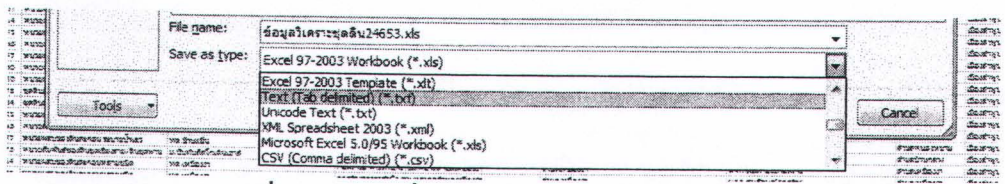
บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูล

จากที่ได้ดำเนินการกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่จะได้ดำเนินการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในการศึกษาทั้งที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลเชิงอรรถธิบาย และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแล้วจึงนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเชิงสถิติ รวมถึงสรุปผลการศึกษาพร้อมข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่

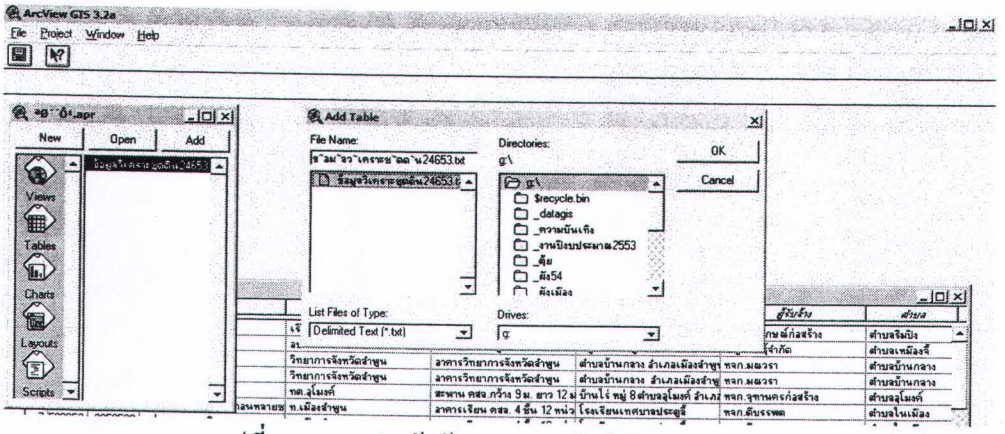
เป็นกระบวนการที่นำข้อมูลที่รวบรวมไว้มาวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยใช้โปรแกรม Arcview GIS 3.2a มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 การนำเข้าข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดิน ในรูปแบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยก่อนที่จะเข้าสู่โปรแกรม Arcview GIS 3.2a จะต้องทำการแปลงชนิดของข้อมูลตารางจากรูปแบบของ Microsoft Office Excel เป็นรูปแบบ Text (Tab delmited) (*.txt) ดังรูปที่ 4.1



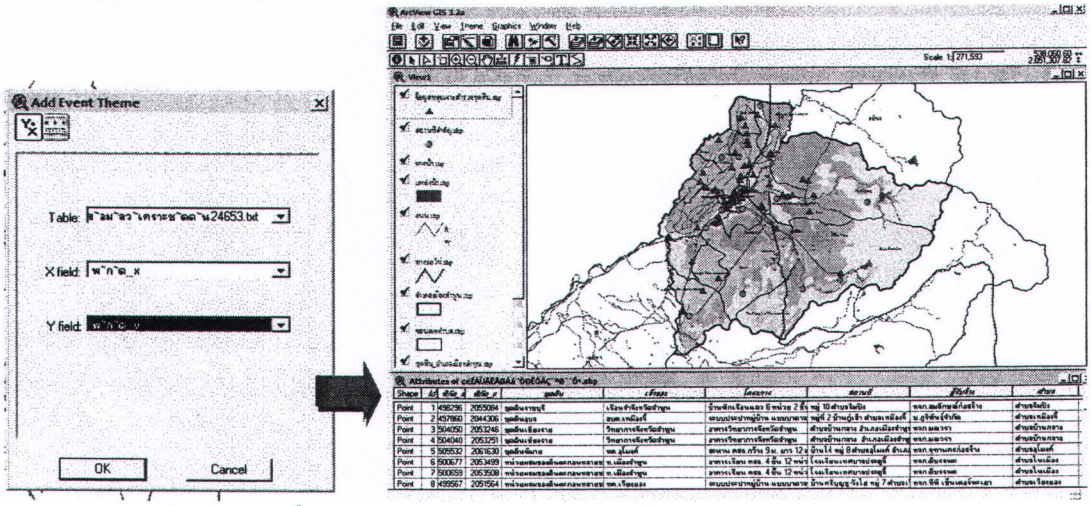
รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนรูปแบบชนิดของข้อมูลตาราง

หลังจากเข้าโปรแกรม Arcview โดยเข้าไปที่ (1) เมนูคำสั่ง Tables แล้ว Add ข้อมูลที่เป็นข้อมูลชนิด delimited Text (*.txt) ที่ชื่อ “ข้อมูลวิเคราะห์ชุดดิน24653.txt” แล้วทำการเปิดตารางดังกล่าวเพื่อตรวจสอบข้อมูลที่นำเข้า ดังรูปที่ 4.2



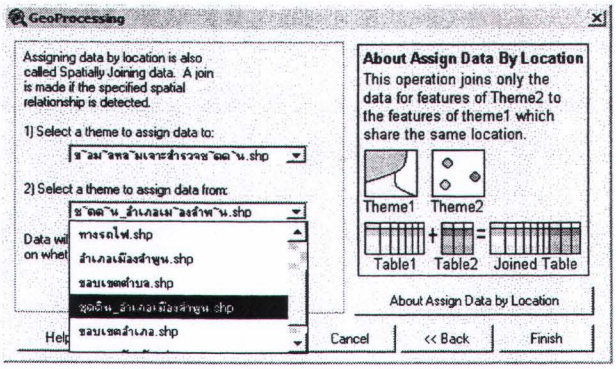
รูปที่ 4.2 การนำเข้าข้อมูลตารางในโปรแกรม Arcview

เปิดหน้าแสดงข้อมูล (view) ขึ้นมา แล้วเข้าไปเมนูคำสั่ง View เลือก Add Event Theme กำหนดชื่อตารางที่ได้นำเข้า พร้อมทั้งเลือกชื่อคอลัมน์ที่เก็บข้อมูลตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจชั้นดิน ในแนวแกน X และเลือกคอลัมน์ที่เก็บข้อมูลตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจในแนวแกน Y ในช่อง X field และช่อง Y field แล้วกดปุ่ม OK ก็จะแสดงภาพตำแหน่งข้อมูลในหน้าโปรแกรม หลังจากนั้น ทำการแปลงรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ Shapefile โดยใช้เมนูคำสั่ง Theme เลือก Convert to Shapefile ตั้งชื่อว่า ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชุดดิน.shp ดังรูปที่ 4.3



