

**BEHAVIOR OF A ROAD EMBANKMENT ON RELIEF PILE  
AT THE THONBURI-PAKTHO HIGHWAY (KM 15+000)**



**Mr. Pairoj Siripanoosatien**

**A thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Civil Engineering  
Graduate School**


**1993**

**ISBN 947-582-962-5**


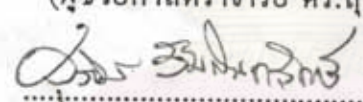
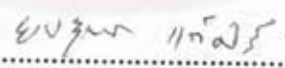
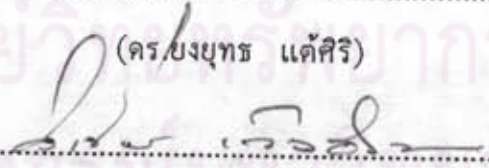
หัวข้อวิทยานิพนธ์ พดฺติกรรมของคันทางเมื่อใช้เสาเข็มช่วยรับน้ำหนักที่ถนนธนบุรี-ปากท่อ  
กม.15+000  
โดย นายไพโรจน์ ศิริภาณุเสถียร  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ยงยุทธ แต้ศิริ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

  
..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร. อวาร วัชรากษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์)  
  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์)  
  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ดร.ยงยุทธ แต้ศิริ)  
  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ วิเชียร เค็งอำนาจ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ไพโรจน์ ศิริภาณุเสถียร : พฤติกรรมของคันทาง เมื่อใช้เสาเข็มช่วยรับน้ำหนักที่ถนนธนบุรี-ปากท่อ กม. 15 + 000 (BEHAVIOR OF A ROAD EMBANKMENT ON RELIEF PILE AT THE THONBURI-PAKTHO HIGHWAY (KM. 15+000) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์อารักษ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร.ยงยุทธ แคศิริ, 142 หน้า.  
ISBN 974-582-962-5

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรมการทรุดตัวของถนนสายธนบุรีปากท่อ กม. 15+000 โดยเพิ่มความแข็งแรงของคันทาง และลดการทรุดตัวด้วยการออกแบบให้คันทางอยู่เหนือ SOIL CEMENT ซึ่งหนา 0.60 ม และ SOIL CEMENT นี้วางอยู่บนเสาเข็มขนาด 0.22x0.22x 12.00 ม. มีระยะห่างระหว่างเสาถึงเสา 2.00 ม. ในตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์มีการติดตั้ง เครื่องมือทางธรณีเทคนิค เพื่อวัดหน่วยแรงการทรุดตัวและความดันน้ำ

ในการศึกษาพฤติกรรมการทรุดตัวของถนนธนบุรี-ปากท่อ กม. 15+000 ซึ่งใช้เสาเข็มช่วยลดค่าการทรุดตัวนั้น แบ่งการพิจารณาลักษณะการทรุดตัวของถนน ดังนี้ การทรุดตัวเนื่องจากน้ำหนักทรายถมปรับระดับ หนา 0.70 ม. และการทรุดตัวเนื่องจากน้ำหนักของคันทาง โดยน้ำหนักของคันทางจะถ่ายไปยังเสาเข็มและชั้นดินที่อยู่ระหว่างเสาเข็ม น้ำหนักที่ถ่ายไปยังเสาเข็มคิดเป็น 75% ของน้ำหนักคันทางทั้งหมด และอีก 25% ของน้ำหนักคันทางทั้งหมดจะถ่ายไปยังชั้นดินระหว่างเสาเข็ม

จากการวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม โดยวิธี Modified Theory of Elasticity ของ Poulos พบว่า เนื่องจากน้ำหนักของคันทางเสาเข็มเกิดการทรุดตัว 8.15 ซม. การทรุดตัวของชั้นดินที่อยู่ระหว่างเสาเข็มที่เกิดจากน้ำหนักของคันทาง โดยวิธี Terzaghi เท่ากับ 3.76 ซม. และที่เกิดจากทรายถมปรับระดับ มีค่า 10.92 ซม. การทรุดตัวทั้งหมด จึงอยู่ระหว่าง 15 ถึง 19 ซม.

