บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงงาน

ในการดำเนินการได้กำหนดขอบเขตของการดำเนินการไว้คือจัดทำเอกสารส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของนิสิตที่ประกอบด้วยเนื้อหา ตัวอย่าง และโจทย์การออกแบบฐานรากเพื่อทดสอบความรู้ ความเข้าใจในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริง อีกทั้งได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อความรวดเร็วในการนำไปใช้งานโดยมีเนื้อหาครอบคลุมในส่วนของการออกแบบฐานรากแผ่ร่วม ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1.ขั้นตอนการเตรียมโครงงาน

2.ขั้นตอนการคำนวณ Combined footing

3.ขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผล

4.ขั้นตอนการพิมพ์เอกสารและทำรูปเล่มรายงานโครงงาน

มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ขั้นตอนการเตรียมโครงงาน

3.1.1 เลือกและกำหนดหัวข้อโครงงาน

3.1.2 ศึกษาขอบเขตของโครงงานที่จะทำการดำเนินงาน

3.1.3 นำหัวข้อ วัตถุประสงค์ และแผนงานของโครงงานเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา

3.1.4 ศึกษาค้นคว้าถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อโครงงาน

3.1.5 สรุปเนื้อหาและรายละเอียดต่างๆ ของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

3.1.6 นำเสนอความคืบหน้าของโครงงานต่ออาจารย์ที่ปรึกษา

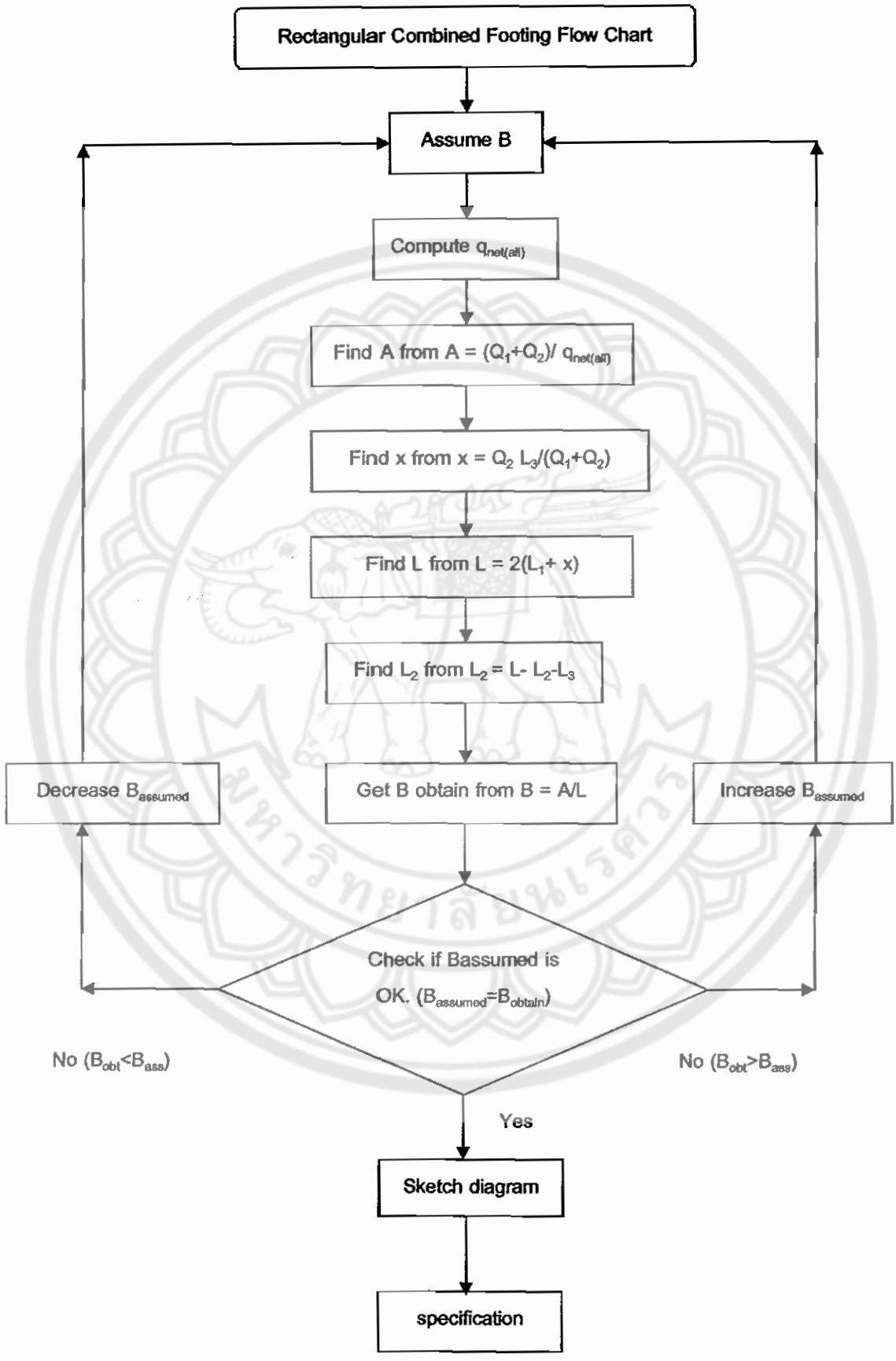
3.2 ขั้นตอนการคำนวณ วิเคราะห์และออกแบบ Combined footing

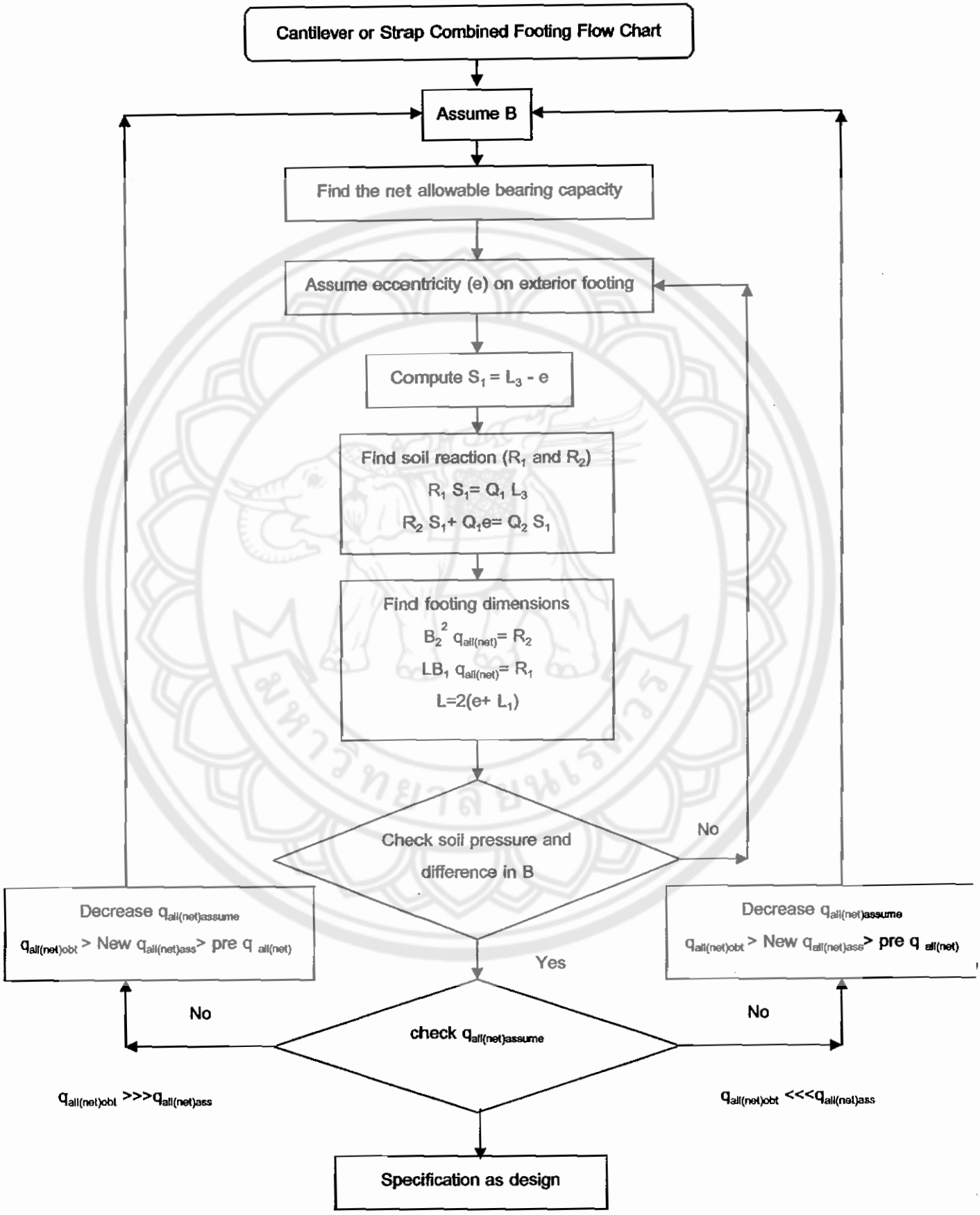
3.2.1 เขียน Flowchart โดยมีรายละเอียดดังนี้

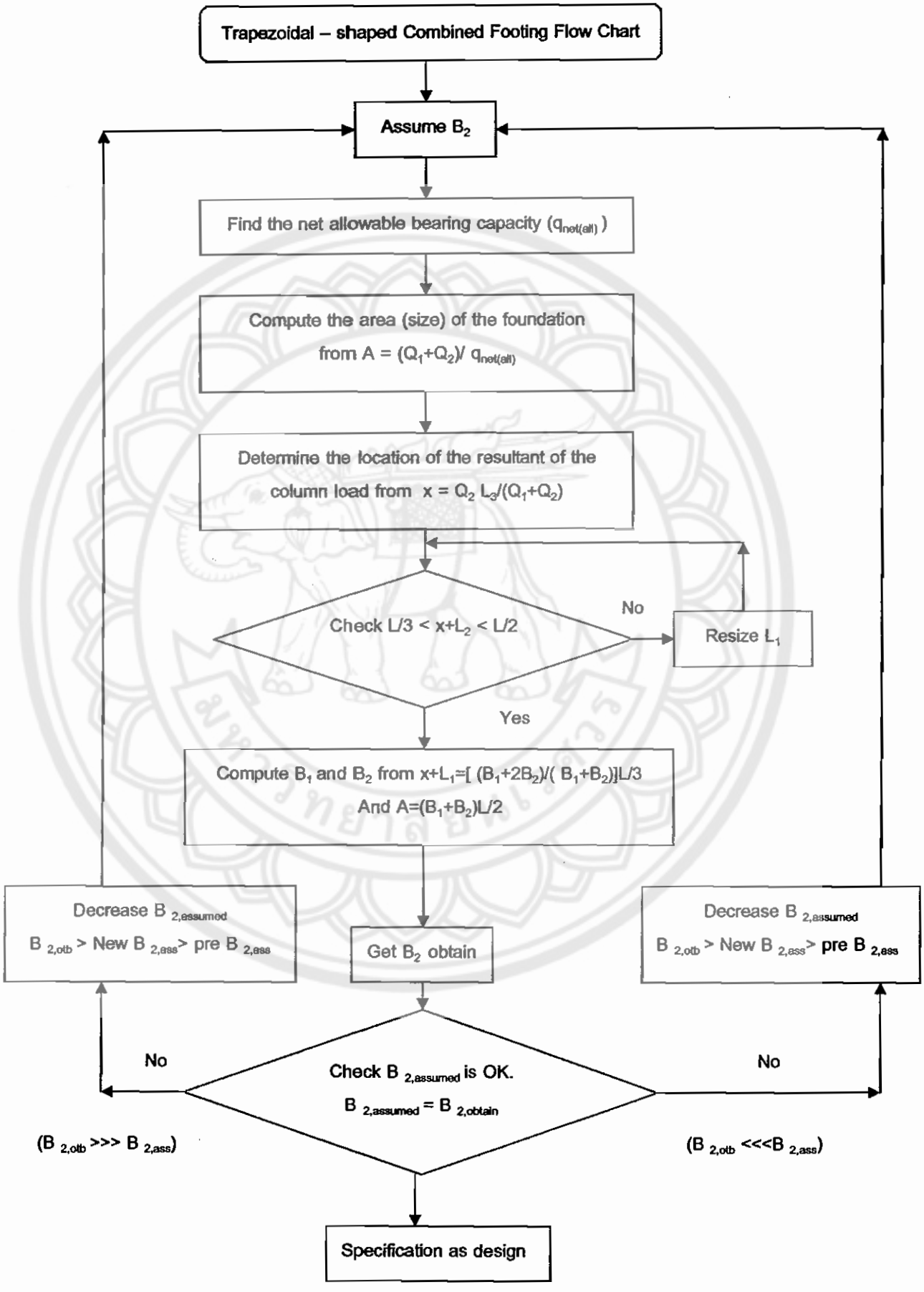
3.2.1.1 Flowchart ของโปรแกรมคำนวณฐานรากแผ่ร่วมแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3.2.1.2 Flowchart ของโปรแกรมคำนวณฐานรากแผ่ร่วมแบบเชื่อมด้วยคาน

