جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم الهندسة الإنشائية

التمثيل العددي لنفقين متجاورين منفذين باستخدام ماكينة حفر ذات وجه مفتوح في التربة الطينية المتماسكة

إعداد

عمرو محمد رجب عويس

بكالوريوس هندسة مدنية (إنشاءات) مع مرتبة الشرف – جامعة عين شمس ٢٠٠٤

رسالة
مقدمة للحصول على درجة الماجستير فى الهندسة المدنية
(قسم الهندسة الإنشائية)

تحت إشراف:

أ. د. فتح الله محمد النحاس
أستاذ الهندسة الجيوتقنية والأساسات
قسم الهندسية الإنشائية – كلية الهندسة
جامعة عين شمس – القاهرة

د. تامر محمد الكاتب
مدرس الهندسة الجيوتقنية والأساسات
قسم الهندسية الإنشائية – كلية الهندسة
جامعة عين شمس – القاهرة

القاهرة – ٢٠٠٧

جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم الهندسة الإنشائية

ملخص رسالة الماجستير

المقدمة من المهندس / **عمرو محمد رجب عبد الصمد عويس**

بعنوان

التمثيل العددي لنفقين متجاورين منفذين باستخدام ماكينة حفر ذات وجه مفتوح في التربة الطينية المتماسكة

تحت إشراف: أ.د. **فتح الله محمد النحاس** د. **تامر محمد الكاتب**

الملخص

اكتسب استخدام الأنفاق في المدن أهمية كبيرة فى السنين الأخيرة خاصة في المناطق المزدحمة – كما هو الحال فى مدينة القاهرة – حيث المساحات المتوافرة فوق الأرض لاستخدامها في مشاريع النقل و البنية التحتية تكون عادة محدودة للغاية. ومن ناحية أخرى يعتبر التصميم الهندسى للأنفاق من الموضوعات المعقدة إلى حد ما فى مجال الهندسة المدنية نتيجة لتأثرها بعدة عوامل مثل التفاعل المتبادل بين التربة والنفق والتأثير الملحوظ لتفاصيل التنفيذ والإجهادات الحقلية الموجودة فى التربة قبل تنفيذ الأنفاق. هذا وتزداد درجة التعقيد في حالة تنفيذ نفقين متجاورين (وهى إحدى الحالات التي تتكرر كثيراً خاصة في أنفاق النقل والمواصلات) حيث أن التأثير المتبادل بين النفقين يكون له تأثير ملحوظ على سلوكهما الهندسي ومن ثم فان المجال مازال مفتوحا أمام المزيد من الأبحاث في هذا المجال للتعرف بشكل أفضل على السلوك الهندسى لتلك الأنفاق.

الهدف الأساسى من البحث هو انشاء نموذج باستخدام التحليل العددي لدراسة السلوك الهندسى لنفقين متجاورين تم تنفيذهما باستخدام ماكينة حفر أنفاق ذات وجه مفتوح فى تربة طينية متماسكة. وقد تمت مقارنة نتائج التحليل العددي بقياسات حقلية تم تسجيلها خلال تنفيذ مشروع أنفاق سابق بموقع له نفس الخصائص الجيولوجية وتفاصيل التنفيذ بمدينة إدمنتون بكندا . وذلك لدراسة مدى إمكانية استخدام نموذج التحليل العددي القائم على طريقة الفروق المحددة المستخدمة فى هذا البحث للتطبيق العملى. ويضم هذا البحث دراسة باراميترية واسعة المجال قد أجريت بهدف التحقق من مدى تأثير تغير عدد من المتغيرات والتى تشمل خواص التربة المختلفة والمسافة بين النفقين على سلوك التربة والنفقين اثناء وبعد التنفيذ.