จากข้อมูลในสนาม ซึ่งวัดค่าการทรุดตัวที่ความลึกใด ๆ พบว่า ที่ระดับความลึก + 0.5 ถึง - 4 เมตร มีการทรุดตัว 15% ของการทรุดตัวทั้งหมด ที่ระดับความลึก - 4 ถึง - 11 เมตร มีการทรุดตัว 70% ของการทรุดตัวทั้งหมด และที่ระดับความลึก - 11 ถึง - 15.2 เมตร มีการทรุดตัว 15% ของการทรุดตัวทั้งหมดของมวลดินในสนาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา  
2535  
ปีการศึกษา.....

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## C115192 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: EMBANKMENT LOAD/EXCESS PORE PRESSURE/RATE OF SETTLEMENT

PAIROJ SIRIPANOOSATIEN : BEHAVIOR OF A ROAD EMBANKMENT ON RELIEF  
PILE AT THE THONBURI-PAKTHO HIGHWAY (KM. 15+000) : THESIS ADVISOR :  
ASSI. PROF. SURACHAT SAMBHANDHARAKSA, CO-ADVISOR : DR.YONGYUT  
TAE-SIRI, 142 PP. ISBN 974-582-962-5

This thesis involves the analysis of settlement behavior on Thonburi-Paktho KM.15+000. An embankment is strengthened and supported by the relief pile and is placed on top of 0.60 meter thick soil cement. Soil cement is placed on piles measuring 0.22 x 0.22 x 12.00 meter and the spacing between each pile is 2.00 meter. Geotechnical instruments are installed at the site for measuring, settlement and pore pressure.

The characteristics of the settlement components of Thonburi-Paktho highway (KM.15+000) that use relief piles are found to be as follows. The settlements are due to the 0.70 meter sand fill and the embankment load which is transferred to piles and the soil layers between piles. The load transfer to piles is 75 % of total embankment load. The other 25 % of embankment load transfers to soil layers between the piles.

The analysis of piles settlement using Modified Theory of Elasticity Method by Poulos shows that the pile settlement is 8.15 cm., settlement of soil mass between piles due to embankment load estimated using Terzaghi's method is 3.76 cm. The settlement resulting from the 0.7 m. sandfill is 10.92 cm. The total settlement is, therefore, between 15 to 19 cm.

Field data show that 15% of total settlement occur between El.+0.5 to - 4 meter, 70% of total settlement between EL. - 4 to - 11 meter and 15% of total settlement between El. - 11 to - 15.2 meter.



ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา  
ปีการศึกษา.....2535

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์ และ ดร.ยงยุทธ แต่ศิริ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ ทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเป็นรูปเล่ม

ผู้เขียนขอขอบพระคุณกองวิเคราะห์วิจัย กรมทางหลวง ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างดิน คุณสุชาติ สิริคมสัน คุณพรธรรม แยมพลอย และคุณสุชาติ ทุกอาจารย์ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย คุณวีระ วสินวรรณะ, คุณพินิจ ธรรมธรสิริ และคุณชูชาติ เกียรติขจรกุล ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่าง ๆ ในการคิดตั้งอุปกรณ์วัดพฤติกรรมการจราจรในสนาม

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนรำลึกถึงพระคุณของบิดาและมารดา ครู อาจารย์ ตลอดจนญาติมิตร ที่ได้ส่งเสริมให้ผู้เขียนสำเร็จการศึกษาจนถึงปัจจุบัน

ไพโรจน์ ศิริภาณุเสถียร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย  
 บทคัดย่อภาษาอังกฤษ  
 กิตติกรรมประกาศ  
 สารบัญ  
 สารบัญตารางประกอบ  
 สารบัญรูปประกอบ  
 สัญลักษณ์



หน้า  
 ง  
 จ  
 ฉ  
 ช  
 ญ  
 ฉ  
 ฑ

## บทที่ 1 บทนำ

คำนำ .....	1
วัตถุประสงค์การศึกษา .....	3
ขอบเขตการศึกษา .....	3
ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย .....	4

## บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานในอดีต

ลักษณะการทรุดตัวของฐานรากแบบเสาเข็มในชั้นดินอ่อน .....	5
การยุบอัดตัวของเสาเข็ม (Compressible of pile) .....	5
การยุบอัดตัวของดิน (Compressible of soil) .....	6
การทรุดตัวแบบทันทีทันใด (Immediate settlement) ...	6
การทรุดตัวแบบ Creep ภายใต้แรงดันคงที่ .....	6
การทรุดตัวแบบ Primary Consolidation.....	6
การทรุดตัวแบบ Secondary Consolidation .....	7
วิธีประมาณค่าการทรุดตัวของฐานรากแบบเสาเข็ม .....	7
การประมาณค่าการทรุดตัวของฐานรากแบบเสาเข็มด้วยวิธี Modified Theory of Elasticity .....	7
การทรุดตัวของเสาเข็มเดี่ยว .....	8
Movement ratios .....	9
ผลกระทบของ Pile soil slip .....	13
ผลกระทบเนื่องจากชั้นดินเป็นชั้น ๆ และไม่ เอกพันธ์ .....	13
การทรุดตัวของดินที่อยู่ใต้เสาเข็ม .....	17
ค่าการทรุดตัวทันทีทันใดและค่าการทรุดตัวสุดท้าย .....	17
การทรุดตัวของเสาเข็มกลุ่ม .....	18
การพิจารณาเสาเข็มกลุ่มให้เป็นเสาเข็มเดี่ยว สมมูลย์ .....	26



ผลกระทบของ Pile cap ต่อการทรุดตัวของเสาเข็ม .....	29
คุณสมบัติของดินที่ใช้ประมาณค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม .....	29
อัตราทรุดตัวของเสาเข็มเดี่ยว .....	31
การประมาณค่าการทรุดตัวของฐานรากตื้น .....	34
การทรุดตัวแบบทันทีทันใดหรืออันเดรน .....	34
การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำครั้งแรก .....	41
การประมาณค่าอัตราทรุดตัว .....	44
จากผลการทดสอบอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ .....	44
จากข้อมูลแรงดันน้ำในสนาม .....	45
วิธีของ Asaoka .....	45

### บทที่ 3 การทดลองและการวิจัย

สถานที่ทำการศึกษาวิจัยและการเก็บตัวอย่างดิน .....	51
สถานที่ทำการศึกษาวิจัย .....	51
การเก็บตัวอย่างดิน (Samplings) .....	52
การศึกษาในสนาม .....	52
รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องมือวัดพฤติกรรมของถนนธนบุรี-ปากท่อ กม.15+000..	52
Piezometers .....	52
Borehole Extensometers .....	58
Horizontal Inclinator .....	59
Earth Pressure Cell .....	60
การศึกษาในห้องปฏิบัติการ .....	62
การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดิน .....	62
การทดสอบหาคุณสมบัติด้านวิศวกรรม .....	62
การเก็บข้อมูล Dummy Piezometers .....	63

### บทที่ 4 ผลการทดลองและข้อมูลในสนาม

ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพชั้นดินและคุณสมบัติของชั้นดินบนถนนธนบุรี-ปากท่อ กม.15+000 .....	64
ข้อมูลเกี่ยวกับเสาเข็ม .....	68
คุณสมบัติทางด้านรูปร่างและชนิดของเสาเข็ม .....	68
ผลการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม .....	68
การคำนวณหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ( $E_z$ ) จากการทดสอบเสาเข็ม .....	70
ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะรูปแบบฐานราก และน้ำหนักที่กระทำ .....	71

	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวของถนนสายธนบุรี-ปากท่อ กม.15+000 ...	71
	การทรุดตัวของเสาเข็ม .....	71
	การทรุดตัวของมวลดินระหว่างเสาเข็ม .....	72
	การวิเคราะห์การทรุดตัวของมวลดินในกรณีที่ไม่ใช้เสาเข็มช่วยลดค่าการทรุดตัว .....	73
	ผลการทดลองและวิเคราะห์ .....	74
บทที่ 5	สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ .....	93
	สรุปผลการวิเคราะห์ .....	93
	ข้อเสนอแนะ .....	94
	เอกสารอ้างอิง .....	95
	ภาคผนวก .....	102



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1	แสดงค่าประมาณของอัตราส่วนปัวซองของดินแบบระบายน้ำ ..... 35
2.2	แสดงค่าเฉลี่ยของ Pile Stiffness Factor, K ..... 35
4.1	ตารางแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางปฐพีกลศาสตร์ กม.15+000 LT ..... 65
4.2	ตารางแสดงผลการทดสอบ Consolidation test ที่ กม.15+000 LT ..... 65
4.3	ตารางแสดงผลการทดสอบ Triaxial test ที่ กม.15+000 LT ..... 65
4.4	สรุปผลการวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนสายธนบุรี-ปากท่อ กม.15+000 ..... 90


