

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ๆ 3 ขั้นตอน คือ

- (1) การวัดระยะทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงในสนาม
- (2) การหาข้อมูลที่ใช้ในการคาดคะเนระยะทรุดตัว
- (3) การเลือกข้อมูลและคาดคะเนระยะทรุดตัว

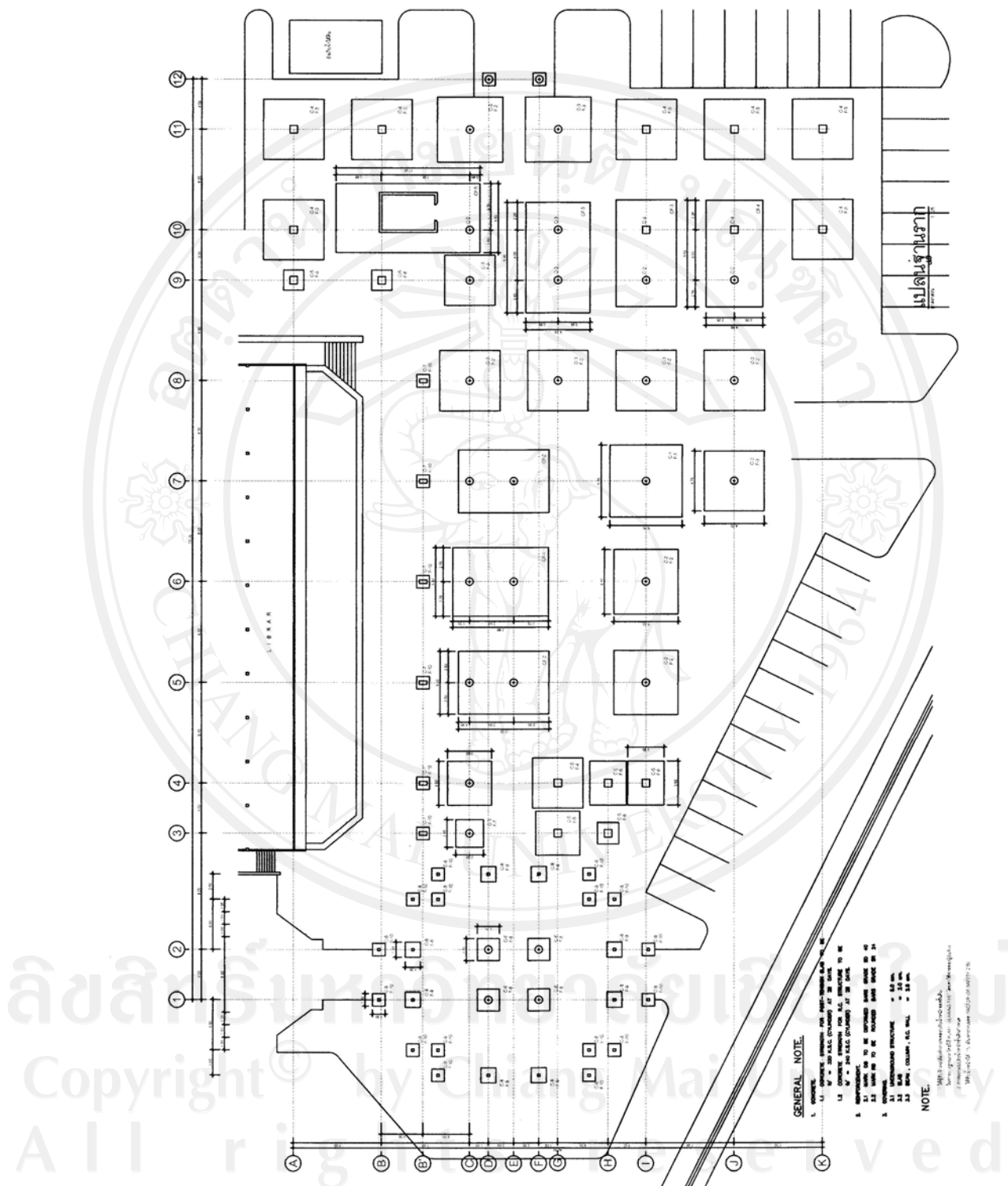
2.2 รายละเอียดของโครงการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

ใช้ข้อมูลจากการสังเกตการณ์การทรุดตัวของโครงการก่อสร้างอาคารเรียนและปฏิบัติการ 5 ชั้น คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นกรณีศึกษา ซึ่งโครงการดังกล่าวตัวอาคารเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 5 ชั้น โครงสร้างแผ่นพื้นแต่ละชั้นเป็นคอนกรีตอัดแรงไร้คาน ฐานรากของอาคารเป็นฐานแผ่ มีทั้งฐานแผ่เดี่ยวและฐานแผ่ร่วม ฐานแผ่ร่วมเป็นฐานแผ่รองรับเสาตอม่อ 2 ต้น โดยมีแผนผังการวางฐานรากดังรูป 2.1 และระดับความลึกของฐานแผ่วัดจากระดับดินเดิมโดยประมาณแสดงในตาราง 2.1

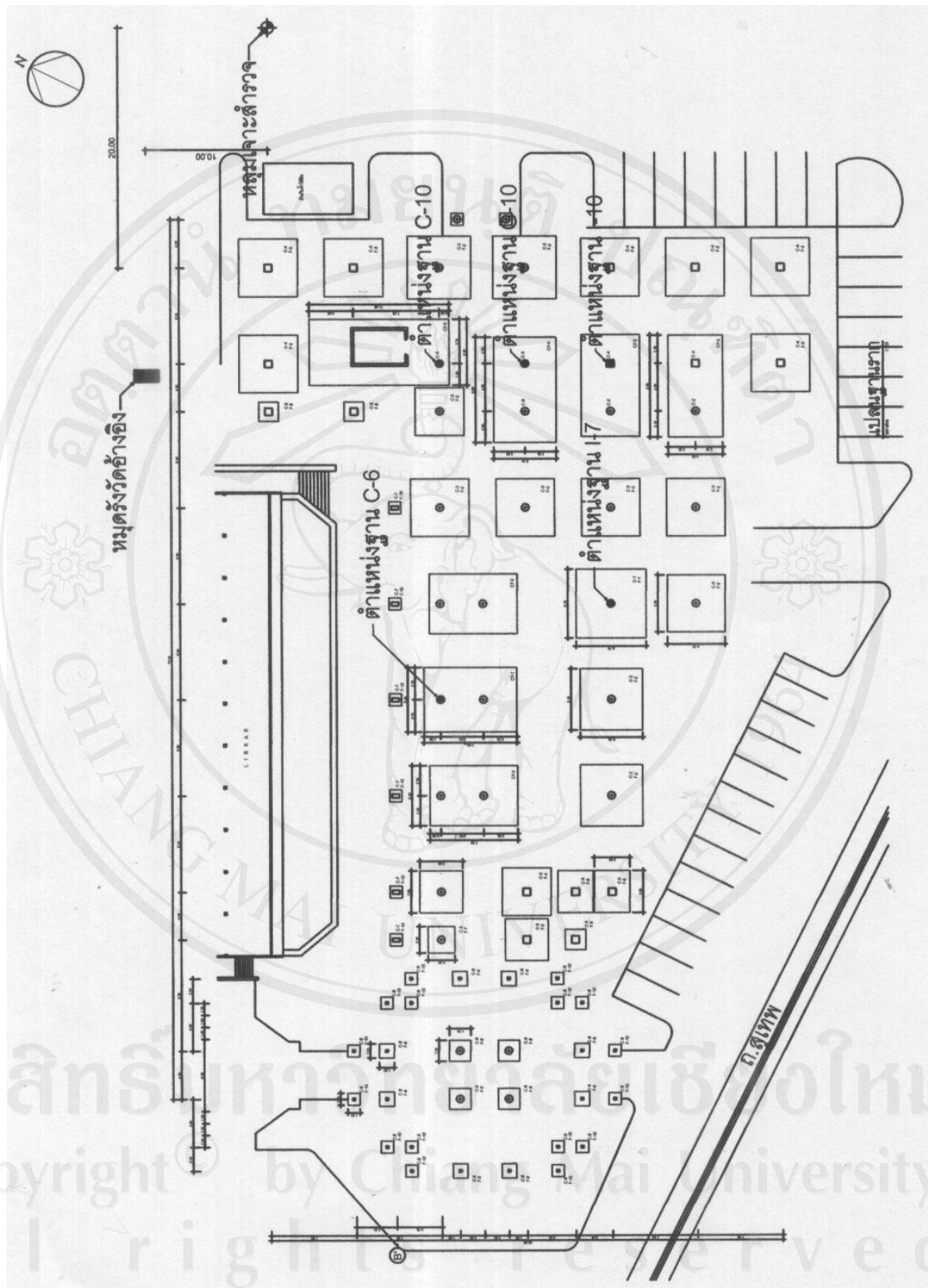
โครงการดังกล่าวตั้งอยู่ตรงบริเวณริมถนนสุเทพ ใกล้เชิงคอยสุเทพ สภาพที่พื้นที่ทางธรณีวิทยาของโครงการโดยทั่วไปเป็นดินตะกอนลานตะพักน้ำ (Terrace Sediment) มีระดับลาดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ลงไปแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือมุมเอียงลาดประมาณด้วยสายตาไม่เกิน 3 องศา

ตาราง 2.1 ระดับความลึกของฐานแผ่ วัดโดยประมาณจากระดับผิวดินเดิม (หน่วยเมตร)

GRID LINE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	-	-	-	-	-	-	-	-	2.44	2.44	3.83	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	2.37	-	3.60	-
B'	-	-	1.25	1.30	1.20	1.13	1.17	1.30	-	-	-	-
C	-	-	2.00	2.50	2.80	2.80	2.75	2.00	2.40	2.40	3.50	-
D	2.00	2.14	-	-				-	-	-	-	1.25
E	-	-	-	-				-	-	-	-	-
F	2.10	2.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.50
G	-	-	2.50	2.43	-	-	-	2.00	2.40		2.00	-
H	-	-	1.85	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-
I	-	-	-	2.00	2.35	2.50	2.30	2.20	2.40		2.17	-
J	-	-	-	-	-	-	2.15	2.00	2.44		2.00	-
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	1.97	-



รูป 2.1 แผนผังตำแหน่งการวางฐานรากในโครงการก่อสร้างอาคารเรียนและปฏิบัติการ 5 ชั้น
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



รูป 2.2 แผนผังตำแหน่งหมู่กุฏิวัดอ่างอิง, หลุมเจาะตำรวจ และตำแหน่งฐานวัดระยษทรุดตัว

2.3 การวัดระยะทรุดตัวที่เกิดขึ้นจริงในสนาม

งานวิจัยเริ่มจากทำมาตรวัดระยะทรุดตัวคือ หมุดอ้างอิง 1 จุด และกำหนดจุดวัดระยะการทรุดตัวภายในอาคาร 5 จุด ได้แก่ตำแหน่ง gridline C – 10, G – 10, I – 10, I – 7 และ C – 6 ตามลำดับดังรูป 2.2 โดยยึดถือความสะดวกในการปฏิบัติงานเป็นหลัก เพื่ออ้างอิงการเก็บข้อมูลระยะทรุดตัวของอาคารและข้อมูลน้ำหนักอาคาร

2.3.1 กำหนดจุดหมุดอ้างอิง

เพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับการทำหมุดอ้างอิงเกี่ยวกับการดูแลรักษาอันเนื่องจากบริเวณพื้นที่ทำงานเป็นสถานที่ก่อสร้างมีการทำงานตลอดเวลาจึงใช้เสาของอาคารข้างเคียงด้านทิศเหนือของโครงการห่างออกไปจากขอบอาคารด้านยาวเป็นระยะประมาณ 10 เมตรเป็นหมุดอ้างอิง

2.3.2 การวัดระยะทรุดตัวในสนาม

เริ่มวัดระยะทรุดตัวในสนามเมื่อโครงการก่อสร้างดำเนินการก่อสร้างพื้นที่ชั้นที่ 2 แล้วเสร็จ การวัดระยะทรุดตัวในสนามดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ถ่ายค่าระดับจากหมุดอ้างอิงไปยังตำแหน่งวัดระยะทรุดตัวแต่ละจุดโดยใช้มาตรระดับน้ำ (Water level gauge) ประกอบด้วยท่อสายยางซึ่งมีน้ำบรรจุไว้อยู่ภายใน วัดตำแหน่งของระดับน้ำ ในการวัดจะนำมาตรวัดระดับน้ำมาไว้ ณ จุดที่ต้องการวัดระยะทรุดตัวที่อยู่บนเสาของโครงสร้าง ตำแหน่ง gridline C-10 และอีกข้างของเครื่องมือจะแขวนอ้างอิงอยู่บนหมุดรังวัด ผลต่างของค่าที่อ่านได้บนสายวัดกลับเมตรซึ่งมีความละเอียด 1 มิลลิเมตรบ่งบอกถึงความต่างระดับระหว่างจุดทั้งสองที่นำเครื่องมือไปแขวน

2) เมื่อถ่ายระดับจากหมุดรังวัดมาไว้ที่เสาของโครงสร้างตำแหน่ง gridline C-10 ใช้เป็นหมุดอ้างอิงเพื่อวัดระดับของตำแหน่ง gridline G – 10, I – 10, I – 7 และ C – 6 ที่เหลือตามลำดับ โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับในขั้นตอนที่ 1

3) บันทึกผลการวัดระยะทรุดตัวทุกจุดที่ต้องการในสนามตามความถี่และระยะเวลาที่ปฏิบัติงานดังแสดงไว้ตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ระยะทรุดตัวในสนาม (หน่วย มิลลิเมตร)

เวลา ฐาน	พ.ย.48	ธ.ค.48	ม.ค.49	ก.พ.49	มี.ค.49	เม.ย.49	พ.ค.49	มิ.ย.49
C-10	0.0	1.0	3.0	4.0	5.0	5.5	5.5	6.0
G-10	0.0	1.0	3.0	5.0	8.0	8.0	9.0	9.0
I-10	0.0	1.0	3.0	5.0	9.0	10.0	10.0	10.0
I-7	0.0	0.5	2.0	3.0	5.0	6.0	6.0	6.0
C-6	0.0	0.5	2.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0

ตาราง 2.2 (ต่อ) ระยะทรุดตัวในสนาม (หน่วย มิลลิเมตร)

เวลา ฐาน	ก.ค.49	ส.ค.49	ก.ย.49	ต.ค.49	พ.ย.49	ธ.ค.49	ม.ค.50	ก.พ.50
C-10	6.0	6.5	6.5	6.5	7.5	7.5	7.5	7.5
G-10	9.0	10.0	10.0	11.0	11.0	11.0	12.0	12.0
I-10	11.0	11.0	11.0	12.0	12.0	12.0	13.0	13.0
I-7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5
C-6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5

ตาราง 2.2 (ต่อ) ระยะทรุดตัวในสนาม (หน่วย มิลลิเมตร)

เวลา ฐาน	มี.ค.50	เม.ย.50	พ.ค.50	มิ.ย.50	ก.ค.50	ส.ค.50	ก.ย.50	ต.ค.50
C-10	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.5	8.5	8.5
G-10	12.0	13.0	13.0	14.0	14.0	14.0	14.0	15.0
I-10	13.0	13.5	13.5	13.5	13.5	14.0	14.0	14.0
I-7	7.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	9.0	9.0
C-6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0

ตาราง 2.2 (ต่อ) ระยะทรุดตัวในสนาม (หน่วย มิลลิเมตร)

ฐาน เวลา	พ.ย.50	ธ.ค.50	ม.ค.51	ก.พ.51	มี.ค.51	เม.ย.51
C-10	8.5	8.5	9.0	9.0	9.0	9.0
G-10	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
I-10	15.0	15.0	16.0	16.0	16.0	16.0
I-7	9.0	9.0	10.0	10.0	10.0	10.0
C-6	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

โครงสร้างหลักแล้วเสร็จในเดือน มิถุนายน 2549 จึงถือว่าระยะทรุดตัวที่วัดได้เป็นระยะทรุดตัวทันที แสดงไว้ในตาราง 2.3

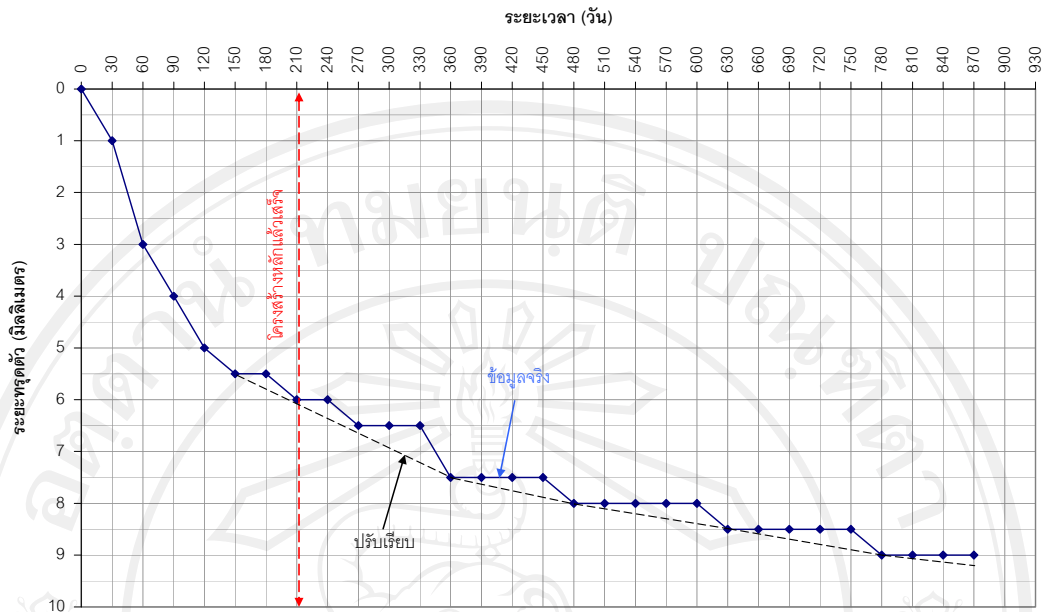
ตาราง 2.3 ระยะทรุดตัวในสนามที่วัดได้จากมาตรระดับน้ำเมื่อโครงสร้างหลักแล้วเสร็จ

วิธีคาดคะเน	ระยะทรุดตัวทันที (มม.) ของตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
วัดระยะทรุดตัวในสนามเมื่อโครงสร้างหลักแล้วเสร็จ	6	5	6	9	10

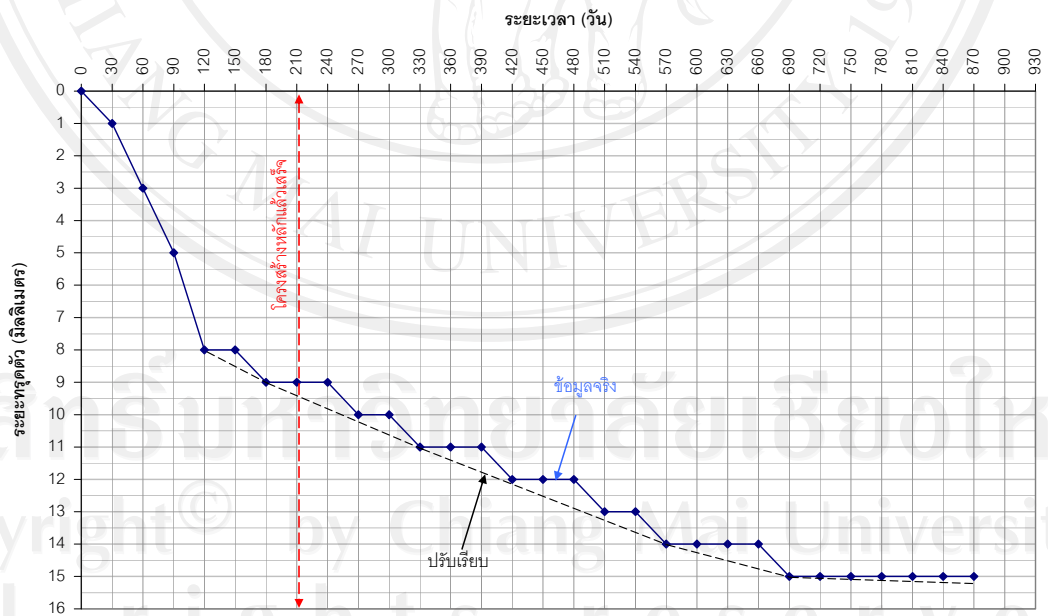
2.3.3 การคาดคะเนระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานจากข้อมูลที่ได้ในสนามโดยใช้วิธีของ

Asaoka (1978)

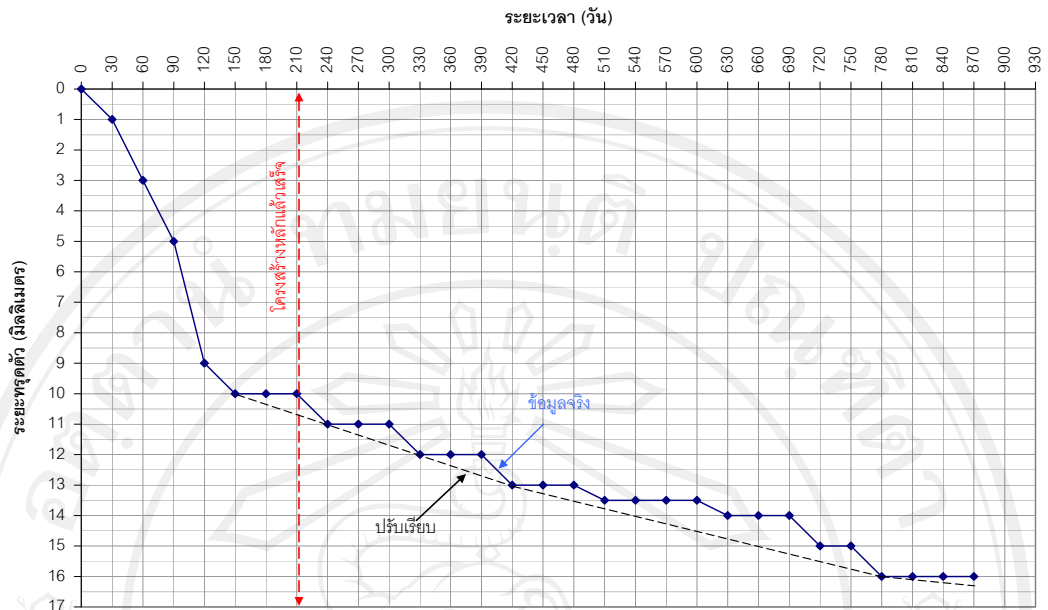
ลงจุดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับระยะทรุดตัวดังแสดงในรูป 2.3 ถึง รูป 2.7



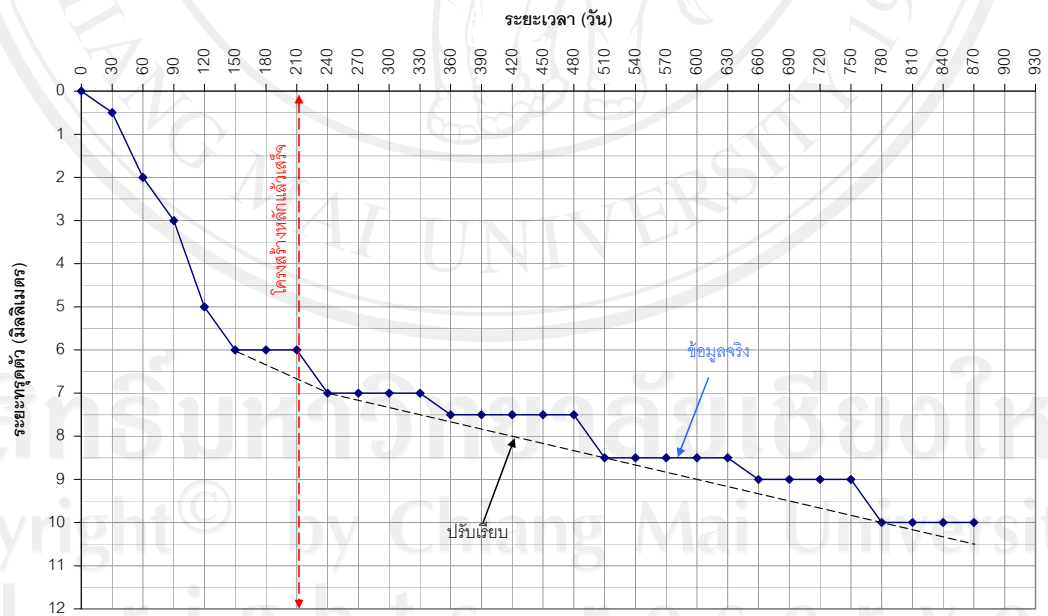
รูป 2.3 ระยะทอดตัวตามเวลาวัดจากข้อมูลที่สังเกตในสนาม ฐาน C - 10



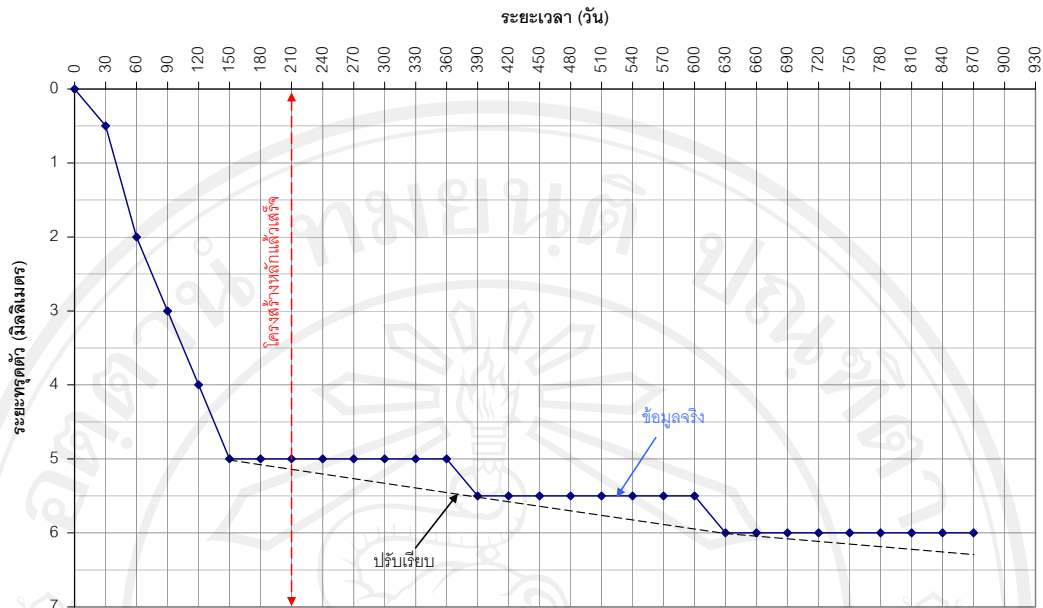
รูป 2.4 ระยะทอดตัวตามเวลาวัดจากข้อมูลที่สังเกตในสนามฐาน G - 10



รูป 2.5 ระยะทรุดตัวตามเวลาวัดจากข้อมูลที่สังเกตในสนามฐาน I – 10



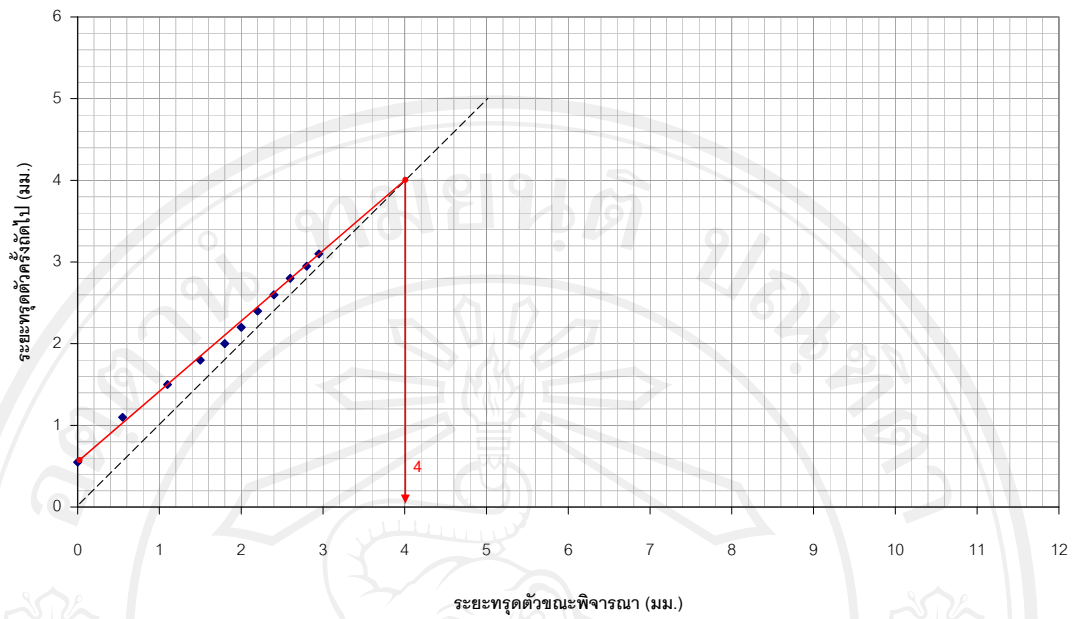
รูป 2.6 ระยะทรุดตัวตามเวลาวัดจากข้อมูลที่สังเกตในสนามฐาน I – 7



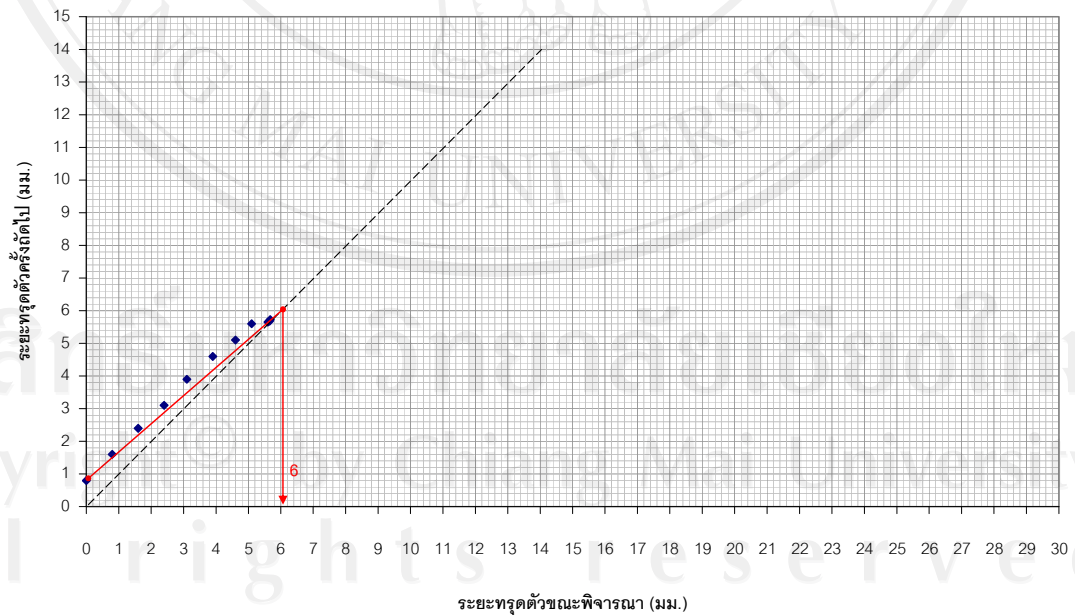
รูป 2.7 ระยะทรุดตัวตามเวลาได้จากข้อมูลที่สังเกตในสนามฐาน C-6

การคาดคะเนระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานจากข้อมูลที่ได้ในสนามโดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)

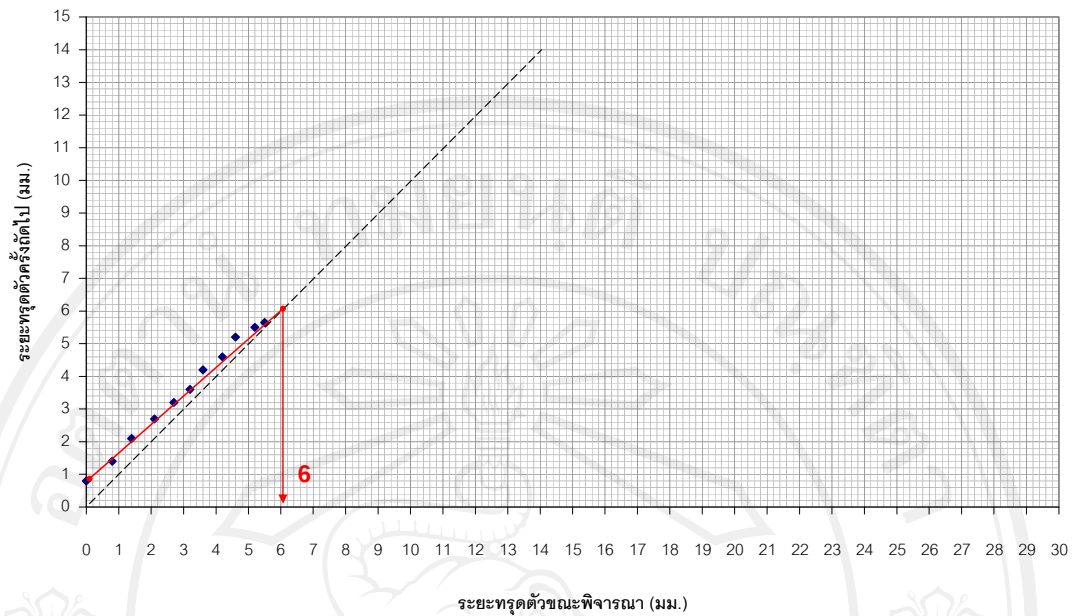
คาดคะเนระยะทรุดตัวโดยใช้วิธีของ Asaoka (1978) ซึ่งในการดำเนินการวิจัยนี้เลือกใช้ค่า Δt เท่ากับ 60 แต่เนื่องจากในช่วงเวลาเลย 210 วัน ฐานแผ่ทรุดตัวช้า ระยะทรุดตัวในช่วงที่วัดไม่ถึง 1 มิลลิเมตร จึงได้เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระยะทรุดตัวกับเวลาไม่ราบเรียบ ดังนั้นจึงปรับเส้นโค้งในช่วงนี้ให้ราบเรียบก่อนแล้วจึงอ่านค่าระยะทรุดตัวจากเส้นโค้งที่ปรับแล้วไปคาดคะเนระยะทรุดตัวตามวิธีของ Asaoka (1978) ของแต่ละฐานดังรูป 2.8 ถึง รูป 2.12



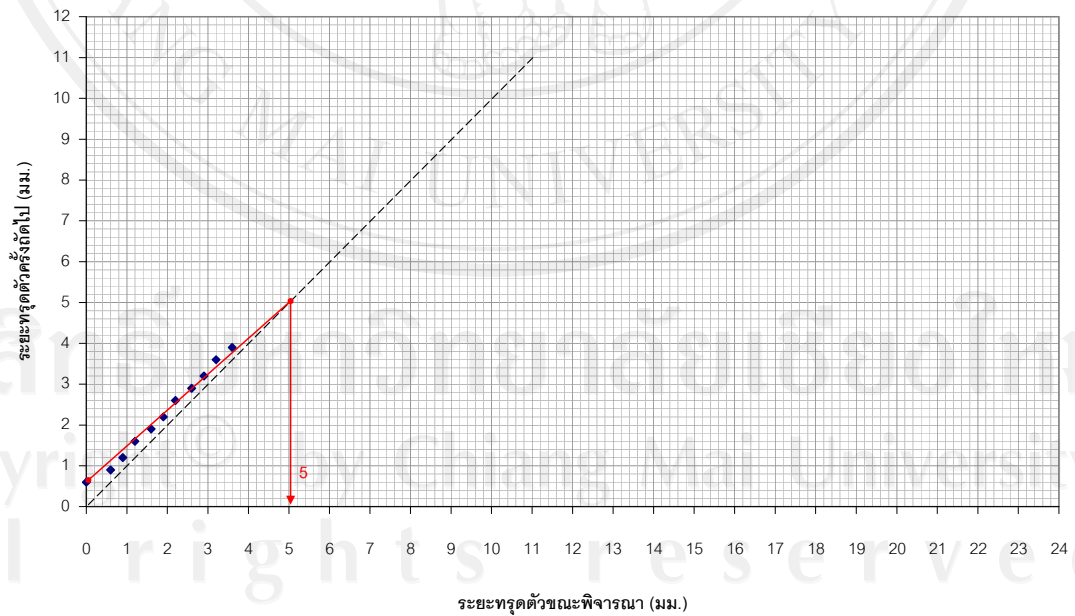
รูป 2.8 ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานฐาน C – 10 โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)



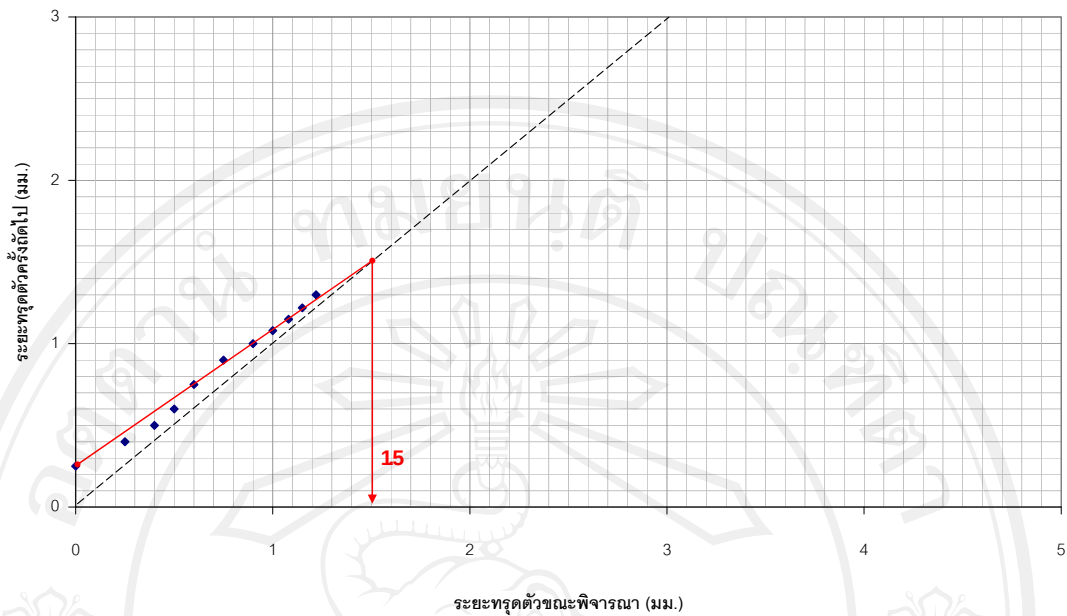
รูป 2.9 ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานฐาน G – 10 โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)



รูป 2.10 ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานฐาน I – 10 โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)



รูป 2.11 ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานฐาน I – 7 โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)



รูป 2.12 ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานฐาน C - 6 โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)

ตาราง 2.4 ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานโดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)

วิธีคาดคะเน	ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนาน (มม.) ของตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
วัดในสนามปรับแก้ตาม Asaoka, A.(1978)	5	1.5	4	6	6

นำระยะทรุดตัวเมื่อโครงสร้างหลักแล้วเสร็จรวมกับระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานโดยวิธีของ Asaoka (1978) จะได้ระยะทรุดตัวรวมที่เกิดขึ้นจริงดังตาราง 2.5

ตาราง 2.5 ระยะทรุดตัวรวมที่เกิดขึ้นจริงในสนาม

วิธีการคคะเน	ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนาน (มม.) ของตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
ระยะทรุดตัววัดในสนามเมื่อโครงสร้างหลัก แล้วเสร็จรวมกับระยะทรุดตัววัดในสนาม ปรับแก้ตาม Asaoka, A.(1978)	11	6.5	10	15	16

2.4 การหาข้อมูลที่ใช้ในการคาดคะเนระยะทรุดตัว

ในการคาดคะเนระยะทรุดตัวทางทฤษฎีจำเป็นต้องใช้ข้อมูลคุณสมบัติของดินทั้งจากในสนามและในห้องปฏิบัติการ ข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากการเจาะหลุมสำรวจสภาพชั้นดิน ทดสอบดินในสนามและเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ

2.4.1 การเจาะหลุมสำรวจสภาพชั้นดิน

ข้อมูลของคุณสมบัติของดินที่มีอยู่นั้นไม่เพียงพอ ดังนั้นต้องทำการเจาะสำรวจดิน เพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติของดินที่ต้องการ ดินเหนียวได้ข้อมูลจากการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุของอเมริกา (ASTM) ในห้องปฏิบัติการ

ก่อนทำการเจาะสำรวจต้องวางแผนเจาะสำรวจเพื่อการปฏิบัติงานในสนาม ข้อมูลหลักที่จะต้องทราบก่อนการเจาะสำรวจคือ จำนวนหลุมเจาะ, ระยะห่างระหว่างหลุมเจาะ, ความลึกของหลุมเจาะสำรวจ และ ระยะห่างการเก็บตัวอย่างดิน ในงานวิจัยนี้กำหนดหลุมเจาะสำรวจจำนวน 1 หลุมอยู่บริเวณทิศตะวันออกของโครงการก่อสร้างระยะห่างจากแนวศูนย์กลางเสา gridline 11 ประมาณ 20 เมตร คาดคะเนความลึกของชั้นดินที่จะเจาะสำรวจตามความลึกของดินที่เกิดการทรุดตัว (Seat of settlement) ตาม Sowers (1979) ชั้นดินที่ทรุดตัวมีความลึกลงไปจนกระทั่งความเค้นประสิทธิผลที่เพิ่มขึ้นได้ฐานแผ่ มีค่าไม่เกิน 0.1 เท่าของความเค้นกดทับประสิทธิผล

น้ำหนักบรรทุกกระทำลงบนฐานแผ่ ใช้น้ำหนักบรรทุกทุกตายตัว คิดเฉพาะน้ำหนักตัวอาคาร ไม่รวมน้ำหนักบรรทุกจร ไม่คิดปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างดินฐานรากกับโครงสร้างส่วนข้างบน

หาค่าความเค้นแบกทาน (q) บนแต่ละพื้นที่ฐานแผ่ เป็นลำดับไว้ดังนี้

1) ใช้โปรแกรม Auto Cad 2008 สร้างแบบจำลอง 3 มิติของโครงการก่อสร้างอาคารเรียนและปฏิบัติการ 5 ชั้น คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วยแบบจำลองฐานราก, เสาตอม่อ, แผ่นพื้น และ ผนัง ตามมาตราส่วนที่กำหนดไว้จากในแบบรูปการก่อสร้าง

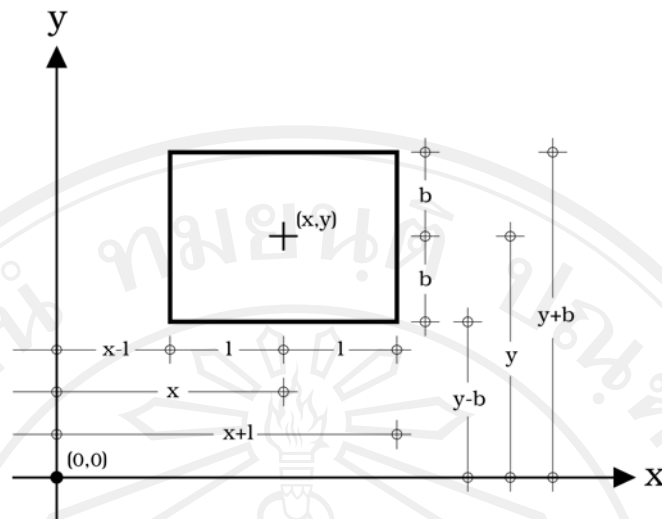
- 2) แบ่งพื้นที่รับน้ำหน้ากบรทุกลงสู่เสาแต่ละต้น โดยให้ขอบเขตพื้นที่อยู่กึ่งกลางเสา
 - 3) ใช้โปรแกรม Auto Cad 2008 แยกพื้นที่รับน้ำหน้ากบรทุกลงสู่เสาแต่ละต้นออกเป็น ส่วนๆ จะได้พื้นที่รับน้ำหน้ากบรทุกรวมทั้ง 5 ชั้น
 - 4) ใช้โปรแกรม Auto Cad 2008 หาปริมาตรของชั้นส่วนอาคารที่รับน้ำหน้ากบรทุก หลังจากแยกพื้นที่รับน้ำหน้ากบรทุกลงสู่เสาแต่ละต้น
 - 5) คูณค่าหน่วยน้ำหน้ากบรทุก (2.4 ตัน/ตร.ม.) กับปริมาตรของชั้นส่วนอาคารที่รับ น้ำหน้ากบรทุก จะได้น้ำหน้ากบรทุกที่กระทำลงสู่ฐานแผ่แต่ละฐาน
 - 6) หารน้ำหน้ากบรทุกที่กระทำลงสู่ฐานแผ่แต่ละฐานด้วยพื้นที่ฐานแผ่นั้นๆ จะได้ค่าความ แค้นแบกทาน (q) บนแต่ละพื้นที่ฐานแผ่ แสดงในตาราง 2.6
- หาความเค้นประสิทธิผลในแนวตั้งที่เพิ่มขึ้นได้ฐานแผ่ที่ระดับความลึกใดๆ ($\Delta\sigma'_z$) โดย ใช้หลักการช้อนทับความเค้นได้มุมของพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า ตามสูตรการคาดคะเนความเค้นของ Newmark (1935) โดยสมมุติว่าพื้นดินมีผิวราบ ฐานแผ่แต่ละฐานเป็นฐานแผ่ผิวเรียบแอ่นโค้งได้ อย่างสมบูรณ์วางอยู่บนผิวดิน (ละทิ้งอิทธิพลของความลึกฐานแผ่) ให้ตำแหน่งกึ่งกลางฐานแผ่ที่ พิจารณาเป็นจุดเริ่มต้นของพิกัดจาก 2 แกนและกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียงคือพิกัด (x,y) จากจุดเริ่มต้น ดังรูป 2.13 และ 2.14 ซึ่งแบ่งเป็นสองกรณีคือกรณีฐานข้างเคียงอยู่แนวทแยงมุมกับฐานที่พิจารณา และกรณีที่ฐานข้างเคียงอยู่แนวเดียวกับฐานที่พิจารณา ตาราง 2.7 ถึง 2.11 แสดงระยะ x,y จาก จุดเริ่มต้นของฐานแผ่ที่พิจารณาทั้ง 5 ฐาน

ตาราง 2.6 ค่าความเค้นแบกทานกระทำบนฐานแผ่

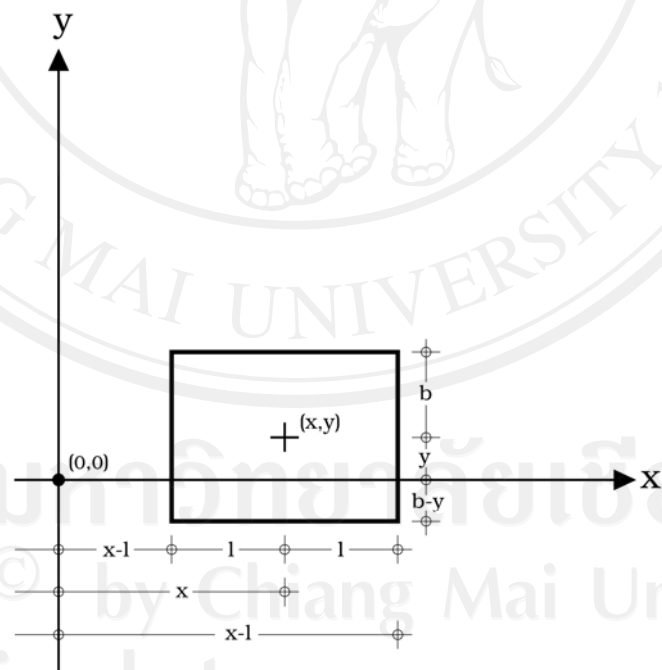
ลำดับที่	ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	พื้นที่ฐาน (ตร.ม.)	ปริมาตร คอนกรีต (ลบ.ม.)	น้ำหนัก แบกทาน (ตัน)	ความเค้น แบกทาน (ตัน/ตร.ม.)
1	B' - 3	1.00x1.00	1.00	1.64	3.95	3.95
2	C - 3	2.20x2.20	4.84	21.89	52.53	10.85
3	G - 3	3.50x3.50	12.25	40.15	96.36	7.87
4	H - 3	1.75x1.75	3.06	15.74	37.77	12.33
5	B' - 4	1.00x1.00	1.00	4.00	9.62	9.62
6	C - 4	3.50x3.50	12.25	50.20	120.49	9.84
7	G - 4	4.00x4.00	16.00	68.74	164.97	10.31
8	H - 4	3.50x2.90	10.15	40.16	96.38	9.50
9	I - 4	3.50x2.90	10.15	43.62	104.70	10.31
10	B' - 5	1.00x1.00	1.00	5.49	13.17	13.16
11	C - 5, E - 5	5.00x7.20	36.00	168.22	403.74	11.22
12	I - 5	5.10x5.10	26.00	126.63	303.91	11.68
13	B' - 6	1.00x1.00	1.00	5.16	12.39	12.39
14	C - 6, E - 6	5.40x7.60	41.04	177.85	426.83	10.40
15	I - 6	5.10x5.10	26.00	120.33	288.79	11.10
16	B' - 7	1.00x1.00	1.00	5.55	13.33	13.33
17	C - 7, E - 7	5.00x7.20	36.00	205.00	491.99	13.67
18	I - 7	5.75x5.75	33.06	155.86	374.05	11.31
19	J - 7	4.75x4.75	22.56	91.44	219.46	9.73
20	B' - 8	1.00x1.00	1.00	4.27	10.25	10.25

ตาราง 2.6 (ต่อ) ค่าความเค้นเบกทานกระทำบนฐานแผ่

ลำดับที่	ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	พื้นที่ฐาน (ตร.ม.)	ปริมาตร คอนกรีต (ลบ.ม.)	น้ำหนัก เบกทาน (ตัน)	ความเค้น เบกทาน (ตัน/ตร.ม.)
21	C - 8	5.10x5.10	26.00	111.40	267.36	10.28
22	G - 8	5.10x5.10	26.00	114.49	274.77	10.56
23	I - 8	5.10x5.10	26.00	117.11	281.06	10.80
24	J - 8	5.10x5.10	26.00	115.26	276.62	10.64
25	A - 9	1.75x1.75	3.06	3.26	7.83	2.56
26	B - 9	1.75x1.75	3.06	4.22	10.12	3.30
27	C - 9	4.75x4.75	22.56	87.14	209.13	9.27
28	G-9, G-10	5.10x8.80	44.88	185.44	445.06	9.92
29	I - 9, I - 10	5.10x8.80	44.88	186.38	447.32	9.97
30	J - 9, J - 10	4.50x8.50	38.25	175.86	422.07	11.03
31	K - 10	4.75x4.75	22.56	95.39	228.94	10.14
32	A - 10	4.75x4.75	22.56	93.62	224.68	9.96
33	C - 10	5.50x11.45	62.98	253.29	607.91	9.65
34	A - 11	4.75x4.75	22.56	101.54	243.70	10.80
35	B - 11	4.75x4.75	22.56	104.16	249.98	11.07
36	C - 11	5.10x5.10	26.00	106.66	255.99	9.84
37	G - 11	4.75x4.75	22.56	105.37	252.90	11.21
38	I - 11	4.75x4.75	22.56	109.17	262.00	11.61
39	J - 11	4.75x4.75	22.56	107.12	256.84	11.38
40	K - 11	4.75x4.75	22.56	97.83	234.79	10.41



รูป 2.13 ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นที่พิจารณาถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง
กรณีฐานข้างเคียงอยู่แนวทแยงกับฐานที่พิจารณา



รูป 2.14 ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นที่พิจารณาถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง
กรณีฐานข้างเคียงอยู่แนวเดียวกับฐานที่พิจารณา

Newmark (1935);

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_z = & \frac{q}{2\pi} \left[\arctan \frac{(x+l)(y+b)}{zR_1} + \frac{(x+l)(y+b)}{R_1} \left\{ \frac{1}{(x+l)^2+z^2} + \frac{1}{(y+l)^2+z^2} \right\} \right] \\ & - \frac{q}{2\pi} \left[\arctan \frac{(x-l)(y+b)}{zR_2} + \frac{(x-l)(y+b)}{R_2} \left\{ \frac{1}{(x-l)^2+z^2} + \frac{1}{(y+l)^2+z^2} \right\} \right] \\ & - \frac{q}{2\pi} \left[\arctan \frac{(x+l)(y-b)}{zR_3} + \frac{(x+l)(y-b)}{R_3} \left\{ \frac{1}{(x+l)^2+z^2} + \frac{1}{(y-l)^2+z^2} \right\} \right] \\ & + \frac{q}{2\pi} \left[\arctan \frac{(x-l)(y-b)}{zR_4} + \frac{(x-l)(y-b)}{R_4} \left\{ \frac{1}{(x-l)^2+z^2} + \frac{1}{(y-l)^2+z^2} \right\} \right] \end{aligned} \quad (2.1)$$

โดยที่ l คือระยะครึ่งหนึ่งของความยาวฐานแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

b คือระยะครึ่งหนึ่งของความกว้างฐานแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$$R_1 = \sqrt{[(x+l)^2 + (y+b)^2 + z^2]}$$

$$R_2 = \sqrt{[(x-l)^2 + (y+b)^2 + z^2]}$$

$$R_3 = \sqrt{[(x+l)^2 + (y-b)^2 + z^2]}$$

$$R_4 = \sqrt{[(x-l)^2 + (y-b)^2 + z^2]}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ตาราง 2.7 ระยะพิกัดจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน I – 7 ถึงถึงกลางฐานแผ่ข้างเคียง

ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	ระยะ x (ม.)	ระยะ y (ม.)
B' - 3	1.00x1.00	28.00	17.70
C - 3	2.20x2.20	28.00	14.00
G - 3	3.50x3.50	28.00	7.00
H - 3	1.75x1.75	28.00	3.00
B' - 4	1.00x1.00	24.00	17.70
C - 4	3.50x3.50	24.00	14.00
G - 4	4.00x4.00	24.00	7.00
H - 4	3.50x2.90	24.00	3.00
I - 4	3.50x2.90	24.00	0
B' - 5	1.00x1.00	16.00	17.70
C - 5, E - 5	5.00x7.20	16.00	11.30
I - 5	5.10x5.10	16.00	0
B' - 6	1.00x1.00	8.00	17.70
C - 6, E - 6	5.40x7.60	8.00	11.55
I - 6	5.10x5.10	8.00	0
B' - 7	1.00x1.00	0	17.70
C - 7, E - 7	5.00x7.20	0	11.30
I - 7	5.75x5.75	0	0
J - 7	4.75x4.75	0	7.00
B' - 8	1.00x1.00	8.00	17.70

ตาราง 2.7 (ต่อ) ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน I – 7 ถึงถึงกลางฐานแผ่ข้างเคียง

ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	ระยะ x (ม.)	ระยะ y (ม.)
C - 8	5.10x5.10	8.00	14.00
G - 8	5.10x5.10	8.00	7.00
I - 8	5.10x5.10	8.00	0
J - 8	5.10x5.10	8.00	7.00
A - 9	1.75x1.75	16.00	28.00
B - 9	1.75x1.75	16.00	21.00
C - 9	4.75x4.75	16.00	14.00
G-9, G-10	5.10x8.80	17.80	7.00
I - 9, I - 10	5.10x8.80	18.15	0
J - 9, J - 10	4.50x8.50	18.10	7.00
K - 10	4.75x4.75	20.00	14.00
A - 10	4.75x4.75	20.00	28.00
C - 10	5.50x11.45	20.95	18.93
A - 11	4.75x4.75	28.00	28.00
B - 11	4.75x4.75	28.00	21.00
C - 11	5.10x5.10	28.00	14.00
G - 11	4.75x4.75	28.00	7.00
I - 11	4.75x4.75	28.00	0
J - 11	4.75x4.75	28.00	7.00
K - 11	4.75x4.75	28.00	14.00

ตาราง 2.8 ระยะพิกัดจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน C – 6 ถึงถึงกลางฐานแผ่ข้างเคียง

ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	ระยะ x (ม.)	ระยะ y (ม.)
B' - 3	1.00x1.00	20.00	6.15
C - 3	2.20x2.20	20.00	2.45
G - 3	3.50x3.50	20.00	4.55
H - 3	1.75x1.75	20.00	8.55
B' - 4	1.00x1.00	16.00	6.15
C - 4	3.50x3.50	16.00	2.45
G - 4	4.00x4.00	16.00	4.55
H - 4	3.50x2.90	16.00	8.55
I - 4	3.50x2.90	16.00	11.55
B' - 5	1.00x1.00	8.00	6.15
C - 5, E - 5	5.00x7.20	8.00	0.25
I - 5	5.10x5.10	8.00	11.55
B' - 6	1.00x1.00	0	6.15
C - 6, E - 6	5.40x7.60	0	0
I - 6	5.10x5.10	0	11.55
B' - 7	1.00x1.00	8.00	6.15
C - 7, E - 7	5.00x7.20	8.00	0.25
I - 7	5.75x5.75	8.00	11.55
J - 7	4.75x4.75	8.00	18.55
B' - 8	1.00x1.00	16.00	6.15

ตาราง 2.8 (ต่อ) ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน C – 6 ถึงถึงกลางฐานแผ่ข้างเคียง

ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	ระยะ x (ม.)	ระยะ y (ม.)
C - 8	5.10x5.10	16.00	2.45
G - 8	5.10x5.10	16.00	4.55
I - 8	5.10x5.10	16.00	11.55
J - 8	5.10x5.10	16.00	18.55
A - 9	1.75x1.75	24.00	16.45
B - 9	1.75x1.75	24.00	9.45
C - 9	4.75x4.75	24.00	2.45
G-9, G-10	5.10x8.80	25.80	4.55
I - 9, I - 10	5.10x8.80	26.15	11.55
J - 9, J - 10	4.50x8.50	26.10	18.55
K - 10	4.75x4.75	28.00	25.55
A - 10	4.75x4.75	28.00	16.45
C - 10	5.50x11.45	28.95	7.38
A - 11	4.75x4.75	36.00	16.45
B - 11	4.75x4.75	36.00	9.45
C - 11	5.10x5.10	36.00	2.45
G - 11	4.75x4.75	36.00	4.55
I - 11	4.75x4.75	36.00	11.55
J - 11	4.75x4.75	36.00	18.55
K - 11	4.75x4.75	36.00	25.55

ตาราง 2.9 ระยะพิกัดจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน C – 10 ถึงถึงกลางฐานแผ่ข้างเคียง

ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	ระยะ x (ม.)	ระยะ y (ม.)
B' - 3	1.00x1.00	48.95	1.23
C - 3	2.20x2.20	48.95	4.93
G - 3	3.50x3.50	48.95	11.93
H - 3	1.75x1.75	48.95	15.93
B' - 4	1.00x1.00	44.95	1.23
C - 4	3.50x3.50	44.95	4.93
G - 4	4.00x4.00	44.95	11.93
H - 4	3.50x2.90	44.95	15.93
I - 4	3.50x2.90	44.95	18.93
B' - 5	1.00x1.00	36.95	1.23
C - 5, E - 5	5.00x7.20	36.95	7.63
I - 5	5.10x5.10	36.95	18.93
B' - 6	1.00x1.00	28.95	1.23
C - 6, E - 6	5.40x7.60	28.95	7.38
I - 6	5.10x5.10	28.95	18.93
B' - 7	1.00x1.00	20.95	1.23
C - 7, E - 7	5.00x7.20	20.95	7.63
I - 7	5.75x5.75	20.95	18.93
J - 7	4.75x4.75	20.95	25.92
B' - 8	1.00x1.00	12.95	1.23

ตาราง 2.9 (ต่อ) ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน C – 10 ถึงถึงกลางฐานแผ่ข้างเคียง

ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	ระยะ x (ม.)	ระยะ y (ม.)
C - 8	5.10x5.10	12.95	4.93
G - 8	5.10x5.10	12.95	11.93
I - 8	5.10x5.10	12.95	18.93
J - 8	5.10x5.10	12.95	25.93
A - 9	1.75x1.75	4.95	9.08
B - 9	1.75x1.75	4.95	2.08
C - 9	4.75x4.75	4.95	4.93
G-9, G-10	5.10x8.80	3.15	11.93
I - 9, I - 10	5.10x8.80	2.80	18.93
J - 9, J - 10	4.50x8.50	2.85	25.93
K - 10	4.75x4.75	0.95	32.93
A - 10	4.75x4.75	0.95	9.08
C - 10	5.50x11.45	0	0
A - 11	4.75x4.75	7.05	9.08
B - 11	4.75x4.75	7.05	2.08
C - 11	5.10x5.10	7.05	4.93
G - 11	4.75x4.75	7.05	11.93
I - 11	4.75x4.75	7.05	18.93
J - 11	4.75x4.75	7.05	25.93
K - 11	4.75x4.75	7.05	32.93

ตาราง 2.10 ระยะพิกัดจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน G – 10 ถึงถึงกลางฐานแผ่ข้างเคียง

ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	ระยะ x (ม.)	ระยะ y (ม.)
B' - 3	1.00x1.00	45.80	10.70
C - 3	2.20x2.20	45.80	7.00
G - 3	3.50x3.50	45.80	0
H - 3	1.75x1.75	45.80	4.00
B' - 4	1.00x1.00	41.80	10.70
C - 4	3.50x3.50	41.80	7.00
G - 4	4.00x4.00	41.80	0
H - 4	3.50x2.90	41.80	4.00
I - 4	3.50x2.90	41.80	7.00
B' - 5	1.00x1.00	33.80	10.70
C - 5, E - 5	5.00x7.20	33.80	4.30
I - 5	5.10x5.10	33.80	7.00
B' - 6	1.00x1.00	25.80	10.70
C - 6, E - 6	5.40x7.60	25.80	4.55
I - 6	5.10x5.10	25.80	7.00
B' - 7	1.00x1.00	17.80	10.70
C - 7, E - 7	5.00x7.20	17.80	4.30
I - 7	5.75x5.75	17.80	7.00
J - 7	4.75x4.75	17.80	14.00
B' - 8	1.00x1.00	9.80	10.70

