

### บทที่ 3

#### การทดสอบสำหรับการวิจัย

##### 3.1 บทนำเรื่องทั่วไป

การประมาณค่าความสามารถรับน้ำหนักของดินตามทฤษฎี อาจจะไม่ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับสภาพจริง เนื่องจากข้อจำกัดของสภาพแวดล้อม ขนาดของเม็ดดิน และประเภทของดิน ตามที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 1 ในการวิจัย จึงได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ที่เหมาะสมของ  $\phi$  กับ  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  ซึ่งใช้กับสมการในการประมาณค่าความสามารถรับน้ำหนักของดินสำหรับฐานรากตื้น โดยเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบที่กระทำบนดินบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย และได้ศึกษาการประมาณค่าความสามารถรับน้ำหนักของดินสำหรับฐานรากตื้น จากการทดสอบภาคสนาม เพื่อให้การประมาณค่ามีความใกล้เคียงกับสภาพที่เป็นจริงในธรรมชาติมากที่สุด

เพื่อให้บรรลุถึงจุดประสงค์ของการวิจัยนี้ ได้แบ่งการทดสอบสำหรับการวิจัยออกเป็น 3 ภาคด้วยกัน คือ การทดสอบภาคสนาม การทดสอบ Plate Bearing Test สำหรับทรายที่จำลองสภาพ และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 การทดสอบภาคสนาม มีการเจาะสำรวจชั้นดินและเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำไปทดสอบสัมพัทธ์พื้นฐาน มีการทดสอบ Standard Penetration Test หาค่า SPT - N Value และทดสอบความสามารถรับน้ำหนักของดิน จากการทดสอบ Plate Bearing Test

ค่าความสามารถรับน้ำหนักประลัย ที่ประมาณค่ามาจาก SPT - N Value และ Plate Bearing Test จะนำมาเปรียบเทียบกัน และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากทฤษฎี นอกจากนี้ยังนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  กับ  $\phi_D$  ของดินเดิมที่สนามกีฬาราชนาวิ บ้านโรงโป๊ะ และที่แหลมฉบัง ซึ่ง  $\phi_D$  เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบ Direct Shear Test

3.1.2 การทดสอบ Plate Bearing Test สำหรับทรายที่จำลองสภาพ การทดสอบนี้กระทำเฉพาะทรายที่แหลมฉบัง จากแนวคิดที่ว่า ในทรายชนิดเดียวกัน มีสมบัติเหมือนกัน ขนาดส่วนคละของเม็ดดินเหมือนกัน เมื่อมีความหนาแน่นต่างกัน จะมีค่า  $\phi$  ต่างกัน ถ้าทรายมีความหนาแน่นมาก  $\phi$  จะมีค่าสูง ถ้าหนาแน่นน้อยกว่า  $\phi$  จะมีค่าต่ำกว่า ได้เตรียมตัวอย่าง เพื่อจำลอง

สภาพทรายขึ้นใหม่ด้วยการบดอัด ให้มีความหนาแน่น ค่าต่าง ๆ แล้วทำการทดสอบ Plate Bearing Test เพื่อหาค่าความสามารถรับน้ำหนักประลัย นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าตัวประกอบความสามารถรับน้ำหนักของดิน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  กับค่า  $\phi$  ของดิน ชนิดเดียวกัน

3.1.3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ เป็นการทดสอบสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดินที่เก็บได้จากการทดสอบภาคสนาม ได้แก่การทดสอบ Grain Size Distribution ชีตจำกัด แอตเตอร์เบิร์ก (Atterberg Limit) ความดูดซับน้ำ (Percent absorption) ความถ่วงจำเพาะและทำการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดิน เพื่อหาค่า  $c$  และ  $\phi$  จากการทดสอบ Direct Shear

จำนวนการทดสอบ สำหรับการวิจัยนี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

### 3.2 การทดสอบภาคสนาม

#### 3.2.1 สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ

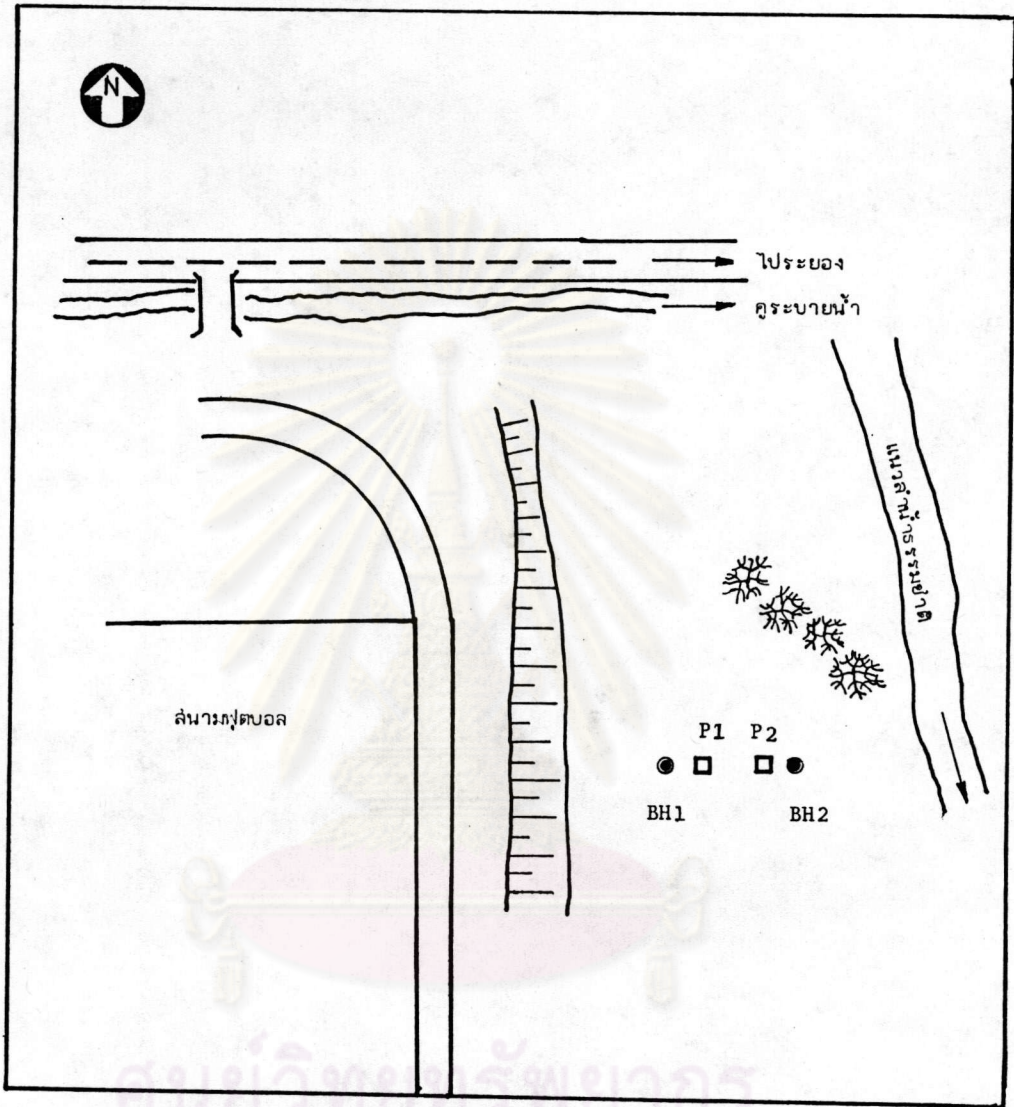
สถานที่ที่จะทำการทดสอบได้เลือกพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกไว้ 3 แห่ง คือ

1. สนามกีฬาราชนาวี ฐานทัพเรือสัตหีบ กม.ที่ 5 ถนนสัตหีบ-ระยอง สายเก่า จังหวัดชลบุรี
2. คลังเก็บและบรรจุก๊าซ แอล พี ซี การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย บ้านโรงโปิ๊ะ ชลบุรี
3. โครงการทำเทียบเรือแหลมฉบัง การท่าเรือแห่งประเทศไทย แหลมฉบัง ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

สภาพดินตามธรรมชาติของสถานที่ที่จะศึกษา ที่สนามกีฬาราชนาวี สภาพทั่วไป ดินเป็นพวก clayey silt ปนดินเหนียวปานกลาง บริเวณที่เลือกทดสอบอยู่ทางทิศตะวันออกของตัวสนามฟุตบอล ติดกับลำน้ำธรรมชาติ ดังในรูปที่ 3.1 ส่วนที่บ้านโรงโปิ๊ะพื้นที่ทั่วไป เป็นทรายละเอียดจนถึงทรายหยาบสีน้ำตาลแดง ความหนาแน่นของทรายปานกลาง ความชื้นปานกลาง ระดับน้ำใต้ดินลึกประมาณ 2 เมตรจากผิวดิน บริเวณที่เลือกทดสอบ เป็นลานสวนมะพร้าว ยังไม่มีสิ่งก่อสร้าง

ตารางที่ 3.1 สรุปจำนวนการทดสอบ สำหรับการวิจัย

ลำดับ	รายละเอียดการทดสอบ	หน่วย	จำนวนการทดสอบ			
			สนามกีฬา	บ้านโรงโป๊ะ	แหลมฉบัง	รวม
<u>การทดสอบภาคสนาม</u>						
1	Plate Bearing Test $\phi$ 1 ฟุต หนา 1 นิ้ว Depth 0.00 ม.	การ ทดสอบ	-	-	2	} 8
	Depth 0.20 ม.	"	1	-	-	
	Depth 0.50 ม.	"	1	1	1	
	Depth 1.00 ม.	"	-	1	1	
2	Field density (Sond Cone Method)	"	2	2	4	8
3	Hand Auger boring Depth 0-2.5 ม.	หลุม	2	2	4	8
4	Standard Penetration test ทุก ๆ Depth 0.50 ม.	ตัวอย่าง	8	6	16	30
<u>การทดสอบ Plate Bearing Test</u>						
<u>บนทรายจำลองสภาพ</u>						
1	Plate Bearing Test $\phi$ 1 ฟุต หนา 1 นิ้ว Depth 0.00 ม.	การ ทดสอบ	-	-	5	} 13
	Depth 0.50 ม.	"	-	-	8	
2	Field Density (Sand Cone Method)	"			13	13
<u>การทดสอบในห้องปฏิบัติการ</u>						
1	Natural water content	ตัวอย่าง	6	-	-	6
2	Percent absorbtion	"	-	1	1	2
3	Grain Size Analysis		10	6	23	39
4	Specific Gravity	"	1	2	2	5
5	Atterberg Limit	"	-	6	-	6
6	Direct Shear Test	การ ทดสอบ	1	1	7	9



รูปที่ 3.1 แสดงบริเวณที่กีดขวาง ณ สี่แยกที่จาราย่นาวี ฐานทัพเรือสัตหีบ กม. ที่ 5

ถนนสัตหีบ-ระยองสายเก่า ชลบุรี

แต่พื้นดินได้ถูกไถเรียบด้วย รถเกรดเตอร์ และ压实ด้วยน้ำหนักของตัวรถนั่นเอง บริเวณที่ทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.2 สำหรับที่แหลมฉบัง บริเวณที่เลือกทดสอบ เป็นที่ดินที่เวนคืนเพื่อใช้ในโครงการท่าเทียบเรือแหลมฉบัง ของการทำเรือแห่งประเทศไทย สภาพดินทั่วไปตามธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นทรายละเอียด และหยาบชั้นเรื่อย ๆ เมื่อความลึกเพิ่มขึ้นถึงความลึก 1 เมตร ระดับน้ำใต้ดินลึกลงไปประมาณ 2 เมตรจากผิวดิน ทรายที่แหลมฉบัง ละเอียดกว่าทรายที่บ้านโรงโป๊ะ ความหนาแน่นและความชื้น ปานกลาง บริเวณที่ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.3

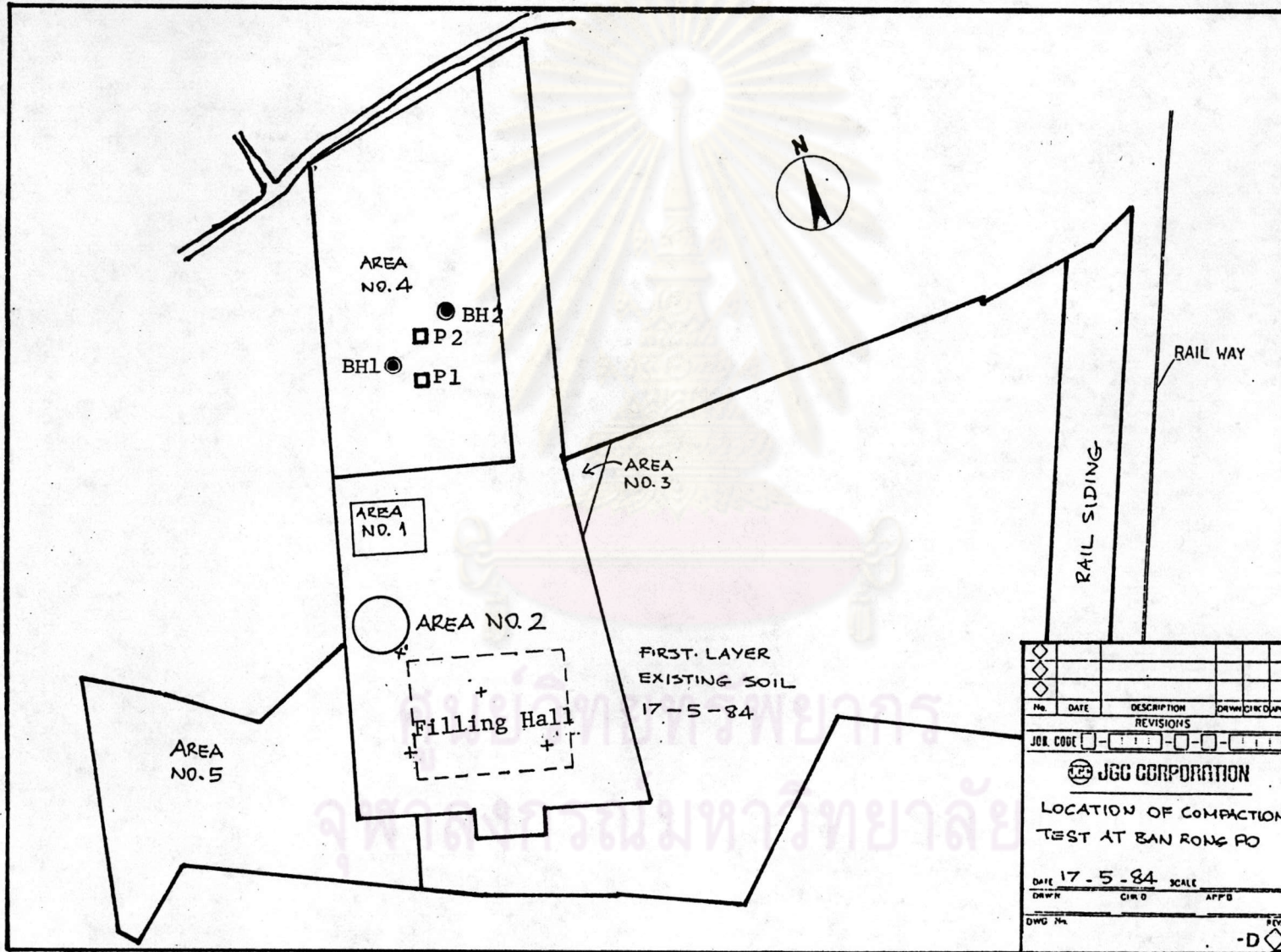
### 3.2.2 การเจาะสำรวจเก็บตัวอย่างดิน และ Standard Penetration Test

ในแต่ละสถานที่ที่เลือกทดสอบ จะทำการเจาะสำรวจชั้นดินด้วย ส่วนเจาะดิน (Hand Auger) และเก็บตัวอย่างดินพร้อมกับการทดสอบ Standard Penetration Test ด้วยกระบอกผ่าซีก (Split barrel) เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2 นิ้ว ภายใน  $1\frac{3}{8}$  นิ้ว ตามมาตรฐาน ASTM. D1453 - 80 และ D1586 - 64T. เหตุที่ใช้กระบอกผ่าซีก เพราะตัวอย่างดินเป็นทราย และทรายแข็งที่ค่อนข้างแข็ง ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ด้วยกระบอกบาง และต้องการทดสอบหาค่า SPT - N Value ด้วย ตัวอย่างทรายที่เก็บได้ จึงเป็นตัวอย่างที่ถูกรบกวน (Disturbed Sample) ได้ทำการเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน ณ สถานที่ทดสอบ แห่งละ 2 ถึง 4 หลุม

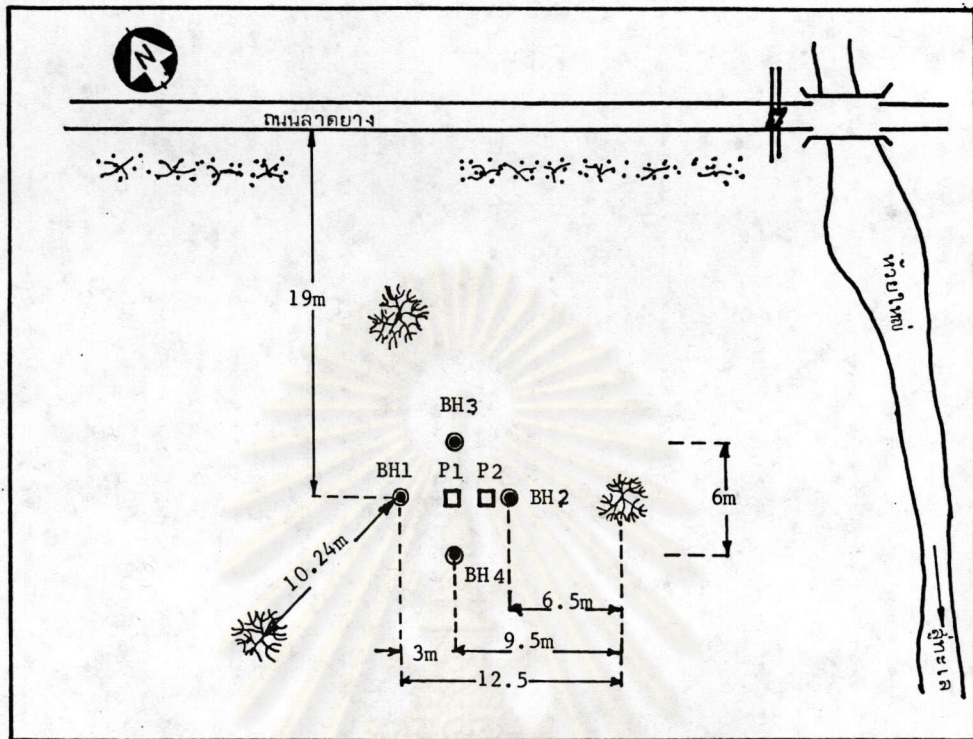
การเก็บตัวอย่าง และทดสอบ Standard Penetration Test กระทำทุก ๆ ความลึก 0.50 เมตร ในช่วงความลึกจากผิวดินถึง 2.45 เมตร นำตัวอย่างดินที่เก็บได้ไปทดสอบสมบัติพื้นฐานในทางปฐพีวิศวกรรมต่อไป การที่เจาะสำรวจลงไปลึกเพียง 2.45 เมตร เนื่องจากมีข้อจำกัดของเครื่องมือ และระดับน้ำใต้ดิน แต่ความลึก 2.45 เมตรนี้ ก็ลึกพอที่จะใช้อ้างอิงได้ สำหรับการทดสอบ Plate Bearing Test ซึ่งใช้แผ่นเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม. (1 ฟุต) เป็นแผ่นรองรับน้ำหนัก

### 3.2.3 การทดสอบความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)

ทำการทดสอบ ความหนาแน่นของดินในสนาม ด้วยวิธี ขวดทราย (Sand Cone Method) ตามมาตรฐานของ ASTM. D1556 - 64 เครื่องมือประกอบด้วย ขวดทราย Temp Plate และอื่น ๆ ดังรูปที่ 3.4



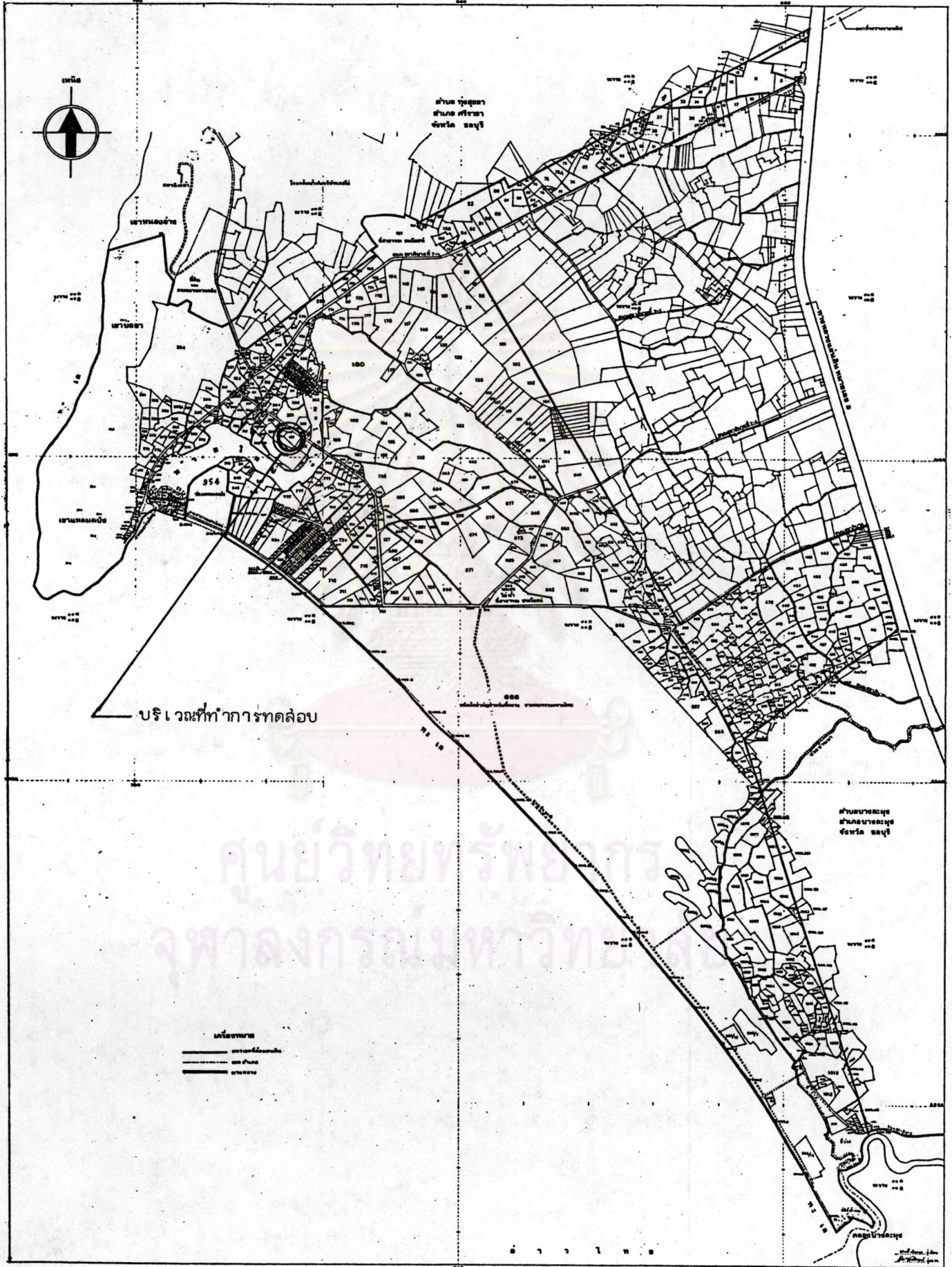
รูปที่ 3.2 แสดงบริเวณที่ทดสอบ ณ คลังเก็บและบรรจุก๊าซ แอล พี ซี บ้านโรงโป๊ะ ชลบุรี



รูปที่ 3.3ก. แสดงบริเวณที่ตัดล๊อบ โครงการทำเทียบเรือแหลมฉบัง การทำเรือแห่ง-  
ประเทศไทย แหลมฉบัง ชลบุรี

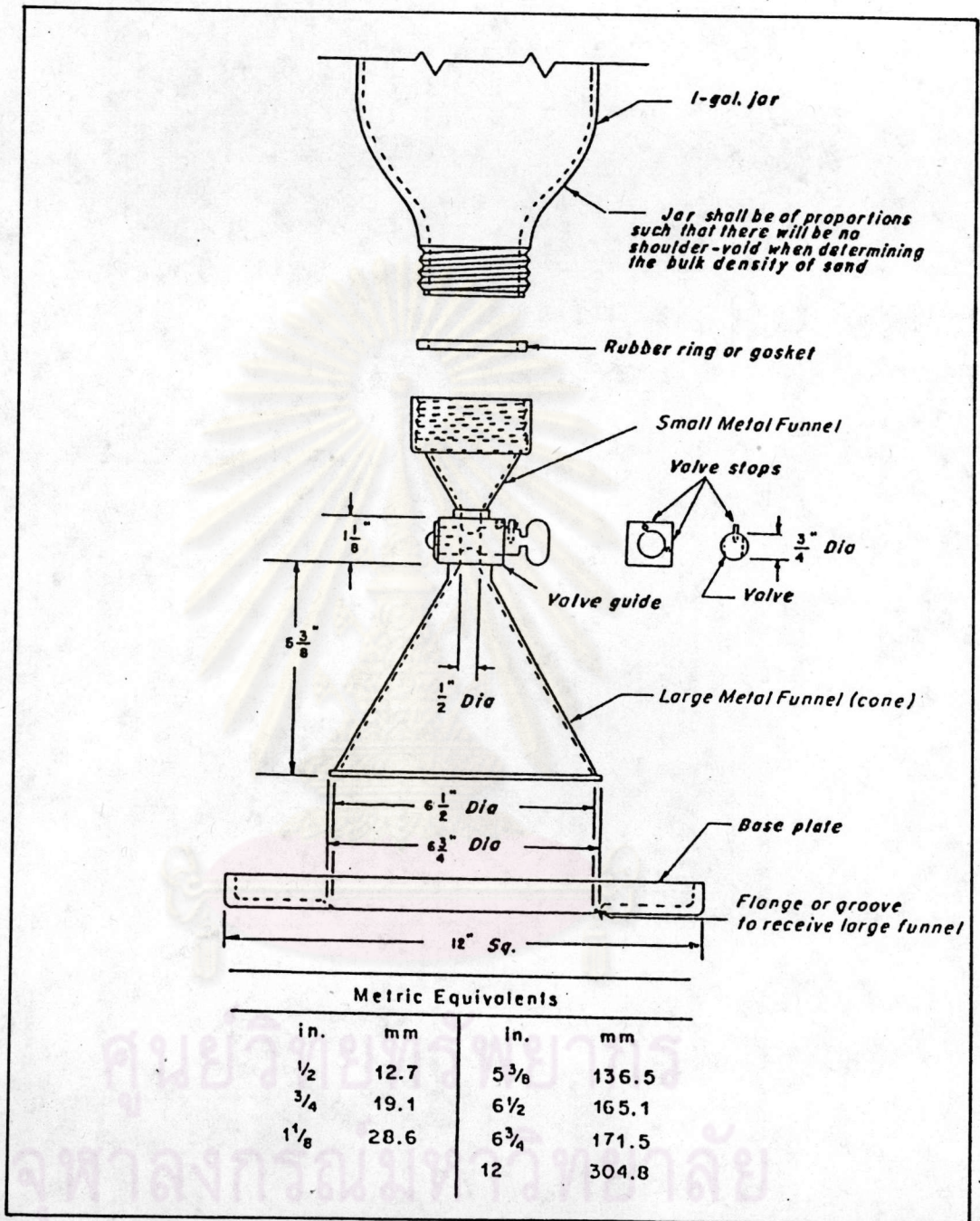
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนที่กำหนดประโยชน์ที่ดินในกิ่งกาบแก้ว  
ในท้องที่ตำบลทุ่งทราย อำเภอศรีราชา และตำบลบางพระ อำเภอเมืองชลบุรี  
พ.ศ. ๒๕๒๑



รูปที่ 3.3๒ แสดงบริเวณที่ดินที่เวนคืนเพื่อใช้ในโครงการท่าเทียบเรือแหลมฉบัง





รูปที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของกรวยมาตรฐาน และส่วนประกอบต่าง ๆ ของ เครื่องมือทดสอบความหนาแน่นของดินตามมาตรฐาน ASTM D1556-64

ข้อควรระวังในการทดสอบคือ ต้องปรับพื้นที่ให้เรียบก่อนวาง Temp Plate เมื่อวางแล้วตักดินอื่น จะต้องทำให้ผนังด้านในของหลุมมีผิวเรียบมนโค้งดี เพื่อว่าเมื่อปล่อยให้เม็ดทรายไหลผ่านปากกรวยลงไปหลุมได้ทั่วถึง การทดสอบจะได้ไม่ผิดพลาด

การทดสอบความหนาแน่นของดินนี้ กระทำที่ผิวดิน และที่ความลึก 0.50 และ 1.00 เมตรจากผิวดิน สำหรับดินเดิม เมื่อจะทดสอบ Plate Bearing Test และใช้วิธีทดสอบนี้ ทดสอบความหนาแน่นของดินที่บดอัดใหม่ด้วย

### 3.2.4 การทดสอบความสามารถรับน้ำหนักประลัย ( $q_{ult}$ ) ของดิน ด้วยวิธี Plate Bearing Test

การทดสอบความสามารถรับน้ำหนักประลัยของดินนี้ ด้วยวิธี Plate Bearing Test จะทำตามมาตรฐาน ASTM D1194 - 72 (Reapproved 1977) โดยใช้แผ่นเหล็กกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.30 เมตร หรือ 1 ฟุต หนา 2.54 ซม. หรือ 1 นิ้ว เป็นแผ่นรับน้ำหนัก โดยมีเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

1. แผ่นเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.30 เมตร (1 ฟุต) หนา 2.54 ซม. (1 นิ้ว)
2. Load cell
3. Hydraulic Jack 30 Tons
4. Dial gauge อ่านละเอียด 0.001 นิ้ว 3 ชุด
5. Reference Beam
6. Counter weight
7. นาฬิกาจับเวลา

#### 3.2.4.1 การเตรียมการทดสอบ

การเตรียมการทดสอบ ประกอบด้วยการเตรียมหลุมทดสอบ และ เครื่องมือ ตลอดจน counter weight ที่จะใช้

##### 1. การเตรียมหลุมทดสอบ

สำหรับการทดสอบแผ่นรับน้ำหนัก ที่ผิวดินจะต้องปรับหน้าดินให้ เรียบได้ระดับ เอาต้นหญ้า รากไม้ และดินบนที่มีซากพืชปนออก ประมาณ 10 ซม. ส่วนที่ความลึก 0.50 เมตร จะขุดหลุมกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร ลึก 0.50 เมตร และปรับพื้นที่เรียบ

ได้ระดับเช่นเดียวกัน จากนั้น จะทดสอบความหนาแน่นของดินทันที ด้วยวิธี ขวดทราย การที่ต้องทำทันที เพราะเมื่อเปิดหน้าดิน น้ำจะระเหยไปเร็ว จะทำให้ค่าความหนาแน่นที่ทดสอบได้คลาดเคลื่อนไป

## 2. การเตรียมน้ำหนักต้าน (Counter Weight)

Counter weight ที่ใช้ในการทดสอบนี้ มี 2 แบบคือ เป็นรถบรรทุก 10 ล้อ พร้อมน้ำหนักบรรทุก (ประมาณ 20 ตัน) กับวิธีใช้ก้อนน้ำหนักวางบนคาน ดังรูปที่ 3.5 และ รูปที่ 3.6 ตามลำดับ การทดสอบที่สำนากิฬาราชนาวิ ใช้รถขุดดินตะขาบ (back hoe) เป็น Counter Weight ที่บ้านโรงโปะะใช้รถบรรทุก 10 ล้อ พร้อมน้ำหนักบรรทุก เป็น Counter Weight ส่วนที่แหลมฉบัง ใช้ทั้งสองอย่างคือ รถบรรทุก 10 ล้อ + น้ำหนักบรรทุก กับ ก้อนน้ำหนักวางบนคาน การใช้น้ำหนักต้านทั้งสองวิธี มีทั้งข้อดีและข้อเสีย จากปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดสอบภาคสนาม อาจสรุปข้อดีและข้อเสียของ Counter Weight ทั้งสองวิธี ไว้ดังตารางที่ 3.2

## 3. ติดตั้งเครื่องมือทดสอบ

เมื่อปรับดินกันหลุมเรียบร้อยแล้วได้ระดับดีแล้ว จึงวางแผ่นเหล็กทดสอบ ปรับให้ได้ระดับอย่าให้แผ่นรับน้ำหนักเอียง ติดตั้งเครื่องมืออื่น ๆ เช่น Load Cell และ Hydraulic Jack ตามลำดับ ในกรณีที่ยังมีระยะว่างระหว่างเครื่องมือกับ Counter Weight จะต้องใช้ก้านสั้ง หรือแผ่นเหล็กเสริม เพื่อให้เครื่องมือทั้งชุดติดตั้งได้พอดีไม่มีช่องว่างเพื่อถ่ายทอดแรง ข้อสำคัญ เครื่องมือซึ่งใช้สำหรับเพิ่มน้ำหนักบรรทุกนี้ ต้องจัดให้ได้ศูนย์กลางและแนวตั้งเดียวกัน ติดตั้ง Reference Beam และมาตรวัดการทรุดตัว เครื่องมือต่าง ๆ ติดตั้งเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 3.7

### 3.2.4.2 การทดสอบ

เมื่อจัดเครื่องมือเรียบร้อยแล้วเริ่มทำการทดสอบดังนี้

1. ขึ้นน้ำหนักบรรทุกทีละชั้น แต่ละชั้นจะคิดเป็นน้ำหนักบรรทุกประมาณ  $\frac{1}{5} (q_{ult})$  เมื่อ  $q_{ult}$  เป็นค่าที่ประมาณว่าดินจะเกิดการพิบัติที่น้ำหนักบรรทุกนั้น
2. บันทึกค่าการทรุดตัวกับเวลา คณน้ำหนักบรรทุกให้คงที่ไว้จนกว่าอัตราการทรุดตัว จะมีค่าเป็น 0.001 นิ้ว/ชั่วโมง หรือไม่มีการทรุดตัว จึงจะทำการขึ้นน้ำหนักบรรทุกชั้นต่อไป



รูปที่ 3.5 แสดงน้ำหนักต้านเป็นรถบรรทุก + น้ำหนักบรรทุกสำหรับทดสอบ  
Plate Bearing Test



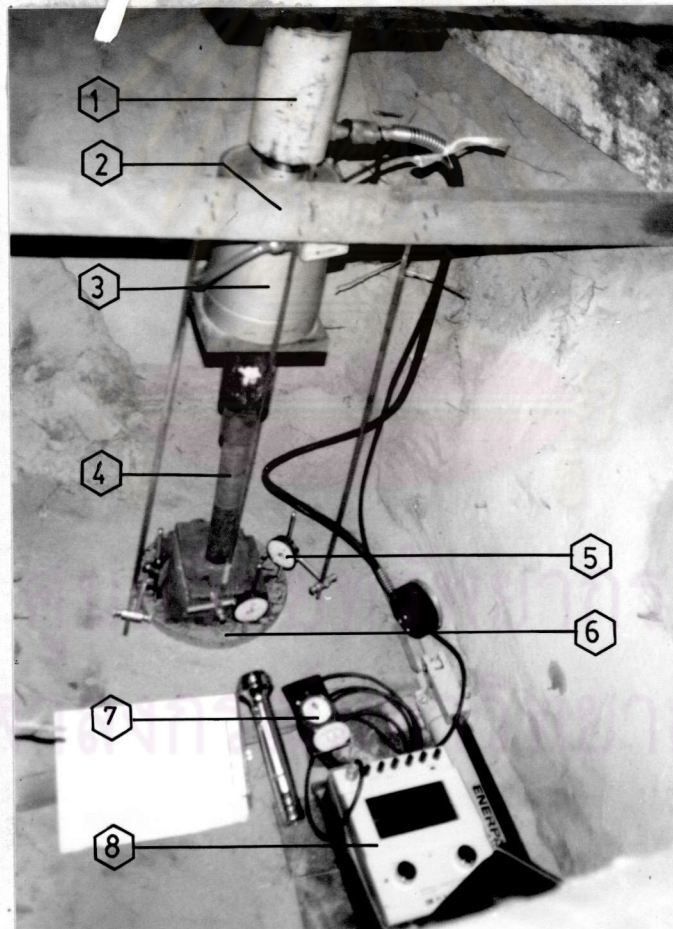
รูปที่ 3.6 แสดงน้ำหนักต้านเป็นก้อนน้ำหนักวางบนคานสำหรับทดสอบ  
Plate Bearing Test

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของ Counter Weight แบบรถบรรทุก  
10 ล้อ พร้อมน้ำหนักบรรทุก กับ ก้อนน้ำหนักวางบนคาน

รถบรรทุก + น้ำหนักบรรทุก	ก้อนน้ำหนักวางบนคาน
<p><u>ข้อดี</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>เคลื่อนย้ายสะดวก ไม่จำเป็นต้องมีเครื่องทุ่นแรง</li> <li>ใช้เวลาเตรียม Counter weight น้อยกว่า (เพียงบรรทุกน้ำหนัก แล้วจอดให้เข้าที่เมื่อทดลอบ)</li> <li>จัดหาอุปกรณ์ คือ รถบรรทุก + น้ำหนักบรรทุกได้ทั่วไป</li> </ol>	<p><u>ข้อเสีย</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>เคลื่อนย้ายลำบาก ต้องใช้เครื่องทุ่นแรง</li> <li>ใช้เวลาในการเตรียม Counter weight มากกว่า (ติดตั้งคาน และก้อนน้ำหนัก)</li> <li>ก้อนน้ำหนักคาน และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เป็นวัสดุใช้งานเฉพาะอย่าง อาจไม่มีทั่วไปในท้องถิ่นที่ทำการทดลอบ</li> </ol>
<p><u>ข้อเสีย</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>มีการขยับตัวของ Counter weight</li> <li>น้ำหนักของ Counter weight จำกัดด้วยขนาดของรถบรรทุก</li> <li>เป็น Counter weight สำหรับการทดลอบที่ดินมี <math>q_{ult}</math> สูง ๆ ไม่ได้เนื่องจากข้อจำกัด ในข้อ 2</li> <li>มีผลกระทบต่อ <math>q_{ult}</math> เพราะน้ำหนักของรถบางส่วนถ่วงน้ำหนักไปตามล้อ ทำให้เสมือนมีน้ำหนักบรรทุกมากกว่าต่อพื้นดิน ซึ่งยังอยู่ในรัศมีของระนาบของการพิบัติ</li> <li>ทำงานในการติดตั้งเครื่องมือลำบาก เพราะมีที่ว่างให้ปฏิบัติงานน้อยกว่า</li> </ol>	<p><u>ข้อดี</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ไม่มีปัญหาเรื่องการขยับตัวของ Counter weight</li> <li>จัดหาน้ำหนักของ Counter weight ได้มากตามต้องการ</li> <li>เป็น Counter weight สำหรับการทดลอบที่ดินมีค่า <math>q_{ult}</math> สูง ๆ ได้ เพราะอาจเพิ่มน้ำหนักคานได้ ไม่มีข้อจำกัดน้ำหนัก</li> <li>ถ้าใช้คานที่ยาวพอควร น้ำหนักบนคานที่ถ่ายไปยังพื้นดิน จะอยู่นอกรัศมีของระนาบของการพิบัติ ไม่มีผลต่อ <math>q_{ult}</math></li> <li>ทำงานได้สะดวก มีที่ว่างให้ปฏิบัติงานมากกว่า</li> </ol>



(ก)



(ข)

- 1 Hydraulic Jack 30 T
- 2 Reference bar
- 3 Load cell
- 4 ก้านเหล็กถ่ายทอดแรง
- 5 Dial guage
- 6 Plate  $\phi$  30.48 ซม.
- 7 นาฬิกาจับเวลา
- 8 Strain Meter

รูปที่ 3.7 แสดงการติดตั้งเครื่องมือที่หลุมทดสอบ Plate Bearing Test

(ก) ทดสอบ Plate Bearing Test ที่ความลึก 0.50 เมตร

(ข) ทดสอบ Plate Bearing Test ที่ความลึก 1.00 เมตร ต้อง  
ใช้ก้านเหล็กถ่ายทอดแรง

3. ขึ้นน้ำหนักบรรทุกขึ้นต่อไป ทีละขั้น แล้วทำซ้ำอย่างข้อ 2 จนกว่าดินจะเกิดการพิบัติ โดยสังเกตจากกราฟระหว่าง ค่าการทรุดตัวกับน้ำหนักบรรทุก เมื่อค่าความลาดชัน (Slope) ของกราฟขึ้นขึ้น แสดงว่าดินได้ผ่านจุดคลาก และเกิดการพิบัติแล้ว จึงจะหยุดการทดสอบ เป็นอันเสร็จ 1 การทดสอบ หาค่า  $q_{ult}$  จากกราฟของการทรุดตัว กับน้ำหนักบรรทุกนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.8

### 3.2.4.3 ข้อควรระวังในการทดสอบ

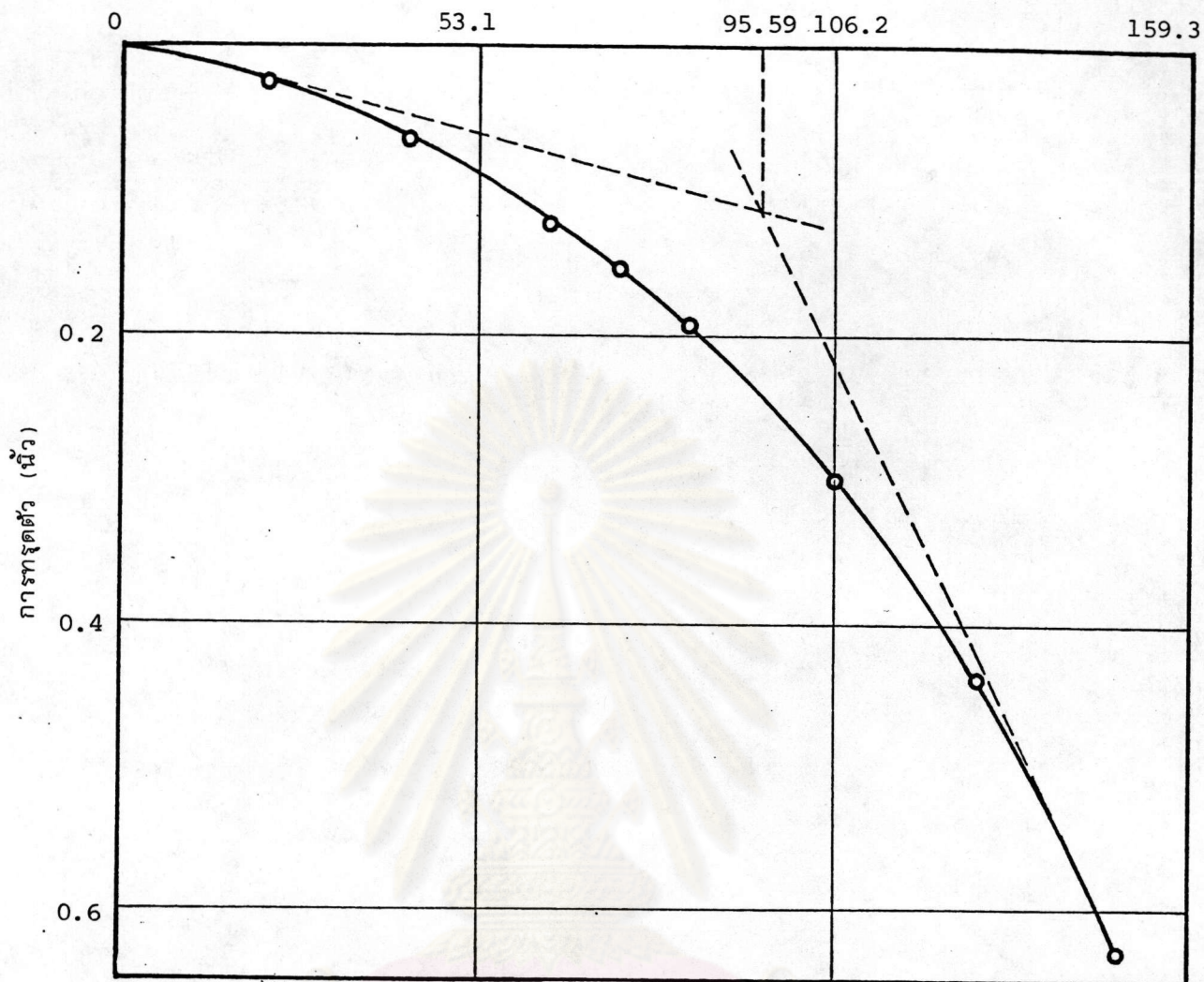
1. น้ำหนักบรรทุกในแต่ละขั้นของน้ำหนัก จะต้องคอยดูแลให้คงที่เสมอ ถ้าน้ำหนักบรรทุกลดลง แสดงว่า ดินยังไม่หยุดการทรุดตัว ในขั้นของน้ำหนักบรรทุกนั้น
2. อ่านค่าการทรุดตัวจากมาตรวัดทั้งสาม เพื่อเปรียบเทียบดูว่า ได้ค่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร เพื่อจะได้ทราบว่า แผ่นทดสอบเอียงหรือไม่ ค่าการทรุดตัว ใช้ค่าการทรุดตัวเฉลี่ยที่วัดได้จากมาตรวัดทั้งสาม
3. ป้องกันลมและฝนไม่ให้มาสัมผัสกระทบต่อเครื่องมือและการทดสอบ
4. อย่าให้มีอะไรมาทำให้ดินสั่นสะเทือนใกล้ ๆ บริเวณที่ทดสอบ เพราะการสั่นสะเทือนทำให้เกิดชั้นที่ก่อกำเนิดขึ้น ผ่านชั้นดิน มาถึงยังบริเวณที่ทดสอบ จะส่งผลต่อการทดสอบ ทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนไป

### 3.3 การทดสอบ Plate Bearing Test สำหรับทรายที่จำลองสภาพ

การทดสอบนี้กระทำเฉพาะทรายที่แหลมฉาบ โดยทำการทดสอบหาค่าความสามารถรับน้ำหนักประลัยของดิน ( $q_{ult}$ ) ด้วยวิธี Plate Bearing Test การทดสอบกระทำบนผิวทราย ซึ่งเตรียมตัวอย่างขึ้นใหม่ ด้วยการบดอัดทรายให้มีความหนาแน่นต่าง ๆ กัน ในหลุมกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.6 เมตร ลึก 1.4 เมตร ใช้ตัวอย่างทรายจากความลึก 0-0.5 เมตร ซึ่งประมาณว่า ทรายนั้นมีสัมประสิทธิ์ที่ทำการทดสอบ Plate Bearing Test ตามมาตรฐาน ASTM D1194 - 72 (Reapproved. 1977) เช่นเดียวกับการทดสอบ Plate Bearing Test ในภาคสนาม และทดสอบที่ความลึก 0 และ 0.5 เมตร เช่นเดียวกัน

#### 3.3.1 การออกแบบการทดสอบ

จากลุ่มมูติฐานที่ว่าระนาบของการพิบัติ (Failure Plane) มีหลายรูปแบบ เช่น เป็นรูปสี่เหลี่ยม รูปโค้งวงกลม โค้งกันหอย ระนาบของการพิบัติ จะขึ้นอยู่กัด้วยประกอบสำคัญหลายประการ



รูปที่ 3.8 แสดงการหาค่า  $q_{ult}$  จากกราฟของการทรุดตัวกับน้ำหนักบรรทุกด้วยวิธีลากเส้นสัมผัสกราฟตัดกัน (Double Tangent) จากการทดสอบ Plate Bearing Test ความลึก 1 เมตร ที่คลังเก็บและบรรจุภัณฑ์ แอล พี ซี บ้านโรงโป๊ะ ชลบุรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ได้แก่ ความหนาแน่น ( $\gamma$ ) แรงยึดเหนี่ยว ( $c$ ) ความชื้นในดิน ( $w$ ) ระดับน้ำใต้ดิน ตลอดจนค่า มุมเสียดทานภายใน ( $\phi$ ) โดยทางทฤษฎีสามารถคำนวณขอบเขตความกว้าง และความลึกของ ระบายของการพิบัติได้จากค่ามุมเสียดทานภายใน( $\phi$ ) และพบว่าระบายของการพิบัติที่เป็นรูปโค้ง ก้นหอย (Logarithmic spiral curve) จะให้ขอบเขตของระบายของการพิบัติ กว้าง และ ลึกที่สุด

จากรูปที่ 3.9 รูปที่ 3.9 ก แทนฐานรากยาวต่อเนื่อง และมีผิวใต้ฐานหยาบ (Rough Base) ถ้า  $\gamma=0$  ระบายของการพิบัติจะปรากฏผิวหน้าของการเคลื่อนตัว  $de_1f_1$  เส้นโค้ง  $de_1$  ของผิวหน้านี้ เป็นโค้งก้นหอย (Logarithmic spiral curve) ซึ่งมีจุดศูนย์กลางที่  $b$  (Prandtl ; 1920) สมการของเส้นโค้งนี้ คือ

$$r = r_0 e^{\theta \tan \phi} \quad \dots\dots (3.1)$$

เมื่อ  $r =$  รัศมีของโค้งก้นหอย ที่มุม  $\theta$  ต่าง ๆ

$$r_0 = bd \text{ ในรูปที่ 3.9 ก}$$

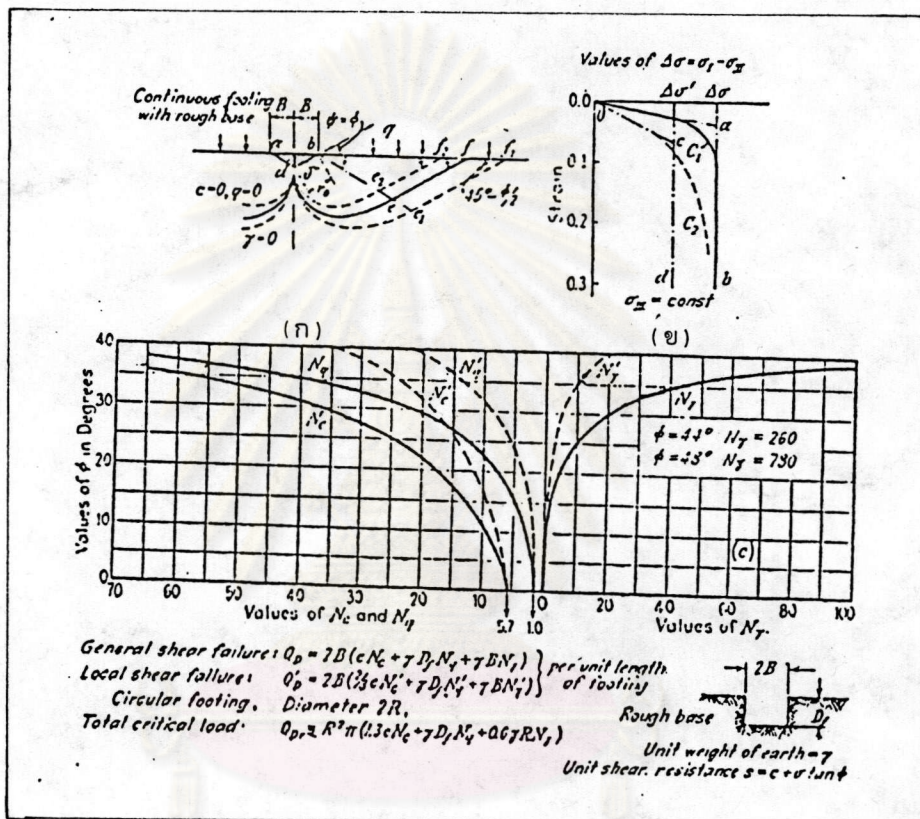
$$\phi = \text{มุมเสียดทานภายใน}$$

$$\theta = \text{มุมระหว่างรัศมี } r_0 \text{ กับ } r \text{ ในรูปที่ 3.9 ก}$$

ดังนั้น ในการทดสอบสำหรับการวิจัยนี้ ได้ใช้แผ่นเหล็กกลมสำหรับทดสอบที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.30 เมตร (1 ฟุต) ทดสอบกับทรายที่มีค่ามุมเสียดทานภายใน ( $\phi$ ) ค่าต่าง ๆ ขนาดของระบายของการพิบัติ ซึ่งคำนวณจาก ขนาดของแผ่นทดสอบ และสมการเส้นโค้ง สมการ (3.1) จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความลึก สำหรับค่ามุมที่สมมูลกัน ดังตารางที่ 3.3

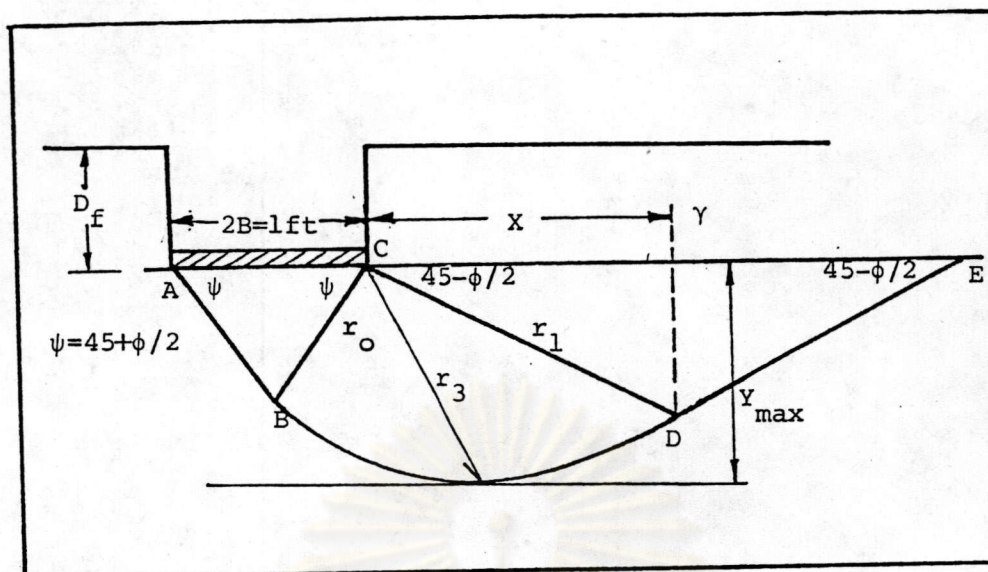
### 3.3.2 การเตรียมตัวอย่าง

จากการออกแบบ คาดว่า ค่า  $\phi$  ของดินสูงที่สุดประมาณ  $33^\circ$  จึงทำการบดอัดทราย (ทรายที่บริเวณความลึก 0 - 0.50 เมตร) ลงในหลุมกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.6 เมตร ลึก 1.40 เมตร การทดสอบนี้ กระทำ ณ สถานที่ทดสอบคือที่แหลมฉบัง โดยชุดหลุมกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.6 เมตร ลึก 1.40 เมตร บดอัดดินที่ละชั้น หนาชั้นละ 10 ซม. ควบคุมความหนาแน่น ด้วยจำนวน เทียบของการบดอัด ตรวจสอบความหนาแน่น ของการบดอัด ทุก ๆ 30 ซม. ของความหนาของการ บดอัด



รูปที่ 3.9 แสดงระนาบของการพิบัติใช้ในการออกแบบการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 3.3 ขอบเขตของระนาบพิบัติ สำหรับแผ่นทดสอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.30 m (1 ฟุต) สำหรับค่ามุมเสียดทานภายใน แต่ละค่า ที่ลมนัยกัน

$\phi$	(m) เส้นผ่าศูนย์กลางของ failure zone	$Y_{max}(m)$	( $m^3$ ) Compacted Mat.
0	0.91	0.22	0.29
10	1.26	0.27	0.67
20	1.85	0.35	1.88
30	2.92	0.48	6.42
35	3.82	0.57	13.07
40	5.18	0.71	29.93

เครื่องมือที่ใช้ในการบดอัด เป็นล้อคอนกรีตทรงกระบอกตัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 ซม. ยาว 60 ซม. เมื่อกดลงไปจะมีหน้าสัมผัสประมาณ 600 ตร.ซม. มีน้ำหนักประมาณ 180 กิโลกรัม การบดอัดใช้แรงงานคนผลักล้อคอนกรีตนี้ให้วิ่งผ่านหน้าดินไป โดยไม่มีการสั่นสะเทือนใด ๆ ดังรูปที่ 3.10 ทำการเตรียมตัวอย่างดินโดยการบดอัดด้วยจำนวนเที่ยว หรือพลังงานการบดอัดที่ต่างกัน เตรียมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง คือ บดอัด 0, 2, 8, 12 และ 16 เที่ยว ตามลำดับ (0 เที่ยวคือ สภาพลรวมไม่มีการบดอัด) ทำการทดสอบ Plate Bearing Test กับตัวอย่างดินนั้น ๆ ที่ความลึก 0 (ผิวดิน) และ 0.50 เมตร สำหรับแต่ละตัวอย่างในทั้งห้าตัวอย่าง

การควบคุมความชื้นของตัวอย่าง พยายามทำให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยพรมน้ำ ให้ตัวอย่างทรายเท่า ๆ กัน ก่อนนำทรายนั้นลงไปบดอัดในหลุม

### 3.3.3 การทดสอบ

การทดสอบแผ่นรับน้ำหนัก กระทำเช่นเดียวกับการทดสอบแผ่นรับน้ำหนักในภาคสนาม กับดินเดิม ดังได้กล่าวแล้ว ใน 3.2.4 ทดสอบค่า  $q_{ult}$  ของตัวอย่างทรายที่ความลึก 0 และ 0.50 เมตร ของตัวอย่างที่บดอัด 0, 2, 8, 12 และ 16 เที่ยว ตามลำดับ

### 3.4 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

หลังจากการทดสอบภาคสนาม และการทดสอบพิเศษสำหรับทรายจำลองสภาพกระทำ เรียบร้อยแล้ว ได้นำตัวอย่างดินที่เก็บได้ จากหลุมเจาะที่ความลึกต่าง ๆ และดินที่ความลึกผิวดิน 0.50 เมตร และ 1.00 เมตร ของดินเดิมและทรายที่บดอัดใหม่ เก็บตัวอย่างเมื่อทดสอบ Plate Bearing Test ตัวอย่างดินดังกล่าว จะนำมาทดสอบสมบัติของดินในทางปรุพีกลค่าลัสต์ และกำลังรับแรงเฉือน ดังต่อไปนี้

3.4.1 การหาปริมาณน้ำในดินตามธรรมชาติ (Natural Water Content) กระทำการทดสอบนี้ สำหรับตัวอย่างดินที่เป็น Cohesive Soil ได้แก่ดินที่ลุ่มน้ำกึ่งทรายปนน้ำ เป็นดินพวก Plastic Silt มีความเหนียว (ASTM D2216-80)

3.4.2 การดูดซับน้ำ (Percent absorption) จะทดสอบ Percent absorption ตามมาตรฐาน ASTM C128-79 สำหรับตัวอย่างทรายได้แก่ ทรายที่บ้านโรงโป๊ะและแหลมฉะบอง นำตัวอย่างทรายมาทดสอบ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.10 แสดงการเตรียมตัวอย่างทรายจำลองสภาพโดยการบดอัดด้วยล้อคอนกรีตต้น

1. นำทรายมาแช่น้ำไว้ 1 คืน เพื่อให้เม็ดทรายชุ่มน้ำจนอิ่มตัว
2. นำทรายขึ้นจากน้ำ ผึ่งลม ผึ่งแดด พอหมาด ๆ แล้วใช้ลมร่อนน้อย ๆ ค่อย ๆ เป่า
3. ทดสอบบดอัดทรายในกรวยปลายตัด ดังรูปที่ 3.11 ใส่ทรายในกรวยคว่ำให้เต็ม แล้วกระทุ้งด้วยก้านโลหะ จำนวน 25 ครั้ง แล้วยกกรวยขึ้น ถ้าทรายยังเกาะตัวกันอยู่ไม่ยุบ ทลายลงทันที แสดงว่าทรายนั่นยังชื้นอยู่ เป่าลมร่อนต่อไปจนเมื่อทดสอบบดอัดทรายในกรวยแล้วยกกรวยขึ้น ทรายจะทลายลงทันที นำทรายนี้ไปหาค่า Percent absorption ตามขั้นตอนวิธีในข้อ 4
4. นำทรายจากข้อ 3 จำนวน 500 กรัม ใส่ลงในกระบอกตวงปริมาตร 500 ลบ.ซม. เติมน้ำไล่ฟองอากาศออก แล้วเติมน้ำให้ได้ระดับ 500 ลบ.ซม. น้ำ น้ำ + กระบอกตวง + ทรายไปยังน้ำหนัก จากนั้นนำทรายในกระบอกตวงทั้งหมดไปอบแห้ง เพื่อคำนวณ Percent absorption

$$\text{Percent absorption} = \frac{500-A}{A} \times 100 \quad \% \dots\dots(3.2)$$

500 = น้ำหนักทรายขึ้นซึ่งบดอัด ในกรวยปลายตัดคว่ำ  
เมื่อยกกรวยขึ้นแล้วทรายจะทลายลงพอดี

A = น้ำหนักของทรายแห้ง

### 3.4.3 การวิเคราะห์หยาบขนาดของอนุภาค (Grain Size Analysis) ทำ 2 วิธีคือ

1. Sieve Analysis สำหรับตัวอย่างทราย (ASTM D422-63)
2. Sieve Analysis ร่วมกับ Hydrometer สำหรับตัวอย่างดินที่เป็น Plastic silt ทั้งสองวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D422-63 (Reapproved. 1972) และ Soil Testing for Engineer : T. William Lambe

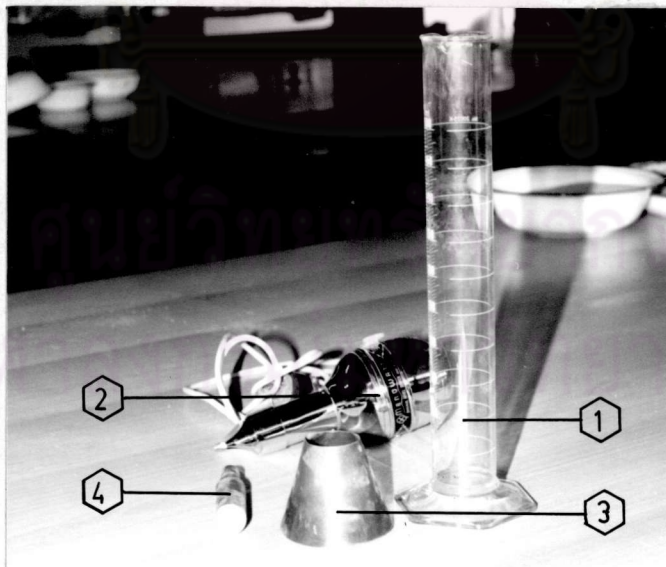
### 3.4.4 การหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ทำการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างดิน ในเขต ถ.พ. (ASTM C128-79)



(ก) เป่าลมร้อนจนทรายมีความชื้นพอเหมาะ (ข) บดอัดทรายขึ้นนั้นในกรวยปลายตัดกระทุ้ง 25 ครั้ง



(ค) ยกกรวยทองเหลืองขึ้นตรง ๆ ทรายจะไหลลงทันที



- 1 กระบอกตวง 500 CC.
- 2 Dryer
- 3 กรวยทองเหลืองปลายตัด
- 4 แท่งทองเหลืองต้นสำหรับกระทุ้ง

(ง)

รูปที่ 3.11 แสดงการทดสอบ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

Percent absorption

ก, ข และ ค แสดงการทดสอบ

ง แสดงเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

3.4.5 การหาขีดจำกัดแอดเตอร์เบิร์ก (Atterberg Limit) ทดสอบสำหรับตัวอย่างดินที่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (Cohesion) ตามมาตรฐาน ASTM D4318

3.4.6 การจำแนกประเภทของดิน (Soil Classification) ทำการจำแนกประเภทของดินโดยใช้ผลการทดสอบในข้อ 3.4.3, 3.4.4, 3.4.5 และมาตรฐานของ Unified soil classification เพื่อจำแนกประเภทของดิน

3.4.7 Direct Shear Test ตามมาตรฐาน ASTM D3080-72 (Reapproved. 1979)

3.4.7.1 เหตุผลที่เลือกทดสอบด้วยวิธี Direct Shear Test

เนื่องจากต้องการจะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $\phi$  กับ  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  แต่ไม่สามารถทราบค่า  $\phi$  และ  $c$  จากดินที่บดอัดขึ้นใหม่ หรือจากดินเดิม ได้โดยตรง จึงเลือกใช้วิธีหาค่า  $\phi$  และ  $c$  จากการทดสอบ Direct Shear กับตัวอย่างดินซึ่งควบคุมความหนาแน่นแห้ง (Dry Density) และปริมาณน้ำของตัวอย่างที่ทดสอบ ให้มีค่าใกล้เคียง หรือเท่ากับ ดินที่ทดสอบในภาคสนาม สำหรับดินเดิมและดินที่บดอัดใหม่ ในกล่องกลม เหตุที่เลือกการทดสอบ Direct Shear อาจสรุปได้ดังนี้

1. ตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นทราย และทรายแป้ง การทดสอบ Direct Shear ง่ายกว่า Triaxial สะดวก รวดเร็วกว่า และค่าที่ได้ ไม่ต่างกันมากนัก
2. ในการใช้งานทั่วไป นิยมทดสอบ Direct Shear มากกว่า เนื่องจากเหตุผลในข้อ 1 ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่าง  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  กับ  $\phi$  ค่า  $\phi$  จึงควรเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบ Direct Shear

ค่า  $c$  และ  $\phi$  ที่ได้จากการทดสอบ Direct Shear ซึ่งควบคุมปริมาณน้ำและความหนาแน่นแห้ง นี้ จะใช้เป็นค่า  $c$  และ  $\phi$  สำหรับดินที่ทดสอบในภาคสนาม และดินที่บดอัดใหม่ในกล่องกลม และนำไปใช้หาความสัมพันธ์ ระหว่าง  $\phi$  กับ  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  ต่อไป

3.4.7.2 การทดสอบ

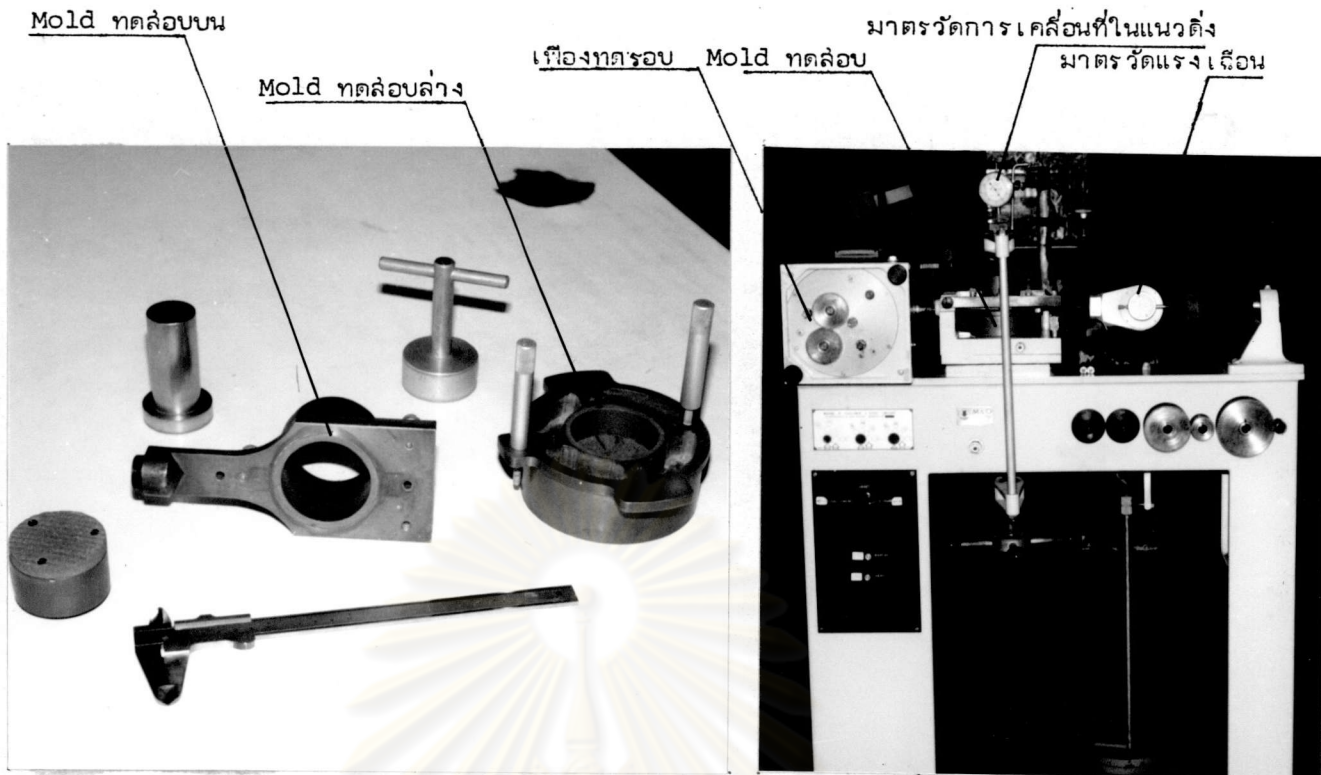
Direct Shear Test ทำการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยใช้ Mold กลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. หนาประมาณ 4.29 ซม. ให้น้ำหนักบรรทุกในแนวตั้ง



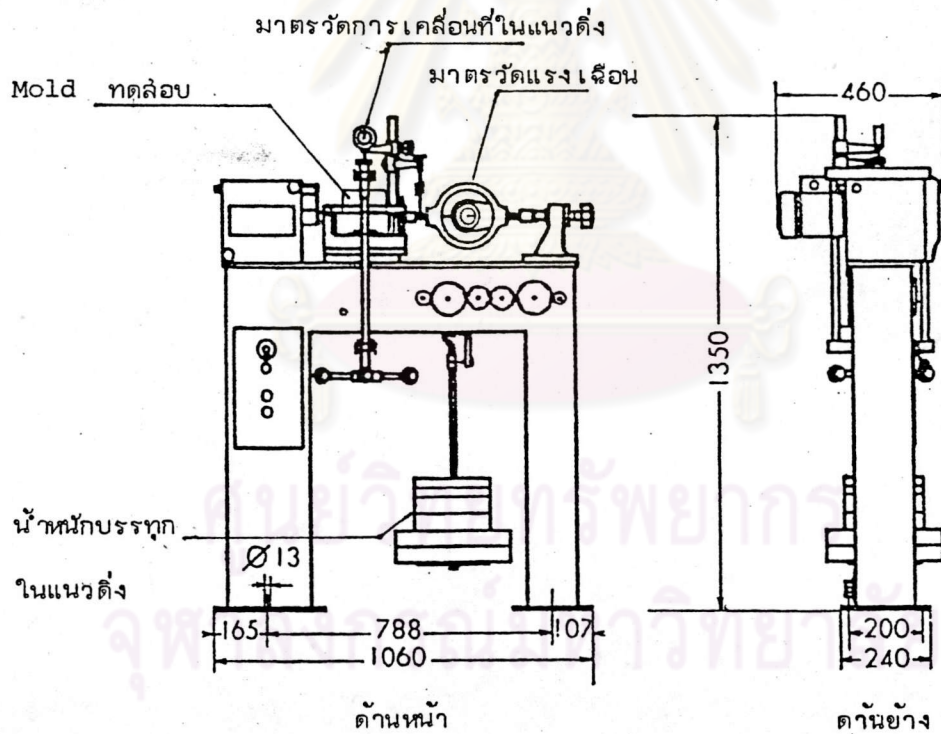
(Normal load) ด้วยวิธีแวนตัมน้ำหนัก เป็นน้ำหนักบรรทุกกระทำต่อตัวอย่างดิน โดยคำนวณจาก แขนของโมเมนต์ และน้ำหนักจริงที่แวนบนจานน้ำหนัก ทำการเคลื่อนตัวอย่างดิน ด้วยการเคลื่อน Mold ส่วนล่างด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและเฟืองทดรอบ ในอัตราเร็ว 0.01 มม./นาที ในขณะเดียวกัน ใช้ Proving Ring เป็นตัวต้านการเคลื่อนที่ของ Mold ส่วนบน ซึ่งบรรจุ ตัวอย่างดินไว้ภายใน ระหว่าง Mold ส่วนบน และ Mold ส่วนล่างนั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.12

ในการเตรียมตัวอย่างดิน จะใช้วิธีบดอัดดินแห้งลงใน Mold จัด Mold ซึ่งบรรจุ ตัวอย่างแล้วไว้บนเครื่องมือที่จะทดสอบ แวนน้ำหนักบรรทุก แล้วเติมน้ำ และปล่อยให้ตัวอย่าง อิ่มตัวด้วยน้ำ ระยะเวลาหนึ่ง สำหรับดินที่ล้นามกพิราชนาริ ส่วนทรายที่บ้านโรงโป๊ะ และแหลมฉบัง จะใช้ทรายขึ้น ซึ่งมีค่าความชื้น (water content) เท่ากับที่ทดสอบ Plate Bearing Test ที่ค่าความหนาแน่นนั้น ๆ ตามลำดับ และในแต่ละตัวอย่างที่ทดสอบ Direct Shear จะต้อง ควบคุมการบดอัดดินลงใน Mold ให้มีความหนาแน่นเท่าๆ กับตอนที่ทดสอบ Plate Bearing Test ในล้นามกกับดินเดิมตามธรรมชาติ และดินที่เตรียมตัวอย่างขึ้นใหม่ ซึ่งมีความหนาแน่นต่าง ๆ กันด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก)



(ข)



รูปที่ 3.12 แสดงเครื่องทดสอบ Direct Shear ใช้มอเตอร์

ไฟฟ้าและเฟืองทดรอบ

(ก) แสดง Mold และเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้า

(ข) ภาพลายเส้นแสดงรายละเอียดของเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้า

สำหรับทดสอบ Direct Shear