PHYSICAL AND ANALYTICAL MODELING OF GEOSYNTHETIC REINFORCED PILE SUPPORTED EMBANKMENTS

MR. UTHANA CHAIYAPORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING (CIVIL ENGINEERING)
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI
2010

Physical and Analytical Modeling of Geosynthetic Reinforced Pile Supported Embankments

Mr. Uthana Chaiyaporn B.Eng. (Civil Engineering)

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirements for
the Degree of Master of Engineering (Civil Engineering)
Faculty of Engineering
King Mongkut's University of Technology Thonburi
2010

Thesis Committee

.... (Asst. Prof. Warat Kongkitkul, Ph.D.)	Chairman of Thesis Committee
.... (Asst. Prof. Sompote Youwai, D.Eng.)	Member and Thesis Advisor
.... (Asst. Prof. Pornkasem Jongpradist, Ph.D.)	Member and Thesis Co-Advisor
.... (Lect. Barames Vardhanabhuti, Ph.D.)	Member

Thesis Title	Physical and Analytical Modeling of Geosynthetic - Reinforced Pile - Supported Embankments
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Uthana Chaiyaporn
Thesis Advisors	Asst. Prof. Dr. Sompote Youwai Asst. Prof. Dr. Pornkasem Jongpradist
Program	Master of Engineering
Field of Study	Civil Engineering (Geotechnical Engineering)
Department	Civil Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2553

Abstract

This research is aimed to study the behaviors of geosynthetic - reinforced pile - supported embankments (GRPS) by physical model tests and develop an analytical equation to predict its behaviors. From test results, the uniformly distributed external load slightly affected the vertical stress of soil between piles when arching mechanism was fully developed. The induced stress on pile top of the reinforced case was higher than that of the unreinforced case and slightly increased with increase of stiffness of geosynthetic. The analytical method was verified with several current design methods and experimental results. The developed method showed reasonable agreement with experimental results. The failure envelop of arching effect was postulated to be a pyramid shape with a slope $\beta \approx 70^{\circ}$. The progress analytical equations which include the effect of soil below the reinforcement reasonably predicted the tensile force of geosynthetics in physical model tests.

Keywords: Soil Arching / Geosynthetic / Piled Supported Embankments

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แบบจำลองในห้องปฏิบัติการและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเสริมกำลังคันทางที่รองรับด้วยเสาเข็มโดยใช้แผ่นใยสังเคราะห์
หน่วยกิต 12
ผู้เขียน นายยุทธนา ไชยพร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สมโพธิ อยู่ไว
ผศ.ดร. พรเกษม จงประดิษฐ์
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมเทคนิคธรณี)
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ. 2553

บทคัดย่อ

จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมของการปรับปรุงคุณภาพดินโดยการใช้แผ่นใยสังเคราะห์รองรับด้วยเสาเข็ม (GRPS) โดยแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ และพัฒนาสมการในการทำนายพฤติกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นของระบบ จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่าหน่วยแรงภายนอกมีผลเพียงเล็กน้อยต่อหน่วยแรงที่เกิดขึ้นต่อดินที่อยู่ระหว่างเสาเข็ม นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อการพัฒนาส่วนโค้งของการกระจายหน่วยแรงเกิดขึ้นเต็มที่หน่วยแรงที่เกิดขึ้นที่ส่วนบนสุดของเสาเข็มในกรณีที่มีการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์จะมีค่ามากกว่ากรณีที่ไม่มีการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ หน่วยแรงที่เกิดขึ้นที่หัวเสาเข็มจะแปรผันกับการเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นใยสังเคราะห์ งานวิจัยนี้ยังได้ปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองพฤติกรรมของแบบจำลองในห้องปฏิบัติการและทำการเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์แบบอื่นๆ จากการจำลองพฤติกรรมของแบบจำลองในห้องปฏิบัติการพบว่าสมการที่ได้รับการปรับปรุงมีความสอดคล้องกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ มุมของการกระจายหน่วยแรงจะจำลองให้อยู่ในรูปของปีรามิดที่มีมุมกับแนวราบประมาณ 70 องศา สมการที่ได้รับการปรับปรุงนี้ได้เพิ่มอิทธิพลของหน่วยแรงต้านจากชั้นดินที่รองรับแผ่นใยสังเคราะห์ หน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์ที่ได้จากสมการที่ปรับปรุงแล้วมีความสอดคล้องอย่างดีกับผลการทดสอบแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ

คำสำคัญ : ส่วนโค้งของการกระจายหน่วยแรง / แผ่นใยสังเคราะห์ / เสาเข็มรองรับคันดิน

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express his gratitude to his advisor and co-advisor, Asst. Prof. Dr. Sompote Youwai and Asst. Prof. Dr. Pornkasem Jongpradist for excellent guidance and strong support throughout his study. Without their help in both academic and personal concerns, this thesis work could not have been completed. Sincere appreciation is also extended to the other members of the committees, Asst. Prof. Dr. Warat Kongkitkul and Dr. Barames Vardhanabhuti for this help, encouragement, suggestions, constructive comments and serving as members of his thesis examination committees. In addition, the author is also grateful to the Tencate Geosynthetics (Thailand) Ltd. for providing the geogrid which used in this study and the financial supports from the KMUTT research fund.

Thanks are also extended to his friends in Geotechnical Engineering Division for their help to conduct laboratory test, especially Mr. Bordin Tangcharoensuk, Mr. Watthano Tabsombut, Mr. Thitikorn Posribink, Mr. Nuttapong Fudsiri, Mr. Komsan Thaisri, Ms. Thitapan Chantachot, and Mr. Jukkravut Tansakul.

Finally, the author would like to thank his father, mother and a sister for their constant supports and encouragements during his study at the King Mongkut's University of Technology Thonburi.

CONTENTS

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

LIST OF SYMBOLS

a	=	Pile cap width
C_c	=	Arching coefficient
c'	=	Effective cohesion of soil
c_u	=	Undrained shear strength of the soft foundation soil
D	=	Depth of soft foundation soil
D_r	=	Relative density
E	=	Efficiency
E_c	=	Elastic modulus of the soft ground
F_{piles}	=	The load supported by all the piles
F_{total}	=	The load corresponding to the overload and the weight of the embankment
f_q	=	Load factor of external live load
f_f	=	Load factor of external dead load
f_{fs}	=	Load factor of soil unit mass
f_{ms}	=	Soil material factors
f_p	=	Pull-out resistance of reinforcement
f_s	=	Sliding across surface of reinforcement
G_M	=	Stiffness of model
G_P	=	Stiffness of prototype
h	=	Height of the embankment
J	=	Tensile stiffness of geosynthetic
K_a	=	Active lateral earth pressure coefficient
K_p	=	Passive lateral earth pressure coefficient
L_M	=	Dimension of model
L_P	=	Dimension of prototype
q	=	Uniformly distributed external load
R	=	Radius of circular arc
S_{3D}	=	Stress reduction ratio
s	=	Center to center of pile spacing
s_L	=	Average vertical stress at the base of the embankment
T	=	Axial tension force of the geosynthetics
t	=	Maximum displacement midway between the pile cap
T_{rp}	=	Tensile load in the geosynthetic
T_{ds}	=	Tensile load in the geosynthetics for horizontal force of the embankment
W_t	=	Uniformly distributed line load
w_s	=	Surcharge intensity on top of the embankment
α	=	Ratio of maximum displacement midway between the pile caps to space of pile cap
β	=	Angle of arching

γ	=	Unit weight of soil
γ_{emb}	=	Unit weight of embankment
κ	=	Reduction factor for the length of surcharge load (on plane)
λ	=	Reduction factor
τ	=	Shear stress
ε_g	=	reinforcement strain
η_G	=	Scale factor for stiffness
η_L	=	Scale factor for dimension
ρ_{dmax}	=	maximum dry density
φ'_{cv}	=	Effective critical state friction angle
ϕ	=	Friction angle of sand
θ	=	Half angle of circular arc
σ'_c	=	Effective pressure acting on top of pile cap
σ_p	=	Average vertical stress acting on pile cap (with geosynthetic)
σ_{p0}	=	Average vertical stress acting on pile cap (without geosynthetic)
σ'_v	=	Average vertical stress at the base of the embankment
σ'_s	=	Vertical stress at the base of the embankment
σ_s	=	Average vertical stress acting on top of soft ground midway between pile caps (with geosynthetic)
σ_{s0}	=	Average vertical stress acting on top of soft ground midway between pile caps (without geosynthetic)