

การทูลเกล้าฯ ของฐานรากแบบเสาเข็มในชั้นดินเหนียว



นายปรุ้ม เฉลยวาเรศ

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

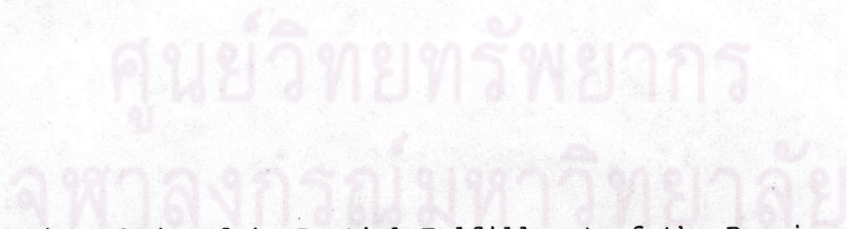
ISBN 974-566-497-9

012280

I16078032

SETTLEMENT OF PILE FOUNDATIONS IN CLAY

Mr. Pathom Chaloeywaes, 1962-



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

ISBN 974-566-497-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์
โดย
ภาควิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

การทรูคิ้วของฐานรากแบบเสาเข็มในชั้นดินเหนียว
นายปฐม เฉลยวาเรศ
วิศวกรรมโยธา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิเชียร เต็งอำนวยการ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์
ชื่อนิสิต
อาจารย์ที่ปรึกษา
ภาควิชา
ปีการศึกษา

การทรุดตัวของฐานรากแบบเสาเข็มในชั้นดินเหนียว
นาย ประม เฉลยวาเรศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์
วิศวกรรมโยธา
2529



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการคาดคะเน การทรุดตัวของฐานรากแบบเสาเข็มในชั้นดินเหนียวของสิ่งก่อสร้าง จำนวน 2 แห่ง คือตึกตตะกอนที่จังหวัดฉะเชิงเทรา และ โรงงานที่อำเภอพระประแดง จังหวัดกรุงเทพฯ การวิเคราะห์การทรุดตัวของสิ่งก่อสร้าง กระทำโดยวิธีกลศาสตร์พื้นฐานของ Terzaghi วิธีปฏิรูปกลศาสตร์พื้นฐานของ Tomlinson และวิธี Modified Theory of Elasticity ของ Poulos และ Davis โดยพยายามใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ให้ใกล้เคียง กับ ความจริงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และเปรียบเทียบผลที่ได้กับการวัดค่าการทรุดตัวจริงในสนาม การวิจัยพบว่า

ในการศึกษาการทรุดตัวของ ตึกตตะกอน การประปาภูมิภาค จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งมีฐานรากแบบเสาเข็มสั้นที่อยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน ลักษณะแผ่นพื้นยัดตัวเสาเข็มเป็น Mat Foundation ปรากฏว่า การประมาณค่าการทรุดตัวโดยวิธีปฏิรูปกลศาสตร์พื้นฐาน ของ Terzaghi และของ Tomlinson ให้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ส่วนการประมาณค่าการทรุดตัวโดยวิธี Modified Theory of Elasticity ของ Poulos และ Davis ในการประมาณค่าการทรุดตัวของ Founding layers พบว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินจากการทดลอง UU Test ที่ 3 เท่า - 4 เท่า สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดรูปแบบของฐานรากย่อย ๆ อิสระ สำหรับการวิเคราะห์ยังมีผลต่อการประมาณค่าการทรุดตัวอีกด้วย ซึ่งยังไม่สามารถหาข้อสรุปได้ว่า การจัดรูปแบบกลุ่มเสาเข็มอิสระแบบใด จะให้ค่าที่ถูกต้องที่สุด สำหรับผลการประมาณค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีของ Poulos และ Davis พบว่าให้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ และใกล้เคียงกับการประมาณค่าการทรุดตัวโดยวิธีปฏิรูปกลศาสตร์พื้นฐาน เนื่องจากการทรุดตัวของระบบฐานรากแบบนี้ เกิดจากการทรุดตัวในชั้นดินที่อยู่ใต้ปลาย

เสาเข็มเป็นส่วนใหญ่ ส่วนการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวของฐานราก โดยใช้เวลาสัมประสิทธิ์การ
 อัดตัวของน้ำที่ใช้ข้อมูลในการทรุดตัวในสนาม และ Time factor ของทฤษฎีการอัดตัวของน้ำ
 ของ Terzaghi ทำการคำนวณกลับ ให้ผลที่น่าพอใจ แต่เนื่องจากข้อมูลการทรุดตัวในสนามมีไม่
 มากนัก จึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นวิธีที่เหมาะสม สำหรับวิธีการหาอัตราการทรุดตัวที่เสนอ
 โดย Poulos และ Davis (1968) ซึ่งพิจารณาระบบฐานรากทั้งหมด เป็นเสาเข็มเดี่ยวสมมุติ
 เพียงต้นเดียว และทำการคำนวณกลับ จากข้อมูลการทรุดตัวในสนาม โดยใช้ Time factor
 ซึ่งเสนอแนะให้ใช้โดย Poulos และ Davis (1968) สำหรับเสาเข็มเดี่ยวไม่ได้คำนึงถึงผล
 กระทบจากเสาเข็มข้างเคียงเมื่อเปรียบเทียบกับ ผลวิเคราะห์โดยวิธีนี้กับ ข้อมูลการทรุดตัวที่วัด
 ได้ในสนาม พบว่าวิธีของ Poulos และ Davis ในลักษณะนี้ อัตราการทรุดตัวเร็วกว่าที่เกิด
 ขึ้นจริงมาก

