บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงาน ได้กำหนดขอบเขตของงานไว้ คือ ศึกษาถึงผลกระทบต่างๆที่เกิดขึ้นกับค่ากำลังรับแรงแบกทานประลัยของดิน (Ultimate Bearing Capacity, q_u) ในกรณีดินที่รองรับฐานรากตื้นมีหลายชั้น ตัวอย่างที่สามารถเห็นได้ชัดเจน เช่น กรณีดินถมใหม่ (Filled Earth) เพื่อการก่อสร้าง ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร จากการที่ดินมีค่าคุณสมบัติของดิน (c,ϕ,γ)และลักษณะของชั้นดิน (H,D_f) เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1.ขั้นเตรียมโครงงาน

2.ขั้นตอนการคำนวณหาค่า Ultimate Bearing Capacity, q_u

3.ขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผล

4.ขั้นตอนการพิมพ์เอกสารและทำรูปเล่มรายงานโครงงาน

โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการเตรียมโครงงาน

3.1.1 ทำการเลือกและกำหนดหัวข้อโครงงานที่มีความสนใจที่จะศึกษา

3.1.2 ศึกษาและกำหนดขอบเขตของโครงงานที่จะดำเนินการ

3.1.3 นำหัวข้อ วัตถุประสงค์ และแผนงานของโครงงาน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

3.1.4 ศึกษาและค้นคว้าถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อโครงงาน ซึ่งหัวข้อโครงงานคือ การวิเคราะห์ค่ากำลังรับแรงแบกทานประลัยของดินที่รองรับฐานรากตื้นในกรณีที่เป็นดิน 2 ชั้น เพื่อนำมาใช้ในการทำโครงงาน

3.1.5 เขียนเนื้อหาและรายละเอียดต่างๆ ของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

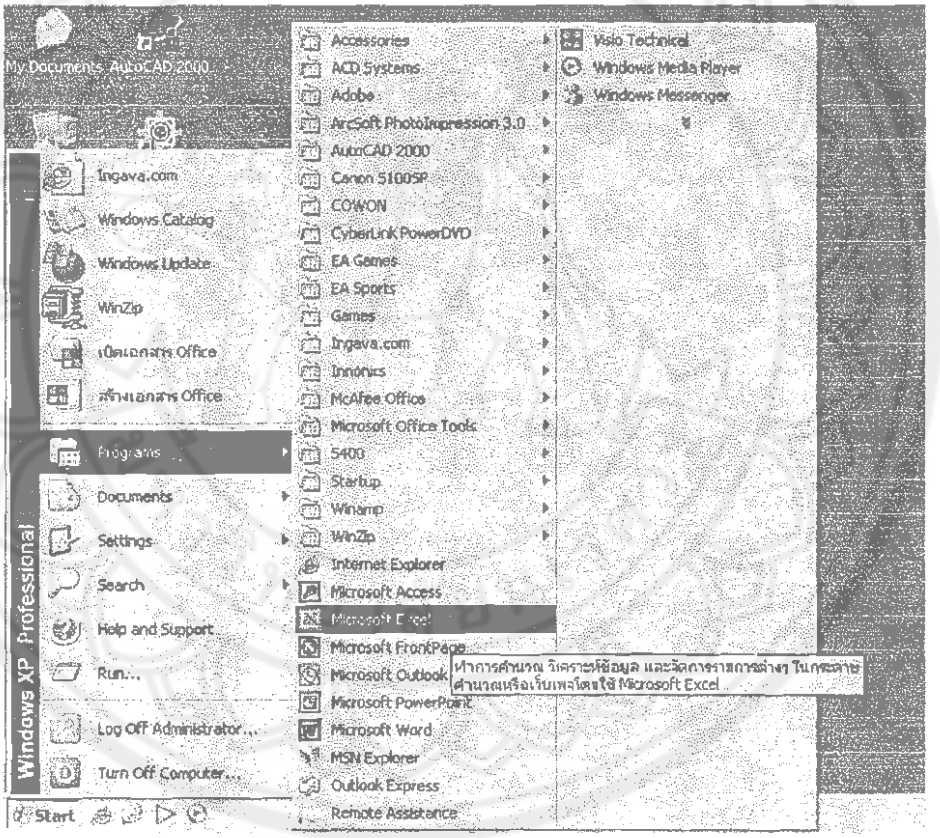
3.1.6 นำเสนอความคืบหน้าของการทำโครงงานต่ออาจารย์ที่ปรึกษาในแต่ละสัปดาห์ พร้อมทั้งขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาในกรณีที่มีข้อสงสัย

3.2 ขั้นตอนการคำนวณ และวิเคราะห์หาค่า Ultimate Bearing Capacity, q_u

ในการทำโครงงานนี้ได้นำ Computer มาช่วยในการคำนวณและวิเคราะห์ค่า Ultimate Bearing Capacity, q_u โดยการนำเอาทฤษฎีและสูตรคำนวณต่างๆที่ใช้ในการคำนวณหาค่า q_u เขียนลงในโปรแกรมตารางการคำนวณ Microsoft Excel ภายใต้ระบบ

