



NOUVEL OUVRAGE TECHNIQUE page 2

Guide de conception pour l'amélioration des sols
par injections de résine expansive



**AUTOROUTE N6,
KIESEN-THOUNE:**
4800 m² de dalles de
chaussée stabilisées au
niveau des joints

page **8**



**MANUFACTURE
HORLOGERE, LE LIEU:**
De grandes cavités sous
le sol d'une halle comblées et
le sol relevé

page **10**

Technicité

Guide pour l'amélioration des sols de construction par injections de résine URETEK



à commander par courriel chez uretek@uretek.ch

Le guide de conception pour l'amélioration des sols par l'injection de résine polyuréthane (PUR) expansive a été traduit de l'italien en allemand (existe aussi en français). L'objectif principal du livre est de mettre à disposition des concepteurs de mesures d'amélioration des sols, grâce à la méthode URETEK, une base de travail ainsi que des instructions pour leur permettre de prédimensionner individuellement de telles mesures.

Déroulement du travail

Les propriétés physiques et mécaniques du PUR ainsi que ses domaines d'application généraux sont décrits en introduction dans le guide. Les domaines et possibilités d'application géotechniques de la méthode URETEK sont multiples. Pour exécuter les injections à

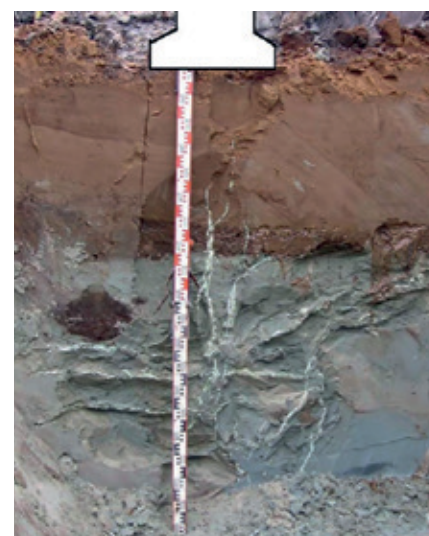
une profondeur donnée, la résine PUR est injectée à l'état liquide dans le sol à consolider par des tubes d'injection introduits dans des petits forages d'un diamètre maximal de 30 mm, préalablement forés. La résine PUR injectée gonfle alors fortement et agit de manière à compacter le sol environnant, ce qui permet une augmentation de la portance du sol. Dans les sols à grains grossiers (sables et graviers), l'injection PUR

traverse les volumes des vides et il se crée un conglomérat monolithique avec des propriétés mécaniques plus importantes (figure 1), par contre les pores des sols cohérents à grains fins (argiles et limons) ne sont pas traversés mais il se forme un réseau à mailles serrées et lamellaire semblable aux racines d'une plante (figure 2).

Figure 1



Figure 2



Possibilités d'application

L'augmentation de la portance ou l'amélioration du sol d'infrastructures existantes destinées à être surélevées, pour permettre une densité d'utilisation plus importante ou un changement d'affectation, sont des exemples de possibilités de mise en oeuvre pour des injections plus profondes dans le sol. Une autre application est la sauvegarde d'immeubles présentant des dégâts dus à des tassements. L'injection de résine PUR à certaines profondeurs peut permettre une stabilisation du sol ou de compenser des tassements différentiels par le relevage des fondations (figure 3). La stabilisation ou le relevage de bâtiments au moyen d'injection de résine PUR peut présenter une alternative moins onéreuse que la reprise en sous-oeuvre conventionnelle.

La procédure et les effets sont semblables pour les injections proches de la surface du sol. Les possibilités de mise en oeuvre peuvent pourtant être considérablement élargies. Il est possible, par exemple, d'améliorer des routes par une stabilisation ou de relever des couches de fondation de routes (coffrages), couche de couverture comprise. La stabilisation de culées de ponts et de murs de soutènement est également possible par des injections de résine PUR dans le sol. En outre, l'injection de résine PUR dans des sols se contractant ou gonflant (argiles) permet de réduire la perméabilité hydraulique. Il en résulte des déformations différentielles plus faibles et donc moins de dégâts (fissures) aux infrastructures ou bâtiments existant.