สำหรับการศึกษารูปร่างของฐานรากอาคารโรงงาน พระประแดง จ.กรุงเทพฯ
 ฐานรากของโรงงานเป็นเสาเข็มกลุ่ม ที่คอกผ่านชั้นดินเหนียวอ่อน และมีปลายเสาเข็มหยั่งอยู่
 ในชั้นดินเหนียวแข็ง จากผลการตรวจสอบความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของฐานราก พบว่า
 ฐานรากบางส่วนไม่สามารถรับน้ำหนักกระทำ ซึ่งรวมผลของแรงจุดลงในเสาเข็มได้ ดังนั้นการ
 วิจัยนี้จึงพิจารณาการทรุดตัวของฐานรากที่คาดว่าจะไม่เกิดการวิบัติ (ฐานราก E-1) เท่านั้น
 จากผลการประมาณค่าการทรุดตัวสุดท้ายของฐานราก E-1 โดยวิธีปฏิรูปกลศาสตร์พื้นฐานของ
 Terzaghi เมื่อรวมผลการเกิดแรงจุดลงในเสาเข็ม พบว่าให้ค่าการทรุดตัวใกล้เคียงกับข้อมูล
 ในสนาม ในขณะที่การประมาณค่าการทรุดตัวรวม โดยวิธีปฏิรูปกลศาสตร์พื้นฐานของ Tomlinson
 ให้ค่าน้อยกว่าข้อมูลการทรุดตัวที่วัดได้ในสนามมาก ส่วนผลการประมาณค่าการทรุดตัวโดยวิธี
 Modified Theory of Elasticity ของ Poulos และ Davis เมื่อรวมผลการเกิด
 แรงจุดลงในเสาเข็ม และคำนึงถึงผลกระทบจาก ฐานรากใกล้เคียงทั้งหมด พบว่าค่าการทรุดตัว
 สุดท้าย มากกว่าข้อมูลที่วัดได้จากในสนามแต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ สำหรับการวิเคราะห์ อัตรา
 การทรุดตัวของฐานราก เนื่องจากมีความยุ่งยาก และซับซ้อนในการวิเคราะห์จึงได้ตั้ง
 สมมุติฐานว่าการทรุดตัวของฐานราก เนื่องจากแรงในเสาเข็มที่เกิดขึ้นทันที ดังนั้นการทรุดตัว
 เนื่องจากน้ำหนักจากโครงสร้าง และน้ำหนักบรรทุกจะเกิดขึ้นทันที ก่อนที่การทรุดตัวเนื่องจากแรง
 จุดในเสาเข็มจะเกิดขึ้น ส่วนการทรุดตัวของฐานรากเนื่องจากแรงจุดลงในเสาเข็ม ก็จะเกิดขึ้น
 ทันที ที่แรงจุดลงในเสาเข็มเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของแรงจุดจะขึ้นอยู่กับอัตราการเกิด

การอัตรคายนน้ำของชั้นดินเหนียวอ่อนเนื่องจากทรายถม จากผลการวิเคราะห์ด้วยสมมติฐานดังกล่าวพบว่า อัตรการทรุดตัวของฐานราก E-1 วิเคราะห์โดยใช้วิธีปฏิรูปกลศาสตร์พื้นฐาน และอัตรการทรุดตัวของฐานราก วิเคราะห์โดยใช้อัตรการเกิดแรงจุดลงในเสาเข็มที่เสนอแนะโดย Poulos และ Davis (1972) ให้ค่าอัตรการทรุดตัวที่เร็วกว่าข้อมูลทั่วไปในสนามมาก ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก

ก. การวิเคราะห์อัตรการทรุดตัวของ Poulos มีรากฐานมาจากการวิเคราะห์อัตรการเกิดแรงจุดลงในเสาเข็มเดี่ยว ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงผลของเสาเข็มกลุ่ม ซึ่งมีผลทำให้อัตรการทรุดตัวลดลง

ข. ค่า C_v (field) ที่ใช้ในการวิเคราะห์อัตรการทรุดตัว อาจไม่ถูกต้องนัก การหาค่า C_v อาศัยข้อมูลการทรุดตัวของดินคันทาง แต่ในกรณีที่ทำการศึกษา มีเสาเข็มตอกแทรกอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน ซึ่งจะทำให้ดินเหนียวอ่อนเกิดการอัตรคายนน้ำ เนื่องจากทรายถมข้างล่างกว่าในกรณีที่ไม่มีเสาเข็มตอกอยู่ได้

ค. อัตรการทรุดตัวของฐานราก E-1 ที่วัดได้เป็นผลจากน้ำหนักจากโครงสร้างและแรงจุดลงในเสาเข็มเพียงอย่างเดียว แต่มีผลกระทบเนื่องจาก การวิบัติของฐานราก บางฐานรากที่อยู่ข้างเคียงด้วย การวิบัติทำให้เกิดการ Redistribution ของน้ำหนัก และมีผลต่อแรงที่กระทำต่อฐานราก E-1

ง. สมมติฐานที่ให้การทรุดตัวของฐานรากเสาเข็มเกิดขึ้นที่น้ำหนักกระทำเพิ่มขึ้นนั้น ไม่ถูกต้องเนื่องจาก ดินเหนียวแข็งจำเป็นต้องใช้เวลาในการเกิดการอัตรคายนน้ำ เมื่อได้รับแรงกระทำ

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Settlement of pile foundations in clay
Name Mr. Pathom Chaloeywaes
Thesis Advisor Assistant Professor Surachat Sambhandharaksa, Sc.D.
Department Civil Engineering
Academic year 1986



ABSTRACT

This thesis involves the settlement analyses of pile foundations constructed in clay. Two construction sites were studied; as follows:

1. The sedimentation tank locating at km.71 of the Minburi - Chachoengsao highway, Chachoengsao, where mat on 6 m. long piles was used.
2. The factory at Phra Pradaeng, Bangkok, where pile foundations, 18.5 m. long, were in addition subjected to negative skin friction load.