ปฏิบัติการ Microsoft Window XP ซึ่งจะไม่กล่าวในรายละเอียด ซึ่งวิธีการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ช่วยในการเขียนสูตรคำนวณเพื่อหาค่า q_u ลงในโปรแกรม Microsoft Excel มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1 เมื่อเปิด Computer แล้วเริ่มต้นการใช้งาน โดยการเข้าสู่ระบบปฏิบัติการ Windows เข้าสู่โปรแกรม Microsoft Excel โดยเลือกคลิก Mouse ที่ปุ่ม Start ต่อจากนั้นเลือกที่ Program และ Microsoft Excel ตามลำดับ หรือเลือกคลิกได้จาก Shortcut Excel ที่ปรากฏอยู่บน Desktop ก็ได้แล้วแต่สะดวก ดังแสดงในรูป

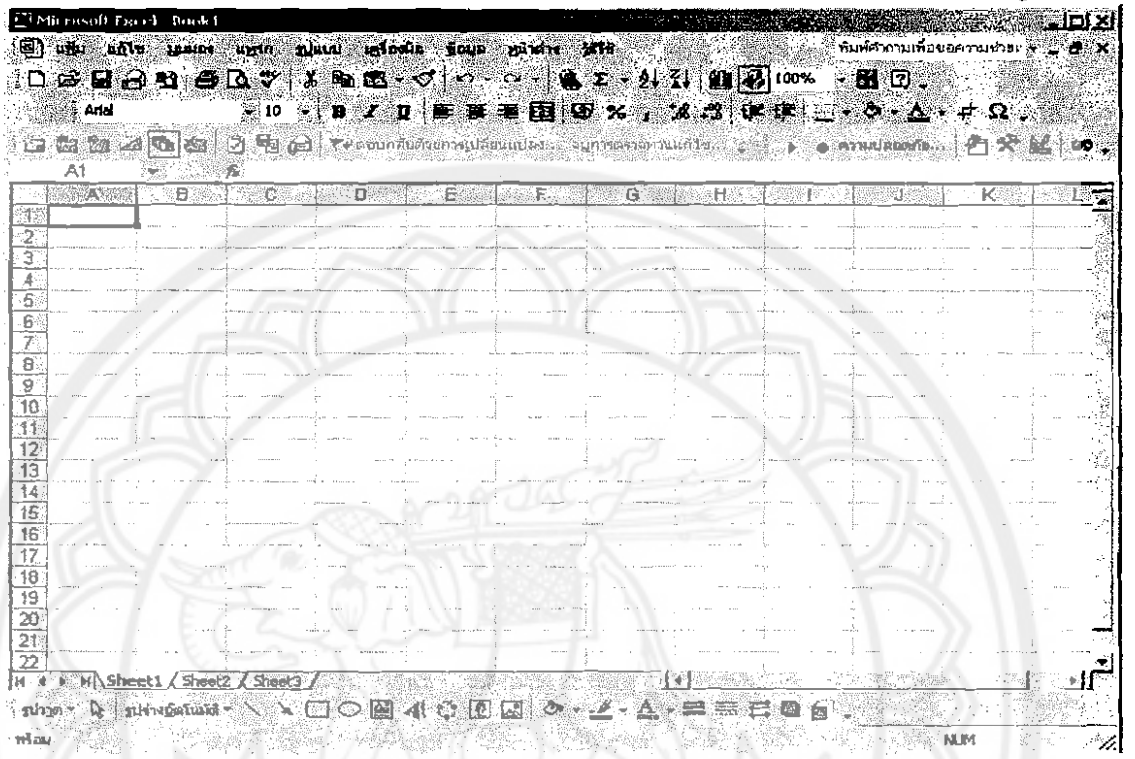


รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะการเข้าสู่ Program Microsoft Excel

ป
TA
775
บ552ก
2545

สำนักหอสมุด
- 2 S.A. 2546
4740037

เมื่อเข้าสู่ Program Microsoft Excel Computer จะแสดงลักษณะหน้าจอดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะหน้าจอของ Program Microsoft Excel

3.2.2 ทำการป้อนข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบลงใน Cell ต่างๆของ Program Microsoft Excel ที่กำหนดไว้ตอนเขียนสูตรการคำนวณลงไปในตอนแรก โดยมีข้อมูลที่ต้องป้อนลงไปดังนี้

กรณีที่ 1 : ดินชั้นบนเป็นดินทรายแข็ง ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวอ่อน

ข้อมูลดินชั้นบน

ค่ามุมเสียดทานภายใน (Friction Angle ; ϕ_1) ซึ่งมีค่าระหว่าง 32°- 36°

ค่าหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight ; γ_1) ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.7 - 2.0 T/m^3

ข้อมูลดินชั้นล่าง

ค่าความเชื่อมแน่นของเม็ดดิน (Cohesion ; c_2) ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.5 - 3.0 T/m^2

ข้อมูลทั่วไป

- **ระยะจากใต้ฐานรากถึงดินชั้นล่าง (H) ซึ่งค่าที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.25 – 2.00 m**

- ขนาดของฐานราก (B x L) ซึ่งมีค่า = 1.0x1.0, 1.0x1.2, 1.0x1.5, 1.2x1.2, 1.2x1.5 m^2
- ระดับความลึกของฐานราก (D_f) ซึ่งมีค่า = 1.00, 1.25, 1.50 m.
- ค่า K_s ซึ่งได้จากการอ่านค่าจากรูปที่ 2.2
- ค่าตัวแปรความปลอดภัย (Safety Factor ; F.S.) ซึ่งค่าที่ใช้อยู่ระหว่าง 2.5 - 3

กรณีที่ 2 : ดินชั้นบนเป็นดินเหนียวแข็ง ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวอ่อน

ข้อมูลดินชั้นบน

- ค่าความเชื่อมแน่นของเม็ดดิน (Cohesion ; c_1) ซึ่งมีค่าระหว่าง 2.5 - 4.5 T/m^2
- ค่าหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight ; γ_1) ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.7 - 1.9 T/m^3

ข้อมูลดินชั้นล่าง

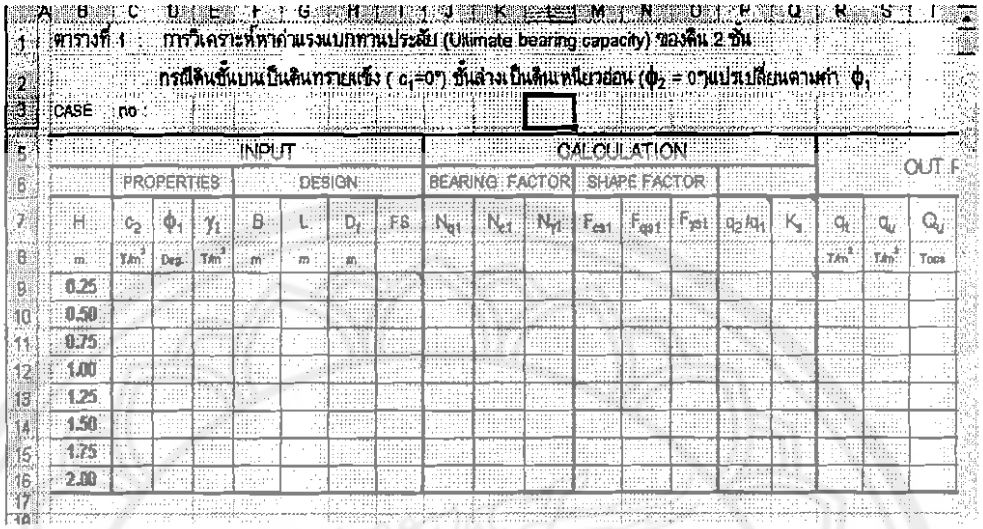
- ค่าความเชื่อมแน่นของเม็ดดิน (Cohesion ; c_2) ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.5 – 2.5 T/m^2

ข้อมูลทั่วไป

- ระยะจากใต้ฐานรากถึงดินชั้นล่าง (H) ซึ่งค่าที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.25 – 2.00 m
- ขนาดของฐานราก (B x L) ซึ่งมีค่า = 1.0x1.0, 1.0x1.2, 1.0x1.5, 1.2x1.2, 1.2x1.5 m^2
- ระดับความลึกของฐานราก (D_f) ซึ่งมีค่า = 1.00, 1.25, 1.50 m.
- ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง c_2/c_1 กับ q_2/q_1 ซึ่งได้จากการอ่านค่าในรูปที่ 2.3
- ค่าตัวแปรความปลอดภัย (Safety Factor ; F.S.) ซึ่งค่าที่ใช้อยู่ระหว่าง 2.5 - 3

ขั้นตอนการวิเคราะห์แรงแบกทานประลัย*(Ultimate Bearing Capacity)* ของดินสองชั้น

◆ กรณีที่ 1 : ชั้นทรายแข็ง($c_1 = 0$) วางตัวอยู่บนชั้นดินเหนียวอ่อนรุ่มน้ำ(ϕ_2=0)



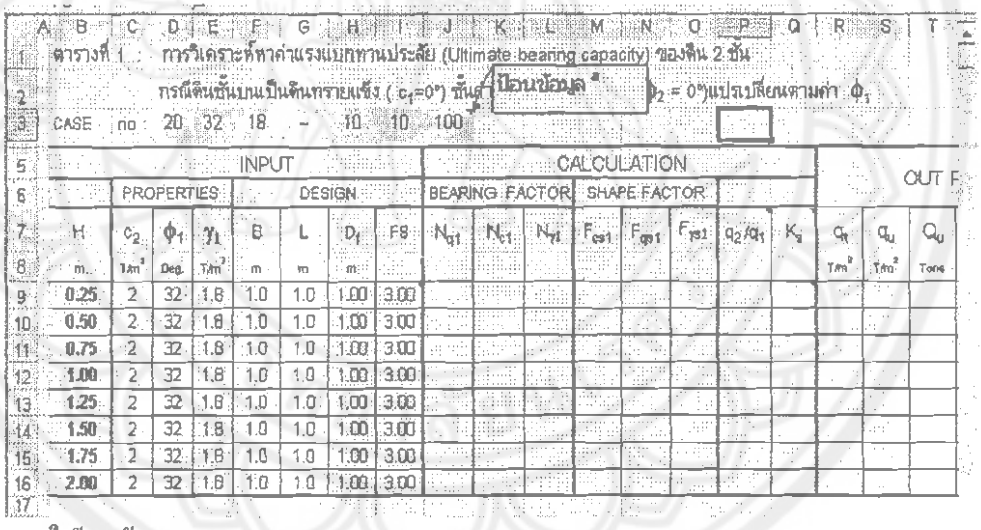
ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หาค่าแรงแบกทานประลัย (Ultimate bearing capacity) ของดิน 2 ชั้น

กรณีดินชั้นบนเป็นดินทรายแข็ง (c_1=0°) ชั้นล่างเป็นดินเหนียวอ่อน (ϕ_2 = 0°)แปรเปลี่ยนตามค่า ϕ_1

CASE no

	INPUT								CALCULATION									OUT P
	PROPERTIES			DESIGN				BEARING FACTOR			SHAPE FACTOR							
H	c_2	ϕ_1	γ_1	B	L	D_f	FS	N_{q1}	N_{c1}	$N_{\gamma 1}$	F_{cs1}	F_{qs1}	$F_{\gamma s1}$	q_2/q_1	K_s	q_t	q_u	Q_u
m.	T/m²	Deg.	T/m³	m	m	m										T/m²	T/m²	Tons
0.25																		
0.50																		
0.75																		
1.00																		
1.25																		
1.50																		
1.75																		
2.00																		

รูปที่ 3.3 แสดงรูปแบบตารางการวิเคราะห์ในโปรแกรม Microsoft Excel



ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หาค่าแรงแบกทานประลัย (Ultimate bearing capacity) ของดิน 2 ชั้น

กรณีดินชั้นบนเป็นดินทรายแข็ง (c_1=0°) ชั้นล่างเป็นดินเหนียวอ่อน (ϕ_2 = 0°)แปรเปลี่ยนตามค่า ϕ_1 ป้อนข้อมูล [a]

CASE no 20 32 18 – 10 10 100

	INPUT								CALCULATION									OUT P
	PROPERTIES			DESIGN				BEARING FACTOR			SHAPE FACTOR							
H	c_2	ϕ_1	γ_1	B	L	D_f	FS	N_{q1}	N_{c1}	$N_{\gamma 1}$	F_{cs1}	F_{qs1}	$F_{\gamma s1}$	q_2/q_1	K_s	q_t	q_u	Q_u
m.	T/m²	Deg.	T/m³	m	m	m										T/m²	T/m²	Tons
0.25	2	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00											
0.50	2	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00											
0.75	2	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00											
1.00	2	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00											
1.25	2	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00											
1.50	2	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00											
1.75	2	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00											
2.00	2	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00											

[a] ป้อนข้อมูล **20 32 18 – 10 10 100**
(1) (2) (3) (4) (5) (6)