Avantages

Les avantages principaux de la méthode URETEK par rapport aux mesures conventionnelles d'amélioration des sols ou de reprise en sous-oeuvre de bâtiments sont une courte période de travaux et une intervention constructive minimale. Pour introduire les tubes d'injection, des trous d'un diamètre maximal de 30 mm sont forés par la fondation. Ceux-ci peuvent également être exécutés à l'intérieur de bâtiments et provoquent peu de dérangements. Dans la plupart des cas, seuls des travaux d'excavation peu importants sont nécessaires, par exemple lorsque il faut ajuster des conduites de services



Figure 3

dans une cave à la suite du relevage d'un immeuble ou placer les presses plates d'assistance (figure 4). L'élimination simple de tassements différentiels qui peut être réalisée également sous les murs intérieurs d'une cave ou au milieu de la dalle de fondation présente bien des avantages. L'élimination des mêmes dégâts est beaucoup plus compliquée et onéreuse par une méthode classique de reprise en sous-oeuvre par micro-pieux. Les injections de résine PUR expansive permettent, outre d'augmenter la portance du sol, de diminuer la perméabilité de celui-ci. A cause de tous ces nombreux avantages la méthode URETEK est une alternative attractive pour l'amélioration de sols de construction ou pour des relevages de bâtiments.

Théorie de la fissuration

Dans le guide, plusieurs des multiples domaines d'application cités ci-dessus sont étayés dans les chapitres suivants par des modèles théoriques et numériques (figure 5). En particulier, les conditions aux limites de la théorie de la fissuration, appliquée pour les relevages d'immeubles, sont décrites en détail. Dans la plupart des cas, les bâtiments à relever sont fondés dans des conditions de consolidation normales du sol de construction avec un

Figure 5

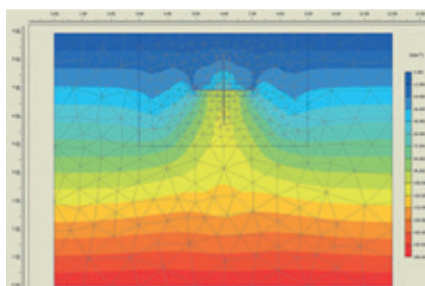


Figure 4

coefficient de poussée des terres au repos de $K_0 < 1.0$ (K_0 = contrainte horizontale/contrainte verticale). Dans ces conditions, une première série d'injections de résine induit, à une profondeur déterminée, la création de fissures en direction verticale. L'expansion de la résine conduit à une augmentation des contraintes horizontales à l'endroit du sol injecté et une deuxième série d'injections permet alors la formation de fissures dans le plan horizontal. La formation de ces fissures provoque ainsi le relevage des fondations du bâtiment.

Des exemples numériques d'injections de résine PUR expansive dans des sols à grains grossiers et dans des sols à grains fins sont présentés à la fin du guide.

Assurance qualité du guide

Le «Kompetenzzentrum für Kunststoffe im Bauwesen (KIB)» (centre de compétence pour matières synthétiques dans la construction) de la HSR Hochschule für Technik de Rapperswil a été mandaté par URETEK Schweiz AG pour procéder à l'assurance qualité de la traduction de l'italien en allemand du guide. Parallèlement, une collaboration active existe depuis un certain temps dans Ra&D, Recherche appliquée et Développement. D'autres informations relatives au centre de compétence se trouvent sous www.kib.hsr.ch.

Christian Bommer, MSc ingénieur civil, directeur KIB



KOMPETENZZENTRUM
KUNSTSTOFFE IM BAUWESEN



HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPERSWIL

Exemple de calcul:

Situation initiale

A Grindelwald, un chalet d'une quarantaine d'années ayant subi des tassements différentiels a été relevé au moyen d'injections de résine expansive. Des mouvements plus importants sont apparus avant l'intervention. L'étude de la stabilité du talus a montré que le bâtiment se trouve dans un glissement. La masse en mouvement se déplace d'env. 50 à 100 mm par an. Les tassements différentiels sont dus à des mouvements de terrain irréguliers. Outre le relevage du bâtiment, les injections ont également amélioré les propriétés du sol. La portance du sol de construction a été améliorée et sa sensibilité aux tassements diminuée. Le contrôle de ses améliorations s'est fait à l'aide de sondages au pénétromètre. La preuve par le calcul selon Swisscode n'a pas été faite. C'est pourquoi, une proposition a été élaborée pour montrer la manière dont la preuve de l'amélioration du sol de construction peut être apportée.

Bases relatives aux injections de résine expansive

La résine utilisée pour les injections possède la propriété de pouvoir subir un gonflement multiple. Le sol est compacté par ce gonflement à

l'endroit des injections. Le rapport de gonflement (volume final de la résine expansée V_{re} par rapport au volume initial de la résine à l'état liquide V_{ra}) décrit l'expansion de la résine. Il est fonction de la pression de gonflement P de la résine. La pression de gonflement diminue lorsque le rapport de gonflement augmente. La relation peut être décrite par un rapport empirique et représentée graphiquement en tant que courbe rhéologique.