وقد أظهرت نتائج البحث إمكانية استخدام معامل تخفيض الإجهادات فى تمثيل توزيع الإجهادات فى التربة عند مقدمة النفق قبل تركيب دعائمه. وقد تم تعين المناطق التى حدث فيها تغير فى الإجهادات نتيجة تنفيذ النفقين المتجاورين فى تربة طينية شديدة التماسك إلى جانب تعين الإزاحات الحادثة فى التربة والقوى الداخلية المتولدة فى دعائم النفقين. وقد أظهرت نتائج الدراسة البارامترية المسافة بين النفقين التى يكون عندها رد الفعل المتبادل بين النفقين أقل ما يكون.

الكلمات الدليلية: نفقين متجاورين, تربة طينية شديدة التماسك, حقول الاجهادات والانفعالات والإزاحات, دراسات سابقة.

صفحة تعريف بمقدم الرسالة

الإسم	:	عمرو محمد رجب عبد الصمد عويس
تاريخ الميلاد	:	١٩٨٢/٤/١٤
الدرجة الجامعية الأولى	:	بكالوريوس الهندسة
التخصص	:	مدنى–إنشاءات
الجهة المانحة للدرجة الجامعية الأولى	:	كلية الهندسة – جامعة عين شمس
تاريخ المنح	:	يونيو ٢٠٠٤
التقدير العام	:	أمتيازً مع مرتبة الشرف
سابق الخبرة	:	- معيد بقسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة – جامعة عين شمس - عضو فى نقابة المهندسين المصرية
الوظيفة الحالية	:	معيد بقسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة – جامعة عين شمس

التوقيع.....

التاريخ.....

جامعة عين شمس

كلية الهندسة

رسالة ماجستير

إسم الطالب : عمرو محمد رجب عبد الصمد عويس

عنوان الرسالة : " التمثيل العددي لنفقين متجاورين منفذين باستخدام ماكينة حفر ذات وجه مفتوح فى التربة الطينية المتماسكة "

اسم الدرجة : ماجستير فى الهندسة المدنية إنشاءات

لجنة الإشراف:

أ.د. فتح الله محمد النحاس

أستاذ الهندسة الجيوتقنية والأساسات

قسم الهندسية الإنشائية – كلية الهندسة

جامعة عين شمس – القاهرة

د. تامر محمد الكاتب

مدرس الهندسة الجيوتقنية والأساسات

قسم الهندسية الإنشائية – كلية الهندسة

جامعة عين شمس – القاهرة

تاريخ البحث :

الدراسات العليا

ختم الإجازة : **أجيزت الرسالة بتاريخ:** / /

موافقة مجلس الكلية: / /

موافقة مجلس الجامعة: / /

محتويات الرسالة:

الباب الأول:

فى هذا الباب تم عرض مقدمة تتناول أهمية الأنفاق والاستخدامات المختلفة لها وطرق التصميم المختلفة لها خاصاً طريقة التحليل العددى ومميزات هذة الطريقة. أيضا تم تقديم وإيضاح الهدف من البحث ثم عرض ملخص لمحتوى الرسالة.

الباب الثانى:

يقدم هذا الباب مراجعة مختصرة لما تم نشره من أبحاث فى مجال الرسالة. ويحتوي هذا الباب على الطرق المختلفة لتشيد وتنفيذ الأنفاق وعناصر التصميم المختلفة للأنفاق وتشمل اتزان مقدمة (وجهة) النفق والإزحات الأرضية الناتجة من إنشاء النفق و تصميم البطانة الداخلية للنفق. ويحتوى هذا الباب أيضاً على الطرق الحقلية المختلفة لرصد سلوك التربة والإنفاق عند تنفيذ الأنفاق. ويحتوى هذا الباب أيضاً على كيفية سلوك التربة عند تنفيذ نفقين متجاورين.

الباب الثالث:

يتضمن هذا الباب وصف تفصيلي لمشروع سابق تم تنفيذ نفقين متجاورين وتم اخذ قياسات حقليه للنفقين والأرض المحيطة عند تنفيذهما. ويتضمن هذا الوصف وصف للمشروع بشكل عام و موقعة وأبعاد النفقين والمسافة بينهم وسيلة تنفيذهما وطبيعة وخواص التربة التى تم تنفيذ النفقين بها. وذلك بجانب وصف تفصيلى لطريقة تمثيل النفقين عددياً. وأخيراً شرح لنتائج التمثيل العددى ومقارنتها بالنتائج الحقلية.