The analyses are carried out by using Terzaghi's conventional method, Tomlinson's conventional method and Modified Theory of elasticity method proposed by Poulos and Davis. Analyses were made with most reasonable soil informations and results were compared with observation data.

The predictions of final settlement of the sedimentation tank having mat on 6 m. long pile foundation, when the foundation was considered as the Terzaghi or Tomlinson equivalent mat foundation, by conventional Terzaghi and Tomlinson method give results in good agreement with the measurement data. The Modified Theory of elasticity also shows a good prediction of final settlement and results are close to those of settlement prediction by conventional methods. Analyses, however,

show that pile configurations layout selected for Poulos and Davis computation, have slightly effect on settlement prediction, but no conclusion can yet be drawn.

Terzaghi one dimensional theory, whereby observed settlement data were used for backfiguring the field coefficient of consolidation, shows a good prediction of rate settlement. However its reliability could not be confirmed, because of a short time period being available for field observation. The results from theory purposed by Poulos and Davis (1968), when the foundation was considered as the large equivalent single pier and ignored interaction of other piles in the foundation, show faster rate of settlement than the observated data.

For the factory at Phra Pradaeng, the results of settlement predictions of footing, which did not fail by Terzaghi's conventional method including effects of downdrage force are in good agreement with the existing observation data, whereas Tomlinson's prediction was, however, too low and settlement was predicted about 58% of the settlement predicted by Terzaghi's method. The Modified Theory of elasticity also show a good prediction of settlement, although it yields higher settlement prediction of about 20% higher than the Terzaghi method. The final actual settlement is not known although concolidation is nearly completed.

The predictions of rate of downdrage force, using one dimensional consolidation theory and that developed by Poulos and Davis (1972), lead to the predistions of settlement rates which are faster than that observed in the field.



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้อบรมสั่งสอนและแนะนำวิชาความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ตลอดคนสละเวลาส่วนตัวในการให้คำปรึกษา ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จด้วยดี

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศศิริวงศ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาในการใช้อุปกรณ์ในการวิจัย ตลอดคนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการศาสตร์ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา และคุณเรืองวิทย์ โชติวิทยธานินทร์ ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์ ในด้านการเจาะสำรวจชั้นดินและข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ผู้เขียนระลึกถึงพระคุณของ บิดา มารดา ครู อาจารย์ ตลอดคนญาติมิตร ท่านเหล่านั้นเป็นผู้มีอุปการคุณที่ได้ส่งเสริมให้ผู้เขียนประสบผลสำเร็จถึงการศึกษาในระดับนี้

ปฐม เฉลยวาเรศ

ศูนย์วิทยพัชร์พยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ช
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ญ
สารบัญ ตาราง.....	ฒ
สารบัญ รูป.....	ค
คำอธิบายสัญลักษณ์.....	น
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 บททั่วไป.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	4
2. ทฤษฎี และสมมติฐาน.....	5
2.1 การแยกองค์ตัวของคินเนียว.....	5
2.1.1 การทฤษฎีคินเนียว.....	5
2.1.2 การแยกองค์ตัวครั้งแรก.....	6
2.1.3 การแยกองค์ตัวครั้งที่สอง.....	6
2.2 การประมาณค่าการทฤษฎีคินเนียวของฐานรากแบบเสาเข็มโศยวิธี ปฐพีกลศาสตร์พื้นฐาน.....	7
2.2.1 การกระจายหน่วยแรงในมวลคินเนียวของฐานรากแบบ เสาเข็มโศยวิธีปฐพีกลศาสตร์พื้นฐาน.....	7
2.2.2 คุณสมบัติของคินเนียวที่ใช้ในการประมาณค่าการ ทฤษฎีคินเนียวปฐพีกลศาสตร์พื้นฐาน.....	10

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

2.2.3	วิธีการประมาณค่าการทรุดตัวของเสาเข็มโดยอาศัยทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ ของ Terzaghi (1925).....	14
2.2.4	การประมาณค่าการทรุดตัวของฐานรากเสาเข็มด้วยวิธีการ ของ Tomlinson (1979)	15
2.3	การประมาณค่าการทรุดตัวของฐานรากแบบเสาเข็ม โดยวิธี Modified Theory of Elasticity.....	17
2.3.1	การทรุดตัวในเสาเข็มเดี่ยว เมื่อได้รับแรงกระทำตามแนวแกน.....	17
2.3.2	การทรุดตัวของชั้นดินใต้เสาเข็มเดี่ยว เนื่องจากเสาเข็มรับน้ำหนัก.....	24
2.3.3	ค่าการทรุดตัวสุดท้าย.....	24
2.3.4	การทรุดตัวของเสาเข็มกลุ่ม.....	26
2.3.5	การพิจารณาเสาเข็มกลุ่ม เป็นเสาเข็มเดี่ยวสมมูล.....	32
2.3.6	ผลของแหวนหัวเสาเข็ม (Pile cap) ต่อการทรุดตัวของเสาเข็ม.....	32
2.3.7	คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการประมาณค่าการทรุดตัว โดยวิธี Modified Theory of Elasticity.....	34
2.4	อัตราการทรุดตัว (Rate of Consolidation).....	37
2.5	การประมาณค่าการทรุดตัว เนื่องจากการเกิดแรงจุลลงของเสาเข็มเนื่องจากดินถม (Negative skin friction load due to fill Surcharge) สำหรับฐานรากเสาเข็มในชั้นดินเหนียว.....	40
2.5.1	สาเหตุการเกิดแรงเสียดทานในทางลบ.....	40
2.5.2	การประมาณค่าแรงจุลลงของเสาเข็ม.....	43
2.5.3	อัตราการเกิดแรงจุลลงของเสาเข็ม.....	46

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

2.5.4 การทรุดตัวเนื่องจากการเกิดแรงจลของ เสาเข็ม.....	50
2.5.5 อัตราการทรุดตัวของเสาเข็มที่เกิดแรงจลของ ของเสาเข็ม.....	51
3. การทดลอง และการรวบรวมข้อมูล.....	53
3.1 สถานที่ และการเก็บตัวอย่าง.....	53
3.1.1 สถานที่ทำการเก็บตัวอย่าง.....	53
3.1.2 วิธีการเจาะสำรวจ และการเก็บตัวอย่าง.....	57
3.2 การทดลอง และการเก็บข้อมูลในสนาม.....	58
3.2.1 การทดสอบ Cone Penetration test (CPT) ..	58
3.2.2 การวัดค่าความค้ำในโพรงดิน และการวัดค่า การทรุดตัวของชั้นดินเหนียวอ่อน เนื่องจากดินถม..	61
3.3 การทดลองหาสมบัติพื้นฐานของตัวอย่าง ดินที่เก็บมา.....	64
3.4 การทดลองการอัดตัวคายนํ้า 1 มิติ.....	66
3.4.1 การทดลองการอัดตัวคายนํ้า โดยการเพิ่มนํ้าหนักที่ เวลาที่จุดสิ้นสุด การยุบอัดตัวครั้งแรก (Load In- crement Duration = t_{100}) ซึ่งค่า t_{100} จะ หาโดยวิธีของ Taylor.....	66
3.4.2 การทดลองการอัดตัวคายนํ้าตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 2435-65T.....	66
3.5 การทดลองหาค่าลรับแรงเฉือนของดินที่ไม่ถูกอัดตัวคายนํ้า มาก่อน ด้วยเครื่องไตรแอกเซียล ในสภาพไม่ระบายนํ้า (Unconsolidated Undrained Triaxial Compres- sion Test, UU Test).....	66
3.6 การรวบรวมข้อมูล.....	67
4. ผลการทดลอง และการวิเคราะห์.....	69

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

4.1 ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ	69
4.1.1 บริเวณ ดังกตตะกอน การประปาภูมิภาค	
จ.ฉะเชิงเทรา.....	69
4.1.2 บริเวณ อาคารโรงงาน พระประแดง	
จ.กรุงเทพฯ.....	72
4.2 การวิเคราะห์ การทรุดตัว ของดังกตตะกอน การประปา- ฉะเชิงเทรา.....	75
4.2.1 ลักษณะทั่วไปของโครงสร้าง และระบบฐานราก..	75
4.2.2 ข้อมูลทางปฐพีวิศวกรรม.....	76
4.2.3 การประมาณค่าการทรุดตัวของ ดังกตตะกอน การประปาฉะเชิงเทรา.....	76
4.2.4 อัตราการทรุดตัว ของดังกตตะกอน การประปา- ฉะเชิงเทรา.....	84
4.2.5 สรุปผล และวิจารณ์ผลการวิเคราะห์ การทรุดตัว ของดังกตตะกอน การประปาฉะเชิงเทรา....	88
4.3 การวิเคราะห์ การทรุดตัวของอาคารโรงงาน พระประแดง กรุงเทพฯ.....	93
4.3.1 ลักษณะทั่วไปของโครงสร้าง และลักษณะฐานราก..	93
4.3.2 ข้อมูลทางปฐพีวิศวกรรม.....	93
4.3.3 การประมาณค่าการทรุดตัวของอาคารโรงงาน พระประแดง กรุงเทพฯ.....	102
4.3.4 อัตราการเกิดแรงจุดลงในเสาเข็ม และอัตราการ ทรุดตัว ของอาคารโรงงาน พระประแดง.....	113
4.3.5 สรุปผล และวิจารณ์ ผลการวิเคราะห์ การทรุดตัว ของอาคารโรงงาน พระประแดง กรุงเทพฯ...	119

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5. บทสรุป และขอเสนอแนะ	127
5.1 บทสรุป	127
5.1.1 การวิเคราะห์ การทรุดตัวของฐานราก แบบ เสาเข็ม ดังกดตะกอน การประปาจะเชิงเทรา...	127
5.1.2 การวิเคราะห์ การทรุดตัวของฐานรากเสาเข็ม ที่มีปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง และเกิด แรงจุกดงในเสาเข็ม เนื่องจากมีหน่วยแรงมา กระทำที่ผิวดิน ของอาคารโรงงาน พระประแดง กรุงเทพฯ.....	128
5.2 ขอเสนอแนะ	130
เอกสารอ้างอิง.....	131
ประวัติ.....	138