L'importance de la pression de gonflement de l'injection induite dépend des propriétés du sol et des contraintes dans celui-ci. Pour la calculer, la courbe de réaction du sol doit être établie. Celle-ci représente la tension de confinement moyenne (pression à la surface limite entre injection et matériel de sol) en fonction du rapport de gonflement de l'injection. La pression de gonflement augmente avec l'augmentation du gonflement. Si la courbe de réaction est représentée dans le même diagramme que la courbe rhéologique, les deux courbes se recoupent. Un équilibre des forces entre la tension de confinement moyenne et la pression de gonflement règne au point d'intersection. La résine gonfle jusqu'à ce que cet équilibre

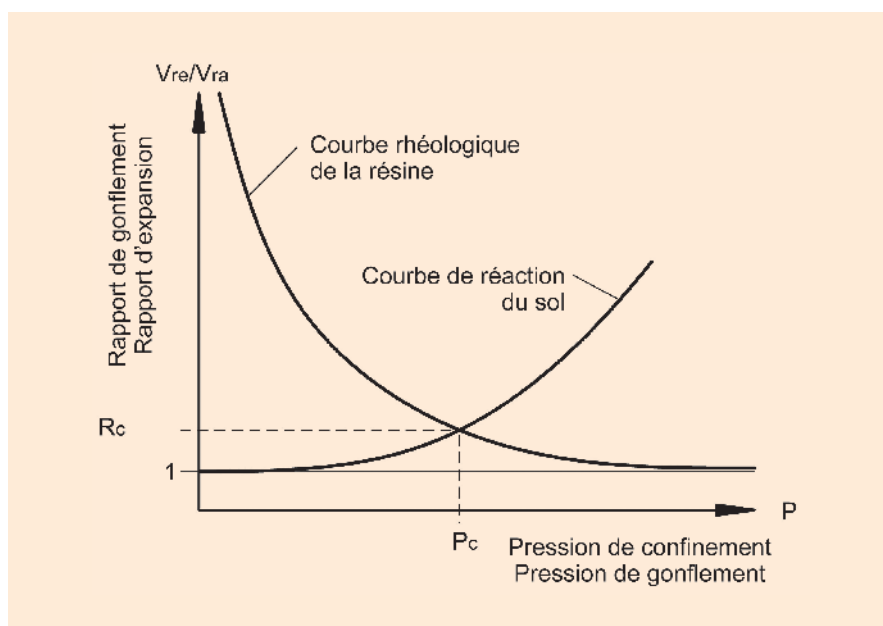
soit atteint. L'expansion effective R_c et la pression de gonflement P_c d'une injection sont ainsi déterminées.

Modélisation du projet considéré

L'amélioration du sol de construction du projet considéré a été analysée au moyen d'un modèle numérique simple. Le modèle bidimensionnel a été réalisé avec le logiciel Plaxis 2D. Il représente une coupe longitudinale à travers la fondation longue de 12 m. Le sous-sol est composé d'une couche de sol homogène d'une puissance de 10 m. Des injections de forme sphérique ont été réalisées à trois niveaux sous la fondation (-0.50, -1.50 et -2.50 m sous la surface du terrain). Les injections sont disposées dans un réseau régulier à une distance de 1 m les unes des autres. Pour simplifier, on a modélisé une surface du terrain plane. Le glissement actif dans la région n'a pas été pris en compte.

Une courbe de réaction a été établie pour chaque point d'injection. Ce qui a permis de déterminer le rapport de gonflement effectif et la pression de gonflement à l'aide de la courbe rhéologique.

Diagramme qualitatif avec courbe rhéologique de la résine et courbe de réaction du sol



Variations de l'état des contraintes dans le sol

Avant l'injection, les contraintes dans le sol étaient dues au poids du terrain et au poids du bâtiment. Les injections ont provoqué une augmentation des contraintes verticales et des contraintes horizontales (siehe Abbildungen rechts).

