

Diploma Thesis

**Numerical study of the impact of the
BOKU Türkenwirt construction project on the
tunnel “Großer Türkenschantztunnel”**

submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

Diplomarbeit

**Numerische Untersuchung über die Auswirkungen
der Baumaßnahmen BOKU Türkenwirt auf den
„Großen Türkenschantztunnel“**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer
Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Jacqueline Plachy, BSc

Matr.Nr.: 1026127

unter der Anleitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Dietmar Adam**

Proj.Ass. Dipl.-Ing. **Peter Nagy, BSc**

Institut für Geotechnik – Forschungsbereich für Grundbau, Boden- und Felsmechanik
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/E220, A-1040 Wien

Wien, im März 2018

Kurzfassung

In der vorliegenden Diplomarbeit wird anhand numerischer Berechnungen, die Auswirkung des Bauvorhabens BOKU Türkenwirt auf den Großen Türkenschantztunnel der Wiener Vorortelinie S45 untersucht. Der Tunnel verläuft schräg unter dem neuen Universitätsgebäude. Aufgrund der dichten Intervalle auf dieser Strecke ist die Erhaltung von Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Tunnels von besonderer Bedeutung für den Nahverkehr der Stadt Wien. Während bisher durchgeführte 2D Berechnungen eine Vereinfachung an ausgewählten Querschnitten darstellen, werden die Untersuchungen in dieser Arbeit mit Hilfe des Finite Elemente Programms Plaxis 3D vorgenommen und erfassen somit räumliche Verformungen, die durch das Bauvorhaben hervorgerufen werden. Darüber hinaus wird ein Vergleich der 3D Berechnung mit den Messdaten aus einem während der Bauarbeiten im Tunnel installierten Monitoringsystem durchgeführt und somit die Berechnungsergebnisse mittels realer Verschiebungsdaten validiert.

Eine Gliederung in die Kapitel „Vorstellung des Projekts“, „Modellbildung“ und „Auswertungen der FE Berechnung“ erlaubt in weiterer Folge eine ausführliche Präsentation der durchgeführten Untersuchungen. Dabei umfasst das erste Kapitel unter anderem eine Beschreibung allgemeiner Informationen zum Bauprojekt und zum Tunnel sowie eine detaillierte Darstellung der vorhandenen Untergrundsituation. Darüber hinaus werden dabei wesentliche Informationen aus dem Geotechnischen Gutachten sowie dem Aufbau des 2D Modells und des Tunnelmonitoringsystems diskutiert.

Das zweite Kapitel behandelt die Beschreibung der für die Modellierung erforderlichen Stoffmodelle (Mohr-Coulomb und Hardening Soil Modell with small strain stiffness) und die darin enthaltenen Materialparameter. Zudem werden wichtige Modellgrundlagen, wie Geometrie, Schichtaufbau, Strukturelemente, Modellphasen, Belastungen und Finite Elemente Netz beschrieben, welche für die numerische Berechnung in Plaxis 3D benötigt werden.

Im dritten Kapitel folgt abschließend die detaillierte Darstellung der numerischen Berechnungsergebnisse. Dieses Kapitel bildet den Kern der vorliegenden Arbeit. Dabei werden zunächst die wichtigsten Ergebnisse aus einzelnen Modellphasen präsentiert. Weiters erfolgt eine Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Ergebnissen des 2D Modells und dem Tunnelmonitoringsystem. Dabei wird sowohl die Größe, als auch die Richtung der Verschiebungen betrachtet.

Abstract

In this diploma thesis, the impact of the construction of the building BOKU Türkenwirt on the tunnel “Großer Türkenschanztunnel” is investigated, based on numerical simulations. The tunnel is located below the construction site and it is a part of the track of railway-line S45 of the Vienna local train service. Because of the tight train schedule, the sustainment of the structural integrity and serviceability are of major interest for the public transport system of the City of Vienna. Previously to this work, simplified finite element Plaxis 2D calculations – evaluated at certain cross-sections – were undertaken. In contrast to that, the numerical analysis in this work is conducted with the finite element program Plaxis 3D, which allows the determination of spatial deformations on the whole building site. Furthermore, the results of the 3D calculations will be compared with real-time measured data, measured by a monitoring system installed inside the tunnel.

This thesis is split into three major parts, “Introduction of the Project”, “Modeling” and “Evaluation of the FE Results”, which allows a detailed presentation of the numerical investigations and results. The first chapter includes a description of the building project and the tunnel, as well as a detailed demonstration of the underground situation. Additionally to that, an insight into the geotechnical report is provided and descriptions of the 2D model and the monitoring system are given.