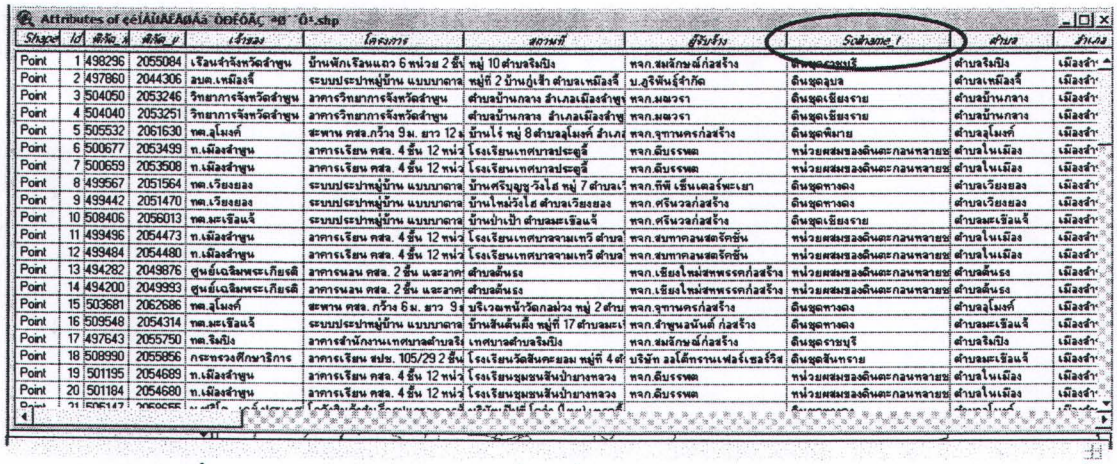
รูปที่ 4.3 การนำเข้าข้อมูลตารางในโปรแกรม Arcview

4.1.2 การแยกชั้นข้อมูลหลุมเจาะสำรวจ โดยจำแนกตามชนิดของข้อมูลชุดดินทางการเกษตร ตามตำแหน่งหลุมที่เจาะสำรวจดิน โดยใช้เมนูคำสั่ง View แล้ว Geoprocessing Wizard เลือกคำสั่ง Assign data by location (Spatial Join) กำหนดชื่อชั้นข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชุดดิน.shp ในช่องด้านบนและกำหนดชื่อชั้นข้อมูลชุดดิน_อำเภอเมืองลำพูน.shp ในช่องด้านล่าง แล้วกดปุ่ม Finish เพื่อให้คำสั่งทำงาน ดังรูปที่ 4.4



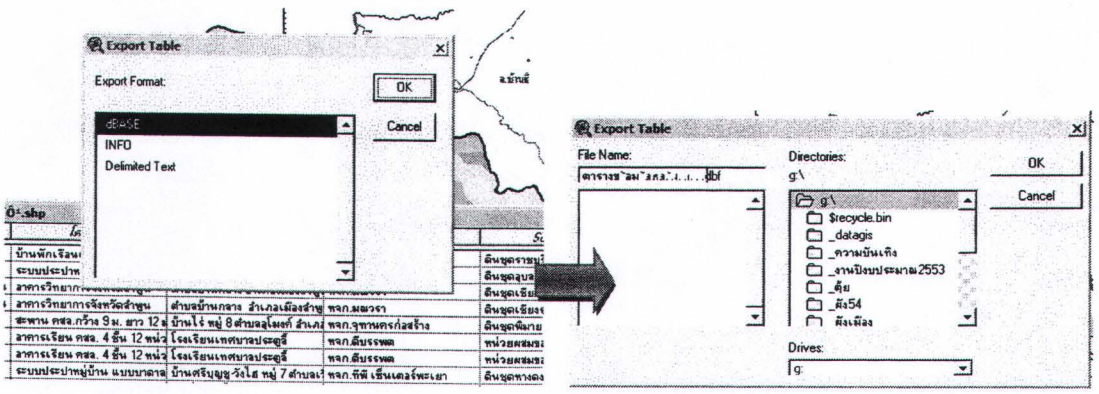
รูปที่ 4.4 กำหนดค่าในคำสั่ง Assign data by location (Spatial Join)

โดยคำสั่งจะทำการเลือกตารางข้อมูลชุดดินทางการเกษตรตามชนิดที่ได้จำแนกไว้ ณ ตำแหน่งที่หลุมเจาะสำรวจนั้นตั้งอยู่ แล้วทำการเชื่อมไว้ในข้อมูลตารางของชั้นข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชุดดิน.shp นั้น (ดังรูปที่ 4.5) ซึ่งจะเป็นการเชื่อมแบบชั่วคราวเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องสร้างชั้นข้อมูลขึ้นใหม่โดยใช้คำสั่ง Convert to Shapefile ในเมนู Theme ตั้งชื่อเป็น ข้อมูลหลุมเจาะ_ชุดดิน.shp



รูปที่ 4.5 ข้อมูลตารางหลุมเจาะที่ถูกเชื่อมกับข้อมูลชุดดินทางการเกษตร

หลังจากนั้นทำการส่งออกข้อมูลตาราง โดยเข้าไปที่คำสั่ง File แล้ว Export เลือกชนิดข้อมูลเป็น DBASE ตั้งชื่อเป็น ตารางข้อมูลหลุมเจาะ_ชุดดิน.dbf (ดังรูปที่ 4.6) เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์หาจำนวนหลุมเจาะสำรวจชั้นดินแยกตามชนิดของชุดดินทางการเกษตรต่อไป

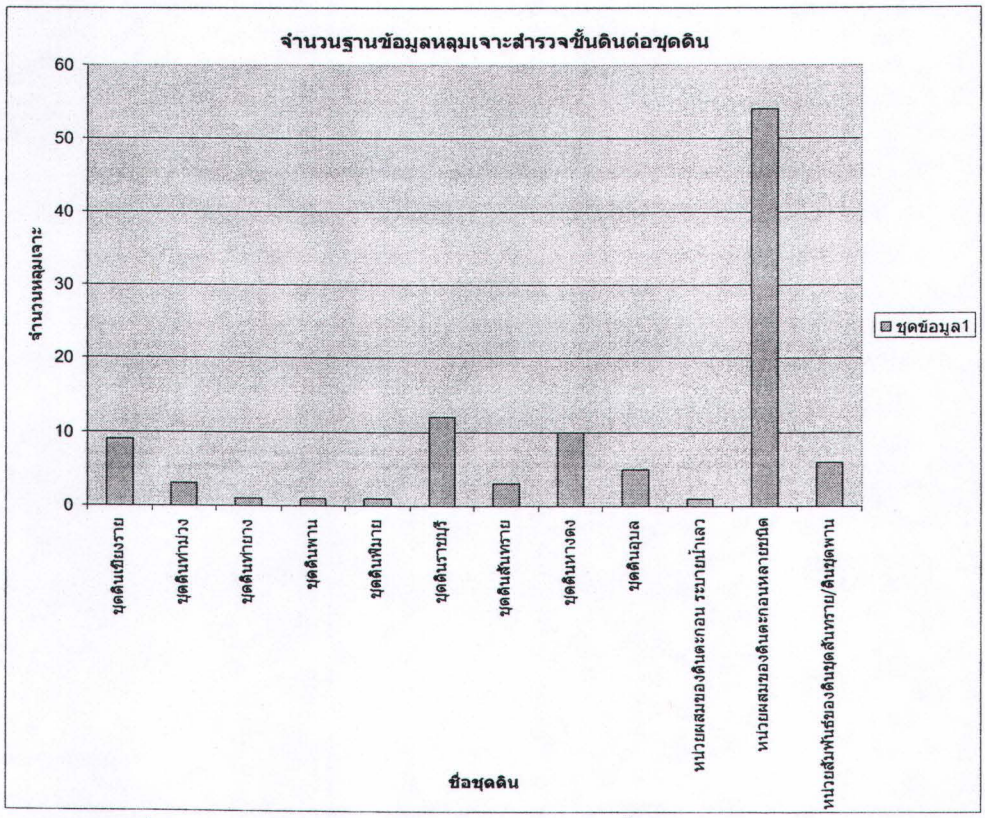


รูปที่ 4.6 กระบวนการ Export ข้อมูลตารางในคำสั่งเมนู File

4.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่นำมาวิเคราะห์จำนวนหลุมเจาะสำรวจชั้นดินโดยวิธี ทดสอบ Standard Panetration Test (SPT) แยกตามชนิดของชุดดินทางการเกษตร วิเคราะห์คุณสมบัติดินจากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจ วิเคราะห์คุณสมบัติกำลังแรงแบกทานฐานรากตื้น และวิเคราะห์ความยาวเสาเข็ม มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์จำนวนหลุมเจาะสำรวจชั้นดินแยกตามชนิดของชุดดินทางการเกษตร จะทำการแยกข้อมูลตารางหลุมเจาะที่ได้จากการวิเคราะห์หาจำนวนหลุมเจาะสำรวจแยกตามชนิดของชุดดินสำรวจโดยใช้โปรแกรม Microsoft office Excel โดยใช้เมนูคำสั่ง Filter จำแนกตามชนิดชุดดิน ซึ่งได้จำนวนชุดดินที่มีหลุมเจาะสำรวจชั้นดินตั้งอยู่ทั้งหมดจำนวน 12 ชุดดินจากชุดดินทางการเกษตรทั้งหมดที่อยู่ในอำเภอเมืองลำพูน 22 ชุดดิน โดยสามารถเรียงลำดับจำนวนหลุมเจาะสำรวจจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ (รูปที่ 4.7)



รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดินจำแนกตามชุดดิน

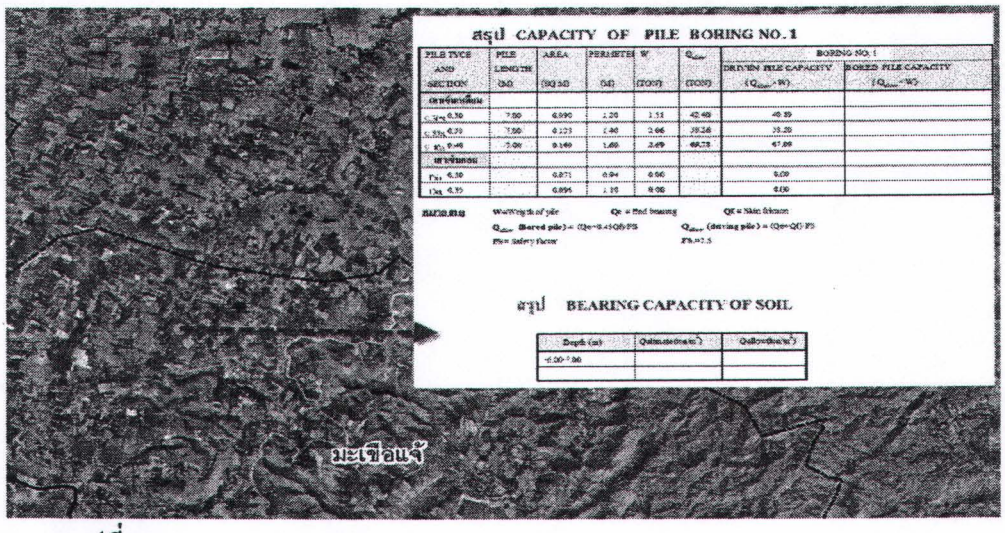
จากรูปที่ 4.7 สามารถสรุปจำนวนหลุมเจาะตามชนิดของชุดดินทางการเกษตรออกมาได้ดังนี้

1.ชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด	มีจำนวน 54 หลุม
2.ชุดดินราชบุรี	มีจำนวน 12 หลุม
3.ชุดดินหางดง	มีจำนวน 10 หลุม
4.ชุดดินเชียงราย	มีจำนวน 9 หลุม
5.ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินชุดเชียงราย/ดินชุดพาน	มีจำนวน 6 หลุม
6.ชุดดินอุบล	มีจำนวน 5 หลุม
7.ชุดดินท่าม่วง	มีจำนวน 3 หลุม
8.ชุดดินสันทราย	มีจำนวน 3 หลุม
9.ชุดดินท่ายาง	มีจำนวน 1 หลุม
10.ชุดดินพาน	มีจำนวน 1 หลุม
11.ชุดดินพิมาย	มีจำนวน 1หลุม
12.ชุดดินหน่วยผสมของดินตะกอนระบายน้ำเลว	มีจำนวน 1 หลุม

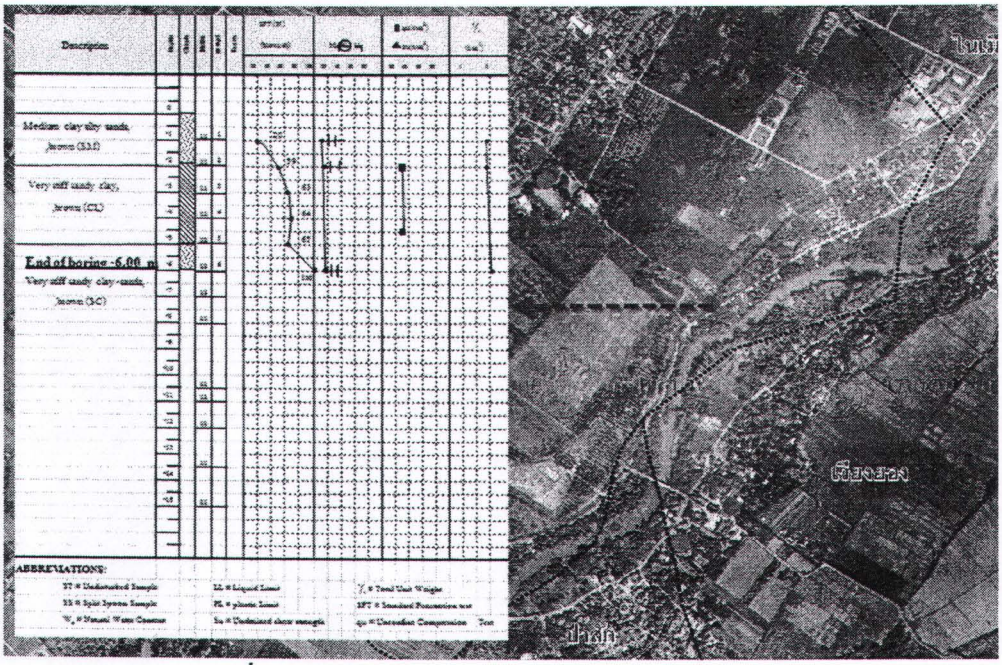
จากการวิเคราะห์จำนวนหลุมเจาะสำรวจชั้นดินแยกตามชนิดของชุดดินทางการเกษตร จะเห็นได้ว่าข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดินส่วนใหญ่จะเป็นชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด ชุดดินราชบุรี ชุดดินหางดง และชุดดินเชียงราย ซึ่งอยู่ในพื้นที่เขตตำบลในเมือง ตำบลเวียงยอง ตำบลเหมืองง่า ตำบลบ้านกลาง ซึ่งเป็นที่ตั้งของศูนย์ราชการ พื้นที่ราชพัสดุของหน่วยราชการ พื้นที่ชุมชนที่อยู่อาศัยหนาแน่น และพื้นที่เขตนิคมอุตสาหกรรมเมืองลำพูน