ตาราง 2.10 (ต่อ) ระยะพิกัดจากจุดเริ่มต้นกึ่งกลางฐาน G – 10 ถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง

ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	ระยะ x (ม.)	ระยะ y (ม.)
C - 8	5.10x5.10	9.80	7.00
G - 8	5.10x5.10	9.80	0
I - 8	5.10x5.10	9.80	7.00
J - 8	5.10x5.10	9.80	14.00
A - 9	1.75x1.75	1.80	21.00
B - 9	1.75x1.75	1.80	14.00
C - 9	4.75x4.75	1.80	7.00
G-9, G-10	5.10x8.80	0	0
I - 9, I - 10	5.10x8.80	0.35	7.00
J - 9, J - 10	4.50x8.50	0.30	14.00
K - 10	4.75x4.75	2.20	21.00
A - 10	4.75x4.75	2.20	21.00
C - 10	5.50x11.45	3.15	11.93
A - 11	4.75x4.75	10.20	21.00
B - 11	4.75x4.75	10.20	14.00
C - 11	5.10x5.10	10.20	7.00
G - 11	4.75x4.75	10.20	0
I - 11	4.75x4.75	10.20	7.00
J - 11	4.75x4.75	10.20	14.00
K - 11	4.75x4.75	10.20	21.00

ตาราง 2.11 ระยะพิกัดจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน I – 10 ถึงถึงกลางฐานแผ่ข้างเคียง

ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	ระยะ x (ม.)	ระยะ y (ม.)
B' - 3	1.00x1.00	46.15	17.70
C - 3	2.20x2.20	46.15	14.00
G - 3	3.50x3.50	46.15	7.00
H - 3	1.75x1.75	46.15	3.00
B' - 4	1.00x1.00	42.15	17.70
C - 4	3.50x3.50	42.15	14.00
G - 4	4.00x4.00	42.15	7.00
H - 4	3.50x2.90	42.15	3.00
I - 4	3.50x2.90	42.15	0
B' - 5	1.00x1.00	34.15	17.70
C - 5, E - 5	5.00x7.20	34.15	11.30
I - 5	5.10x5.10	34.15	0
B' - 6	1.00x1.00	26.15	17.70
C - 6, E - 6	5.40x7.60	26.15	11.55
I - 6	5.10x5.10	26.15	0
B' - 7	1.00x1.00	18.15	17.70
C - 7, E - 7	5.00x7.20	18.15	11.30
I - 7	5.75x5.75	18.15	0
J - 7	4.75x4.75	18.15	7.00
B' - 8	1.00x1.00	10.15	17.70

ตาราง 2.11(ต่อ) ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน I – 10 ถึงถึงกลางฐานแผ่ข้างเคียง

ตำแหน่งฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	ระยะ x (ม.)	ระยะ y (ม.)
C - 8	5.10x5.10	10.15	14.00
G - 8	5.10x5.10	10.15	7.00
I - 8	5.10x5.10	10.15	0
J - 8	5.10x5.10	10.15	7.00
A - 9	1.75x1.75	2.15	28.00
B - 9	1.75x1.75	2.15	21.00
C - 9	4.75x4.75	2.15	14.00
G-9, G-10	5.10x8.80	0.35	7.00
I - 9, I - 10	5.10x8.80	0	0
J - 9, J - 10	4.50x8.50	0.05	7.00
K - 10	4.75x4.75	1.85	14.00
A - 10	4.75x4.75	1.85	28.00
C - 10	5.50x11.45	2.8	18.93
A - 11	4.75x4.75	9.85	28.00
B - 11	4.75x4.75	9.85	21.00
C - 11	5.10x5.10	9.85	14.00
G - 11	4.75x4.75	9.85	7.00
I - 11	4.75x4.75	9.85	0
J - 11	4.75x4.75	9.85	7.00
K - 11	4.75x4.75	9.85	14.00

ประมาณค่าเฉลี่ยของหน่วยน้ำหนักทั้งหมดของดินเท่ากับ 2.0 ตัน/ลบ.ม. และมีสมมติฐานว่า ระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ผิวดิน ได้ความเค้นผลกดทับประสิทธิผล $1.0 z$ ตัน/ตร.ม. โดยที่ z เป็นความลึกจากผิวดินมีหน่วยความยาวเป็นเมตร จากนั้นจึงคาดคะเนความลึกหลุมเจาะโดยลงค่า z จากข้อมูลที่มี จึงสรุปผลได้ตามตาราง 2.12 ลองใช้ความลึกหลุมเจาะ 26.00 เมตร

ตาราง 2.12 ความลึกของหลุมเจาะสำรวจ

วิธีคิดความลึกของชั้นดิน ที่เกิดการทรุดตัว	ความลึกระยะทรุดตัวได้ฐานแผ่ ตามตำแหน่งฐานราก (เมตร)				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
Sowers (1979)	24.00	22.00	23.00	26.00	25.00

เมื่อได้ข้อมูลความลึกของหลุมเจาะสำรวจแล้วจึงกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจดังรูป 2.2 ดำเนินการเจาะสำรวจโดยใช้สว่านชนิดติดที่ปลายก้านเหล็ก ก้านเหล็กยกขึ้นลงด้วย กว้านเจาะตลอดความลึกของหลุมสำรวจ หลุมสำรวจมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และหากบริเวณดินชั้นบนสุดเป็นชั้นดินอ่อนมากอาจใช้ปลอกเหล็กตกลงไปเพื่อกันปากหลุมพัง

การเก็บตัวอย่างดินจะเก็บทุกระยะความลึก 1.00 เมตร แบ่งการเก็บเป็น 2 ชนิดตามลักษณะของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินเหนียวด้วยกระบอกบาง (Thin Wall Sample) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 3 นิ้ว ความหนา 1.50 - 2.00 มม. ความยาว 50 - 60 ซม. ดินที่มีปริมาณทรายสูงจะใช้กระบอกผ่า (Split Spoon Sampler) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ในการเก็บตัวอย่างดิน

เริ่มต้นใช้สว่านเจาะดินลึกลงไป 1.00 เมตร จากนั้นถอนสว่านขึ้นมาเปลี่ยนเป็นกระบอกบางติดเข้าไปกับปลายก้านเจาะเพื่อใช้เก็บตัวอย่างคงสภาพ เมื่อเก็บตัวอย่างดินได้แล้วยกก้านเจาะขึ้นจากหลุมเจาะถอดกระบอกบางออกจากปลายก้านเจาะใช้ปลายหยั่งพกพา (Pocket Penetrometer) กดลงที่ปลายกระบอกด้านล่างเพื่อหาค่ากำลังรับน้ำหนักของดิน (q_p) กดกระจายทั่วพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดินที่เก็บได้จำนวน 5 จุด เสร็จแล้วจึงปาดดินที่ปลายกระบอกล่างออกเล็กน้อยประมาณ 0.1 - 0.5 มิลลิเมตร เทซีฟุ้งเหลวอุ่นพอเทได้เคลือบปิดปลายกระบอกทั้งสองด้าน เก็บตัวอย่างคงสภาพทุกระยะ 1.00 เมตร ไปจนถึงระดับความลึก 17.20 เมตร จากนั้นจึงเปลี่ยนหัวเก็บจากกระบอกบางเป็นกระบอกผ่าซีกเพื่อใช้เก็บตัวอย่างแปรสภาพ เก็บตัวอย่างแปลงสภาพทุกระยะ 1.00 เมตร ต่อเนื่องไปจนถึงระดับความลึก 20.55 เมตรซึ่งเป็นชั้นทรายแน่นมาก จึงหยุดการเจาะสำรวจไว้ที่

ระดับความลึกนี้ บันทึกข้อมูลที่ได้ลงในแบบฟอร์มบันทึก จากนั้นนำตัวอย่างที่ขนส่งไปเก็บไว้ในห้องเก็บตัวอย่างเพื่อเตรียมไว้สำหรับทดสอบในห้องปฏิบัติการต่อไป

2.4.2 การทดสอบดินในสนาม

ทดสอบในสนามด้วยวิธีตอกทะลวงมาตรฐานสำหรับตัวอย่างดินแปรสภาพเก็บด้วยกระบอกผ่าซีก ผลการเจาะสำรวจสรุปไว้ในตาราง 2.13

2.4.3 การทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดินจากกระบอกบาง (Thin Wall Sampler)

ดินจากกระบอกบางมักเป็นดินเหนียว ทดสอบในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานทดสอบวัสดุของอเมริกา (ASTM) ดังต่อไปนี้

- การทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test) ตาม ASTM D2435

จำนวนตัวอย่างทดสอบ 9 ตัวอย่าง จากตัวอย่างคงสภาพระดับความลึก 1.00 – 1.50 ม., 2.50 – 3.00 ม., 4.00 – 4.50 ม., 6.80 – 7.10 ม., 8.10 – 8.60 ม., 9.60 – 10.10 ม., 11.10 – 11.60 ม., 12.60 – 13.10 ม. และ 14.10 – 14.60 ม. เพื่อหาเส้นโค้งการอัดตัวได้ (Consolidation curve)

- การทดสอบแรงอัดสามแกน (Triaxial Test) ตาม ASTM D4767-95

จำนวนตัวอย่างทดสอบ 6 ตัวอย่าง จากตัวอย่างคงสภาพระดับความลึก 4.00 – 4.50 ม., 6.80 – 7.10 ม., 8.10 – 8.60 ม., 11.10 – 11.60 ม., 12.60 – 13.10 ม. และ 14.10 – 14.60 ม. เพื่อประเมินค่าคงตัวยืดหยุ่น-โมดูลัสของยัง (Young's Modulus, E)

ตัวอย่างดินจากกระบอกผ่าซีก (Split Spoon Sampler)

ดินจากในสนามที่ได้จากกระบอกเก็บตัวอย่างชนิดนี้ มักเป็นดินที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยว การทดสอบในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุของอเมริกา (ASTM) ดังต่อไปนี้

- ความชื้นธรรมชาติ (Natural Moisture Content) ASTM D2216-98

- วิเคราะห์ขนาดเม็ดดินโดยใช้ตะแกรงและไฮโดรมิเตอร์ (Grain Size Analysis - Sieve & Hydrometer) ตาม ASTM D422 จำนวนตัวอย่างทดสอบ 14 ตัวอย่าง จากตัวอย่างแปรสภาพระดับความลึก 1.00 – 1.50 ม., 2.50 – 3.00 ม., 4.00 – 4.50 ม., 5.50 – 5.80 ม., 6.80 – 7.10 ม., 8.10 – 8.60 ม., 9.60 – 10.10 ม., 11.10 – 11.60 ม., 12.60 – 13.10 ม., 14.10 – 14.60 ม., 15.60 – 16.00 ม., 17.20 – 17.65 ม., 18.65 – 19.10 ม. และ 20.10 – 20.55 ม. เพื่อจำแนกชนิดของดิน (Soil Classification)

- จีตกักอัดตะเบียร์ก (Atterberg Limits) ตาม ASTM D4318-00 จำนวนตัวอย่างทดสอบ 14 ตัวอย่าง จากตัวอย่างแปรสภาพระดับความลึก 1.00 – 1.50 ม., 2.50 – 3.00 ม., 4.00 – 4.50 ม., 5.50 – 5.80 ม., 6.80 – 7.10 ม., 8.10 – 8.60 ม., 9.60 – 10.10 ม., 11.10 – 11.60 ม., 12.60 – 13.10 ม., 14.10 –

14.60 ม., 15.60 – 16.00 ม., 17.20 – 17.65 ม., 18.65 – 19.10 ม. และ 20.10 – 20.55 ม. เพื่อทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ของดิน

ตาราง 2.13 ผลการเจาะสำรวจดินในสนาม

GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY					BORING LOG				
FACULTY OF ENGINEERING									
CHIANG MAI UNIVERSITY									
Project : อาคารเรียนและปฏิบัติการ 5 ชั้น					Job No. :				
Location : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่					Boring No. : BH - 2				
Date : 25 - 26 ส.ค. 2552					Logged by : ชัยราชดิ				
Surface Elevation :					Final Depth : 20.55 m.				
Ground Water Steady Depth : -1.30 m.					Sheet No. : 1 of 1				
Depth m.		Boring Method	Descriptions	Type	Depth m.		SPT 'N'	Recovery cm.	q _p t/m ²
From	To				From	To			
0.00	2.50	PA	ดินเหนียวแข็งปานกลางสีเทา	DS1	0.00	1.00	-	-	-
				US1	1.00	1.50	-	50	9.6
				DS2	1.50	2.50	-	-	-
2.50	6.80	PA	ดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก สีเทาสลับแดงมีทรายปน	US2	2.50	3.00	-	50	30
				DS3	3.00	4.00	-	-	-
				US3	4.00	4.50	-	50	28.6
				DS4	4.50	5.50	-	-	-
				US4	5.50	5.80	-	30	22.2
				DS5	5.80	6.80	-	-	-
6.80	11.10	PA	ดินเหนียวแข็งมาก สีเหลืองสลับเทา มีทรายปน	US5	6.80	7.10	-	30	42
				DS6	7.10	8.10	-	-	-
				US6	8.10	8.60	-	50	33.4
				DS7	8.60	9.60	-	-	-
				US7	9.60	10.10	-	50	38.6
				DS8	10.10	11.10	-	-	-
11.10	15.60	PA	ดินเหนียวปนทรายแข็งถึงแข็งมาก สีเทา	US8	11.10	11.60	-	50	29
				DS9	11.60	12.60	-	-	-
				US9	12.60	13.10	-	50	27.6
				DS10	13.10	14.10	-	-	-
				US10	14.10	14.60	-	50	38.2
				DS11	14.60	15.60	-	-	-
15.60	20.55	PA	ทรายหยาบบานกลางปนดินเหนียว แน่นมาก สีเขียวออกเหลืองอ่อนปนเทา สิ้นสุดหลุมเจาะ 20.55 เมตร	US11	15.60	16.00	-	40	41
				DS12	16.00	17.00	-	-	50
				SPT1	17.20	17.65	53	28	-
				SPT2	18.25	19.10	76	38	-
				SPT3	20.10	20.55	97	31	-

Remarks: PA = Power Auger

DS = Disturbed Sample

US = Thin Walled Tube

qp = Pocket Penetrometer

SPT = Split Spoon Sampler

ผลการทดสอบตัวอย่างดินแปรสภาพจากกระบอกผ่าซีกและจำแนกชนิดของดิน สรุปได้ดัง

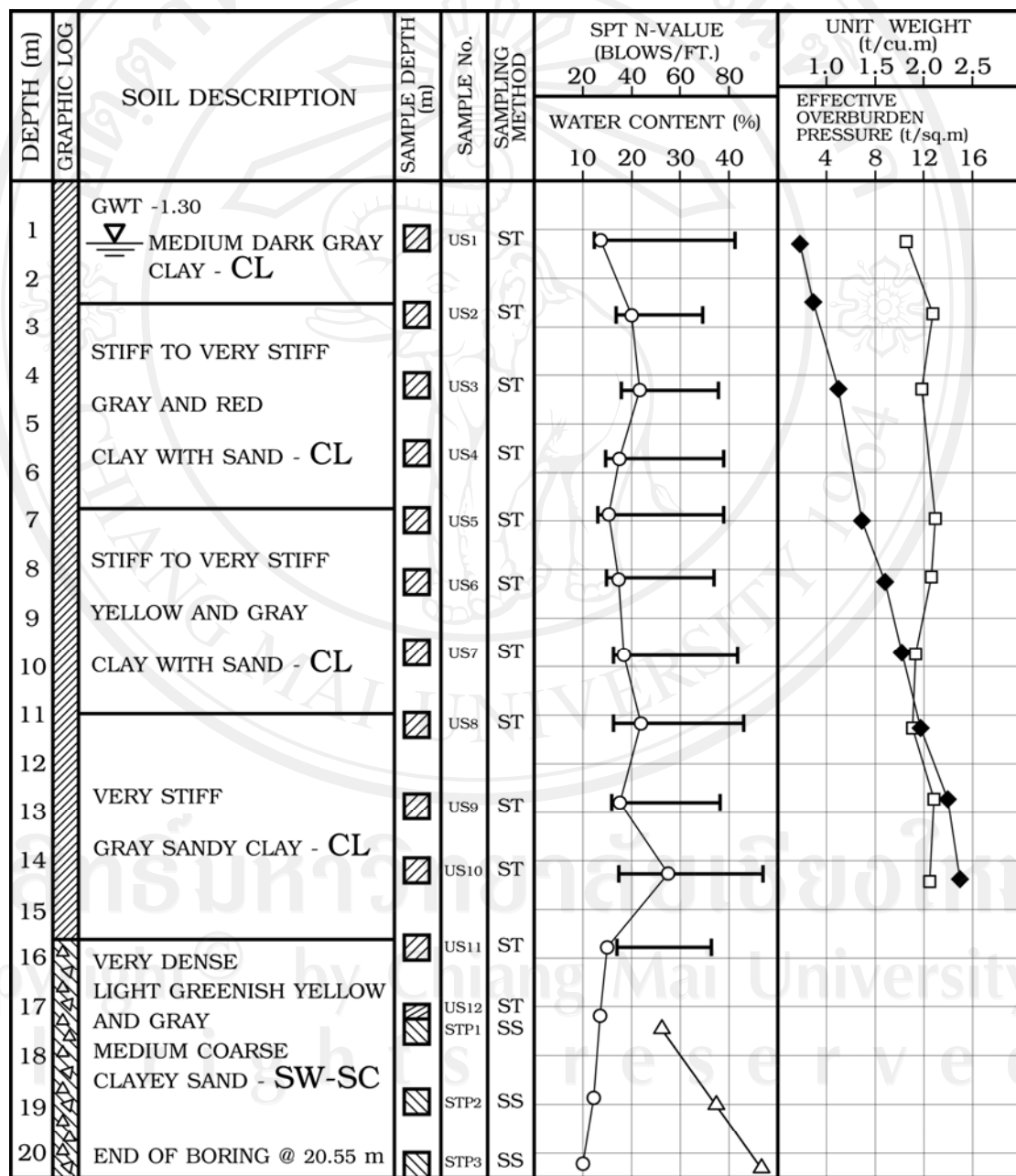
ตาราง 2.14

ตาราง 2.14 การจำแนกชนิดของดินตามระบบรวม (Unified Soil Classification System)

ความลึก (เมตร)	ความ ชื้น ธรรมชาติ (%)	ค่า เบอร์ 4 (%)	ผ่าน เบอร์ 4 ค่า เบอร์ 200 (%)	ผ่าน เบอร์ 200 (%)	พิกัด เหลว (%)	พิกัด ปั้น ได้ (%)	ดัชนี ปั้นได้ (%)	ชนิดดิน
1.00 – 1.50	13.8	0	13.01	86.99	40.8	12.2	28.5	CL
2.50 – 3.00	20.1	2.41	18.99	78.60	33.6	16.5	17.1	CL
4.00 – 4.50	21.3	1.65	18.96	79.39	37.8	18.1	19.7	CL
5.50 – 5.80	19.1	3.74	19.20	77.06	39.1	17.5	21.5	CL
6.80 – 7.10	16.8	4.08	20.40	75.52	38.5	16.4	22.1	CL
8.10 – 8.60	17.8	9.88	18.96	71.16	36.1	15.6	20.5	CL
9.60 – 10.10	18.6	6.7	22.65	70.65	41.2	17.5	23.6	CL
11.10 – 11.60	22.2	0	31.39	68.61	43.2	18.2	25.0	CL
12.60 – 13.10	18.0	0.18	36.70	63.12	37.8	17.4	20.4	CL
14.10 – 14.60	27.2	0.69	34.59	64.72	44.5	18.0	26.5	CL
15.60 – 16.00	15.3	1.90	84.39	13.72	NP	NP	NP	SW - SC
17.20 – 17.65	14.0	5.67	81.19	13.14	NP	NP	NP	SW - SC
18.65 – 19.10	12.1	6.64	86.91	6.45	NP	NP	NP	SW - SC
20.10 – 20.55	10.0	10.44	84.14	5.42	NP	NP	NP	SW - SC

2.4.4 ภาคตัดชั้นดินและคุณสมบัติทั่วไป

นำข้อมูลที่ทดสอบได้ทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการมาทำภาคตัดชั้นดินและคุณสมบัติทั่วไป ดังรูป 2.15



REMARKS

SS = SPLIT SPOON

ST = SHELBY TUBE

— = PLASTIC LIMIT

— = LIQUID LIMIT

— = PLASTICITY INDEX

○ = NATURAL WATER CONTENT

△ = SPT N-VALUE

□ = TOTAL UNIT WEIGHT

◆ = EFFECTIVE OVERBURDEN PRESSURE

รูป 2.15 ภาคตัดชั้นดินและคุณสมบัติทั่วไป

2.5 การเลือกข้อมูลและการคาดคะเนระยะทรุดตัว

ขั้นตอนการคาดคะเนระยะทรุดตัวประกอบด้วย

- การเลือกข้อมูลที่ใช้คาดคะเนระยะทรุดตัว
- การคาดคะเนระยะทรุดตัวในช่วงเริ่มต้น
- การคาดคะเนระยะทรุดตัวในช่วงยาวนาน

2.5.1 การเลือกข้อมูลสำหรับใช้คาดคะเนระยะทรุดตัว

ข้อมูลที่ใช้สำหรับคาดคะเนระยะทรุดตัวประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วนหลัก คือ

- ภาคตัดและคุณสมบัติของชั้นดิน
- น้ำหนักบรรทุกกระทำลงบนฐานแผ่ ใช้น้ำหนักบรรทุกตายตัว คิดเฉพาะน้ำหนักตัวอาคาร ไม่รวมน้ำหนักบรรทุกจร ดังตาราง 2.15

ตาราง 2.15 น้ำหนักบรรทุกกระทำลงบนฐานแผ่ที่พิจารณา

ฐาน	ขนาดฐาน (ม. x ม.)	น้ำหนักแบกทาน (ตัน)	ความเค้นแบกทาน (ตัน/ตร.ม.)
C - 10	5.50 x 11.45	609.91	9.68
G - 10	5.10 x 8.80	445.06	9.92
I - 10	5.10 x 8.80	447.32	9.97
I - 7	5.75 x 5.75	374.05	11.31
C - 6	5.40 x 7.60	426.83	10.40

- ภาคตัดและคุณสมบัติของชั้นดิน

ภาคตัดและคุณสมบัติของชั้นดินที่ใช้ในการคาดคะเนระยะทรุดตัว ประกอบด้วยภาคตัดและคุณสมบัติทั่วไปรูป 2.13 นำมาจัดทำภาคตัดสำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและค่าความเครียดจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ของชั้นดินเหนียว

หาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินเหนียวจากข้อมูลการทดสอบแรงอัดสามแกนในห้องปฏิบัติการ

ทดสอบแรงอัดสามแกน (Triaxial Test) ตาม ASTM D4767-95

- ระบบเครื่องมือและตัวอย่างดิน

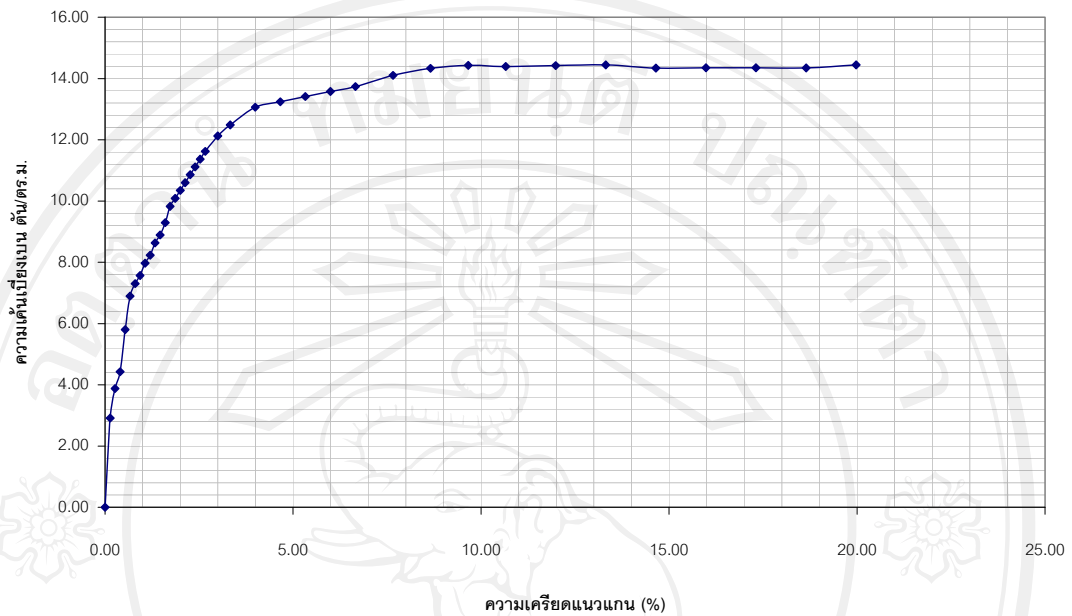
- 1) ระบบควบคุมในห้องตัวอย่างใช้ความดันอากาศควบคุมความดันในห้องตัวอย่างให้คงตัวได้ในระหว่างทดสอบ
- 2) ตัวอย่างดินทดสอบเป็นตัวอย่างรูปทรงกระบอกมีอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 2 ถึง 2.5 ในงานวิจัยนี้ตัดแต่งตัวอย่างให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.5 ซม. ความสูงประมาณ 7 ซม. หุ้มด้วยพลาสติกยางกันความดันน้ำในห้องตัวอย่าง
- 3) ทางระบายมี 2 ทาง เป็นแผ่นหินพรุนประกบปลายบน-ล่างของตัวอย่าง

- ขั้นตอนการทดสอบแรงอัดสามแกน

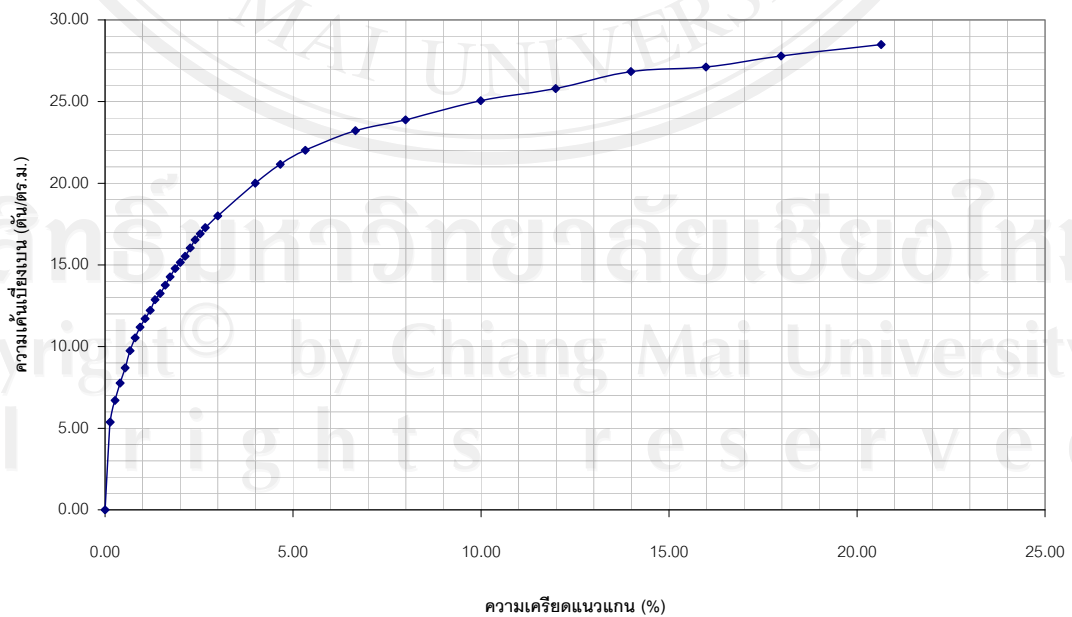
ทดสอบแบบอัดตัวอย่างดินเท่ากันทุกทิศทาง เพิ่มความเค้นเฉือนในแนวแกน เฉือนแบบไม่ระบายน้ำ

- 1) ตัดแต่งตัวอย่างดินให้เป็นรูปทรงกระบอกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.5 ซม. สูงประมาณ 7 ซม. โดยอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 2 ถึง 2.5 หุ้มด้วยพลาสติกยาง ปลายตัวอย่างทั้งสองข้างมีแผ่นหินพรุนประกบบน-ล่างเพื่อเป็นทางระบายน้ำ
- 2) อัดความดันภายในห้องตัวอย่างให้เท่ากับความเค้นกดทับประสิทธิภาพของตัวอย่าง คำนวณความเค้นกดทับประสิทธิภาพ ณ ระดับความลึกต่างๆของตัวอย่างทดสอบ(คิดความลึกที่ระดับกึ่งกลางกระบอกเก็บตัวอย่างคงสภาพ) ได้ผลการคำนวณแสดงในรูป 2.13
- 3) ติดตั้งชุดอุปกรณ์สำหรับวัดขนาดความสูงตัวอย่างที่เปลี่ยนไปจากการอัดตัวเนื่องจากความดันภายในห้องตัวอย่าง
- 4) ปลอ่ยให้ตัวอย่างอัดตัวเสร็จสิ้น
- 5) เฉือนตัวอย่างดินโดยเพิ่มแรงในแนวแกนถึง วัดแรงที่เพิ่มขึ้นด้วยวงแหวนวัดแรง ในขั้นนี้ไม่มีการระบายน้ำออกจากตัวอย่างดิน บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของความสูงตัวอย่างและแรงที่กระทำต่อตัวอย่างจนกระทั่งตัวอย่างวิบัติ
- 6) ลงจุดแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวแกนของตัวอย่างทดสอบทั้งหมด แสดงตามรูป 2.16 ถึง รูป 2.21

นำผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ, ข้อมูลภาคตัดชั้นดินและคุณสมบัติทั่วไป และ ข้อมูลฐานแผ่ที่พิจารณาจัดทำภาคตัดชั้นดินสำหรับเลือกค่าโมดูลัสยืดหยุ่นดังรูป 2.2 ถึง 2.6

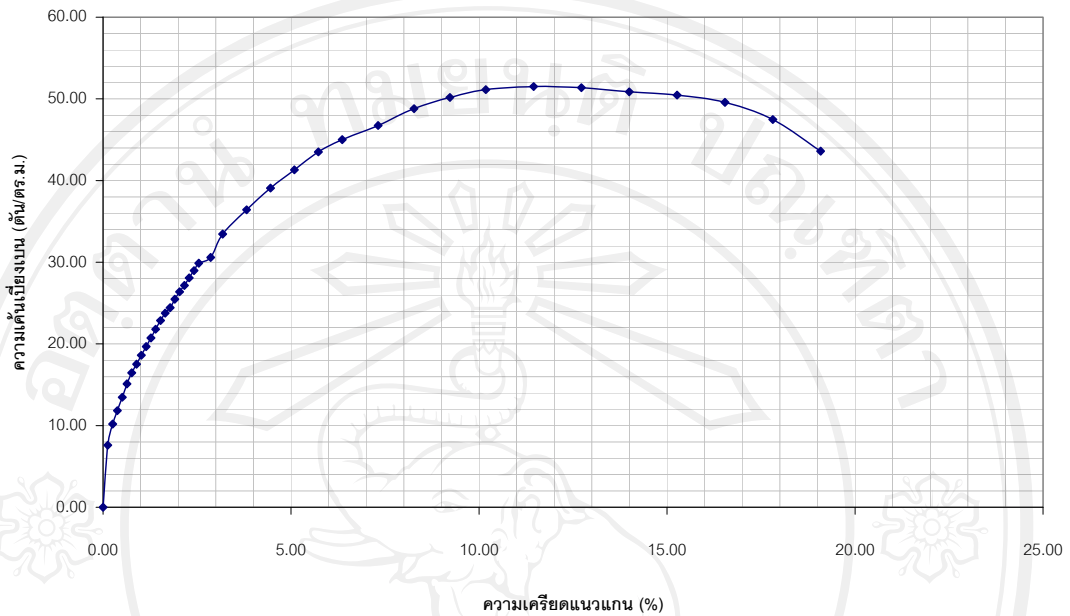


รูป 2.16 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวนอน
ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 4.00 – 4.50 ม.