الباب الرابع:

يقدم هذا الباب دراسة براميترية واسعة المجال قد أجريت بهدف التحقق من مدى تأثير تغير العوامل المختلفة والتى تشمل خواص التربة المختلفة والمسافة بين النفقين على سلوك التربة والنفقين عند وبعد التنفيذ.

الباب الخامس:

اشتمل هذا الباب على ملخص لما تم انجازه فى هذا البحث وأهم النتائج التى تم التوصل إليها واقتراح بعض الأبحاث المستقبلية فى مجال البحث المقدم.

شكر

أتوجه بجزيل الشكر إلى الأستاذ الجليل الدكتور **فتح الله محمد النحاس** على مساندته وتعاونه معي علمياً ومعنوياً على انهاء لرسالة على الوجه الأكمل، ويكفيني فخراً أن تكون الرسالة تحت إشرافه.

كما أتوجه بجزيل الشكر إلى أستاذي العزيز الدكتور **تامر محمد محمود الكاتب** الذى لم يتردد لحظة فى بذل أى مجهود لمعاونتى على اتمام الرسالة على الوجه الأكمل. ولولا مجهوده الكبير وتشجيعة ومعاونته لى لما تم الانتهاء من الرسالة بالصورة التى تم الانتهاء عليها.

كما أتوجه بجزيل الشكر إلى الأستاذ الدكتور **على عبد الفتاح أحمد** والدكتور **سيد محمد العربى،** الذين أمدانى بالكثير من الأبحاث المنشورة عن موضوع الرسالة. وقد ساعدنى هذا كثيراً فى كتابة الرسالة والاطلاع والبحث والدكتور أشرف حفنى الذى أعطانى الكثير من المعلومات المهمة والمفيدة.

كما أتوجه بالشكر إلى جميع **أعضاء هيئة التدريس** بمجموعة ميكانيكا التربة والأساسات بكلية الهندسة–جامعة عين شمس على تعاونهم معى, الذين لم يبخلوا على بأى نصيحة خلال مراحل البحث.

كما أشكر كل عضو من فريق العمل فى معمل هندسة التربة والأساسات بكلية هندسة جامعة عين شمس على تعاونهم الكبير، وأخص بالشكر الأستاذ **حمدى نصر** و الأستاذ **أحمد فتحى** والأستاذ **سيد فريد** .

وأخيراً وليس آخرا أتوجه بجزيل الشكر والإمتنان إلى **عائلتى** على مساعدتهم ومساندتهم وتشجيعهم لى حتى أصل لما أنا عليه الآن.

Ain-Shams University
Faculty of Engineering
Department of Structure Engineering

NUMERICAL MODELING OF TWIN TUNNELS CONSTRUCTED USING OPEN FACE MACHINE IN STIFF CLAYEY SOILS

By
AMR MOHAMED RAGAB EWAIS
B.Sc. in Civil Engineering (Hon.) (٢٠٠٤)

A Thesis
Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
of the Degree of Master of Science in Civil Engineering (Structural Eng.)

Under the supervision of:

Prof. Dr. Fathalla El-Nahhas
Professor of Geotechnical & Foundation Eng.
Faculty of Engineering – Ain-Shams University

Dr. Tamer Elkateb
Assistant Professor of Geotechnical & Foundation Eng.
Faculty of Engineering – Ain-Shams University

Cairo – ٢٠٠٧

Ain-Shams University
Faculty of Engineering
Department of Structure Engineering

ABSTRACT OF M.SC. THESIS

Title : ***NUMERICAL MODELING OF TWIN TUNNELS CONSTRUCTED USING OPEN FACE MACHINE IN STIFF CLAYEY SOILS***

Submitted by : Amr Mohamed Ragab Ewais
Supervisors : Prof. Dr. Fathalla El-Nahhas Dr. Tamer Elkateb

ABSTRACT

The use of tunnels in urban areas has gained much popularity in recent years in transportation and in infrastructure projects especially in heavily populated cities, where the available areas above-ground are limited. Tunneling is a relatively complicated engineering problem. The degree of complexity gets higher when two tunnels are closely spaced, which is a typical case used in transportation or in infrastructure projects.

The main objective of this research was to develop a numerical model to study the behavior of twin tunnels constructed using open face machines in stiff clayey soils. The numerical analysis results were compared with field measurements to investigate the possibility of efficient back analysis of tunneling projects using such techniques and to validate the applicability of the numerical model used in this research for future cases with similar tunneling and geological conditions. An extensive parametric study was also performed to identify the main variables that govern the behavior of twin tunnels and to quantify their impact on tunnel and ground behavior.

The study validated the concept of using stress release factor to simulate three dimensional soil arching at tunnel face and ground relaxation prior to lining installation. The study also provided an assessment of zone of stress disturbance around twin tunnels constructed in stiff clay in addition to estimates of associated displacements and lining straining actions. The results of the parametric study were used to develop an estimate of the separation distance between twin tunnels beyond which interaction between tunnels is expected to be of minor influence.

Keywords:- *twin tunnels, stiff clay, numerical modeling, Flac٥،٠, settlement, displacement fields, stress and strain fields, case history.*

INFORMATION ABOUT THE RESEARCHER

Name	:	Amr Mohamed Ragab Abd-Elsamad Ewais
Date of Birth	:	April. ١٤, ١٩٨٢
Place of Birth	:	Cairo, Egypt.
Qualifications	:	B. Sc. Degree in Civil Engineering (Structural Eng.) Faculty of Engineering, Ain- Shams University-Hon. (٢٠٠٤)
Present Job	:	Teaching Assistant in Structural Engineering Department, Faculty of Engineering, Ain- Shams University

EXAMINING COMMITTEE

Name and Affiliation	Signature
Prof. Dr. **Hussain Hamed El-Mamlouk** Prof. of Geotechnical Eng. & Foundations Cairo University	
Prof. Dr. **Ali A. Ahmed** Prof. of Geotechnical Eng. & Foundations Ain-Shams University	
Prof. Dr. **Fathalla M. El-Nahha**s Prof. of Geotechnical Eng. & Foundations Ain-Shams University	

STATEMENT

This dissertation is submitted to Ain-Shams University for the degree of Master of Science in Civil Engineering (Structural Engineering).

The work included in this thesis has been carried out by the author in the Department of Structural Engineering, Ain-Shams University, from March ٢٠٠٥ to July ٢٠٠٧.

No part of this thesis has been submitted for a degree or a qualification at any other university or institution.

Date : / /

Signature:

Name : AMR MOHAMED RAGAB ABD-ELSAMAD EWAIS

ACKNOWLEDGEMENT

At the completion of this work I would like to sincerely acknowledge my dear mentor **Prof. Dr. Fathalla El-Nahhas**, whom scientific and personal advice kindly overwhelmed me all through the period of progress of this work. A fact that gave me great momentum in completion of this thesis.

No words are sufficient to show how gratefully am I to **Dr. Tamer Elkateb**, He kindly guided, advised and helped me with no hesitation till this work finally came true. He did not hesitate giving any effort needed for the completion and satisfaction of this thesis. Without his immense support, interest and enthusiasm, I would not be able to produce the thesis in its present form.

I would like to thank **Dr. Ali A. Ahmed, Dr. Ashraf Hefny and Dr. Sayed M. El-Sayed** for there advices and support during my undergraduate and graduate studies.

My thanks are extended to all members of the Geotechnical Group of Ain-Shams University, whom never hesitated answering me whenever I asked for help.

Finally, I would like to offer my special thanks to my family whom I am greatly indebted to, for their support and encouragement.

Amr M. Ragab Ewais

Cairo – ٢٠٠٧

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT II
STATEMENT V
ACKNOWLEDGEMENT VI
TABLE OF CONTENTS VII
LIST OF TABLES IX
LIST OF SYMBOLS XVIII
١. INTRODUCTION ٢
١,١. General ٢
١,٢. Objectives of the Research. ٤
١,٣. Organization of the Thesis ٤
٢. LITERATURE REVIEW ٧
٢,١. Introduction ٧
٢,٢. Tunneling Construction Techniques ٧
٢,٢,١. Shield Tunneling. ٨
٢,٢,٢. UnShield Tunneling. ١٣
٢,٣. Element of Tunnel Design. ١٣
٢,٣.١. Tunnel Face Stability. ١٦
٢,٣,٢. Tunneling-Induced Ground Displacement. ٢٢
٢,٣,٣. Tunnel Lining Design. ٣٧
٢,٣,٤. Simulation of Excavation In ٢D-Analysis ٤٨
٢,٤. Field Monitoring in Tunneling. ٥٠
٢,٥. Behavior of Twin Tunnels. ٥١
٣. ANALYSIS OF TWIN TUNNELS IN DOWNTOWN EDMONTON, CANADA: A CASE HISTORY ٥٨
٣,١. Background on the Light Rail Transit (LRT) Tunnels ٥٨
٣,٢. Geology of Downtown Edmonton ٦٠
٣,٣. Subsurface Conditions at the Area of Study ٦٠
٣,٤. Instrumentation Layout ٦٦
٣,٥. Utilized Analysis Methodology ٦٧
٣,٦. Analytical Results ٧٢

٣,٦,١. Stresses and Strain Field.....٧٢
٣,٦,٢. Displacement Field.....٨٩
٣,٦,٣. Surface Settlement.....١٠١
٣,٦,٤. Lining Forces.....١٠٥
٣,٦,٥. Conclusions and Remarks.....١٠٦
٤. PARAMETRIC STUDY ١١٠
٤,١. Introduction..... ١١٠
٤,٢. Effect of Clay Till Elastic Modulus..... ١١١
٤,٣. Effect of Clay Till Cohesion..... ١١٩
٤,٤. Effect of Clay Till Angle of Friction..... ١٢٧
٤,٥. Effect of Horizontal Earth Pressure Coefficient..... ١٣٦
٤,٦. Effect of Spacing Between Tunnels centerlines..... ١٤٤
٤,٧. Proposed Methodology for the prediction of Surface Maximum Settlement..... ١٥٠
٤,٨. Conclusions..... ١٥٤
٥. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS FOR FURTHER STUDIES ١٥٧
٥,١. Introduction..... ١٥٧
٥,٢. Conclusions..... ١٥٧
٥,٣. Recommendation for Further Studies..... ١٥٩
REFERENCES..... ١٦٢

LIST OF TABLES

Table ٢,١. Values of tunnel distortion (after Peck (١٩٦٩), Schmidt (١٩٨٤))* ٤٢

Table ٣,١. Summary of properties of Lake Edmonton clay..... ٦٣

Table ٣,٢. Summary of properties of clay till..... ٦٤

Table ٣,٣. Summary of properties of Saskatchewan sand..... ٦٤

Table ٣,٤. The selected geotechnical properties for different soil layers... ٧٠

Table ٣,٥. Lining properties. ٧٠

Table ٣,٦. Summary of vertical stresses at the locations of the first and second tunnel centerlines. ٨٥

Table ٣,٧. Summary of Vertical stresses at the level of tunnels centerlines. ٨٥

Table ٣,٨. Summary of horizontal stresses at the location of the first and second tunnels centerlines..... ٨٦

Table ٣,٩. Summary of vertical stresses at the level of the tunnels centerlines. ٨٦

Table ٣,١٠. Summary of crown settlement and invert heave for different construction stages. ٩١

Table ٣,١١. Summary of horizontal displacements for different construction stages. ٩١

Table ٣,١٢. Comparison of settlement trough width (i) obtained from empirical methods, field measurements and numerical analysis. ١٠٢

Table ٣,١٣. Summary of surface settlement for different construction stages. ١٠٣