3.2.1.3 Flowchart ของโปรแกรมคำนวณฐานรากแผ่ร่วมแบบสี่เหลี่ยมคางหมู


Rectangular Combined Footing Flow Chart
Assume B
Compute $q_{net(all)}$
Find A from $A = (Q_1+Q_2)/ q_{net(all)}$
Find x from $x = Q_2 L_3/(Q_1+Q_2)$
Find L from $L = 2(L_1+ x)$
Find L_2 from $L_2 = L- L_2-L_3$
Get B obtain from B = A/L
Decrease $B_{assumed}$
Increase $B_{assumed}$
Check if Bassumed is OK. ($B_{assumed}=B_{obtain}$)
No ($B_{obt}<B_{ass}$)
No ($B_{obt}>B_{ass}$)
Yes
Sketch diagram
specification


Cantilever or Strap Combined Footing Flow Chart
Assume B
Find the net allowable bearing capacity
Assume eccentricity (e) on exterior footing
Compute $S_1 = L_3 - e$
Find soil reaction (R_1 and R_2)
$R_1 S_1 = Q_1 L_3$
$R_2 S_1 + Q_1 e = Q_2 S_1$
Find footing dimensions
$B_2^2 q_{all(net)} = R_2$
$LB_1 q_{all(net)} = R_1$
$L = 2(e + L_1)$
Check soil pressure and difference in B
No
Yes
Decrease $q_{all(net)assume}$
$q_{all(net)obt}$ > New $q_{all(net)ass}$ > pre $q_{all(net)}$
Decrease $q_{all(net)assume}$
$q_{all(net)obt}$ > New $q_{all(net)ass}$ > pre $q_{all(net)}$
No
No
check $q_{all(net)assume}$
$q_{all(net)obt} >>> q_{all(net)ass}$
$q_{all(net)obt} <<< q_{all(net)ass}$
Specification as design

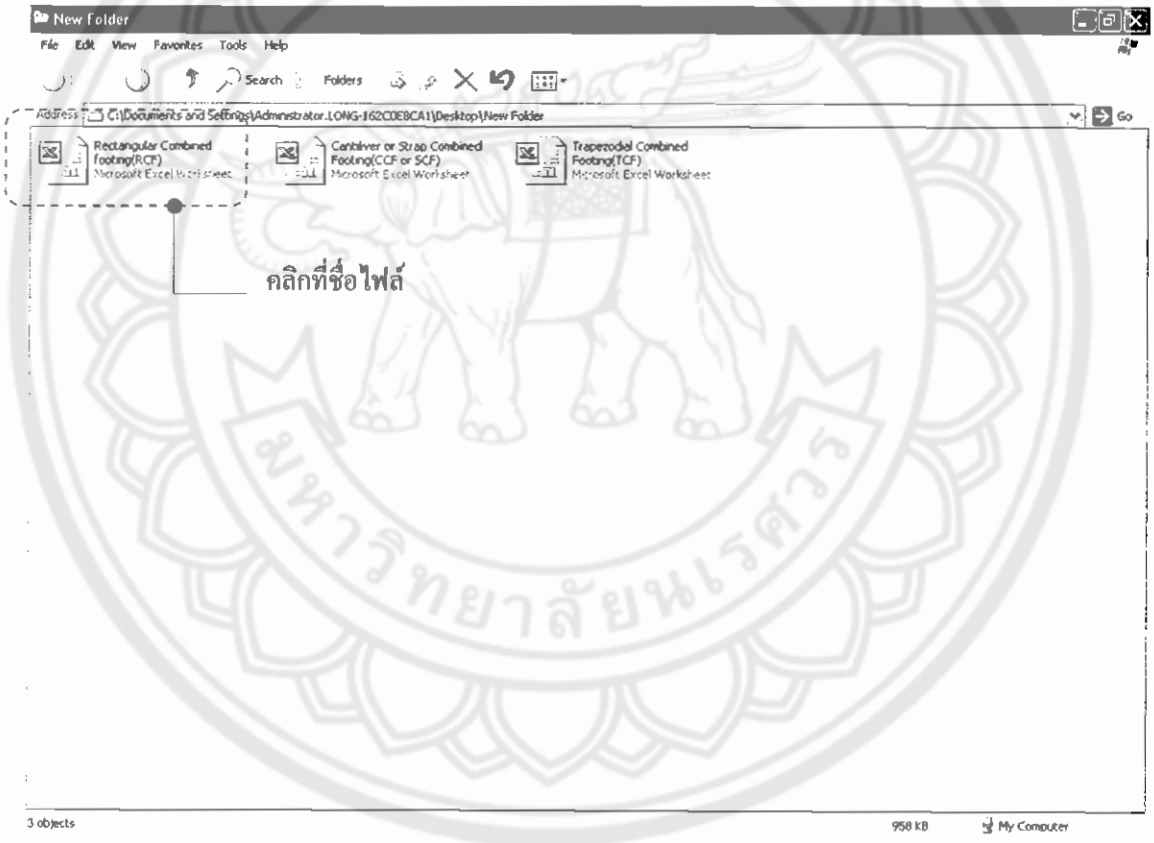

Trapezoidal – shaped Combined Footing Flow Chart
Assume B_2
Find the net allowable bearing capacity ($q_{net(all)}$)
Compute the area (size) of the foundation
from $A = (Q_1+Q_2)/ q_{net(all)}$
Determine the location of the resultant of the
column load from $x = Q_2 L_3/(Q_1+Q_2)$
Check $L/3 < x+L_2 < L/2$
No
Resize L_1
Yes
Compute B_1 and B_2 from $x+L_1=[(B_1+2B_2)/(B_1+B_2)]L/3$
And $A=(B_1+B_2)L/2$
Decrease $B_{2,assumed}$
$B_{2,otb} > New\ B_{2,ass} > pre\ B_{2,ass}$
Get B_2 obtain
Decrease $B_{2,assumed}$
$B_{2,otb} > New\ B_{2,ass} > pre\ B_{2,ass}$
No
Check $B_{2,assumed}$ is OK.
$B_{2,assumed} = B_{2,obtain}$
No
$(B_{2,otb} >>> B_{2,ass})$
$(B_{2,otb} <<< B_{2,ass})$
Specification as design

3.2.2 ขั้นตอนการใช้โปรแกรมการออกแบบฐานรากแผ่

สำหรับโครงงานนี้ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและวิเคราะห์โดยนำทฤษฎีการวิเคราะห์ออกแบบ หรือสูตรการคำนวณต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบ Combined footing เขียนเป็นโปรแกรมช่วยคำนวณ ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในรายละเอียดการเขียนสูตรลงในโปรแกรมช่วยคำนวณ โดยมีโปรแกรมช่วยคำนวณ 3 เรื่องย่อย และวิธีการใช้งานมีดังนี้

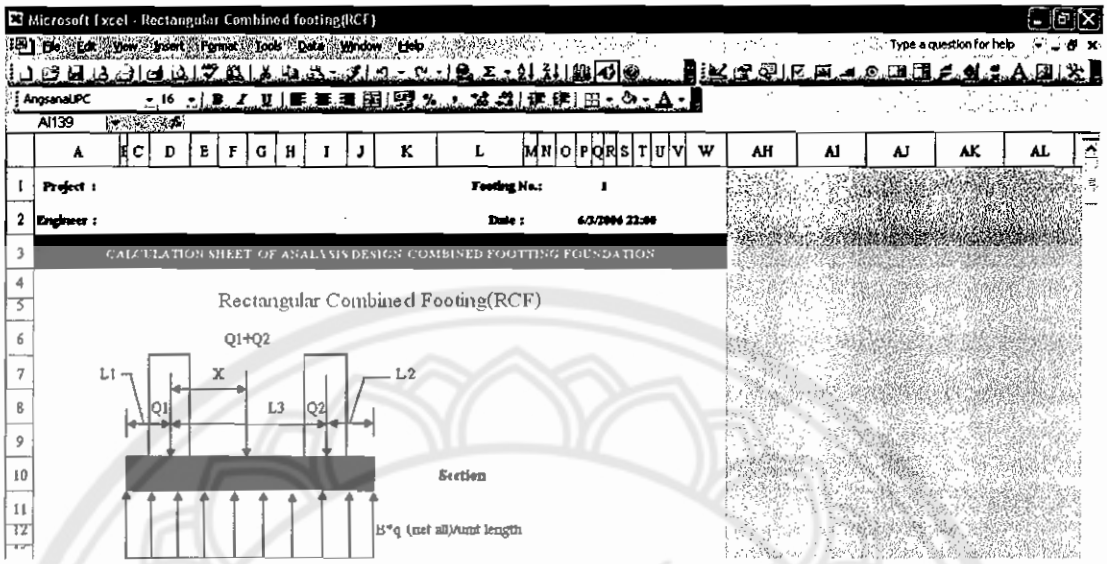
3.2.2.1 Rectangular Combined footing(RCF)

เมื่อเข้าไปที่หน้าต่าง Combined footing จะมีไฟล์ให้เลือกอยู่ 3 ไฟล์ ดังรูปที่ 3.1 แต่ในหัวข้อนี้จะยกตัวอย่างถึงวิธีการใช้งานในส่วนของ Rectangular Combined footing(RCF)

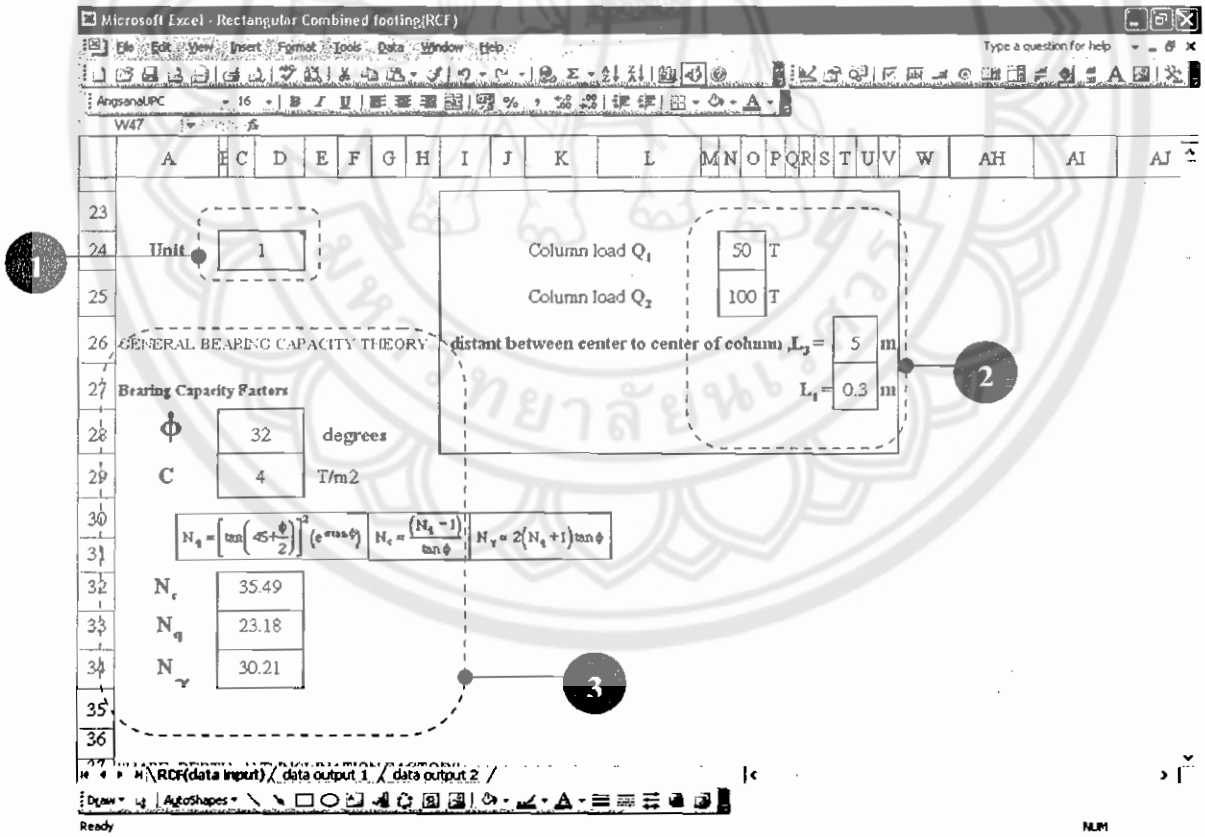


รูปที่ 3.1 แสดงการเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณของ
Rectangular Combined footing(RCF)

เมื่อเข้าสู่หน้าต่างของโปรแกรมช่วยคำนวณ Rectangular Combined footing(RCF) จะแสดงลักษณะดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะหน้าจอแสดงผลของ (RCF)



รูปที่ 3.3 แสดงการป้อนข้อมูลของ (RCF)

การป้อนข้อมูลจะสังเกตเห็นช่องข้อมูลมีอยู่ 2 ลักษณะคือ ช่องสีส้ม เป็นช่องที่ใช้ในการป้อนข้อมูล ส่วนช่องสีขาวเป็นช่องแสดงผลซึ่งจะไม่สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลในช่องนี้ได้ ดังรูปที่ 3.3

วิธีการป้อนข้อมูลและแสดงผล

การป้อนข้อมูลควรป้อนตามลำดับดังนี้

1. ช่องแรกที่ควรสนใจก่อนทำการคำนวณคือ Unit ช่องนี้กำหนดให้เลือกหน่วยแรงที่ต้องการคือ

พิมพ์ 1 หน่วยเป็นตัน

พิมพ์ 2 หน่วยเป็นปอนด์

พิมพ์ 3 หน่วยเป็นกิโลนิวตัน

พิมพ์ 4 หน่วยเป็นนิวตัน

เนื่องจากโจทย์แต่ละข้อมีการใช้หน่วยต่างกัน จึงต้องมีการกำหนดหน่วยก่อนการคำนวณ

2. จากรูปที่มีนั้นได้ใส่ตัวแปรต่างๆ ให้เห็นอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงสามารถดูได้จากรูปแล้วป้อนข้อมูลดังนี้

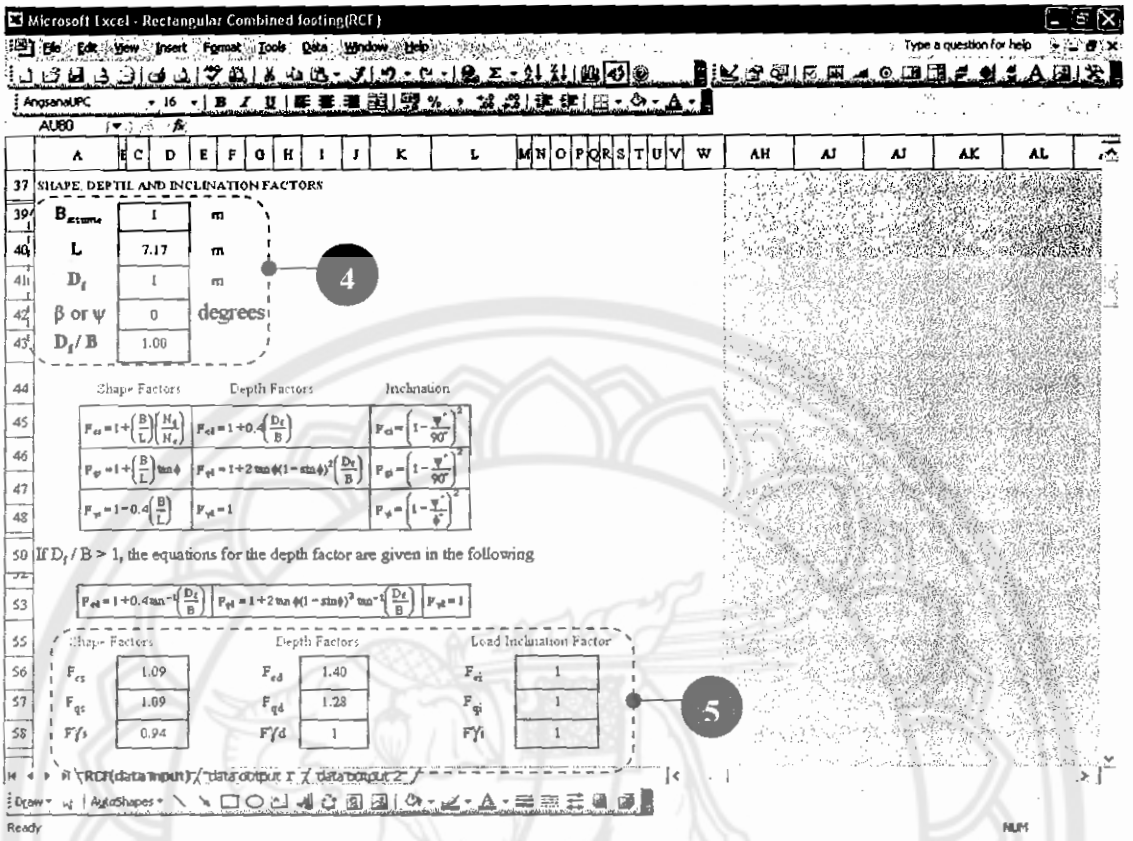
2.1 น้ำหนักลงเสาแต่ละต้น

2.2 ระยะต่างๆ

3. ในส่วนของ General bearing capacity theory

ค่าที่ใช้ในการกรอกข้อมูลคือ ค่า Φ และค่า C เพื่อหาค่า Nc, Nq และ N_γ โดยสูตรที่ใช้คือ

$$N_q = \left[\tan\left(45+\frac{\phi}{2}\right)\right]^2 \left(e^{\pi\tan\phi}\right) \qquad N_c = \frac{\left(N_q - 1\right)}{\tan\phi} \qquad N_\gamma = 2\left(N_q + 1\right)\tan\phi$$



รูปที่ 3.4 แสดงการป้อนข้อมูลของ (RCF)

4. ในส่วนของ Shape , Depth , and Inclination factors

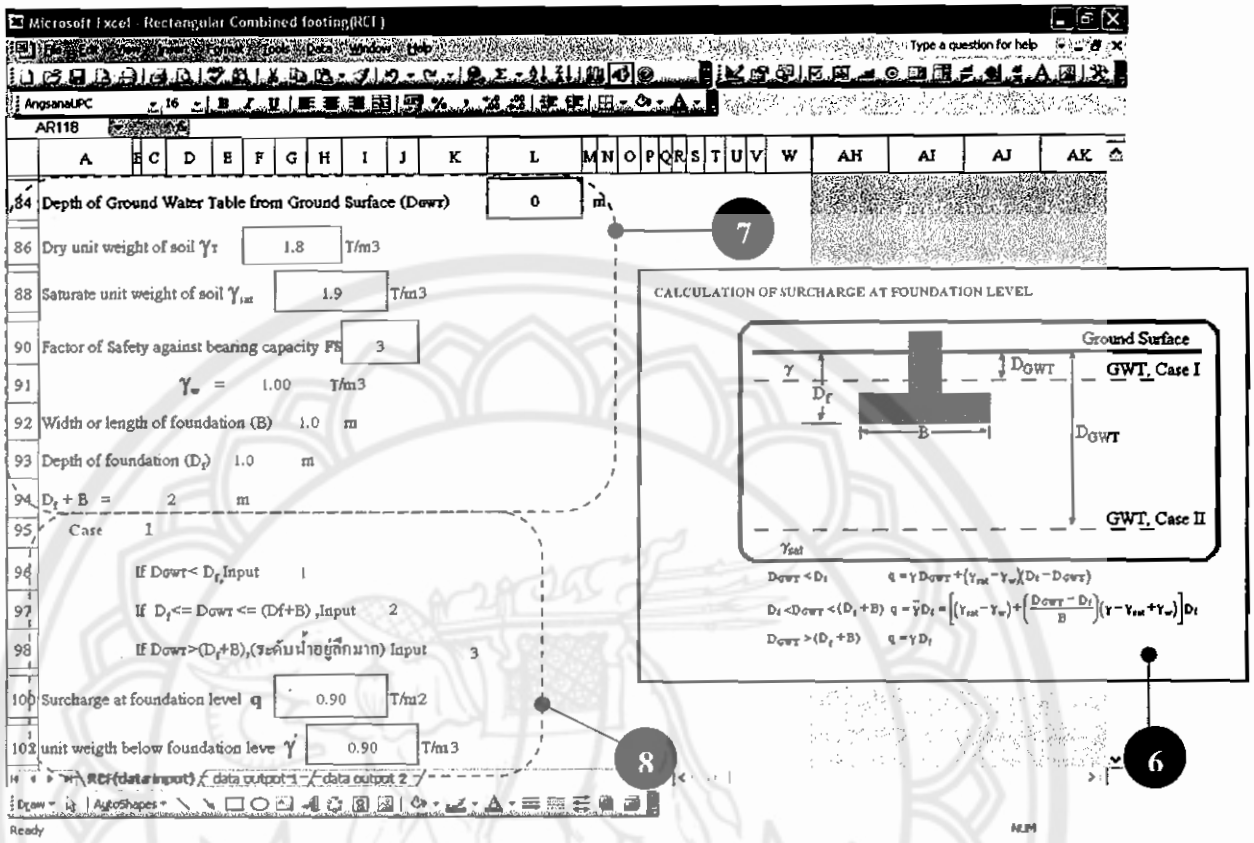
ค่าที่ใช้ในการกรอกข้อมูลคือ ค่า B_{assume} ,D_f ,β or ψ และ D_f / B โดยแทนลงในสูตร

$F_{cs}=1+\left(\frac{B}{L}\right)\left(\frac{N_q}{N_c}\right)$	$F_{cd}=1+0.4\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{ci}=\left(1-\frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$
$F_{qs}=1+\left(\frac{B}{L}\right)\tan\phi$	$F_{qd}=1+2\tan\phi(1-\sin\phi)^2\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{qi}=\left(1-\frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$
$F_{\gamma s}=1-0.4\left(\frac{B}{L}\right)$	$F_{\gamma d}=1$	$F_{\gamma i}=\left(1-\frac{\psi^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$

ถ้า $D_f / B > 1$ ค่า F_{cd} , F_{qd} และ $F_{\gamma d}$ ให้ใช้สูตรดังต่อไปนี้

$F_{cd}=1+0.4\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{qd}=1+2\tan\phi(1-\sin\phi)^2\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{\gamma d}=1$

5. เป็นการประมวลผลในส่วนของ Shape , Depth , and Inclination factors



รูปที่ 3.5 แสดงการป้อนข้อมูลของ (RCF)

6. เป็นรูปแสดงระดับน้ำที่กระทำต่อฐานราก เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการเลือก case ในข้อ 8

7. ในส่วนของ Calculation of surcharge at foundation level ค่าที่ใช้ในการกรอกข้อมูลคือ ค่า D_{GWT} , γ_T , γ_{sat} และ FS

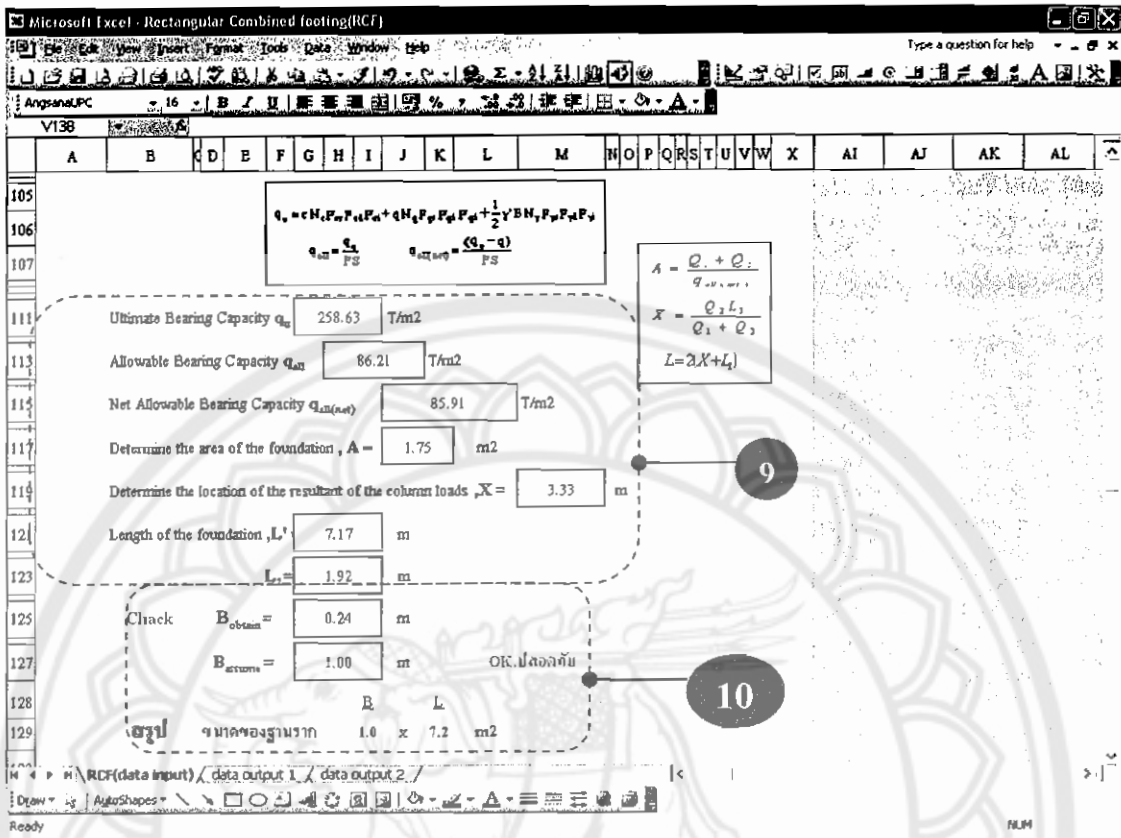
8. แสดงการประมวลผลของค่า q , γ'

ว TA
775
ว3770
2548

- 4 พ.ค. 2549

4840530

สำนักหอสมุด



รูปที่ 3.6 แสดงการป้อนข้อมูลของ (RCF)

9. แสดงการประมวลผลของค่า q_u , q_{all} , $q_{all(net)}$ เพื่อนำค่าที่ได้ไปหาพื้นที่ของฐานรากที่สามารถรองรับแรงกระทำได้จากสูตรดังนี้

$$q_u = c'N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B' N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_{all} = \frac{q_u}{FS}$$

$$q_{all(net)} = \left(\frac{q_u - q}{F_s}\right)$$

$$A = \frac{Q_1 + Q_2}{q_{all(net)}}$$

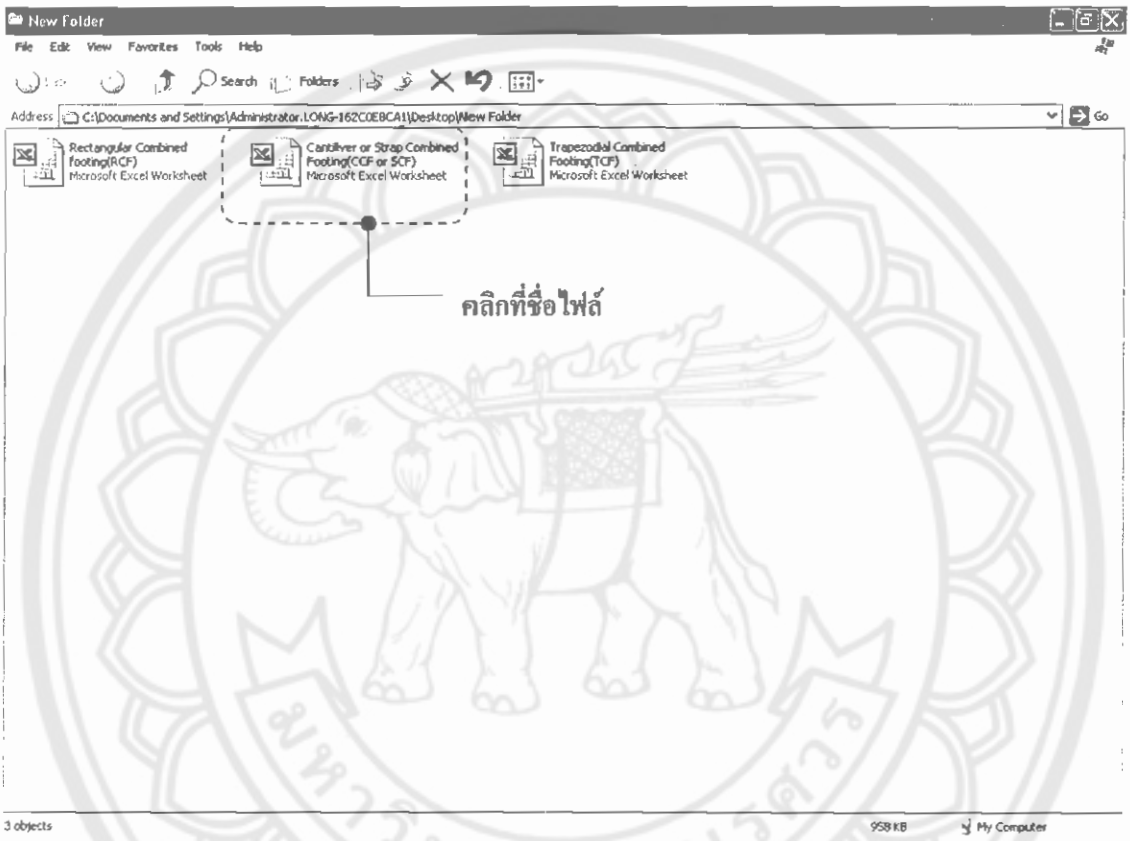
$$X = \frac{Q_2 L_3}{Q_1 + Q_2}$$

$$L = 2(X + L_1)$$

10. เป็นตัวแสดงการประมวลผล B_{obtain} และ B_{assume} เพื่อตรวจสอบว่าจะใช้ได้หรือยัง

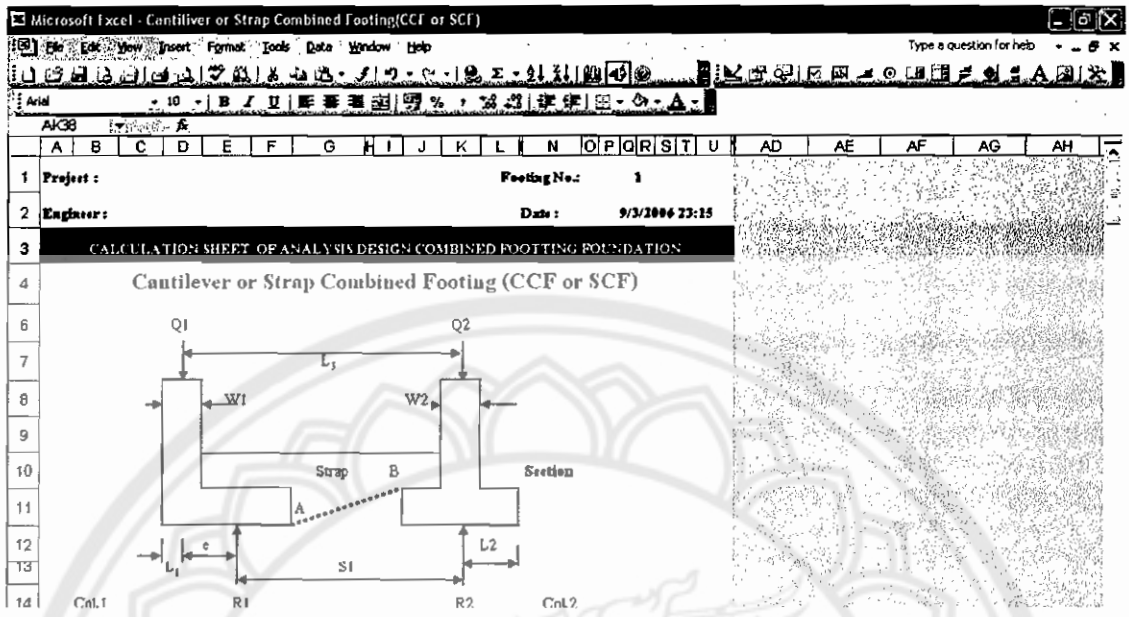
3.2.2.2 Cantilever or Strap Combined Footing

เมื่อเข้าไปที่หน้าต่าง Combined footing จะมีไฟล์ให้เลือกอยู่ 3 ไฟล์ ดังรูปที่ 3.7 แต่ในหัวข้อนี้จะยกตัวอย่างถึงวิธีการใช้งานในส่วนของ Cantilever or Strap Combined Footing

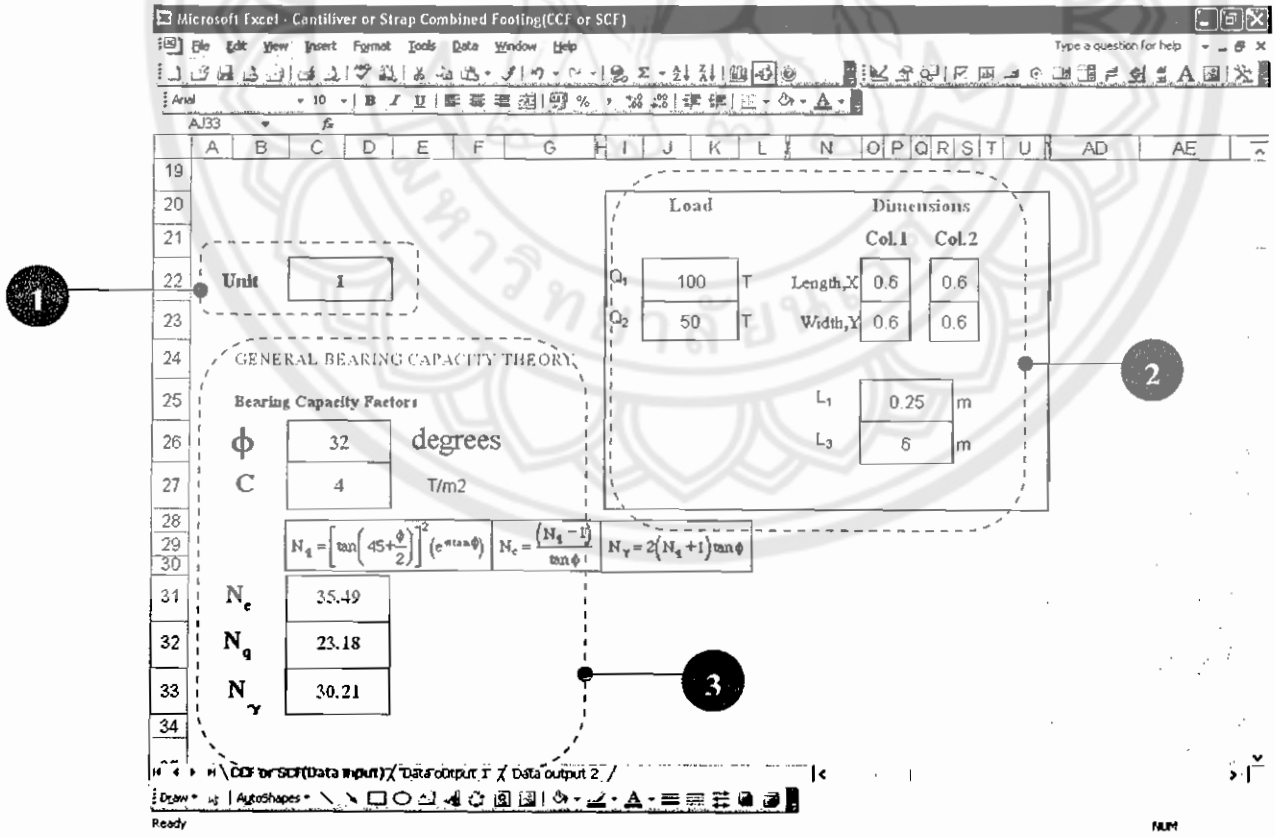


รูปที่ 3.7 แสดงการเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณของ Cantilever or Strap Combined Footing

เมื่อเข้าสู่หน้าต่างของโปรแกรมช่วยคำนวณ Cantilever or Strap Combined Footing จะแสดงลักษณะดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ลักษณะหน้าจอแสดงผลของ (CCF)



รูปที่ 3.9 แสดงการป้อนข้อมูลของ (CCF)

การป้อนข้อมูลจะสังเกตเห็นช่องข้อมูลมีอยู่ 2 ลักษณะคือ ช่องสีส้ม เป็นช่องที่ใช้ในการป้อนข้อมูล ส่วนช่องสีขาวเป็นช่องแสดงผลซึ่งจะไม่สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลในช่องนี้ได้ ดังรูปที่ 3.9

วิธีการป้อนข้อมูลและแสดงผล

การป้อนข้อมูลควรป้อนตามลำดับดังนี้

1. ช่องแรกที่ควรสนใจก่อนทำการคำนวณคือ Unit ช่องนี้กำหนดให้เลือกหน่วยแรงที่ต้องการคือ

พิมพ์ 1 หน่วยเป็นตัน

พิมพ์ 2 หน่วยเป็นปอนด์

พิมพ์ 3 หน่วยเป็นกิโลนิวตัน

พิมพ์ 4 หน่วยเป็นนิวตัน

เนื่องจากโจทย์แต่ละข้อมีการใช้หน่วยต่างกัน จึงต้องมีการกำหนดหน่วยก่อนการคำนวณ

2. จากรูปที่มีนั้นได้ใส่ตัวแปรต่างๆ ให้เห็นอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงสามารถดูได้จากรูปแล้วป้อนข้อมูลดังนี้

2.1 น้ำหนักลงเสาแต่ละต้น

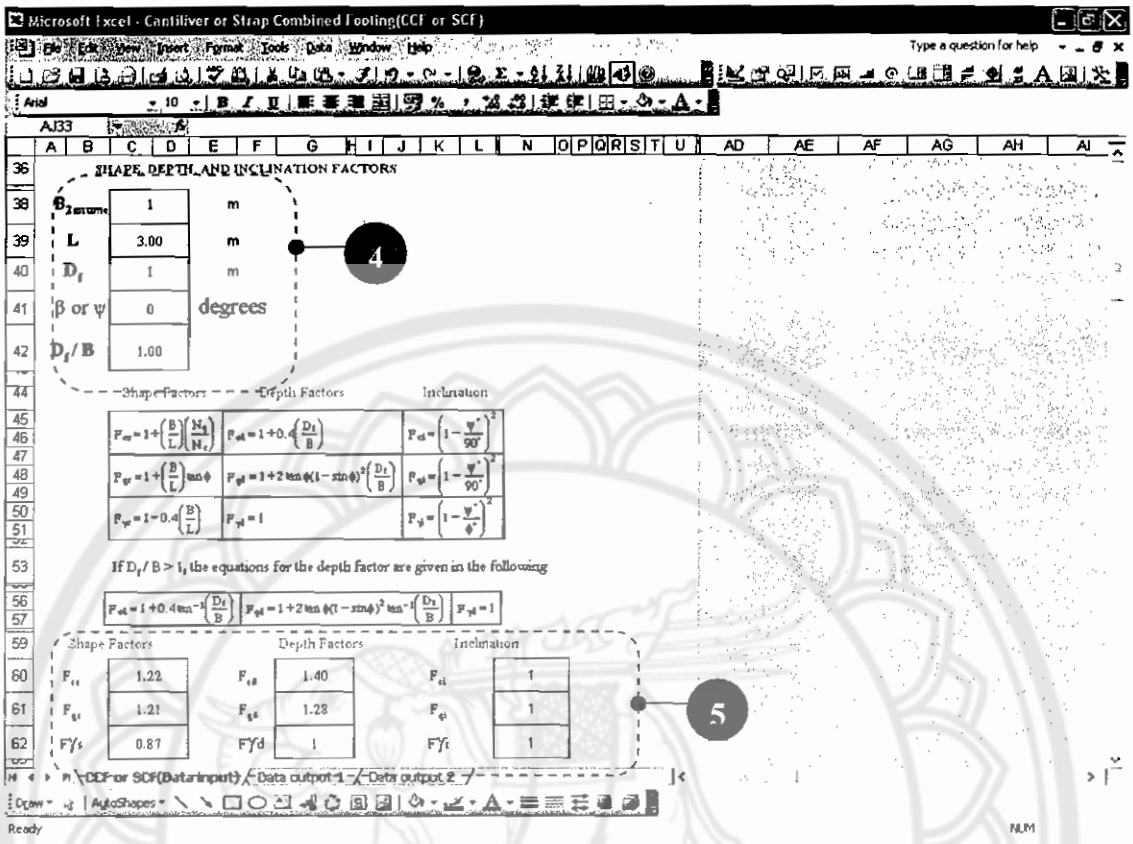
2.2 ระยะต่างๆ

2.3 ขนาดเสาแต่ละต้น

3. ในส่วนของ General bearing capacity theory

ค่าที่ใช้ในการกรอกข้อมูลคือ ค่า Φ และค่า C เพื่อหาค่า Nc, Nq และ N_γ โดยสูตรที่ใช้คือ

$$N_q = \left[\tan\left(45+\frac{\phi}{2}\right)\right]^2 \left(e^{\pi \tan\phi}\right) \qquad N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan\phi} \qquad N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$$



รูปที่ 3.10 แสดงการป้อนข้อมูลของ (CCF)

4. ในส่วนของ Shape , Depth , and Inclination factors

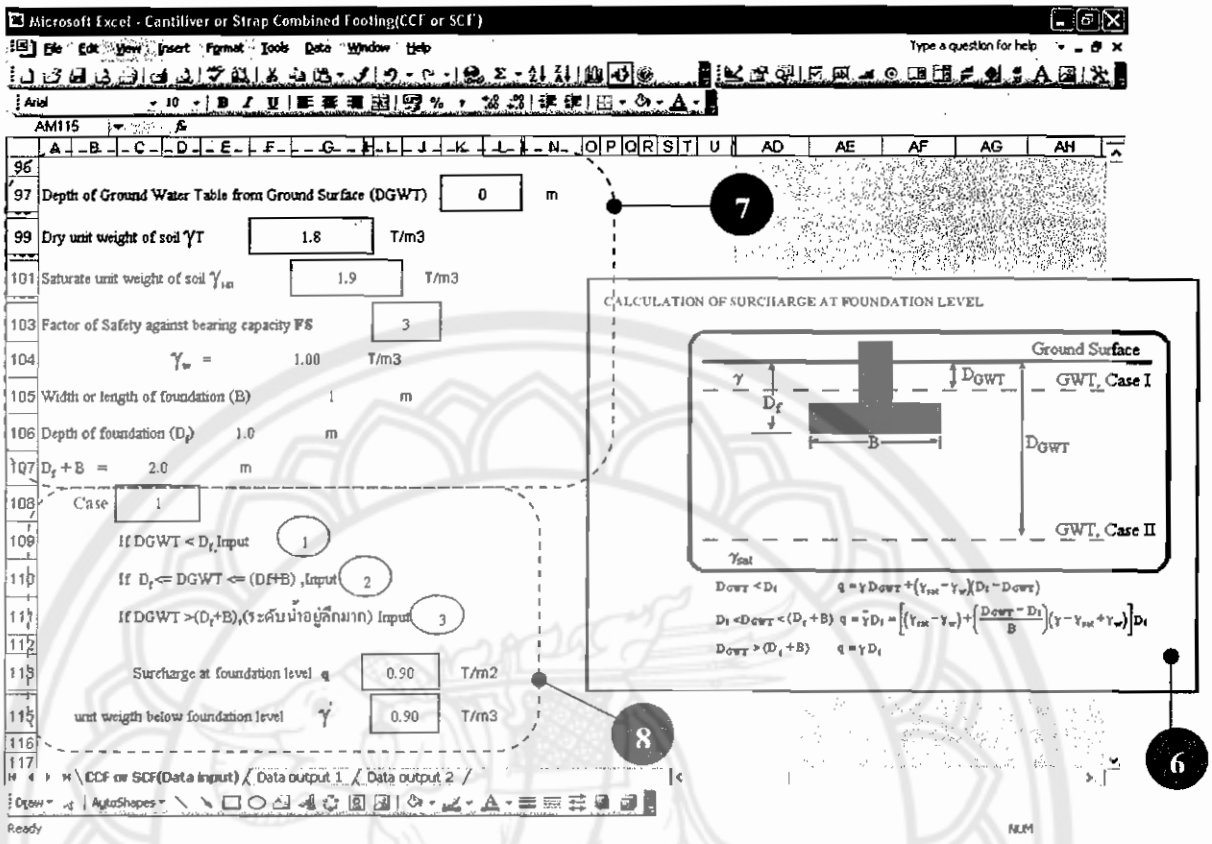
ค่าที่ใช้ในการกรอกข้อมูลคือ ค่า B_{assume} ,D_f ,β or ψ และ D_f / B โดยแทนลงในสูตร

$F_{cs}=1+\left(\frac{B}{L}\right)\left(\frac{N_q}{N_c}\right)$	$F_{cd}=1+0.4\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{ci}=\left(1-\frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$
$F_{qs}=1+\left(\frac{B}{L}\right)\tan\phi$	$F_{qd}=1+2\tan\phi(1-\sin\phi)^2\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{qi}=\left(1-\frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$
$F_{\gamma s}=1-0.4\left(\frac{B}{L}\right)$	$F_{\gamma d}=1$	$F_{\gamma i}=\left(1-\frac{\psi^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$

ถ้า $D_f / B > 1$ ค่า F_{cd} , F_{qd} และ $F_{\gamma d}$ ให้ใช้สูตรดังต่อไปนี้

$F_{cd}=1+0.4\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{qd}=1+2\tan\phi(1-\sin\phi)^2\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{\gamma d}=1$

5. เป็นการประมวลผลในส่วนของ Shape , Depth , and Inclination factors

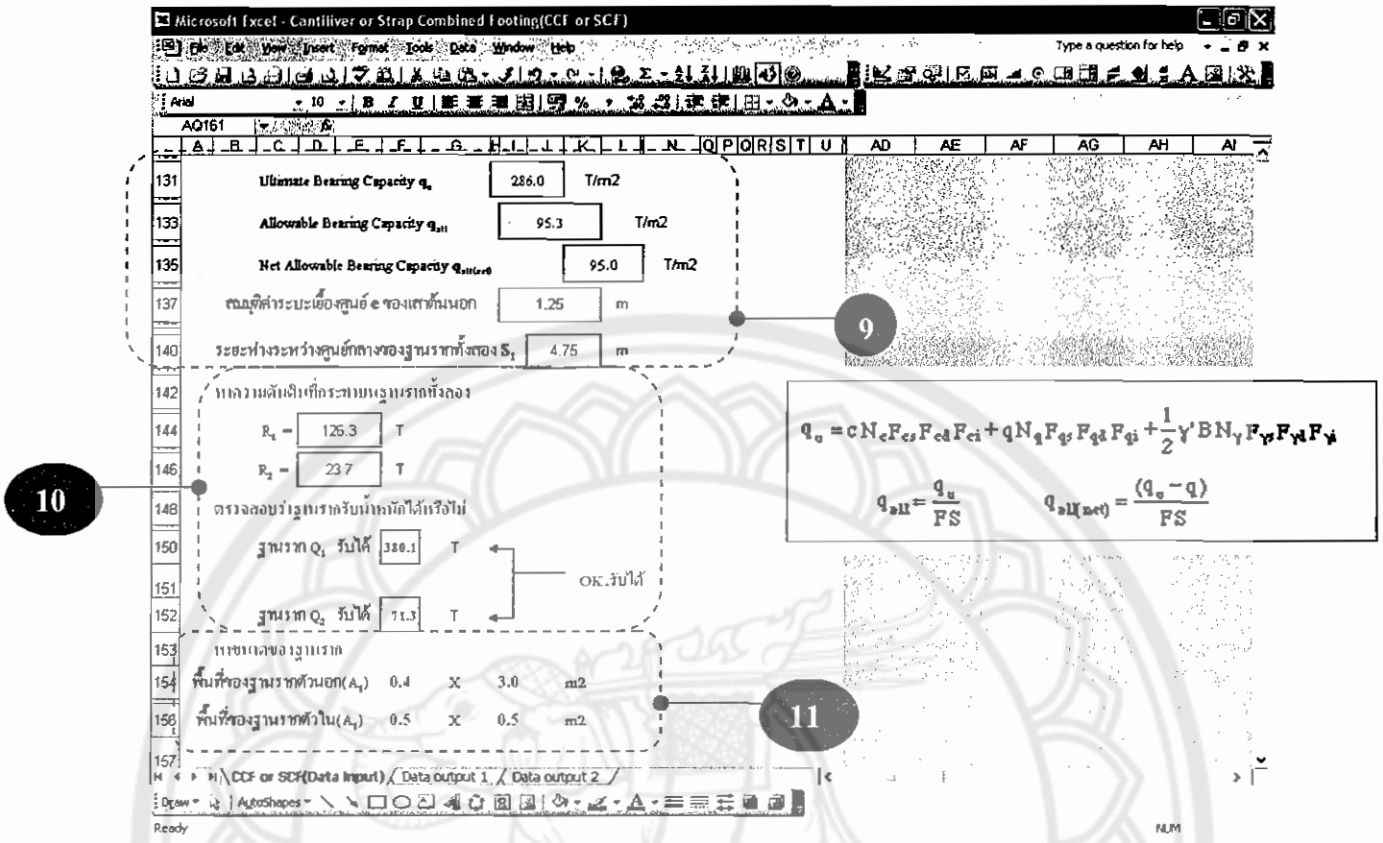


รูปที่ 3.11 แสดงการป้อนข้อมูลของ (CCF)

6. เป็นรูปแสดงระดับน้ำที่กระทำต่อฐานราก เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการเลือก case ในข้อ 8

7. ในส่วนของ Calculation of surcharge at foundation level ค่าที่ใช้ในการกรอกข้อมูลคือ ค่า D_{GWT} , γ_T , γ_{sat} และ FS

8. แสดงการประมวลผลของค่า q , γ'



รูปที่ 3.12 แสดงการป้อนข้อมูลของ (CCF)

9. แสดงการประมวลผลของค่า q_u , q_{all} , $q_{all(net)}$ และการใส่ค่าสมมติระยะเยื้องศูนย์ e ของเสาต้นนอก

10. เป็นการประมวลผลหาความดันดินที่กระทำต่อฐานรากทั้งสองคือ R1 และ R2 เพื่อตรวจสอบหาว่าฐานรากรับน้ำหนักได้หรือไม่ โดยมีสูตรดังนี้

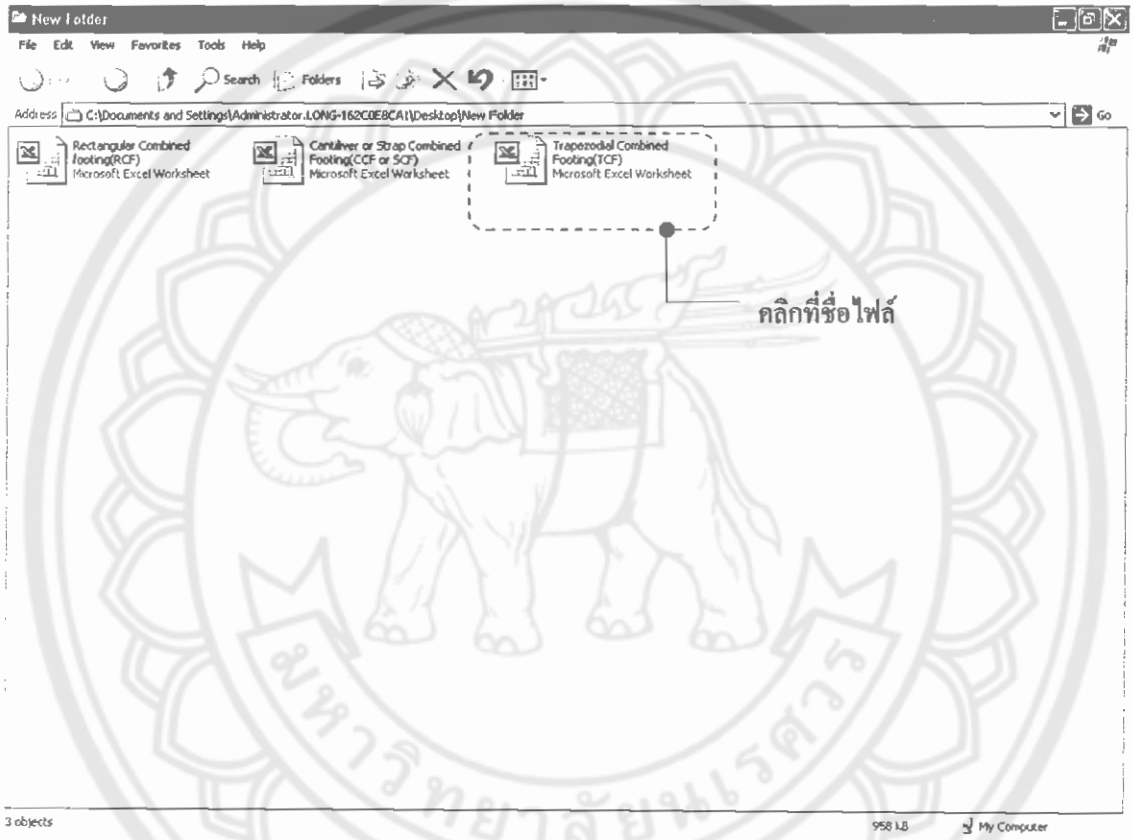
$$R_1 = \frac{Q_1 L_2}{S_1} \quad , \quad B_1 = \frac{R_1}{L q_{all(net)}}$$

$$R_2 = \frac{Q_2 S_1 - Q_1 e}{S_1} \qquad B_2 = \sqrt{\frac{R_2}{q_{all(net)}}}$$

11. แสดงการสรุปพื้นที่ของฐานรากทั้งตัวนอกและตัวใน

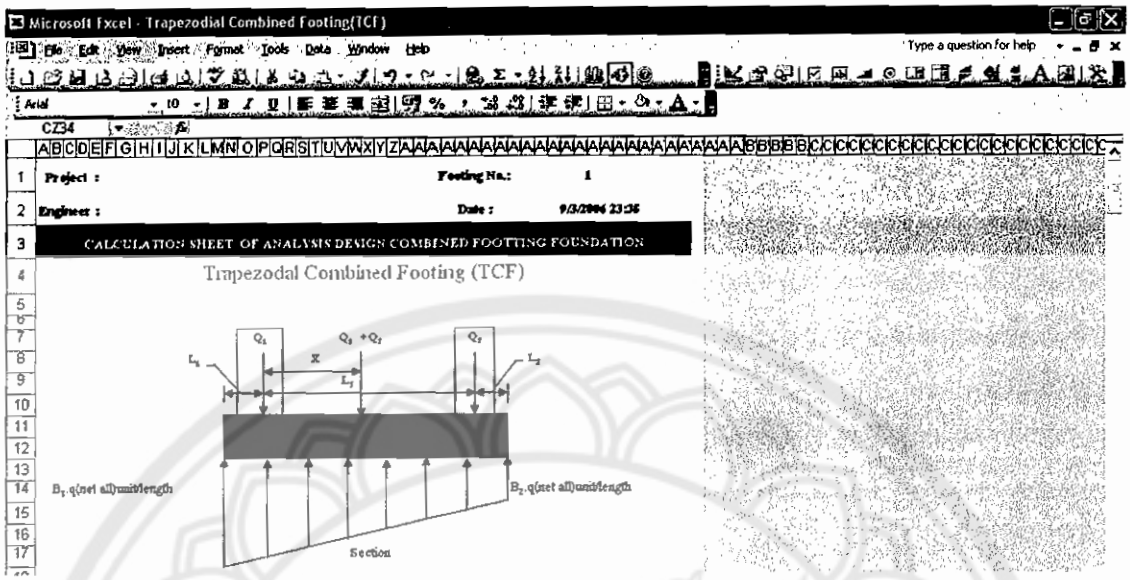
3.2.2.3 Trapezoidal Combined Footing (TCF)

เมื่อเข้าไปที่หน้าต่าง Combined footing จะมีไฟล์ให้เลือกอยู่ 3 ไฟล์ ดังรูปที่ 3.13 แต่ในหัวข้อนี้จะยกตัวอย่างถึงวิธีการใช้งานในส่วนของ Trapezoidal Combined Footing (TCF)

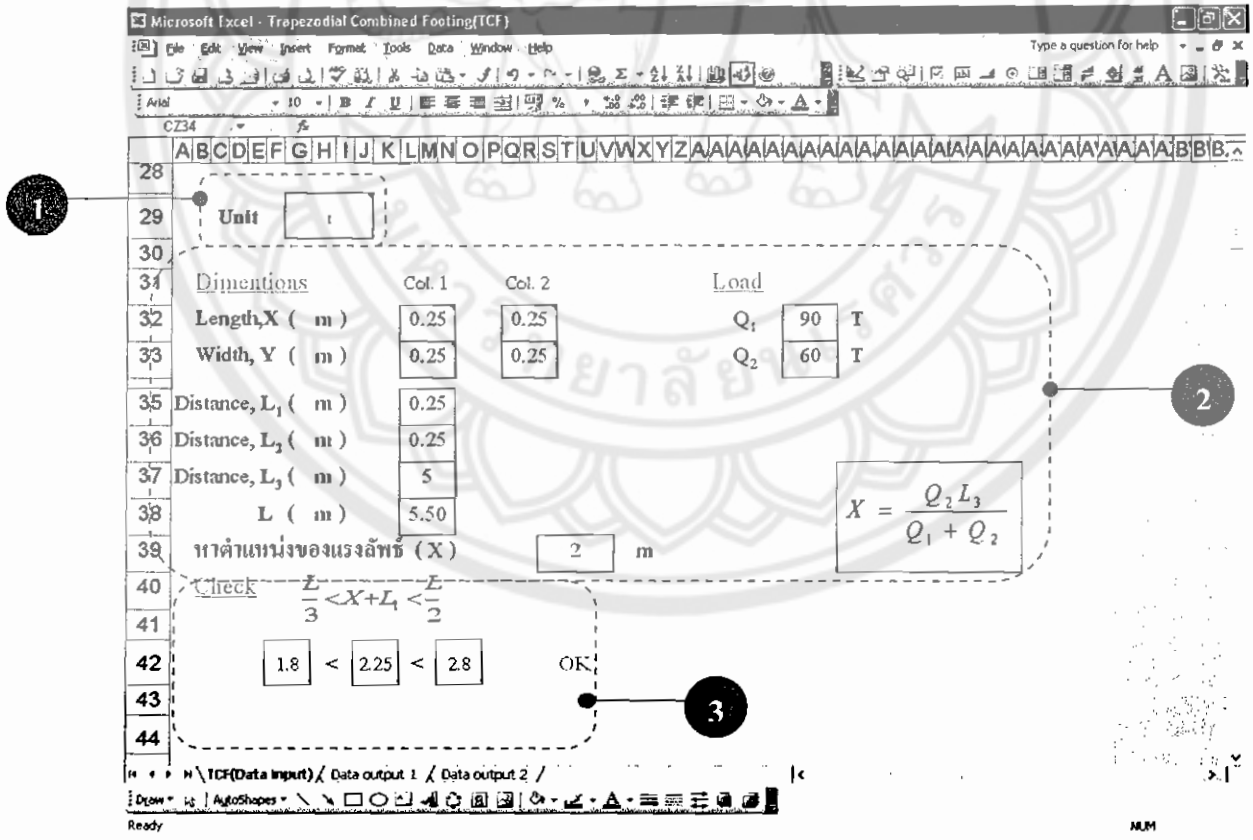


รูปที่ 3.13 แสดงการเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณของ Trapezoidal Combined Footing

เมื่อเข้าสู่หน้าต่างของโปรแกรมช่วยคำนวณ Trapezoidal Combined Footing จะแสดงลักษณะดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ลักษณะหน้าจอแสดงผลของ (TCF)



รูปที่ 3.15 แสดงการป้อนข้อมูลของ (TCF)

การป้อนข้อมูลจะสังเกตเห็นช่องข้อมูลมีอยู่ 2 ลักษณะคือ ช่องสีส้ม เป็นช่องที่ใช้ในการป้อนข้อมูล ส่วนช่องสีขาวเป็นช่องแสดงผลซึ่งจะไม่สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลในช่องนี้ได้ ดังรูปที่ 3.9

วิธีการป้อนข้อมูลและแสดงผล

การป้อนข้อมูลควรป้อนตามลำดับดังนี้

1. ช่องแรกที่ควรสนใจก่อนทำการคำนวณคือ Unit ช่องนี้กำหนดให้เลือกหน่วยแรงที่ต้องการคือ

พิมพ์ 1 หน่วยเป็นตัน

พิมพ์ 2 หน่วยเป็นปอนด์

พิมพ์ 3 หน่วยเป็นกิโลนิวตัน

พิมพ์ 4 หน่วยเป็นนิวตัน

เนื่องจากโจทย์แต่ละข้อมีการใช้หน่วยต่างกัน จึงต้องมีการกำหนดหน่วยก่อนการคำนวณ

2. จากรูปที่มีนั้นได้ใส่ตัวแปรต่างๆ ให้เห็นอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงสามารถดูได้จากรูปแล้วป้อนข้อมูลดังนี้

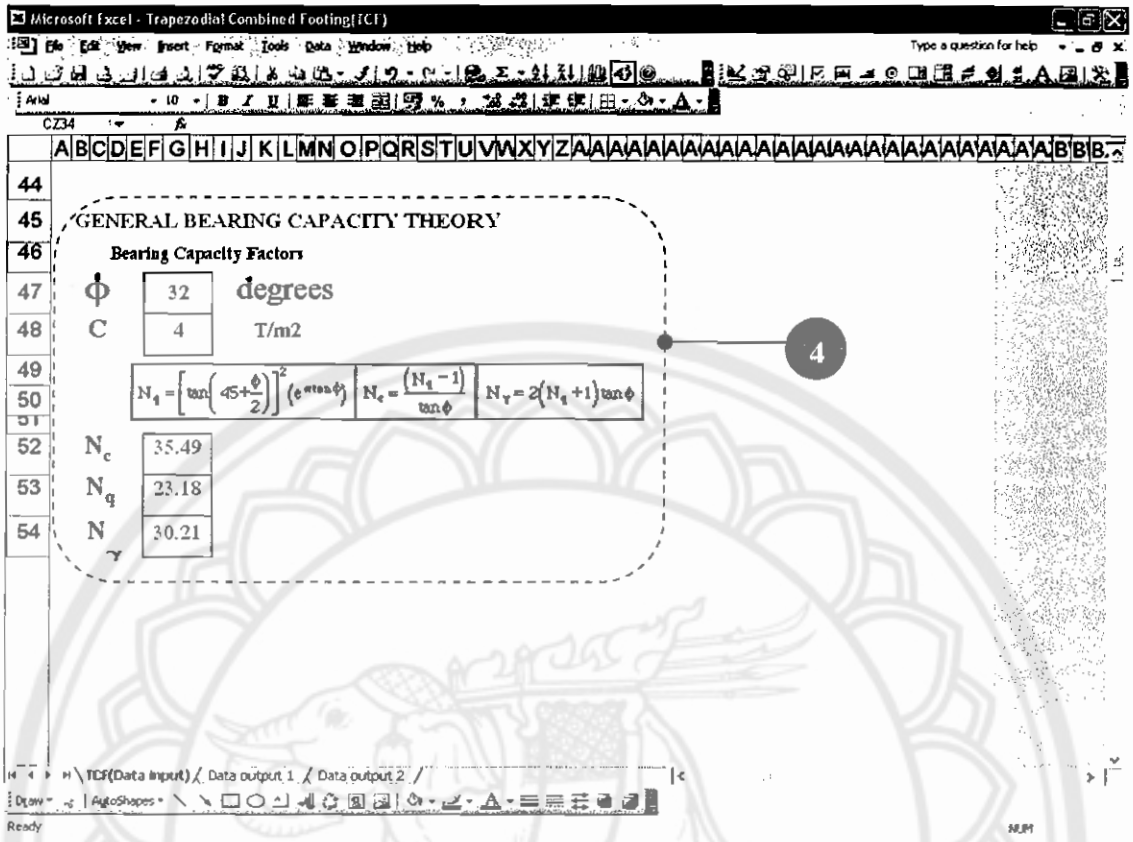
2.1 น้ำหนักลงเสาแต่ละต้น

2.2 ระยะต่างๆ

2.3 ขนาดเสาแต่ละต้น

3. เป็นการตรวจสอบรูปร่างของฐานราก จากสูตร

$$\frac{L}{3} < X + L_1 < \frac{L}{2}$$

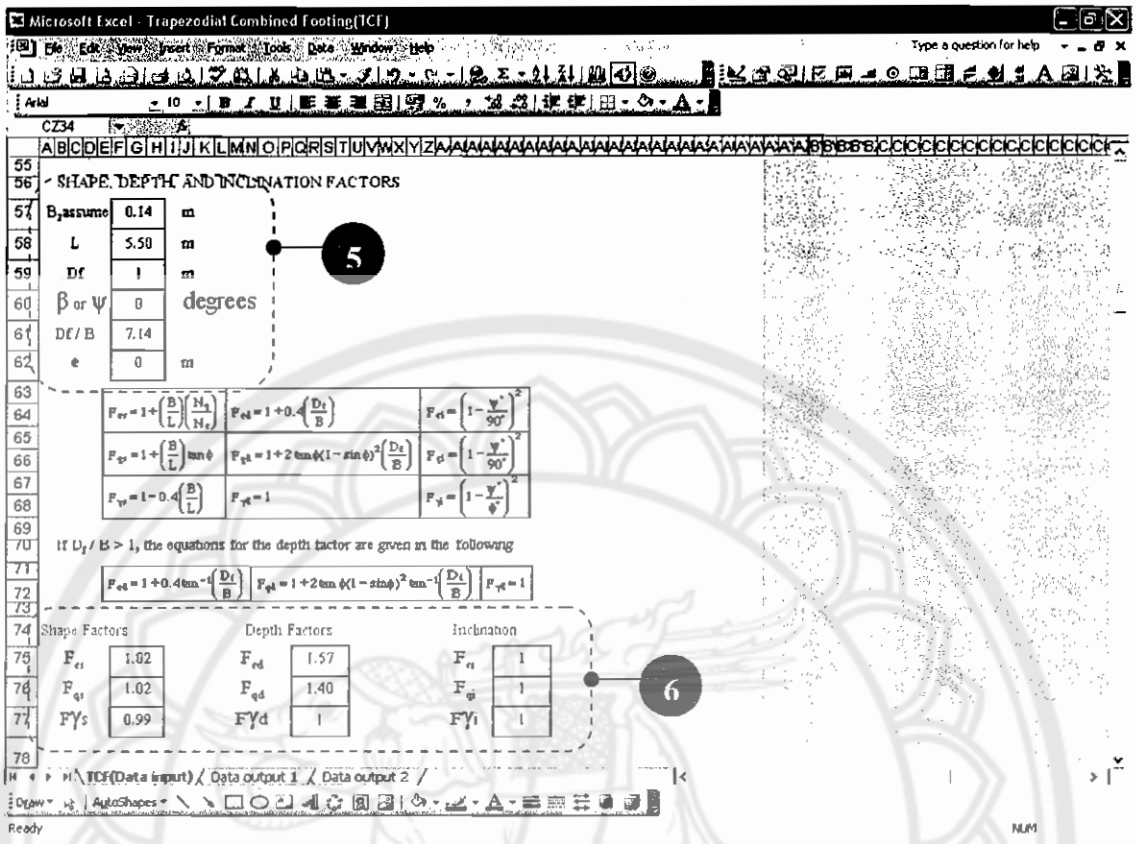


รูปที่ 3.16 แสดงการป้อนข้อมูลของ (TCF)

4. ในส่วนของ General bearing capacity theory

ค่าที่ใช้ในการกรอกข้อมูลคือ ค่า Φ และค่า C เพื่อหาค่า Nc, Nq และ N_γ โดยสูตรที่ใช้คือ

$$N_q=\left[\tan\left(45+\frac{\phi}{2}\right)\right]^2\left(e^{\pi\tan\phi}\right) \quad N_c=\frac{(N_q-1)}{\tan\phi} \quad N_\gamma=2(N_q+1)\tan\phi$$



รูปที่ 3.17 แสดงการป้อนข้อมูลของ (TCF)

5.ในส่วนของ Shape , Depth , and Inclination factors

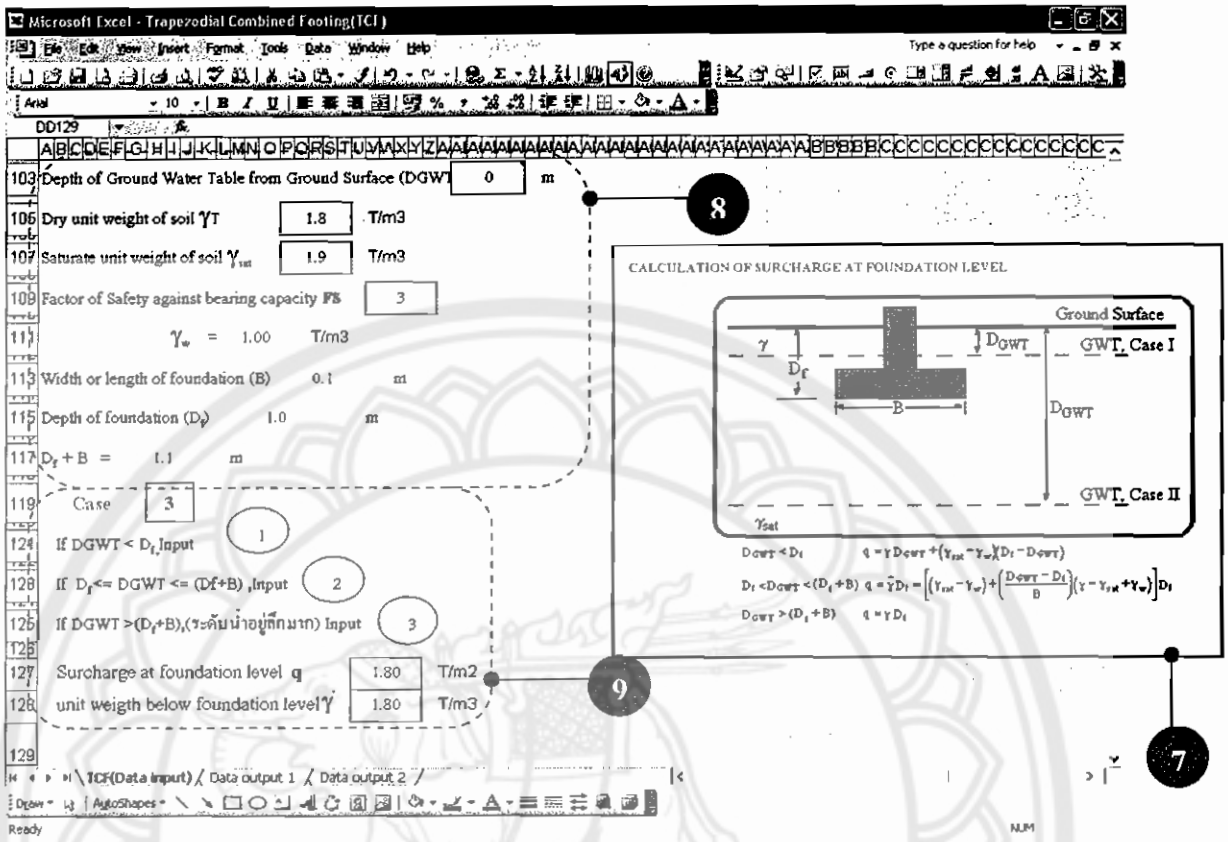
ค่าที่ใช้ในการกรอกข้อมูลคือ ค่า B_{assume} ,D_f ,β or ψ และ D_f / B โดยแทนลงในสูตร

$F_{cs}=1+\left(\frac{B}{L}\right)\left(\frac{N_q}{N_c}\right)$	$F_{cd}=1+0.4\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{ci}=\left(1-\frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$
$F_{qs}=1+\left(\frac{B}{L}\right)\tan\phi$	$F_{qd}=1+2\tan\phi(1-\sin\phi)^2\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{qi}=\left(1-\frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$
$F_{\gamma s}=1-0.4\left(\frac{B}{L}\right)$	$F_{\gamma d}=1$	$F_{\gamma i}=\left(1-\frac{\psi^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$

ถ้า $D_f / B > 1$ ค่า F_{cd} , F_{qd} และ $F_{\gamma d}$ ให้ใช้สูตรดังต่อไปนี้

$F_{cd}=1+0.4\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{qd}=1+2\tan\phi(1-\sin\phi)^2\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)$	$F_{\gamma d}=1$

6. เป็นการประมวลผลในส่วนของ Shape , Depth , and Inclination factors

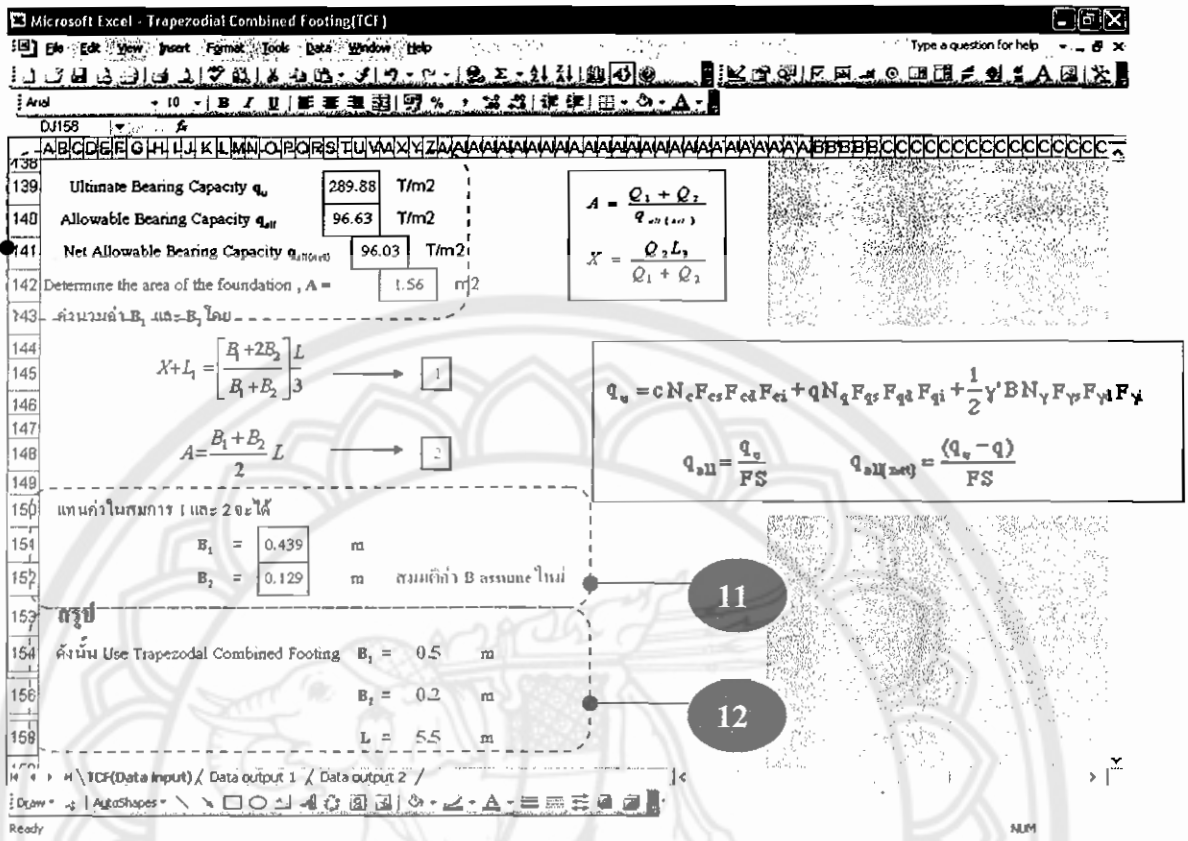


รูปที่ 3.18 แสดงการป้อนข้อมูลของ (TCF)

7. เป็นรูปแสดงระดับน้ำที่กระทำต่อฐานราก เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการเลือก case ในข้อ 8

8. ในส่วนของ Calculation of surcharge at foundation level ค่าที่ใช้ในการกรอกข้อมูลคือ ค่า D_{GWT} , γ_T , γ_{sat} และ FS

9. แสดงการประมวลผลของค่า q , γ'



รูปที่ 3.19 แสดงการป้อนข้อมูลของ (TCF)

10. แสดงการประมวลผลของค่า q_u , q_{all} , $q_{all(net)}$ เพื่อนำค่าที่ได้ไปหาพื้นที่ของฐานรากที่สามารถรองรับแรงกระทำได้จากสูตรดังนี้

$$q_{all} = \frac{q_u}{FS}$$

$$q_{all(net)} = \left(\frac{q_u - q}{F_s}\right)$$

$$A = \frac{Q_1 + Q_2}{q_{all(net)}}$$

$$X = \frac{Q_2 L_3}{Q_1 + Q_2}$$

$$L = 2(X + L_1)$$

11.คำนวณหาขนาดความกว้าง B_1 และ B_2 ของ TCF เนื่องจากการที่น้ำหนักกระทำผ่านจุดเซนต์ทรอยของฐานรากแผ่ร่วม

12. เป็นการสรุปความยาวด้านต่างๆของ TCF

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผลโครงงาน

3.4 ขั้นตอนการพิมพ์เอกสารและทำรูปเล่มรายงานโครงงาน

เป็นขั้นตอนของการพิมพ์เนื้อหาทั้งหมด หลังจากส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบแก้ไขเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นทำการเข้ารูปเล่มเตรียมส่งต่อไป