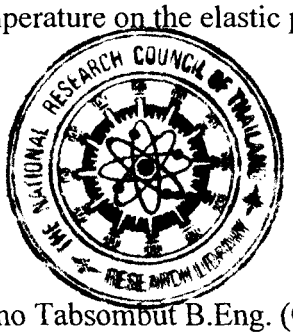
EFFECTS OF AMBIENT TEMPERATURE ON THE ELASTIC PROPERTY OF POLYMER GEOGRIDS

MR. WATTHANO TABSOMBUT

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
2016

Effects of ambient temperature on the elastic property of polymer geogrids



Mr. Watthano Tabsombut 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. Dr. Sompote Youwai, D.Eng.)	Chairman of Thesis Committee
(Asst. Prof. Dr. Warat Kongkitkul, Ph.D.)	Member and Thesis Advisor
(Asst. Prof. Dr. Pornkasem Jongpradist, Ph.D.)	Member and Thesis Co-Advisor
(Lect. Montri Dechasakulsom, Ph.D.)	Member

Thesis Title	Effects of Ambient Temperature on the Elastic Property of Polymer Geogrids
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Watthano Tabsombut
Thesis Advisors	Asst. Prof. Dr. Warat Kongkitkul 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 develop an automated tensile loading system, which can incorporate various loading histories and temperature histories, to determine temperature-dependent elasto-viscoplastic properties of polymer geogrid. A series of Stepped Isothermal Method (SIM) tests, which test specimens were loaded with a constant tensile load while the ambient temperature was stepwise increased, were performed to verify the developed tensile loading system. Then, monotonic loading (ML) tests were performed at different constant temperatures until test specimens rupture to determine the effects of ambient temperature on the tensile strength. In addition, ML tests, which intermission of sustained loading followed by minute-amplitude cyclic loading was performed at different levels of tensile load, were conducted evaluate the elastic property of polymer geogrids. From the test results, it was found that tensile rupture strength of geogrid used in this study decreased significantly with increase of temperature. This result implies that the temperature affects the intrinsic (plastic) stress-strain property of polymer geogrid, which is known to be an elasto-viscoplastic material. The elastic stiffness increased with increase in the load level at fixed temperature, and decreased with increase of the temperature at the same load level. Mathematical expressions are proposed to express these trends of the elastic stiffness described above.

Keywords: Geogrid / Temperature / Tensile Loading Test / Rupture Strength / Elastic Stiffness

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติอีลาสติกของจีโอกริด
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายวัฑฒโณ ทับสมบัติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วรัช ก้องกิจกุล
	ผศ.ดร.พรเกษม จงประดิษฐ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมเทคนิคธรณี)
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาเครื่องทดสอบแรงดึงซึ่งสามารถควบคุมประวัติการให้แรงและอุณหภูมิแวดล้อมตัวอย่างได้แบบอัตโนมัติเพื่อศึกษาคุณสมบัติอีลาสโตวิสโคพลาสติกของแผ่นใยสังเคราะห์โพลีเมอร์ประเภทจีโอกริด การศึกษาเริ่มจากการปรับเทียบเครื่องมือที่ได้พัฒนาโดยการทดสอบการเร่งการคืบของจีโอกริดด้วยการให้แรงดึงคงที่กระทำต่อตัวอย่างในขณะที่อุณหภูมิแวดล้อมตัวอย่างควบคุมให้คงที่และเพิ่มขึ้นในรูปแบบขั้นบันได จากนั้นจึงทดสอบแรงดึงด้วยการให้แรงดึงกระทำอย่างต่อเนื่องภายใต้อุณหภูมิแวดล้อมตัวอย่างที่แตกต่างกันที่ควบคุมให้คงที่ตลอดการดึงตัวอย่างจนถึงจุดวิบัติ นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังได้ทำการทดสอบการดึงตัวอย่างที่แทรกด้วยการให้แรงดึงคงที่และตามด้วยการให้แรงกระทำเป็นวัฏจักรด้วยแอมพลิจูดขนาดเล็กในระหว่างการดึงตัวอย่างที่ระดับแรงดึงแตกต่างกัน เพื่อศึกษาคุณสมบัติอีลาสติกของจีโอกริด ผลการทดสอบพบว่า ค่าแรงดึงสูงสุดของจีโอกริดที่ได้ทดสอบในงานวิจัยนี้ มีค่าลดลงอย่างมีนัยเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติเนื้อแท้ของจีโอกริด ซึ่งเป็นวัสดุจำพวกอีลาสโตวิสโคพลาสติก นอกจากนี้ อีลาสติกสติฟเนสมีค่าเพิ่มขึ้นกับระดับแรงดึง เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิเท่ากัน และมีค่าลดลงกับอุณหภูมิเมื่อพิจารณาที่ระดับแรงดึงเท่ากัน พฤติกรรมดังกล่าวสามารถสรุปได้เป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายค่าอีลาสติกสติฟเนสเมื่อทราบแรงดึงและอุณหภูมิปัจจุบัน

คำสำคัญ: จีโอกริด / อุณหภูมิ / การทดสอบแรงดึง / กำลังรับแรงดึงสูงสุด / อีลาสติกสติฟเนส

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express his gratitude to his advisor and co-advisor, Asst. Prof. Dr. Warat Kongkitkul 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. Sompote Youwai and Dr. Montri Dechasakulsom for their help, encouragement, suggestions, constructive comments and serving as members of his thesis examination committees.

Thanks are also extended to Mr. Thitikorn Posribink, Mr. Bordin Tangcharoensuk and his friends for their kind help and valuable encouragement.

Finally, the author would like to thank his parents and his family for their constant love, strong support and encouragement during studying at King Mongkut's University of Technology Thonburi.

CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

LIST OF SYMBOLS

A^f	=	temperature effect parameter
CL	=	cyclic loading
HDPE	=	High-Density Polyethylene
k_{eq}	=	equivalent stiffness
k_{eqo}	=	equivalent stiffness at rupture tensile strength
LVDT	=	Linear variable displacement transducer
ML	=	monotonic loading
MD	=	machine direction (longitudinal to the roll)
PET	=	Polyester
PP	=	Polypropylene
RF_{CR}	=	creep reduction factor
RF_D	=	durability reduction factor
RF_{ID}	=	installation damage factor
SIM	=	Stepped Isothermal Method
SL	=	sustained loading
t	=	time
T	=	temperatures
T_o	=	reference temperature (30 °C)
TD	=	transverse directions (across roll width)
TTS	=	Time-Temperature Superposition
V	=	tensile load
V_{max}	=	rupture tensile strength
V_{maxo}	=	rupture strength obtained from a monotonic loading test at reference temperature (30 °C)
V_{ult}	=	ultimate tensile strength
V_y	=	yield tensile strength
ρ	=	radius of curvature
β	=	rate-sensitivity coefficient
$\beta_{residual}$	=	residual rate-sensitivity coefficient
ε	=	tensile strain
$\dot{\varepsilon}$	=	strain rate