สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมของผู้จัดทำได้ทำการจัดการกับข้อมูลต่างๆของโปรแกมโดยอาศัย โปรแกรม Microsoft Access 2003 เพื่อจัดการข้อมูลให้เป็นฐานข้อมูลแล้วนำมาเชื่อมต่อและประมวณผลต่อโดยโปรแกรม Microsoft Visual Basic.net ซึ่งเป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล

3.1 อุปกรณ์

1.เครื่องคอมพิวเตอร์ COMPAQ PC หรือเทียบเท่า พร้อมจอแสดงผล (Monitor) จำนวน 1 เครื่อง และเครื่องพิมพ์เอกสารคอมพิวเตอร์ (Printer) จำนวน 1 เครื่อง

2.แผ่นโปรแกรม

- Windows XP
- Microsoft Visual Studio .NET 2005
- MSDN Library
- Microsoft Access 2003

3.ข้อมูลชั้นดินกรุงเทพฯ (Soil Profile)

3.2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.2.1 วิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูลของชั้นดินกรุงเทพฯ

การจัดการกับข้อมูลชั้นดิรกรุงเทพฯนั้น ได้อาศัยโปรแกรม Microsoft Access 2003 เป็นตัวจัดเก็บข้อมูล และจัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อนำมาเข้าระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relation Database Management System-RDBMS) ซึ่งเป็นระบบที่จัดการกลุ่มข้อมูลเดียวกันในรูปของตาราง หรือเทเบิลสองมิติโดยจะประกอบด้วยข้อมูลในแนวนอน (Record) และข้อมูลในแนวตั้ง (Field) เพื่อที่จะเชื่อมโยงข้อมูลหรือเทเบิลที่มีความสัมพันธ์ร่วมกันได้สะดวกและง่ายขึ้น

โดยที่ค่าพารามิเตอร์ของชั้นดินที่เราจะนำไปจัดทำฐานข้อมูลมีดังต่อไปนี้

1. **ค่าละติจูด**(Latitude) และ**ค่าลองติจูด**(Longitude)
2. **ระดับความลึกของชั้นดิน** (Depth) มีหน่วยเป็น เมตร (m.)
3. **ลักษณะดิน** (Soil Type) ทำหน้าที่บอกชนิดของดิน
4. **ระดับน้ำใต้ดิน** (Water level) จากผิวดินมีหน่วยเป็น เมตร (m.)
5. **ค่าเฉลี่ย** N-value จากการทดสอบ SPT
6. **ค่าแรงดันน้ำ** (Pore Water Pressure; U) มีหน่วยเป็น $\mathrm{t/m^2}$
7. **ค่าหน่วยน้ำหนักของดินแห้ง** (Dry unit weight ; γ_d)มีหน่วยเป็น $\mathrm{t/m^3}$
8. **ค่ากำลังเฉือนของดินไม่ระบายน้ำ** (Undrained shear strength;s_u)
9. **ค่ามุมของแรงเสียดทานของดิน** (Angle of friction; ϕ')มีหน่วยเป็น องศา ($^\circ$)
10. **ค่าโมดูลัสแรงเฉือนของดิน** (Shear modulas; G_s)
11. **ค่าปริมาตรความเครียดของดิน** (Volumetric strain; ε_v)

3.2.2 กระบวนการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การออกแบบโปรแกรมเพื่อการคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม ด้วยวิธีทางสถิตยศาสตร์ โปรแกรมที่เขียนขึ้นทั้งหมดมีรูปแบบการทำงานในรูปแบบการแผนผังการทำงาน (Flow Chart) ในรูปที่ 3.1ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆของโปรแกรมดังนี้

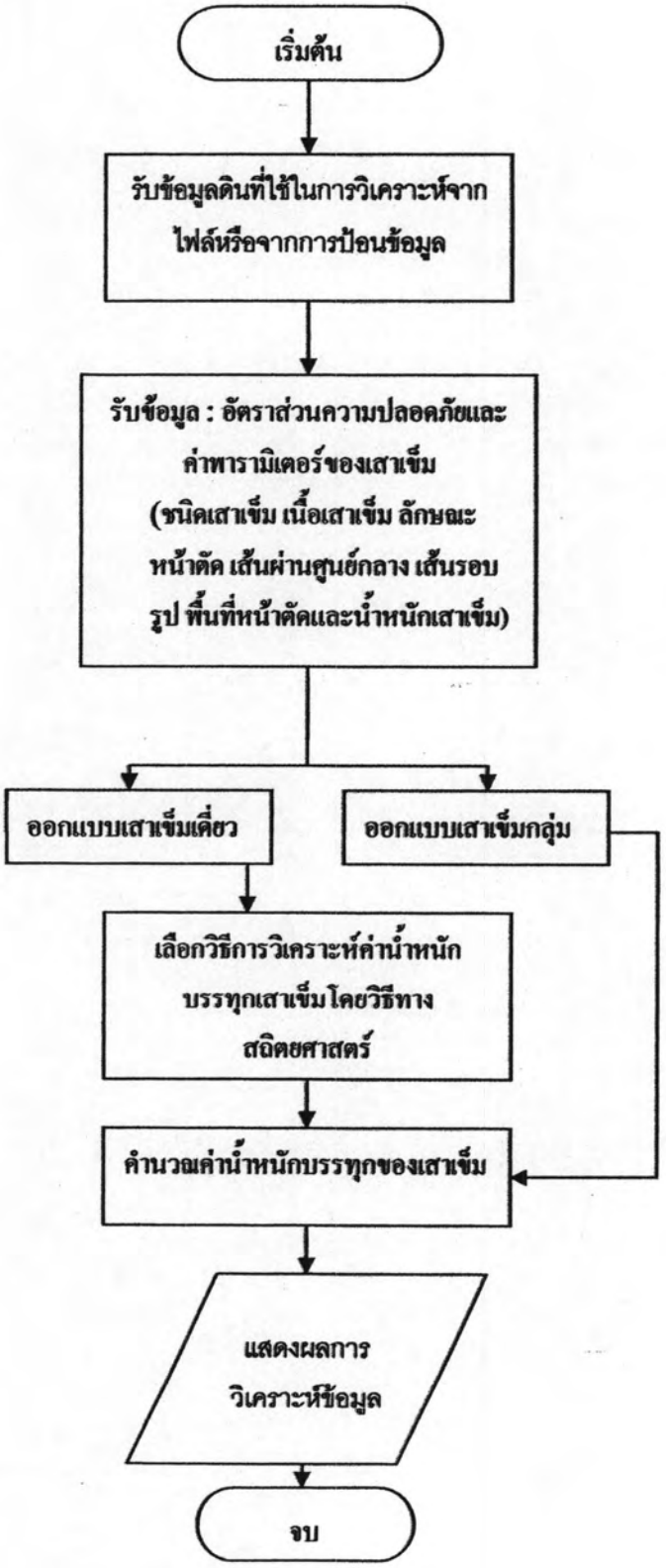
ส่วนของการรับข้อมูล จะทำหน้าที่รับค่าข้อมูลดิน (Soil profiles) ที่ได้จากการทดสอบเพื่อที่โปรแกรมจะนำไปเขียนเป็นรูปตัดของชั้นดินในแต่ละชั้นบันทึกเก็บไว้และทำการเลือกพารามิเตอร์ว่าเราจะเลือกเอาค่าเฉลี่ยจากฐานข้อมูล (Data Base) หรือ ค่าพารามิเตอร์จากข้อมูลที่กรอกไปเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆต่อไปดังในรูปที่ 3.2

ส่วนการรับค่าอัตราส่วนความปลอดภัยและค่าพารามิเตอร์ของเสาเข็ม เพื่อให้เราเลือกค่าความปลอดภัยที่เราต้องการเพื่อความมั่นใจในการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มซึ่งจากค่าตั้งแต่ 2.0 – 3.0 และกรองค่าพารามิเตอร์ของเสาเข็มได้แก่ชนิดของเสาเข็ม ค่าความกว้าง, ความยาวของเสาเข็มหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม, ความยาวของเสาเข็ม และค่าน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อหัวเสาเข็ม

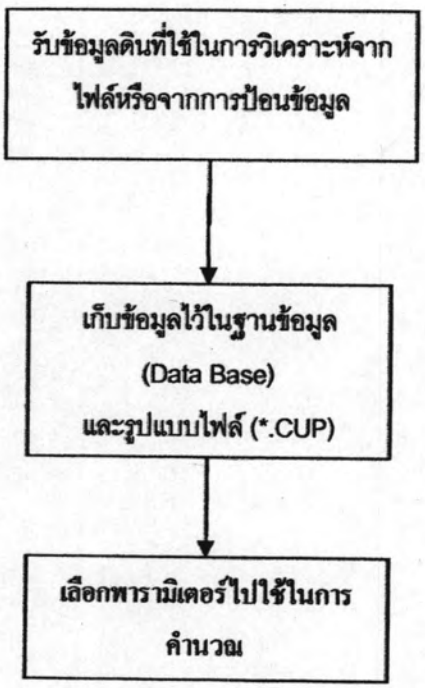
ส่วนของการเลือกการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรมนั้นเรานำค่าพารามิเตอร์ที่รับมาจากส่วนของการรับข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกสูตรที่สามารถนำไปวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์นั้นได้ โดยขั้นตอนในการวิเคราห์ของเราจะแบ่งออกเป็นหลักๆ สองส่วนคือ สูตรในการวิเคราะห์ค่า

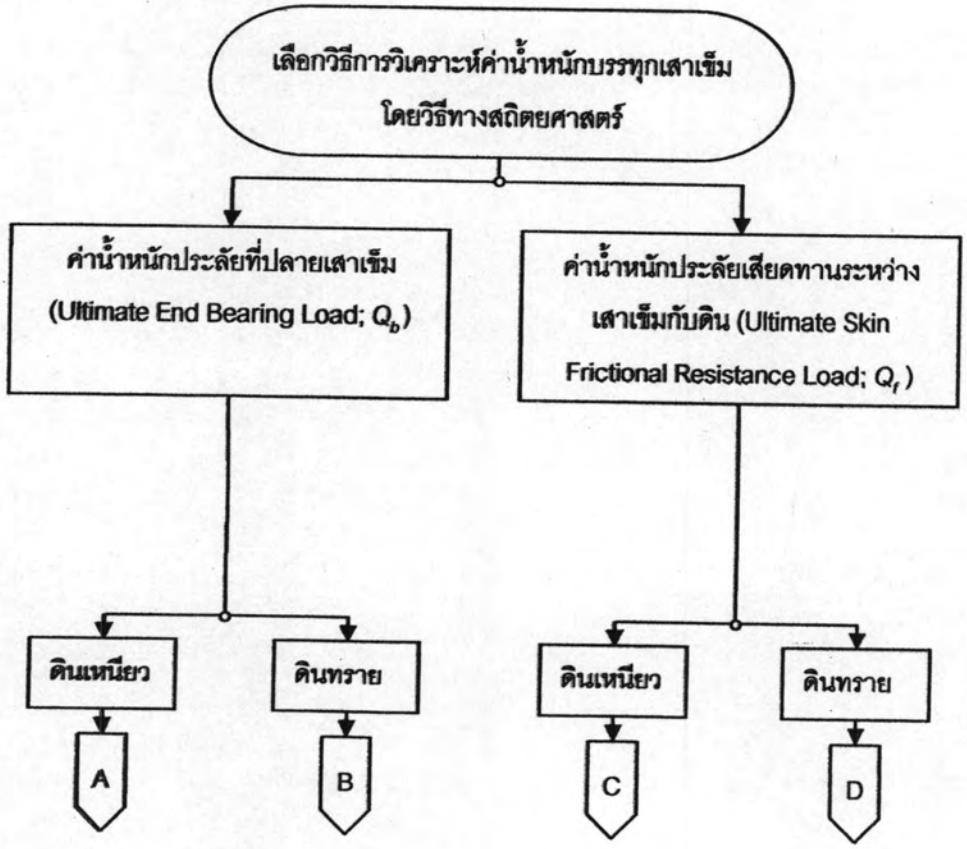
น้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็ม และสูตรในการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักประลัยเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดิน ซึ่งทั้งคู่จะแบ่งออกเป็นสูตรที่ใช้ในชั้นดินเหนียวและชั้นดินทรายอีกที ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม



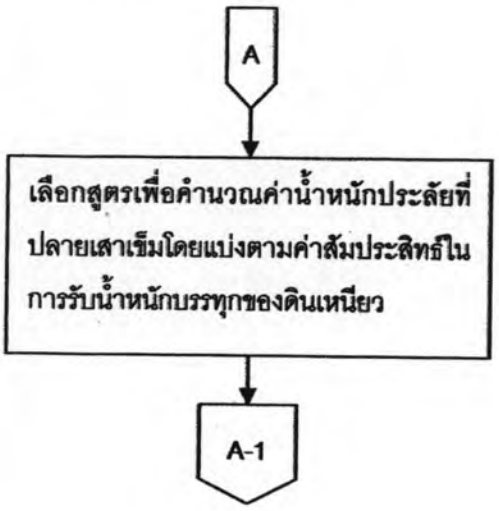
รูปที่ 3.2 ลำดับการวิเคราะห์ข้อมูลดินโดยดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล (Data Base) ในการวิเคราะห์



รูปที่ 3.3 แสดงการเลือกวีการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักบรรทุกเสาเข็ม

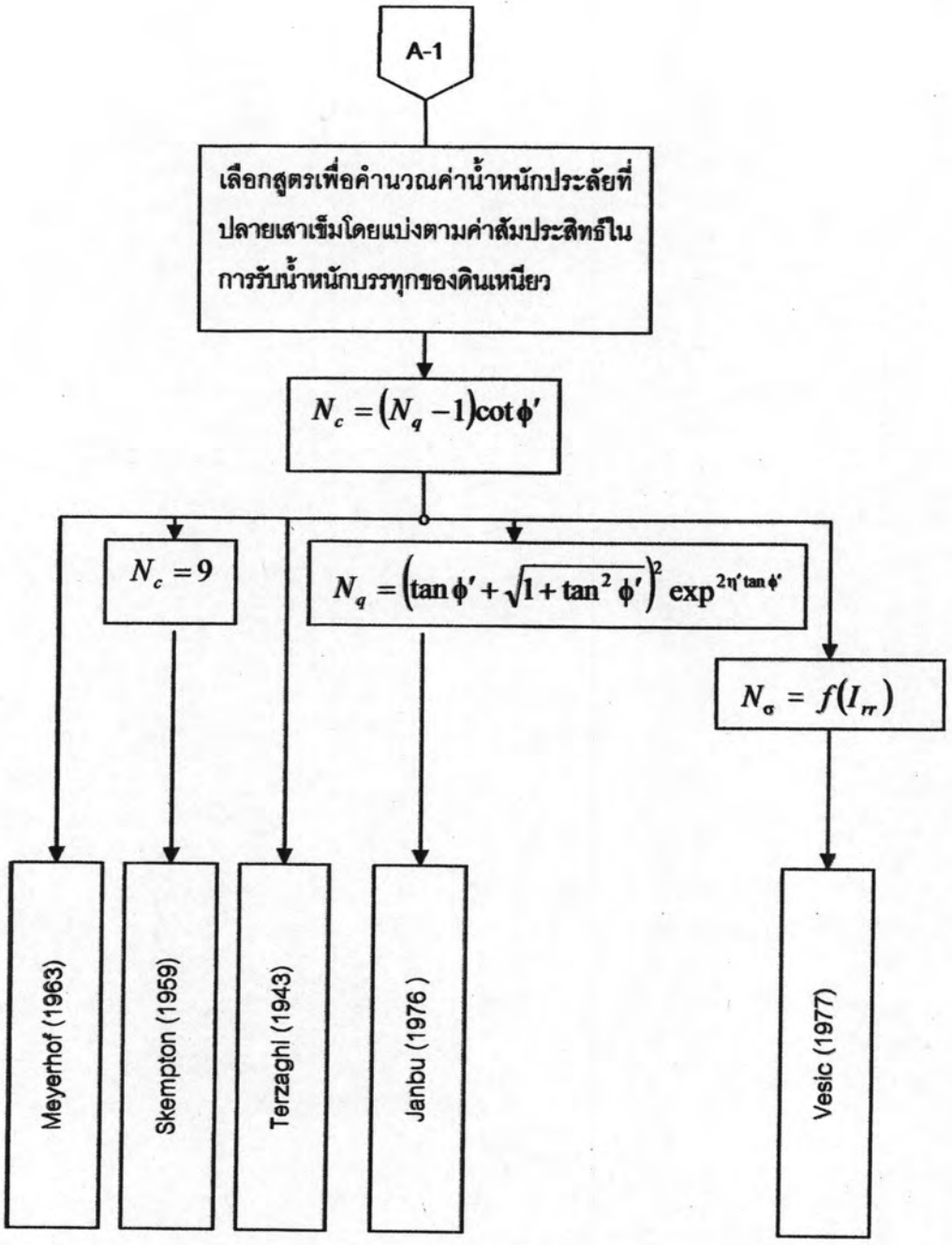
- **การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มในชั้นดินเหนียว (A)**

สูตรการวิเคราะห์ค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มโดยทฤษฎีที่แบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ในการรับน้ำหนักบรรทุก (Bearing Capacity Factor) ของดินเหนียว (A-2) แสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มของดินเหนียว

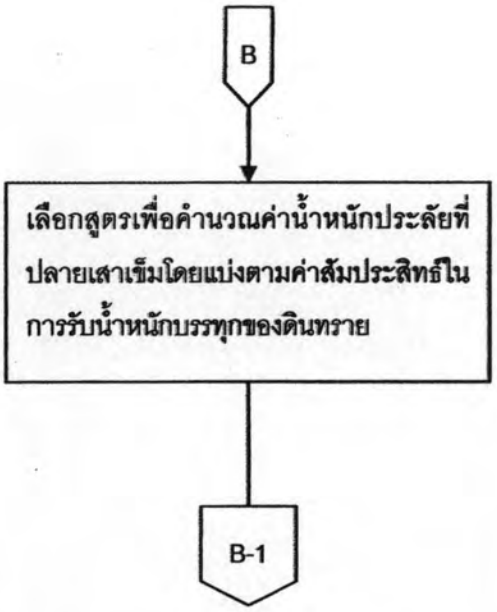
ในรูปที่ 3.5 นั้นแสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มโดยแบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินเหนียว (A-1) โดยสมการที่ 2.12 ของ Meyehof (1963) ซึ่งเป็นสมการที่สามารถคำนวณได้ทุกกรณีของค่า N_c ได้ โดยพิจารณาจากสมการที่ 2.12.1 ซึ่งสามารถนำไปคำนวณต่อได้อีก 5 สูตรคือ Terzaghi (1943) จากสมการที่ 2.11 , Meyehof (1963) จากสมการที่ 2.12, Janbu (1976) จากสมการที่ 2.13 โดยมีข้อจัดที่ว่าต้องหาค่า N_q จากสมการที่ 2.13.1, Vesic (1977) จากสมการที่ 2.14 ซึ่งมีข้อจำกัดที่ว่าต้องหาค่า N_σ จากสมการที่ 2.14.3 และสูตรสุดท้ายของ Skempton (1959) จากสมการที่ 2.15



รูปที่ 3.5 แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มโดยแบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินเหนียว

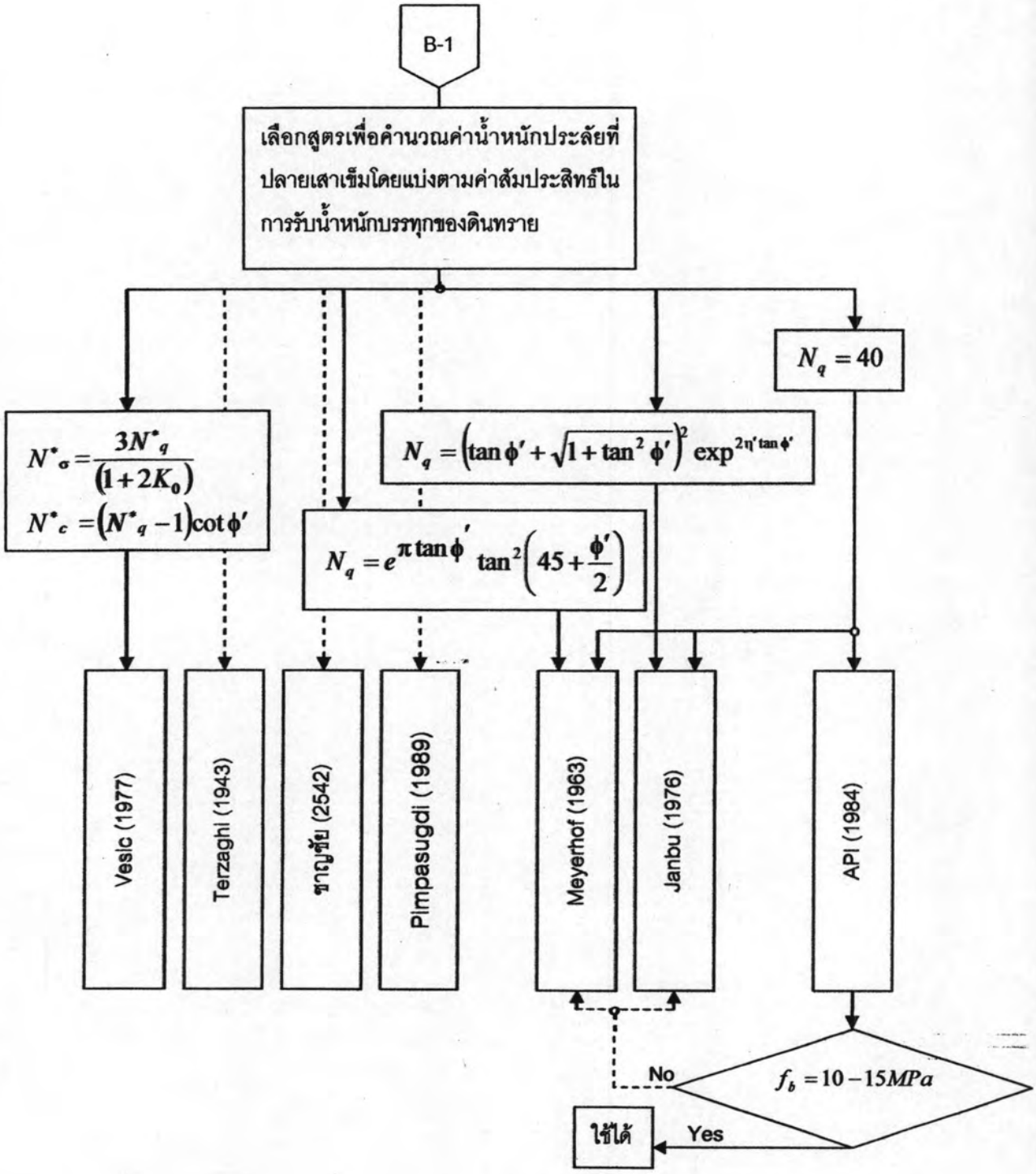
- **การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มในชั้นดินทราย (B)**

สูตรการวิเคราะห์ค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มโดยทฤษฎีที่แบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ในการรับน้ำหนักบรรทุก (Bearing Capacity Factor) ของดินทราย (B-1) แสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มของดินทราย

ส่วนในการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มโดยแบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินทราย (B-1) จะมีทั้งหมด 7 สูตร ได้แก่ Terzaghi (1943) จากสมการที่ 2.11, Meyehof (1963) จากสมการที่ 2.12 โดย ใช้สมการที่ 2.12.2 ช่วยในการหาค่า N_q สูตรที่ 2 ใช้สมการที่ 2.13 ของ Janbu(1976) และใช้สมการที่ 2.13.1 ช่วยในการหาค่า N_q ซึ่งสมการนี้จะใช้สัมประสิทธิ์ในรูปที่ 2.9 ช่วยในการแก้สมการ สูตรที่ 4 ของ Vesic(1977) จากสมการที่ 2.14 ซึ่งสมการนี้ต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์ N_σ , N_c โดยใช้สมการที่ 2.14.1 และ 2.14.2 ช่วยในการหา ,ชาญชัย (2542) จากสมการที่ 2.16 นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ เสาเข็มอัดฉีดน้ำปูนที่ปลายเสาเข็ม และเสาเข็มที่ไม่มีการอัดฉีดน้ำปูนที่ปลายเสาเข็มและทั้ง 2 กรณีต้องออกแบบบนชั้นทรายชั้นที่ 2 เท่านั้น ถัดไปเป็นสูตรของ Pimpasugdi (1989) จากสมการที่ 2.17 นั้นเป็นกรณีที่ต้องออกแบบบนชั้นทรายชั้นที่ 1 เท่านั้นและ API (1984) จากสมการที่ 2.18 นั้นมีข้อจำกัดที่ว่าค่าสัมประสิทธิ์ N_q จะต้องมีค่าเท่ากับ 40 เท่านั้น และมีข้อจำกัดอยู่ที่ว่าค่า f_b ที่หามาได้จะต้องมีค่าอยู่ในระหว่าง 10-15 MPa โดยแสดงอยู่ในรูป 3.7

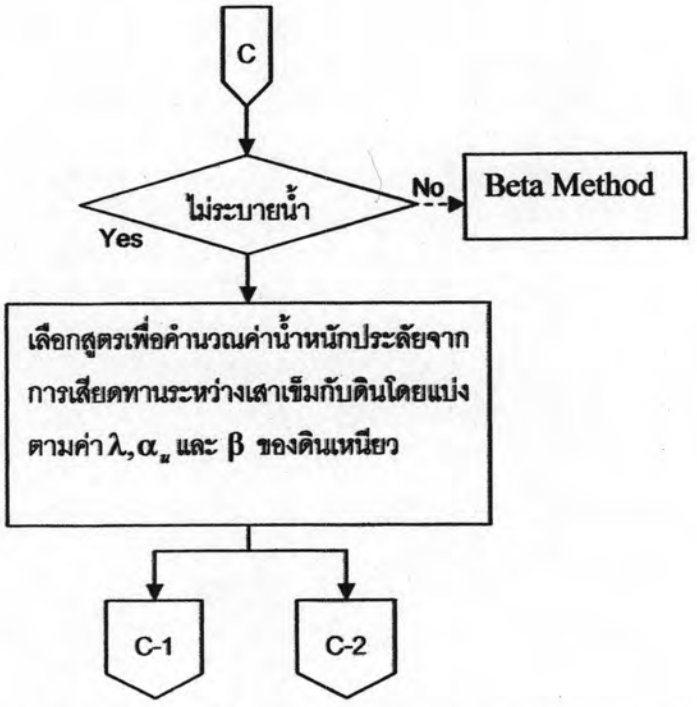


รูปที่ 3.7 แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มโดยแบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินทราย

การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินในชั้นดินเหนียว (C)

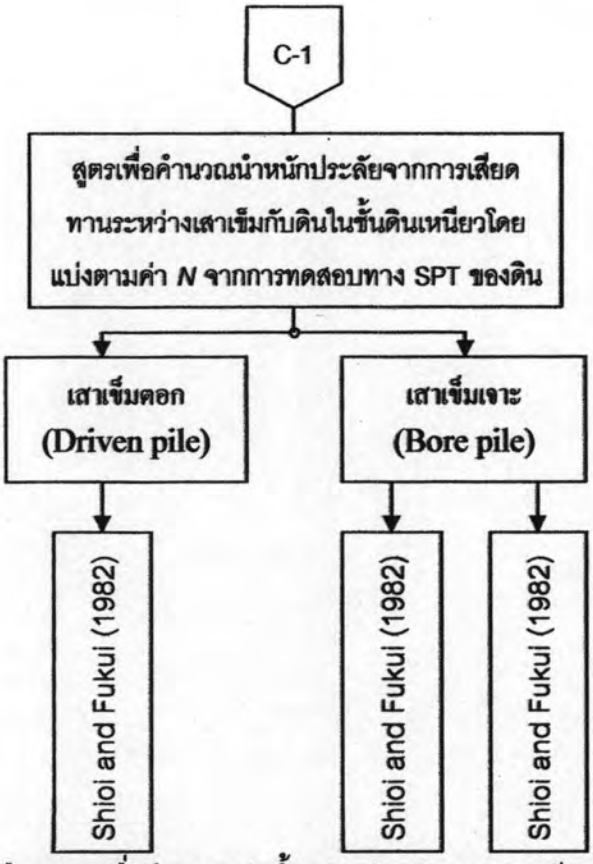
เริ่มแรกเราจะมีเงื่อนไขให้เลือกโดยดูว่าเป็นการคำนวณในดินเหนียวระบายน้ำ (Drained) หรือเป็นแบบไม่ระบายน้ำ (Undrainred) ซึ่งถ้าเป็นแบบระบายน้ำ

แล้วเราจะสูตรของ Beta metnod แต่ถ้าเป็นไม่ระบายน้ำแล้วก็จะเข้าเงื่อนไขต่อไปโดยแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ สูตรเพื่อคำนวณน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินในชั้นดินเหนียวโดยแบ่งตามค่า N จากการทดสอบทาง SPT ของดินเหนียว (C-1) และสูตรการวิเคราะห์ค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินในชั้นดินเหนียวโดยทฤษฎีที่แบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ λ, α_u และ β (C-2) ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินของดินเหนียว

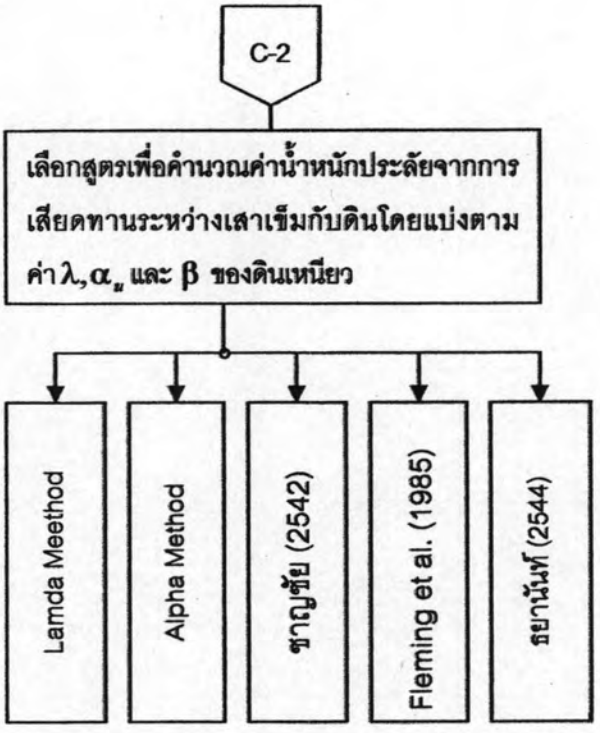
สูตรเพื่อคำนวณน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินในชั้นดินเหนียวโดยแบ่งตามค่า N จากการทดสอบทาง SPT ของดินเหนียวนั้นแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ เสาเข็มตอกและเสาเข็มเจาะ เสาเข็มตอกนั้นมีสมการของ Shioi and Fukui (1982) จากสมการที่ 2.31 และเสาเข็มเจาะ มี 2 สมการได้แก่ ของ Shioi and Fukui (1982) จากสมการที่ 2.34 และ Shioi and Fukui (1982) จากสมการที่ 2.35 โดยมีข้อจำกัดอยู่ว่าออกแบบในตัวเข็มเจาะที่มีสารละลายเบนโทไนท์ที่มีค่า $50 \geq N \geq 3$ และ $f_s \leq 170$ (kPa) ดังรูปที่ 3.9 (C-1)



รูปที่ 3.9 แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินโดยแบ่งตามค่า *N* จากการทดสอบทาง SPT ของดินทราย

ในการเลือกสูตรโดยแบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ λ, α_u และ β (C-2)นั้นแสดงอยู่ในรูปที่ 3.10 โดยสูตรการออกแบบจะเป็นแบบสูตรสำหรับการออกแบบเสาเข็มทุกประเภท (All pile) โดยสูตรในการคำนวณเสาเข็มทุกประเภทนั้นมีทั้งหมดอยู่ 3 สูตรด้วยกัน คือ Lamda Method จากสมาการที่ 2.21 โดยสมการนี้จะอาศัยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า แลมดา (λ) ที่แปรผันตามค่าความยาวของเสาเข็ม (L)ในรูปที่ 2.13 ช่วยในการคำนวณด้วย สูตรที่สองคือ Alpha Method จากสมการที่ 2.22 และกราฟจากรูปที่ 2.14 ช่วยในการคำนวณ ต่อไปเป็นสูตรของ ชาญชัย (2542) จากสมการที่ 2.24 ซึ่งแบ่งออกเป็นออกแบบในเสาเข็มที่ไม่มีการอัดฉีดน้ำปูนปลายเสาเข็มที่มีปลายอยู่ในชั้นทรายชั้นที่สองดังรูป 2.15 เสาเข็มที่มีการอัดฉีดน้ำปูนปลายเสาเข็มที่มีปลายอยู่ในชั้นทรายชั้นที่สองดังรูป 2.16 และปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งชั้นที่สอง ดังรูป 2.17 ถัดไปเป็น ธยานันท์ (2544) จากสมการ ที่ 2.25 สามารถใช้ออกแบบกับเสาเข็มเจาะที่ใช้สารละลายโพลีเมอร์และเสาเข็มเจาะที่ใช้สารละลายเบนโทไนท์ และ

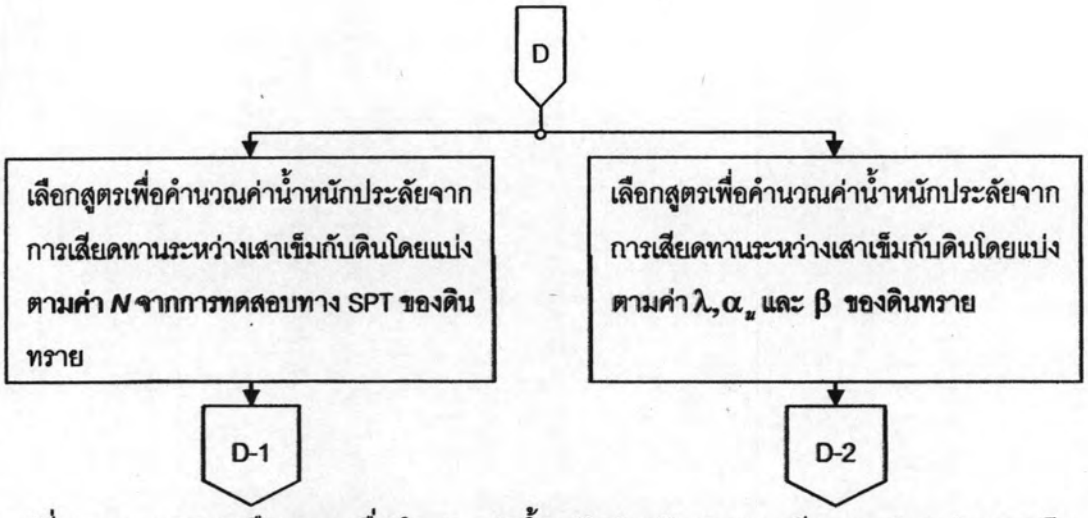
สุดท้าย สูตรของ Fleming et al. (1985) จากสมการที่ 2.29 ใช้ออกแบบเสาเข็มเจาะและค่า $K = 0.5(1+K_0)$



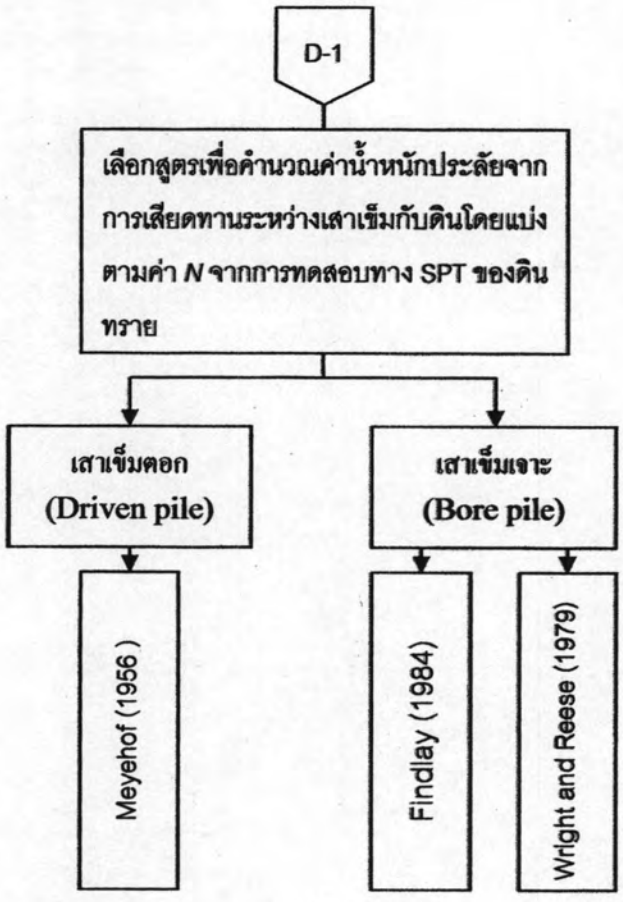
รูปที่ 3.10 แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินโดยแบ่งตามค่า λ, α และ β ของดินเหนียว

การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินในชั้นดินทราย (D)

แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ สูตรเพื่อคำนวณนำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินในชั้นดินเหนียวโดยแบ่งตามค่า N จากการทดสอบทาง SPT ของดินทราย (D-1) และสูตรการวิเคราะห์ค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินในชั้นดินทรายโดยทฤษฎีที่แบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ λ, α และ β (D-2) ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินของดินทราย



รูปที่ 3.12 แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินโดยแบ่งตามค่า *N* จากการทดสอบทาง SPT ของดินทราย

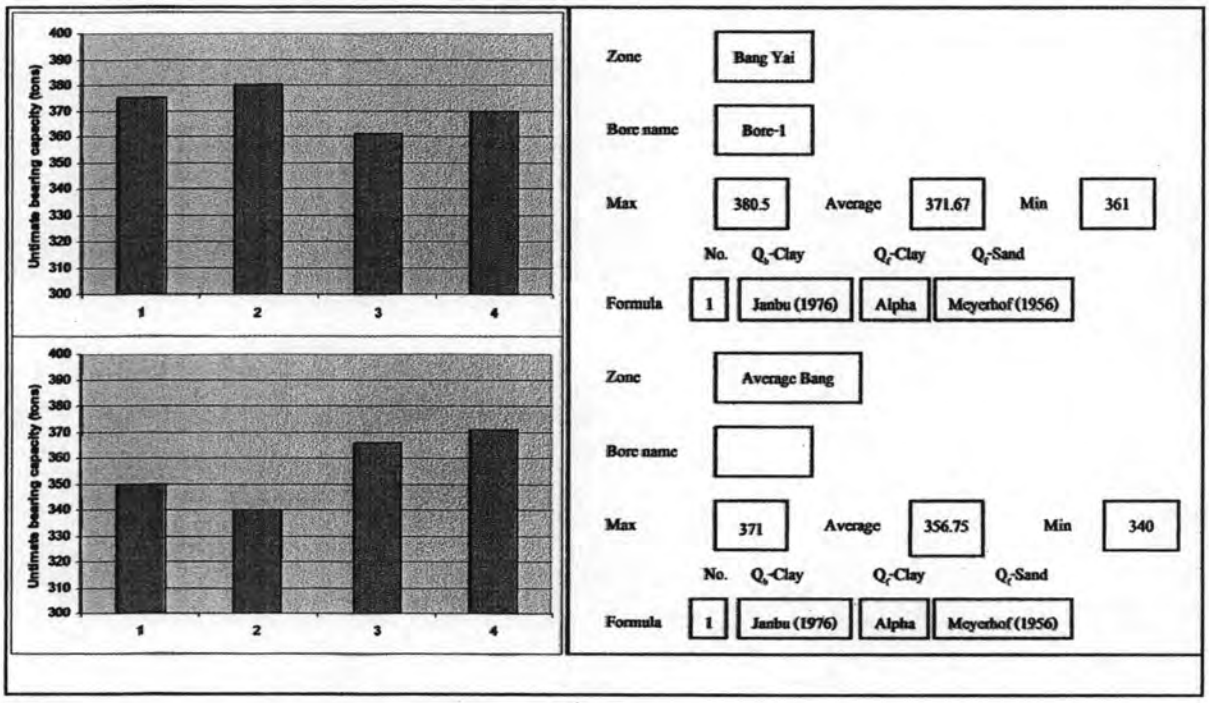
ส่วนในรูปที่ 3.12นั้นจะแสดงการเลือกสูตรสูตรเพื่อคำนวณน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินในชั้นดินเหนียวโดยแบ่งตามค่า N จากการทดสอบทาง SPT ของดินทราย (D-1) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณีได้แก่ เสาเข็มตอก (Driven pile), เสาเข็มเจาะ (Bore pile) โดยเสาเข็มตอกนั้น จะใช้สูตรของ Meyerhof (1956) จากสมการที่ 2.30 ในการคำนวณเสาเข็มเจาะที่ ใช้สูตรการคำนวณของ Findlay (1984) จากสมการที่ 2.32 และ Wright and Reese (1979) จากสมการที่ 2.33

รูปที่ 3.13 แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินโดยแบ่งตามค่า λ, α_{μ} และ β ของดินเหนียว

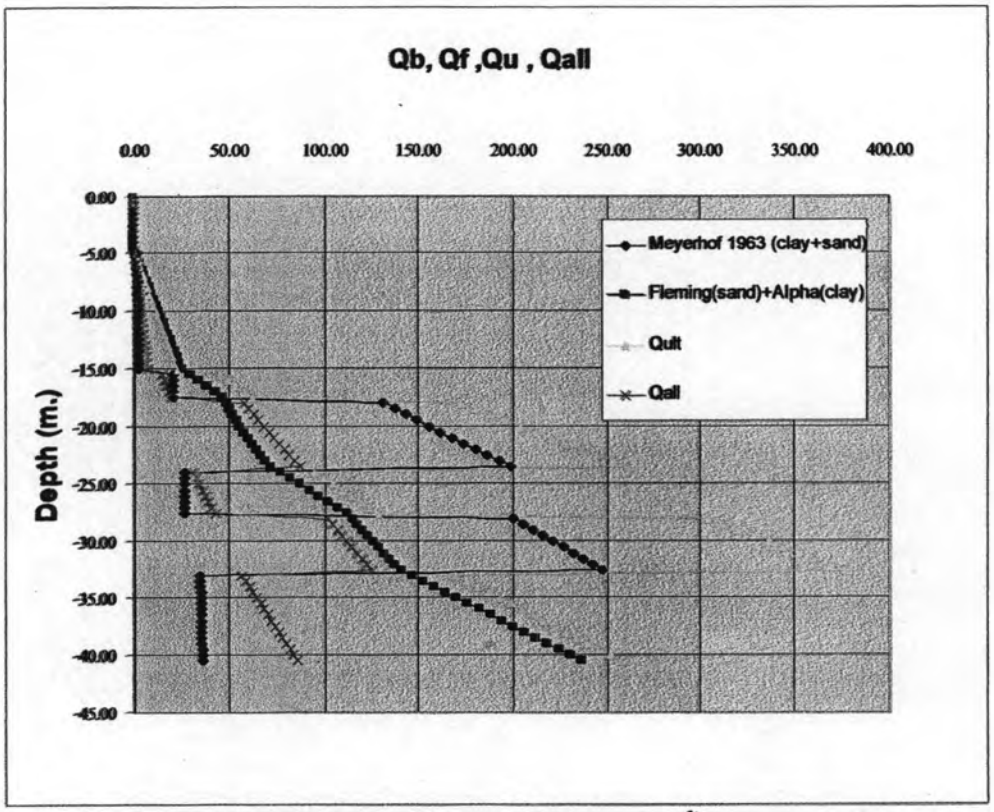
ในการเลือกสูตรโดยแบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ λ, α_{μ} และ β (D-2) นั้นจะแสดงอยู่ในรูปที่ 3.13 เริ่มจากสูตรของ Beta Method จากสมการที่ 2.23 ถัดไป ชาญชัย (2542) จากสมการที่ 2.26 สามารถออกแบบได้ในชั้นดินทราย และใช้ได้กับเสาเข็มเจาะ ต่อไป ธยานันท์ (2544)-เบนโทไนท์ จากสมการที่ 2.27ออกแบบเพื่อมีการใช้สารละลายเบนโทไนท์ในการก่อสร้าง และธยานันท์(2544)-โพลิเมอร์ จากสมการที่ 2.28 ออกแบบเพื่อมีการใช้สารละลายโพลิเมอร์ในการก่อสร้าง และสุดท้าย Lamda Method จากสมการที่ 2.22

ส่วนการคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม โดยตัวโปรแกรมก็จะนำค่าพารามิเตอร์ที่เลือกทั้งหมดไปประมวลผลเป็นค่าน้ำหนักบรรทุกและแสดงผลออกมา

ส่วนของการแสดงผล จะแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาและนำค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยจากความเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดินกับค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มไปเขียนกราฟความสัมพันธ์เพื่อเปรียบกันเพื่อดูความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกดังตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ข ซึ่งแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 3.14 และความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าความยาวของเสาเข็มดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยจากการคำนวณของJanbu (1976) กับ Meyerhof(1956)และ Alpha



รูปที่ 3.15 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกกับค่าความยาวของเสาเข็ม