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงค่า Geological factor, μ_g (Tomlinson, 1979).....	18
2.2	แสดงค่าประมาณของอัตราส่วนปัวซองของดินแบบระบายน้ำ, ν_s (Poulos, 1976).....	18
2.3	แสดงค่าเฉลี่ยของ Pile Stiffness factor, K.....	18
2.4	ค่า β เสนอแนะโดย Broms (1978).....	41
3.1	สรุปผลการทดสอบ Cone Penetration DC-1 ที่ทำการประปา จะเชิงเทรา.....	60
3.2	สรุปผลการทดสอบ Cone Penetration DC-2 ที่ทำการประปา จะเชิงเทรา.....	60
3.3	แสดงระดับของ Piezometer ที่การประปาจะเชิงเทรา.....	65
3.4	แสดงระดับของ Settlement plate ที่การประปาจะเชิงเทรา..	65
4.1	สรุปผลการทดลองของดินเหนียวอ่อน จากหลุมเจาะ BH-1 การประปา จะเชิงเทรา.....	70
4.2	สรุปผลการทดลองของดินเหนียวอ่อน และดินเหนียวแข็ง จากหลุม เจาะ BH-1 บริเวณอาคารโรงงาน พระประแดง จ.กรุงเทพฯ...	73
4.3	ลักษณะสภาพชั้นดินโดยเฉลี่ย และคุณสมบัติการยุบตัวของชั้นดิน ใต้ปลายเสาเข็ม บริเวณดังกล่าว การประปาจะเชิงเทรา....	77
4.4	ผลการวัดการทรุดตัวของดังกล่าว การประปาจะเชิงเทรา..	78
4.5	เปรียบเทียบการคำนวณค่าการทรุดตัว โดยวิธีปฏิรูปกลศาสตร์ พื้นฐาน ของ Terzaghi และ Tomlinson ของดังกล่าว การประปาจะเชิงเทรา.....	80
4.6	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวของดังกล่าว การประปา จะเชิงเทรา โดยวิธี Modified Theory of Elasticity ของ Poulos และ Davis.....	85
4.7	แสดงผลของการวิเคราะห์ สมประสิทธิ์การอัดตัวคายนํ้า ของดิน เหนียวอ่อน การประปาจะเชิงเทรา.....	87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.8	แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ ค่าการทรุดตัว ของ ถังตกตะกอน การประปาจะเข็งเทรา โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ ...	90
4.9	ลักษณะสภาพชั้นดินโดยเฉลี่ย และสมบัติการยุบตัวของชั้นดิน ใต้ปลายเสา เข็ม อาคารโรงงาน พระประแดง.....	97
4.10	ผลการวัดค่าการทรุดตัว ของอาคารโรงงาน พระประแดง กรุงเทพฯ.....	100
4.11	แสดงผลการประมาณค่าความสามารถรับน้ำหนักสูงสุด ของ เสาเข็มเดี่ยว และเสาเข็มกลุ่ม ของฐานราก E-1 และ A-2...	109
4.12	เปรียบเทียบแรงจุดลงในเสาเข็ม และแรงกระทำต่อเสาเข็ม ทั้งหมด ซึ่งรวมผลเนื่องจากการเกิด แรงจุดลงในเสาเข็ม กับ ค่าความสามารถรับน้ำหนักสูงสุดของฐานราก.....	109
4.13	เปรียบเทียบการคำนวณค่าการทรุดตัว โดยวิธีปฏิรูปกลศาสตร์พื้นฐาน ของ Terzaghi และ Tomlinson อาคารโรงงาน พระประแดง (ฐานราก E-1).....	112
4.14	ผลการวิเคราะห์ค่าการทรุดตัว โดยวิธี Modified Theory of Elasticity ของอาคารโรงงาน พระประแดง (ฐานราก E-1)..	112
4.15	แสดงระดับการอัดตัวคายนํ้า ของชั้นดินเหนียวอ่อน (U_z) เนื่องจาก ทรายถม ที่ระดับความลึกต่าง ๆ.....	115
4.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง และแรง จุดลงในเสาเข็มที่เพิ่มขึ้น กับระยะเวลา	115