  
 ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนที่แสดงสถานที่ทำการศึกษาวจัย .....	2
2.1	แสดงค่า Settlement-Influence factor, $I_0$ .....	10
2.2	แสดงค่า Compressibility correction factor for Settlement, $R_k$ .....	10
2.3	แสดงค่า Depth correction factor for settlement, $R_h$ .....	11
2.4	แสดงค่า Poisson's ratio correction factor settlement, $R_v$ .....	11
2.5	แสดงค่า Base modulus correction factor for settlement, $R_b$ .....	12
2.6	แสดงค่า Movement ratio for end-bearing pile on-rigid base .....	14
2.7	แสดงค่า Movement ratio for end-bearing pile on stiffer stratum .....	14
2.8	แสดงค่า End-bearing pile on stiffer stratum Pile-tip movement ratio .....	15
2.9	แสดงค่า Settlement modification factor, $M_s$ for Slip Effect of $L/d$ and adhesion factor .....	15
2.10	แสดงค่า Settlement modification factor, $M_s$ for Slip Effect of $K$ .....	16
2.11	แสดงค่า Settlement of pile in layered soil .....	16
2.12	แสดงค่า Displacement influence factors .....	20
2.13	แสดงค่าอัตราส่วนการทรุดตัวทันทีที่ทันใดต่อการทรุดตัวทั้งหมดของ Incompressible pile in semi-infinite mass .....	21
2.14	แสดงค่าอัตราส่วนการทรุดตัวทันทีที่ทันใดต่อการทรุดตัวทั้งหมดของ Comprssible floating pile .....	21
2.15	แสดงค่า Influence factor สำหรับเสาเข็มตอຍ .....	22



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.16	แสดงค่า Influence factor สำหรับเสาเข็มหยั่ง ..... 24
2.17	ค่าปรับแก้ Interaction factor สำหรับความแข็งของ Bearing Statum, $F_E$ ... 27
2.18	หาความยาวสมมุติของเสาเข็มเดี่ยวสมมุติสำหรับเสาเข็มกลุ่มแบบ Floating ..... 30
2.19	หาเส้นผ่าศูนย์กลางสมมุติสำหรับเสาเข็มกลุ่มแบบ Floating ..... 30
2.20	ค่าปรับแก้เนื่องจากอิทธิพลของแท่นหัวเข็ม ..... 32
2.21	ค่าปรับแก้สำหรับการทดสอบเสาเข็มลอย, $F_C$ ..... 33
2.22	การประมาณอัตราการทรุดตัวของเสาเข็มเดี่ยว ..... 36
2.23	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอัตราการทรุดตัวของเสาเข็มที่ $L/d$ ต่าง ๆ ..... 36
2.24	แสดงการหาค่า Influence factor สำหรับการคาดคะเนการทรุดตัวและการเคลื่อนตัวด้านข้างของ Load Area ..... 38
2.25	ความสัมพันธ์ระหว่าง Settlement Ratio กับ Applied Stress Ratio สำหรับ Strip Load กระทบบน Isotropic Homogeneous Foundation ..... 39
2.26	ความสัมพันธ์ระหว่าง Initial Shear Stress กับ Overconsolidation Ratio.. 40
2.27	แสดงหลักการคำนวณสัมประสิทธิ์อัดตัวเชิงปริมาตร $m_v$ ..... 43
2.28	วิธีการหาค่าอัตราส่วนการอัดแน่น และอัตราส่วนการอัดแน่นซ้ำ ..... 43
2.29	แสดงการหาค่า $t_{90}$ โดยวิธีกราฟที่สองของเวลา ..... 46
2.30	แสดงการหาค่า $t_{50}$ โดยวิธีลอการิทึมของเวลา ..... 47
2.31	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{U}$ , $Z/H$ และ $T$ CDM-7) ..... 48
2.32	แสดงการหาค่าการทรุดตัว ( $\rho_c$ ) โดยวิธีของ Asoaka ..... 48
3.1	แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ Typical cross section ที่กม. 15+000 ..... 53

3.2	แสดงตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรมของดินในสนามและตำแหน่งของหลุม เก็บตัวอย่างดิน .....	54
3.3	แสดงรายละเอียดในการติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรมของดินในสนาม .....	55
4.1	แสดงลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติต่าง ๆ ของดิน .....	66
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันน้ำกับความลึกในบริเวณใกล้เคียง .....	67
4.3	แสดงผลการทดสอบเสาเข็ม .....	69
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดันที่กระทำบนเสาเข็มกับเวลา .....	77
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดันที่กระทำบนชั้นทรายกับเวลา .....	78
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดันที่กระทำบน Soil Cement กับเวลา .....	79
4.7	แสดง Settlement Profile ของเสาเข็ม .....	80
4.8	แสดง Settlement Profile ของมวลดิน .....	81
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทรุดตัวกับเวลาที่ความลึก 4, 8 และ 11 เมตร .....	82
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำกับเวลาที่ความลึก 2 เมตร .....	83
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำกับเวลาที่ความลึก 6 เมตร .....	84
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำกับเวลาที่ความลึก 10 เมตร .....	85
4.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำกับเวลาที่ความลึก 12 เมตร .....	86
4.14	แสดงอัตราการทรุดตัวทั้งหมดของเสาเข็มกับเวลา .....	87
4.15	แสดงวิธีการหาค่าการทรุดตัวทั้งหมดของเสาเข็ม โดยวิธีของ Asaoka .....	88
4.16	แสดงการกระจายหน่วยแรงดันในกรณีมีเสาเข็มและไม่มีเสาเข็ม .....	92



## สัญลักษณ์

A	=	พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม
B	=	ความกว้างน้อยที่สุดของหน่วยแรงกระทำ
$C_c$	=	ดัชนีการอัดแน่น
$C_r$	=	ดัชนีการอัดซ้ำ
$C_s$	=	สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายนํ้า 3 มิติ
$C_v$	=	สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายนํ้าของชั้นดิน
CR	=	อัตราส่วนการอัด
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม
$d_b$	=	เส้นผ่านศูนย์กลางปลายเข็ม
$d_c$	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่นหัวเข็ม
$d_e$	=	เส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลย์ของกลุ่มเสาเข็ม
$E_p$	=	Modulus of elasticity ของวัสดุที่ใช้ทำเสาเข็ม
$E'_s$	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของดินในสภาวะระบายน้ำ
$E_s$	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของดินในสภาวะไม่ระบายน้ำ
$E_{sj}$	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของดินชั้น j
$e_o$	=	อัตราส่วนโพรงเริ่มต้น
$\Delta e$	=	อัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนโพรง
$F_c$	=	อัตราส่วนระหว่างค่าการทรุดตัวจริงต่อค่าการทรุดตัวที่วัดได้ของเสาเข็มทดสอบ
$F_E$	=	แฟกเตอร์สำหรับเข็มคาล
f	=	ค่า initial stress ratio
H	=	ระยะจากหัวเสาเข็มถึงความลึกที่พิจารณา
$H_d$	=	ความยาวของเส้นทางระบายน้ำ
h	=	ความหนาของชั้นดิน
$\Delta h$	=	ความหนาของชั้นดินเหนียวที่พิจารณา
I	=	Influence factors
$I_j$	=	Displacement Influence factor บนแกนของเสาเข็มที่ระดับบนสุดของชั้นดิน j
$I_{st}$	=	Influence factor สำหรับฐานรากตื้น
$I_o$	=	ตัวปรับแก้สำหรับ Incompressible pile ในมวลดิน ที่ $v_s = 0.5$
$I_{0.5}$	=	Displacement influence factor สำหรับ $v_s = 0.5$
$I'_v$	=	Displacement influence factor สำหรับ $v = v'_s$
$I_p$	=	Displacement influence factor ของชั้นดินที่อยู่ใต้เสาเข็ม สำหรับ $v_s = 0.5$

$K$	=	Pile stiffness factor
$L$	=	ความยาวของเสาเข็มที่ฝังอยู่ในดิน
$L_e$	=	ความยาวสมมูลย์ของกลุ่มเสาเข็ม
$M_r$	=	Movement ratios
$M_s$	=	Soil slip factor
$m_v$	=	สัมประสิทธิ์การยุบตัวของชั้นดิน
$n$	=	จำนวนชั้นดินตามความยาวของเสาเข็มไปยังจุดที่พิจารณา
OCR	=	Over consolidation ratio
$P$	=	น้ำหนักบรรทุกในแนวแกนเสาเข็ม
$P_j$	=	น้ำหนักที่กระทำบนเสาเข็ม $j$
$Q$	=	น้ำหนักกระทำเป็นจุด
$Q_p$	=	น้ำหนักบรรทุกที่ปลายเสาเข็ม
$Q_s$	=	น้ำหนักบรรทุกที่พื้นผิวรอบเสาเข็ม
$q$	=	น้ำหนักกระทำเป็นแถบ
$q_u$	=	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด
$R_b$	=	ตัวปรับแก้สำหรับ Stiffness of bearing stratum
$R_k$	=	ตัวปรับแก้สำหรับ Pile compressibility
$R_h$	=	ตัวปรับแก้สำหรับ finite depth ของชั้น rigid base
$R_v$	=	ตัวปรับแก้สำหรับ Poisson's ratio
RR	=	อัตราส่วนการอัดซ้ำ
$r$	=	ระยะห่างของแกนกลางเสาเข็ม
SR	=	Settlement ratio
$T_v$	=	Time factor
$t$	=	เวลา
$t_{50}$	=	เวลาที่ 50% ของการอัดตัวคายน้ำ
$t_{90}$	=	เวลาที่ 90% ของการอัดตัวคายน้ำ
$u$	=	ค่าความดันน้ำในโพรงดิน
$\Delta u$	=	ค่าความดันน้ำในโพรงดินที่เพิ่มขึ้น
$\bar{U}_z$	=	ระดับการอัดตัวคายน้ำ
$z$	=	ความลึกใด ๆ ที่พิจารณา
$\rho_p$	=	ค่าการยุบอัดตัวของเสาเข็ม
$\rho$	=	ค่าการทรุดตัว
$\rho_i$	=	ค่าการทรุดตัวแบบทันทีทันใด
$\rho_{cf}$	=	ค่าการทรุดตัวแบบ consolidation
$\rho_{tf}$	=	ค่าการทรุดตัวทั้งหมด
$\rho_e$	=	ค่าการทรุดตัวจากทฤษฎีอัสติค



$p_j$	=	ค่าการทรุดตัวของเสาเข็มข้างเคียงเสาเข็ม $i$
$p_1$	=	ค่าการทรุดตัวของเสาเข็มเดี่ยว เนื่องจากน้ำหนักกระทำ 1 หน่วย
$p_{ij}$	=	ค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม $j$ ภายใต้น้ำหนักกระทำ 1 หน่วย
$\Delta p_{ij}$	=	ค่าการทรุดตัวที่เพิ่มขึ้นของเสาเข็ม $i$ เนื่องจากเสาเข็ม $j$
$\epsilon$	=	ความเครียด
$\Delta \epsilon$	=	อัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียดในแนวดิ่ง
$\alpha$	=	Interaction factor
$\alpha_{ij}$	=	Interaction factor ที่สอดคล้องกับระยะห่างระหว่างเสาเข็ม $i$ และ $j$ โดยใช้ความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม $j$
$\alpha_E$	=	Interaction factor สำหรับเสาเข็มคาล
$\alpha_F$	=	Interaction factor สำหรับเสาเข็มเสียดทาน
$v_s$	=	อัตราส่วนปัวซองในสภาพไม่ระบายน้ำ
$v'_s$	=	อัตราส่วนปัวซองในสภาพระบายน้ำ
$\bar{\sigma}_{vo}$	=	หน่วยแรงเกินประสิทธิผลทางดิ่งตามธรรมชาติ
$\bar{\sigma}_{vf}$	=	หน่วยแรงเกินประสิทธิผลทางดิ่งสุดท้ายหลังจากรับน้ำหนัก
$\bar{\sigma}_{vm}$	=	หน่วยแรงเกินประสิทธิผลสูงสุดที่เคยรับมาในอดีต
$\Delta \bar{\sigma}_v$	=	หน่วยแรงในแนวดิ่งที่เพิ่มขึ้น
$\overline{CIUC}$	=	การหาค่าตั้งรับแรงเฉือนของดินที่ถูกอัดตัวคายน้ำแบบไอโซทรอปิกมาก่อนด้วยเครื่อง Triaxial ในสภาพไม่ระบายน้ำ พร้อมวัดค่าความดันน้ำในโพรงดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย