การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินบดอัดสำหรับงานถนน

A Computer Application for the Properties Analysis of Soil Compaction for Road Work

ธนานันต์ อารีย์พงศ์,[*] ปิติ จันทรุไทย[**] และ สราวุธ จริตงาม[***]

Tananan Areepong,[*] Piti Chantruthai [**] and Sarawut Jaritham[***]

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาคุณสมบัติของดินบดอัดสำหรับงานถนน เพื่อทดสอบและแนะนำวัสดุสำหรับงานฐานราก ดินฐานรากมีความสำคัญในการแบกรับน้ำหนักดินถมคันทางและชั้นโครงสร้างทางตลอดจนน้ำหนักยานพาหนะที่กดทับตลอดเวลา จึงต้องมั่นใจว่าดินฐานรากมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้และไม่เกิดการทรุดตัวทั้งในขณะก่อสร้างและใช้งาน ในการศึกษาได้ทำการทดสอบค่ารับน้ำหนักของดินโดยวิธี Plate Load Test เพื่อตรวจสอบการทรุดตัว (Settlement) ของดินฐานราก และหาค่า California Bearing Ratio (CBR) ของดินฐานรากตำแหน่งเดียวกัน ผลการทดสอบพบว่าค่า CBR ทั้งแบบ Soaked และ Unsoaked และการทรุดตัว (Settlement) ของดินฐานรากทุกจุดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และสามารถใช้เป็นวัสดุฐานรากได้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์และออกแบบผิวทาง, การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์, วิศวกรรมโยธา

* อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

**อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

*** รองศาสตราจารย์ ประจำหลักสูตรวิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Abstract

This paper is to study the properties of an attribute soil compacted for the road construction. For testing and suggest a material to use in work of Mechanically Stabilized Earth Wall (MSE wall) foundation that this foundation soil is important to bear Subgrade's weight and Layer structure including Vehicle's weight that always press, to make sure that this kind of foundation soil has capability to bear a weight and not settlement. This case study has testing Ultimate Soil – Bearing Capacity with Plate Load Test method for base soil settlement checking and find California Bearing Ratio (CBR) value of foundation soil. Results of the study showed that CBR value in Soaked and Unsoaked and settlement of foundation soil in every position is in standard value and can use for foundation material.

Keywords: Pavement analysis and design, Computer application, Civil Engineering

บทนำ

การบดอัดของถนนโดยทั่วไปจะทดสอบโดยใช้ค่าการทดสอบความหนาแน่นของดินโดยใช้กรวยทราย (Field Density Test) ซึ่งจะให้เป็นค่าความหนาแน่นเทียบกับค่าความหนาแน่นที่ได้จากค่าที่ได้จากการบดอัดในห้องปฏิบัติการ แต่การทดสอบที่เหมาะสมอีกวิธีคือ การทดสอบกระทำในบริเวณสถานที่จะก่อสร้างด้วยวิธีการทดสอบกดน้ำหนักบรรทุกด้วยแผ่นเหล็ก (Plate Load Test) โดยใช้น้ำหนักวางคร่อมบริเวณทดสอบ แล้วใช้แผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมขนาด 30 เซนติเมตร วางที่ก้นหลุม โดยใช้น้ำหนักบรรทุกที่เตรียมไว้เป็น Dead Weight การขึ้นน้ำหนักจะทำโดยใช้แม่แรงกดแผ่นเหล็กโดยยันกับน้ำหนักบรรทุกที่เตรียมไว้ และวัดการทรุดตัวของแผ่นเหล็กจาก Dial Gauges จำนวน 4 ตัว ซึ่งติดกับ Reference Beams ซึ่งจะทำให้สามารถทราบค่ารับน้ำหนักของดินที่ตำแหน่งนั้น ซึ่งจะทำให้ทราบค่าการทรุดตัวเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกจากรถมากระทำ

ปี ค.ศ. 1946 Yoder ได้ทำการวิจัยเพื่อหาค่าความแน่นแห้งสูงสุด และค่า California Bearing Ratio (CBR) ของดินตัวอย่างที่ได้จากการผสมดินเม็ดหยาบชนิดต่างๆ กับดินที่ผ่านตะแกรง No. 200 ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ซึ่งดินที่ผ่านตะแกรง No. 200 ที่ใช้ในการทดสอบนี้มีค่า Liquid Limit เท่ากับ 27 % และมีค่า Plasticity Index เท่ากับ 6 % และใช้พลังงานในการบดอัดที่คงที่ ผลจากการวิจัยได้แสดงไว้ในภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของความแน่นแห้งสูงสุด และปริมาณดินที่ผ่านตะแกรง No. 200 จะมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ เนื่องจากในช่วงต้นค่าความแน่นแห้งสูงสุดจะมีค่าต่ำ เนื่องจากไม่มีดินเม็ดละเอียดเข้าไปเติมในช่องว่างของดินเม็ดใหญ่ ต่อมาในช่วงกลางค่าความแน่นแห้งสูงสุดจะมีค่าสูงสุด

เพราะมีปริมาณดินเม็ดละเอียดเข้าไปเติมในช่องว่างของดินเม็ดใหญ่ได้พอดี จึงมีช่องว่างในมวลดินน้อยมาก แต่เมื่อเพิ่มปริมาณดินเม็ดละเอียดมากขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้โครงสร้างของมวลดินเปลี่ยนไป โดยดินเม็ดใหญ่จะลอยอยู่ในดินเม็ดเล็ก ดังนั้นการบดอัดจึงเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ทำให้ค่าความแน่นแห้งสูงสุดลดลง

ต่อมาในยุคหลังจึงได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินบดอัดประกอบด้วยเม็ดดินหลายขนาดและพิจารณาถึงรูปร่างของกราฟการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินมากขึ้น แต่เนื่องจากกราฟการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินนั้นมีรูปร่างหลายลักษณะ การจะศึกษาให้ได้ความสัมพันธ์ที่ชัดเจนนั้นต้องอาศัยข้อมูลเป็นจำนวนมาก จึงมีการตั้งสมมติฐานของรูปร่างของกราฟการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินที่จะทำการศึกษาที่แตกต่างกันไป

ปี ค.ศ. 1970 ตามคู่มือการออกแบบของ Asphalt Institute ฉบับที่ 8 นั้น ปัจจัยที่เกี่ยวกับความแข็งแรงของดินฐานรากจะอยู่ในรูปของ CBR , Plate Bearing K-value, หรือ R value อย่างใดอย่างหนึ่ง ในทั้ง 3 พารามิเตอร์นี้ ค่า CBR เป็นที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากการทดสอบความแข็งแรงของดินฐานรากเป็นเปอร์เซ็นต์ CBR นั้นไม่ยุ่งยาก สามารถทำได้รวดเร็ว ดังนั้นกรมทางหลวงจึงได้เลือกใช้เปอร์เซ็นต์ CBR ของดินฐานรากเป็นตัวแปรในการออกแบบโครงสร้างถนนลาดยางโดยวิธี Asphalt Institute ฉบับที่ 8 นอกจากนั้นอัตราส่วนความแข็งแรงของวัสดุต่างๆ ในโครงสร้างชั้นทาง (Substitution Ratios) ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ ที่ใช้ในการแปลงความหนาของ Full Depth Asphalt Pavement ให้เป็นถนนที่มีโครงสร้างทางเป็นชั้นๆ โดย Substitution