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนที่แสดงตำแหน่งสถานที่ทำการศึกษา.....	3
2.1	แสดงการถายน้ำหนักจากเสาเข็มกลุ่ม (Terzaghi และ Peck, 1948), (Teng, 1962), (NAVFAC, 1982).....	8
2.2	แสดงการถายน้ำหนักของเสาเข็มกลุ่ม (Tomlinson, 1979).....	9
2.3	แสดงหลักการคำนวณสัมประสิทธิ์อัตราตัวเชิงปริมาตร, m_v	12
2.4	วิธีการหาค่าอัตราส่วนการอัดแน่น (CR) และอัตราส่วนการอัดแน่นซ้ำ (RR).....	12
2.5	วิธีการคำนวณการทรุดตัวครั้งที่สอง.....	13
2.6	แฟคเตอร์ μ_o และ μ_1 (Junbu et al., 1956).....	16
2.7	การปรับแก้ผลของความลึก ของพื้นที่รับน้ำหนัก (Fox, 1948).....	19
2.8	การกระจายหน่วยแรงเค้นทางดิ่งที่เพิ่มขึ้นของน้ำหนักแผลสมาเสมอเติมพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กระทำที่ผิวหน้าของ Elastic Half-space (Tomlinson, 1979).....	20
2.9	Influence factor, I_o	22
2.10	การปรับแก้สำหรับการยุบตัวไคของเสาเข็ม, R_k	22
2.11	การปรับแก้สำหรับความลึกของชั้นดินแบกทาน, R_h	22
2.12	การปรับแก้สำหรับอัตราส่วนปัวซองของดิน, R_v	22
2.13	แสดงการปรับแก้สำหรับความแข็งของชั้นดินแบกทาน, R_b (Poulos และ Davis, 1980).....	23
2.14	ค่า Displacement Influence factor, I_p (Poulos และ Davis, 1974).....	25
2.15	แสดงค่าอัตราส่วนการทรุดตัวทันทีต่อการทรุดตัวสุดท้าย (ρ_i/ρ_{TF}).....	27
2.16	แสดงค่า Interaction factor สำหรับเสาเข็มแบบลอย, α_F (Poulos และ Davis, 1974).....	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.17	แสดงค่า Interaction factor สำหรับเสาเข็มคาล, α_E (Poulos และ Davis, 1974).....	29
2.18	แสดงค่าปรับแก้ Interaction factor สำหรับความแข็งของ ดินชั้นแบกทาน, F_E (Poulos และ Davis, 1980).....	31
2.19	ความยาวสมมูลของเสาเข็มสมมูล สำหรับเสาเข็มแบบลอย (Poulos และ Mattes, 1971).....	33
2.20	เส้นผาคู่ศูนย์กลางสมมูล ของเสาเข็มสมมูล สำหรับเสาเข็มแบบ ลอย (Poulos และ Mattes, 1971).....	33
2.21	ค่าปรับแก้เนื่องจากอิทธิพลของ Pile cap, F_R (Davis และ Poulos, 1972).....	35
2.22	Interaction factor สำหรับเสาเข็มในระบบ pile raft, α_R (Poulos และ Davis, 1972).....	36
2.23	แสดงการหาค่าอัตราการทรุดตัว โดยวิธีของ Asaoka.....	39
2.24	อัตราส่วนการทรุดตัวเนื่องจาก การอัดตัวคายน้ำ สำหรับการ ระบายน้ำในแนวตั้ง (DM-7).....	39
2.25	เปรียบเทียบอัตราการทรุดตัวระหว่างฐานรากแบบเสาเข็ม กับ Surface footing (Poulos และ Davis, 1968).....	41
2.26	แสดงการเกิดแรงเสียดทานในทางลบเนื่องจากการถมดิน.....	41
2.27	แสดงค่าปรับแก้ในกรณีที่เกิดการลื่นไถลระหว่างดินกับเสาเข็ม ไม่เต็มที, N_R	44
2.28	แสดงค่าปรับแก้เนื่องจากผลของการตักฝังเสาเข็ม ภายหลังการ ถมดิน, N_T	47
2.29	แสดงอัตราการเกิดแรงจุดลงในเสาเข็มเนื่องจาก การเกิดแรง เสียดทานในทางลบ.....	48
2.30	ค่าปรับแก้การทรุดตัวในกรณีที่เกิดการลื่นไถลระหว่างดินกับเสาเข็ม ไม่เต็มที, Q_R	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.31	แสดงค่าปรับแก้การทรุดตัวเนื่องจากผลการติดตั้งเสาเข็มภายหลังการถมดิน, Q_{T}	52
3.1	แสดงตำแหน่งหลุมเจาะ การทดสอบ CPT และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือต่าง ๆ บริเวณที่ทำการวิจัย การทรุดตัวของถังตกตะกอน การประปาฉะเชิงเทรา.....	55
3.2	แสดงตำแหน่งหลุมเจาะ และสถานที่ตั้ง ของอาคารโรงงาน พระประแดง จ.กรุงเทพฯ.....	56
3.3	วิธีการทดสอบ Cone Penetration Test (CPT) ในสนาม..	59
3.4	ผลการทดสอบ Cone Penetration DC-1 ที่การประปา ฉะเชิงเทรา.....	62
3.5	ผลการทดสอบ Cone Penetration DC-2 ที่การประปา ฉะเชิงเทรา.....	63
4.1	Boring log ของดินจากหลุมเจาะ BH-1 การประปาฉะเชิงเทรา..	71
4.2	Boring log ของดินจากหลุมเจาะ BH-1 อาคารโรงงาน พระประแดง.....	74
4.3	แสดงการจัดกลุมของเสาเข็มยอยอิสระ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวของถังตกตะกอน การประปาฉะเชิงเทรา โดยวิธีการของ Poulos และ Davis (1980).....	83
4.4	แสดงการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ อัตราการทรุดตัวโดยอาศัยทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำ 1 มิติ กับข้อมูลการทรุดตัวในสนาม....	92
4.5	เปรียบเทียบการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวของเสาเข็มเดี่ยว สมมุติแบบลอย เสนอโดย Poulos และ Davis (1968) กับข้อมูลการทรุดตัวในสนาม.....	94
4.6	แสดงการจัดวางฐานราก น้ำหนักกระทำกับเสาเข็มตอตัน และ ปริมาณเสาเข็มในฐานราก.....	95