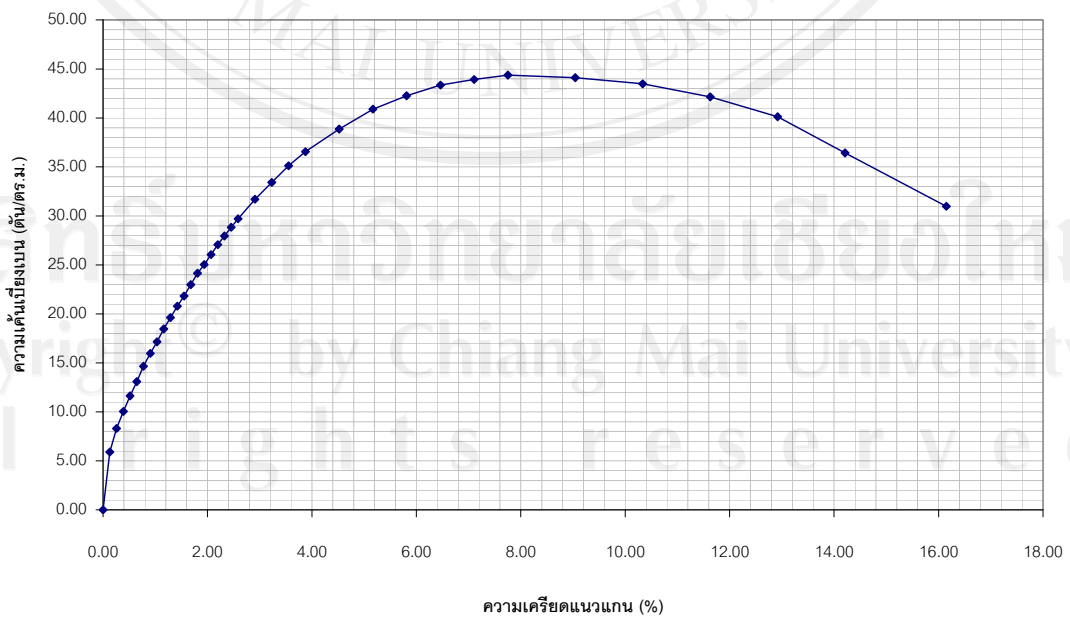


รูป 2.17 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวนอน

ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 6.80 – 7.10 ม.

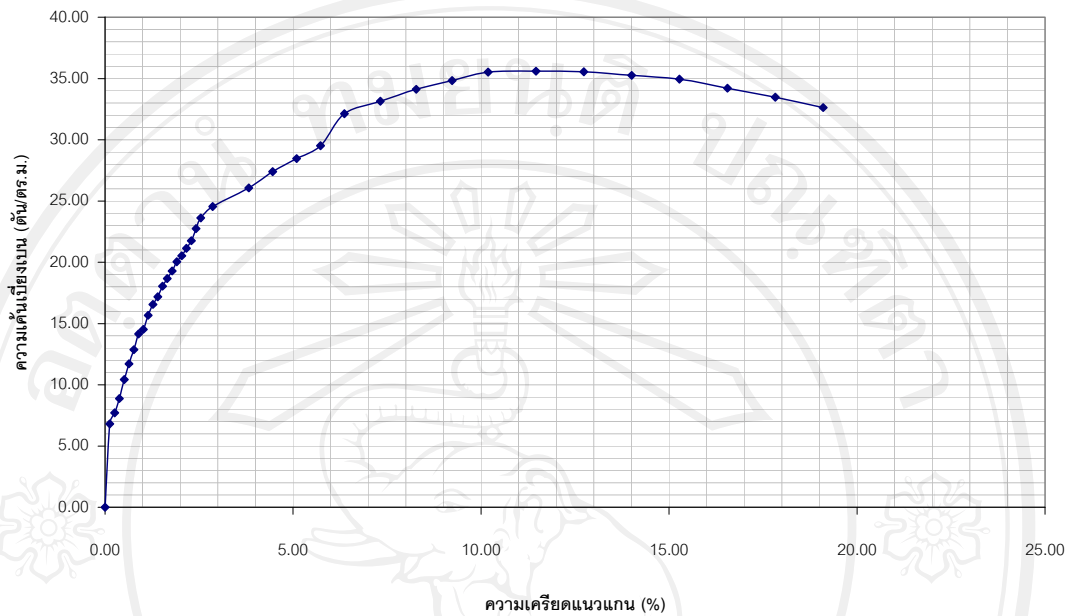


รูป 2.18 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวนอน
ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 8.10 – 8.60 ม.

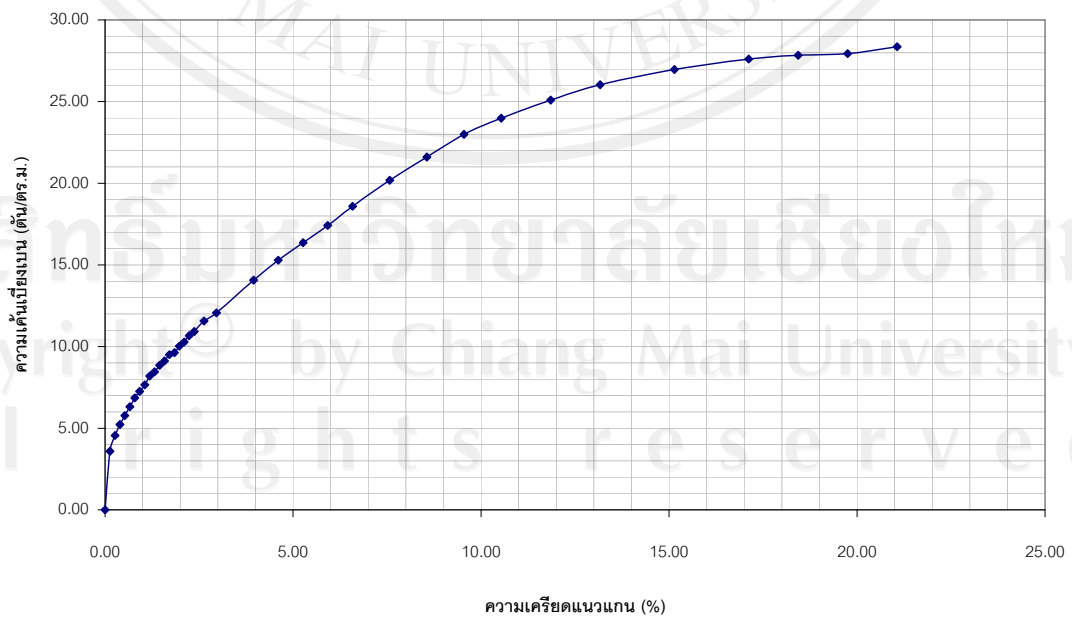


รูป 2.19 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวนอน

ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 11.10 – 11.60 ม.



รูป 2.20 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวนอน
ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 12.60 – 13.10 ม.



รูป 2.21 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวนอน

ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 14.10 – 14.60 ม.

แปลความหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของตัวอย่างทดสอบ

สมมติว่าดินตัวอย่างเป็นวัสดุยืดหยุ่นเชิงเส้น เอกพันธ์ และมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง จากทฤษฎีการยืดหยุ่น เนื่องจากสภาวะความเค้นที่ใช้ทดสอบตัวอย่างเป็นสภาวะความเค้นหลักจึงได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นหลักกับความเครียดหลักในรูปส่วนเพิ่มของความเค้นดังนี้

โมดูลัสแบบไม่ระบายน้ำ

Lambe, T.W. and Whitman, R.V. (1979) ให้ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำกับส่วนเพิ่มของความเครียดและส่วนเพิ่มของความเค้น ดังสมการ

$$E = \frac{(\Delta\sigma_z + 2\Delta\sigma_r)(\Delta\sigma_z - \Delta\sigma_r)}{\Delta\sigma_r(\Delta\varepsilon_z - 2\Delta\varepsilon_r) + \Delta\sigma_z\Delta\varepsilon_z} \quad (2.2)$$

ในการทดสอบให้ $\Delta\sigma_r = 0$ จากผลดังกล่าวได้ส่วนเพิ่มความเค้นเบี่ยงเบน $\Delta(\sigma_z - \sigma_r) = \Delta\sigma_z$ ดังนั้น

$$E = \frac{(\Delta\sigma_z)(\Delta\sigma_z)}{\Delta\sigma_z\Delta\varepsilon_z} = \frac{\Delta\sigma_z}{\Delta\varepsilon_z} \quad (2.3)$$

เลือกส่วนเพิ่มความเค้นเบี่ยงเบนเท่ากับส่วนเพิ่มความเค้นประสิทธิผลในแนวตั้งที่เกิดขึ้น

อ่านค่าส่วนเพิ่มความเครียดในแนวแกนจากเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวแกน

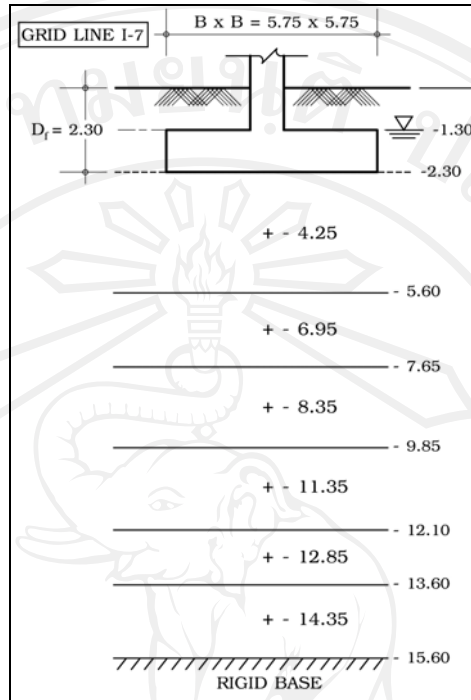
โมดูลัสแบบระบายน้ำ

คำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสเฉือนกับโมดูลัสยืดหยุ่น

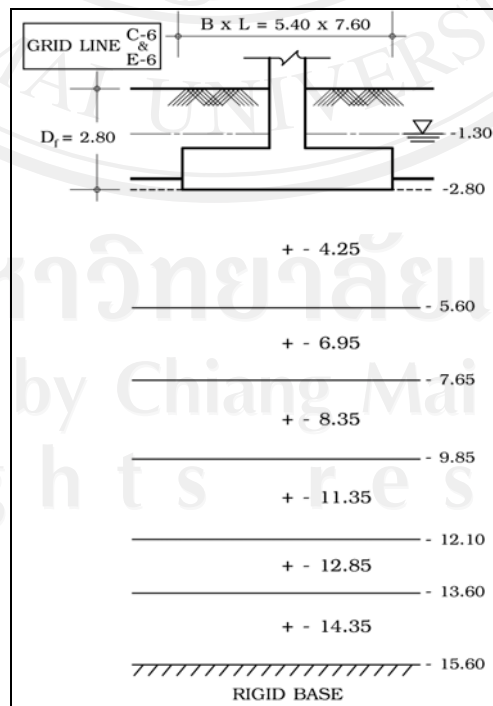
$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{E'}{2(1+\nu')} = \frac{E}{3} \quad (2.4)$$

$$E' = 2(1 + \nu') \frac{E}{3} \quad (2.5)$$

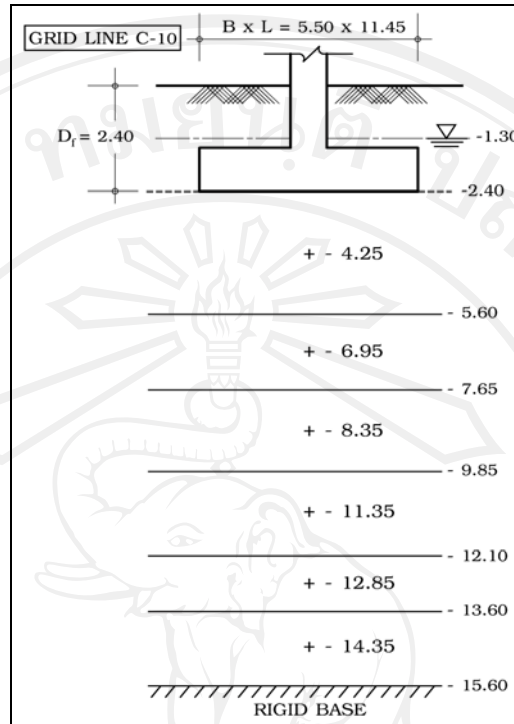
จัดทำภาคตัดชั้นดินสำหรับเลือกค่าโมดูลัสยืดหยุ่น



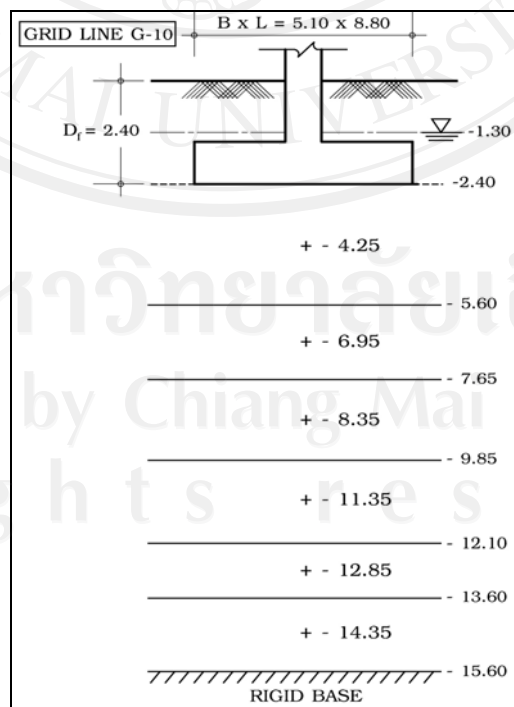
รูป 2.22 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน I – 7 สำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น



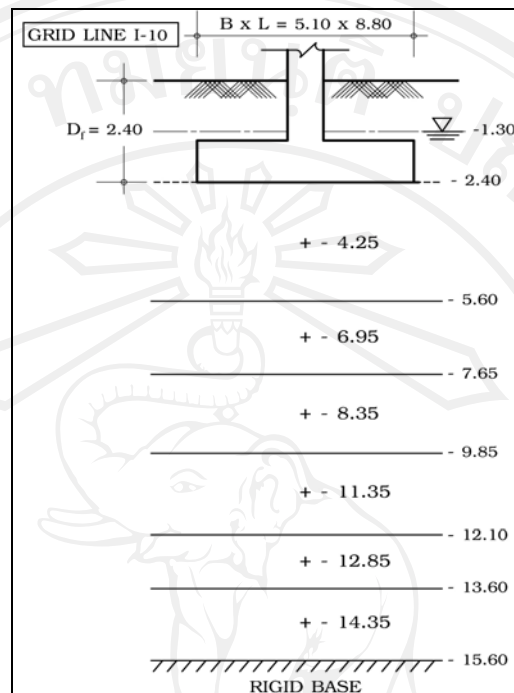
รูป 2.23 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน C – 6 สำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น



รูป 2.24 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน C – 10 สำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น



รูป 2.25 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน G – 10 สำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น



รูป 2.26 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน I – 10 สำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น

คำนวณความเค้นแผ่กระจายตามความลึกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุก

คำนวณความเค้นประสิทธิผลแผ่กระจายตามความลึกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกใต้ฐานแผ่ข้างเคียงที่ระดับความลึกใดๆ โดยใช้หลักการซ้อนทับความเค้นได้มุมของพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า ตามสูตรการคาดคะเนความเค้นของ Newmark (1935) โดยสมมุติว่าพื้นดินมีผิวราบ ฐานแผ่แต่ละฐานเป็นฐานแผ่ผิวเรียบแอ่นโค้งได้อย่างสมบูรณ์วางอยู่ใต้ผิวดิน คัดอิทธิพลของความลึกฐานแผ่

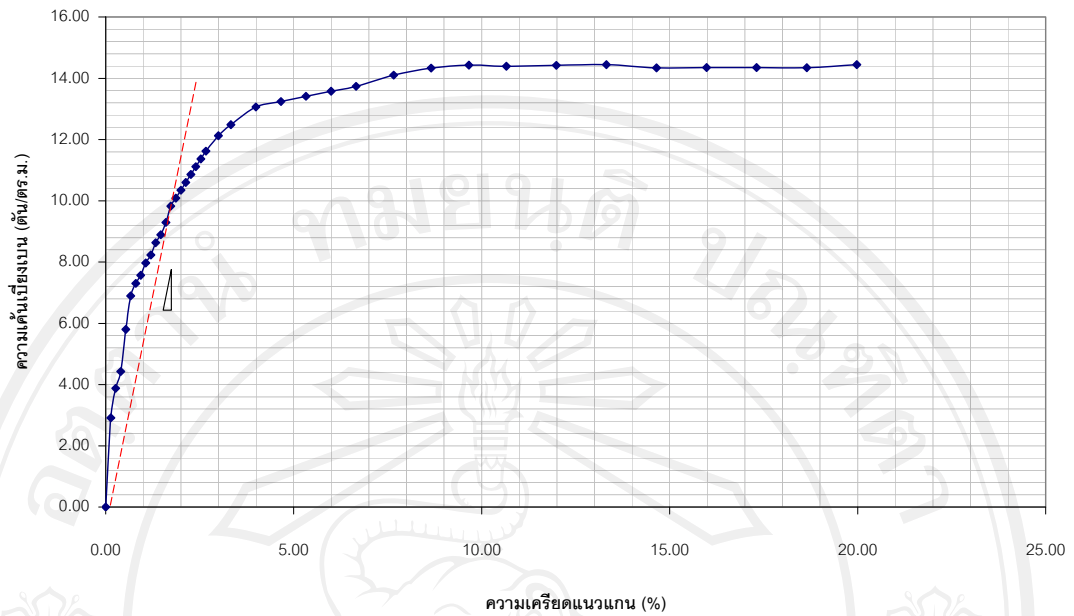
การคัดอิทธิพลของความลึกฐานแผ่ ณ จุดที่พิจารณาการเพิ่มขึ้นของความเค้น มีหลักการว่า หากจุดที่พิจารณาอยู่ต่ำกว่าระดับพื้นฐานแผ่ข้างเคียงที่ทำให้เกิดความเค้น ให้ใช้ระยะความลึกในการคำนวณเท่ากับระยะตามแนวตั้งจากพื้นฐานแผ่ข้างเคียงถึงจุดที่พิจารณา แต่ถ้าจุดที่พิจารณาอยู่เหนือหรืออยู่ระดับเดียวกับพื้นฐานแผ่ข้างเคียง คัดความเค้นที่เพิ่มขึ้นเท่านั้น ความเค้นที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวแสดงในตาราง 2.16

ตาราง 2.16 ความเค้นแผ่กระจายตามความลึกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุก คิวอิทธิพลของฐานข้างเคียง

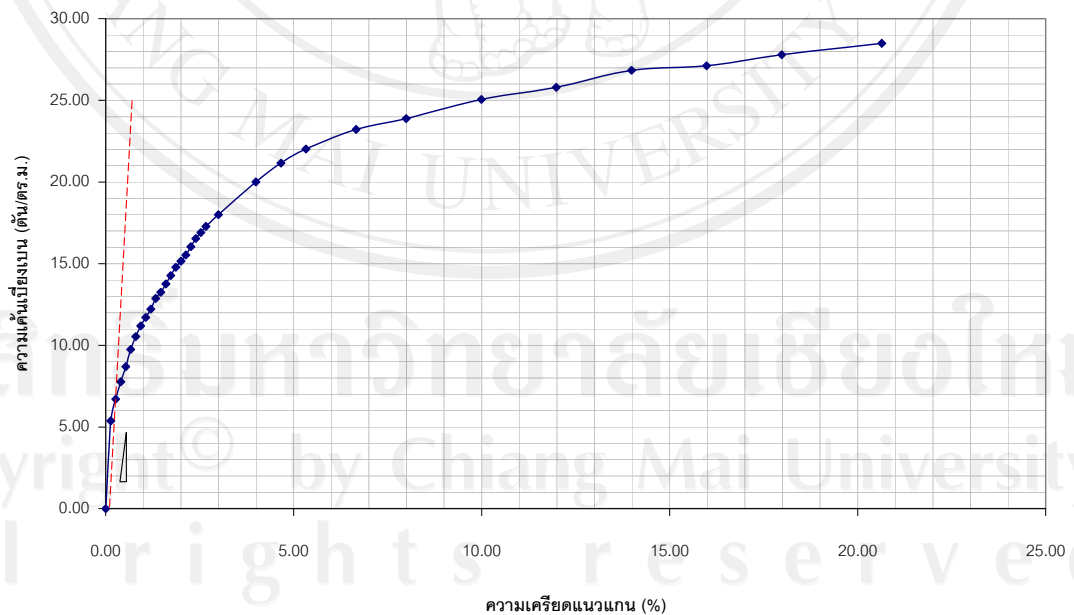
ความลึก (เมตร)	ตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
4.25	9.87	9.84	8.89	9.24	9.5
6.95	6.16	6.55	6.47	6.9	7.44
8.35	5.19	5.4	5.68	6.07	6.52
11.35	4.21	4.11	4.62	5.05	5.23
12.85	3.93	3.74	4.23	4.72	4.81
14.35	3.71	3.45	3.9	4.45	4.47

หาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ระดับความเค้นแผ่กระจายตามความลึก ณ ความลึกต่างๆ

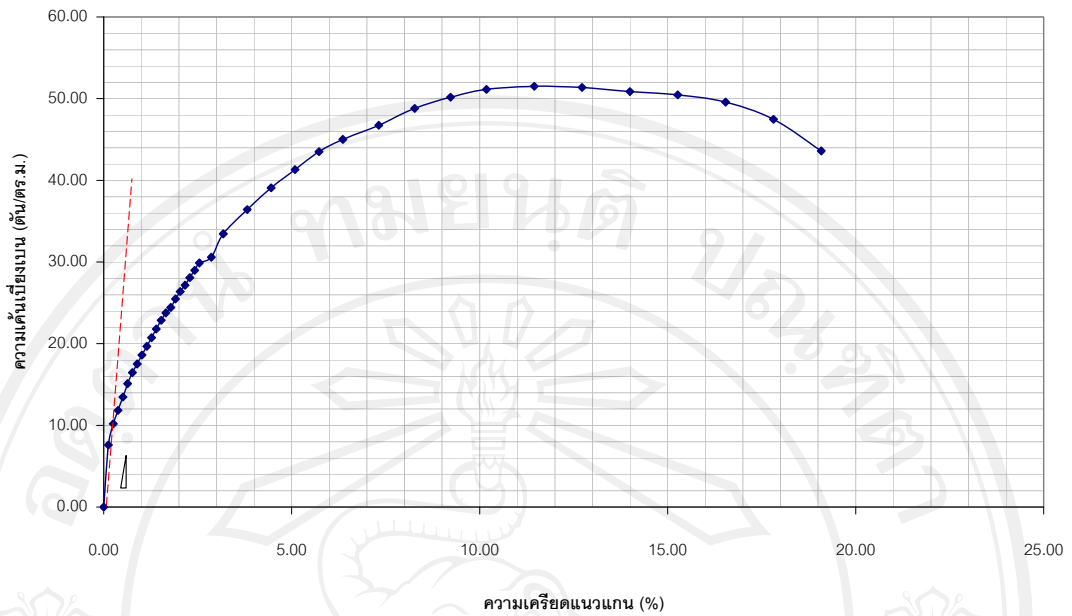
นำข้อมูลภาคตัดชั้นดินและข้อมูลความเค้นแผ่กระจายตามความลึกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุก คิวอิทธิพลของฐานข้างเคียง ในตาราง 2.10 มาประกอบการพิจารณาเลือกค่าโมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำตามความลึกที่พิจารณา โดยใช้โมดูลัสเส้นตัด (Secant Modulus) ได้ผลดังรูป 2.27 ถึงรูป 2.53 คำนวณค่าโมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำและโมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใช้ค่าอัตราส่วนของปีวี่ของเท่ากับ 0.3, 0.2 และ 0.1 ตามลำดับ สรุปผลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ได้ทั้งแบบไม่ระบายน้ำและระบายน้ำดังตาราง 2.17, 2.18, 2.19 และ 2.20



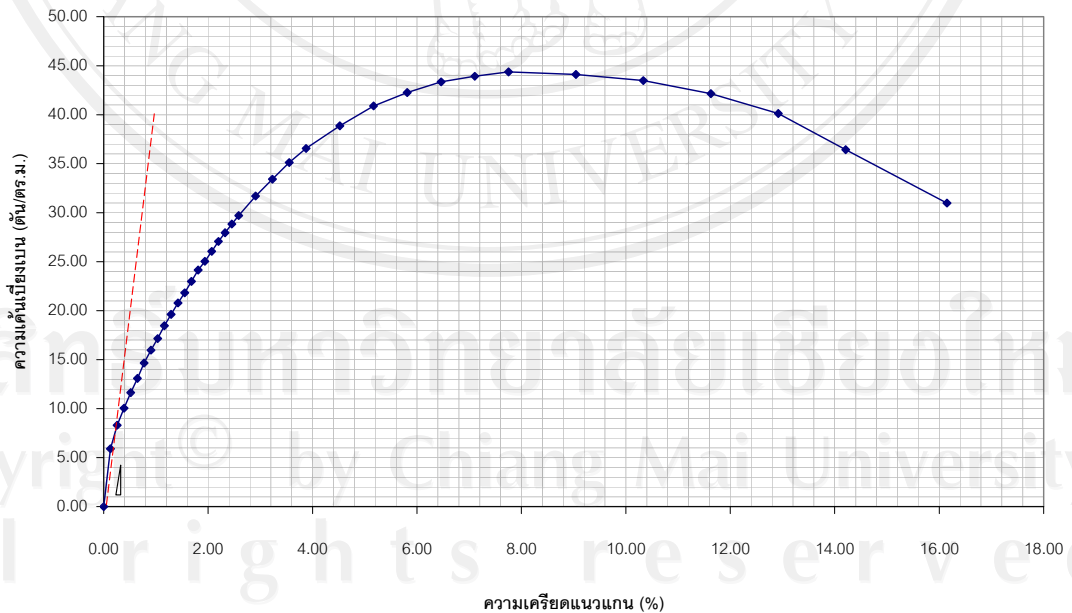
รูป 2.27 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I-7 ระดับความลึก 4.25 ม.



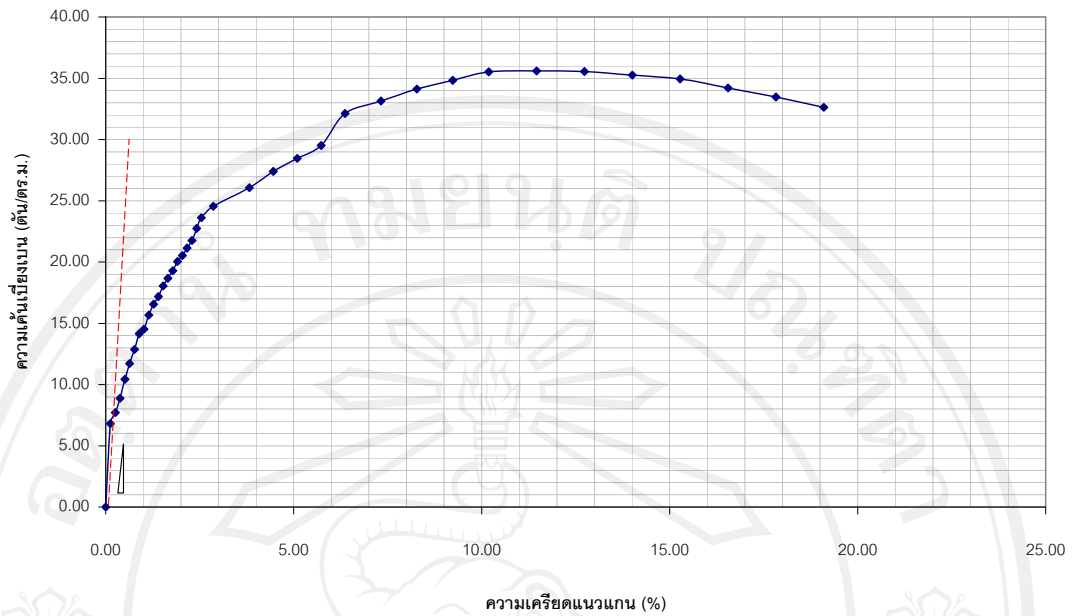
รูป 2.28 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I-7 ระดับความลึก 6.95 ม.



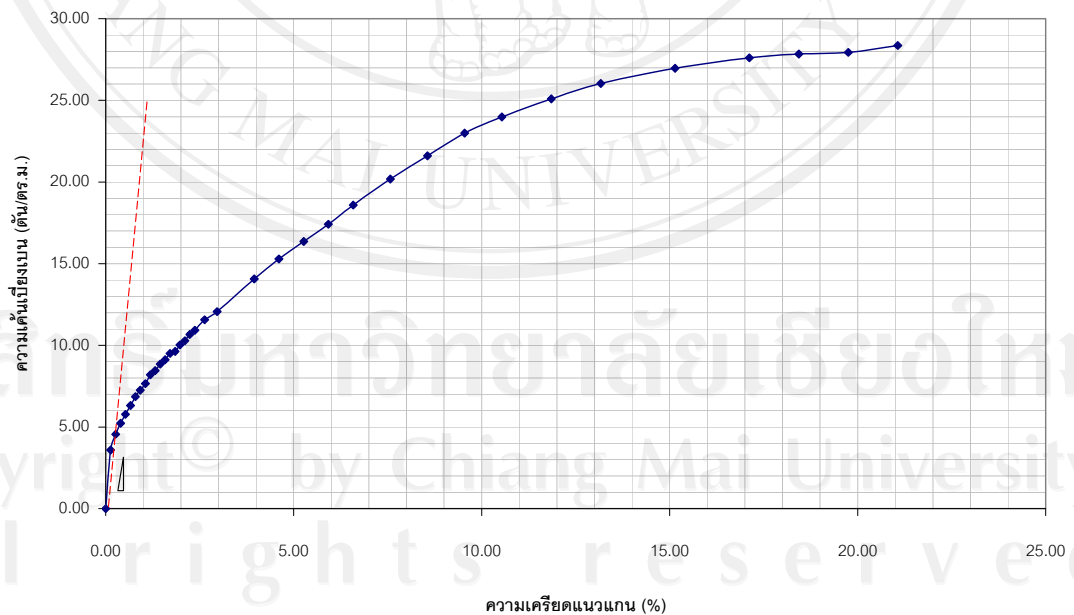
รูป 2.29 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I-7 ระดับความลึก 8.35 ม.



