SMALL STRAIN BEHAVIOUR OF AIR-CEMENT TREATED SOIL

MR. ANEKPONG SONGPROM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING (CIVIL ENGINEERING)
FACULTY OF ENGNEERING
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI
2011

Small Strain Behaviour of Air-Cement Treated Soil

Mr.Anekpong Songprom B.Eng. (Civil Engineering)

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirement for
the Degree of Master of Engineering (Civil Engineering)
Faculty of Engineering
King Mongkut's University of Technology Thonburi
2011

Thesis Committee

.... (Asst. Prof. Sompote Youwai, Ph.D.)	Chairman of Thesis Committee
.... (Asst. Prof. Pornkasem Jongpradist, Ph.D.)	Member and Thesis Advisor
.... (Asst. Prof. Warat Kongkitkul, Ph.D.)	Member and Thesis Co-Advisor
.... (Asst. Prof. Siam Yimsiri, Ph.D.)	Member

Thesis Title	Small Strain Behaviour of Air-Cement Treated Soil
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Anekpong Songprom
Thesis Advisors	Asst. Prof. Dr. Pornkasem Jongpradist
	Asst. Prof. Dr. Warat Kongkitkul
Program	Master of Engineering
Field of Study	Civil Engineering (Geotechnical Engineering)
Department	Civil Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2554

Abstract

In this study, the small-strain behaviour of Air Cement treated Soil (ACS) was investigated by laboratory uniaxial compression tests. The small-strain stress-strain properties were evaluated by performing continuous monotonic loading (ML) and ML tests with sustained loading (SL) and cyclic loading (CL). Relatively small vertical and horizontal strains were locally measured by means of a pair of local deformation transducers (LDTs) and a set of three clip gages (CGs), respectively. Therefore, different Young's moduli and Poisson's ratios defined in this study could be accurately determined, resulting in precise evaluation of : 1) initial, tangent, and 50 percent of maximum stress Young's moduli $(E_0, E_{\tan}, E_{50})$ and Poisson's ratios $(\nu_0, \nu_{\tan})$,which were evaluated from stress-strain relations at small and conventional range of strains obtained by these ML test. 2) The equivalent Young's modulus (E_{eq}) and the Poisson's ratio (ν_{eq}), which were evaluated from the stress-stain behaviour during minute cycles of unload and reload varying with increase in the vertical stress. In addition, the parameter called "effective void ratio" was adopted to characterize these Moduli in forms of empirical equations. The effective void ratio combines the influencing factors, i.e., void ratio, cement content, and moisture content. It is shown that the effective void ratio can appropriately characterize all Moduli evaluated in this study.

Keywords : Monotonic Loading / Cyclic Loading / Air-Cement Treated Soil / Young's Moduli / Poisson's Ratio / Effective Void Ratio

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาพฤติกรรมความเครียดน้อยของดินเหนียวอ่อนมวลเบาที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์
หน่วยกิต 12
ผู้เขียน นายเอนกพงศ์ สงพรหม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พรเกษม จงประดิษฐ์
ผศ.ดร.วรัช ก้องกิจกุล
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมเทคนิคธรณี)
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ. 2554