(6) หมายถึง D_f = 1.00 m

(5) หมายถึง ฐานรากยาว(L) = 1.0 m

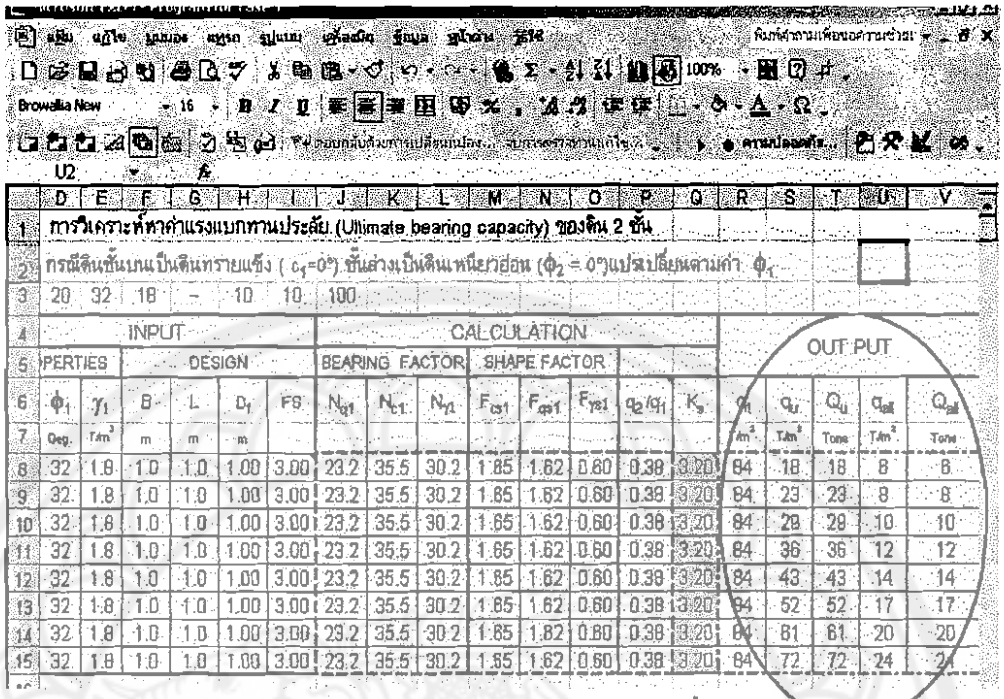
(4) หมายถึง ฐานรากกว้าง(B) = 1.0 m

(3) หมายถึง *Unit weight* ของดินชั้นบน(γ_1) = 1.8 T/m^3

(2) หมายถึง *Internal friction*(ϕ_1) = 32°

(1) หมายถึง *Undrained shear strength*(c_2) ของดินชั้นล่าง = 2.0 T/m^2

รูปที่ 3.4 แสดงการป้อนข้อมูลลงในส่วน Input ในโปรแกรม Microsoft Excel



การวิเคราะห์หาค่าแรงแบกทานประลัย (Ultimate bearing capacity) ของดิน 2 ชั้น

กรณีดินชั้นบนเป็นดินทรายแข็ง (c_1=0°) ชั้นล่างเป็นดินเหนียวอ่อน (ϕ_2 = 0°)แปรเปลี่ยนตามค่า ϕ_1

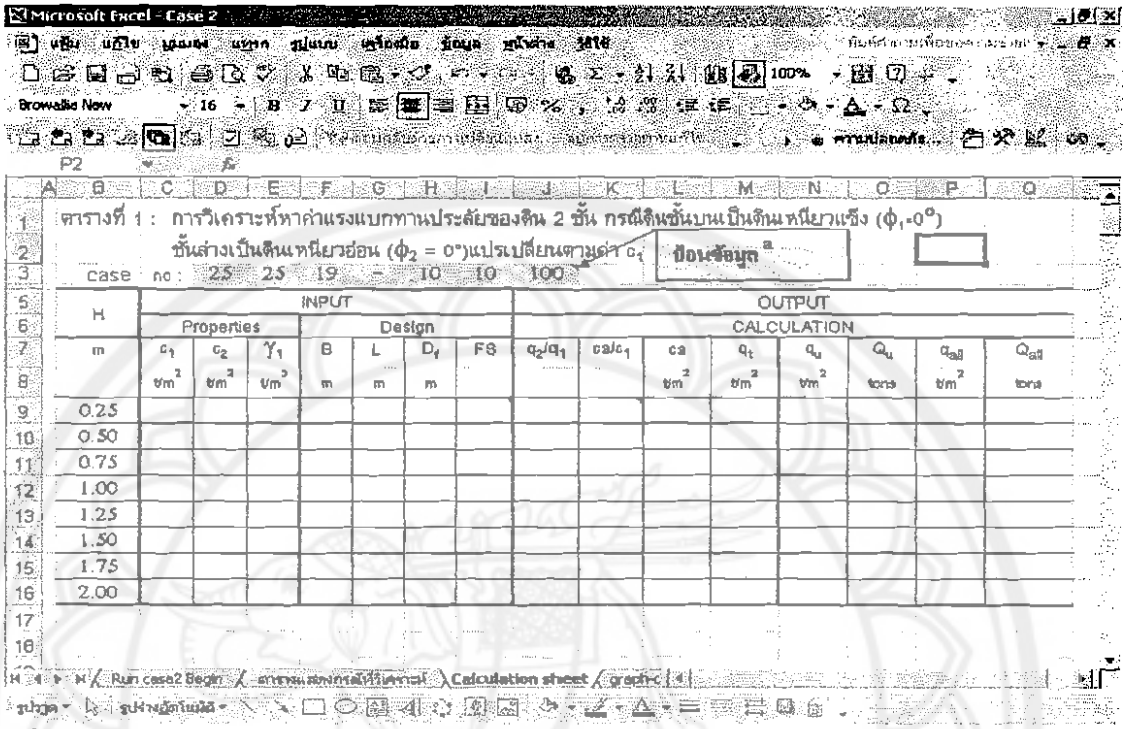
	INPUT						CALCULATION								OUT PUT				
	PERTIES		DESIGN				BEARING FACTOR			SHAPE FACTOR									
	ϕ_1	γ_1	B	L	D_f	FS	N_{q1}	N_{c1}	$N_{\gamma1}$	F_{cs1}	F_{qs1}	$F_{\gamma s1}$	q_2/q_1	K_s	q_1	q_u	Q_u	q_{all}	Q_{all}
	Deg.	T/m³	m	m	m										T/m²	T/m²	Tons	T/m²	Tons
6	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00	23.2	35.5	30.2	1.65	1.62	0.60	0.38	3.20	84	18	18	8	8
7	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00	23.2	35.5	30.2	1.65	1.62	0.60	0.38	3.20	84	23	23	8	8
8	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00	23.2	35.5	30.2	1.65	1.62	0.60	0.38	3.20	84	29	29	10	10
9	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00	23.2	35.5	30.2	1.65	1.62	0.60	0.38	3.20	84	36	36	12	12
10	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00	23.2	35.5	30.2	1.65	1.62	0.60	0.39	3.20	84	43	43	14	14
11	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00	23.2	35.5	30.2	1.65	1.62	0.60	0.39	3.20	84	52	52	17	17
12	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00	23.2	35.5	30.2	1.65	1.62	0.60	0.39	3.20	84	61	61	20	20
13	32	1.8	1.0	1.0	1.00	3.00	23.2	35.5	30.2	1.65	1.62	0.60	0.38	3.20	84	72	72	24	24

♦ ค่า K_S จากรูปที่ 2.2

♦ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ

รูปที่ 3.5 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณกรณีดินชั้นบนเป็นดินทรายแข็ง($c_1 = 0$) และชั้นล่างเป็นดินเหนียวอ่อน(ϕ_2=0)

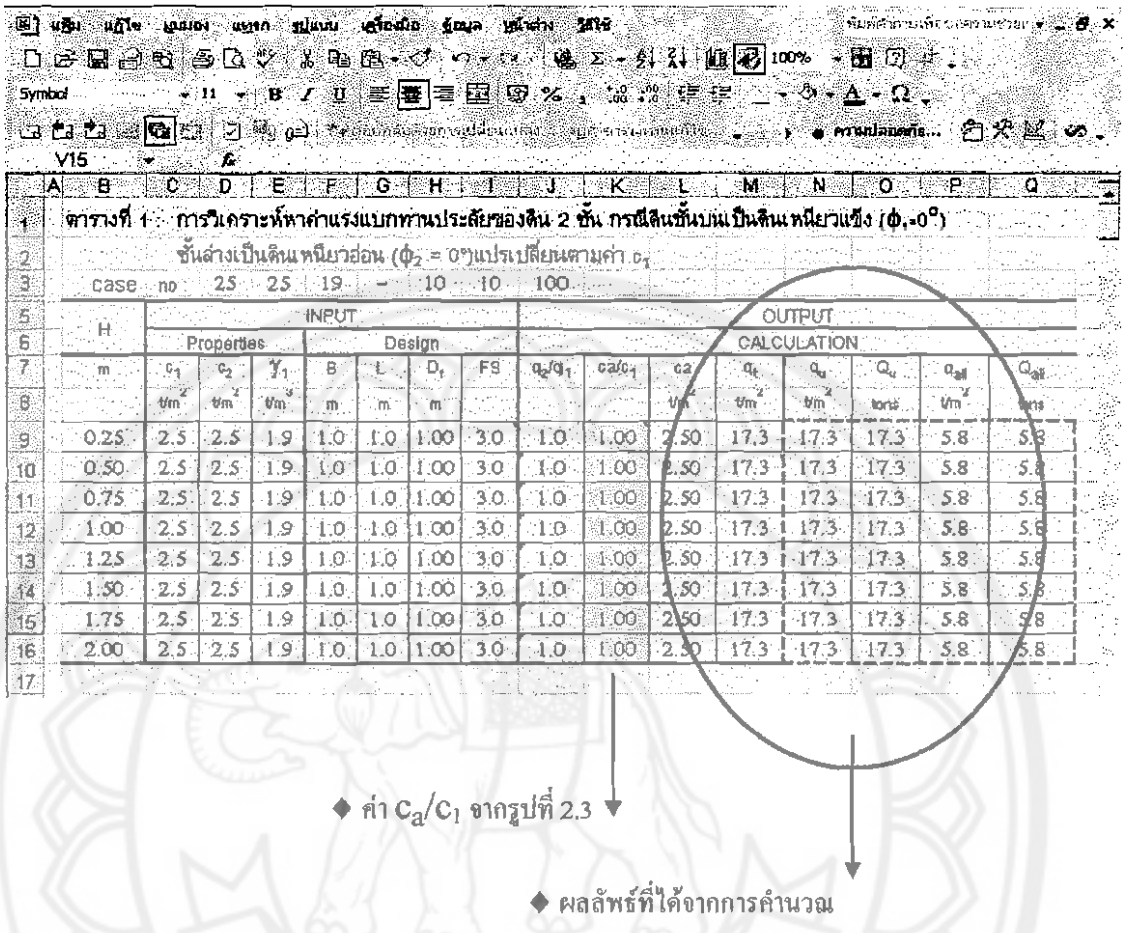
◆ กรณีที่ 2 : ชั้นดินเหนียวแข็ง($\phi_1 = 0$) วางตัวอยู่บนชั้นดินเหนียวอ่อนชุ่มน้ำ(ϕ_2=0)



[a] 25 25 19 – 10 10 100
(1) (2) (3) (4) (5) (6)

(6) หมายถึง D_f = 1.00 m
(5) หมายถึง ฐานรากยาว(L) = 1.0 m
(4) หมายถึง ฐานรากกว้าง(B) = 1.0 m
(3) หมายถึง *Unit weight* ของดินชั้นบน(γ_1) = 1.9 T/m^3
(2) หมายถึง *Undrained shear strength*(c_2) ของดินชั้นล่าง = 2.5 T/ m^2
(1) หมายถึง *Undrained shear strength*(c_2) ของดินชั้นล่าง = 2.5 T/ m^2

รูปที่ 3.6 แสดงรูปแบบตารางการวิเคราะห์ในโปรแกรม Microsoft Excel



ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หาค่าแรงแบกทานประลัยของดิน 2 ชั้น กรณีดินชั้นบนเป็นดินเหนียวแข็ง (ϕ_1=0°)