4.2.2 วิเคราะห์คุณสมบัติดินจากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจ จากการพิจารณาข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดินพบว่าชั้นดินในบริเวณชุดดินจำนวน 12 ชุดดินที่มีข้อมูลหลุมเจาะสำรวจนั้น มีลักษณะเหมือนกันกับชั้นดินผสมตะกอนหลายชนิดที่ทับถมกัน กล่าวคือ เป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทราย ซึ่งองค์ประกอบของดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายนี้จะมีเม็ดดินทรายและซิลท์ปนอยู่ในอัตราที่ไม่แน่นอนทำให้คุณสมบัติแปรปรวนอยู่ในกลุ่มดินเหนียวปนทราย (CL), ดินตะกอนปนทราย (ML) และทรายปนดินเหนียว (SC) ตามระบบจำแนกดินระบบยูนิไฟด์ ซึ่งมีความหนาแน่นของดินส่วนใหญ่อยู่ระดับค่อนข้างแน่น (stiff) ถึงแน่นมาก (very stiff) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตกตะกอนทับถม ผสมกับทรายหยาบปนกรวดและซิลท์ ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มดินทรายปนซิลท์ (SM) มีความหนาแน่นในระดับแน่น(dense) ถึงแน่นมาก (very dense) จากเอกสารอ้างอิงสรุปผลการ

ทดสอบ CAPACITY OF PILE BORING และBEARING CAPACITY OF SOIL (รูปที่ 4.8) และการเจาะสำรวจ Boring Log ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบ capacity of pile boring และ bearing capacity of soil



รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบ Boring Log และค่า N-value

4.2.3 วิเคราะห์คุณสมบัติกำลังแรงแบกทานฐานรากตื้น ในการวิเคราะห์คุณสมบัติกำลังแบกทานฐานรากแบบตื้น (Shallow Foundation) เพื่อหาค่าน้ำหนักสูงสุดที่ดินใต้ฐานรากนั้นสามารถรับได้โดยไม่เกิดการพิบัติ โดยได้นำสูตร Terzaghi มาวิเคราะห์หาค่ากำลังรับน้ำหนักของดินสำหรับฐานรากโดยกำหนดสูตรสำหรับฐานรากรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังนี้

$$Qult. = 1.3cNc + \gamma DNq + 0.4\gamma BN_{\gamma}$$

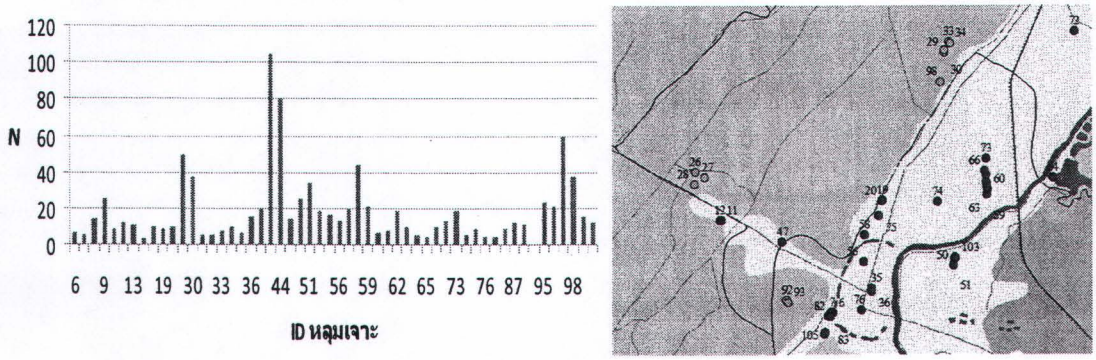
เมื่อ Qult = กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของดิน

Nc = Bearing Capacity Factor (จากตาราง 2.1 Bearing capacity factors Nc,Nq,Nγ)

C = ความเชื่อมแน่นของดิน

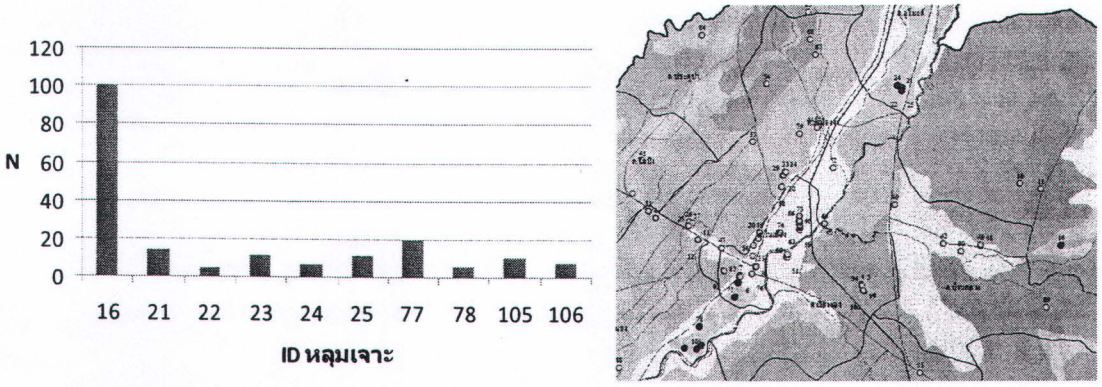
สมมุติฐานรากแผ่กว้าง 1.5 x 1.5 เมตร ที่ความลึก 1.5 เมตร กำหนดให้ดินมีลักษณะเป็นทรายหยาบปนกรวดและซิลท์ เนื่องจากระดับชั้นดินที่ 1 - 2 เมตร ในพื้นที่จังหวัดลำพูนส่วนใหญ่เป็นดินหรือทรายปนซิลท์ และไม่พบระดับน้ำใต้ดินจึงมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมแน่น C (cohesion) = 0 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์มุมเสียดทาน ϕ (Angle of internal Friction) ได้จากค่า SPT N-Values ที่ปรับแก้ค่าแล้วนำมาหาค่าตารางความสัมพันธ์ที่แนะนำโดย Bowles และรูปที่2.3, 2.4 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า N ที่ได้จากการทดสอบ SPT และค่าสัมประสิทธิ์ความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน Nc, Nq, N_{γ} ซึ่งจะขึ้นอยู่กับมุมเสียดทานภายในดิน ϕ ทำการประเมินกำลังรับแรงแบกทานฐานรากโดยใช้สมการของ Terzaghi และกำหนดใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัย (Safety Factor) SF = 3 โดยหน่วยแรงแบกทานปลอดภัย ϕ all = Qult/3

ดังนั้นจากตารางข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดินแยกสีตามชนิดของชั้นดิน (รูปที่ 3.6) จึงได้กำหนดค่า N ในระดับความลึก 2 เมตรของแต่ละหลุมเจาะสำรวจชั้นดินมาวิเคราะห์คุณสมบัติกำลังแรงแบกทานฐานรากตื้น เนื่องจากเป็นความลึกของชั้นดินที่นิยมใช้วางฐานราก มาใช้ในการเปรียบเทียบกับชุดดินต่างๆ ในระดับความลึกของดินเดียวกันโดยได้ตัดข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดินในบางชุดดินออกเนื่องจากมีจำนวนข้อมูลน้อยจึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของแต่ละชุดดินได้ คือ ชุดดินท่ายาง ชุดดินพาน ชุดดินพิมาย และชุดดินหน่วยผสมของดินตะกอนระบายน้ำเลว โดยจำแนกค่า N ในแต่ละหลุมตามชนิดของชุดดินทางการเกษตรได้ ดังนี้



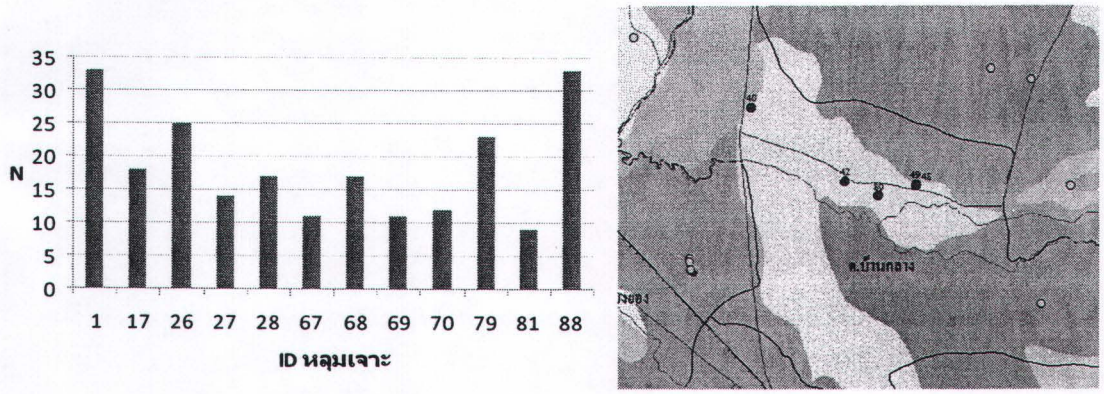
รูปที่ 4.10 แผนภูมิแสดงค่า N กับ ID หลุมเจาะของหน่วยผสมของดินตะกอนหลายชนิด

จากรูปที่ 4.10 แสดงข้อมูลค่า N ของหลุมเจาะสำรวจ (ID) ที่นำมาวิเคราะห์ฐานข้อมูลที่ระดับ 2 เมตร ที่อยู่ในชุดดินทางการเกษตรของหน่วยผสมของดินตะกอนหลายชนิด มาแสดงในรูปแบบแผนภูมิกราฟแท่งเพื่อดูลักษณะของค่า N ทั้งหมดในชุดดินหน่วยผสมของดินตะกอนหลายชนิด และใช้GIS แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจ (จุดสีแดง) พร้อมทั้งหมายเลขหลุมเจาะสำรวจ (ID) ดังกล่าวในแผนที่ชุดดิน (ชั้นข้อมูลชุดดิน_อำเภอเมือง.shp) ที่จำแนกสีตามประเภทของชุดดินทางการเกษตร (สีเหลือง: ชุดดินหน่วยผสมของดินตะกอนหลายชนิด)

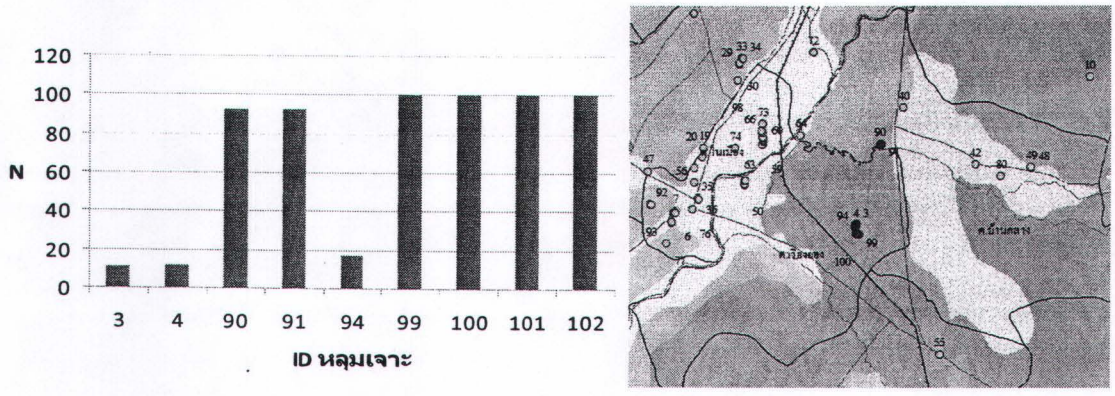


รูปที่ 4.11 แผนภูมิแสดงค่า N กับ ID หลุมเจาะของชุดดินหางดง

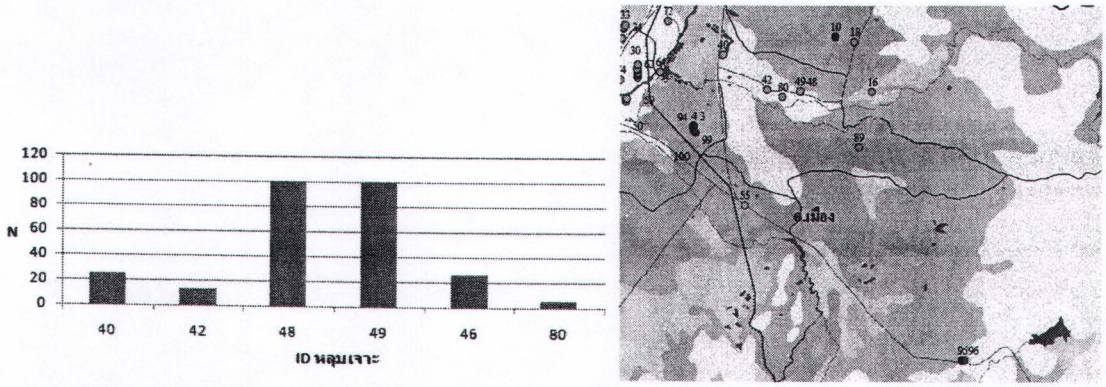
จากรูปที่ 4.11 แสดงข้อมูลค่า N ของหลุมเจาะสำรวจ (ID) ที่นำมาวิเคราะห์ฐานข้อมูลที่ระดับ 2 เมตร ที่อยู่ในชุดดินทางการเกษตรของชุดดินหางดง มาแสดงในรูปแบบแผนภูมิกราฟแท่งเพื่อดูลักษณะของค่า N ทั้งหมดในชุดดินหางดง และใช้GIS แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจ (จุดสีแดง) พร้อมทั้งหมายเลขหลุมเจาะสำรวจดังกล่าวในแผนที่ชุดดิน (ชั้นข้อมูลชุดดิน_อำเภอเมือง.shp) ที่จำแนกสีตามประเภทของชุดดินทางการเกษตร (สีเหลืองเข้ม: ชุดดินหางดง)



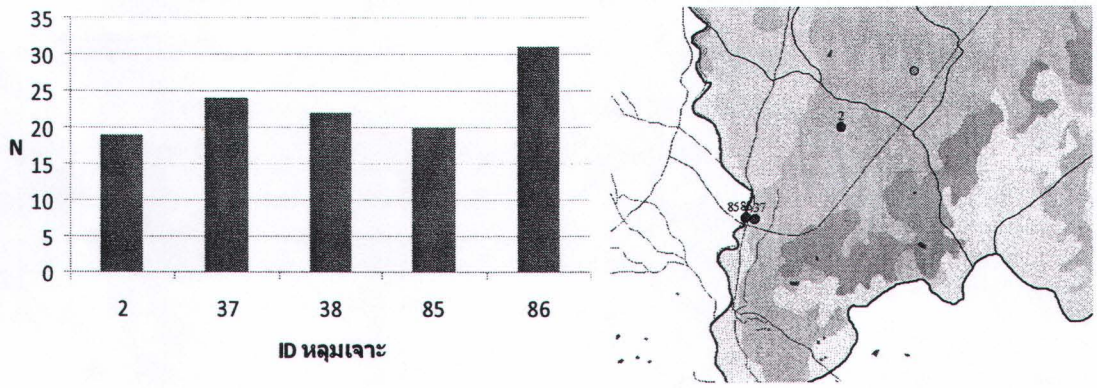
รูปที่ 4.12 แผนภูมิแสดงค่า N กับ ID หลุมเจาะของชุดดินราชบุรี



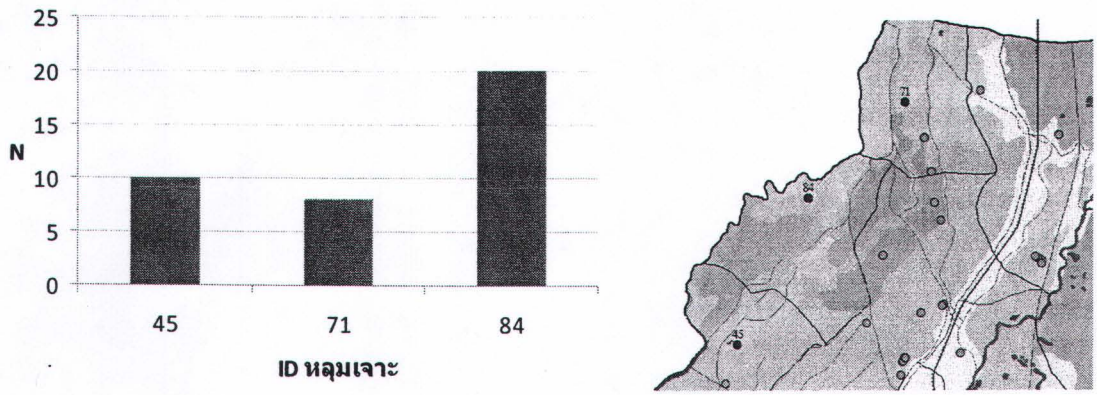
รูปที่ 4.13 แผนภูมิแสดงค่า N กับ ID หลุมเจาะของชุดดินเชียงราย



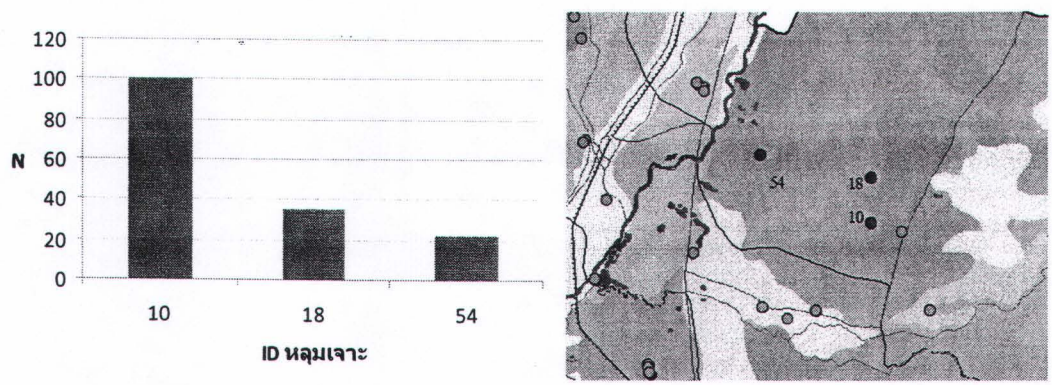
รูปที่ 4.14 แผนภูมิแสดงค่า N กับ ID หลุมเจาะของชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินเชียงราย/ชุดดินพาน



รูปที่ 4.15 แผนภูมิแสดงค่า N กับ ID หลุมเจาะของชุดดินอุบล



รูปที่ 4.16 แผนภูมิแสดงค่า N กับ ID หลุมเจาะของชุดดินท่าม่วง



รูปที่ 4.17 แผนภูมิแสดงค่า N กับ ID หลุมเจาะของชุดดินสันทราย

จากรูปที่ 4.10 - 4.17 เป็นการแสดงข้อมูลค่า N ของหลุมเจาะสำรวจ (ID) ที่นำมาวิเคราะห์ฐานข้อมูลที่ระดับ 2 เมตร ที่อยู่ในชุดดินทางการเกษตรของแต่ละชุดดิน เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่า N จากหลุมเจาะสำรวจต่างๆ ของชุดดินเดียวกันมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ซึ่งความแปรปรวนนี้นอกจากจะสะท้อนให้เห็นถึงความแปรปรวนของคุณสมบัติของดินแล้วยังมีผลมาจากความแปรปรวนในคุณภาพของข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดินซึ่งรวบรวมมาจากหลายแหล่งด้วย จากการพิจารณาโดยนำหลักสถิติมากำหนดหาค่า N ที่เหมาะสมสำหรับชุดดิน โดยเลือกกำหนดค่าสำหรับใช้เป็นคุณสมบัติของชุดดินนั้น จึงเลือกใช้ค่า 20% Lower Limit (ค่าที่มีจำนวนข้อมูลที่มีค่าต่ำกว่าร้อยละ20) ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยสำหรับใช้ในการประเมินกำลังรับน้ำหนักฐานรากในภาพรวมแล้วนำค่าที่ได้รับมาปรับแก้ตามสมการการปรับแก้ค่าที่ 2.1 โดยสรุปค่าหน่วยแรงแบกทานปลอดภัยที่ประเมินได้สำหรับชุดดินต่างๆ ดังตาราง 4.1

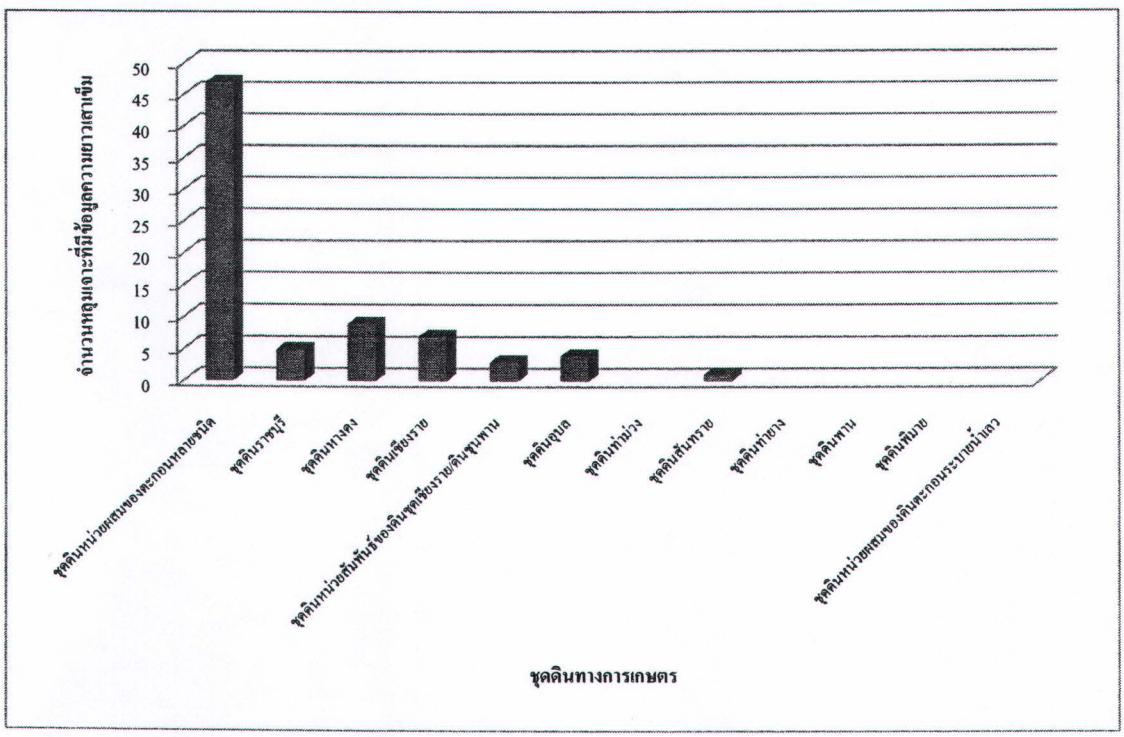
ตารางที่4.1 ข้อเสนอแนะหน่วยกำลังรับแรงแบกทานปลอดภัยฐานรากตื้นในชุดดินต่างๆ

ชื่อชุดดิน	SPT N-Values	SPT N- Values (ปรับแก้ค่า)	Q_{all} (ตัน/ตันต่อตารางเมตร)
1. ชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด	15	15	11.64
2. ชุดดินราชบุรี	15	15	11.64
3. ชุดดินหางดง	8	8	9.52
4. ชุดดินเชียงราย	50	25	14.97
5. ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินชุดเชียงราย/ชุดดินพาน	18	16	11.64
6. ชุดดินอุบล	20	17	12.18
7. ชุดดินท่าม่วง	6	6	8.19
8. ชุดดินสันทราย	8	8	9.52

จากตารางที่ 4.1 ข้อเสนอแนะหน่วยกำลังรับแรงแบกทานปลอดภัยฐานรากตื้นในชุดดินต่างๆ ของอำเภอเมืองลำพูน จะเห็นได้ว่าชุดดินเชียงราย มีหน่วยกำลังรับแรงปลอดภัยมากที่สุด คือ 14.97 ตันต่อตารางเมตร และชุดดินท่าม่วงมีหน่วยกำลังรับแรงแรงปลอดภัยน้อยที่สุด คือ 8.19 ตันต่อตารางเมตร ข้อสังเกต ในชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ในตัว

เมืองลำพูน มีค่าหน่วยแรงแบกทานปลอดภัยของดิน Q_{all} เท่ากับ 11.64 ตันต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่า ค่า 10 ตันต่อตารางเมตร ที่นิยมใช้ทั่วไปในการออกแบบปัจจุบันในพื้นที่ ส่วนชุดดินสันทราย ชุดดินท่ายาง ชุดดินพาน ชุดดินพิมาย ชุดดินหน่วยผสมของดินตะกอนระบายน้ำเลว ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์หาหน่วยกำลังรับแรงแบกทานปลอดภัยฐานรากตื้นได้เนื่องจาก จำนวนข้อมูลในการเจาะสำรวจชั้นดินมีไม่เพียงพอ ซึ่งยังไม่สามารถนำค่าหน่วยดินนั้นมาเป็นตัวแทนของชุดดินได้ ในการออกแบบฐานรากตื้นซึ่งมีการใช้ค่าความปลอดภัยที่ค่อนข้างสูง คือ SF= 3 ในการคำนวณค่า Q_{all} ของตารางที่ 4.1 ดังนั้นจึงน่าจะมีความมั่นใจว่าค่า Q_{all} ของตารางที่ 4.1 มีความปลอดภัยค่อนข้างสูง

4.2.4 วิเคราะห์ความยาวเสาเข็ม จากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดินที่มีข้อมูลความยาวเสาเข็มที่ได้มีการก่อสร้างจริงในพื้นที่ที่ทำการเจาะสำรวจชั้นดินนั้น สามารถจำแนกจำนวนหลุมเจาะสำรวจชั้นดินออกในแต่ละชนิดของชุดดินได้ 7 ชุดดินทางการเกษตรได้ดังนี้

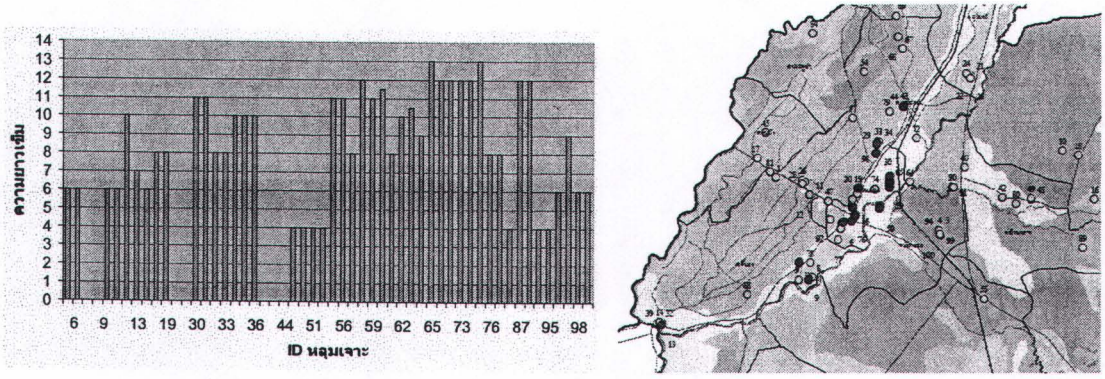


รูปที่ 4.18 แผนภูมิแสดงข้อมูลหลุมเจาะที่มีข้อมูลความยาวเสาเข็มจำแนกตามชุดดิน

จากรูปที่ 4.18 สามารถสรุปจำนวนหลุมเจาะตามชนิดของชุดดินทางการเกษตรออกมาได้ดังนี้

ลำดับที่	ชุดดินทางการเกษตร	จำนวน (หลุม)
1	ชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด	47
2	ชุดดินราชบุรี	5
3	ชุดดินหางดง	9
4	ชุดดินเชียงราย	7
5	ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินชุดเชียงราย/ดินชุนพาน	3
6	ชุดดินอุบล	4
7	ชุดดินท่าม่วง	-
8	ชุดดินสันทราย	1
9	ชุดดินท่ายาง	-
10	ชุดดินพาน	-
11	ชุดดินพิมาย	-
12	ชุดดินหน่วยผสมของดินตะกอนระบายน้ำเลว	-