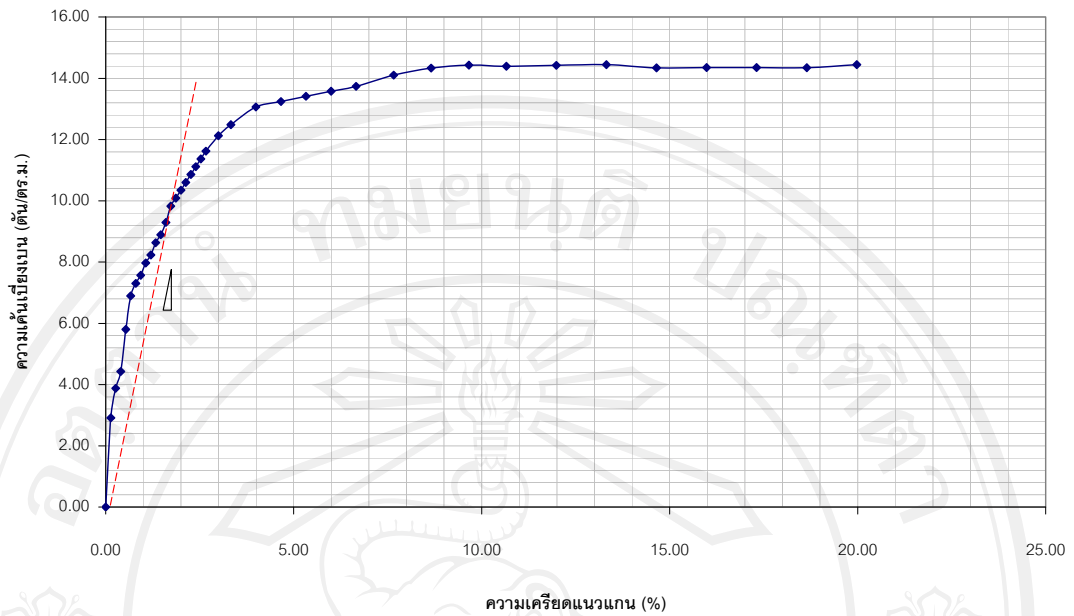
รูป 2.30 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I-7 ระดับความลึก 11.35 ม.



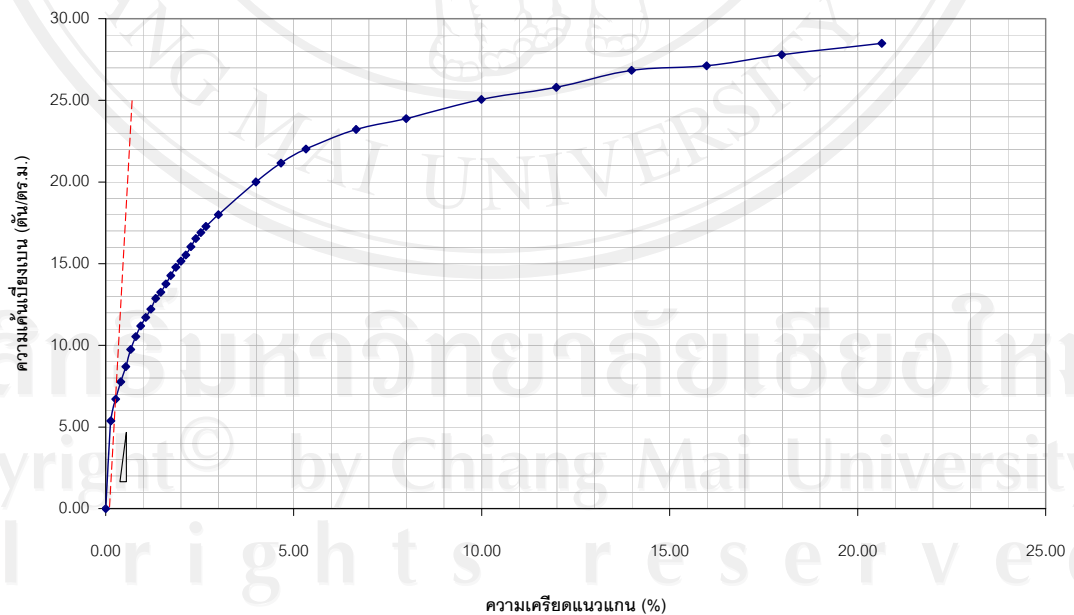
รูป 2.31 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I-7 ระดับความลึก 12.85 ม.



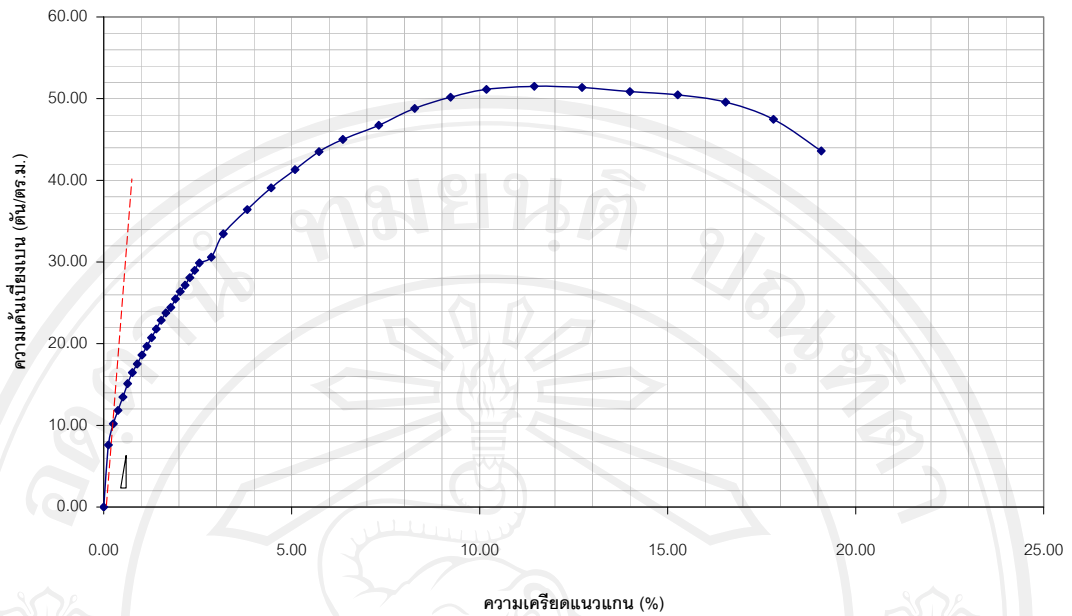
รูป 2.32 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I-7 ระดับความลึก 14.35 ม.



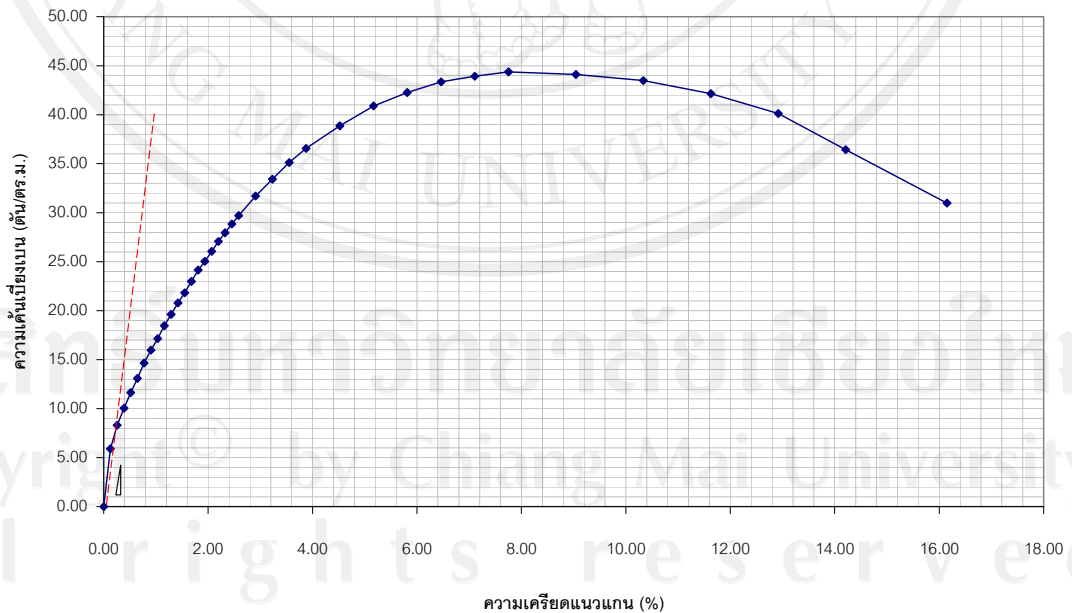
รูป 2.33 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C-6 ระดับความลึก 4.25 ม.



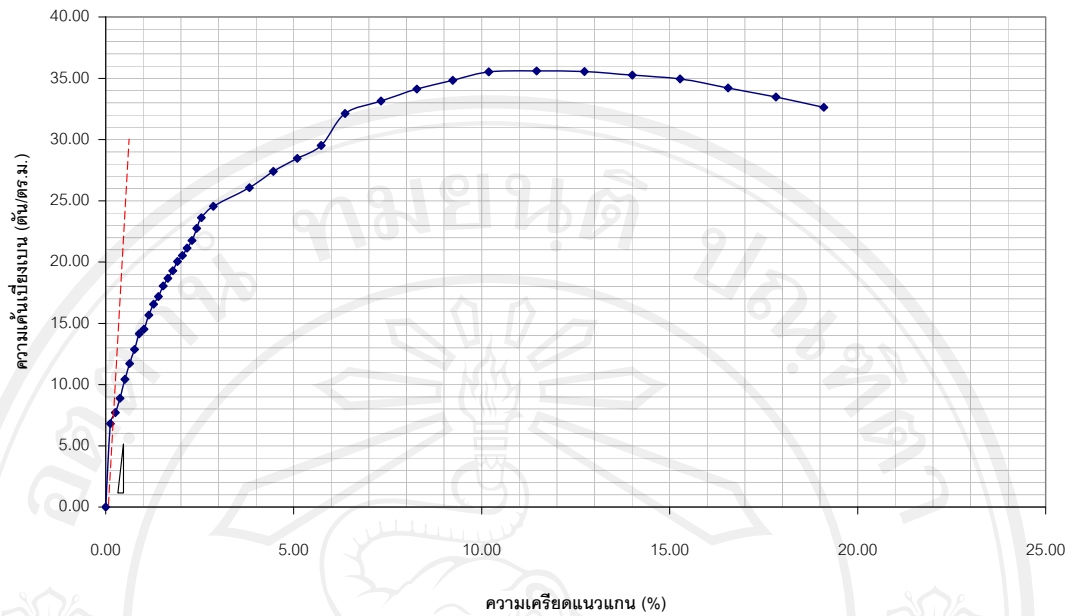
รูป 2.34 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C-6 ระดับความลึก 6.95 ม.



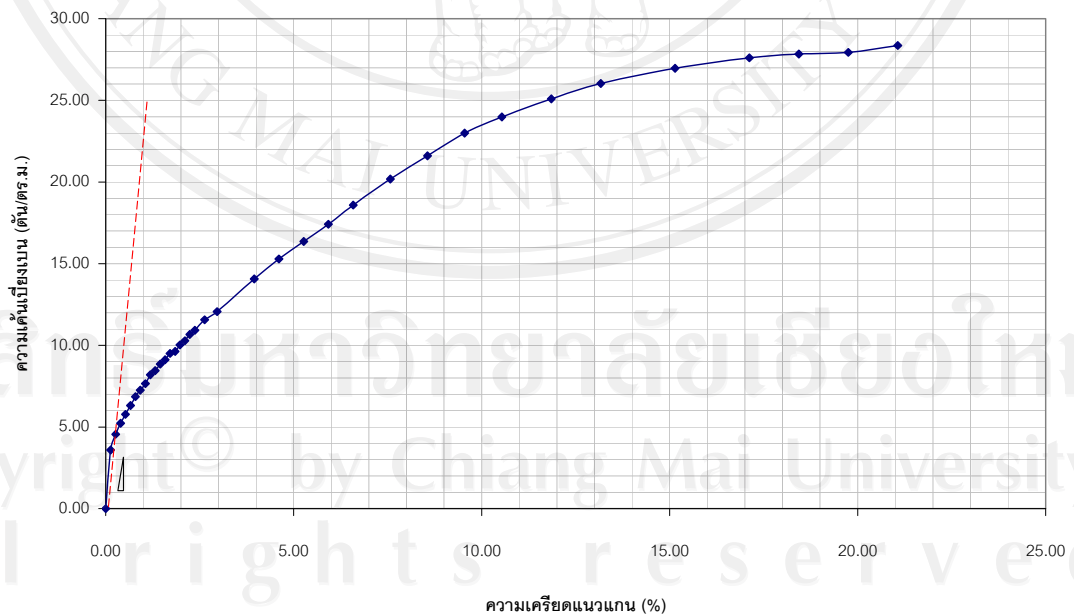
รูป 2.35 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C - 6 ระดับความลึก 8.35 ม.



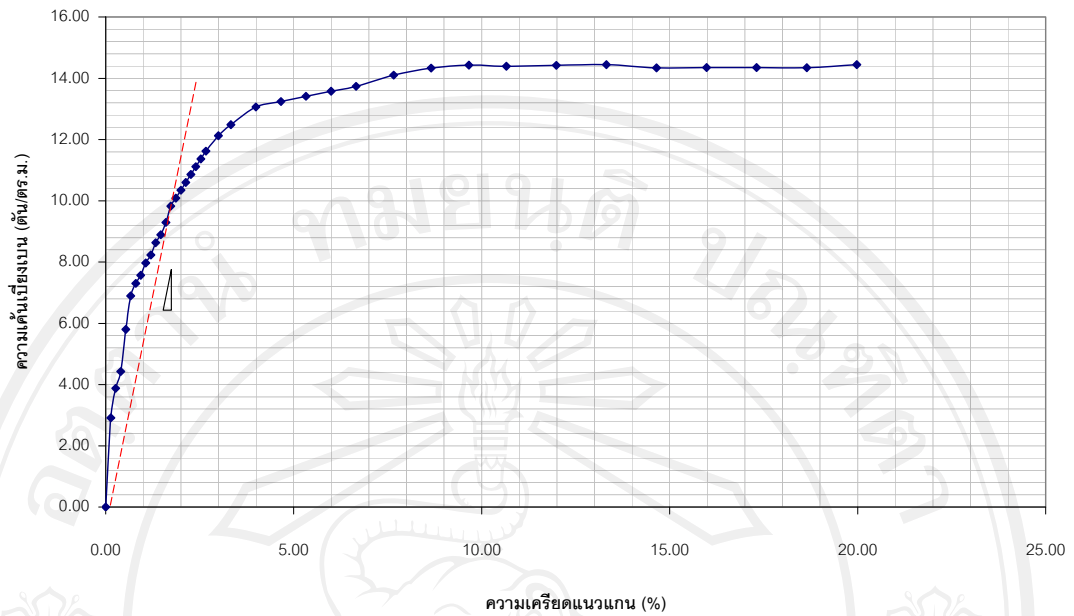
รูป 2.36 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C - 6 ระดับความลึก 11.35 ม.



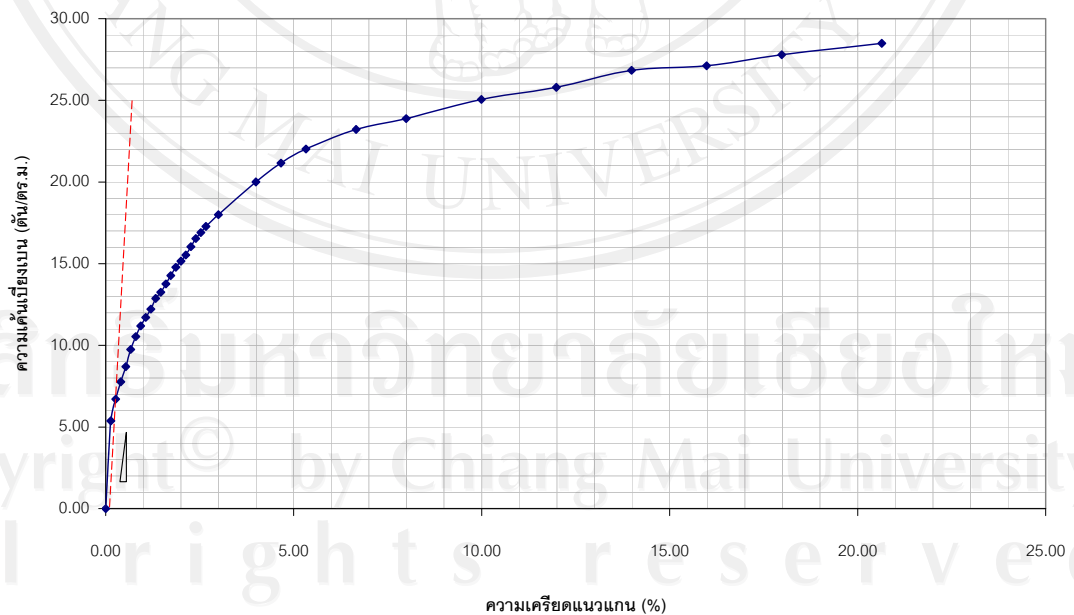
รูป 2.37 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C-6 ระดับความลึก 12.85 ม.



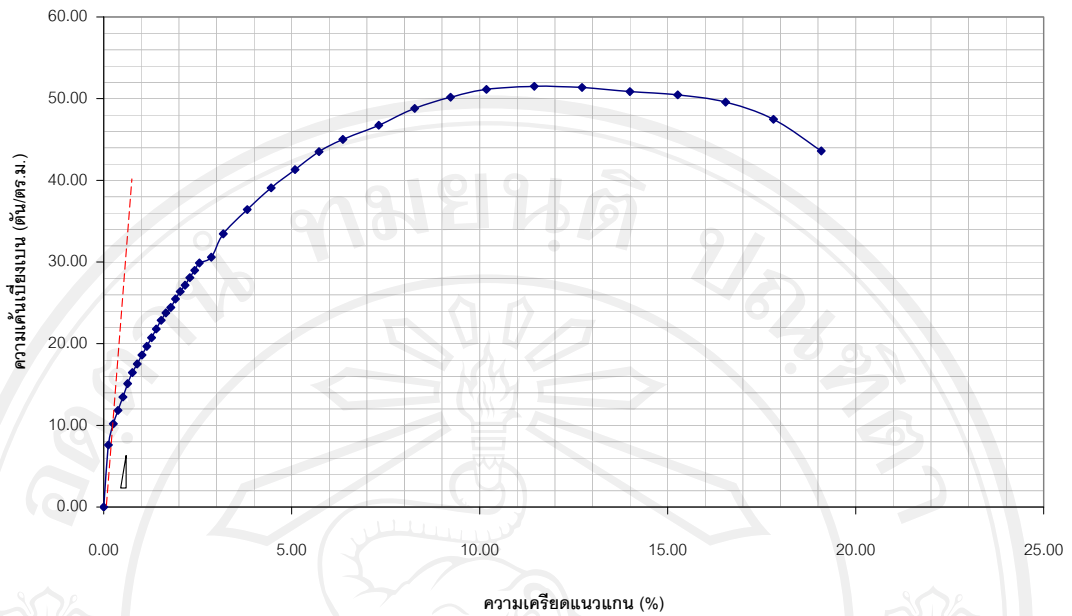
รูป 2.38 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C-6 ระดับความลึก 14.35 ม.



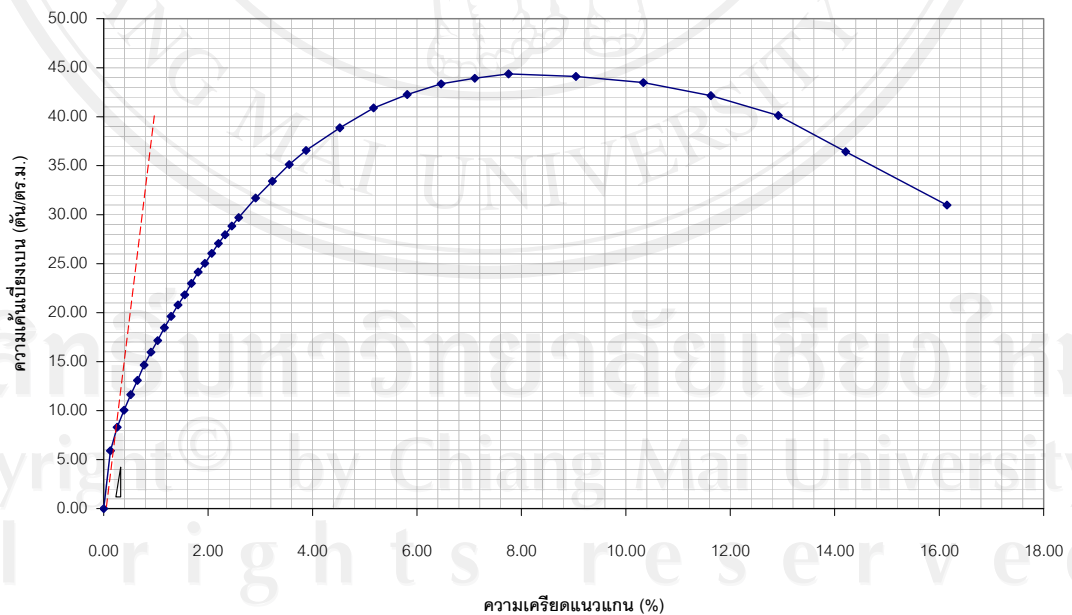
รูป 2.39 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C – 10 ระดับความลึก 4.25 ม.



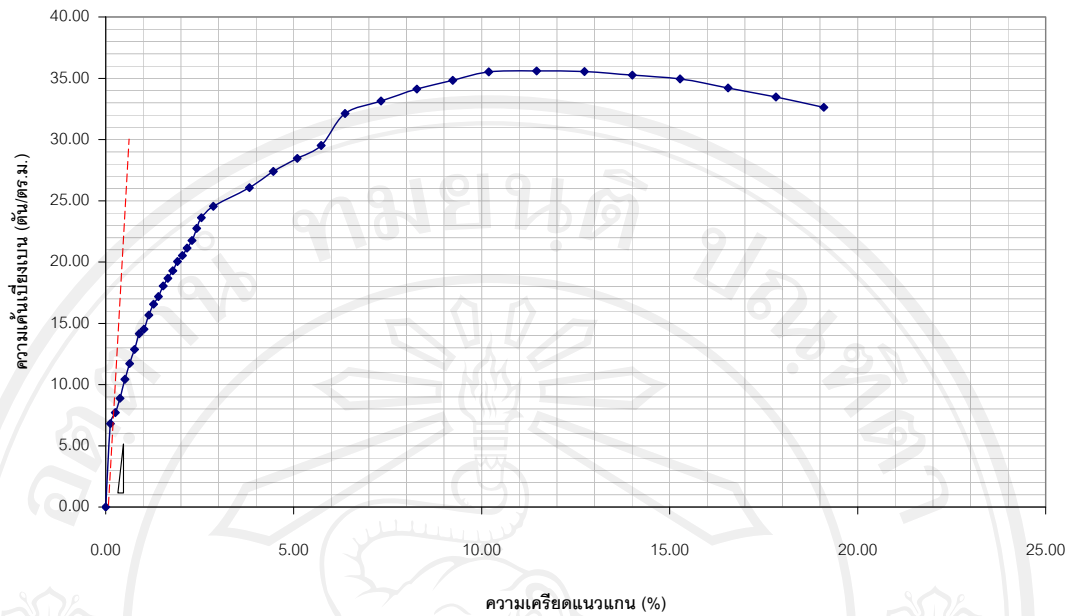
รูป 2.40 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C – 10 ระดับความลึก 6.95 ม.



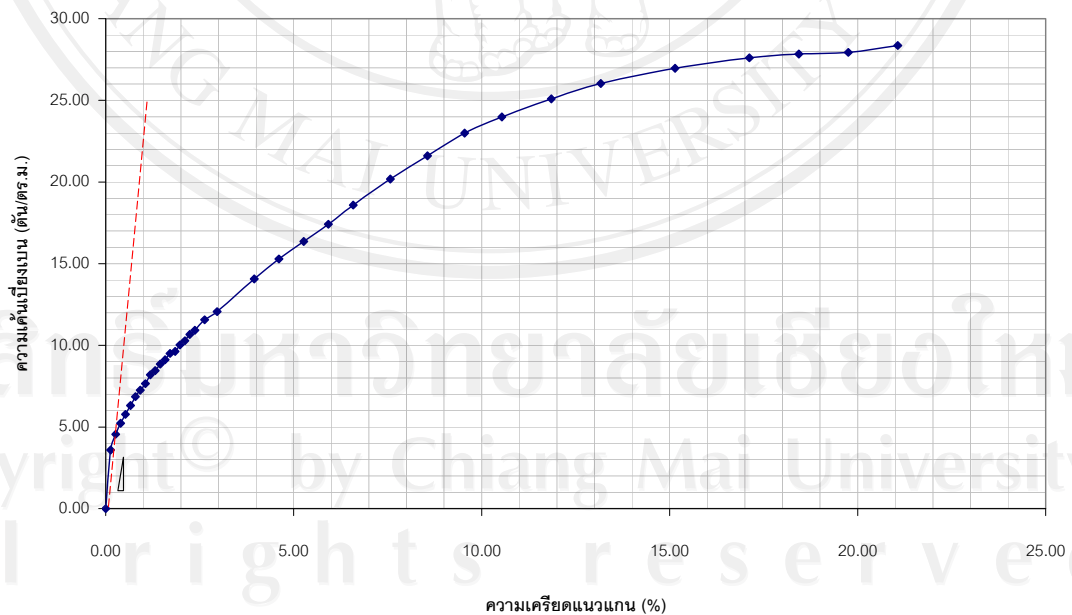
รูป 2.41 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C – 10 ระดับความลึก 8.35 ม.



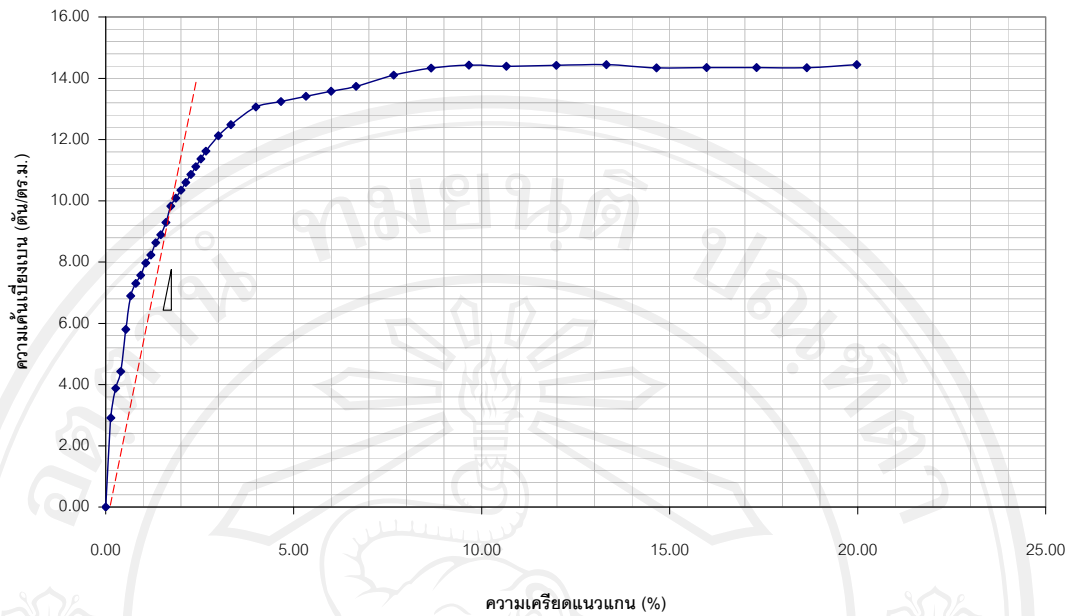
รูป 2.42 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C – 10 ระดับความลึก 11.35 ม.



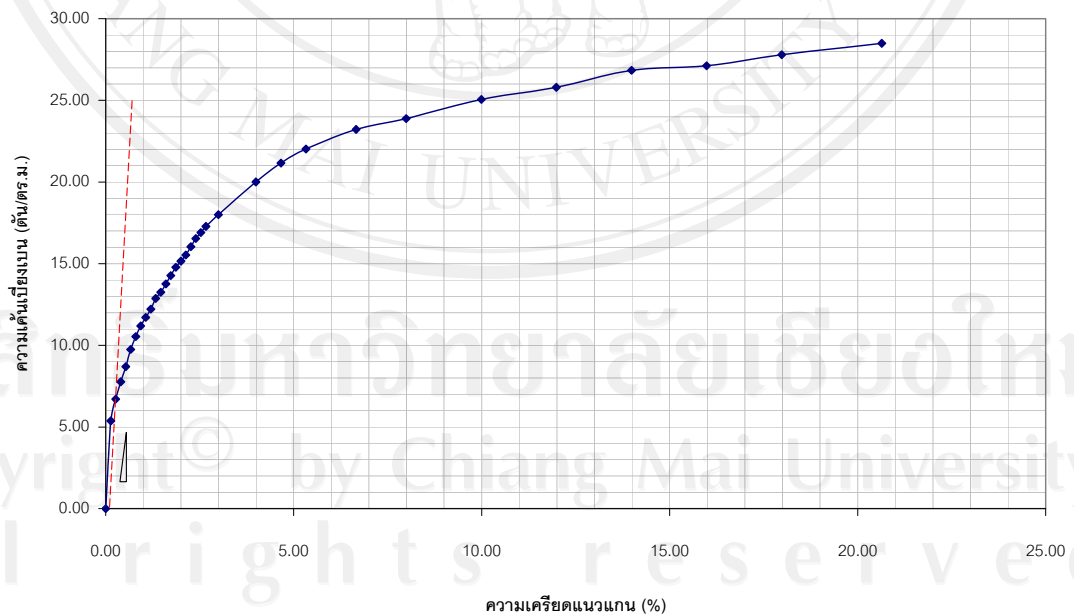
รูป 2.43 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C – 10 ระดับความลึก 12.85 ม.



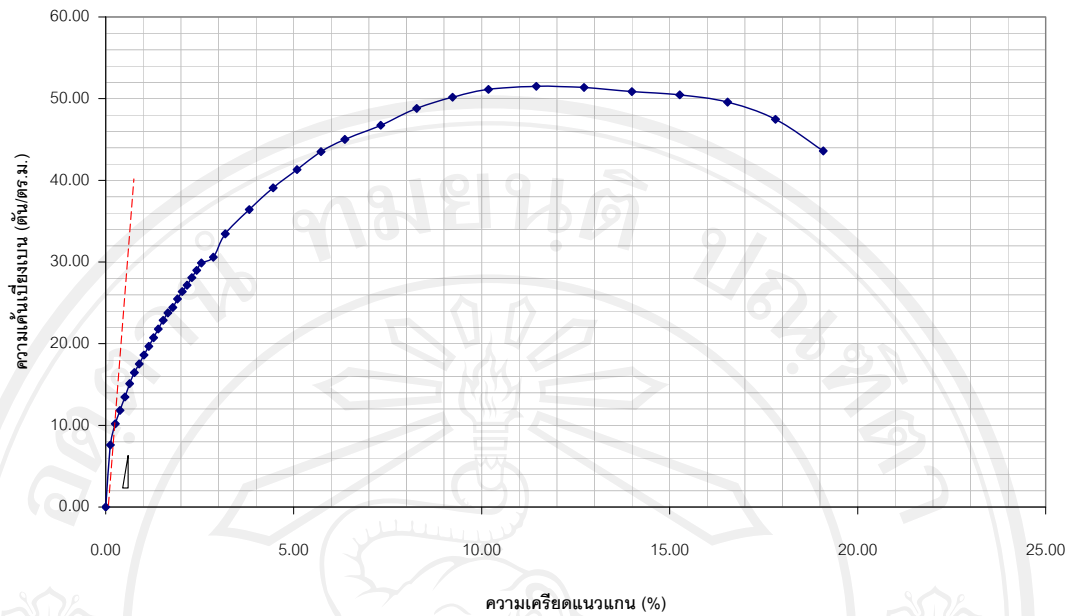
รูป 2.44 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน C – 10 ระดับความลึก 14.35 ม.



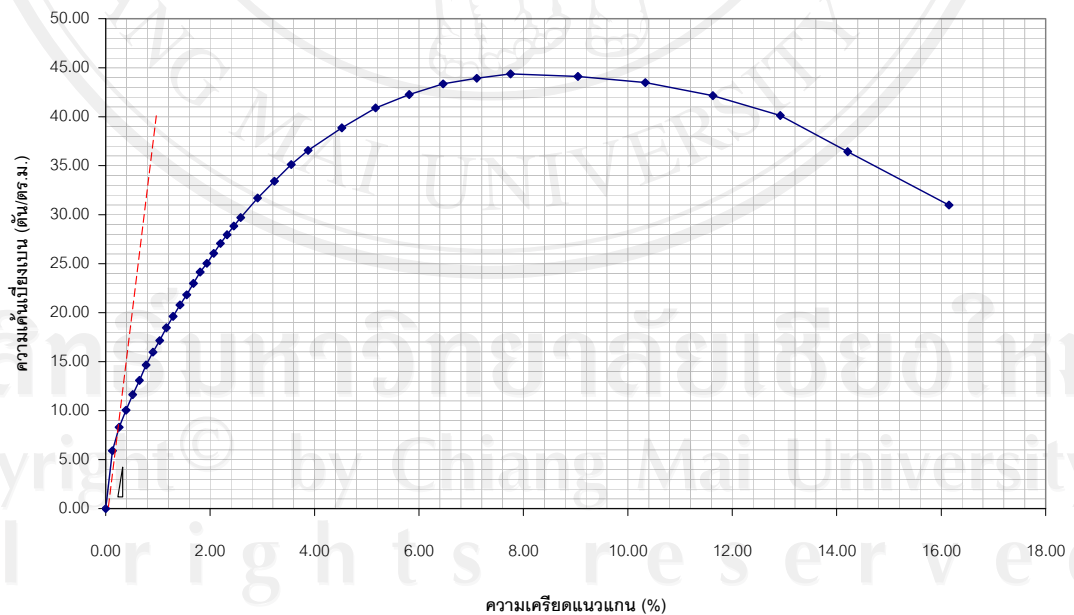
รูป 2.45 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ได้ฐาน G – 10 ระดับความลึก 4.25 ม.



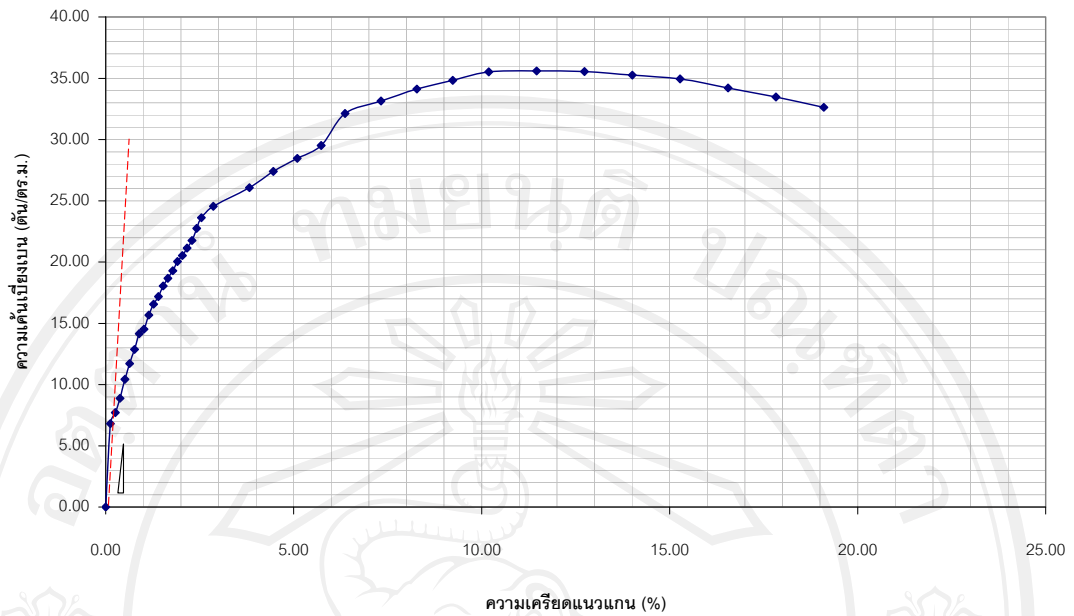
รูป 2.46 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ได้ฐาน G – 10 ระดับความลึก 6.95 ม.



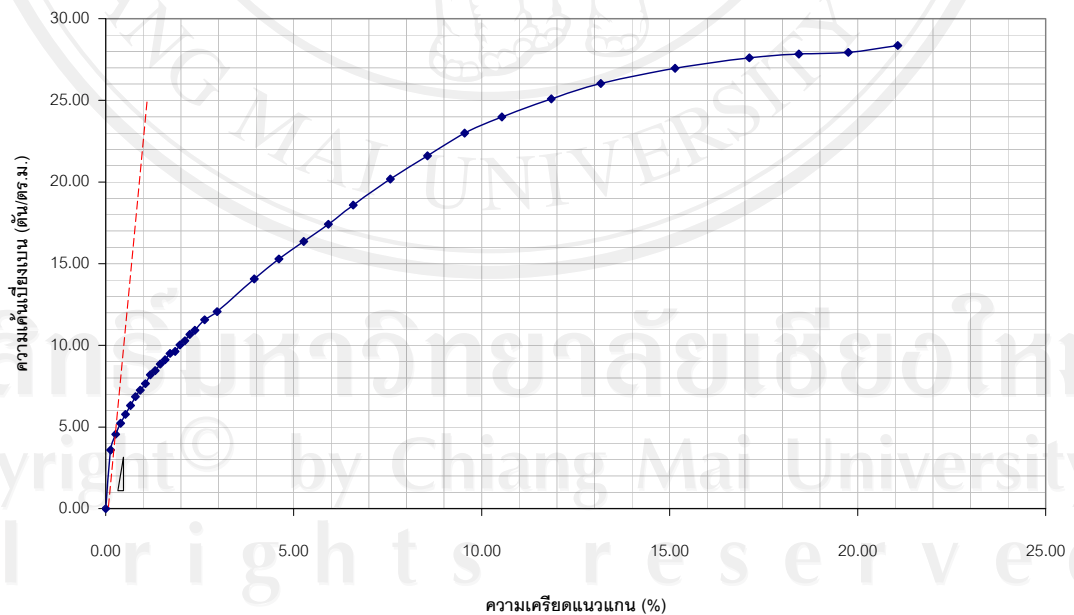
รูป 2.47 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน G – 10 ระดับความลึก 8.35 ม.



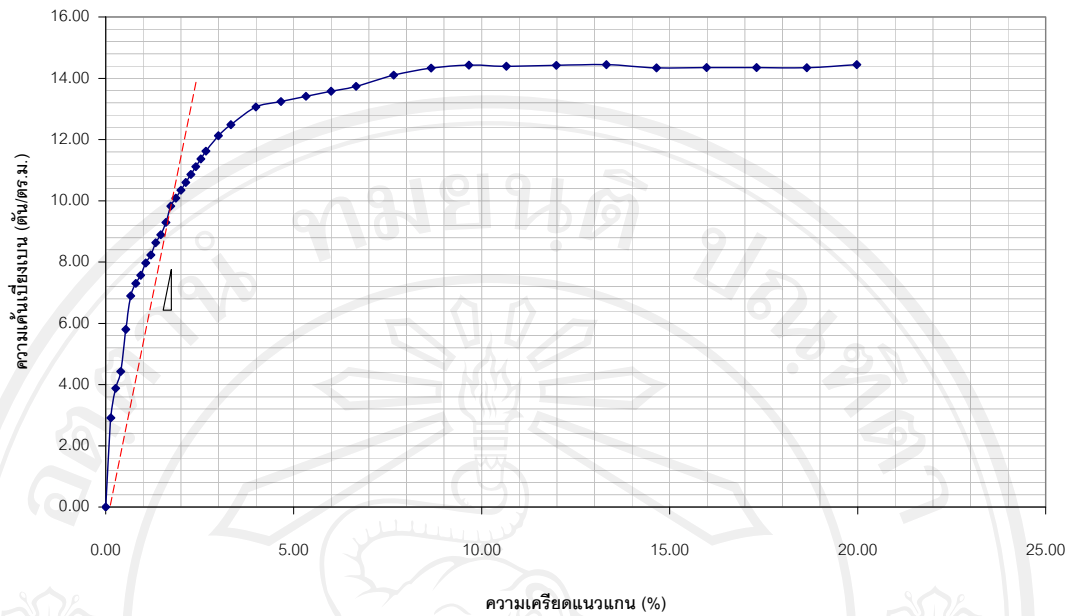
รูป 2.48 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน G – 10 ระดับความลึก 11.35 ม.



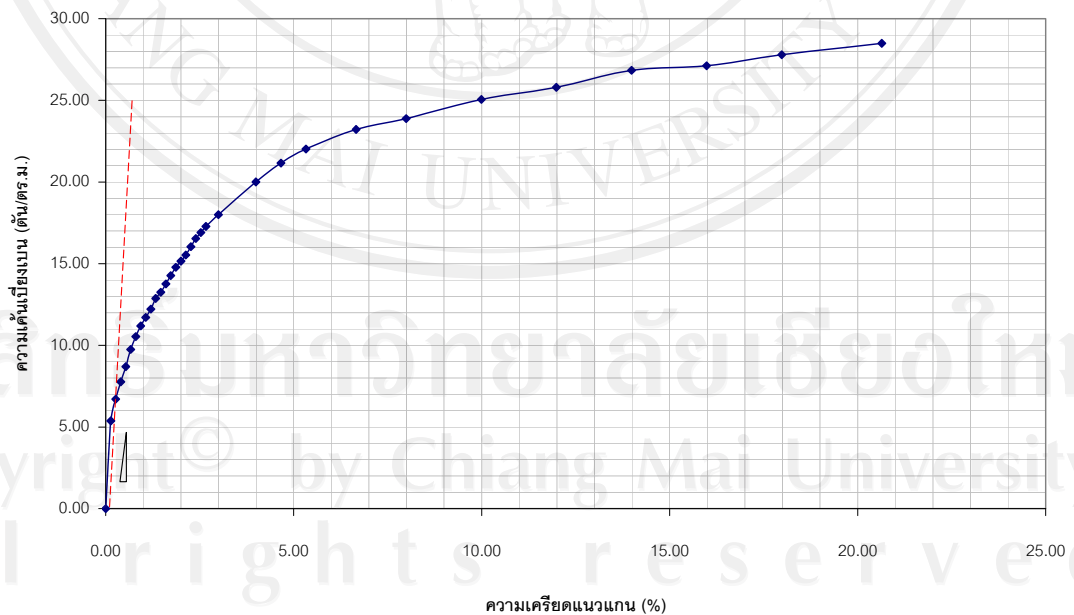
รูป 2.49 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน G-10 ระดับความลึก 12.85 ม.



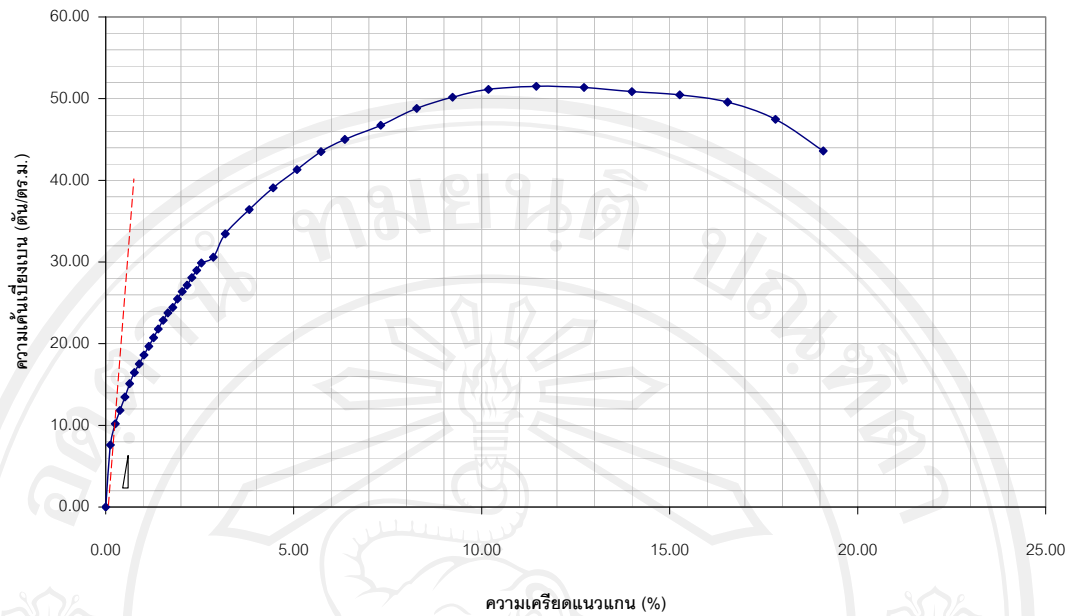
รูป 2.50 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน G-10 ระดับความลึก 14.35 ม.



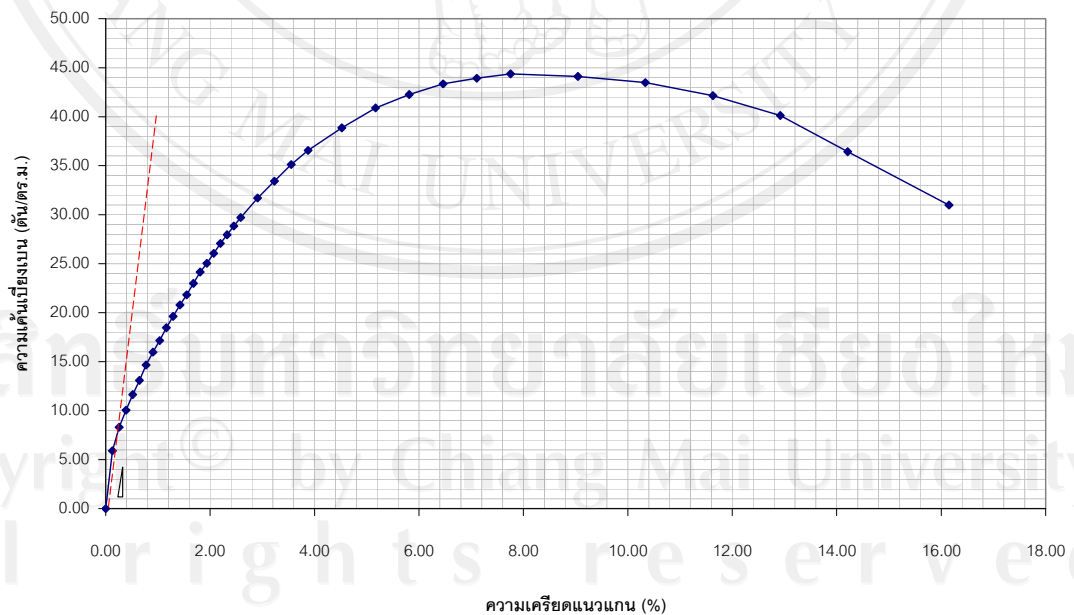
รูป 2.51 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I – 10 ระดับความลึก 4.25 ม.



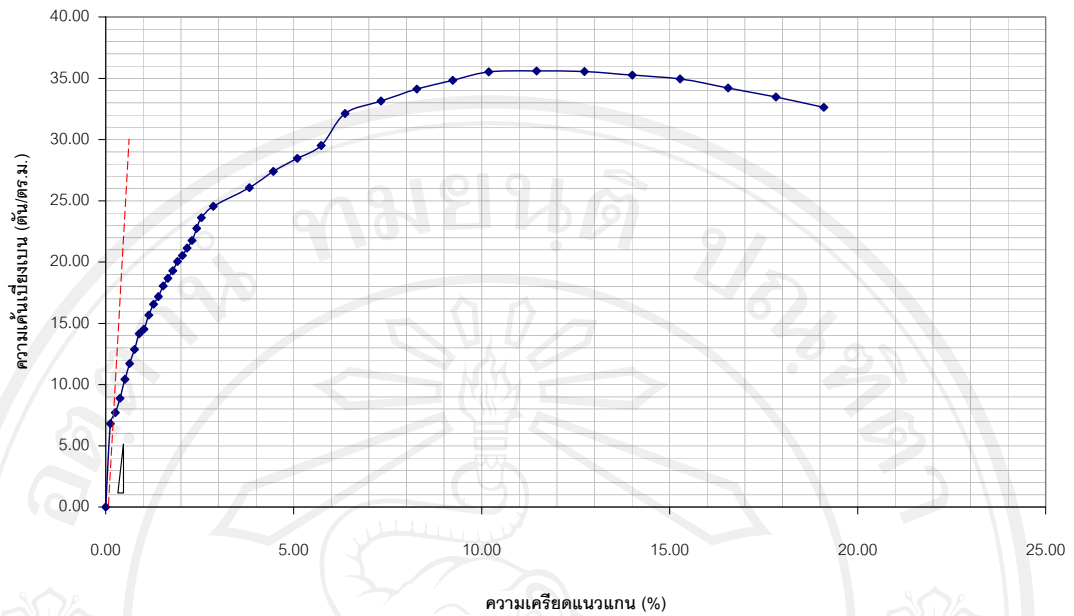
รูป 2.52 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I – 10 ระดับความลึก 6.95 ม.



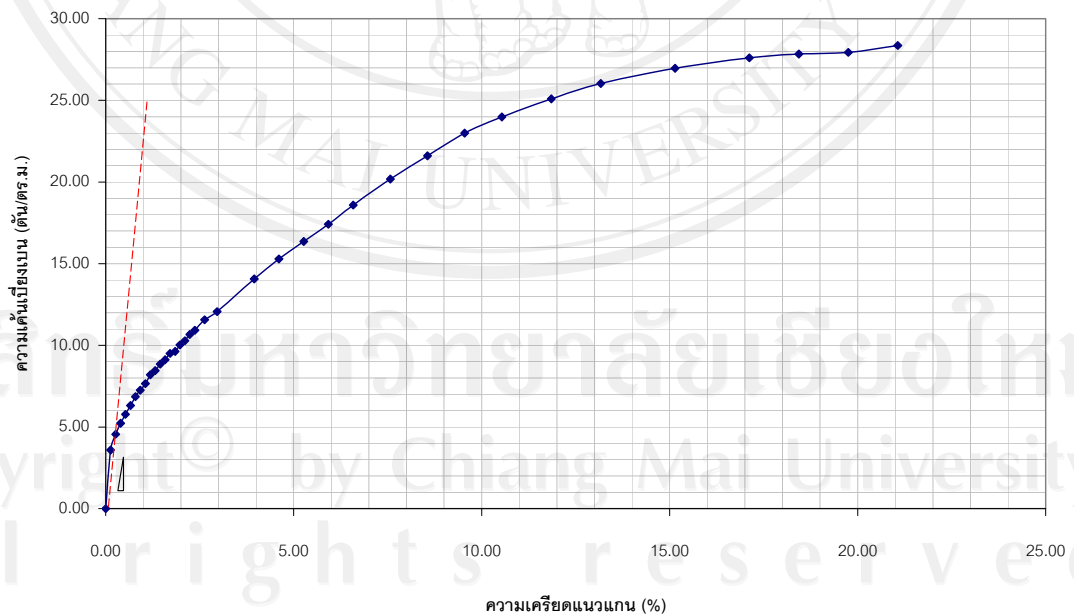
รูป 2.53 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I-10 ระดับความลึก 8.35 ม.



รูป 2.54 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I-10 ระดับความลึก 11.35 ม.



รูป 2.55 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ได้ฐาน I – 10 ระดับความลึก 12.85 ม.



รูป 2.56 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ได้ฐาน I – 10 ระดับความลึก 14.35 ม.

ตาราง 2.17 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ (ตัน/ตร.ม.) ของชั้นดินเหนียวใต้ฐานแผ่ ($\nu = 0.5$)

ความลึก (เมตร)	ตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
4.25	568	568	568	581	581
6.95	3080	2977	2977	2485	1943
8.35	5838	5838	5838	5838	5838
11.35	4538	4538	4538	4538	4538
12.85	5231	5231	5231	5231	5231
14.35	2762	2762	2293	1750	1750

ตาราง 2.18 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำ (ตัน/ตร.ม.) ของชั้นดินเหนียวใต้ฐานแผ่ ($\nu' = 0.3$)

ความลึก (เมตร)	ตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
4.25	492	492	492	503	503
6.95	2669	2580	2580	2153	1684
8.35	5060	5060	5060	5060	5060
11.35	3933	3933	3933	3933	3933
12.85	4533	4533	4533	4533	4533
14.35	2393	2393	1988	1517	1517

ตาราง 2.19 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำ (ตัน/ตร.ม.) ของชั้นดินเหนียวไต้หวันแผ่ ($\nu' = 0.2$)

ความลึก (เมตร)	ตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
4.25	455	455	455	465	465
6.95	2464	2382	2382	1988	1554
8.35	4671	4671	4671	4671	4671
11.35	3630	3630	3630	3630	3630
12.85	4185	4185	4185	4185	4185
14.35	2209	2209	1835	1400	1400

ตาราง 2.20 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำ (ตัน/ตร.ม.) ของชั้นดินเหนียวไต้หวันแผ่ ($\nu' = 0.1$)

ความลึก (เมตร)	ตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
4.25	417	417	417	426	426
6.95	2259	2183	2183	1822	1425
8.35	4282	4282	4282	4282	4282
11.35	3328	3328	3328	3328	3328
12.85	3835	3835	3835	3835	3835
14.35	2025	2025	1682	1283	1283

หาค่าความเครียดในแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ของดินเหนียว จากการทดสอบอัดตัวคายน้ำในห้องปฏิบัติการ

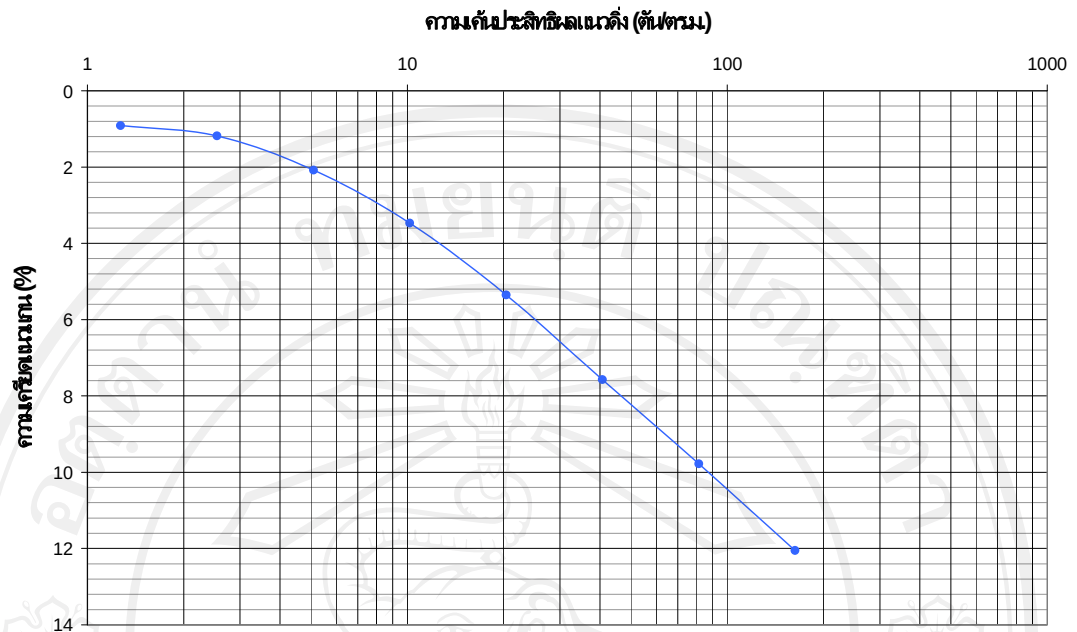
ทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test) ตาม ASTM D2435

- การทดสอบ

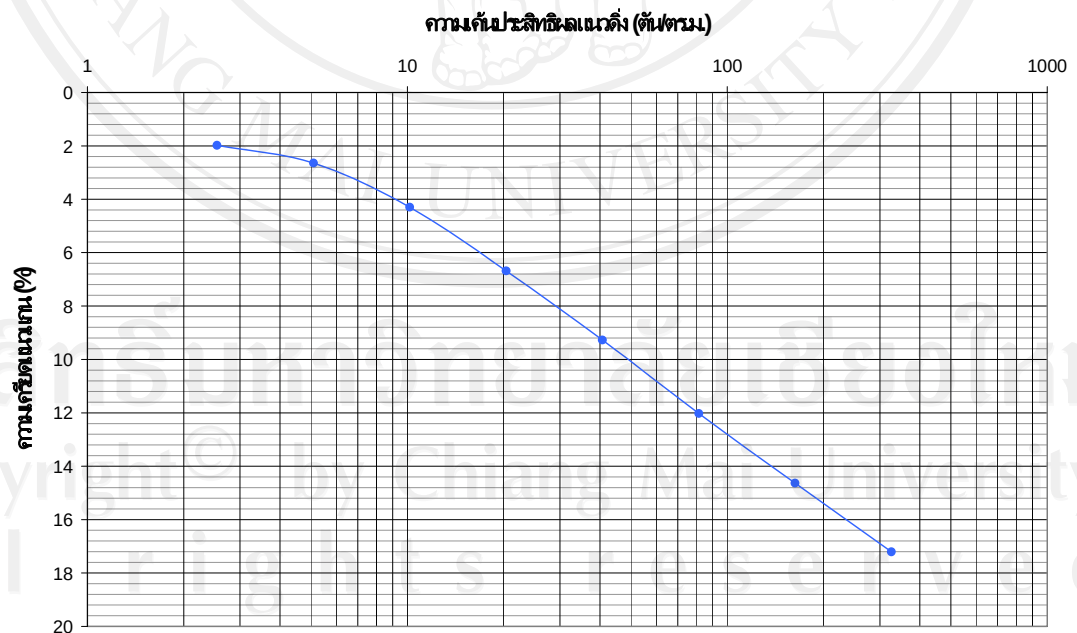
ทดสอบแบบไม่กึ่งตัว ใช้เครื่องมือแบบธรรมดาประเภทคานงัด (Conventional apparatus – Lever arm type) อัตราส่วนการเพิ่มก้น้ำหนักเท่ากับหนึ่ง (Load increment ratio = 1.0) ระยะเวลาการทดสอบในหนึ่งขั้นทดสอบเท่ากับ 24 ชั่วโมง (Load duration for each load increment = 24 hrs) ลำดับขั้นของน้ำหนักกดตัวอย่างพิจารณาตามความลึกของตัวอย่างทดสอบ คำนวณความเค้นกดทับประสิทธิผล ณ ระดับความลึกต่างๆของตัวอย่างทดสอบ (คิดความลึกที่ระดับกึ่งกลางกระบอกเก็บตัวอย่างคงสภาพ) ได้ผลการคำนวณแสดงในรูป 2.13 จากผลการคำนวณดังกล่าวใช้หาค่าน้ำหนักกดตัวอย่างปรับให้ได้ตามชุดน้ำหนักของอุปกรณ์ทดสอบ โดยใช้ชุดน้ำหนักกด 8 ขั้นน้ำหนัก(ต่ำกว่าขั้นน้ำหนักกดทับประสิทธิผล 2 ขั้น สูงกว่าน้ำหนักกดทับประสิทธิผล 5 ขั้น) ครอบคลุมน้ำหนักที่ให้ค่าความเค้นกดทับประสิทธิผลรวมน้ำหนักที่เพิ่มจากน้ำหนักบรรทุก

- ขั้นตอนการทดสอบ

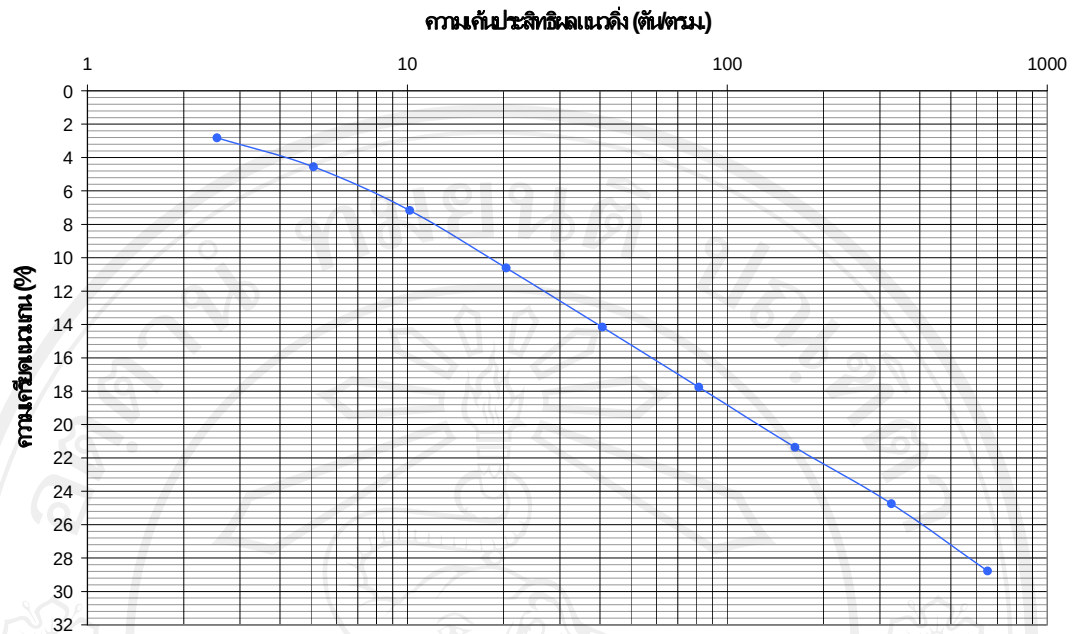
- 1) ตัดแต่งและบรรจุตัวอย่างดินลงในวงแหวนเตรียมตัวอย่าง
- 2) นำตัวอย่างดินวางในภาชนะ ประกบแผ่นหินพรุนบน –ล่าง ของตัวอย่างดิน
- 3) เพิ่มน้ำหนักกดตามขั้นน้ำหนักที่เตรียมไว้ ให้ตัวอย่างดินอิ่มตัวเมื่อถึงขั้นน้ำหนักที่ให้ ความเค้นกระทำต่อตัวอย่างดินเท่ากับค่าความเค้นกดทับประสิทธิผล ขั้นน้ำหนักก่อนหน้าใช้ ผ้าชั้นคลุมตัวอย่างไว้ไม่ให้ดินแห้ง บันทึกการยุบตัวจากมาตรวัด
- 4) ลงจุดแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดตามแนวแกนกับความเค้นประสิทธิผล แนวโค้งของตัวอย่างทดสอบทั้งหมด แสดงตามรูป 2.57 ถึง รูป 2.65



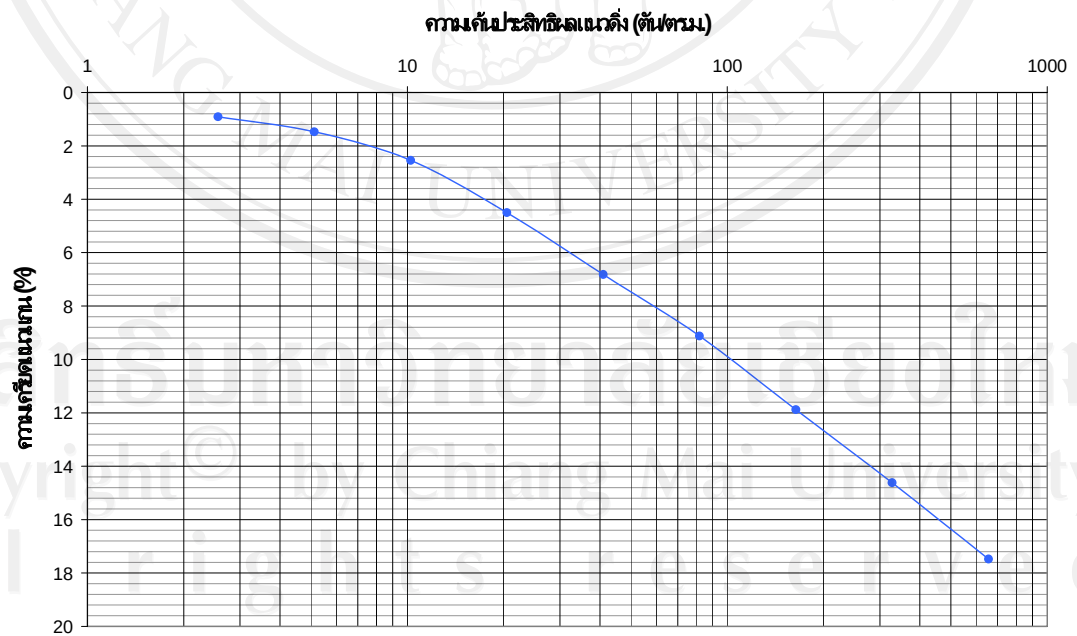
รูป 2.57 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความถี่ตัวอย่างทดสอบ 1.00 – 1.50 ม.



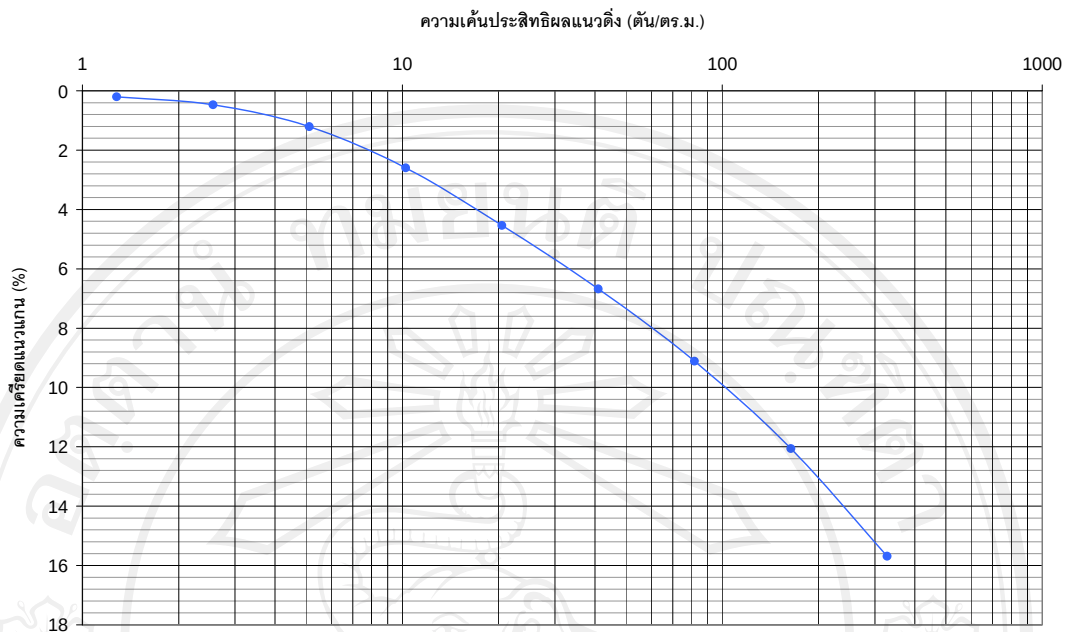
รูป 2.58 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความถี่ตัวอย่างทดสอบ 2.50 – 3.00 ม.

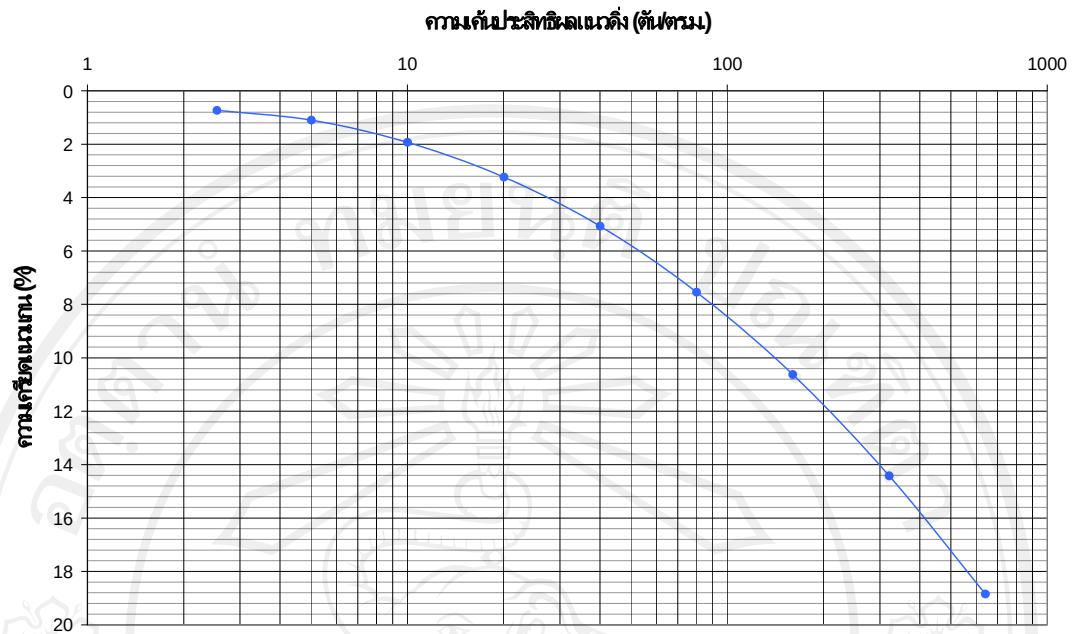


รูป 2.59 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 4.00 – 4.50 ม.

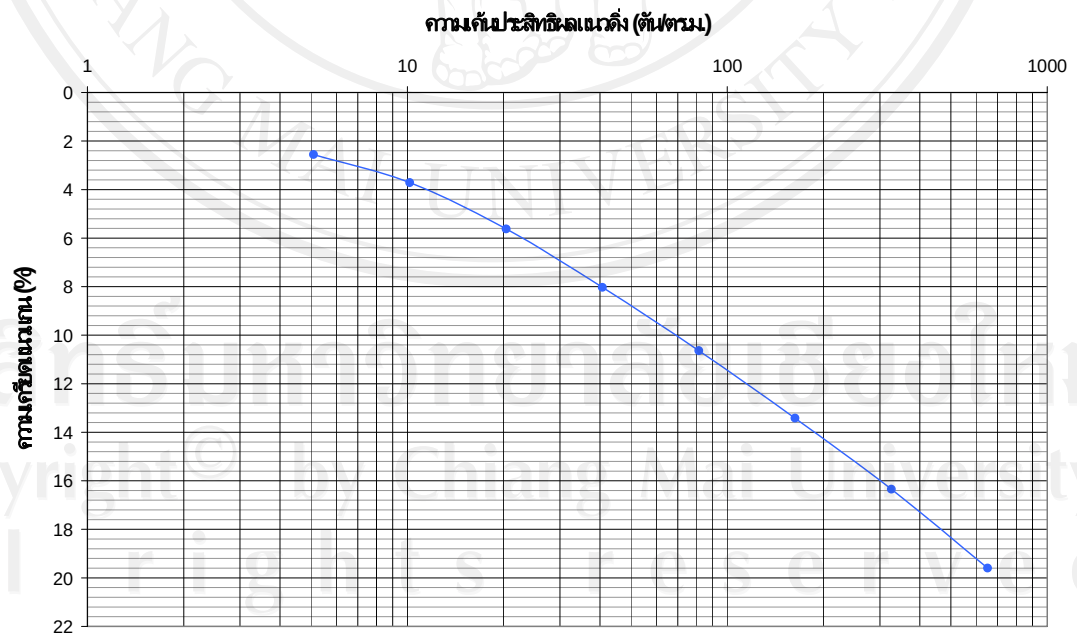


รูป 2.60 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 6.80 – 7.10 ม.

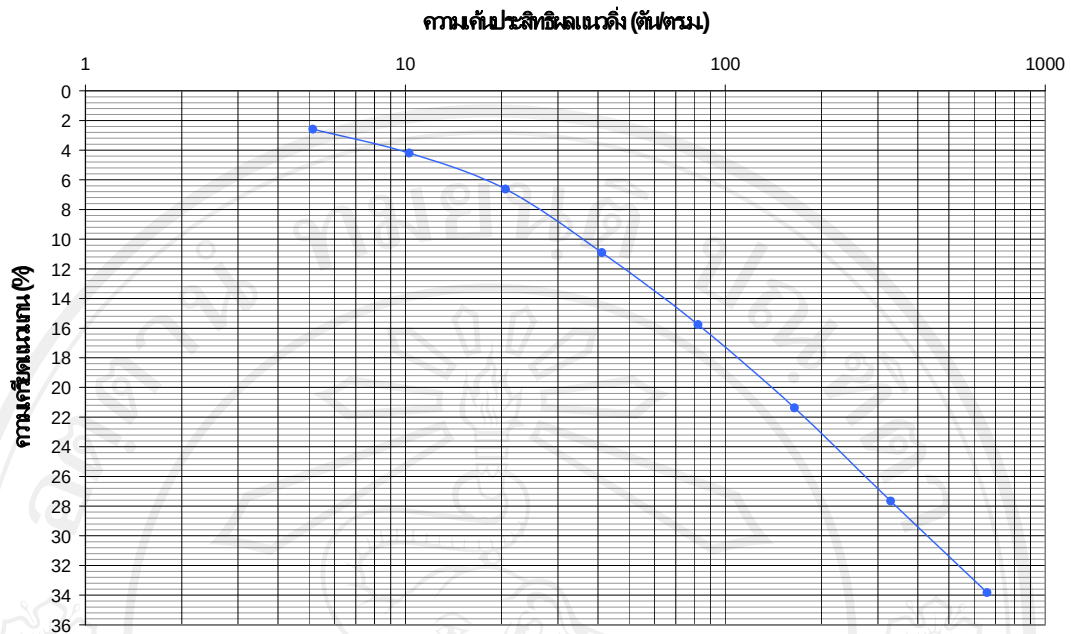




รูป 2.63 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 11.10 – 11.60 ม.



รูป 2.64 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 12.60 – 13.10 ม.



รูป 2.65 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 14.10 – 14.60 ม.

จัดทำภาคตัดชั้นดินเพื่อคำนวณความเค้นแผ่กระจายตามความลึกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุก

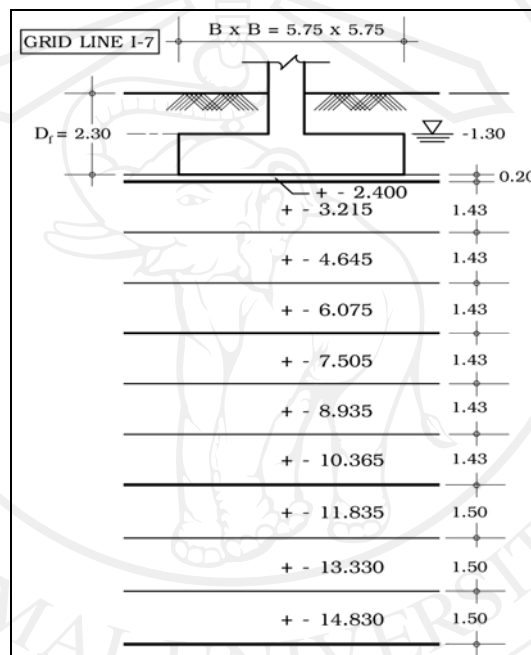
นำข้อมูลเส้น โค้งการอัดตัวได้, ข้อมูลความลึกฐานแผ่ และข้อมูลคุณสมบัติชั้นดิน จัดทำภาคตัดชั้นดินร่วมกับคำแนะนำการแบ่งชั้นดินได้ฐานสำหรับการคำนวณระยะทรุดตัวของ Sower (1962) จะได้ภาคตัดชั้นดินสำหรับแต่ละฐานแผ่ ดังรูป 2.66 ถึง 2.70

คำนวณความเค้นแผ่กระจายตามความลึกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุก

คำนวณความเค้นประสิทธิผลแผ่กระจายตามความลึกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกได้ฐานแผ่ที่ระดับความลึกใดๆ โดยใช้หลักการซ้อนทับความเค้นได้มุมของพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า ตามสูตรการคาดคะเนความเค้นของ Newmark (1935) ให้ตำแหน่งกึ่งกลางฐานแผ่ที่พิจารณาเป็นจุดเริ่มต้นของพิกัดฉาก 2 แกนและกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียงคือพิกัด (x,y) จากจุดเริ่มต้นดังรูป 2.13 และ 2.14 ซึ่งแบ่งเป็นสองกรณีคือกรณีฐานข้างเคียงอยู่แนวทะแยงมุมกับฐานที่พิจารณาและกรณีที่ฐานข้างเคียงอยู่แนวเดียวกับฐานที่พิจารณา ตาราง 2.7 ถึง 2.11 แสดงระยะ x,y จากจุดเริ่มต้นของฐานแผ่ที่พิจารณาทั้ง 5 ฐาน โดยสมมุติว่าพื้นดินมีผิวราบ ฐานแผ่แต่ละฐานเป็นฐานแผ่ผิวเรียบแอ่นโค้งได้อย่างสมบูรณ์วางอยู่ใต้ผิวดิน กิดอิทธิพลของความลึกฐานแผ่

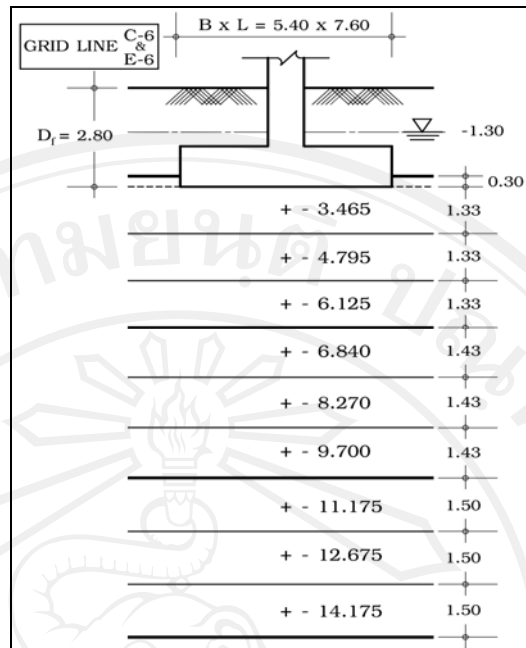
การคิดอิทธิพลของความลึกฐานแผ่ ณ จุดที่พิจารณาการเพิ่มขึ้นของความเค้น ถ้าจุดที่พิจารณาค่าว่าระดับพื้นฐานแผ่ทำให้เกิดความเค้นใช้ระยะความลึกในการคำนวณเท่ากับระยะตามแนวดิ่งจากพื้นฐานแผ่ถึงจุดที่พิจารณา แต่ถ้าจุดที่พิจารณาอยู่เหนือหรืออยู่ระดับเดียวกับพื้นฐานแผ่ คิดความเค้นที่เพิ่มขึ้นเท่าศูนย์ ความลึกของฐานแผ่ในโครงการแสดงในตาราง 2.1

ผลการคำนวณความเค้นประสิทธิผลแผ่กระจายตามความลึกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกได้ฐานแผ่ที่พิจารณา ณ ระดับความลึกใดๆ แสดงในตาราง 2.21 ถึง 2.25

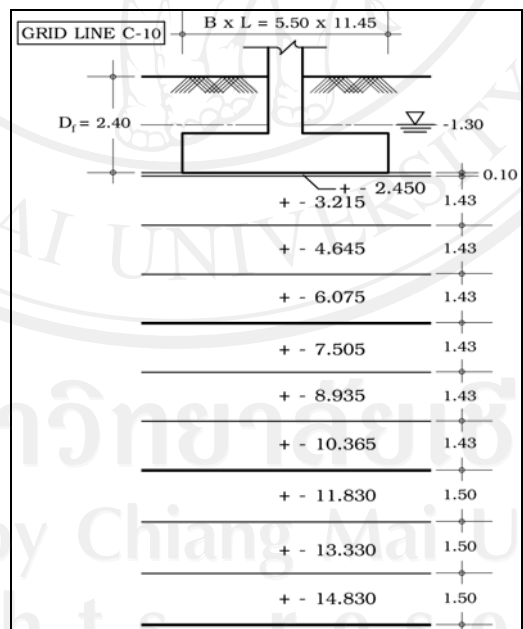


รูป 2.66 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกได้ฐาน I-7

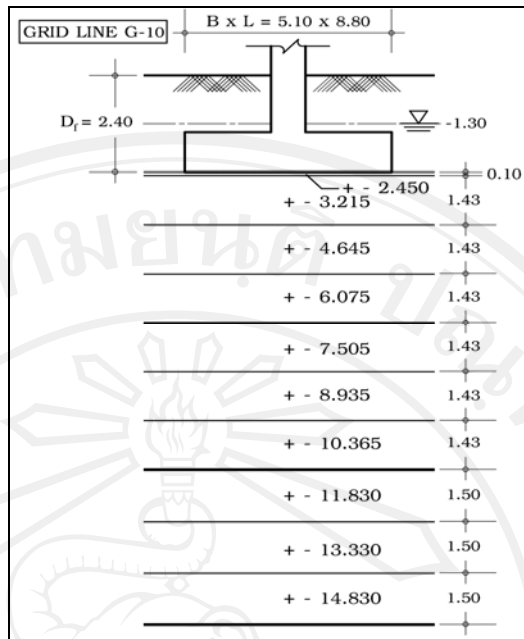
สำหรับพิจารณาเลือกค่าความเครียด



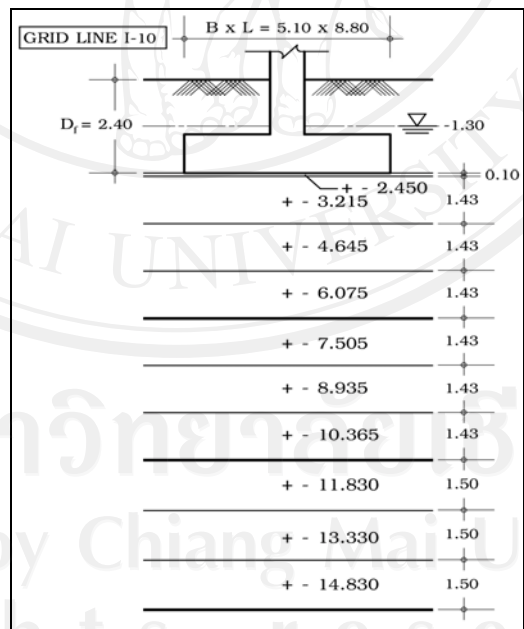
รูป 2.67 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน C - 6
สำหรับพิจารณาเลือกค่าความเครียด



รูป 2.68 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน C - 10
สำหรับพิจารณาเลือกค่าความเครียด



รูป 2.69 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน G-10
สำหรับพิจารณาเลือกค่าความเครียด



รูป 2.70 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน I-10
สำหรับพิจารณาเลือกค่าความเครียด

ตาราง 2.21 ความเค้นกดทับประสิทธิผลและความเค้นเพิ่มขึ้นได้ฐาน I - 7

ชั้นดิน	ความหนา (เมตร)	ความลึก (เมตร)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นเพิ่มขึ้น แผ่กระจายตามความลึก ได้ฐาน I - 7	
				คิดอิทธิพล ฐานข้างเคียง (ตัน/ตร.ม.)	ไม่คิด อิทธิพล ฐานข้างเคียง (ตัน/ตร.ม.)
1	0.20	2.400	3.05	11.31	11.31
2	1.43	3.215	3.91	11.10	11.07
3	1.43	4.645	5.37	9.24	8.96
4	1.43	6.075	6.77	7.09	6.31
5	1.43	7.505	8.30	5.71	4.35
6	1.43	8.935	9.89	4.92	3.08
7	1.43	10.365	11.37	4.44	2.26
8	1.50	11.835	12.80	4.12	1.71
9	1.50	13.330	14.35	3.86	1.32
10	1.50	14.830	16.00	3.65	1.05

ตาราง 2.22 ความเค้นกดทับประสิทธิผลและความเค้นเพิ่มขึ้นใต้ฐาน C – 6

ชั้นดิน	ความหนา (เมตร)	ความลึก (เมตร)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นเพิ่มขึ้น แผ่กระจายตามความลึก ใต้ฐาน C – 6	
				คิดอิทธิพล ฐานข้างเคียง (ตัน/ตร.ม.)	ไม่คิด อิทธิพล ฐานข้างเคียง (ตัน/ตร.ม.)
1	1.63	3.465	4.17	10.34	10.32
2	1.33	4.795	5.22	9.24	9.07
3	1.33	6.125	6.52	7.49	6.97
4	1.43	6.840	8.00	6.67	5.92
5	1.43	8.270	9.59	5.46	4.24
6	1.43	9.700	11.07	4.69	3.10
7	1.50	11.175	12.50	4.16	2.31
8	1.50	12.675	14.05	3.78	1.76
9	1.50	14.175	15.69	3.48	1.38

ตาราง 2.23 ความเค้นกดทับประสิทธิผลและความเค้นเพิ่มขึ้นได้ฐาน C-10

ชั้นดิน	ความหนา (เมตร)	ความลึก (เมตร)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นเพิ่มขึ้น แผ่กระจายตามความลึก ได้ฐาน C-10	
				คิดอิทธิพล ฐานข้างเคียง (ตัน/ตร.ม.)	ไม่คิด อิทธิพล ฐานข้างเคียง (ตัน/ตร.ม.)
1	0.10	2.450	3.09	9.65	9.65
2	1.43	3.215	3.92	9.56	9.55
3	1.43	4.645	5.38	8.36	8.36
4	1.43	6.075	6.78	7.14	6.59
5	1.43	7.505	8.31	6.12	5.06
6	1.43	8.935	9.90	5.43	3.89
7	1.43	10.365	11.38	4.91	3.03
8	1.50	11.835	12.81	4.49	2.39
9	1.50	13.330	14.36	4.13	1.91
10	1.50	14.830	16.01	3.81	1.55

ตาราง 2.24 ความเค้นกดทับประสิทธิผลและความเค้นเพิ่มขึ้นได้ฐาน G – 10

ชั้นดิน	ความหนา (เมตร)	ความลึก (เมตร)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นเพิ่มขึ้น แผ่กระจายตามความลึก ได้ฐาน G – 10	
				คิดอิทธิพล ฐานข้างเคียง (ตัน/ตร.ม.)	ไม่คิด อิทธิพล ฐานข้างเคียง (ตัน/ตร.ม.)
1	0.10	2.450	3.09	9.92	9.92
2	1.43	3.215	3.92	9.84	9.78
3	1.43	4.645	5.38	8.90	8.27
4	1.43	6.075	6.78	7.59	6.19
5	1.43	7.505	8.31	6.53	4.51
6	1.43	8.935	9.90	5.81	3.33
7	1.43	10.365	11.38	5.31	2.51
8	1.50	11.835	12.81	4.93	1.93
9	1.50	13.330	14.36	4.63	1.51
10	1.50	14.830	16.01	4.37	1.21

ตาราง 2.25 ความเค้นกดทับประสิทธิผลและความเค้นเพิ่มขึ้นได้ฐาน I – 10

ชั้นดิน	ความหนา (เมตร)	ความลึก (เมตร)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นเพิ่มขึ้น แผ่กระจายตามความลึก ได้ฐาน I – 10	
				คิดอิทธิพล ฐานข้างเคียง (ตัน/ตร.ม.)	ไม่คิด อิทธิพล ฐานข้างเคียง (ตัน/ตร.ม.)
1	0.10	2.450	3.09	9.97	9.97
2	1.43	3.215	3.92	9.91	9.83
3	1.43	4.645	5.38	9.25	8.31
4	1.43	6.075	6.78	8.12	6.23
5	1.43	7.505	8.31	7.05	4.54
6	1.43	8.935	9.90	6.20	3.34
7	1.43	10.365	11.38	5.58	2.52
8	1.50	11.835	12.81	5.09	1.93
9	1.50	13.330	14.36	4.70	1.52
10	1.50	14.830	16.01	4.37	1.21

หาค่าความเครียดในแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ของดินเหนียว

อ่านค่าความเครียดในแนวแกนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากผลต่างของความเค้นที่เพิ่มขึ้นแผ่กระจายตามความลึกกับความเค้นกดทับประสิทธิผลจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ได้ฐานที่พิจารณา ณ ระดับความลึกที่กำหนด ได้ค่าความเครียดในแนวแกนที่เพิ่มขึ้นดังตาราง 2.26 ถึง 2.35

โมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำจากโมดูลัสจำกัดการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง

จากข้อมูลเส้นโค้งการอัดตัวได้นำมาหาโมดูลัสจำกัดการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง ใช้โมดูลัสเส้นตัดโดยเลือกตามช่วงระดับความเค้นประสิทธิผลที่เพิ่มขึ้น แล้วคำนวณโมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำได้จากสูตรความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นกับโมดูลัสจำกัดการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง ที่อัตราส่วนของปีวส์ของเท่ากับ 0.3 ได้ผลดังตาราง 2.36 ถึง 2.40

ตาราง 2.26 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ฐาน I – 7 คีคอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดิน ที่	ความเค้น กดทับ ประสิทธิภาพ (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้น ที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิภาพ รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)
1	3.05	11.31	14.36	3.2
2	3.91	11.10	15.01	3.1
3	5.37	9.24	14.61	4.5
4	6.77	7.09	13.86	3.5
5	8.30	5.71	14.01	1.4
6	9.89	4.92	14.81	1.6
7	11.37	4.44	15.81	1.6
8	12.80	4.12	16.92	0.9
9	14.35	3.86	18.21	0.9
10	16.00	3.65	19.65	0.6

ตาราง 2.27 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ฐาน I – 7 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดิน ที่	ความเค้น กดทับ ประสิทธิภาพ (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้น ที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิภาพ รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)
1	3.05	11.31	14.36	3.2
2	3.91	11.07	14.98	3.0
3	5.37	8.96	14.33	4.2
4	6.77	6.31	13.08	3.2
5	8.30	4.35	12.65	1.0
6	9.89	3.08	12.97	1.2
7	11.37	2.26	13.63	1.2
8	12.80	1.71	14.51	0.3
9	14.35	1.32	15.67	0.5
10	16.00	1.05	17.05	0.1

ตาราง 2.28 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน C – 6 คัดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดิน ที่	ความเค้น กดทับ ประสิทธิภาพ (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้น ที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิภาพ รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)
1	4.17	10.34	14.51	3.3
2	5.22	9.24	14.46	4.7
3	6.52	7.49	14.01	3.7
4	8.00	6.67	14.67	1.5
5	9.59	5.46	15.05	1.4
6	11.07	4.69	15.76	1.8
7	12.50	4.16	16.66	0.6
8	14.05	3.78	17.83	0.6
9	15.69	3.48	19.17	0.7

ตาราง 2.29 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ฐาน C – 6 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดิน ที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้น ที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)
1	4.17	10.32	14.49	3.3
2	5.22	9.07	14.29	4.6
3	6.52	6.97	13.49	3.3
4	8.00	5.92	13.92	1.6
5	9.59	4.24	13.83	1.0
6	11.07	3.10	14.17	1.5
7	12.50	2.31	14.81	0.4
8	14.05	1.76	15.81	0.2
9	15.69	1.38	17.07	0.2

ตาราง 2.30 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน C – 10 คัดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดิน ที่	ความเค้น กดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้น ที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)
1	3.05	9.65	12.70	2.9
2	3.91	9.56	13.47	2.0
3	5.37	8.52	13.89	4.2
4	6.77	7.14	13.91	3.5
5	8.30	6.12	14.42	1.5
6	9.89	5.43	15.32	1.6
7	11.37	4.91	16.28	1.8
8	12.80	4.49	17.29	0.7
9	14.35	4.13	18.48	0.9
10	16.00	3.81	19.81	0.6

ตาราง 2.31 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ฐาน C-10 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดิน ที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้น ที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)
1	3.05	9.65	12.70	2.9
2	3.91	9.55	13.46	2.0
3	5.37	8.36	13.73	4.2
4	6.77	6.59	13.36	3.3
5	8.30	5.06	13.36	1.2
6	9.89	3.89	13.78	1.4
7	11.37	3.03	14.40	1.3
8	12.80	2.39	15.19	0.4
9	14.35	1.91	16.26	0.7
10	16.00	1.55	17.55	0.2

ตาราง 2.32 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน G – 10 คีคอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดิน ที่	ความเค้น กดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้น ที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)
1	3.05	9.92	12.97	2.9
2	3.91	9.84	13.75	3.2
3	5.37	8.90	14.27	4.4
4	6.77	7.59	14.36	3.8
5	8.30	6.53	14.83	1.6
6	9.89	5.81	15.70	1.7
7	11.37	5.31	16.68	1.8
8	12.80	4.93	17.73	0.7
9	14.35	4.63	18.98	1.0
10	16.00	4.37	20.37	0.7

ตาราง 2.33 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ฐาน G-10 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดิน ที่	ความเค้น กดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้น ที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)
1	3.05	9.92	12.97	2.9
2	3.91	9.78	13.69	3.2
3	5.37	8.27	13.64	4.2
4	6.77	6.19	12.96	3.1
5	8.30	4.51	12.81	1.0
6	9.89	3.33	13.22	0.8
7	11.37	2.51	13.88	1.2
8	12.80	1.93	14.73	0.3
9	14.35	1.51	15.86	0.5
10	16.00	1.21	17.21	0.1

ตาราง 2.34 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน I – 10 คัดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดิน ที่	ความเค้น กดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้น ที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)
1	3.05	9.97	13.02	2.9
2	3.91	9.91	13.82	3.2
3	5.37	9.25	14.62	4.6
4	6.77	8.12	14.89	4.0
5	8.30	7.05	15.35	1.6
6	9.89	6.20	16.09	1.6
7	11.37	5.58	16.95	1.8
8	12.80	5.09	17.89	0.7
9	14.35	4.70	19.05	0.5
10	16.00	4.37	20.37	0.6

ตาราง 2.35 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ฐาน I – 10 ไม่เกิดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดิน ที่	ความเค้น กดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้น ที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)
1	3.05	9.97	13.02	2.9
2	3.91	9.83	13.74	3.0
3	5.37	8.31	13.68	4.2
4	6.77	6.23	13.00	3.1
5	8.30	4.54	12.84	1.0
6	9.89	3.34	13.23	0.6
7	11.37	2.52	13.89	1.2
8	12.80	1.93	14.73	0.2
9	14.35	1.52	15.87	0.5
10	16.00	1.21	17.21	0.1

ตาราง 2.36 โมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งการอัดตัวได้และเส้นโค้งความสัมพันธ์ความเค้น-ความเครียด ฐาน I – 7 (อัตราส่วนของปีวส์ของเท่ากับ 0.3)

เส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน I – 7			เส้นโค้งความสัมพันธ์ ความเค้น- ความเครียด ฐาน I – 7	
ความลึก (ม.)	โมดูลัสจำกัด การเคลื่อนตัว ทางด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น คำนวณจาก โมดูลัสจำกัดการ เคลื่อนตัวทางด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	ความลึก (ม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น (ตัน/ตร.ม.)
4.645	325	241	4.25	492
7.505	1001	744	6.95	2669
8.935	926	688	8.35	5060
11.835	1880	1397	11.35	3933
13.33	2023	1532	12.85	4533
14.83	3275	2433	14.35	2393

ตาราง 2.37 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งการอัดตัวได้และเส้นโค้งความสัมพันธ์ความเค้น-ความเครียด ฐาน C – 6 (อัตราส่วนของปัวส์ซองเท่ากับ 0.3)

เส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน C – 6			เส้นโค้งความสัมพันธ์ ความเค้น-ความเครียด ฐาน C – 6	
ความลึก (ม.)	โมดูลัสจำกัด การเคลื่อนตัว ทางด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น คำนวณจาก โมดูลัสจำกัดการ เคลื่อนตัวทางด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	ความลึก (ม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น (ตัน/ตร.ม.)
4.645	308	229	4.25	492
7.505	379	282	6.95	2580
8.935	1075	799	8.35	5060
11.835	2777	2063	11.35	3933
13.33	2972	2208	12.85	4533
14.83	2739	2035	14.35	2393

ตาราง 2.38 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งการอัดตัวได้และเส้นโค้งความล้มพับความเค้น-ความเครียด ฐาน C – 10 (อัตราส่วนของปัวส์ซองเท่ากับ 0.3)

เส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน C – 10			เส้นโค้งความล้มพับ ความเค้น- ความเครียด ฐาน C – 10	
ความลึก (ม.)	โมดูลัสจำกัด การเคลื่อนตัว ทางด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น คำนวณจาก โมดูลัสจำกัดการ เคลื่อนตัวทางด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	ความลึก (ม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น (ตัน/ตร.ม.)
4.645	331	246	4.25	492
7.505	962	715	6.95	2580
8.935	958	712	8.35	5060
11.835	2471	1836	11.35	3933
13.33	2054	1526	12.85	4533
14.83	3303	2453	14.35	1988

ตาราง 2.39 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งการอัดตัวได้และเส้นโค้งความสัมพันธ์ความเค้น-ความเครียด ฐาน G – 10 (อัตราส่วนของปัวส์ซองเท่ากับ 0.3)

เส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน G – 10			เส้นโค้งความสัมพันธ์ ความเค้น-ความเครียด ฐาน G – 10	
ความลึก (ม.)	โมดูลัสจำกัด การเคลื่อนตัว ทางด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น คำนวณจาก โมดูลัสจำกัดการ เคลื่อนตัวทางด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	ความลึก (ม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น (ตัน/ตร.ม.)
4.645	325	241	4.25	503
7.505	928	689	6.95	2153
8.935	924	686	8.35	5060
11.835	2534	1882	11.35	3933
13.33	1899	1411	12.85	4533
14.83	2911	2162	14.35	1517

ตาราง 2.40 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งการอัดตัวได้และเส้นโค้งความสัมพันธ์ความเค้น-ความเครียด ฐาน I – 10 (อัตราส่วนของปีวส์ของเท่ากับ 0.3)

เส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน I – 10			เส้นโค้งความสัมพันธ์ ความเค้น- ความเครียด ฐาน I – 10	
ความลึก (ม.)	โมดูลัสจำกัด การเคลื่อนตัว ทางด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น คำนวณจาก โมดูลัสจำกัดการ เคลื่อนตัวทางด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	ความลึก (ม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น (ตัน/ตร.ม.)
4.645	318	236	4.25	503
7.505	960	713	6.95	1684
8.935	1006	747	8.35	5060
11.835	2557	1899	11.35	3933
13.33	3812	2832	12.85	4533
14.83	3397	2523	14.35	1517

2.5.2 การคาดคะเนระยะทรุดตัวเริ่มต้น

คาดคะเนระยะทรุดตัวในทางทฤษฎี 3 วิธีคือวิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น (Elastic Theory), วิธีความเครียดมิติเดียว (One Dimensional Strain Method) และ วิธีความเครียดมิติเดียรรวมระยะทรุดตัวเริ่มต้น

วิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น

สมมุติว่าผิวดินอยู่ที่ระดับพื้นฐานแผ่ที่พิจารณา พื้นข้างเคียงทุกฐานวางอยู่ที่ระดับเดียวกับฐานที่พิจารณา เป็นฐานแผ่แอ่นโค้ง ได้สมบุรณ์ผิวเรียบ ระยะทรุดตัวได้ฐานแผ่ที่พิจารณาเกิดจากระยะทรุดตัวที่เกิดขึ้นเนื่องจากฐานแผ่แต่ละฐานนำมารวมกันเป็นระยะทรุดตัวทั้งหมด ระยะทรุดตัวคิดเป็นสองกลุ่ม คือระยะทรุดตัวของฐานที่พิจารณาจุกภายใน และจุกภายนอก

ระยะทรุดตัวที่เกิดจากฐานแผ่ที่พิจารณานั้นเป็นระยะทรุดตัวกึ่งกลางภายในพื้นที่ฐานแผ่มีค่าเท่ากับระยะทรุดตัวที่มุมของพื้นที่ฐานแผ่ที่มีขนาดกว้างครึ่งหนึ่งยาวครึ่งหนึ่งของฐานแผ่ที่พิจารณาสิ่รูปรวมกัน

ระยะทรุดตัวที่เกิดจากฐานแผ่ข้างเคียงเป็นระยะทรุดตัวที่จุกอยู่ภายนอกของพื้นที่ฐานแผ่คิดระยะทรุดตัวที่มุมของพื้นที่สี่เหลี่ยมสิ่รูปซ้อนทับกัน

ระยะทรุดตัวที่มุมของพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เกิดจากระยะทรุดตัวของชั้นดินที่อยู่ข้างใต้แต่ละชั้นรวมกัน

ระยะทรุดตัวของชั้นดินแต่ละชั้น เท่ากับระยะทรุดตัวของชั้นดินนั้นที่มีความหนาตั้งแต่ผิวดินลงมาถึงผิวล่างของชั้นดินนั้นลบด้วยระยะทรุดตัวของชั้นดินนั้นที่มีความหนาตั้งแต่ผิวดินจนถึงผิบบนของชั้นดินนั้น ใช้หลักการแบ่งชั้นดินคิดชั้นดินแต่ละชั้นที่พิจารณามีความหนาถึงผิวดิน ระยะทรุดตัวที่ผิวดินที่มุมบนดินครึ่งห้วงอวกาศลบด้วยระยะทรุดตัวที่จุกมุมแต่มีความลึกเท่ากับผิวล่างชั้นดินบนดินครึ่งห้วงอวกาศ

ระยะทรุดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสมำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งอยู่บนผิวดินที่มีขนาดครึ่งห้วงอวกาศ

Schleicher (1926) ได้หาผลเฉลยระยะทรุดตัว ($\Delta\rho'$) ที่มุมของพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังได้ผลเฉลย

$$\Delta\rho' = qB \frac{1-\nu^2}{E} I_\rho \quad (2.2)$$

โดยที่ตัวประกอบอิทธิพล
$$I_\rho = \frac{1}{\pi} \left[I \ln \frac{1+\sqrt{I^2+1}}{I} + \ln(I + \sqrt{I^2+1}) \right]$$

และ $l = \frac{L}{B}$ คือ ตัวประกอบปรับแก้รูปร่างฐานแผ่

B คือ ความกว้างของพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า

L คือ ความยาวของพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า

ระยะทรุดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งอยู่บนผิวดินที่มีความหนาจำกัดชั้นเดียว (Z)

Steinbrenner (1934) ได้หาผลเฉลยโดยประมาณดังนี้ระยะทรุดตัว ($\Delta\rho_i$) ดังรูป 2.71 ได้ผลเฉลย

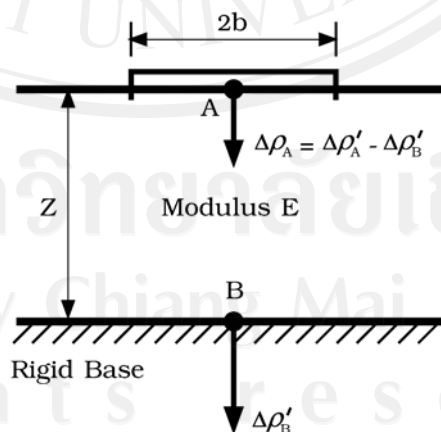
$$\Delta\rho_i = q \frac{B}{E} I_\rho \quad (2.3)$$

$$I_\rho = (1-\nu^2)F_1 + (1-\nu-2\nu^2)F_2$$

$$F_1 = \frac{1}{\pi} \left[l \ln \frac{(1+\sqrt{l^2+1}\sqrt{l^2+d^2})}{l(1+\sqrt{l^2+d^2+1})} + \ln \frac{(l+\sqrt{l^2+1})\sqrt{1+d^2}}{l+\sqrt{l^2+d^2+1}} \right]$$

$$F_2 = \frac{d}{2\pi} \arctan \frac{l}{d\sqrt{l^2+d^2+1}}$$

และ $d = D/B$ คือ ตัวประกอบปรับแก้ความหนาชั้นดินใต้ฐานแผ่



รูป 2.71 ระยะทรุดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอ
รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางบนผิวดินมีความหนาจำกัดชั้นเดียว

ระยะทรวดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งอยู่บนผิวดินมีความหนาจำกัดหลายชั้น

Butler (1975) ได้หาผลเฉลยโดยประมาณของระยะทรวดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งอยู่บนผิวดิน สำหรับความหนาชั้นดินหลายชั้นดังรูป 2.72 และ 2.73 ดังนี้

$$\rho = \sum_{i=1}^n \delta \rho_i \quad (2.4)$$

แบ่งการคาดคะเนระยะทรวดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งอยู่บนผิวดิน สำหรับความหนาชั้นดินหลายชั้นออกเป็น 2 กรณี
กรณีแรก

$$\delta \rho_1 = qB \left(\frac{1-\nu^2}{E_1} \right) [I'_{\alpha} - I'_{\rho b}] \quad (2.5)$$

คือ ระยะทรวดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางบนผิวดิน มีความหนาจำกัดหลายชั้น คิระยะทรวดตัวเฉพาะดินชั้นแรก

$$I'_{\alpha} = I_{\rho} = \frac{1}{\pi} \left[l \ln \left(\frac{1+\sqrt{l^2+1}}{l} \right) + \ln \left(l + \sqrt{l^2+1} \right) \right]$$

คือ ตัวประกอบอิทธิพลสำหรับความหนาชั้นดินสิ้นสุดที่รอยต่อด้านบนของชั้นดินที่พิจารณา

กรณีคิระยะทรวดตัวเฉพาะดินชั้นแรก

$$\begin{aligned} I'_{\rho b} = & \frac{1}{\pi} \left[l \ln \left(\frac{1+\sqrt{l^2+1}}{l} \right) + \ln \left(l + \sqrt{l^2+1} \right) \right] \\ & - \frac{1}{\pi} \left[l \ln \frac{\left(1+\sqrt{l^2+1} \right) \sqrt{l^2+d_b^2}}{l \left(1+\sqrt{l^2+d_b^2+1} \right)} + \ln \frac{\left(l + \sqrt{l^2+1} \right) \sqrt{1+d_b^2}}{l + \sqrt{l^2+d_b^2+1}} \right] \\ & - \frac{(1-2\nu)}{1-\nu} \frac{d_b}{2\pi} \arctan \frac{l}{d_b \sqrt{l^2+d_b^2+1}} \end{aligned}$$

คือ ตัวประกอบอิทธิพลสำหรับความหนาแน่นดินสิ้นสุดที่รอยต่อด้านล่างของชั้นดินที่พิจารณา

ใช้ได้กับทุกกรณี

กรณีที่สอง

$$\delta\rho_i = qB \left(\frac{1-\nu^2}{E_i} \right) [I'_{\alpha} - I'_{\rho b}] \quad (2.6)$$

คือ ระยะทรุดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

วางบนผิวดินมีความหนาจำกัดหลายชั้น คัดระยะทรุดตัวตั้งแต่ดินชั้นที่สองลงมา

$$I'_{\alpha} = \frac{1}{\pi} \left[l \ln \left(\frac{1 + \sqrt{l^2 + 1}}{l} \right) + \ln \left(l + \sqrt{l^2 + 1} \right) \right] \\ - \frac{1}{\pi} \left[l \ln \frac{(1 + \sqrt{l^2 + 1}) \sqrt{l^2 + d_t^2}}{l(1 + \sqrt{l^2 + d_t^2 + 1})} + \ln \frac{(l + \sqrt{l^2 + 1}) \sqrt{1 + d_t^2}}{l + \sqrt{l^2 + d_t^2 + 1}} \right] \\ - \frac{(1 - 2\nu)}{1 - \nu} \frac{d_t}{2\pi} \arctan \frac{l}{d_t \sqrt{l^2 + d_t^2 + 1}}$$

คือ ตัวประกอบอิทธิพลสำหรับความหนาแน่นดินสิ้นสุดที่รอยต่อด้านบนของชั้นดินที่พิจารณา

ใช้ได้กับทุกกรณี

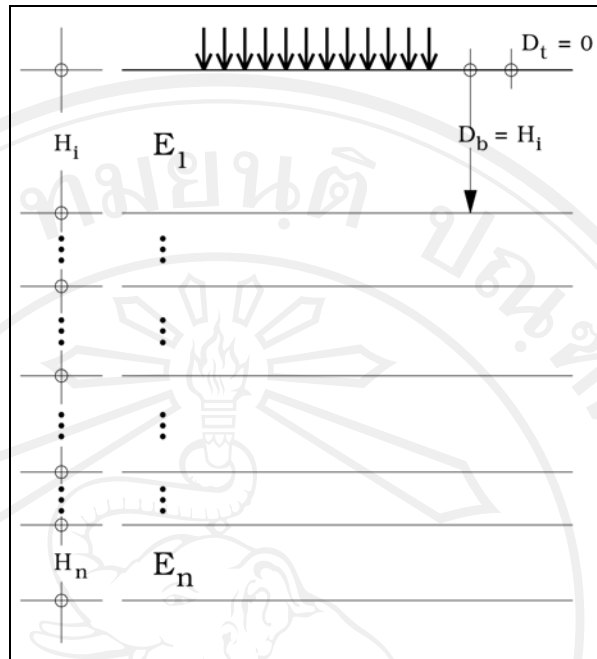
อัตราส่วนของปัวส์ซองมีอิทธิพลน้อยและอยู่ในช่วงแคบคือ 0 ถึง 0.5 ในทางปฏิบัติใช้

อัตราส่วนของปัวส์ซองเพียงค่าเดียวสำหรับดินทุกชั้น

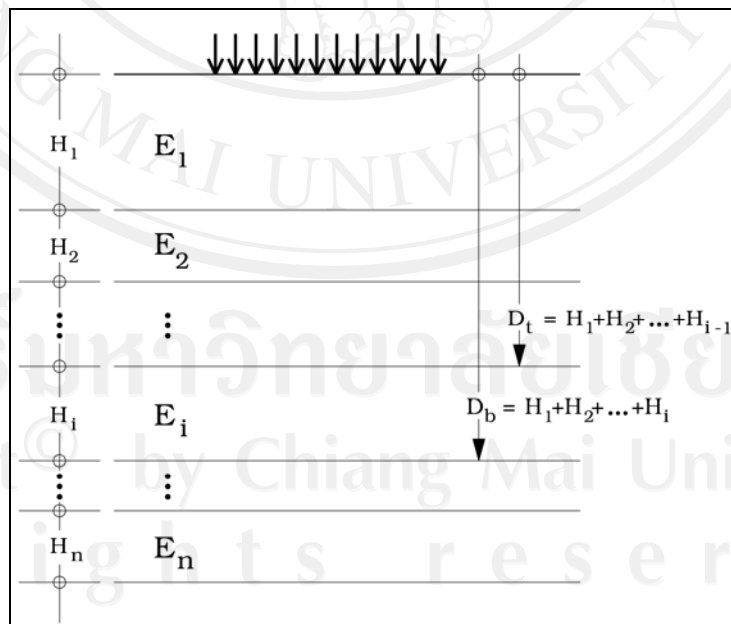
ระยะทรุดตัวเริ่มต้นใช้ โมดูลัสแบบไม่ระบายน้ำ และอัตราส่วนของปัวส์ซองแบบไม่ระบายน้ำ

ตาราง 2.41 ระยะทรุดตัวเริ่มต้นของฐานแผ่ โดยวิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น

วิธีคาดคะเน	ระยะทรุดตัวเริ่มต้น (มม.) ของตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
ทฤษฎียืดหยุ่น (Elastic Theory)					
- คัดอิทธิพลของฐานรากข้างเคียง	29	23	23	25	27
- ไม่คัดอิทธิพลของฐานรากข้างเคียง	34	26	27	30	31



รูป 2.72 ชั้นดินและความลึกสำหรับพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
วางบนผิวดินมีความหนาจำกัดหลายชั้น คำนวณหาค่าความเค้นดินชั้นแรก



รูป 2.73 ชั้นดินและความลึกสำหรับพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
วางบนผิวดินมีความหนาจำกัดหลายชั้น คำนวณหาค่าความเค้นดินชั้นที่สองลงมา

2.5.3 การคาดคะเนระยะทรุดตัวยาวนาน

วิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น

คาดคะเนระยะทรุดตัวในทางทฤษฎี 3 วิธีคือวิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น (Elastic Theory), วิธีความเครียดมิติเดียว (One Dimensional Strain Method) และ วิธีความเครียดมิติเดียวยรวมระยะทรุดตัวเริ่มต้น

ระยะทรุดตัวยาวนานใช้ โมดูลัสแบบระบายน้ำ และอัตราส่วนของปัวส์ซองแบบระบายน้ำ ตาราง 2.42 ระยะทรุดตัวยาวนานของฐานแผ่ โดยวิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น

	ระยะทรุดตัวเริ่มต้น (มม.) ของตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
วิธีทฤษฎียืดหยุ่น (Elastic Theory) ($\nu' = 0.3$)					
- คัดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	68	56	59	61	63
- ไม่คัดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	68	56	58	60	63
วิธีทฤษฎียืดหยุ่น (Elastic Theory) ($\nu' = 0.2$)					
- คัดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	87	73	77	79	81
- ไม่คัดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	85	70	74	76	79
วิธีทฤษฎียืดหยุ่น (Elastic Theory) ($\nu' = 0.1$)					
- คัดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	110	89	95	97	99
- ไม่คัดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	100	85	89	91	94
วัดในสนามปรับแก้ตาม Asaoka, A.(1978) สำหรับการทรุดตัวรวม	11	6.5	10	15	16

วิธีความเครียดมิติเดียว

คิดความเค้นที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับที่หาความเค้นที่เพิ่มขึ้นที่เลือกโมดูลัส สมมุติฐานคือเส้นโค้งการอัดตัวได้ในสนามเหมือนกับในห้องทดสอบ เลือกความเครียดตามระดับความเค้นที่เพิ่มขึ้น เมื่อได้ความเครียดมาแล้วจึงคูณด้วยความหนาแน่นดินชั้นนั้นๆ ได้ระยะทรุดตัวแต่ละชั้น นำระยะทรุดตัวแต่ละชั้นรวมกันได้เป็นระยะทรุดตัวทั้งหมดดังตาราง 2.43 ถึง 2.52

ตาราง 2.43 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน I – 7 คัดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดินที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)	ความหนา ชั้นดิน (มม.)	ระยะ ทรุดตัว (มม.)
1	3.05	11.31	14.36	3.2	200	6.40
2	3.91	11.10	15.01	3.1	1430	44.33
3	5.37	9.24	14.61	4.5	1430	64.35
4	6.77	7.09	13.86	3.5	1430	50.05
5	8.30	5.71	14.01	1.4	1430	20.02
6	9.89	4.92	14.81	1.6	1430	22.88
7	11.37	4.44	15.81	1.6	1430	22.88
8	12.80	4.12	16.92	0.9	1500	13.50
9	14.35	3.86	18.21	0.9	1500	13.50
10	16.00	3.65	19.65	0.6	1500	9.00
ρ_{oed} ฐาน I – 7						266.91

ตาราง 2.44 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน I – 7 ไม่ค้ำค้ำอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดินที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)	ความหนา ชั้นดิน (มม.)	ระยะ ทรุดตัว (มม.)
1	3.05	11.31	14.36	3.2	200	6.40
2	3.91	11.07	14.98	3.0	1430	42.90
3	5.37	8.96	14.33	4.2	1430	60.06
4	6.77	6.31	13.08	3.2	1430	45.76
5	8.30	4.35	12.65	1.0	1430	14.30
6	9.89	3.08	12.97	1.2	1430	17.16
7	11.37	2.26	13.63	1.2	1430	17.16
8	12.80	1.71	14.51	0.3	1500	4.50
9	14.35	1.32	15.67	0.5	1500	7.50
10	16.00	1.05	17.05	0.1	1500	1.50
ρ_{oed} ฐาน I – 7						217.24

ตาราง 2.45 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน C – 6 คัดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดินที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)	ความหนา ชั้นดิน (มม.)	ระยะ ทรุดตัว (มม.)
1	4.17	10.34	14.51	3.3	1330	43.89
2	5.22	9.24	14.46	4.7	1330	62.51
3	6.52	7.49	14.01	3.7	1330	49.21
4	8.00	6.67	14.67	1.5	1430	21.45
5	9.59	5.46	15.05	1.4	1430	20.02
6	11.07	4.69	15.76	1.8	1430	25.74
7	12.50	4.16	16.66	0.6	1500	9.00
8	14.05	3.78	17.83	0.6	1500	9.00
9	15.69	3.48	19.17	0.7	1500	10.50
ρ_{oed} ฐาน C – 6						251.32

ตาราง 2.46 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน C – 6 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดินที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)	ความหนา ชั้นดิน (มม.)	ระยะ ทรุดตัว (มม.)
1	4.17	10.32	14.49	3.3	1330	43.89
2	5.22	9.07	14.29	4.6	1330	61.18
3	6.52	6.97	13.49	3.3	1330	43.89
4	8.00	5.92	13.92	1.6	1430	22.88
5	9.59	4.24	13.83	1.0	1430	14.30
6	11.07	3.10	14.17	1.5	1430	21.45
7	12.50	2.31	14.81	0.4	1500	6.00
8	14.05	1.76	15.81	0.2	1500	3.00
9	15.69	1.38	17.07	0.2	1500	3.00
ρ_{oed} ฐาน C – 6						219.59

ตาราง 2.47 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน C – 10 คัดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดินที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)	ความหนา ชั้นดิน (มม.)	ระยะ ทรุดตัว (มม.)
1	3.05	9.65	12.70	2.9	100	2.90
2	3.91	9.56	13.47	2.0	1430	28.60
3	5.37	8.52	13.89	4.2	1430	60.06
4	6.77	7.14	13.91	3.5	1430	50.05
5	8.30	6.12	14.42	1.5	1430	21.45
6	9.89	5.43	15.32	1.6	1430	22.88
7	11.37	4.91	16.28	1.8	1430	25.74
8	12.80	4.49	17.29	0.7	1500	10.50
9	14.35	4.13	18.48	0.9	1500	13.50
10	16.00	3.81	19.81	0.6	1500	9.00
ρ_{oed} ฐาน C – 10						244.68

ตาราง 2.48 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียวฐาน C – 10 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดินที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)	ความหนา ชั้นดิน (มม.)	ระยะ ทรุดตัว (มม.)
1	3.05	9.65	12.70	2.9	100	2.90
2	3.91	9.55	13.46	2.0	1430	28.60
3	5.37	8.36	13.73	4.2	1430	60.06
4	6.77	6.59	13.36	3.3	1430	47.19
5	8.30	5.06	13.36	1.2	1430	17.16
6	9.89	3.89	13.78	1.4	1430	20.02
7	11.37	3.03	14.40	1.3	1430	18.59
8	12.80	2.39	15.19	0.4	1500	6.00
9	14.35	1.91	16.26	0.7	1500	10.50
10	16.00	1.55	17.55	0.2	1500	3.00
ρ_{oed} ฐาน C – 10						214.02

ตาราง 2.49 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน G – 10 คัดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดินที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)	ความหนา ชั้นดิน (มม.)	ระยะ ทรุดตัว (มม.)
1	3.05	9.92	12.97	2.9	100	2.90
2	3.91	9.84	13.75	3.2	1430	45.76
3	5.37	8.90	14.27	4.4	1430	62.92
4	6.77	7.59	14.36	3.8	1430	54.34
5	8.30	6.53	14.83	1.6	1430	22.88
6	9.89	5.81	15.70	1.7	1430	24.31
7	11.37	5.31	16.68	1.8	1430	25.74
8	12.80	4.93	17.73	0.7	1500	10.50
9	14.35	4.63	18.98	1.0	1500	15.00
10	16.00	4.37	20.37	0.7	1500	10.50
ρ_{oed} ฐาน G – 10						274.85

ตาราง 2.50 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน G – 10 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดินที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)	ความหนา ชั้นดิน (มม.)	ระยะ ทรุดตัว (มม.)
1	3.05	9.92	12.97	2.9	100	2.90
2	3.91	9.78	13.69	3.2	1430	45.76
3	5.37	8.27	13.64	4.2	1430	60.06
4	6.77	6.19	12.96	3.1	1430	44.33
5	8.30	4.51	12.81	1.0	1430	14.30
6	9.89	3.33	13.22	0.8	1430	11.44
7	11.37	2.51	13.88	1.2	1430	17.16
8	12.80	1.93	14.73	0.3	1500	4.50
9	14.35	1.51	15.86	0.5	1500	7.50
10	16.00	1.21	17.21	0.1	1500	1.50
ρ_{oed} ฐาน G – 10						209.45

ตาราง 2.51 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน I – 10 คัดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดินที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)	ความหนา ชั้นดิน (มม.)	ระยะ ทรุดตัว (มม.)
1	3.05	9.97	13.02	2.9	100	2.90
2	3.91	9.91	13.82	3.2	1430	45.76
3	5.37	9.25	14.62	4.6	1430	65.78
4	6.77	8.12	14.89	4.0	1430	57.20
5	8.30	7.05	15.35	1.6	1430	22.88
6	9.89	6.20	16.09	1.6	1430	22.88
7	11.37	5.58	16.95	1.8	1430	25.74
8	12.80	5.09	17.89	0.7	1500	10.50
9	14.35	4.70	19.05	0.5	1500	7.50
10	16.00	4.37	20.37	0.6	1500	9.00
ρ_{oed} ฐาน I – 10						270.14

ตาราง 2.52 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน I – 10 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง

ชั้นดินที่	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเค้นกดทับ ประสิทธิผล รวมกับ ความเค้นที่เพิ่มขึ้น (ตัน/ตร.ม.)	ความเครียด แนวแกน ที่เพิ่มขึ้น (%)	ความหนา ชั้นดิน (มม.)	ระยะ ทรุดตัว (มม.)
1	3.05	9.97	13.02	2.9	100	2.90
2	3.91	9.83	13.74	3.0	1430	42.90
3	5.37	8.31	13.68	4.2	1430	60.06
4	6.77	6.23	13.00	3.1	1430	44.33
5	8.30	4.54	12.84	1.0	1430	14.30
6	9.89	3.34	13.23	0.6	1430	8.58
7	11.37	2.52	13.89	1.2	1430	17.16
8	12.80	1.93	14.73	0.2	1500	3.00
9	14.35	1.52	15.87	0.5	1500	7.50
10	16.00	1.21	17.21	0.1	1500	1.50
ρ_{oed} ฐาน I – 10						202.23

ตาราง 2.53 ระยะทรุดตัวยาวนานของฐานแผ่ โดยวิธีความเครียดมิติเดียว

	ระยะทรุดตัวเริ่มต้น (มม.) ของตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
วิธีความเครียดมิติเดียว					
- คัดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	267	251	245	274	270
- ไม่คัดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	217	220	214	209	202

วิธีความเครียดมิติเดียรรวมวิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น

นำผลการคาดคะเนระยะทรุดตัวคำนวณ โดยวิธีจากวิธีความเครียดมิติเดียรรวมกับระยะทรุดตัวจากวิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น โดยใช้อัตราส่วนของปัวส์ซองแบบไม่ระบายน้ำ ($\nu = 0.5$) ในการคำนวณได้ผลดังตาราง 2.54

ตาราง 2.54 ระยะทรุดตัวยาวนานของฐานแผ่ โดยวิธีความเครียดมิติเดียรรวมระยะทรุดตัวเริ่มต้น

	ระยะทรุดตัวเริ่มต้น (มม.) ของตำแหน่งฐาน				
	I - 7	C - 6	C - 10	G - 10	I - 10
วิธีความเครียดมิติเดียรรวมกับ ระยะทรุดตัวเริ่มต้นจากวิธีทฤษฎียืดหยุ่น (Elastic Theory)					
- คัดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	296	274	268	299	297
- ไม่คัดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	251	246	241	239	233