



strasse und verkehr

route et trafic

10 / 2005



Sicherheit in den NEAT-Tunnels

Die Zulaufstrecken zur NEAT

Bestimmung des Wassersättigungsgrades von Walzasphalt

Sécurité dans les tunnels de la NLFA

Les lignes affluentes aux NLFA

L'évaluation de la sensibilité à l'eau des enrobés bitumineux compactés

Behandlung des Strassenuntergrundes durch Injektion von Expansionsharzen

Durch jüngste Forschungsentwicklungen bei der Behandlung von Böden mit Injektion von Expansionsharzen konnten auch im Strassenbereich interessante Ergebnisse erzielt werden. Im Glarnerland wurden auf diese Weise zwei Strassenstücke saniert und damit ein Neuaufbau des Strassenuntergrundes hinfällig.

Von **Alberto Paschetto** *

Oft werden bei auf Aufschüttungsmaterial gebauten Strassen (beispielsweise Strassen am Berghang oder auf Auffüllungen) mit der Zeit Abnutzungserscheinungen des Bodenbelages festgestellt, die durch Risse und Setzungen deutlich sichtbar sind. Letztere sind oftmals auf Senkung des Strassenuntergrundes oder des Bodens, auf dem dieser aufliegt, zurückzuführen und beruhen auf einer mangelnden Verfestigung des Bodens oder auf Volumenverlusten desselben auf Grund von Ausschwemmungen.

Durch die Verfestigungs- und Verdichtungsmassnahmen des Uretek Deep Injections-Systems soll die Tragfähigkeit des Strassenuntergrundes erhöht werden, indem gleichzeitig etwaige Hohlräume gefüllt werden und die relative Dichte des zu behandelnden Bodens gesteigert wird. Die patentierte Verfahrensmethode besteht in der Tiefenverdichtung des Bodens mit Injektion polyurethanother Harze, die bei ihrer Expansion auf die umliegende Festmasse verdichtend wirken und somit die Konsistenz erhöhen.

Die Bohrung der Injektionslöcher erfolgt von Hand durch Elektroböhrer mit Kettenvorschub oder durch ölhdraulische Miniböhrsonden. Die Böhrlöcher haben einen Durchmesser von 18 bis 26 mm und werden durch die Teerschichten oder Betonplatten (bei Betonstrassenbelägen oder Flughafenstrukturen) hindurch in einer maximalen Länge von 3 bis 4 Metern gesetzt. Das Verlegen der Injektionsleiter erfolgt nach Abschluss der Bohrung, anschliessend beginnt man mit der Injektion an sich. Mit einer Pistole, die an die Böhröffnung angesetzt

wird, spritzt man die Harzmischung. Diese wird in einer eigens dafür vorgesehenen Mischkammer vorbereitet. Die Injektion wird sofort unterbrochen, sobald die gewünschte Anhebung erreicht ist. Dies wird in Realzeit mit entsprechenden Instrumenten gemessen. Der Materialfluss wird unterbrochen und die durch die sekundenschnelle Ausdehnung der Harze erzielten Bewegungen werden sofort eingestellt.



1

1: Das überschüssige Injektionsmaterial quillt aus der Trockenmauer und wird entfernt.

1: La matière injectée en trop sort du mur en pierres sèches et est éliminée.



* **Alberto Paschetto**,
Dr. Ing. Geotech., Uretek
(Schweiz) AG, Hergiswil

Traitement du sous-sol routier par des injections de résines expansives

Les plus récents développements dans la recherche pour le traitement des sols avec des injections de résines expansives ont également fourni d'intéressants résultats dans le domaine routier. Dans le canton de Glaris, deux tronçons routiers ont été réhabilités de cette manière, ce qui a permis d'éviter un renouvellement de leurs fondations.

Injektionsplan

Die Bohrlöchersequenz, durch welche die Einspritzung erfolgt, sowie die Ausführungs- und Kontrollmodalitäten werden festgelegt und im Rahmen eines speziellen Planes auf Grundlage der zu erreichenden Ziele ausgearbeitet. Die Injektionsstellen werden alternierend gesetzt, sodass die Dissipation des Druckes, der sich infolge der Harzausdehnung im Boden einstellt, gefördert wird.

Die Arbeiten werden für ihre gesamte Dauer durch ein spezielles Laserinstrument überwacht, mit dem die Bewegung der Strassenoberfläche mit einer Genauigkeit von $> 0,1$ mm festgestellt werden kann.

Für diese spezielle Anwendung wird ein Harz mit niedrigem Expansionsdruck, hoher Dichte und hoher Druckfestigkeit in festem Zustand verwendet. Die Härtingszeit des Materials ist im Vergleich zu den für die Verfestigung verwendeten Harzen relativ lang: damit kann das Material effizienter in die Struktur eindringen.

Im Sernftal angewendet

Im Glarnerland auf der Strecke zwischen Schwanden und Engi wurde im September 2004 das Verfahren in zwei Baulosen auf der Sernftalstrasse angewandt.

Die am Berghang errichtete Strasse mit Asphaltbelag grenzt bergseitig an eine Bruchsteinmauer und talseitig an eine Trockenmauer aus Bruchsteinen mit einer Höhe bis zu 3 Metern. Talseitig wurde ein Betonbord in von etwa 50 cm aufbetoniert, in dem die Streben der Leitplanken verankert sind. Auf Grund zahlreicher Neuasphaltierungen beläuft sich die Gesamtdicke des Asphaltbelages auf 15 bis 20 cm. Die darunterliegende Kiesschicht hat eine Dicke von 60 cm. Unter dieser befindet sich Moränenschüttgut. Seit vielen Jahren gab der Bodenbelag an manchen Stellen nach. Dies führte zu



2

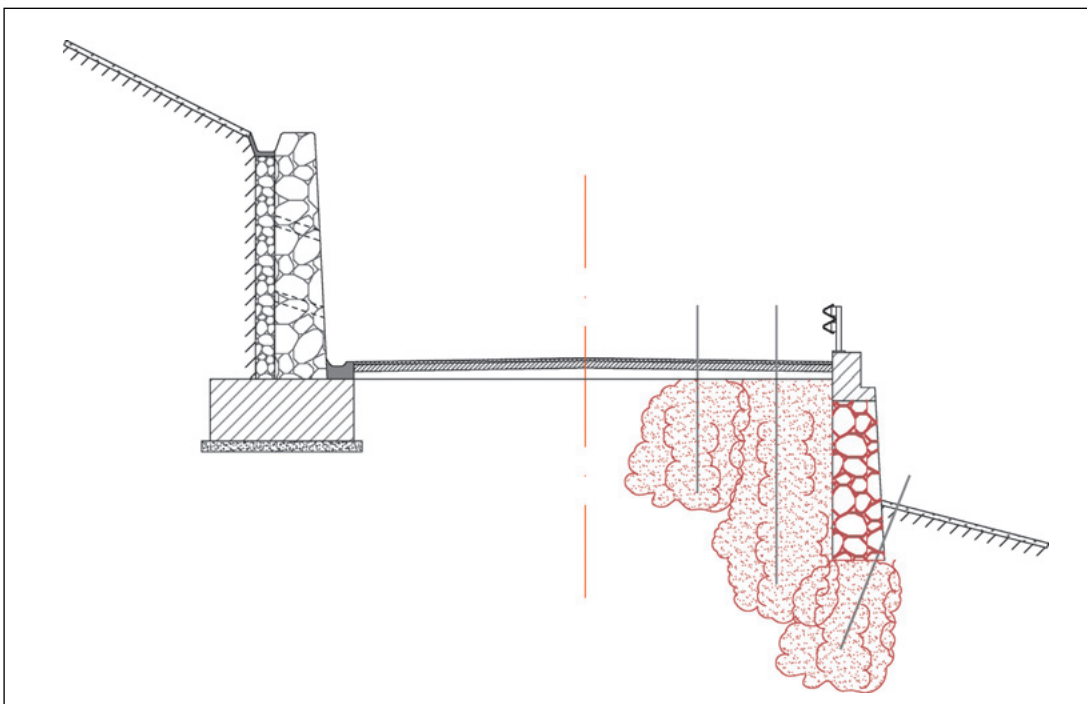
2: In einem Achsenabstand von 60 cm werden Löcher in den Untergrund gebohrt. Dies geschieht nach einem genauen Injektionsplan.

2: Des trous sont forés tous les 60 cm dans les fondations selon un plan précis d'injection.

gefährlichen Setzungen auf der Fahrbahn. Der mögliche Einsatz der Uretex-Methode wurde vom planenden Ingenieur sofort in Betracht gezogen und ein Preisvergleich mit einer zweiten Ausführungsvariante erstellt. Zwei Vorteile sprachen klar für die Uretex-Methode: die Möglichkeit beinahe ohne Verkehrsbehinderung zu sanieren und die Kosten.

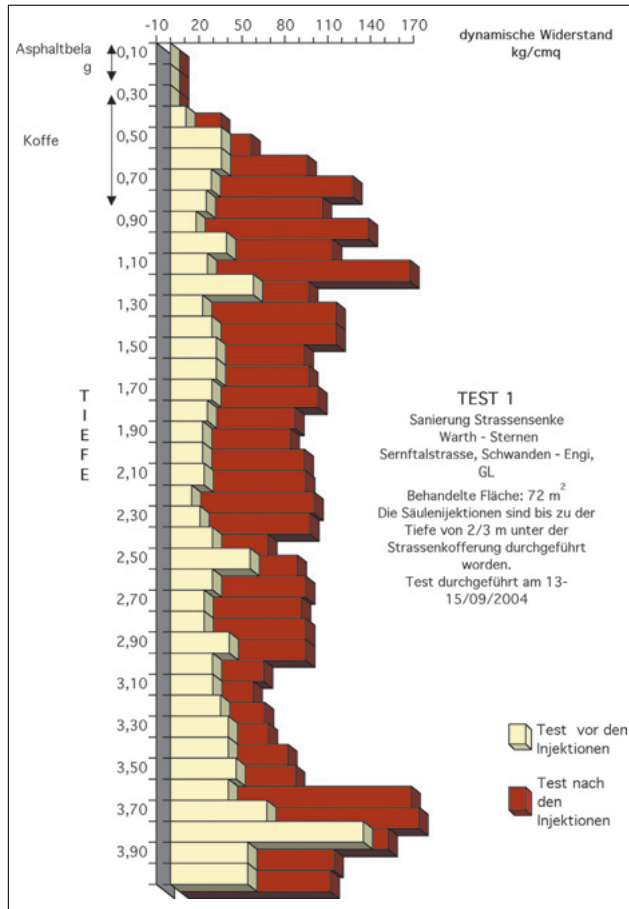
Zunächst wurde eine Reihe von Bohrungen mit einem Achsenabstand von 60 cm auf dem Bodenbelag, entlang

3



3: Schnitt durch den Aufbau der Sernftalstrasse. Dunkelrot dargestellt ist das eingespritzte Verdichtungsmaterial.

3: Coupe à travers la structure de la route du Sernftal. Le matériau de densification injecté est représenté en rouge foncé.



4

4: Die Ergebnisse des dynamischen penetrometrischen Testes zeigen eine deutliche Verbesserung des Untergrundes.

4: Les résultats du test au pénétromètre dynamique montrent une nette amélioration du sous-sol.

der Fundamente und der zu bearbeitenden Mauer ausgeführt. Anschliessend wurde in jede Bohrung ein Kupferrohr eingeführt an das die Injektionspistole angesetzt wurde. Durch das Einspritzen in den Fundamentbereich der Mauer und der Strasse konzentrierte man sich in der ersten Massnahmenphase direkt auf die Fundamente und injizierte flüssiges Material mit kontrolliertem Druck. In einem zweiten Schritt und mit derselben Vorgangsweise wurden das Ganze in einer zweiten und dritten Injektionsebene wiederholt, sodass die Festigungsmassnahmen bis in eine Tiefe von 3 m der Arbeitsebene gesetzt werden konnten. Es handelte sich um ein darunterliegendes Volumen von insgesamt 100 bis 120 m³ des Fundaments der Stützmauer und betraf 150 m² Strassenabschnitt, mit einer durchschnittlichen Anhebung von ca. 2 mm.

Die Injektionen erfolgten allmählich, durch die Entnahme der von oben bis in die Stützebene eingeführten Rohre. Das behandelte Volumen entspricht insgesamt 350 m³. Die Effizienz der Injektionen wurde durch die Durchführung von zwei Penetrometervergleichsproben überprüft, die vor Ort vor und nach den Massnahmen genommen wurden und eine beachtliche Konsistenzzunahme durch die Injektionen belegen. ■

«Bis jetzt verhält sich das eingebaute Material gut»



«strasse und verkehr» hat bei Werner Brunner vom Ingenieurbüro Runge in Glarus nachgefragt, weshalb er als projektierender Ingenieur die Uretek-Injektionsmethode auf der Sernftalstrasse eingesetzt hat und mit welchem Erfolg.

Hatten Sie bereits Erfahrung mit dieser Methode sammeln können?

Dieses Verfahren konnte ich bereits bei Gebäudesanierungen einsetzen. So bei einem Haus in Braunwald, das in einem Hang steht der recht viel Wasser führt. Wir haben dort das Uretek-System zur Fundamentstabilisierung angewendet. Auch im Kleinen habe ich dieses System schon eingesetzt zum Beispiel bei Stützmauern.

Weshalb haben Sie sich entschieden, das System bei einer so grossen Anwendung einzusetzen?

Wir hatten den Auftrag, die Kunstbauten der Sernftalstrasse zu beurteilen. Der ganze Aufbau der Strasse war schlecht. Wir hatten sehr grosse Setzungen im Strassenbelag festgestellt. Es zeigte sich, dass sowohl der Untergrund als auch die Trockenstützmauern verfestigt werden mussten. Wir haben dann zwei Sanierungsvarianten miteinander verglichen. Die eine Variante wäre ein neuer Gesamtaufbau gewesen, die andere die Injektionsvariante. Wir haben uns zusammen mit dem Bauherrn entschieden, das System hier anzuwenden, obwohl es die erste Anwendung auf einer Schweizer Asphaltstrasse war.

War es vor allem eine Kostenfrage, dass Sie sich für dieses System entschieden haben?

Ja, ganz klar. Ein Neuaufbau der Strasse wäre in diesem Fall nicht nur sehr aufwändig gewesen sondern auch geländetechnisch sehr schwierig. Es besteht an dieser Stelle kaum Platz für Umfahrungsmöglichkeiten. Man kann aber nicht generell sagen, dass diese Anwendung immer günstiger ist. Man muss jede Situation einzeln beurteilen.

Was waren die Risiken?

Das System wurde so in der Schweiz noch nie angewendet und wir wussten nicht, ob sich der Strassenabschnitt so verhalten wird, wie wir das erhofften. Die Kontrollmessungen durch die Baudirektion haben nun gezeigt, dass es in der Zwischenzeit eines Jahres keine Setzungen mehr gegeben hat.

Interview: Martin Etter