ปี ค.ศ. 1997 กลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรม สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน ศึกษาหาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบระหว่าง CBR กับชนิดของดิน (เฉพาะกลุ่ม CL) การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาที่เฉพาะเจาะจงกลุ่มดิน ซึ่งเป็นการศึกษาดินกลุ่ม CL โดยดินชนิดนี้จะเป็นดินที่พบบ่อยในงานก่อสร้างต่างๆ เช่น เขื่อนดิน คลองดิน ถนน หรืออาจจะเป็นงานฐานรากอาคาร การที่จะนำดินไปใช้ในงานที่เกี่ยวกับการก่อสร้างนั้น จำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่สำคัญของดิน คือ ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินโดยใช้ค่า CBR เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกได้ของดิน โดยทั่วไปจะทำการทดสอบกับดินที่บดอัดตามเกณฑ์มาตรฐานที่จุด Optimum Moisture Content และการทดสอบหาค่า CBR แบบเปียก เป็นกรณีหนึ่งที่ดินในธรรมชาติจะรับน้ำหนักบรรทุกขณะที่ดินอิ่มตัว ซึ่งเป็นสภาพที่ดินบวมตัวและมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ต่ำกว่าปกติ จึงเป็นกรณีที่น่าศึกษาและนำไปใช้ออกแบบต่อไป การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับชนิดของดิน (เฉพาะกลุ่ม) โดยแบ่งเป็นช่วงตามค่า Liquid Limit (L.L.) และ Plasticity Index (P.I.)

เป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์ได้ผลการศึกษาดังนี้ โดย

ช่วงที่ 1 ค่า L.L. มีค่าอยู่ระหว่าง 20.00-30.90 และค่า P.I. มีค่าอยู่ระหว่าง 6.00-14.90 พบว่า มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8521 ได้สมการความสัมพันธ์ คือ $Y = 2.935 X - 3.332$

ช่วงที่ 2 ค่า L.L. มีค่าอยู่ระหว่าง 30.00-39.99 และค่า P.I. มีค่าอยู่ระหว่าง 6.00-14.90 พบว่า มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9412 ได้สมการความสัมพันธ์ คือ $Y = 2.833 X - 3.053$

ช่วงที่ 3 ค่า L.L. มีค่าอยู่ระหว่าง 40.00-49.90 และค่า P.I. มีค่าอยู่ระหว่าง 14.90-25.00 พบว่า มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8021 ได้สมการความสัมพันธ์ คือ $Y = 5.475 X - 7.232$ เมื่อ Y คือค่า CBR และ X คือค่า Dry Density (tons /cu.m)

ปี ค.ศ. 2000 พิศาล วินัยชาติศักดิ์ และอดิเทพ ณ ชุมสาย ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ จำนวน 3 ค่า คือ CBR , Bearing Value (psi) และ Modulus of Subgrade Reaction K (pci) ผลการทดลองพบว่า มีความเกี่ยวข้องกันจริงและสามารถแปลงจากค่าหนึ่งไปเป็นอีกค่าหนึ่งได้ซึ่งสมการความสัมพันธ์ที่หาได้สามารถนำไปทดสอบค่าคงตัวของดินที่มีค่า CBR อยู่ในช่วง 25-45 %

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าตัวแปรที่มีผลต่อค่ารับน้ำหนักบรรทุกที่ได้จากสนามโดยการทดลองหาค่า Bearing Value ด้วยวิธี Plate Load Test จากคุณสมบัติการรับน้ำหนักของดินชนิดเดียวกัน

2. เพื่อศึกษารายละเอียดของเครื่องมือและวิธีการทดลองหาค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของดินโดยวิธี Plate Bearing

3. เพื่อประยุกต์ใช้โปรแกรมในการคำนวณทางวิศวกรรม

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาการหาค่ารับน้ำหนักบรรทุกของดินในงานถนนโดยวิธี Plate Load Test จำนวน 4 ตำแหน่ง ของโครงการเร่งรัดขยายทางสายประธานให้เป็น 4 ช่องจราจร ทางหลวงหมายเลข 4 สาย ตรัง – พัทลุง

2. สำรวจพื้นที่เพื่อหาวิธีการเก็บตัวอย่างดินที่เหมาะสม

3. นำดินบริเวณที่ทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานในห้องปฏิบัติการซึ่งประกอบด้วย การหาค่าความชื้น, หน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight), การหาค่าพิกัดอัตเตอร์เบิร์ก (Atterberg Limits) และการหาลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดิน (Grain size distribution)

