittlerweile oft bei so geringen Werten wie 2 – 5 l/Min. und 100 m Tunnel liegen. Teilweise sind die Anforderungen noch strenger, wenn der Tunnel in einer sensiblen Umwelt gebaut wird oder wenn man aus funktionalen Zwecken bestrebt ist, einen praktisch trockenen Tunnel zu erzielen. Trotzdem wird man sich immer um etwas Feuchtigkeit und Tropfwasser kümmern müssen. Die funktionalen Anforderungen an

Geological conditions in Scandinavia are favourable for tunnelling, as much of the bedrock consists of hard crystalline rocks with moderate overburden of quaternary soils. The rock is often competent and largely self bearing, but needs support to stabilise any loose blocks and to seal the surface to prevent deterioration. Normal support consists of grouted rock bolts and typically 50 mm of fibre reinforced shotcrete. Where conditions are less favourable, support measures are still in most cases based on bolting, although with longer bolts at tighter patterns and a thicker shotcrete lining, say 150 - 200 mm, where the reinforcement is interacting with the rock mass in stabilising the opening. When passing difficult weak zones, short rounds may be necessary and "spiling bolts" for stabilisation, but still this is normally followed by a single permanent shotcrete lining. This means that we use in situ or prefabricated concrete linings only in a few very specific cases.

To meet ever increasing demands on sealing to preserve groundwater conditions, we normally use pre-grouting, to reduce water ingress to specified values, today often as low as 2 - 5 l/min and 100 m tunnel, or even less in cases with sensitive environment or an ambition to achieve a practically dry tunnel for functional purposes. Still, there will always be some moisture and dripping water that must be taken care of. The functional demands on waterproofing of roof and walls differ for different projects. In road tunnels a wet and slippery road surface may be dangerous and in our climate we will also have frost and icicles which cannot be tolerated. In rail tunnels no dripping can be tolerated

die Wasserabdichtung von First und Ulmen sind je nach Projekt verschieden. In Straßentunnels kann eine nasse und rutschige Fahrbahn gefährlich sein und in unserem Klima gibt es auch Frost und Eiszapfenbildung, was nicht zu tolerieren ist. In Eisenbahntunnels darf es kein Herabtropfen auf die Fahrleitung geben. Daher müssen auch kleine verbleibende Wassereintritte abgeleitet werden.

Das wird gewöhnlich mit „Drainagen“ gemacht, die auf dem bereits angebrachten Spritzbeton befestigt werden, nachdem Feuchtigkeit und Tropfwasser von First und Ulmen lokalisiert und gemessen wurden. Früher waren solche Drainagen ca. einen halben bis einen Meter breit, aufgebaut aus einem Gummischlauch, der dem Zweck diente einen offenen Raum für den Wasserfluss unter einer Matte aus Mineralwolle zu schaffen. Dieser Aufbau wurde wiederum von einer Mattenbewehrung und einer oder zwei Schichten Spritzbeton bedeckt (4 und 2 cm vgl. Bild 1). Wenn die Temperaturen im Winter sogar in vielen Tunnels, unter Null Grad fallen, sind Probleme mit zugefrorenen Drainagen und daraus resultierenden Reparaturarbeiten aufgetreten. Daher wurden Großversuche in einem Testtunnel sowie Temperaturberechnungen durchgeführt, die zu Änderungen der Standardkonstruktion führten und nunmehr werden

on overhead contact wires. So, even small remaining leakages have to be taken care of.

This is normally done by "drains", installed on the already sprayed concrete after identifying and quantifying moisture and dripping water from the roof or walls. In earlier days, such drains used to be about half to one meter in width, built up with a rubber pipe serving to keep some open space for water flow under a mat of mineral wool, in turn covered by mesh and one or two layers of sprayed concrete, (40 + 20 mm in figure 1). As the temperatures fall below zero during winter time, even inside many tunnels, problems have occurred with freezing drains and subsequent repair work. Therefore field investigations in a test tunnel have been performed as well as temperature calculations, which resulted in modifications of the standard design and much wider and better isolated drains are now used. The isolation is usually made up of polyethylene mats and the pipe is replaced by slots grooved in the mat. The mesh is replaced by steel fibre reinforcement, and lately a small amount of polypropylene fibres (2 kg per m³) is also included in the (outer layer of) shotcrete to prevent spalling in case of fire.

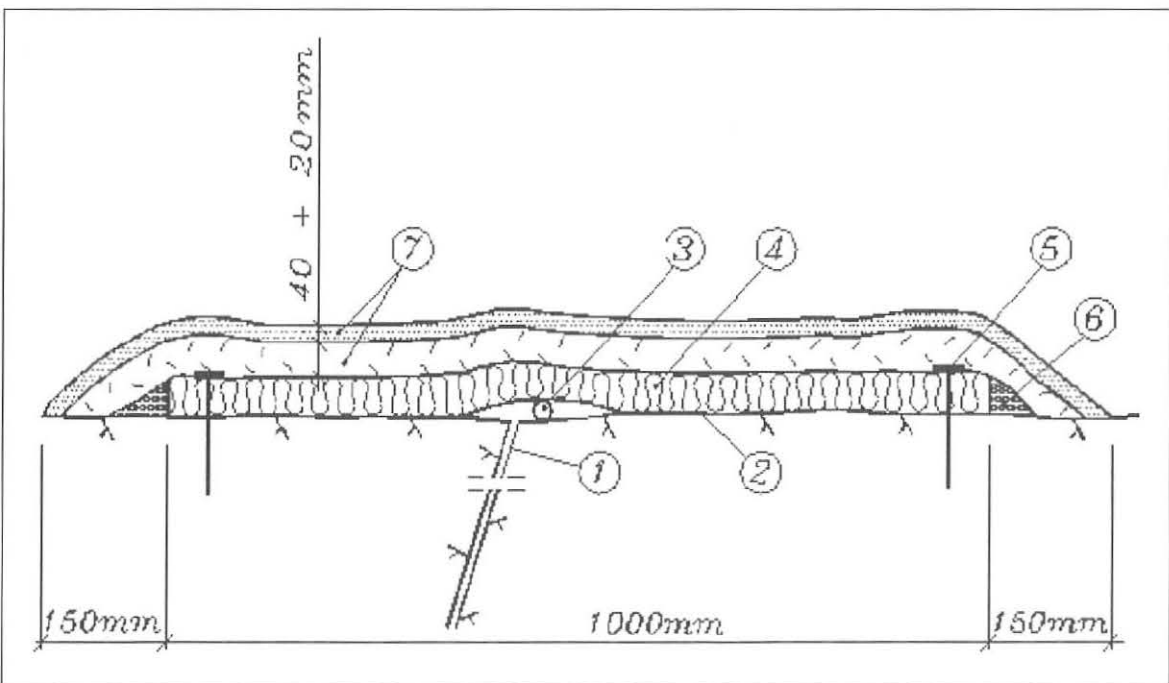


Fig. 1: Traditional drain, here applied directly on the rock surface and covered with 40+20 mm of shotcrete. It is often installed after a first shotcrete layer has been sprayed and today built up from polyethylene mats with grooved slots instead of mineral wool and a pipe as in the figure [1].

Bild 1: Traditionell aufgebaute Drainage, hier direkt auf die Felsoberfläche angebracht und mit 4+2 cm Spritzbeton abgedeckt. Diese wird oft nach dem Aufbringen der ersten Spritzbetonschicht angebracht und heutzutage aus Polyethylenmatten mit eingekerbten Schlitzn aufgebaut anstatt der Mineralwolle und dem Schlauch wie in der Zeichnung gezeigt [1].

breitere und besser isolierte Abläufe verwendet. Die Isolierung besteht gewöhnlich aus Polyethylenmatten und der Schlauch wird von Schlitzern ersetzt, die in die Matte eingearbeitet werden. Die Mattenbewehrung ist durch Stahlfaserbeton ersetzt und seit kurzem wird auch eine kleine Menge von Polypropylenfasern (2 kg/m^3) in die (äußere Schicht) des Spritzbetons zugegeben um das Abplatzen bei Feuereinwirkung zu verhindern.

2. Literature

- [1] Holmgren, J.: Experience from shotcrete works in Swedish hard rock tunnels. Second International Conference on Engineering Developments in Shotcrete. Australia, Balkema 2004.