The second chapter deals with material models, which were used during the numerical analysis (Mohr-Coulomb Model and Hardening Soil Model with small strain stiffness) and the associated material parameters. Furthermore, a description of the basics of the 3D modelling as geometry, soil layers, structural elements, modelling phases, loading and finite element mesh is included.

Finally, the third chapter forms the core of the thesis and is comprised of a detailed presentation of the numerical calculation results. First of all, the presentation includes an overview of general results from several modelling phases. Moreover, comparisons with the numerical results from the simplified 2D model and the monitoring system are discussed. The latter of these two comparisons is divided into a discussion of the quantities and directions of the deformations.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei jenen bedanken, ohne die die Erstellung dieser Diplomarbeit nicht möglich gewesen wäre. Ein großer Dank geht an meine Betreuer für die Unterstützung bei der Diplomarbeit. Herr Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Adam hat sich immer Zeit zur Besprechung des Fortschritts und der Ergebnisse der Diplomarbeit genommen und diese mit großem Interesse verfolgt. Herr Proj.Ass. Dipl.-Ing. Peter Nagy hat mich bei zahlreichen Fragen und Problemstellungen begleitet, sowie wertvolle Hinweise zur wissenschaftlichen Bearbeitung und der Vervollständigung der Arbeit gegeben.

Ich möchte mich bei meiner Familie bedanken, die mir einerseits eine universitäre Ausbildung ermöglicht hat und andererseits immer sehr viel Vertrauen in meine Entscheidungen hatte. Meine Mutter Christine Stalleker und meine Schwester Julia Stalleker hatten es während meiner intensiven Studienzzeit oft nicht leicht, wenn sämtliche Zeit und Energie ins Studium investiert wurden.

Einen besonderen Dank möchte ich an dieser Stelle auch an meinen Ehemann Robert Plachy richten. Als ehemaliger Studienkollege und als jetziger Ehemann hat er mich durch den Großteil des Studiums mit Zuversicht begleitet und immer sehr viel Geduld bewiesen. Er hat mich bei schwierigen Phasen in der Diplomarbeit motiviert weiterzumachen und beim Korrekturlesen unterstützt.

Meiner langjährigen Studienkollegin Tamara Gonaus und meinem langjährigen Studienkollegen Nino Petuelli möchte ich ebenfalls meinen Dank aussprechen. Zusammen haben wir uns auf unzählige Kolloquien und Prüfungen im Bachelorstudium vorbereitet, sowie gemeinsam Übungen und Projekte absolviert. Auch in der Zeit, nachdem diese intensive Phase vorbei war, haben wir den Kontakt nicht verloren und die Freundschaft war eine wesentliche Stütze am Weg zum Studienende. Ich möchte mich auch bei Florian Brandstätter bedanken, welcher unzählige Stunden neben mir im Lernraum gesessen ist und sich auf Prüfungen vorbereitet hat, während ich an der Diplomarbeit gearbeitet und geschrieben habe.

Zuletzt noch einen herzlichen Dank an meine langjährige Freundin Carla Ruprecht, die mich bei meiner Entscheidung zum Studium ebenfalls unterstützt und mich durch alle Semester hindurch begleitet hat. Auch wenn sie mir fachlich keinen Rat geben konnte, hat sie aber vielleicht genau deshalb immer die richtigen Worte in schwierigen Phasen gefunden. Sie hatte stets für alle Probleme und Freuden ein offenes Ohr.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorstellung des Projekts	13
1.1	Allgemeine Projektinformationen	13
1.2	Beschreibung der Bauwerke	15
1.2.1	Der Große Türkenschanztunnel	15
1.2.2	Das Bestandsgebäude Türkenwirt	16
1.2.3	Das neue Universitätsgebäude	16
1.3	Untergrundsituation	20
1.3.1	Vorerkundung	20
1.3.1.1	Geologische Karte	20
1.3.1.2	Baugrundkataster	21
1.3.2	Haupterkundung	22
1.3.2.1	Rammkernbohrungen	22
1.3.2.2	Baggerschurfe	25
1.3.2.3	Rammsondierungen	26
1.3.2.4	Bohrlochrammsondierungen	28
1.3.2.5	Durchlässigkeitsversuche in-situ	28
1.3.3	Laborversuche und Laborergebnisse	28
1.3.3.1	Untersuchungen an der BOKU	29
1.3.3.2	Untersuchungen an der TU Wien	30
1.4	Geotechnisches Gutachten	35
1.5	2D Modellierung in Plaxis	38
1.6	Monitoringsystem im Großen Türkenschanztunnel	39
1.6.1	Messverfahren	39
1.6.2	Konzept der Verformungsmessungen im Tunnel	40
1.7	Beschreibung der Bauarbeiten	42
1.8	Ziel der vorliegenden Diplomarbeit	47
2	Modellbildung	49
2.1	Grundlagen der numerischen Modellbildung	49
2.2	Stoffmodelle und Materialparameter	50
2.2.1	Elasto – plastisches Materialverhalten	50
2.2.2	Mohr – Coulomb Modell	50
2.2.3	Hardening – Soil Modell	51
2.2.4	Hardening Soil Small Modell	54
2.3	Modellbildung in Plaxis 3D	58
2.3.1	Allgemeines zu Plaxis	58
2.3.2	Modellgeometrie	59
2.3.3	Schichtaufbau und Bodenparameter	61
2.3.4	Strukturelemente	63
2.3.4.1	Tunnel	65
2.3.4.2	Aufgelöste Bohrpfahlwand	66
2.3.4.3	Anker	67

2.3.4.4	Aussteifungen	68
2.3.4.5	Bodenplatte	69
2.3.4.6	Zwischendecken	69
2.3.5	Weitere Modellelemente	69
2.3.5.1	Bestandsgebäude	69
2.3.5.2	Das neue Universitätsgebäude	71
2.3.5.3	Stützberme	72
2.3.6	Finite Elemente Netz	73
2.3.7	Festlegung der Berechnungsphasen	74
2.3.7.1	Modellphasen vor den Baumaßnahmen	74
2.3.7.2	Modellphasen während der Baumaßnahmen	77
2.3.7.3	Überblick aller Modellphasen	84
2.3.8	Festlegung Berechnungs- und Lasttyp	85
3	Auswertungen der FE Berechnung	87
3.1	Ergebnisse aus dem 3D Modell	89
3.1.1	Ergebnisse aus der Modellphase 1 „Tunnelerrichtung“	89
3.1.2	Ergebnisse aus der Modellphase 3 „Aushub bis 1,40 m unter GOK“	90
3.1.3	Ergebnisse aus der Modellphase 4 „Aushub bis 4,40 m unter GOK“	91
3.1.4	Ergebnisse aus der Modellphase 6 „Aushub bis 10,30 m unter GOK“	93
3.1.5	Ergebnisse aus der Modellphase 12 „Gesamtlasten“	96
3.1.6	Zusammenfassung	96
3.2	Gegenüberstellung der Ergebnisse des 2D und 3D Modells	99
3.2.1	Ergebnisse aus dem 2D Modell	99
3.2.2	Diskussion der Gegenüberstellung	99
3.2.3	Zusammenfassung	100
3.3	Gegenüberstellung der Ergebnisse des 3D Modells und des Tunnelmonitoringsystems	104
3.3.1	Vergleich der Größe der Verschiebungen	104
3.3.1.1	Auswertung der Größe der Verschiebungen aus dem Tunnelmonitoringsystem	104
3.3.1.2	Auswertung der Größe der Verschiebungen im 3D Modell	108
3.3.1.3	Diskussion der Gegenüberstellung	108
3.3.2	Vergleich der Verschiebungsrichtungen	111
3.3.2.1	Die Koordinatensysteme	111
3.3.2.2	Auswertung der Verschiebungsrichtungen aus dem Tunnelmonitoringsystem	111
3.3.2.3	Auswertung der Verschiebungsrichtungen aus dem 3D Modell	113
3.3.2.4	Diskussion der Gegenüberstellung	114
3.3.3	Zusammenfassung	115
4	Zusammenfassung und Ausblick	119
	Literaturverzeichnis	121
	Abbildungsverzeichnis	124
	Tabellenverzeichnis	128
	Liste häufig verwendeter Symbole	131

A	Ergebnisse aus dem 3D Modell	133
A.1	Resultierende Phasenverschiebung 3D-Ansicht Gesamtmodell	134
A.2	Resultierende Phasenverschiebung Modellschnitt S2	139
A.3	Resultierende Gesamtverschiebung 3D-Ansicht Tunnel	143
A.4	Resultierende Phasenverschiebung Längsschnitt Tunnel	147
B	Gegenüberstellung der Ergebnisse des 2D und 3D Modells	151
C	Gegenüberstellung der Ergebnisse des 3D Modells und des Tunnelmonitoringsystems	155
C.1	Vergleich der Größe der Verschiebungen	156
C.2	Vergleich der Verschiebungsrichtungen	158