ชั้นล่างเป็นดินเหนียวอ่อน (ϕ_2 = 0°)แปรเปลี่ยนตามค่า c_1

case no 25 25 19 - 10 10 100

H	INPUT							OUTPUT							
	Properties			Design				CALCULATION							
m	c_1 t/m²	c_2 t/m²	γ_1 t/m³	B m	L m	D_f m	FS	q_a/q_1	ca/c_1	c_a t/m²	q_f t/m²	q_u t/m²	Q_u tons	q_{all} t/m²	Q_{all} tons
0.25	2.5	2.5	1.9	1.0	1.0	1.00	3.0	1.0	1.00	2.50	17.3	17.3	17.3	5.8	5.8
0.50	2.5	2.5	1.9	1.0	1.0	1.00	3.0	1.0	1.00	2.50	17.3	17.3	17.3	5.8	5.8
0.75	2.5	2.5	1.9	1.0	1.0	1.00	3.0	1.0	1.00	2.50	17.3	17.3	17.3	5.8	5.8
1.00	2.5	2.5	1.9	1.0	1.0	1.00	3.0	1.0	1.00	2.50	17.3	17.3	17.3	5.8	5.8
1.25	2.5	2.5	1.9	1.0	1.0	1.00	3.0	1.0	1.00	2.50	17.3	17.3	17.3	5.8	5.8
1.50	2.5	2.5	1.9	1.0	1.0	1.00	3.0	1.0	1.00	2.50	17.3	17.3	17.3	5.8	5.8
1.75	2.5	2.5	1.9	1.0	1.0	1.00	3.0	1.0	1.00	2.50	17.3	17.3	17.3	5.8	5.8
2.00	2.5	2.5	1.9	1.0	1.0	1.00	3.0	1.0	1.00	2.50	17.3	17.3	17.3	5.8	5.8

◆ ค่า c_a/c_1 จากรูปที่ 2.3

◆ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ

รูปที่ 3.7 แสดงตารางผลลัพธ์จากการคำนวณของกรณีดินชั้นบนเป็นชั้นดินเหนียวแข็ง($\phi_1 = 0$) วางตัวบนชั้นดินเหนียวอ่อนชุ่มน้ำ(ϕ_2=0)

จากทั้งหมดสามารถสรุปวิธีการทำการวิเคราะห์ได้ดังนี้

กรณีที่ 1 : ดินชั้นบนเป็นดินทรายแข็ง ($c_1 = 0$)ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวอ่อน($\phi_2 = 0$)

1.ป้อนข้อมูลของดินชั้นบน (ϕ_1, γ_1)

2.ป้อนข้อมูลของดินชั้นล่าง (c_2)

3.ป้อนข้อมูลทั่วไป (H, B x L, D_p, F.S.)

4.นำคำตอบที่ได้ไปเขียนกราฟและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้

กรณีที่ 2 : ดินชั้นบนเป็นดินเหนียวแข็ง($\phi_1 = 0$) ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวอ่อน($\phi_2 = 0$)

1.ป้อนข้อมูลของดินชั้นบน (c_1, γ_1)

2.ป้อนข้อมูลของดินชั้นล่าง (c_2)

3.ป้อนข้อมูลทั่วไป (H, B x L, D_p, F.S.)

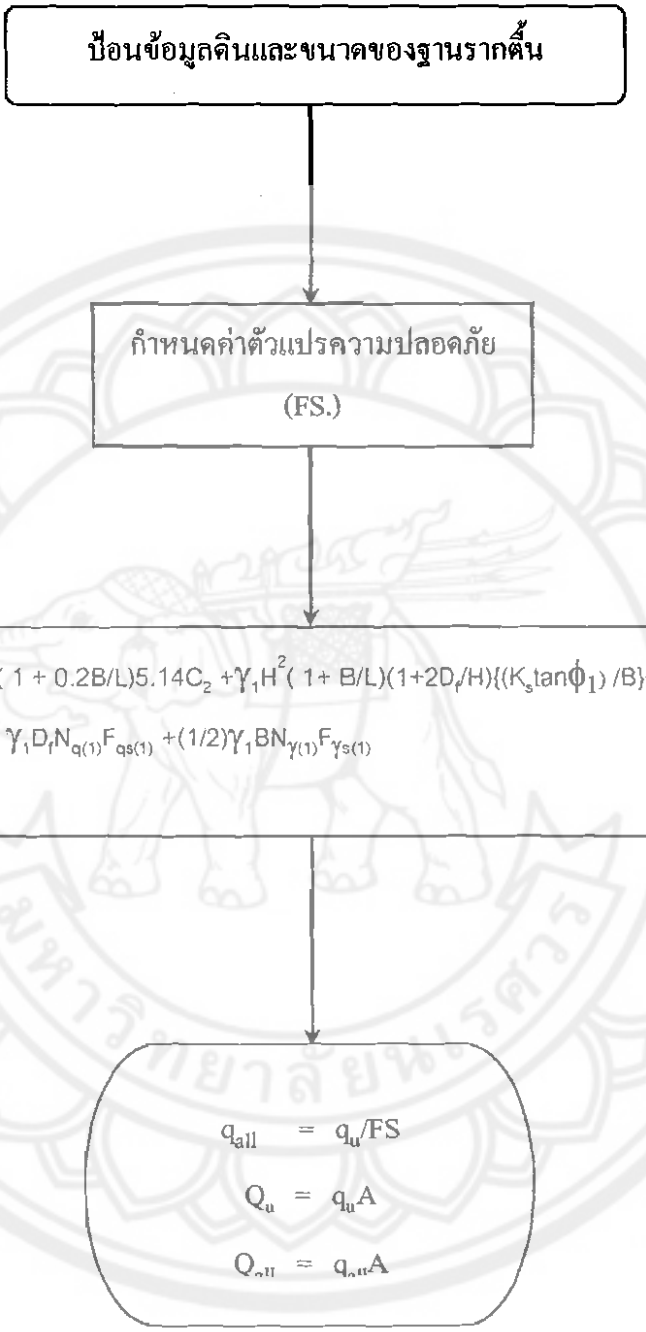
4.นำคำตอบที่ได้ไปเขียนกราฟและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผลโครงงาน

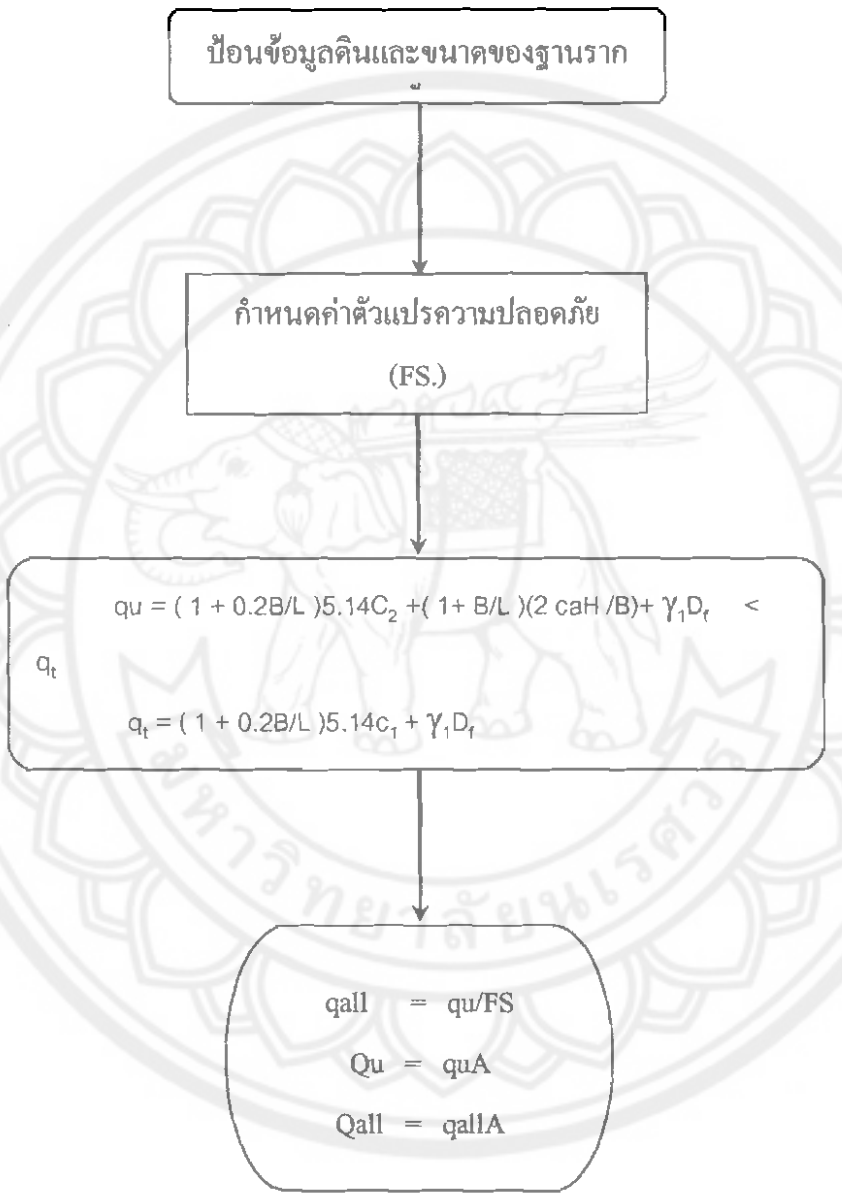
เป็นขั้นตอนที่นำกราฟต่างๆที่เขียนได้จากการป้อนข้อมูลต่างๆ ลงไปใน Program Microsoft Excel มาวิเคราะห์ถึงปัจจัยหรือผลที่เกิดขึ้น เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติของดิน ทำให้สามารถทราบได้ว่าค่าคุณสมบัติของดินมีผลต่อค่ากำลังรับน้ำหนักแบกทานของดินอย่างไร

3.4 ขั้นตอนการพิมพ์เอกสารและทำรูปเล่มโครงงาน

เป็นขั้นตอนของการพิมพ์เนื้อหาทั้งหมด หลังจากส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบแก้ไขเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นทำการเข้ารูปเล่มเตรียมส่งต่อไป



FLOW CHART แสดงการคำนวณแรงแบกทานของดิน 2 ชั้น
กรณีดินชั้นทรายแข็งวางตัวอยู่บนชั้นดินเหนียวอ่อน



FLOW CHART แสดงการคำนวณแรงแบกทานของดิน 2 ชั้น
กรณีดินชั้นดินเหนียวแข็งวางตัวอยู่บนชั้นดินเหนียวอ่อน