Quantification de l'amélioration du sol

Le sol est surconsolidé à la suite des injections. Pour les sols surconsolidés, le coefficient de pression des terres au repos k_0 et le rapport entre la contrainte horizontale σ'_h et la contrainte verticale σ'_v sont plus importants que pour les sols normalement consolidés. Si le coefficient de pression au repos augmente, le degré de surconsolidation OCR est le seul paramètre pouvant s'adapter. Avec les contraintes connues après les injections et l'angle de frottement interne du sol ϕ' , il est possible de saisir le degré de surconsolidation.

$$k_0 = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v} = [1 - \sin(\phi')] \cdot OCR^{\sin(\phi')}$$

Formule 1: coefficient de tension au repos k_0

$$OCR = \frac{\sigma'_{v,max}}{\sigma'_v} = \left[\frac{-k_0}{\sin(\phi') - 1} \right]^{\frac{1}{\sin(\phi')}} = \left[\frac{-\sigma'_h}{(\sin(\phi') - 1) \cdot \sigma'_v} \right]^{\frac{1}{\sin(\phi')}}$$

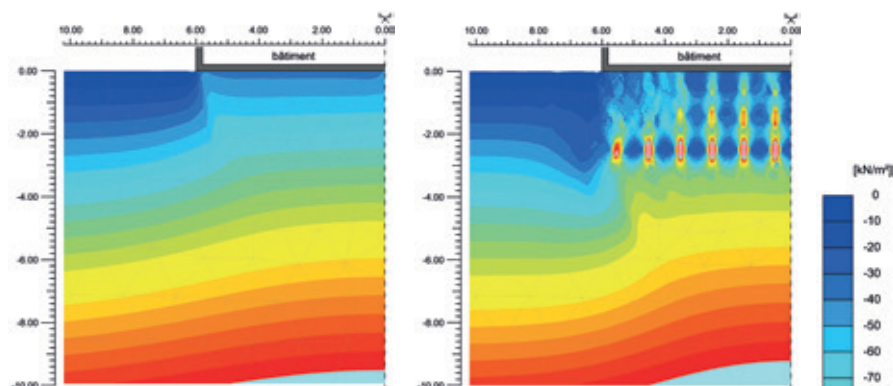
Formule 2: degré de surconsolidation OCR

Les sols à grains fins surconsolidés présentent typiquement une cohésion dans laquelle la surconsolidation est «stockée». L'amélioration du sol par des injections de résine expansive provoque une augmentation de la résistance au cisaillement et de cette cohésion. Une formule a été dérivée pour la relation entre la surconsolidation et la cohésion.

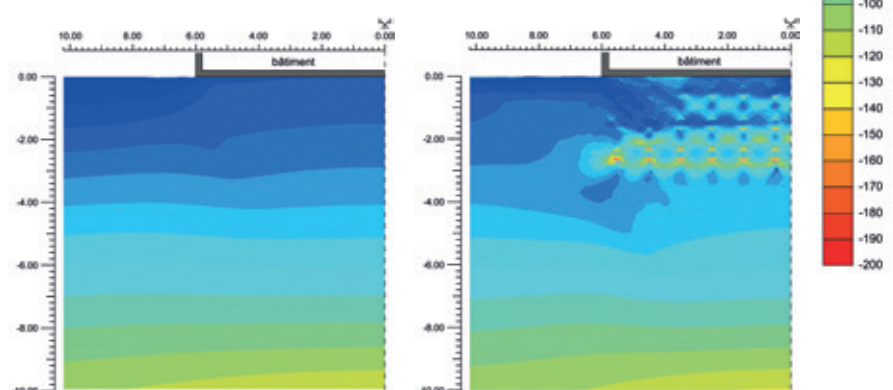
$$c' = \tan(\phi') \cdot (OCR - 1) \cdot \sigma'_v$$

Formule 3: cohésion c' pour cause de surconsolidation

Les sols non cohérents, à grains grossiers ne présentent généralement pas de cohésion. Pourtant, la résistance au cisaillement augment à cause des angles de frottement ϕ'_{max} plus élevés.



Contrainte verticale effective σ'_v avant (à gauche) et après (à droite) l'injection



Contrainte horizontale effective σ'_h avant (à gauche) et après (à droite) l'injection

Les dépôts compacts de matériel de sol provoquent un «emboîtement» des grains. Ce comportement est quantifié par l'angle de dilatance ψ .

$$\tan(\phi'_{max}) = \tan(\phi') + \tan(\psi)$$

Formule 4: angle de frottement interne maximal

Outre la résistance au cisaillement, le module d'élasticité ME augmente également. A la suite de la surconsolidation et du compactage, le sol se comporte comme dans le cas d'une remise en charge. Si les pentes des droites de la charge initiale et de la seconde charge sont connues, le module d'élasticité ME peut être établi.

Le sol du projet considéré est un sol cohérent, à granulométrie fine. La cohésion du sol sous le chalet a ainsi pu être augmentée de 0 kN/m² à 10–25 kN/m² jusqu'à une profondeur de -3.0 m. De plus, le module d'élasticité ME a été augmenté de 5 000 kN/m² à env. 13 500 kN/m².

Grâce aux propriétés améliorées du sol, la portance du sol de construction a été considérablement augmentée. Avec une cohésion supplémentaire de 10 kN/m² déjà, il a été possible d'élever la portance du sol de 42 %. Avec une cohésion de 25 kN/m², la portance du sol est même doublée. Grâce à l'amélioration du module ME, le sol est moins sujet à des tassements. De futurs tassements dus par exemple à une surcharge, suite à la surélévation d'un bâtiment, seront diminuées de 63% dans les couches de 3 m d'épaisseur, améliorées par les injections. Les preuves selon Swisscode ont été apportées.

Lukas Berner, BSc ingénieur civil FHO



HSR

HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

Etude de cas

Stabilisation du couloir de raccordement d'une station de montagne

Eggishorn (2927 m d'altitude)



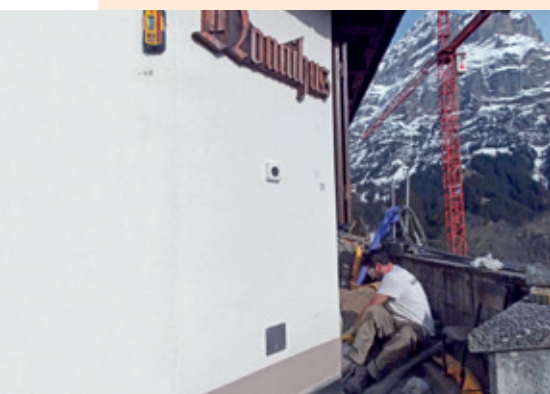
Au cours du temps (probablement en raison du recul du permafrost), le couloir reliant le bâtiment principal à l'installation ouest s'est tassé d'env.



6 cm. Le couloir de raccordement se compose d'une structure en béton armé recouverte de dalles de pierre du côté du glacier et remblayée de terre de l'autre côté. Le sous-sol est un remblai de pierres et de terre. Une fois l'ensemble de l'installation nécessaire au travail démontée du camion de service, transportée vers la station par téléphérique et hélicoptère, le couloir de raccordement a pu être stabilisé.

Un gros chantier provoque des tassements à un chalet

Unterpfand, Grindelwald



Le chalet a été construit dans un talus il y a environ 60 ans et une annexe ajoutée il y a 20 ans. La fondation de la partie ancienne du bâtiment présente des reprises de bétonnage d'env. 1.00 m de



profondeur à partir du bord supérieur de la dalle (entreprises après coup), celle de l'annexe présente une dalle de fondation avec coupe-gel entourant. Suite à un gros chantier dans le voisinage (fouille avec parois clouées), les deux parties du bâtiment se tassent du côté de la vallée et un ameublissement prononcé a été constaté dans le sol de fondation. Pour soutenir le processus de relèvement, les travaux d'injection sur les reprises de bétonnage ont été menés en utilisant simultanément 2 vérins.

Augmenter la capacité portante du sol de fondation pour la surélévation

Immeuble d'habitation, Brugg



Cet immeuble de 5 étages a été construit en 1946 et se compose d'une construction maçonnée dont le sous-sol et les plafonds intermédiaires sont en béton. Un projet vise à surélever l'immeuble de deux



étages supplémentaires (construction légère en bois). Les fondations n'ayant été dimensionnées que pour le poids actuel, il était nécessaire de renforcer la base des fondations pour pouvoir supporter la charge supplémentaire. La surface de l'immeuble est d'env. 185 m², et les semelles de fondations de 50 cm de large sur 50 cm de profondeur ont été stabilisées à plusieurs endroits surchargés jusqu'à une profondeur de -2 m depuis le bord inférieur de la dalle et sur une longueur totale de 28 m.

Etude de cas

5 maisons individuelles mitoyennes stabilisées pendant la construction

Marly

Dès la phase de construction, les parties de ces 5 maisons individuelles mitoyennes qui n'étaient pas construites sur des caves commençaient à s'affaisser légèrement du côté du jardin, et plusieurs fissures verticales sont apparues. Les sous-sols sont en béton, le rez-de-chaussée et les étages sont constitués d'une maçonnerie en briques à double paroi avec des plafonds de béton. Seule une moitié de la surface des maisons est construite sur cave (côté rue); du côté jardin, un coupe-gel entoure les dalles de fondation. Le sol de fondation instable (en

grande partie constitué de matériaux de remblai) des zones non construites sur des caves a été stabilisé en seulement 3 jours jusqu'à une profondeur de -3 m à partir du bord inférieur de la dalle de fondation.



Consolidation du sous-sol avant excavation pour une grande fosse de pompage

Groupe pharmaceutique, Prangins

Dans un bâtiment industriel, afin d'éviter l'écroulement d'une fosse dont le creusement a été prévu (3.45 m x 3.45 m = 11.90 m² et -3.60 m de profondeur à partir du bord supérieur de la plaque de fondation) et de minimiser la pénétration des eaux souterraines dans la fosse, des mesures de stabilisation par injections de résine ont été nécessaires. D'une part, le sous-sol sous les piliers et parois en béton adjacents ont été renforcés, et d'autre part la zone entourant la future fosse a été compactée et consolidée

(futur fond de fouille et futures parois). Après l'injection d'env. 120 m³ de volume de sol, l'excavation et le bétonnage ont pu être exécutés dans des conditions idéales.



Relèvement d'un bâtiment de 4 étages en bord de lac

Maison individuelle, Ennetbürgen

Cette maison individuelle située à 10 m du bord du lac a été construite il y a 60 ans de plein-pied. La dalle de fondation en béton de 10 cm est reliée à la couche de pierres de dessous. Le sous-sol est composé d'un remblai à la fois sableux et graveleux (env. 2-3 m) avec des blocs et de grandes cavités entre les deux. Les tassements de 10 cm du côté du lac sont probablement apparus dès le début des travaux à cause du remblai. Pour soutenir le processus de relèvement, les injections ont été effectuées simultanément avec la

mise en oeuvre de presses hydrauliques. Le bâtiment d'une surface de 60 m² a été relevé de 8.7 cm. Les analyses effectuées montrent que la qualité de l'eau du lac est restée de qualité irréprochable.





Etude de cas

Remise à niveau de 4800 m² de dalles de chaussée sur l'autoroute N6, Kiesen-Thoune

Situation de départ

Depuis sa mise en service en 1973, la route nationale N6 n'a connu aucune rénovation globale et des zones affaiblies et des dommages apparaissent par endroits. Le projet de de conservation de la N6, Rubigen-Thoune-Spiez (RUTS) avait donc pour objectif de rénover la route sur tout le tronçon et de l'adapter dans le même temps aux nouveaux standards actuels. Certaines étapes des travaux ayant été reportées, le tronçon de Kiesen à Thoune sera réparé en 2019 au plus tôt.

Sur le tronçon concerné, les dalles de chaussée sont devenues instables au niveau des joints. L'instabilité des dalles provoquait en premier lieu des fluctuations lors du passage de poids lourds. Des affaissements se sont également formés par endroits et les dalles menaçaient de rompre partiellement. En raison de l'instabilité des dalles de chaussée, les vibrations ont aussi nettement augmenté. Une stabilisation temporaire des dalles de béton en mauvais état était donc nécessaire en attendant les travaux.

Les dalles de chaussée en béton font 22 cm d'épaisseur avec un coffrage de gravier compressé d'env. 0.80 m – 1.00 m. Une feuille plastique a été placée sur le coffrage, puis les dalles de béton (4.00 m x 6.25 m = 25 m²) ont été mises en place avec des finisseurs.



Perçages (diamètre 12 mm) et des lances d'injection posées



Injection de la résine

Stabilisation

Si l'on avait réparé/stabilisé les dalles de béton en remplaçant le revêtement d'asphalte, de longs travaux auraient été nécessaires sur l'axe principal et les voies auraient dû être fermées même de jour. Par ailleurs, dans cette zone de protection des eaux souterraines, une stabilisation à l'aide de mortier de ciment a été écartée en raison de sa longue durée de prise.

Remettre à niveau les dalles de béton à l'aide du procédé **URETEK Floor Lift®** présentait l'avantage de pouvoir

organiser les travaux pendant la nuit, puisque la résine URETEK se solidifie en quelques secondes après injection (au bout de 5 secondes, la résine commence à gonfler, et après 20 secondes, elle a déjà atteint son expansion maximale).

Afin de stabiliser les dalles de béton, les cavités situées entre la couche de fondation et les dalles de béton ont dû être comblées. Les spécialistes URETEK ont effectué les travaux avec deux poids lourds équipés comme des ateliers.

En préparation des travaux d'injection, des trous de 12 mm de diamètre ont été percés dans les dalles de chaussée à intervalles réguliers de 1.00 m pour pouvoir ensuite y insérer les tubes d'injection. Les deux composants de la résine en polyuréthane se trouvaient dans des récipients, dans les camions de service. Ils sont ensuite passés par un tube d'injection d'env. 70 m de long pour atteindre le pistolet mélangeur. Les deux composants ont été mélangés dans ce pistolet spécial puis injectés directement sous les dalles de chaussée en béton sous contrôle permanent de la pression. Ensuite, la résine s'est répartie et a rempli toutes les cavités grâce à sa force d'expansion: son volume est alors multiplié par 20 (mesuré dans l'espace aérien). L'ensemble de l'opération de stabilisation d'env. 4800 m² de dalles de chaussée en béton a été contrôlée en permanence à l'aide d'appareils au laser et a duré 13 nuits au total.

Evaluation de dalles de chaussée en béton stabilisées il y a des années

Quelques semaines avant le début des travaux, l'Office des eaux et des déchets (OED) du canton de Berne a offert la possibilité au géologue, au maître d'ouvrage et à l'auteur du projet ainsi qu'à URETEK Schweiz AG d'évaluer sur place le résultat d'un comblement de cavité effectué à l'aide de la résine URETEK sous des dalles de béton stabilisées en 2013.

Ainsi, dans le cadre de la réparation globale, certaines dalles de béton ont été brisées, soulevées et tordues. Il s'est avéré que la résine URETEK n'avait, de manière optimale, rempli que les cavités situées entre la plaque de béton et la couche de fondation (couche homogène de seulement quelques millimètres d'épaisseur). La résine URETEK de stabilisante ne s'était pas mélangée à la couche de fondation en graviers. Les dalles de béton, la résine URETEK, la feuille plastique et le coffrage de gravier étaient clairement séparés. Il n'a été détecté aucune zone dans laquelle la résine URETEK aurait pénétré en profondeur. Visuellement, le résultat donnait l'impression que la résine URETEK avait été insérée comme une natte élastique.



Vidéo sur le projet:
www.uretek.ch
> Vidéos

Etude de cas

Comblement de grandes cavités sous la halle, stabilisation du sol et mise à niveau

La manufacture horlogère de Le Lieu a été construite il y a 60 ans sur une ancienne décharge remblayée. Le matériau de remblayage est composé d'un mélange d'argile et de gravier qui retient une grande quantité d'eau. Au cours du temps, les bâtiments se trouvant dans la zone de l'ex-décharge ont commencé à se tasser. Sous la dalle de la zone nord de la halle, de grandes cavités se sont formées, tandis que la zone sud est quant à elle marquée par des tassements importants et la formation de grosses fissures.

L'opération s'est déroulée en 2 étapes, durant lesquelles les procédés **URETEK Cavity Filling®** (voir présentation en dernière page) et **URETEK Floor Lift®** ont été employés:

1^{ère} étape:

URETEK Cavity Filling®

Dans la première étape, la méthode **URETEK Cavity Filling®** a été appliquée dans la zone nord de la halle, sur une surface de travail d'env. 250 m².



Cavités de jusqu'à 40 cm de profondeur

Tout d'abord, les cavités de jusqu'à 40 cm de profondeur situées sous la dalle ont été comblées à l'aide de 15 m³ d'argile expansée Liapor. Pour ce faire, l'argile expansée a été soufflée dans les cavités via des trous de forages carottés de 15 cm dans la dalle. Ensuite, les cavités comblées par l'argile expansée Liapor ont été comprimées à l'aide d'injections de résine et le sous-sol a été compacté jusqu'à env. -1.50 m. D'autres injections de résine ont permis de surélever la dalle et les machines disposées dessus de jusqu'à 40 mm.



Soufflage d'argile expansée Liapor

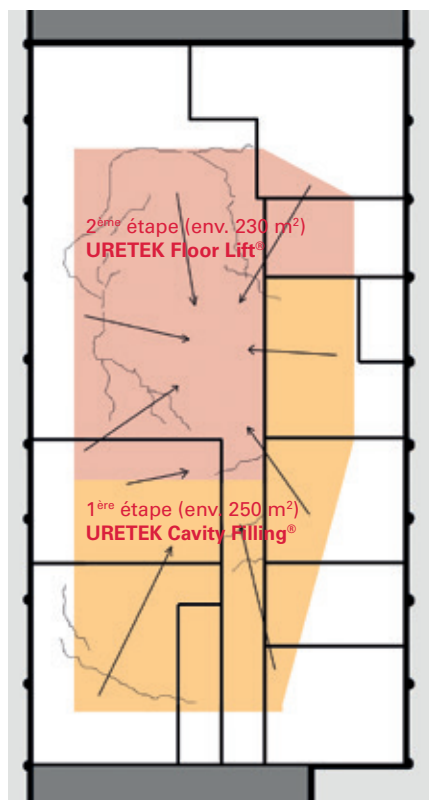


Injection de la résine dans la cavité comblée préalablement avec l'argile expansée Liapor

2^{ème} étape URETEK Floor Lift®

À l'intérieur du bâtiment, dans la zone sud de la halle, des tassements jusqu'à 22 cm sont apparus sur la dalle de 18 cm d'épaisseur. La dalle n'étant que faiblement armée, le sol s'est déformé et de nombreuses fentes et fissures sont apparues sur la dalle. Les tassements étant déjà avancés, les machines de la manufacture horlogère avaient dû être plusieurs fois réalignées et ajustées en fonction du niveau de la dalle qui ne cessait de s'affaisser.

Dans la deuxième étape, la méthode **URETEK Floor Lift®** a été employée dans la zone sud de la halle, sur une surface de travail d'env. 230 m² afin d'éliminer les tassements pouvant atteindre jusqu'à 22 cm. Le sol a été comprimé à deux profondeurs d'injection (-0.30 m et -1.60 m) pour un pas d'injection d'env. 1.50 m, et a été relevé, dans les zones les plus tassées de jusqu'à 22 cm. Le sol de la halle a ainsi été stabilisé et mis à niveau.



Images: travaux d'injection avec relevage du sol de la halle (jusqu'à 22 cm)

La dalle étant très fortement déformée, avec des fentes et des fissures, une surveillance complexe et intensive à l'aide d'instruments de mesure au laser a été nécessaire afin de pouvoir contrôler le résultat atteint par le comblement des cavités situées sous la dalle et le relèvement de la dalle.

L'un des principaux avantages des deux méthodes URETEK employées était que toutes les machines de précision, qui sont extrêmement sensibles aux particules fines, ont pu continuer à fonctionner au cours de la 1^{ère} et la 2^{ème} étape sans, sans aucun réglage supplémentaire. Par ailleurs, la durée des

travaux a été particulièrement courte et les coûts réduits par rapport aux méthodes conventionnelles ont été le facteur déterminant poussant à choisir les méthodes **URETEK Cavity Filling®** et **URETEK Floor Lift®** pour ce projet.

Vous trouverez de plus amples informations sur URETEK Cavity Filling® à la page suivante.

URETEK Cavity Filling®

Comblér les grandes cavités souterraines rapidement et en toute sécurité

Grâce au procédé **URETEK Cavity Filling®**, les grandes cavités souterraines sont comblées et stabilisées. En fonction de la taille et de la forme de la cavité, des trous d'un diamètre d'env. 15 cm sont forés afin de permettre le comblement à l'aide d'un matériau de comblement (argile expansée, gravier etc.) et de résine expansive URETEK. Une fois la cavité comblée à 95 % de matériau de comblement, la résine est injectée à l'aide des lances d'injection précédemment introduites. Le matériau de comblement est compacté et refoulé vers les parois de cavités.

Le procédé **URETEK Cavity Filling®** est une méthode sûre permettant d'éviter l'écroulement des cavités. La cavité comblée à l'aide de cette technique acquiert une stabilité et une capacité de portance élevée.

Avantages

- utilisation facile
- peut être utilisée dans les zones difficiles d'accès
- solution durable
- procédé économique en termes de temps et d'argent

Applications

- cavités naturelles
- anciennes galeries
- espaces souterrains
- canaux hors d'utilisation
- conduites de canalisation hors service



Cavité avant le traitement avec URETEK Cavity Filling®



Ouverture de soufflage (cavité avec matériau de comblement soufflé et lances d'injection)



Fermeture de l'ouverture de soufflage



Injectons de résine (une fois le matériau de comblement soufflé et les lances posées)



Tous les procédés URETEK sur:
www.uretek.ch
Technique > Les procédés URETEK

Représentation schématique du procédé URETEK Cavity Filling®



Visitez notre nouvel
site internet:

www.uretek.ch



URETEK®

LA SOLUTION
S'APPELLE URETEK