

CASE HISTORY

Sols de fondation: risques et défis — solutions URETEK pour travaux d'excavation



Malgré de vastes études et des mesures de sécurité importantes, les travaux d'excavation restent liés à des risques non négligeables. A cause de la densification croissante des constructions et des rénovations du bâti existant, particulièrement en zone urbaine, les exigences relatives à une exécution sans dommages augmentent.

Des impacts sur des propriétés voisines peuvent avoir de graves conséquences. Mais les travaux sur l'immeuble ou l'ouvrage même peuvent également s'avérer problématiques dès que les charges (dus par exemple à des surélévations des bâtiments ou des renforcements nécessaires du point de vue statique) augmentent et que le sous-sol

ne peut les reprendre. Divers exemples montrent comment les problèmes et exigences en relation avec des travaux d'excavation et des augmentations de charges peuvent être résolus.

Pour tous ces exemples, de la résine expansive Geoplus® a été introduite dans le sol selon la méthode **URETEK Deep Injections®**. Le but de cette mesure est d'augmenter la portance du sous-sol de fondation. La profondeur et la distance sur laquelle ces injections doivent être effectuées ainsi que la manière dont la résine expansive est introduite dans le sol de fondation dépendent des exigences propres à chacun des exemples.

Le processus est par principe le même pour tous les exemples et peut être décrit comme suit: dès que la zone à traiter dans le sous-sol de fondation est

atteinte, la résine expansive commence à se répandre dans toutes les directions avec une pression allant jusqu'à 10000 kPa (100 kg/cm²).

La résine expansive se répartit et se répand là où le sol de fondation est plus faible et une consolidation est nécessaire. Dès que la résistance du sol est supérieure au poids du sol et de la structure située au-dessus, la pression due à l'expansion de la résine va se diriger vers le haut et provoquer un soulèvement du bâtiment.

Le début du soulèvement indique que le sous-sol a atteint un degré de solidité et de compacité capable de résister aux tensions statiques des charges situées au-dessus ainsi qu'aux tensions dynamiques du soulèvement même. Dans cette zone, la portance du sous-sol est alors supérieure à la charge statique.

Déstabilisation de bâtiments voisins/charges supplémentaires lors de travaux de transformation

Hôtel de ville Georges-Favon, Genève

Situation initiale: L'Hôtel de ville Georges-Favon à Genève est un immeuble locatif et commercial de 6 étages du côté oriental d'un bloc d'immeubles. Sa construction date de 1900 environ. Les fondations sont des semelles filantes et le sol de fondation est composé en partie de matériel de remblai sensible aux tassements. Une construction nouvelle a été réalisée dans les zones sud et ouest dont la fouille a atteint une profondeur supérieure d'env. 1.5 m à l'assise de la fondation de l'hôtel de ville. Des tassements importants, partiellement motivés par l'ameublement du sous-sol, sont alors apparus. Des travaux de transformation avaient été prévus à l'hôtel

de ville dans un ou deux ans. La mise en place de nouvelles dalles de béton à une augmentation des charges d'env. 5-10 % et aurait causé de nouveaux tassements.

Solution du problème: Après une évaluation importante, de la résine expansive a été injectée dans la zone de la nouvelle construction, à 3 niveaux et à une profondeur jusqu'à 3 m sous la base de la fondation selon la méthode **URETEK Deep Injections®**. Le sous-sol a ainsi été stabilisé et la portance pour les charges supplémentaires augmentée en conséquence. Les travaux ont été effectués en 3 jours.

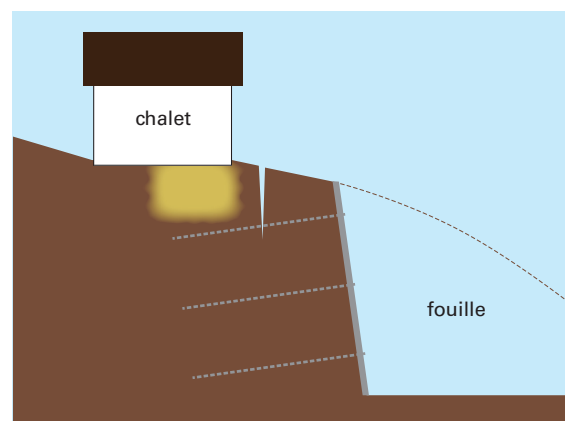


Chalet, Grindelwald

Situation initiale: Le chalet à Grindelwald est situé dans une pente et se compose d'un ancien bâtiment vieux de 60 ans et d'une annexe de 40 ans. Le sous-sol est composé de gravats morainiques. La fondation est disparate: reprise en sous-œuvre en béton d'une profondeur de 1 m dans la pente pour le bâtiment ancien et une dalle de béton avec coupe-gel profond d'env. 1 m pour l'annexe. Une fouille avec une paroi clouée relativement haute de 8 m env. a été exécutée par la technique d'ancrage pour un grand chantier dans une propriété voisine. La distance jusqu'à la fouille était d'env. 5 m. Ces travaux ont provoqué un ameublissement important du sous-sol et des tassements côté aval aux deux parties du bâtiment.

Ces tassements sont d'ampleurs différentes à cause des fondations différentes des deux parties du bâtiment. Un tassement d'env. 20 mm et un déplacement horizontal allant jusqu'à env. 15 mm ont été mesurés pour l'ancienne construction. L'annexe a présenté des tassements allant jusqu'à env. 10 mm.

Solution du problème: Des injections à 3 niveaux de profondeur avec une zone d'expansion jusqu'à 3 m sous la fondation ont été effectuées pour obtenir la stabilisation nécessaire des tassements et le relèvement des bâtiments dans la position initiale. Le sous-sol de fondation devant être injecté côté aval a été d'env. 11 m pour l'ancien bâtiment et d'env. 10 m



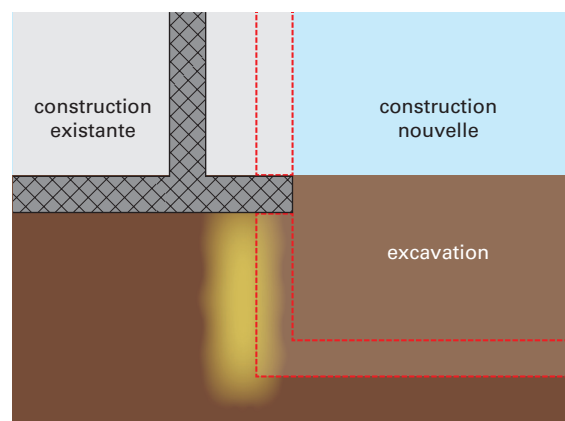
pour l'annexe. Deux presses plates ont été mise spécialement en œuvre lors des injections pour soutenir les travaux de relèvement de l'ancien bâtiment. Les travaux ont duré 3 jours.

Annexe d'un bâtiment existant

Garage Mercedes, Carouge

Situation initiale: Une nouvelle construction annexée à un bâtiment industriel a été réalisée pour le garage Mercedes à Carouge. Le bâtiment existant est fondé sur une dalle de sol en saillie vers la nouvelle construction. Le sol de fondation peut être désigné par glaiseux-argileux. La profondeur d'excavation pour la nouvelle construction va jusqu'à env. 1.5 m à 2.0 m au-dessous de la dalle de sol de la construction existante.

Solution du problème: Pour éviter l'ameublissement du sol de fondation dans la zone de la construction existante, une stabilisation de cette zone a été indispensable. Avec la méthode **URETEK Deep Injections®**, la reprise en sous œuvre et la stabilisation du sol de fondation ont pu être réalisées préventivement sous la partie saillante de la dalle dans la zone de connexion de l'annexe avec la construction existante. Par suite, la paroi de béton de la construction nouvelle a été immédiatement réalisée.



Ebranlements et tassements par suite d'abattement de roches



Chalet, St. Moritz

Situation initiale: Le chalet se trouve dans une pente et a été construit en 1908 comme construction en bois typique fondée sur une maçonnerie en pierres naturelles. Le sol dans la zone du chalet est ameubli (moraine délavée, gravier limoneux à légèrement argileux avec une fraction sableuse importante et parfois pierreuse). Des travaux d'excavation et de sécurisation de fouille ont été effectués pour une construction nouvelle à côté et sous le chalet. L'abatage de rocher a été nécessaire pour poursuivre les travaux d'excavation. Le chalet a alors subi des

tassements allant jusqu'à 11 mm. Les ébranlements dus à l'abatage de rocher pouvaient présenter à nouveau un danger de nouveaux tassements.

Solution du problème: Afin de rétablir la stabilité du sol ameubli et donc la portance du sol de fondation, des injections à 3 niveaux de profondeur avec une zone d'expansion allant jusqu'à 3 m au-dessous du verrou de fondation ont été effectuées selon la méthode **URETEK Deep Injections®**. Le sol de fondation à injecter a concerné env. 20 m. Les travaux ont été achevés en 2 jours.

Ebranlements et tassements suite à la mise en place de pieux et de rideaux de palplanches



Immeuble d'habitation/commercial, Lachen

Situation initiale: L'immeuble d'habitation et commercial se trouve dans la vieille ville de Lachen à proximité du haut-lac de Zurich. Le bâtiment a été construit il y a env. 50-80 ans et ne présente pas de sous-sol. La fondation est une semelle filante d'env. 80-150 cm de profondeur et d'env. 60-100 cm de largeur. Selon les investigations géotechniques, le sol est composé de graviers limoneux avec du sable et de limons argileux avec du sable, de gravats de construction, de sédiments de matières en suspension et de dépôts deltaïques. Le sol peut donc être considéré comme sensible aux tassements. Le niveau de la nappe phréatique se trouve à une profondeur d'env. 2.0 à 2.5 m. Lors de travaux pour la construction d'un nouveau grand lotissement sur une parcelle voisine

située à l'ouest, des tassements allant jusqu'à 8 mm sont apparus sur la partie de l'immeuble voisine de la nouvelle construction. Ces tassements sont apparus à la suite de la mise en place de pieux et d'un rideau de palplanches.

Solution du problème: Des mesures d'amélioration du sol sous les fondations ont été décidées pour éviter de nouveaux tassements et dégâts. Après des évaluations détaillées, de la résine expansive a été injectée à 3 niveaux jusqu'à une profondeur de 3 m sous la base de la fondation et sur une longueur de 30 m tout au long de la nouvelle construction et de 15 m dans la zone de murs intérieurs. Les tassements ont ainsi été stabilisés et la situation initiale rétablie. Les travaux ont été achevés en 4 jours environ.



Canal d'eau usée en surface, Lausanne

Situation initiale: Lors de la mise en place de palplanches dans le cadre de travaux de canalisation et de génie civil, les vibrations ont provoqué des tassements à un ouvrage servant de canal d'eaux usées distant de 1.50 m env. Cet ouvrage se trouve en surface et présente une section d'env. 2 m x 2 m. Le sol est limoneux, sableux et graveleux avec de grosses pierres. La fondation du canal est située à env. 60 cm sous le niveau du terrain.

Solution du problème: Afin d'éviter de nouveaux tassements et donc des dégâts à l'ouvrage, il a fallu stabiliser le sol sous la fondation. Des injections à différents niveaux de profondeur, soit à env. 1 m, 2 m, 3 m, 4 m et 4.5 m sous la fondation ont été effectuées de part et d'autre le long du canal sur une longueur de 31 m env. Les travaux ont été achevés en 4 jours.

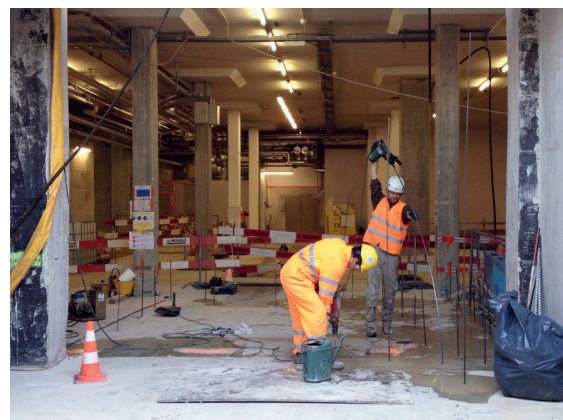
Travaux d'excavation sous immeuble existant

Bâtiment industriel, Prangins

Situation initiale: Un puits de pompage été prévu ultérieurement pour un immeuble industriel. Les mesures de la fouille prévue étaient de 3.45 m x 3.45 m avec une profondeur de 3.60 m au-dessous du bord supérieur de la dalle de fondation. Le niveau de la nappe phréatique est légèrement inférieur à celui de la dalle de fondation. La construction à proximité immédiate du puits de pompage prévu est une construction en de béton armé avec appuis et parois. Lors de l'ouverture de la dalle de fondation, les problèmes suivants sont apparus:

1. déstabilisation des appuis et parois environnantes
2. arrivée d'eau souterraine dans la fouille

Solution du problème: Des injections le long de la fouille prévue ont permis, avant l'ouverture de la dalle de fondation et les travaux d'excavation, de stabiliser suffisamment le sous-sol de fondation des appuis et parois voisins et d'atteindre la solidification et la compacité nécessaires pour les parois et le fond de la fouille et régler ainsi le problème de l'eau souterraine. L'excavation a alors pu être effectuée dans des conditions idéales.

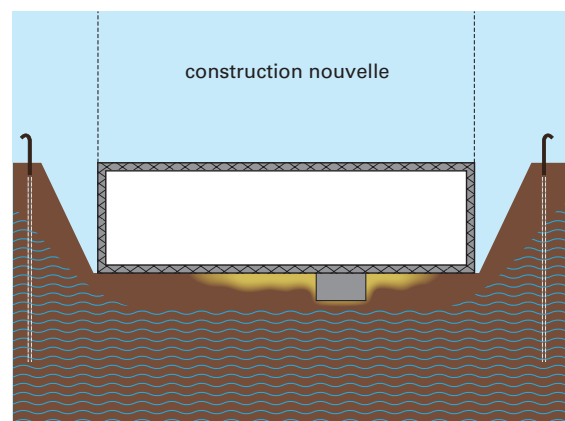


Abaissement du niveau de la nappe phréatique

Maison multifamiliale, région zurichoise

Situation initiale: Des palplanches ont été mises en place pour sécuriser l'enceinte de fouille d'une maison familiale à proximité du lac de Zurich. Le procédé wellpoint a été mis en œuvre pour rabattre la nappe. Le sous-sol peut être caractérisé de sableux. Des cavités et un terrain ameubli sous la dalle de fondation, causés par un rabattement de trop longue durée de la nappe, ont été constatés après la réalisation du sous-sol de l'immeuble. Un rinçage de sédiments fins a été causé par la durée du rabattement de la nappe.

Solutions du problème: Des injections sur une surface de 50 m² env. dans le sol de fondation ont été prévues pour remplir les cavités et compacter à nouveau le terrain ameubli. La résistance du sol et la portance du sol de fondation ont ainsi pu être élevées ou rétablies. Les profondeurs exactes des injections ont été évaluées et déterminées grâce aux informations d'essais de pénétration et de la résistance du sol lors de la mise en place des lances d'injection.



Entrée d'eau dans une enceinte de fouille

Palazzo Acqua, Paradiso

Situation initiale: Lors de la transformation et la construction nouvelle d'un immeuble d'habitation et commercial à proximité immédiate du lac de Lugano, des travaux d'excavation pour un agrandissement ont été nécessaires dans le sous-sol devant faire place à un nouveau sous-sol. Des micropieux peu distants les uns des autres ont été mis en œuvre comme enceinte de fouille. Lors des travaux d'excavation, la fouille a été remplie d'eau provenant d'un petit étang situé au-dessus du chantier. Cette eau parvenait dans la fouille entre les micropieux. Les travaux d'excavation furent alors interrompus.

Solution du problème: Le terrain entre les micropieux a dû être étanché pour permettre d'exécuter les travaux d'excavation comme prévu et éviter de nouvelles entrées d'eau. Des injections ont été effectuées le long des micropieux sur une longueur d'env. 60 m jusqu'à une profondeur de 5 m. L'étanchéité de la fouille par rapport à l'arrivée d'eau a ainsi été garantie. L'eau présente a été pompée et les travaux d'excavation purent être repris. Les travaux d'injection ont duré 9 jours.



Consolidation préventive/stabilisation avant excavation

Prolongement autoroutier Suisse-France, Tunnel Wasenboden sous le viaduc Luzernerring, Bâle

1. Consolidation/stabilisation avant excavation du sol de fondation de l'ouvrage de pont le long des fondations

Situation initiale: La construction nouvelle du raccordement autoroutier Tangente Nord/Luzernerring a nécessité d'importantes et exigeantes mesures de stabilisation pour une culée de pont. Le trafic du prolongement autoroutier devait passer longitudinalement en tunnel sous le viaduc (dans lequel se trouvent divers entrepôts dans la tête de pont) et à l'intérieur de la culée de pont ainsi qu'entre les fondations du viaduc. Le viaduc passe au-dessus des voies de chemin de fer qui mènent à la gare St. Johann.

La situation de la culée à traiter se présente comme suit: Hauteur jusqu'à env. 8.00 m, longueur env. 77 m, composé de la voie de circulation, des cadres, appuis, plaques longitudinales et transversales. Les distances entre les 13 cadres/appuis/plaques transversales sont de 6 m à chaque fois. 25 semelles isolées de grandeurs et profondeurs diverses se trouvent au-dessous.

Le terrain est un gravier limoneux à argileux avec du sable et une part importante de matériel roulé. Des travaux d'excavation sans mesures de stabilisation auraient été en mesure de provoquer un phénomène de renard.

Situation du projet: Le tube du tunnel du nouveau raccordement autoroutier a été réalisé en tranchée ouverte à



l'intérieur de la culée de pont. La fouille est longue d'env. 90 m, large d'env. 12 m et présente une profondeur allant jusqu'à 13 m. Il a fallu améliorer le terrain directement sous la culée et le sécuriser pour l'excavation.

Résolution du problème: Des injections selon la méthode **URETEK Deep Injections®** ont été réalisées sous toutes les semelles isolées de la culée de pont pour solidifier le sous-sol. Ces injections ont été effectuées en deux étapes:

1. Les injections réalisées directement sous les fondations ont servi à améliorer les caractéristiques géo-mécaniques et à augmenter la résistance au cisaillement et la portance du sous-sol.
2. Des injections plus profondes jusqu'à 2 m sous la base des 25 semelles isolées ont permis la consolidation et le compactage du sous-sol et d'augmenter la portance du terrain.

Les deux étapes de travail ont été surveillées par laser. Les injections ont duré jusqu'au premier signe d'un relèvement. Celui-ci a montré qu'une solidification radiale suffisante a eu lieu à tous les points d'injection. Les travaux ont été achevés en 15 jours.

2. Consolidation/stabilisation du sous-sol pour travaux de construction d'un tunnel d'évacuation

Situation initiale: Lors de la construction d'une galerie d'évacuation près d'une issue de secours avec cage d'escalier séparée et à proximité immédiate de la culée de pont, la stabilisation du terrain dans la zone des parois et du plafond de la galerie a préalablement été nécessaire. Ici également, une excavation sans mesures de stabilisation aurait provoqué un phénomène de renard à cause des caractéristiques du sous-sol.

Solution du problème: Pour consolider le sous-sol dans la zone de la galerie, des injections selon la méthode **URETEK Deep Injections®** ont été réalisées sur une longueur d'env. 5 m et à différentes profondeurs jusqu'à 10 m, le long des parois et plafonds prévus de la galerie. Les travaux de construction de la galerie ont ainsi pu être réalisés dans des conditions idéales.

KIB KOMPETENZZENTRUM
KUNSTSTOFFE IM BAUWESEN

HSR
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

Alexander Foege, directeur KIB

Ing. Arch dipl. HES SIA / expert pour les dégâts aux immeubles

Die URETEK Schweiz AG et le Kompetenzzentrum für Kunststoffe im Bauwesen (KIB) de la HSR Hochschule für Technik Rapperswil collaborent avec succès, entre autres pour des projets de recherche appliquée et développement.

D'autres informations relatives au KIB:
www.kib.hsr.ch

