



جامعة الموصل
كلية الهندسة

إستخدام الحواجز العمودية للسيطرة على حركة الملوثات الصناعية خلال التربة

رسالة تقدمت بها
دلال عوني الدين اسماعيل

إلى
مجلس كلية الهندسة في جامعة الموصل
كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم الهندسة المدنية
(ميكانيك التربة وهندسة الأسس)

بإشراف
الاستاذ المساعد
أمينة احمد خليل

الخلاصة

إن تلوث التربة بالملوثات بشكل عام والملوثات الصناعية بشكل خاص تُعد من المسائل المهمة في علم ميكانيك التربة وغاية في الأهمية، إذ تُعدُّ من المشاكل المعقدة التي تواجه الباحثين في مجال الهندسة المدنية. ويُعد المعيار الأهم في هذه المسائل هو السيطرة على تدفق المياه والملوثات من خلال هيكل التربة المشبعة - غير المشبعة Saturated-unsaturated soils.

في هذه الدراسة تم إعتقاد برنامج Geo-Studio في إجراء الدراسة التحليلية، وهو برنامج جيوتكنيكي يعتمد على طريقة العناصر المحدودة. إذ تم دراسة تأثير استخدام الحواجز العمودية للسيطرة في حركة الملوثات وكذلك إعاقة وإطالة مسار انتقال هذه الملوثات في التربة بطريقة نظرية. إذ أجريت الدراسة بالاعتماد على نوعين من التربة (S_1 : Silty clay) و (S_2 : Silty sand) ذات خصائص مختلفة على فرض أن التربة مكونة من طبقة واحدة متجانسة. وتم تمثيل تسرب الملوثات عبر التربة معتمداً على جزء SEEP/W أولاً، في حين أُستخدم الجزء CTRAN/W لتحليل نقل الملوثات عبر التربة وتحديد تراكيز الملوث. إذ كانت المتغيرات المعتمدة في الإدخال لجزء ال SEEP/W كل من: دالة النفاذية الهيدروليكية Hydraulic conductivity function، دالة محتوى الماء الحجمي Θ_w ، نسبة k_y/k_x ، بافتراض تدفق الحالة المستقرة steady-state flow في وسائط مسامية متجانسة ثنائية الأبعاد. أما جزء ال CTRAN/W فقد اعتمد في التمثيل على المعادلة التفاضلية الجزئية (PDE) التي تسمى ب Advection-dispersion equation.

وخلصت هذه الدراسة الى أنه يمكن استخدام الحواجز العمودية كوسيلة لمعالجة انتقال الملوثات عبر التربة، إذ يمكن تركيبها باستخدام تقنيات متعددة. وتعدّ هذه الحواجز إحدى الوسائل الاقتصادية المستخدمة في حماية التربة والتحكم في حركة المياه الملوثة فيها. إذ بينت النتائج أن نوع التربة وقيمة معامل النفاذية لهما تأثير كبير في تحديد مسار حركة جسيمات الملوثات في التربة.

كما أوضحت النتائج ازدياد نسبة النقل بتركيز الملوث مع زيادة طول الحاجز العمودي في حال الحواجز العمودية المفردة، وبزيادة كل من: أطوال الحواجز العمودية المزدوجة، وتبدو هذه الزيادة أكثر أهمية عندما يكون عمق اختراق الحاجز العمودي الأول أكبر من عمق اختراق الحاجز العمودي الثاني ($d_1 > d_2$)، والمسافة بين الحواجز في حال

الحواجز العمودية المزدوجة إذ يلاحظ أن نسبة التقليل بتركيز الملوث تزداد من (-15.36%) 51.77% و (52.67%-19.11%) عندما يتم زيادة المسافة من (5m) الى (15m) بين تلك الحواجز ذات الأطوال ($d_1=20m, d_2=10m$).

كما أن لزيادة أطوال الحواجز العمودية الثلاثية تأثير واضح في نسبة التقليل بتركيز الملوث إذ ازدادت نسبة التقليل بتركيز الملوث من (37.44%-71.17%) و (71.90%-39.69%) لنوعي التربة (S_1) و (S_2) على التوالي عندما تم زيادة أطوال تلك الحواجز من ($L_1=L_2=L_3=10m$) الى ($L_1=L_2=L_3=20m$).

أظهرت نتائج الدراسة أيضاً أن أطوال الحواجز العمودية المثلى وبعدها عن مصدر التلوث يمكن تقديرها بحدود نصف إلى ثلثي سمك الطبقة المراد معالجتها في حال تم استخدام الحواجز العمودية المفردة، مع محاولة تحقيق التوازن بين قيمة نفاذية التربة وطول الحاجز العمودي المستخدم وإعطاء الأولوية للعامل الاقتصادي عند تحديد طول ونوع الحاجز العمودي.

كما بينت الدراسة أيضاً أن استخدام الحواجز العمودية المزدوجة من شأنها أن تقلل بشكل كبير من تركيز الملوثات في منطقة المصب.

تم عمل نمذجة لمنجم كبريت المشراق بالاعتماد على البرنامج نفسه لتحقيق هدفين رئيسيين: الأول هو تسليط الضوء على التلوث الحاصل نتيجة لاستخراج الكبريت في تربة المنطقة الثالثة من المنشأة العامة لكبريت المشراق وما تصل من هذه الملوثات الى نهر دجلة بدون معالجة. والثاني هو معرفة مقدار التغيير في تركيز الملوث بعد إجراء المعالجات.

إذ أن عدم تجانس تربة الموقع كان له تأثير كبير في حركة الماء والملوثات ولذلك فإن طبيعة توزيع طبقات التربة في الموقع يعطي التصور الأول في تحديد أطوال الحواجز العمودية وبعدها عن مصدر التلوث.

وقد تمت مقارنة النتائج المستحصلة مع نتائج الدراسات السابقة التي أجريت على المنطقة للتحقق من مدى موثوقية النموذج الرياضي المستخدم في التمثيل. إذ أثبتت النتائج أنها متوافقة مع الدراسات المماثلة العديدة والمفيدة في تقييم عددٍ من المعاملات المتغيرة. وأظهرت النتائج المستحصلة في الدراسة ان استخدام الحواجز العمودية ذات كفاءة عالية في حماية تربة المنطقة عندما تم وضعها على بُعد ($X < 100m$) عن مصدر التلوث وبأطوال تتراوح ما بين ($L=180-200m$).

**University of Mosul
College of Engineering**



Using of Vertical Barriers to Control an Industrial Contaminants Movement Through Soil

A Thesis

Submitted By

Dalal Awny Al-Deen Ismaeel Al-Abaady

To

**The Council of College of Engineering University of Mosul
as Partial Fulfillment of The Requirements for The Degree of M.Sc.
In Civil Engineering (Soil Mechanics & Foundation Engineering)**

Supervised By

Assist. Prof.

Amina Ahmed Khalil

Abstract

Soil contamination with contaminants in general and industrial pollutants in particular is one of the important issues in soil mechanics and extremely important, as it is considered one of the complex problems facing researchers in the field of civil engineering. The most important criterion in these matters is the control of the flow of water and pollutants through the structure of saturated-unsaturated soils.

In this study, the Geo-Studio program was adopted to conduct the analytical study, and it is a geotechnical program based on the finite element method. The effect of using vertical barriers to control the movement of contaminants, as well as obstructing and prolonging the path of transmission of these contaminants in the soil, was studied in a theoretical manner. The study was conducted based on two types of soil (S_1 : Silty clay) and (S_2 : Silty sand) with different properties, assuming that the soil consists of one homogeneous layer. The leakage of contaminants through the soil was represented based on the SEEP/W fraction first, while the CTRAN/W portion was used to analyze the transport of contaminants through the soil and determine contaminant concentrations.

The analysis was carried out using the two parts of the program (SEEP/ W and CTRAN/W), and the variables dependent on the input for the SEEP/W part were: hydraulic conductivity function, volumetric water content function (θ_w), k_y/k_x ratio, assuming steady-state flow in two-dimensional homogeneous porous media. As for the CTRAN/W part, it was based on the partial differential equation (PDE), which is called the advection-dispersion equation.

This study concluded that vertical barriers can be used as a mean curbing the transmission of contaminants through the soil, as they can be installed using various techniques. These barriers are one of the economic means used to protect the soil and control the movement of polluted (contaminant) water in it. The results showed that the soil type and the value of the permeability coefficient have a great effect in determining the path of movement of contaminant particles in the soil.

The results also showed an increase in the percentage of reduction in contaminant concentration with an increase in the length of the vertical barrier in the case of single vertical barriers, and with an increase in: the lengths of the double vertical barriers, and this increase seems more important when the depth of penetration of the first vertical barrier is greater than the depth of penetration of the second vertical barrier ($d_1 > d_2$), the distance between the double vertical barriers in the case of double vertical barriers ; It is noticed that the percentage of reduction in contaminant concentration increases from (15.36%-51.77%) and

(19.11%-52.67%) for soil types (S_1) and (S_2) when the distance between them is increased from (5m) to (15m) for vertical barriers of lengths ($d_1=20\text{m}$, $d_2=10\text{m}$).

Also, the increase in the lengths of the triple vertical barriers had a clear effect on the reduction rate so as the percentage of reduction in contaminant concentration increased from (37.44%-71.17%) and (39.69%-71.90%) for soil types (S_1) and (S_2) respectively when the lengths of these barriers were increased from ($L_1=L_2=L_3=10\text{m}$) to ($L_1=L_2=L=20\text{m}$).

The results of the study also showed that the optimal lengths of the vertical barriers and their distance from the source of pollution can be estimated within half to two-thirds of the thickness of the layer to be treated if single vertical barriers are used, with an attempt to achieve a balance between the value of soil permeability and the length of the vertical barrier used and giving priority to the economic factor when determining length and type of vertical barrier.

The study also showed that the use of double vertical barriers would significantly reduce the concentration of pollutants in the downstream region. This control is more important when the depth of penetration of the first vertical barrier is greater than the depth of penetration of the second vertical barrier ($d_1>d_2$).

A modeling of Al-Mishraq sulfur mine has been done based on the same program to achieve two main aims: The first is to shed light on the contaminant that occurred as a result of sulfur extraction in the third region soil from the general establishment for Al-Mishraq sulfur and what these contaminants reach the Tigris River without treatment. The second is the knowledge of the change in contaminant concentration after carrying out the treatments.

The non-homogeneity (heterogeneity) of the site's soil had a significant impact on the movement of water and contaminants. Therefore, the nature of the distribution of soil layers in the site gives the first perception in determining the lengths of the vertical barriers and their distance from the source of contaminant.

The obtained results were compared with the results of previous studies conducted on the region to verify the reliability of the mathematical model used in the representation. The results proved to be consistent with many similar studies and useful in evaluating many variable parameters. The results obtained in the study showed that the use of vertical barriers was highly efficient in protecting the soil of the area when it was placed at a distance of ($X<100\text{m}$) from the source of contaminant and at lengths ranging between ($L=180\text{-}200\text{m}$).