4. ทำการทดสอบ CBR เพื่อหาค่าเปรียบเทียบ Bearing Value ของวัสดุตัวอย่างกับวัสดุหินมาตรฐาน เมื่อทำการบดอัดตัวอย่างนั้น

โดยใช้ค้อนบดอัดในแบบ (Mold) ที่ปริมาณน้ำในดินที่เหมาะสม (Optimum Water Content; OMC) ซึ่งนำมาใช้ออกแบบโครงสร้างของถนนและใช้ควบคุมงานในการบดอัดให้ได้ความแน่นและความชื้นตามต้องการ

5. ประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าแรงการรับแรงเฉือนในดิน ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยคำนวณหาค่าแรงเฉือนสูงสุดในดิน แรงเฉือนสูงสุดที่ปลอดภัย โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล 2007 (Microsoft Excel 2007) ในการประมวลผล

ผลการวิจัย

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าดินฐานรากกำแพงกันดินของโครงการเร่งรัดขยายทางสายประธานให้เป็น 4 ช่องจราจร ทางหลวงหมายเลข 4 สาย ตรัง – พัทลุง มีคุณสมบัติดังนี้

ดินฐานราก กม. 40+860 เป็นดินชุดที่ 1 CH

ดินฐานราก กม. 41+075 เป็นดินชุดที่ 2 ไม่มีข้อมูล

ดินฐานราก กม. 43+350 เป็นดินชุดที่ 3 SC

ดินฐานราก กม. 44+562 เป็นดินชุดที่ 4 CL

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบดินตัวอย่าง

ตัวอย่างดิน	ชนิดของดิน	LL	PL	PI	CBR ที่ 0.1" Unsoaked	CBR ที่ 0.1" Soaked	การทรุดตัว ที่ 48 ตัน/ตร.ม. (มม.)
ชุดที่ 1	CH	70.00	32.29	37.71	116.70	20.0	3.15
ชุดที่ 2	S	-	-	-	-	20.0	2.68
ชุดที่ 3	SC	66.00	31.74	34.26	113.58	23.3	3.20
ชุดที่ 4	CL	48.00	26.91	21.09	100.03	25.0	1.62

ดินตัวอย่าง กม. 40+860 มีค่าผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 59.08 % มีค่าขีดจำกัดความเหลว (Liquid Limit) เท่ากับ 70.00 % ค่าขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit) เท่ากับ 32.29 % และค่าพิกัดเหลว (Plastic Index) เท่ากับ 37.71 % เมื่อจำแนกดินด้วยวิธี Unified soil classification system เป็นดินชนิด CH

ดินตัวอย่าง กม. 41+075 เป็นดินผสมระหว่าง Stone Fragment, Gravel, Sand

ดินตัวอย่าง กม. 43+350 มีค่าผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 49.10 % มีค่าขีดจำกัดความเหลว (Liquid Limit) เท่ากับ 66.00 % ค่าขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit) เท่ากับ 31.74 % และค่าพิกัดเหลว (Plastic Index) เท่ากับ 34.26 % เมื่อจำแนกดินด้วยวิธี Unified Soil Classification System เป็นดินชนิด SC

ดินตัวอย่าง กม. 44+562 มีค่าผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 65.42 % มีค่าขีดจำกัดความเหลว (Liquid Limit) เท่ากับ 48.00 % ค่าขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit) เท่ากับ 26.91 % และค่าพิกัดเหลว (Plastic Index) เท่ากับ 21.09 % เมื่อจำแนกดินด้วยวิธี Unified Soil Classification System เป็นดินชนิด CL

ภาพที่ 1 การทดสอบค่ารับน้ำหนักบรรทุก

จากภาพที่ 1 พบว่า จากผลการทดสอบค่ารับน้ำหนักบรรทุกของดินทั้ง 4 ชุดการทดสอบที่ค่ารับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 60-80 ตันต่อตารางเมตร มีค่าการทรุดตัวดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 2

ค่าการทรุดตัวของดินฐานรากที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุด อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ไม่เกิน 25 mm)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าการทรุดตัว

การทดสอบ	**ค่าการทรุดตัว** (มม.)	**น้ำหนักบรรทุกสูงสุด** (ตันต่อตารางเมตร)
ดินชุดที่ 1	3.86	60
ดินชุดที่ 2	3.24	60
ดินชุดที่ 3	7.51	80
ดินชุดที่ 4	2.47	80

อภิปรายผล

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง CBR และอัตราส่วนผสมของคอนกรีตเหลือใช้ และปูนซีเมนต์จะเห็นได้ว่า ในส่วนของกราฟดินลูกรังผสมคอนกรีตเหลือใช้ที่อัตราส่วนผสมคอนกรีตเหลือใช้ 15% โดยน้ำหนักจะให้ค่า CBR สูงที่สุด คือ 31.95 % เมื่อนำมาเทียบกับลักษณะการใช้งานโดยทั่วไปจากค่า CBR จะพบว่าอยู่ในช่วง 20-50 % เหมาะกับการนำไปใช้งานในชั้นรองพื้นทางหรือชั้นพื้นทาง และเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนผสมคอนกรีตเหลือใช้ที่ 45 % โดยน้ำหนัก พบว่ามีค่า CBR อยู่ที่ 9.03 % อยู่ในช่วง 7-20 % ซึ่งยังสามารถนำไปใช้งานในชั้นรองพื้นทางได้ และจากการพิจารณากราฟพบว่า หากเพิ่มอัตราส่วนผสมของคอนกรีตเหลือใช้จะทำให้ค่า CBR มีแนวโน้มลดลง

สำหรับดินชนิดเดียวกัน ค่าตัวแปรที่มีผลต่อค่ารับน้ำหนักบรรทุกที่ได้จากสนามโดยการทดลองหาค่า Bearing Value ด้วยวิธี Plate Load Test พบว่า ดินชนิด CH มีค่า CBR แบบ Unsoaked เท่ากับ 116.70% ซึ่งมากกว่าดินชนิด CL ซึ่งมีค่า CBR แบบ Unsoaked เท่ากับ 100.03% แต่เมื่อพิจารณา CBR แบบ soaked พบว่า CBR แบบ soaked ของดิน CL มีค่า 25% ซึ่งมากกว่าดิน CH ซึ่งมีค่า CBR แบบ soaked เท่ากับ 20% แสดงให้เห็นว่าดินชนิด Low plasticity จะมีค่า CBR แบบ soaked มากกว่าดินชนิด High plasticity

ค่าการทรุดตัวของดินฐานรากที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุด อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 mm

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR และค่าการทรุดตัว

ดินชุดที่ 1 มีค่าการทรุดตัว 3.15 mm มีค่า CBR แบบ Unsoaked เท่ากับ 116.70 % และมีค่า CBR แบบ soaked เท่ากับ 20%

ดินชุดที่ 2 ไม่มีข้อมูล แบบ Unsoaked และมีค่า CBR แบบ soaked เท่ากับ 20%

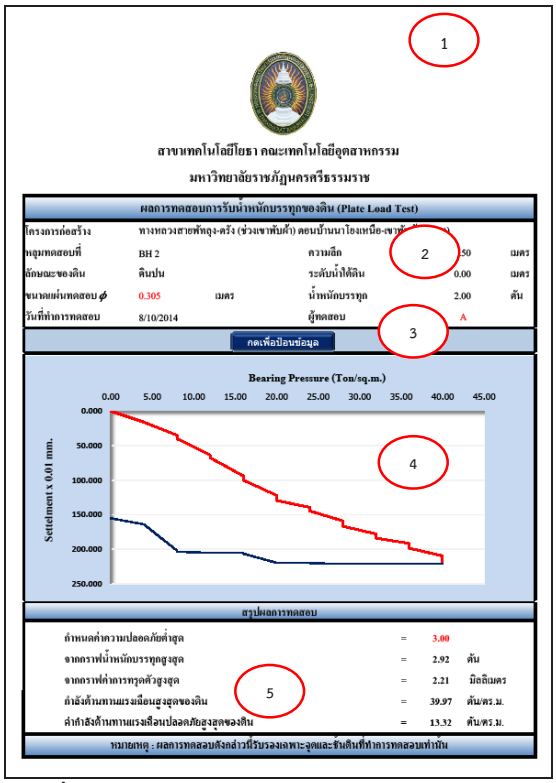
ดินชุดที่ 3 มีค่าการทรุดตัว 3.20 mm มีค่า CBR แบบ Unsoaked เท่ากับ 113.58% และมีค่า CBR แบบ soaked เท่ากับ 23.30%

ดินชุดที่ 4 มีค่าการทรุดตัว 1.62 mm มีค่า CBR แบบ Unsoaked เท่ากับ 100.03% และมีค่า CBR แบบ soaked เท่ากับ 25%

จากการทดสอบพบว่า ค่า CBR แบบ Unsoaked ของดินโดยการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน และค่า CBR แบบ soaked จากการบดอัดแบบมาตรฐาน และค่าการทรุดตัวของดินไม่มีความสัมพันธ์กันแต่อย่างใด เมื่อพิจารณา ที่ค่าน้ำหนักบรรทุก 48 tons /sq.m เท่ากัน เนื่องจากการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการนั้นมีการควบคุมความชื้นของดินตัวอย่าง แต่ดินในสนามนั้นจะมีปริมาณความชื้นตามธรรมชาติซึ่งแตกต่างจากในห้องปฏิบัติการ

การประยุกต์โปรแกรมเพื่อการคำนวณ

โปรแกรมไมโครซอฟท์ออฟฟิศ เอ็กเซล 2007 (Microsoft Excel 2007) ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการประมวลผลการคำนวณหาค่าแรงต้านแรงเฉือนในดินสูงสุด และแสดงกราฟการทรุดตัวและการคืนตัวของดินเมื่อใส่น้ำหนักบรรทุกและค่อยๆ ลดน้ำหนักบรรทุก หน้าจอโปรแกรมแสดงในภาพที่ 2 และภาพที่ 3 ดังนี้



ภาพที่ 2 หน้าจอโปรแกรมแสดงกราฟและค่ากำลังต้านทางแรงเฉือนปลอดภัยสูงสุด

จากภาพที่ 2 แสดงหมายเลขบนหน้าจอของโปรแกรม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

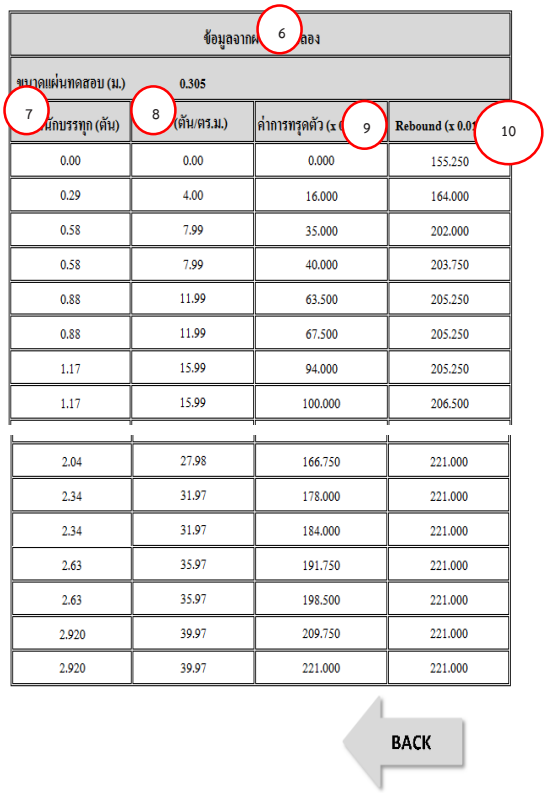
หมายเลข 1 แสดงตราสัญลักษณ์และชื่อหน่วยงานเจ้าของโปรแกรม

หมายเลข 2 แสดงส่วนที่ป้อนข้อมูลชื่อโครงการ และการเก็บข้อมูลภาคสนาม หลุมทดสอบ ลักษณะของดินบริเวณหลุมทดสอบ ขนาดแผ่นทดสอบ วันที่ทำการทดสอบ ความลึกของหลุมทดสอบ ระดับน้ำใต้ดิน ขนาดน้ำหนักบรรทุก และชื่อผู้ทำการทดสอบ

หมายเลข 3 แสดงปุ่มกดเพื่อไปที่หน้าจอเพื่อป้อนข้อมูลที่บันทึกจากภาคสนาม

หมายเลข 4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นแรงกดและค่าการทรุดตัวของดิน ณ หลุมทดสอบ

หมายเลข 5 แสดงค่าความปลอดภัยที่กำหนดขึ้น ค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุด ค่าการทรุดตัวสูงสุดซึ่งได้จากกราฟในหน้าจอจากภาพที่ 2 กำลังต้านทานแรงเฉือนสูงสุดของดิน



บริเวณที่ทดสอบ

หมายเลข 6 แสดงขนาดแผ่นทดสอบแรงกด

หมายเลข 7 ขนาดน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบ

หมายเลข 8 แสดงค่าความเค้นแรงกด ได้จากการคำนวณจากข้อมูลในช่องที่ 6

หมายเลข 9 และ 10 แสดงช่องป้อนข้อมูลจากผลการทดสอบ ณ บริเวณหลุมทดสอบ

หมายเลข 11 ปุ่มเพื่อกลับไปที่จอหลัก จะได้กราฟจากข้อมูลที่ป้อน และผลกำลังต้านทานแรงเฉือนสูงสุดของดิน และแรงเฉือนปลอดภัยสูงสุดของดิน ดังแสดงในช่องหมายเลข 4 และหมายเลข 5

เมื่อดำเนินการป้อนข้อมูลเรียบร้อย โปรแกรมจะทำการคำนวณผลและสามารถสั่งพิมพ์หน้าจอหลัก เพื่อใช้เป็นรายงานข้อมูลได้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าดินฐานรากมีผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือมี CBR แบบ soaked สูงกว่าหรือเท่ากับ 6% และมีค่าการทรุดตัวในการทดสอบ Plate Load Test ที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่อัตราส่วนความปลอดภัย 2.5 เท่า ไม่เกิน 25 mm (ASTM D 1196-93) ดังนั้นดินฐานรากทั้งหมดมีคุณสมบัติเหมาะสมเป็นดินฐานรากได้

ข้อเสนอแนะ

CBR แบบ Unsoaked ของดินที่ได้จากการทดสอบหาค่า CBR แบบสูงกว่ามาตรฐานและ CBR แบบ soaked จากการทดสอบหาค่า CBR แบบมาตรฐาน และค่าการทรุดตัวของดินไม่มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการมีการควบคุมความชื้นของดิน

ตัวอย่าง แต่ดินในสนามนั้นจะมีปริมาณความชื้นตามธรรมชาติซึ่งแตกต่างจากในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงควรใช้วิธีการทดลองหาค่า CBR ในสนาม ซึ่งจะได้ค่า CBR ของดินตามธรรมชาติ

การประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสามารถช่วยลดขั้นตอนในการคำนวณความสามารถในการรับแรงเฉือนของดินได้อย่างรวดเร็วและสะดวกในการนำไปใช้ในพื้นที่ก่อสร้างได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนประเภทงบประมาณประจำปี2557 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

เอกสารอ้างอิง

จิรพัฒน์ โชติกไกร. (2543). **การออกแบบทาง Pavement Design** (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาพร คูวิจิตรจารุ. (2544). **การเจาะสำรวจ เก็บตัวอย่างและทดสอบในสนาม.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สราวุธ จริตงาม. (2545). **กลศาสตร์ของดิน (Soil Mechanical).** สงขลา**:** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อรสา วงศ์คำ. (2540). **การศึกษาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบระหว่าง California Bearing Ratio กับชนิดของดิน** (เฉพาะกลุ่ม CL). กรุงเทพมหานคร: กลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรม สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน.