

## การศึกษาการรับแรงแบกทานของดินโดยวิธีการกระจายน้ำหนักผ่านแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยม

### The Research of Bearing Capacity of Soil by Distributing Load on Square Steel Plate.

อัทพล บุบพิ<sup>1\*</sup> ยงยุทธ ศิริศรีเพ็ชร<sup>1</sup> จงศิลป์ สุขุมจริยพงศ์<sup>1</sup>

ณัฐพงษ์ เกษลัญชัย<sup>2</sup>

วัชร พิศวิมล<sup>3</sup> เพชรานี อุันทะยา<sup>3</sup> และ กัญญารักษ์ มีอ่อน<sup>3</sup>

<sup>1</sup> อาจารย์สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

<sup>2</sup> ผู้อำนวยการหมวดบำรุงทางหลวงชนบทเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

<sup>3</sup> นักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

\*Corresponding author; E-mail address: attaphol009tum@gmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดินผ่านแผ่นเหล็ก ในเขตพื้นที่การศึกษาโคกสี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการออกแบบฐานรากตื้นในการสร้างอาคารฝึกปฏิบัติงาน โดยทำการทดสอบหาค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดินด้วยวิธีการทดสอบ Plate Bearing Test. ตามมาตรฐาน มทข. 105-2545

การทดสอบครั้งนี้ใช้แผ่นเหล็กสี่เหลี่ยม ขนาด 0.30x0.30 เมตร แผ่นเหล็กมีความหนา 0.025 เมตร และทดสอบที่ระดับความลึก -1.00 เมตร จากผิวดินเดิม จำนวน 3 หลุมทดสอบ โดยใช้น้ำหนักในการออกแบบที่ 10 ตัน/ตารางเมตร มีอัตราความปลอดภัยเท่ากับ 3 และมีการจำแนกประเภทดินด้วยระบบ Unified soil Classification เพื่อใช้เป็นข้อมูลการออกแบบฐานรากตื้น

ผลจากการศึกษาพบว่าค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดินทั้ง 3 หลุมการทดสอบพบว่า มีค่าจุดตัวเฉื่อยของแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมเท่ากับ 3.633 มิลลิเมตร และมีค่าความสามารถรับน้ำหนักโดยปลอดภัยเท่ากับ 47.52 ตัน/ตารางเมตร เมื่อเทียบกับน้ำหนักที่ออกแบบสามารถนำไปออกแบบฐานรากตื้นได้อย่างปลอดภัย และจำแนกประเภทดินเป็นดิน SP-SC คือ ดินทรายละเอียดไม่ดีและมีดินเหนียวปนทราย

คำสำคัญ: กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดิน, เพลตแบริงเทส, จำแนกดิน

#### Abstract

This research was to studied values of bearing capacity of soil test by steel plate loading in Khok Si educational area of Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus. To keep in database for designing shallow foundations for construction workshop in area. The tested reference to CMT 105-2545 Standard.

This test used 030x0.30 meters square steel plate and 0.025 meters in thickness and tested at depth -1.00 meter from original soil surface amount 3 holes of test. The tested use design load 10 ton/square meter to used safety factor was 3 and more classification of soil by Unified Soil Classification System for design data in shallow foundations.

The results showed the load bearing capacity of soil in 3 holes of test to found the average settlement values of square plate was 3.633 millimeter and can carrying safe load capacity 47.52 ton/ square meter. Can applied for design shallow foundations in area on SP-SC soil was a poorly graded sand and clayed sand by soil classification

Keywords: Capacity of Soil., Plate Bearing Test., Unified Soil Classification.

#### 1. คำนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ จึงทำให้มีความต้องการด้านการก่อสร้างทางวิศวกรรมโยธาและงานสาธารณูปโภคต่าง ๆ เช่น บ้านพักอาศัย พอพัก อพาร์ทเมนท์ โรงงาน และถนนเพิ่มขึ้นตามปริมาณประชากรและก่อนที่จะมีการก่อสร้างจะต้องผ่านกระบวนการออกแบบในส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่การออกแบบที่อยู่ดินไปจนถึงชั้นที่อยู่เหนือดิน ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบฐานราก ออกแบบคาน ออกแบบเสา เป็นต้น ด้านการออกแบบส่วนงานวิศวกรรมโยธาส่วนที่วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษ คือ การออกแบบงานฐานราก ซึ่งเป็นส่วนที่รับน้ำหนักของอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างทั้งหมดและถ่ายน้ำหนักทั้งหมดลงสู่ชั้นดิน

พื้นที่การศึกษาโคสสิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น เป็นอีกสถานที่หนึ่งที่มีการสร้างสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ เช่น อาคารเรียน อาคารฝึกปฏิบัติงาน พื้นที่บริเวณจังหวัดขอนแก่นนี้ ชั้นดินเป็นลักษณะดินแข็ง ถ้ามีการก่อสร้างอาคารที่ไม่สูงมากนัก ส่วนใหญ่แล้ววิศวกร ก็จะออกแบบเป็นฐานรากตื้นในการออกแบบฐานรากตื้นนั้นวิศวกรผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของโครงสร้างและความประหยัดในการออกแบบโครงสร้างดังกล่าว ข้อมูลเบื้องต้นที่วิศวกรผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบก่อนการออกแบบโครงสร้างฐานรากตื้น คือ ค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดินและประเภทของดินบริเวณที่จะทำการก่อสร้างอาคาร ซึ่งวิธีการทดสอบที่จะช่วยให้ทราบถึงค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน คือ วิธีการทดสอบค่ากำลังรับแรงแบกทานของดิน (Plate Bearing Test)

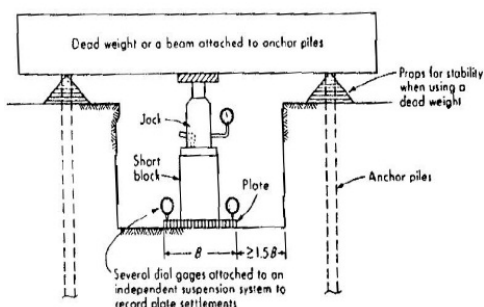
ผู้วิจัยจึงเห็นถึงความจำเป็นในการศึกษา และรวบรวมข้อมูลกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน ด้วยวิธีการทดสอบค่ากำลังรับแรงแบกทานของดิน เพื่อนำข้อมูลค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดินมาวิเคราะห์และใช้เป็นฐานข้อมูลในการออกแบบระบบฐานรากตื้นต่อไป จึงกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการ คือ 1.เพื่อหาความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดินตามมาตรฐาน และ 2.เพื่อจำแนกประเภทของดินจากหลุมทดสอบ

## 2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1.1 การทดสอบค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน (Plate Bearing Test)

บุญเทพ นานะกรังสรณ์ (2539) [9] เป็นการทดสอบโดยอาศัยแผ่นเหล็กทรงกลมหนา 1 นิ้ว และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 12-30 นิ้ว ซึ่งขนาดเพิ่มช่วงละ 6 นิ้ว แต่บางครั้งอาจใช้แผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 12x12 นิ้ว หากใช้ขนาดใหญ่แล้วจำเป็นที่จะต้องนำแผ่นที่มีขนาดเล็กกว่ามาทับเป็นชั้น ๆ ไว้เพื่อลดการโก่งของแผ่นเหล็ก ในขณะที่เหล็กมีน้ำหนักสูงมากค้ำ การติดตั้งเครื่องมือพร้อมอุปกรณ์ของการทดสอบ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ควรทดสอบที่ระดับความลึกเดียวกันกับที่จะวางฐานรากและทำการสูบน้ำออกจากหลุมทดสอบในควมลึกต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน



รูปที่ 1 การติดตั้งเครื่องมือทดสอบ (บุญเทพ นานะกรังสรณ์, 2539)

#### 2.1.2 การจำแนกประเภทของดินด้วยระบบ Unified Soil Classification

มานะ อภิพัฒนมนตรี (2545) [10] กล่าวถึงการจำแนกประเภทของดิน นิยมใช้กันมากกับงานวิศวกรรมประเภทดินถม และงานฐานรากของอาคารทั่วไป การจำแนกประเภทของดินโดยพิจารณาการกระจายขนาดคละของเม็ดดินและพลาสติกซิตีของมวลดินเป็นเกณฑ์ ใช้อักษรภาษาอังกฤษ 2 ตัวแทนชนิดของดิน อาทิเช่น SM หมายถึงดินตะกอนปนทราย SC หมายถึงดินเหนียวปนทราย เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทราบความหมายของอักษรภาษาอังกฤษแต่ละตัวให้ได้ ซึ่งอักษรภาษาอังกฤษแต่ละตัวมีความหมาย ดังนี้

อักษร G หมายถึง กรวด (Gravel)

อักษร S หมายถึง ทราย (Sand)

อักษร M หมายถึง ดินตะกอน (Silt)

อักษร C หมายถึง ดินเหนียว (Clay)

อักษร O หมายถึง ดินสารอินทรีย์ (Organic)

อักษร Pt หมายถึง ดินเลนที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของวัชพืช (Peat)

อักษร W หมายถึง ขนาดเม็ดดินคละดี (Well Graded)

อักษร P หมายถึง ขนาดเม็ดดินคละไม่ดี (Poorly Graded)

อักษร H หมายถึง ค่าขีดเหลวของดินสูง (L.L. > 50%)

อักษร L หมายถึง ค่าขีดเหลวของดินต่ำ (L.L. < 50%)

อักษร NP หมายถึง พลาสติกซิตีของมวลดินไม่มี (Non Plastic)

#### 2.1.3 ดินมวลหยาบ

มานะ อภิพัฒนมนตรี (2545) [4] ดินมวลหยาบประกอบด้วย ดิน 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ กรวด (G) และทราย (S) โดยพิจารณาเม็ดดินส่วนที่ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 40 น้อยกว่า 50% จัดเป็นพวกกรวด แต่ถ้าเม็ดดินส่วนที่ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 40 มากกว่า 50% และค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50% จัดเป็นพวกทราย (S) ดินกลุ่มกรวด (G) และทราย (S) แต่ละกลุ่มยังแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ได้แก่ กรวดคละก้นดี (GW) กรวดคละไม่ดี (GP) ดินตะกอนปนกรวด (GM) ดินเหนียวปนกรวด (GC) และทรายคละก้นดี (SW) ทรายคละไม่ดี (SP) ดินตะกอนปนทราย (SM) ดินเหนียวปนทราย (SC)

#### 2.1.4 ดินมวลละเอียด

ดินมวลละเอียดประกอบด้วย 4 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ ดินตะกอน (M) ดินเหนียว (C) ดินสารอินทรีย์ (O) และดินเลนที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของวัชพืช (Pt) ดินมวลละเอียด 3 กลุ่มแรกซึ่งได้แก่ ดินตะกอน ดินเหนียว ดินสารอินทรีย์ แต่ละกลุ่มยังแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ ดินตะกอน ที่มีค่าขีดเหลวสูง (MH) ดินตะกอนที่มีค่าขีดเหลวต่ำ (ML) ดินเหนียวที่มีค่าขีดเหลวสูง (CH) ดินเหนียวที่มีค่าขีดเหลวต่ำ (CL) ดินสารอินทรีย์ที่มีค่าขีดเหลวสูง (OH) ดินสารอินทรีย์ที่มีค่าขีดเหลวต่ำ (OL) การจำแนกชนิดของดินมวลละเอียดสามารถวิเคราะห์ได้จากแผนภูมิพลาสติกซิตี (Plasticity Chart) ดินที่อยู่เหนือ A-Line จะเป็นดินเหนียว ส่วนดินที่อยู่ใต้ A-Line จะ

เป็นดินตะกอนต่ำ (OL) การจำแนกชนิดของดินมวลละเอียดสามารถวิเคราะห์ได้จากแผนภูมิพลาสติกซิตี (Plasticity Chart) ดินที่อยู่เหนือ A-Line จะเป็นดินเหนียว ส่วนดินที่อยู่ใต้ A-Line จะเป็นดินตะกอน [4]

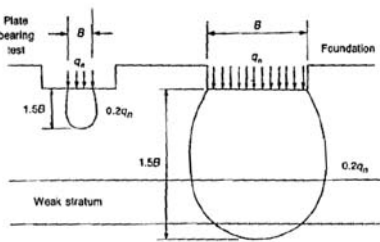
### 2.1.5 มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของพื้นดิน หมวด ก (มทข.105-2545)

มาตรฐาน มทข.105-2545 หมวด ก [15] เป็นการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของพื้นดิน (Bearing Capacity of Soil) ที่ใช้เฉพาะงานฐานรากของโครงสร้าง โดยใช้แผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 30 หรือ 45 เซนติเมตร หรือ 60 เซนติเมตร และหนาไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร หรือแผ่นเหล็กวงกลมที่มีความหนาและเนื้อที่เท่ากัน



รูปที่ 2 แผ่นเหล็กทดสอบรูปสี่เหลี่ยมตามมาตรฐาน มทข.105-2545

### 2.1.6 พฤติกรรมที่เกิดขึ้นกับฐานราก

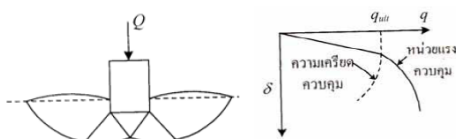


รูปที่ 4 เปรียบเทียบการทดสอบกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นกับฐานราก

จากรูปที่ 4 เป็นการทดสอบที่หาค่าการทรุดตัวของดิน ในระดับความลึกไม่มากไปกว่า 2 เท่าของขนาดแผ่นเหล็กทดสอบ (ความลึกถึงจุดที่ให้การกระจายน้ำหนักกับ 10% ของน้ำหนักที่มาระทาบ) ซึ่งการทรุดตัวของฐานรากที่มีขนาดใหญ่กว่ามากจะแตกต่างกันออกไป โดยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและความหนาของชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป

### 2.1.7 ลักษณะการวิบัติของฐานราก

Vesic (1973) ได้ศึกษาลักษณะการวิบัติของฐานราก พบว่าการวิบัติของฐานรากขึ้นอยู่กับความหนาแน่นสัมพัทธ์ ฐานรากที่ตั้งอยู่บนชั้นหินและทรายแน่นจะมีลักษณะการวิบัติแบบทั่วไป (General Shear)



รูปที่ 5 ลักษณะการวิบัติแบบทั่วไป (General Shear)

### 2.2 วิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาพร ต่อนแก้ว และเชิดชวินทร์ หมดมลทิน (2556) [13] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของดินผสมโม่ผสมอากาศปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุถมทางด้านกำลังรับแรงแบกทานโดยสร้างคันดินมวลเบา ขนาด กว้าง 4 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 1.5 เมตร และทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของดินในสนามด้วยวิธี Plate Bearing Test ตามมาตรฐาน ASTM D 1194 ในการทดสอบใช้น้ำหนักต้านทานแบบคงที่ 3.5 ตัน และนำผลที่ได้จากการทดสอบในภาคสนาม นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับแรงแบกทานของดิน บริเวณคันดินทดลอง

Aarash Hosseini (2014) [1] ได้ทำวิจัยในการหาค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของฐานรากรูปทรงสี่เหลี่ยม ผลการทดสอบพบว่าความสามารถในการรับน้ำหนักของฐานรากขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของดิน ความลึกของหลุมการทดสอบ และแรงที่ใช้ในการทดสอบเป็นต้น การศึกษาความเครียดของดินจะขึ้นอยู่กับปริมาณของแรงที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งมีความสำคัญในการระบุพฤติกรรมของดิน ดังนั้นในการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นการศึกษาผลกระทบของแรงดันในการยึดเกาะของดินที่มีผลต่อการเกาะกันของมุมและแรงเสียดทานในดิน จากนั้นจึงทำการประเมินผลการทดสอบต่อความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน ด้วยวิธี Meyerhof และ Terzaghi ด้วยการใช้ซอฟต์แวร์ Plaxis

D. A. M. Araújo, C. M. L. Costa and Y. D. J. Costa (2017) [3] ได้ทำการศึกษาผลของขนาดของฐานรากต้นในทราย ในการทดสอบจะใช้แผ่นเหล็กสามแผ่น ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30, 0.5 และ 0.80 เมตร ผลจากการทดสอบพบว่า กราฟความเครียดที่ได้รับจากการทดสอบไม่ได้แสดงรูปแบบความล้มเหลวที่ชัดเจน ดังนั้นจึงใช้เกณฑ์ความล้มเหลวทั่วไปเพื่อกำหนดความสามารถของ

Nakul Dev (2007) [4] ได้ทำการศึกษาหาค่ากำลังรับแรงแบกทานของดินโดยใช้วิธีการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน (plate load test) เพื่อนำค่าที่ได้จากการทดสอบนำมาใช้ในการออกแบบอาคารชลประทานใช้ในการระบายน้ำของโครงการบ้านสาการ์ ผลจากการทดสอบพบว่ากำลังรับแรงแบกทานของดินอยู่ในช่วง  $2.40 \text{ kg/cm}^2 - 3.64 \text{ kg/cm}^2$

## 3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 3.1 การทดสอบในสนาม

การทดสอบในสนาม เป็นการทดสอบการหาค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดินโดยใช้วิธี Plate bearing test ตามมาตรฐาน มทข.105-2545



รูปที่ 6 การทดสอบ Plate Bearing Test ในสนาม

### 3.2 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

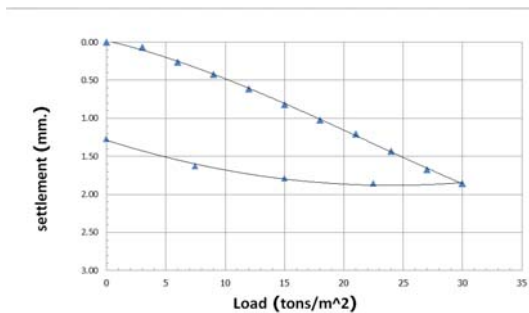
#### 3.2.1 การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน

ตารางที่ 1 การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน

วิธีการทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบ
Sieve Analysis of Soil	ASTM D 2487
Atterberg's Limint of Soil	ASTM D 4318

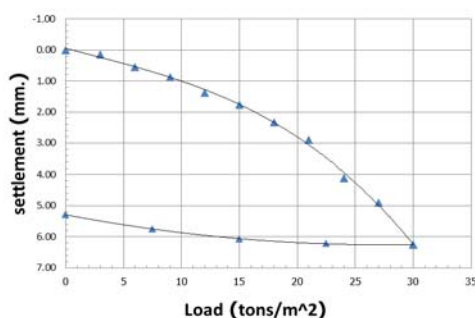
## 4. ผลการทดสอบ

### 4.1 ผลการทดสอบในสนาม



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหารทรุดตัวของดินกับน้ำหนักบรรทุกของดินของหลุมที่ 1 และค่าการคืบตัวของดิน

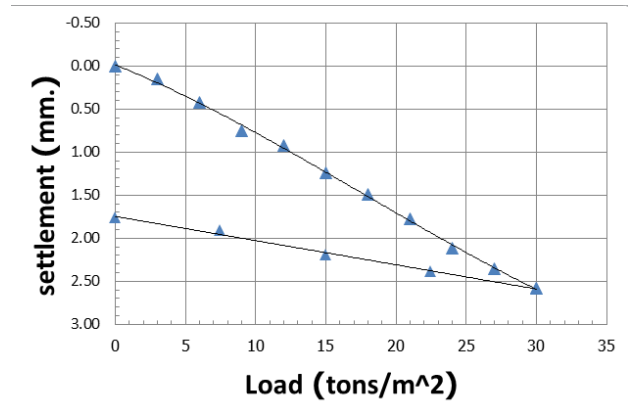
จากกราฟที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทรุดตัวของดินกับน้ำหนักบรรทุกของดิน โดยน้ำหนักบรรทุกสูงสุดอยู่ที่ 30 ตัน/ตารางเมตร ผลการทรุดตัวสูงสุดของแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยม คือ 1.857 มิลลิเมตร มีค่าการคืบตัวของดินที่น้ำหนักบรรทุกเป็น 0 มีค่าเท่ากับ 1.273 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aarash Hosseini (2014) ได้ทำวิจัยในการหาความสามารถในการรับน้ำหนักของฐานรากรูปทรงสี่เหลี่ยม



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหารทรุดตัวของดินกับน้ำหนักบรรทุกของดินของหลุมที่ 2 และค่าการคืบตัวของดิน

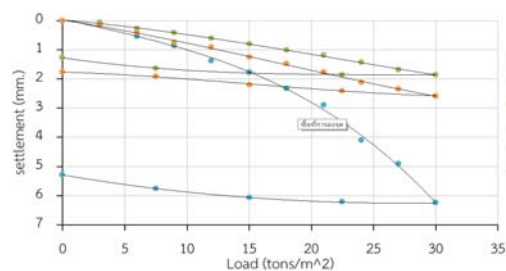
จากกราฟที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทรุดตัวของดินกับน้ำหนักบรรทุกของดิน โดยน้ำหนักบรรทุกสูงสุดอยู่ที่ 30 ตัน/ตารางเมตร ผลการทรุดตัวสูงสุดของแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยม คือ 6.253 มิลลิเมตร มีค่าการ

คืบตัวของดินที่น้ำหนักบรรทุกเป็น 0 มีค่าเท่ากับ 5.290 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ D. A. M. Araújo , C. M. L. Costa and Y. D. J. Costa (2017) ได้ทำการศึกษาผลของขนาดของฐานรากดินในทราย ในการทดสอบจะใช้แผ่นเหล็กสามแผ่น ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30, 0.5 และ 0.80 เมตร



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหารทรุดตัวของดินกับน้ำหนักบรรทุกของดินของหลุมที่ 3 และค่าการคืบตัวของดิน

จากกราฟที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทรุดตัวของดินกับน้ำหนักบรรทุกของดิน โดยน้ำหนักบรรทุกสูงสุดอยู่ที่ 30 ตัน/ตารางเมตร ผลการทรุดตัวสูงสุดของแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยม คือ 2.580 มิลลิเมตร มีค่าการคืบตัวของดินที่น้ำหนักบรรทุกเป็น 0 มีค่าเท่ากับ 1.767 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nakul Dev (2007) ได้ทำการศึกษาหาค่ากำลังรับแรงแบกทานของดินโดยใช้วิธีการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน (plate load test) เพื่อนำค่าที่ได้จากการการทดสอบนำมาใช้ในการออกแบบอาคารชลประทานใช้ในการระบายน้ำของโครงการบ้านสาการ์



รูปที่ 10 รวมกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหารทรุดตัวของดินกับน้ำหนักบรรทุกของดินและค่าการคืบตัวของดิน

จากกราฟที่ 10 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทรุดตัวของดินและน้ำหนักบรรทุก ซึ่งน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของหลุมทดสอบ มีค่าเท่ากับ 30 ตัน/ตารางเมตร แล้วค่าการทรุดตัวของดินสูงสุดของแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมเฉลี่ยเท่ากับ 3.56 มิลลิเมตรตามลำดับ และมีค่าการคืบตัวของดินที่น้ำหนักบรรทุกเป็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.780 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ สถาพร ดอนแก้ว และเชิดชนินทร์ หมดมลทิน

(2556) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของดินผสมโพนอากาศปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุถมทางด้านกำลังรับแรงแบกทาน โดยสร้างคันดินมวลเบา ขนาด กว้าง 4 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 1.5 เมตร และทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของดินในสนามด้วยวิธี Plate Bearing Test ตามมาตรฐาน ASTM D 1194 ในการทดสอบใช้น้ำหนักด้านทานแบบคงที่ 3.5 ตัน และนำผลที่ได้จากการทดสอบในภาคสนาม นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับแรงแบกทานของดิน บริเวณคันดินทดลอง

#### 4.2 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 2 สรุปผลการจำแนกดินของหลุมที่ 1

Percent Finer	Sieve No 4	95.37%
	Sieve No 200	8.03%
Atterberg's Limits	Liquid Limit (A)	22.4
	Plastic Limit (B)	19.14
Coefficient of Uniformity		3.95
Coefficient of Curvature		1.25
Plasticity index (A-B)		3.26
A-Line (0.73 X (A-20))		1.752
ประเภทของดิน		ทรายละเอียดและดินเหนียวปนทราย (SP-SC)

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาขนาดของเม็ดดินที่ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน พบว่าดินที่ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 95.37% และดินที่ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 8.03% และค่าขีดจำกัด Atterberg's Limits คือ Liquid Limit คือ 22.4 และ Plastic Limit คือ 19.14 และมีค่า Coefficient of Uniformity เท่ากับ 3.95 และค่า Coefficient of Curvature เท่ากับ 1.25 และค่า Plasticity index คือ 3.26 ซึ่งมีค่ามากกว่าเส้น A-Line คือ 1.752 จึงจัดประเภทของดิน คือ SP-SC เป็นดินทรายละเอียดและไม่ดีและเป็นดินเหนียวปนทราย

ตารางที่ 3 สรุปผลการจำแนกดินของหลุมที่ 2

Percent Finer	Sieve No 4	95.36%
	Sieve No 200	11.83%
Atterberg's Limits	Liquid Limit (A)	22.7
	Plastic Limit (B)	18.35
Coefficient of Uniformity		3.85
Coefficient of Curvature		1.38
Plasticity index (A-B)		4.35
A-Line (0.73 X (A-20))		1.971
ประเภทของดิน		ทรายละเอียดและดินเหนียวปนทราย (SP-SC)

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาขนาดของเม็ดดินที่ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน พบว่าดินที่ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 95.36% และดินที่ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 11.83% และค่าขีดจำกัด Atterberg's Limits คือ Liquid Limit คือ 22.7 และ Plastic Limit คือ 18.35 และมีค่า Coefficient of Uniformity เท่ากับ 3.85 และค่า Coefficient of Curvature เท่ากับ 1.38 และค่า Plasticity index คือ 4.35 ซึ่งมีค่ามากกว่าเส้น A-Line คือ 1.971 จึงจัดประเภทของดิน คือ SP-SC เป็นดินทรายละเอียดและไม่ดีและเป็นดินเหนียวปนทราย

ตารางที่ 4 สรุปผลการจำแนกดินของหลุมที่ 3

Percent Finer	Sieve No 4	96.66%
	Sieve No 200	9.25%
Atterberg's Limits	Liquid Limit (A)	21.6
	Plastic Limit (B)	17.43
Coefficient of Uniformity		3.92
Coefficient of Curvature		1.32
Plasticity index (A-B)		4.17
A-Line (0.73 X (A-20))		1.168
ประเภทของดิน		ทรายละเอียดและดินเหนียวปนทราย (SP-SC)

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาขนาดของเม็ดดินที่ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน พบว่าดินที่ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 96.66% และดินที่ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 9.25% และค่าขีดจำกัด Atterberg's Limits คือ Liquid Limit คือ 21.6 และ Plastic Limit คือ 17.43 และมีค่า Coefficient of Uniformity เท่ากับ 3.92 และค่า Coefficient of Curvature เท่ากับ 1.32 และค่า Plasticity index คือ 4.17 ซึ่งมีค่ามากกว่าเส้น A-Line คือ 1.168 จึงจัดประเภทของดิน คือ SP-SC เป็นดินทรายละเอียดและไม่ดีและเป็นดินเหนียวปนทราย

เมื่อพิจารณาขนาดของเม็ดดินที่ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานทั้ง 3 หลุม การทดสอบ พบว่าดินส่วนที่ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มีค่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ คือ 95.37%, 95.36% และ 96.66% ตามลำดับ จึงจัดว่าเป็นทราย (S) และเมื่อพิจารณาทรายที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 พบว่าอยู่ระหว่าง 5% - 12% ทั้ง 3 หลุมแล้วผลการทดสอบที่ได้คือ 8.03%, 11.83% และ 9.25% ตามลำดับ ดินทั้งหมด 3 หลุมการทดสอบจึงจัดประเภทของดินที่มีสัญลักษณ์ และค่า Coefficient of Uniformity น้อยกว่า 6 และค่า Coefficient of Curvature อยู่ระหว่าง 1-3 ทั้ง 3 หลุมการทดสอบ และได้มีการทดสอบหาค่า Plasticity index ผลที่ได้คืออยู่เหนือเส้น A-Line ทั้งหมด จึงทำให้ได้ผลการจำแนกดินด้วยระบบ Unified Soil Classification จัดอยู่ในกลุ่ม SP-SC เป็นดินทรายละเอียดและไม่ดีและดินเหนียวปนทราย



## 5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดินผ่านแผ่นเหล็ก (Plate Bearing Test) ณ พื้นที่การศึกษาโคกสี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการออกแบบฐานรากตื้น ที่ระดับความลึก -1.00 เมตร จากผิวดินเดิม โดยมีน้ำหนักออกแบบที่ 10 ตัน/ตร.ม. อัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 3 และน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของดิน 30 ตัน/ตร.ม. และใช้แผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมมีขนาด 0.30x0.30 เมตร ที่มีความหนาเท่ากับ 1 นิ้ว (0.025 เมตร) จำนวน 3 หลุมทดสอบ มีผลการทดสอบ ดังนี้

1.การทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดินผ่านแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมตามมาตรฐาน มทข. 105-2545 ที่ใช้น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 30 ตัน/ตารางเมตร ในการทดสอบ พบว่า การทรุดตัวของหลุมทดสอบ คือ 1.857,6.253, 2.580 มม. ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยการทรุดตัวอยู่ที่ 3.563 มม.

2.การจำแนกประเภทดินด้วยระบบ Unified soil Classification ตามมาตรฐาน ASTM D 2487 พบว่าเป็นดินเม็ดหยาบ จำพวก SP-SC คือดินทรายละเอียดไม่ดีและเป็นดินเหนียวปนทราย

พื้นที่ทำการทดสอบ ณ พื้นที่การศึกษาโคกสี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ทำการทดสอบที่ระดับความลึก -1.00 เมตร โดยใช้น้ำหนักออกแบบที่ 10 ตัน/ตารางเมตร และมีน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของดิน 30.0 ตัน/ตารางเมตร และมีค่าการทรุดตัวเฉลี่ยของแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยม เท่ากับ 3.560 มิลลิเมตร และอยู่ในมาตรฐาน ASTM D 1194-94 และมีค่าความต้านทานประลัยของดินเท่ากับ 142.86 ตัน/ตารางเมตร และค่ากำลังรับแรงแบกทานที่ยอมให้โดยปลอดภัยของดินเท่ากับ 47.62 ตัน/ตารางเมตร ดังนั้นน้ำหนักบรรทุกของดินที่ออกแบบไว้สามารถนำไปใช้ประกอบการออกแบบฐานรากตื้นได้อย่างปลอดภัย

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนต้องขอขอบคุณ สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยและนักศึกษาผู้จัดทำวิจัย สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่นที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยฉบับนี้และขอขอบคุณสำนักงานทางหลวงชนบท จังหวัดขอนแก่น ที่อนุเคราะห์เครื่องจักร

## เอกสารอ้างอิง

[1] Aarash Hosseini, 2014. "Effect of Confinement Pressure on Soil Behavioral Parameters," Department of Civil

Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, 8.2.; (January): 615-619.

- [2] ASTM D 1194-94 American Society for Testing and Materials.
- [3] D. A. M. Araújo , C. M. L. Costa and Y. D. J. Costa. 2017, "Dimension Effect on Plate Load Test Resulta," Proceedings of the 2nd World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering. 2.4: (April): 187-191.
- [4] Manav Patel, Manas Bhoi ( 2019 ) Effect of Different Shape of Footing on its Load-Settlement Behaviour (Circular, Square and Rectangular) .Proceedings of the 4th World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'19) Rome, Italy – April, 2019 Paper No. ICGRE 168 DOI: 10.11159/icgre19.168
- [5] Nakul Dev, 2007. Bearing Capacity Determination using Plate Load Test - A Case Study [Online]. Researchgat. Available form : <https://www.researchgate.net>. (2019, August 28
- [6] S. R. Pathak, S. N. Kamat and D. R. Phatak (2008)
- [7] T.warmate1.-H.O Nwankworala, 2014. Determination of Elastic Modulus Using Plate Load Test In Calabar, South-Eastern Nigeria [Online]. Ideas. Available form : <https://ideas.repec.org>. (2019, August 28)
- [8] Xiaohua Bao,Guanlin Ye, Bin Ye, Yanbin Fu and Dong Su, 2016. Co-seismic and post-seismic behavior of an existed shallow foundation and super structure system on a natural sand/silt layered ground [Online]. Researchgat. Available form : <https://www.researchgate.net>. (2019, August 28).
- [9] สนิท พิพิธสมบัติ, 2552. วิศวกรรมฐานราก. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ครองช่าง พรินท์ติ้ง จำกัด
- [10] สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2552. วิศวกรรมฐานราก. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด
- [11] บุญเทพ นาเนกรังสรรค์, 2539. Foundation Engineering and Tunneling.เชียงใหม่: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [12] มานะ อภิพัฒน์มนตรี, 2545. วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [13] ธนายนต์ อารีพงษ์,ปิติ จันทร์ไทย และสารารุจริตงาม, 2557. "การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินสำหรับงานถนน,"วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. 33,2: (กรกฎาคม-ธันวาคม): 38-46.
- [14] ณรงค์เดช อินทร์ต้นชัยกิจ, วิทวัส สิริกุล และศรีศักดิ์ เย็นมะโนช, 2555. "การพัฒนาโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการออกแบบ

- ฐานรากตื้น,"วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก  
วิทยาเขตอุเทนถวาย. 5,1: (มกราคม-มิถุนายน): 78-86
- [15] สถาพร ต่อนแก้ว และเชิดชรินทร์ หมดมลทิน, 2556. การศึกษาการ  
รับแรงแบกทานของดินผสมโฟมอากาศปรับปรุงด้วยซีเมนต์,  
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี  
วิศวกรรมก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา และสิ่งแวดล้อม  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [16] อติศักดิ์ ศรีแสงรัตน์, 2547. การออกแบบระบบสมอเพื่อรับน้ำหนัก  
บรรทุกในการทดสอบ Plate Load Test (กรณีศึกษาน้ำหนักบรรทุก  
ไม่เกิน 8 ตัน/ตารางเมตร), ปริญญาานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต  
บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [17] มาตรฐานงานฐานราก มทช.105-2545 หมวด ก มาตรฐานการ  
ทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของพื้นดิน
- [18] ราชศักดิ์ สุวรรณัจศิริ, ธีรวัฒน์ ศิลปะระเสริฐ และกิติเดช สันติชัย  
อนันต์, 2559. "การสำรวจข้อมูลชั้นดินในมหาวิทยาลัยราชภัฏ  
หมู่บ้านจอมบึงเพื่องานออกแบบฐานรากตื้น," การประชุมวิชาการ  
วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ. ครั้งที่ 21, (28-30 มิถุนายน 2559): 18-  
27.
- [19] สรวีส์ บุญหยง และอดิสร งามหลาย, 2561. "การศึกษาและจัดทำ  
แผนที่ปฏิพิทกลศาสตร์ของชั้นดินในเขตอำเภอเมืองจังหวัดจันทบุรีเพื่อ  
ใช้ในการออกแบบฐานรากเบื้องต้น," การประชุมวิชาการวิศวกรรม  
โยธาแห่งชาติ. ครั้งที่ 23. (18-20 กรกฎาคม 2561): 35-4
- [20] ศิริชัย ห่วงจริง และอนุชิต อุชายภิชาติ, 2018. "พฤติกรรมของฐาน  
รากแผ่จากการทดสอบแบบฐานรากจำลอง," การประชุมวิชาการ  
วิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ. ครั้งที่ 3. (25 เมษายน  
2018)
- [21] เสริมพันธ์ เอี้ยวจะบก, 2550. "เทคนิคการออกแบบและการแก้ไข  
ปัญหาฐานราก," เอกสารประกอบการอบรมสัมมนา โปรแกรม  
วิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
- [22] วิศวกรรมก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา และสิ่งแวดล้อม  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [23] อติศักดิ์ ศรีแสงรัตน์, 2547. การออกแบบระบบสมอเพื่อรับน้ำหนัก  
บรรทุกในการทดสอบ Plate Load Test (กรณีศึกษาน้ำหนักบรรทุก  
ไม่เกิน 8 ตัน/ตารางเมตร), ปริญญาานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต  
บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [24] มาตรฐานงานฐานราก มทช.105-2545 หมวด ก มาตรฐานการ  
ทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของพื้นดิน
- [25] ราชศักดิ์ สุวรรณัจศิริ, ธีรวัฒน์ ศิลปะระเสริฐ และกิติเดช สันติชัย  
อนันต์, 2559. "การสำรวจข้อมูลชั้นดินในมหาวิทยาลัยราชภัฏ  
หมู่บ้านจอมบึงเพื่องานออกแบบฐานรากตื้น," การประชุมวิชาการ  
วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ. ครั้งที่ 21, (28-30 มิถุนายน 2559): 18-  
27.
- [26] สรวีส์ บุญหยง และอดิสร งามหลาย, 2561. "การศึกษาและจัดทำ  
แผนที่ปฏิพิทกลศาสตร์ของชั้นดินในเขตอำเภอเมืองจังหวัดจันทบุรีเพื่อ  
ใช้ในการออกแบบฐานรากเบื้องต้น," การประชุมวิชาการวิศวกรรม  
โยธาแห่งชาติ. ครั้งที่ 23. (18-20 กรกฎาคม 2561): 35-4