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมในช่วงความเครียดน้อยของวัสดุดินเหนียวอ่อนมวลเบาผสมซีเมนต์ โดยการทดสอบแรงอัดในแนวแกน คุณสมบัติความเค้น-ความเครียดในช่วงความเครียดน้อยสามารถประเมินได้จากการทดสอบให้แรงแบบต่อเนื่องทิศทางเดียว โดยระหว่างการให้แรงแบบทิศทางเดียวมีการเพิ่มแรงคงค้างและแรงกระทำแบบวงรอบ การวัดค่าความเครียดในช่วงความเครียดน้อยในแนวดิ่งและแนวราบใช้เครื่องมือวัดการเคลื่อนที่เฉพาะจุด (LDT) และเครื่องมือวัดการขยาย (clip gage) ตามลำดับ ดังนั้น การวัดค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและอัตราส่วนปัวซองในการศึกษานี้จึงมีความแม่นยำ ทำให้สามารถประเมินค่าที่ถูกต้องของ 1) โมดูลัสเริ่มต้น โมดูลัสสัมผัส และโมดูลัสที่ 50 เปอร์เซนต์ของหน่วยแรงสูงสุดจากความสัมพันธ์หน่วยแรง-ความเครียดที่ช่วงค่าความเครียดน้อย และค่าปกติจากการทดสอบให้แรงกระทำทิศทางเดียว และอัตราส่วนปัวซองเริ่มต้น และสัมผัส 2) โมดูลัสสมมูลและอัตราส่วนปัวซองสมมูลจากความสัมพันธ์หน่วยแรง-ความเครียดระหว่างการให้แรงกระทำแบบวงรอบ ซึ่งแปรเปลี่ยนตามการเพิ่มหน่วยแรงแนวดิ่ง นอกจากนี้ งานวิจัยนี้มีการสร้างความสัมพันธ์อย่างง่ายของค่าโมดูลัสดังกล่าวกับพารามิเตอร์ "อัตราส่วนช่องว่างประสิทธิผล" ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สะท้อนถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อัตราส่วนช่องว่าง ปริมาณปูน และปริมาณความชื้น อัตราส่วนช่องว่างประสิทธิผลนี้สามารถจำแนกคุณลักษณะของโมดูลัสทั้งหมดได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ : แรงกระทำทิศทางเดียว / แรงกระทำแบบวงรอบ / ดินเหนียวอ่อนมวลเบาที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ / โมดูลัสยืดหยุ่น / อัตราส่วนปัวซอง / อัตราส่วนช่องว่างประสิทธิผล

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express my gratitude to my adviser and co-adviser, Asst. Prof. Dr. Pornkasem Jongpradist and Asst. Prof. Dr. Warat Kongkitkul for excellent guidance and strong support throughout my 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 Asst. Prof. Dr. Siam Yimsiri for their help, encouragement, suggestion, constructive comments and serving as members of my thesis examination committees.

Finally, the author would like to thank my father and mother for their constant strong support and encouragement during my study at KMUTT.

CONTENT

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

LIST OF SYMBOLS

A_w	=	Cement content (% to dry soil)
C	=	Cement content (kg/m^3)
C_w	=	Total water content
E	=	Modulus of elasticity or Young's modulus
E_{eq}	=	Equivalent Young's modulus
E_0	=	Initial Young's modulus
E_{50}	=	Secant modulus of 50% ultimate
E_{sec}	=	Secant Young's modulus
E_{tan}	=	Tangent Young's modulus
E_u	=	Undrained modulus
E_{50}	=	Secant modulus of 50% ultimate
e_{ot}	=	After curing void ratio
e_{st}	=	Effective void ratio
F_w	=	Desired foam
G	=	Shear modulus
G_s	=	Specific gravity
K	=	Bulk modulus
P_a	=	Atmospheric pressure
q_u	=	Unconfined compressive strength
S_u	=	Undrained shear strength
W_T	=	The total weight of prepared original untreated clay sample
w_0	=	Natural water content of the clay sample
w^*	=	The remolding clay water content
w/w_F	=	Water-foam material ratio
γ_t	=	After-curing unit weight
γ_w	=	Unit weight of water
λ	=	Compression index
ε	=	Strain
σ	=	Stress
τ	=	Shear strength
ν	=	Poisson's ratio
ν_{eq}	=	Equivalent Poisson's ratio
ν_0	=	Initial Poisson's ratio
ν_{tan}	=	Tangent Poisson's ratio
ΔW_w	=	The additional weight of water
8-100	=	Unit weight 8 kN/m^3 cement content 100 kg/m^3
8-150	=	Unit weight 8 kN/m^3 cement content 150 kg/m^3
8-200	=	Unit weight 8 kN/m^3 cement content 200 kg/m^3
10-100	=	Unit weight 10 kN/m^3 cement content 100 kg/m^3
10-150	=	Unit weight 10 kN/m^3 cement content 150 kg/m^3
10-200	=	Unit weight 10 kN/m^3 cement content 200 kg/m^3
12-100	=	Unit weight 12 kN/m^3 cement content 100 kg/m^3
12-150	=	Unit weight 12 kN/m^3 cement content 150 kg/m^3
12-200	=	Unit weight 12 kN/m^3 cement content 200 kg/m^3