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	แสดงผลการทดสอบ เสาเข็มขนาด 0.25×0.25 เมตร ความยาวเสาเข็มเท่ากับ 18.5 เมตร ในบริเวณก่อสร้าง อาคารโรงงาน พระประแดง.....	98
4.8	ค่าความดันน้ำในโพรงดิน บริเวณป้อมพระจุล (AIT, 1981)...	101
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทรุดตัวกับระยะเวลา ของดินคันทาง บริเวณกรมอุทการเรือ ป้อมพระจุล.....	103
4.10	ลักษณะสภาพชั้นดิน และคุณสมบัติทางปฐพีกลศาสตร์ บริเวณกรมอุทการเรือ ป้อมพระจุล.....	104
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน $C_v(Asaoka)/C_v(lab)$ กับ OCR ของชั้นดินเหนียวอ่อน บริเวณกรมอุทการเรือ ป้อมพระจุล.....	106
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $C_v(lab)$ ที่ได้จากการทดลอง การอัดตัวคาน้ำ 1 มิติ ของดินเหนียวอ่อน บริเวณอาคารโรงงาน พระประแดง กับ OCR.....	106
4.13	แสดงค่าการทรุดตัว และอัตราการทรุดตัว ของชั้นดินเหนียวอ่อน กับอัตราการทรุดตัวของฐานราก A-2 และ E-1.....	107
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{U}, z/H$ และ T	116
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อฐานราก E-1 ทั้งหมด กับระยะเวลา โดยอาศัยทฤษฎีการอัดตัวคาน้ำ 1 มิติ ของ Terzaghi.....	117
4.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อฐานราก E-1 ทั้งหมด กับระยะเวลา เสนอแนะโดย Poulos และ Davis(1972)...	118
4.17	แสดงอัตราการทรุดตัวของฐานราก E-1 โดยอาศัยทฤษฎีการอัดตัวคาน้ำ 1 มิติ ของ Terzaghi และค่าการทรุดตัวทั้งหมด เนื่องจากการอัดตัวคาน้ำโดยการวิเคราะห์ด้วย วิธีปฐพีกลศาสตร์พื้นฐาน ของ Terzaghi.....	120

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.18	แสดงอัตราการทรุดตัวของฐานราก E-1 โดยอาศัยทฤษฎีการอัดตัว คายน้ำ 1 มิติ ของ Terzaghi และค่าการทรุดตัวทั้งหมด สามารถ หาได้จากวิธีปริภูมิกลศาสตร์พื้นฐาน ของ Tomlinson.....	121
4.19	แสดงอัตราการทรุดตัวของฐานราก E-1 โดยใช้อัตราการเกิดแรง ฉุดลงในเสาเข็ม เสนอแนะโดย Poulos และ Davis (1972)..	122



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สัญลักษณ์

A_s	=	พื้นที่ผิวของเสาเข็มที่หน่วยแรงเสียทานในทางลบกระทำ
B	=	ความกว้างของอาคาร หรือ เสาเข็มกลุ่ม
C	=	เส้นรอบรูปของเสาเข็ม
C_a	=	หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างดิน กับเสาเข็ม ในสภาพระบายน้ำ
CR	=	อัตราส่วนการอัดแน่น
C_v	=	สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายนํ้า
d	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม
d_b	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของปลายเสาเข็ม
d_c	=	เส้นผ่าศูนย์กลางสมมุติ ของแทนหัวเสาเข็ม
d_e	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็มแบบสมมุติ
E_b	=	โมดูลัสยืดหยุ่น ของชั้นดินแบกทาน
E_{oed}	=	โมดูลัสของดินที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่อง Oedometer
E_p	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของเสาเข็ม
E_s	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของดิน
E_u	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของดินในสภาพไม่ระบายน้ำ
E'_s	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของดินในสภาพระบายน้ำ
e_o	=	อัตราส่วนโพรงเริ่มแรก
Δe	=	ค่าเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนโพรง
F_c	=	อัตราส่วนระหว่างค่าการทรุดตัวจริง ต่อ ค่าการทรุดตัวที่วัดได้ของเสาเข็มที่ทดสอบ
F_E	=	แฟกเตอร์สำหรับเสาเข็มคาล
F_R	=	แฟกเตอร์สำหรับผลของ Pile cap ต่อการทรุดตัวของเสาเข็ม
$F.S.$	=	พิกัดความปลอดภัย
$f_{s_{neg}}$	=	หน่วยแรงเสียทานในทางลบสูงสุด
H	=	ระยะจากหัวเสาเข็มถึงความลึกที่พิจารณา
H_d	=	ความยาวของเส้นทางระบายน้ำ

สัญลักษณ์ (ต่อ)

- h = ระยะจากหัวเสาเข็มถึง Rigid Base (Poulos และ Davis)
- $\Delta h, \Delta H$ = ความหนาของชั้นดินเหนียวที่พิจารณา
- I_o = Influence factor (Poulos และ Davis)
- I_p = Displacement Influence factor (Poulos และ Davis)
- I'_v = Displacement Influence factor เมื่ออัตราส่วนกว้างของเป็นแบบ
ระบายน้ำ
- $I_{0.5}$ = Displacement Influence factor เมื่ออัตราส่วนกว้างของเท่ากับ 0.5
- K = Pile stiffness factor
- K_s = สัมประสิทธิ์ความต้านทานข้างของดิน
- L = ความยาวของเสาเข็ม
- L_e = ความยาวของเสาเข็มแบบสมมูลย์
- LL = Liquid Limit
- m_v = สัมประสิทธิ์ความอัดได้เชิงปริมาตร
- NF = แรงจุดสูงสุดที่เกิดขึ้นในเสาเข็ม เนื่องจากแรงเสียดทานในทางลบ
- N_R = ตัวปรับแก้แรงจุดลงในเสาเข็ม กรณีที่เกิดการลื่นไถลไม่เต็มที
- N_T = ตัวปรับแก้แรงจุดลงในเสาเข็ม เนื่องจากผลของการติดตั้งเสาเข็มภายหลัง
การถมดิน
- P = น้ำหนักทั้งหมดที่กระทำบนหัวเสาเข็ม (Poulos และ Davis)
- P_a = แรงกระทำต่อเสาเข็มเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกปกติ และน้ำหนักของเสาเข็ม
- P_{allow} = น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่เสาเข็มจะรับได้
- PI = Plasticity Index
- PL = Plastic Limit
- P_N = แรงกระทำต่อเสาเข็มสูงสุด เรือรวมผลการเกิดแรงจุดลงในเสาเข็ม
- P_{NFS} = แรงจุดของเสาเข็มสูงสุด เมื่อเกิดการลื่นไถลเต็มที
- Q_E = แรงต้านสูงสุดที่ปลายเสาเข็ม
- Q_S = แรงต้านสูงสุดเนื่องจากแรงเสียดทาน
- Q_R = ตัวปรับแก้ การทรุดตัวของเสาเข็ม ในกรณีที่เกิดการลื่นไถลไม่เต็มที

สัญลักษณ์ (ต่อ)

Q_T	=	ตัวปรับแก้การทรุดตัวของเสาเข็ม เนื่องจากผลของการตีค้ำเสาเข็ม ภายหลังการถมดิน
q	=	ความดันสุทธิตั้งบนฐานราก
RR	=	อัตราส่วนการอัดแน่นซ้ำ
R_A	=	อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดต่อพื้นที่รอบนอกของเสาเข็ม
R_B	=	ค่าปรับแก้สำหรับความแข็งของชั้นดินแบกทาน
R_h	=	ค่าปรับแก้สำหรับระยะความลึกของ Rigid Base
R_k	=	ค่าปรับแก้สำหรับการยุบตัวของเสาเข็ม
R_v	=	ค่าปรับแก้สำหรับอัตราส่วนผิวของ
r	=	ระยะทางระหว่างแนวแกนของเสาเข็มไปยังจุดพิจารณา (Poulos และ Davis)
S	=	ระยะทางระหว่างเสาเข็ม
T	=	Time factor (Terzaghi)
T_v	=	Time factor (Poulos และ Davis)
t	=	เวลาใด ๆ
t_{100}	=	เวลาที่สิ้นสุด ขบวนการอัดตัวคายน้ำ
U	=	ระดัการอัดตัวคายน้ำ
U_n	=	ระดัการเกิดแรงดุดลของเสาเข็ม (Poulos และ Davis)
Δu	=	ค่าความค้ำน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้น
W_p	=	น้ำหนักของเสาเข็ม
W_n	=	ค่าปริมาณความชื้นตามธรรมชาติของดิน
ρ	=	ค่าการทรุดตัว
ρ_c	=	ค่าการทรุดตัวแบบอัดแบบอัดตัวคายน้ำ
ρ_{fd}	=	ค่าการทรุดตัวเนื่องจากดิน และเสาเข็มในชั้น Founding
ρ_{FS}	=	ค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม เนื่องจากแรงดุดลในเสาเข็ม
ρ_{FST}	=	ค่าการทรุดตัวของเสาเข็มทั้งหมด เนื่องจากแรงดุดลในเสาเข็ม
ρ_i	=	ค่าการทรุดตัวทันทีที่รับน้ำหนัก

สัญลักษณ์ (ต่อ)

p_{oed}	=	ค่าการทรุดตัวที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่อง Oedometer
p_s	=	ค่าการทรุดตัวเนื่องจากการยุบตัวของตัวครั้งที่สอง
p_{TF}	=	ค่าการทรุดตัวรวมของชั้นดินเหนียว
p_t	=	ค่าการทรุดตัวที่เวลาใดเวลาหนึ่ง
p_{ud}	=	ค่าการทรุดตัวของดินในชั้น Underlying
$\Delta \bar{\sigma}_v$	=	หน่วยแรงเกินประสิทธิผลในทาง ดินที่เพิ่มขึ้น
$\bar{\sigma}_{vo}$	=	หน่วยแรงประสิทธิผลทาง ดิ่ง เนื่องจากร้ำหนัก ดินที่ทับถม
$\bar{\sigma}_{vm}$	=	หน่วยแรงประสิทธิผลทาง ดิ่งที่ เคยไ้ ครอบสูงสุด ในอดีต
$\bar{\sigma}_{vf}$	=	หน่วยแรงประสิทธิผลทาง ดิ่งสุดท้าย
τ_a	=	หน่วยแรงเฉือนระหว่าง ดินกับเสาเข็ม
ϕ'_a	=	ความมุมเสียดทานระหว่าง ดินกับเสาเข็มในสภาพระบายน้ำ
γ	=	ความหนาแน่นของ ดิน
ϵ	=	ความเครียด
$\Delta \epsilon$	=	ค่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดในแนว ดิ่ง
α	=	สัมประสิทธิ์ (Skempton)
α	=	Interaction factor (Poulos และ Davis)
α_E	=	Interaction factor สำหรับเสาเข็มคาล
α_F	=	Interaction factor สำหรับเสาเข็มแบบลอย
α_r	=	Interaction factor สำหรับเสาเข็มกลุ่มในระบบฐานแพ
β	=	สัมประสิทธิ์ (Broms)
β_1	=	ค่าความชัน (Asaoka)
μ	=	ค่าปรับแก้ (Skempton)
μ_o, μ_1	=	แฟกเตอร์ (Janbu et al.)
μ_d	=	Fox's correction factor
μ_g	=	Geological factor (Tomlinson)
v_s	=	อัตราส่วนปัวซองในสภาพ ไม่มีการระบายน้ำ

สัญลักษณ์ (ต่อ)

v's

= อัตรส่วนปัวซองในสภาพมีการระบายน้ำ



ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย