

Dispositifs De Prévention Contre Le Risque D'infiltration Des Eaux Souterraines Dans Les Ouvrages De Constructions

Ayadat Tahar, PhD

Department of Civil Engineering, Prince Mohammad Bin Fahd University
PO BOX 1664, Al-Khobar 31952, Saudi Arabia

doi: 10.19044/esj.2017.v13n15p162 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n15p162](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n15p162)

Abstract

For constructing sustainable geotechnical structures, it is recommended to design these structures within a perspective of performance, adaptability and durability. This article briefly describes the various geotechnical risks and the actions to be taken to reduce or eliminate these risks. It examines in more detail the problem of risks associated with groundwater infiltration in construction structures. It discusses the various causes and the measures to be taken to eliminate this risk. Finally, the article introduces the preventive measures against groundwater infiltration for two case studies, namely a sports complex and a residential building. The study also includes precautions to be taken for protecting buildings against ground swelling caused by shale rock.

Keywords: Geotechnical structures, risk, inundation, corrective measures, prevention, sustainable

Résumé

Pour construire des ouvrages géotechniques durables, il faut concevoir ces ouvrages dans une perspective de performance, d'adaptabilité et de durabilité. Cet article décrit brièvement les différents risques géotechniques ainsi que les actions à entreprendre pour diminuer ou éliminer ces risques. Il examine avec plus de détail le problème des risques associés aux infiltrations d'eau souterraine dans les ouvrages de constructions. Il évoque les différentes causes ainsi que les mesures à prendre pour éliminer ce risque. Enfin, l'article introduit les dispositifs de prévention à prévoir contre les infiltrations des eaux souterraines pour deux études de cas, en l'occurrence : un complexe sportif et un bâtiment d'habitation. L'étude inclue aussi les précautions à prendre concernant la protection à faire contre le gonflement du sol d'assise du bâtiment (roc du shale).

Mots Clés: Ouvrages géotechniques, risque, inondation, mesures correctives, prévention, durable

Introduction

La conception et la durabilité des ouvrages géotechniques jouent un rôle très important dans le domaine de la construction et l'ingénierie civil partout dans le monde. Actuellement, ça devient vital la planification, la conception, la construction et l'exploitation de bâtiments et d'infrastructures durables afin de maximiser leur cycle de vie économique, leur contribution nette aux fonctions et services environnementaux, et leur équité sociale. Généralement, pour concevoir des ouvrages géotechniques durables, il faut réaliser ces ouvrages dans une perspective de performance, d'adaptabilité et de durabilité. Cependant, la construction est un domaine risqué, aucun projet n'est sans risque.

Cet article examine le problème des risques géotechniques, en particulier les risques associés aux infiltrations de l'eau souterraine aux constructions. Elle décrit les différentes causes, les procédés de protection et les mesures correctives à entreprendre pour diminuer ou éliminer ces risques. Finalement, elle introduit les dispositifs de prévention durables contre les infiltrations de l'eau souterraines pour deux édifices à construire, en l'occurrence : un complexe sportif (terrain de soccer indoor, piscine, etc.) et un bâtiment d'habitation. L'étude inclut aussi quelques indications concernant la protection à faire contre le gonflement du sol d'assise du bâtiment (roc du shale).

Les causes d'infiltration des eaux souterraines aux ouvrages de constructions:

Tel que mentionné précédemment, la construction est un domaine à risque (Ayadat, 2015). Parmi ces risques, de point de vue géotechnique, on peut citer la possibilité où les fondations d'un ouvrage subissent des tassements excessifs suite à la présence d'un sol compressible/mou ou des tassements différentiels due l'existence d'un sol hétérogène, l'instabilité d'un terrain (glissement de talus), la possibilité de l'effondrement de la propriété suite à la liquéfaction ou l'affaissement du site, la possibilité de dommage à la propriété suite à une attaque de béton des murs de fondation et de la dalle sur sol par les sulfates présentes dans le sol ou la nappe phréatique; la défektivité du système de drainage d'une construction à cause de colmatage par des sols fins, l'infiltration des eaux souterraines au sous-sol d'un bâtiment ou une construction, etc.

Cette dernière (l'infiltration d'eau au sous-sol) peut être causée par une source externe telle que, la fluctuation de la nappe phréatique, une fuite

d'eau dans l'entourage de l'ouvrage, une panne de la pompe de puisard ou le colmatage des égouts, le déplacement de la vapeur d'eau dans le sol à travers l'enceinte du sous-sol, etc. Elle peut aussi être provoquée par une source interne, incluant l'humidité et les fuites de plomberie (Iban, 2014).

La fluctuation de la nappe phréatique qui remonte au-dessus du niveau du sous-sol peut entraîner une fuite à moins que le sous-sol soit imperméabilisé ou le niveau des eaux souterraines dans le sous-sol est abaissé (sous le niveau du plancher) par le fonctionnement d'une pompe de puisard contrôlée. Les infiltrations d'eau se produisent quand il y a une accumulation d'eau à l'extérieur d'un mur de sous-sol ayant une fissure ou un défaut. L'eau de surface qui ne soit pas dirigé loin du bâtiment peut entrer dans le sous-sol à travers les ouvertures accidentelles. Une conduite bloquée entre la construction et l'égout principal dans la rue, le refoulement des égouts des eaux usées (chargée et forcée durant une tempête) peuvent aussi provoquer des infiltrations dans le sous-sol. Un toit non aménagé peut transmettre de l'eau de pluie et/ou de neige ou sous-sol d'un ouvrage (DMX, 2010).

Les dégâts d'eau représentent désormais près de la moitié des montants payés pour les réclamations des assurances d'habitation au Québec, bien avant les dommages causés par le feu et le vol. En fait, chaque année l'industrie canadienne des assurances paie environ 1,5 milliard de dollars en réclamations des dommages causés par les inondations et les infiltrations l'eau aux constructions. Les dégâts d'eau peuvent entraîner des frais de réparation très élevés pour les propriétaires de constructions. Ils peuvent aussi causer des dommages permanents aux planchers, murs de fondations, fondations et meubles. Enfin, laissé sans surveillance et sans intervention, les dégâts d'eau peuvent conduire à des problèmes structurels et des préoccupations de santé en raison de moisissures toxiques.

Dispositif de prévention contre les infiltrations des eaux souterraines

Il est bien établi que la durabilité des ouvrages à construire est un élément vital qu'on doit considérer dans toute étude de génie civil, incluant l'analyse, la conception et l'aménagement. Cependant, ces ouvrages peuvent confrontés des fois des risques et des imprévus. Ces risques peuvent facilement affecter la durée de vie d'un ouvrage en diminuant considérablement son cycle d'exploitation et sa durabilité. Généralement, les différents risques observés dans le domaine de la construction peuvent être réduit ou éliminer par entre autres la modification du concept de projet, la réduction de l'impact des risques en choisissant une structure plus souple ou plus armée par exemple, le transfert des risques à une autre partie qui peut gérer plus efficacement les risques, ou mettre en place des dispositifs pour diminuer ce risque (drainage, fondations plus larges, etc...).

Il y a un certain nombre de mesures qui peuvent être engagés pour réduire ou éliminer complètement les risques causés par les infiltrations d'eau souterraines ou les inondations, et ainsi protéger et conserver la durabilité des ouvrages et des biens. Un drainage adéquat autour du périmètre du sous-sol ou l'imperméabilisation du sous-sol sont des mesures ou des dispositifs de prévention primordiale et très efficace contre le problème d'infiltration d'eau souterraine (MAPEI, 2011; EPA, 2013; HIRL, 2014 et Koster, 2015). En outre, leur coût ne représente que 5% ou moins du coût total d'un projet. Pour illustrer ces différents dispositifs, deux exemples ont été introduit dans ce qui suit:

Bâtiment d'habitation

Le premier exemple concerne le projet de construction d'un bâtiment d'habitation de plusieurs étages. Il consiste les mesures à prendre pour assurer que l'eau souterraine (c.-à-d. de la nappe phréatique) ne pénètre pas dans le bâtiment ainsi que la protection du roc à faire contre le gonflement. Dans ce projet, il a été retenu d'après des travaux d'exploration (c.-à-d. dans les deux forages et les quatre tranchées effectuées) que le roc a été rencontré à partir de profondeurs de 2,0 m à 4,0 m (élevations 20,98 m et 18,24 m). Il est formé de shale noir. Le 15 août 2012, le niveau de l'eau souterraine a été mesuré à 3,40 m de profondeur (élévation 19,45 m) au droit du forage 1 et à une profondeur de 4,04 m (élévation 19,08 m) au droit du forage 2. Il a été suggéré d'excaver tous les dépôts meubles jusqu'au roc pour ensuite rehausser le terrain jusqu'à la profondeur d'ancrage désirée avec un remblai contrôlé composé d'un matériau granulaire de type MG-20.

Compte tenu de l'élévation moyenne des eaux maximums (crue centenaire) de l'ordre de 22,37 m, le niveau des semelles projetées d'environ 21,49 m ainsi que des types de matériaux de rehaussement composé de remblai granulaire contrôlé, on peut avancer qu'il y aura une possibilité de pénétration des eaux dans le périmètre des fondations sous la dalle sur sol. Par conséquent, il est suggéré de prévoir un drainage à long terme (un système de drainage permanent) au périmètre des fondations et de la dalle sur sol pour la construction projetée. Généralement, le drainage permanent est proposé comme un moyen requis ou préventif. Dans la présente étude, vu que le niveau de l'eau souterraine peut dépasser à un certain moment dans le temps le niveau de la dalle sous-sol, un drainage permanent est requis. Les principaux éléments constituant ce type de drainage sont résumés comme suit :

- 1- Imperméabiliser les murs des fondations périphériques et de la dalle au moyen d'un enduit ou d'une membrane appropriée.
- 2- Mettre en place, directement sous la dalle, un coussin granulaire d'au moins 300 mm d'épaisseur, constitué de matériaux granulaires satisfaisant

aux exigences granulométriques d'une pierre concassée de calibre 0-20 mm, compactés au moins à 95 % de la masse volumique sèche maximale du matériau, telle qu'elle est déterminée à l'essai Proctor modifié. Cette pierre doit être exempte de matériaux pyriteux susceptibles au gonflement par sulfatation (ACQC, 1999).

3- Installer le long de la partie du mur enterrée, lors du remblayage des murs extérieurs, un écran fait avec des matériaux granulaires drainants. Utiliser comme autre alternative une membrane drainante entre le mur et le remblayage.

4- Dans le cas échéant et pour assurer la ségrégation des matériaux granulaires et de celle du sol de rehaussement, l'utilisation d'un géotextile est souhaitable.

5- Prévoir un système de drainage périphérique composé essentiellement de drains français de 100 mm de diamètre. Les drains doivent être installés au pourtour de la structure. Ils doivent être enveloppés par une couche de pierre concassée et enrobés de membranes filtrantes. Prévoir l'installation d'un système de collecte/pompage des eaux d'infiltration.

6- Précaution supplémentaire préventive : l'eau dans les gouttières se déverse dans les descentes pluviales. Si les descentes dirigent l'eau à proximité des fondations, l'eau descend directement aux drains de fondation, ce qui peut facilement les surcharger. Il est recommandé que les descentes pluviales se prolongent d'au moins 1,8 m du mur de fondation.

Concernant le sol d'assise, il formé d'un socle rocheux (shale noir) susceptible au gonflement en présence d'eau. Il est donc préférable d'effectuer des essais sur des échantillons de roc pour déterminer l'IPPG (Indice pétrographique du potentiel de gonflement). On devra vérifier le potentiel de gonflement du roc si celui-ci est rencontré à une profondeur de moins de 1,80 mètre sous les dalles, profondeur jusqu'à laquelle nous estimons que le roc gonflant peut provoquer le soulèvement des dalles de plancher à long terme. Des travaux préventifs devront être prévus pour limiter au minimum le gonflement du roc, s'il y a lieu. Des travaux de réparation devront être prévus dans quelques années si aucun travail préventif n'est effectué. Les travaux préventifs peuvent consister à excaver le roc jusqu'à 1,80 mètre de profondeur sous le niveau de la dalle et à remblayer l'excavation avec un matériau non gonflant. Une autre possibilité consiste à excaver la partie supérieure du roc qui est friable et altérée et ensuite à imperméabiliser la surface du roc non altéré avec un enduit bitumineux approprié.

Complexe Sportif

Le deuxième exemple concerne le projet de construction d'un complexe sportif (le terrain de soccer indoor, piscine, etc.) d'une superficie approximative de 15 900 m². Les forages réalisés sur le site à l'étude ont mis en évidence un horizon organique en surface, suivi d'une couche de remblai hétérogène de 3,20 m à 3,66 m d'épaisseur, suivie d'un dépôt de till intercepté sur des épaisseurs variant entre 2,44 m et 5,44 m. À l'endroit de deux forages, le roc a été intercepté à partir des profondeurs de 7,24 m et 7,04 m (élevations 23,97 m et 23,84 m). Il a été carotté sur d'une épaisseur de l'ordre de 1,75 m. Il s'agit d'un calcaire fossilifère gris de moyenne à bonne qualité. Le 4 juin 2012, le niveau d'eau a été mesuré à des profondeurs variant entre 6,40 m et 7,00 m (élevations 23,87 m à 24,81 m).

Le niveau de l'eau souterraine est relativement profond. Toutefois, pour le drainage à long terme au périmètre des fondations, de la dalle sur sol et de la surface du terrain de soccer, il est recommandé de prévoir un système de drainage permanent pour ce secteur. Dans ce cas, vu que le niveau de l'eau souterraine est profond, un drainage préventif est suggéré. Le drainage proposé est valable pour tous les composants du complexe (le terrain de soccer, piscine, etc.). Les principaux éléments constituant ce type de drainage sont illustrés dans les figures 1 à 3.

1- Imperméabilisation des murs des fondations périphériques et de la dalle au moyen d'un enduit ou d'une membrane appropriée, la mise en place d'un coussin granulaire, d'au moins 300 mm d'épaisseur, constitué de d'une pierre concassée de calibre 0-20 mm exempte de matériaux susceptibles au gonflement, l'utilisation d'un géotextile pour assurer la ségrégation des matériaux granulaires, le prolongement des descentes pluviales d'au moins 1,8 m du mur de fondation, prévoir l'installation d'un système de collecte/pompage des eaux d'infiltration et un système de drainage périphérique composé essentiellement de drains français de 100 mm de diamètre. Les drains doivent être installés au pourtour du terrain de soccer, de la piscine ou de toute autre structure. Ils doivent être enveloppés par une couche de pierre concassée et enrobés de membranes filtrantes

2- Installer un puisard au coin de collection des eaux des drains périphériques. Le puisard doit comprendre une pompe de puisard et un tuyau de vidange. Le puisard a pour but de recueillir l'eau des drains de fondation au pourtour du sous-sol (drainage périphérique). La pompe de séchage s'active automatiquement lorsque l'eau dans le puisard atteint un certain seuil (un certain niveau). En principe, cette eau est pompée à la surface du terrain. Dans ce cas, les précautions à prendre sont les mêmes que celles utilisées lors de l'installation d'une rallonge de descente pluviale. Alternativement, l'eau peut être aussi poussée à l'extérieur vers l'égout municipal. Dans le cas de la vidange du puisard dans l'égout municipal, il

faut prévoir un clapet antiretour. C'est un dispositif qui empêche les eaux d'égout, d'un branchement d'égout principal surchargé, de refouler dans le sous-sol. Le clapet se ferme automatiquement lorsque les eaux d'égout refoulent. Un clapet convenablement posé doit se situer de manière à ce que le refoulement soit bloqué et qu'il ne trouve pas de débouché ailleurs dans le sous-sol. Il doit être accessible en tout temps.

Cependant, en se basant sur le fait que :

- Le niveau de l'eau dans le sol est susceptible de fluctuer selon les conditions climatiques et les saisons et peut donc être rencontré à des profondeurs différentes de celles mentionnées ci-dessus;
- Le critère d'une éventuelle inondation du site durant sa durée de vie (pluie diluvienne, bris de conduite ou d'égouts, etc.);
- L'importance des structures envisagées, telles que la piscine et le terrain de soccer.

Il est aussi souhaitable de prévoir un système de drainage de base en plus d'un système de drainage périphérique (Figure 4). Des mesures préventives devront être prises afin de prévenir le développement possible des poussées hydrostatiques et des venues d'eau, dans le cas d'inondation. Ce système additionnel est composé des éléments suivants :

1- Le drainage de base permet de contrôler le niveau des eaux souterraines sous le terrain de soccer et la piscine. Il est généralement composé, en plus du système de drainage périphérique, d'un système de drainage central. Le système de drainage de base, composé essentiellement de drains français, permet de capter l'excédent d'eau présent dans le sol. Disposés à intervalles réguliers sous toute la surface de jeu, les drains (des tuyaux annelés perforés de 39 mm de diamètre) sont déposés au fond de tranchées remplies de matériaux granulaires de drainage et enrobées de membranes filtrantes. Ils forment un réseau raccordé à un système de captation en périphérie. Les drains sont installés perpendiculairement aux pentes (Figure 4). Ce type de drainage est tributaire à la fois de la qualité du nivellement et de la nature du sol. En effet, les caractéristiques de perméabilité du sol influenceront grandement la quantité d'eau présente dans le sol par percolation. Par conséquent, le système de drainage n'évacue souvent que la quantité d'eau excédant le seuil de saturation en eau du sol.

2- Les eaux sont ensuite recueillies par un système de captation en surface au puisard indiqué précédemment (puisard placé au coin sud-est de la structure).

Lors du remblayage des murs extérieurs, un écran fait avec des matériaux granulaires drainants doit être installé le long de la partie enterrée du mur. Une autre alternative est d'utiliser une membrane drainante entre le mur et le remblayage.

Conclusion

Les dégâts associés à l'infiltration des eaux souterraines peuvent facilement affecter la durée de vie d'un ouvrage en diminuant considérablement son cycle d'exploitation et sa durabilité. Ils peuvent aussi conduire à des problèmes structuraux et des préoccupations de santé en raison de moisissures toxiques. Un drainage adéquat autour du périmètre du sous-sol ou l'imperméabilisation du sous-sol sont des dispositifs de prévention indispensables et très efficaces contre le problème d'infiltration des eaux souterraines. Quelques exemples de ces dispositifs ont été décrits dans cette communication, montrant l'impact et le coût moindre de ces mesures.

References:

1. ACQC (1999), *Pyrite and your house: What home-owners should know about swelling backfills*. Association des Consommateurs pour la Qualité de la Construction, ISBN: 2-922677-01-X.
2. Ayadat, T. (2015). *Détérioration du béton de fondations*. Journées d'Études de Génie Civil, M'Sila (Algérie), pp. 25-29.
3. DMX Better Science (2010). *Foundation Water Problems: An overview and Discussion of Some Causes and Cures of Water Infiltration into Basements and Foundation Structures*.
4. EPA (2013). *Moisture Control Guidance for Building Design, Construction and Maintenance*. USA EPA 402-7-13053.
5. Home Innovation Research Labs (2014). *Rain and Groundwater Management: Reducing the Risk of Water Intrusion and Damage*. Technotes.
6. Iban (2014), *Water Damage – A rising concern*. Consumer Information Guide, Insurance Brokers Association of Newfoundland.
7. Koster Waterproofings Systems (2015). *Solutions for Floor Moisture Control*.
8. MAPEI (2011). *Waterproofing Structures Installed Below Ground Level*. Technical Notebook.