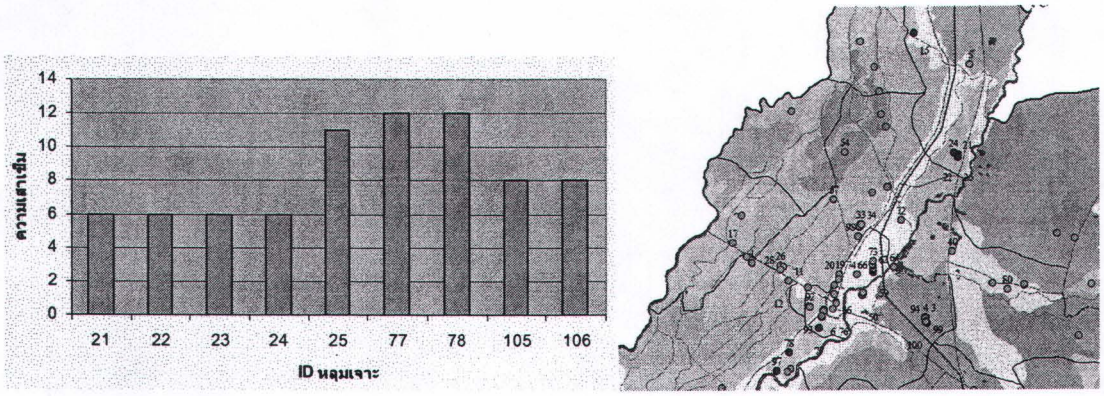
โดยสามารถแสดงข้อมูลความยาวเสาเข็มที่ได้ตอกในพื้นที่จริงในแต่ละหลุมจำแนกตามชุดดินทางการเกษตรได้ ดังนี้



รูปที่ 4.19 แผนภูมิแสดงความยาวเสาเข็มของชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด

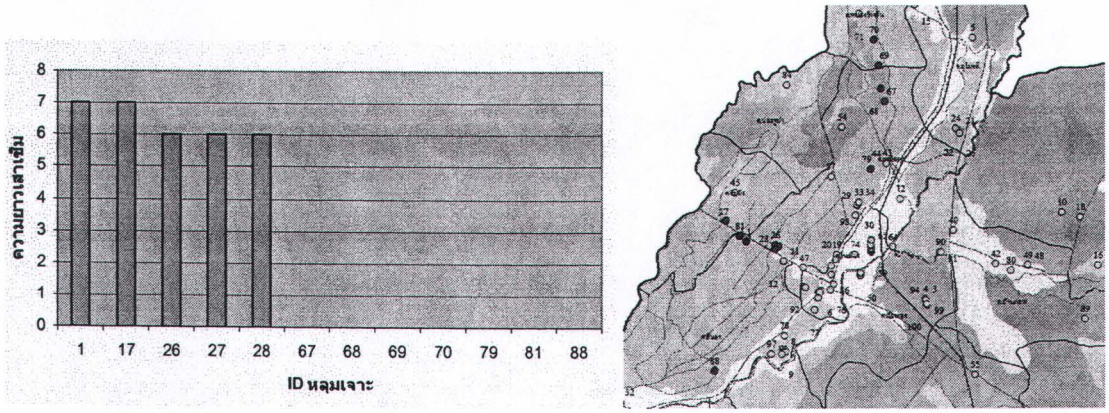
จากรูปที่ 4.19 แสดงข้อมูลค่าความยาวเสาเข็มของหลุมเจาะสำรวจ (ID) ที่นำมาวิเคราะห์ฐานข้อมูลที่อยู่ในชุดดินทางการเกษตรของชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด มา

แสดงในรูปแบบแผนภูมิกราฟแท่งเพื่อดูลักษณะของค่าความยาวเสาเข็มทั้งหมดในชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิดและใช้ GIS แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจ (จุดสีม่วง) พร้อมทั้งหมายเลขหลุมเจาะสำรวจ (ID) ดังกล่าวในแผนที่ชุดดิน (ชั้นข้อมูลชุดดิน_อำเภอเมือง.shp) ที่จำแนกสีตามประเภทของชุดดินทางการเกษตร (สีเหลือง: ชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด)

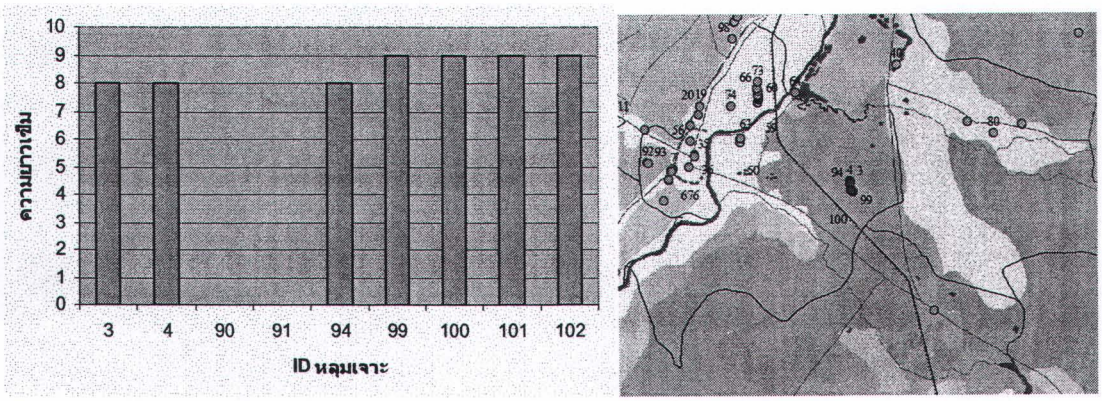


รูปที่ 4.20 แผนภูมิแสดงความยาวเสาเข็มของชุดดินหางดง

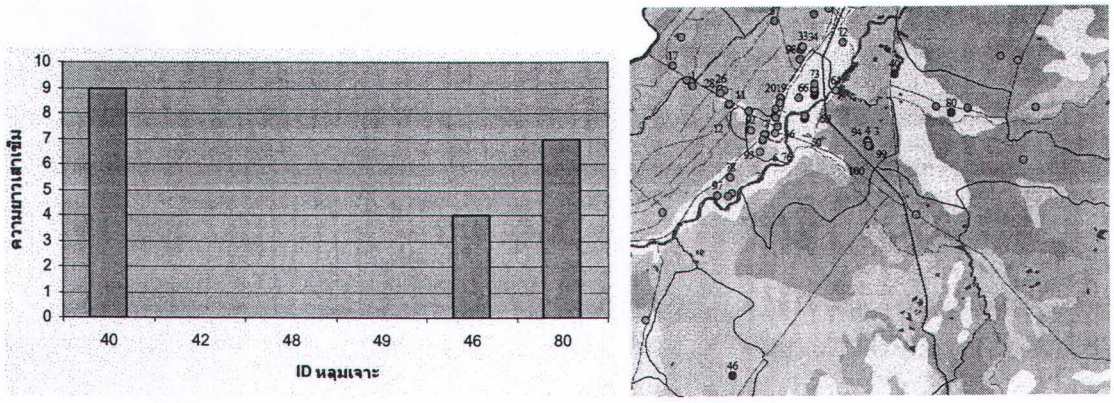
จากรูปที่ 4.20 แสดงข้อมูลค่าความยาวเสาเข็มของหลุมเจาะสำรวจ (ID) ที่นำมาวิเคราะห์ฐานข้อมูลที่ตั้งอยู่ในชุดดินทางการเกษตรของชุดดินหางดง มาแสดงในรูปแบบแผนภูมิกราฟแท่งเพื่อดูลักษณะของค่าความยาวเสาเข็มทั้งหมดในชุดดินหางดง และใช้ GIS แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจ (จุดสีม่วง) พร้อมทั้งหมายเลขหลุมเจาะสำรวจ (ID) ดังกล่าวในแผนที่ชุดดิน (ชั้นข้อมูลชุดดิน_อำเภอเมือง.shp) ที่จำแนกสีตามประเภทของชุดดินทางการเกษตร (สีเหลืองเข้ม: ชุดดินหางดง)



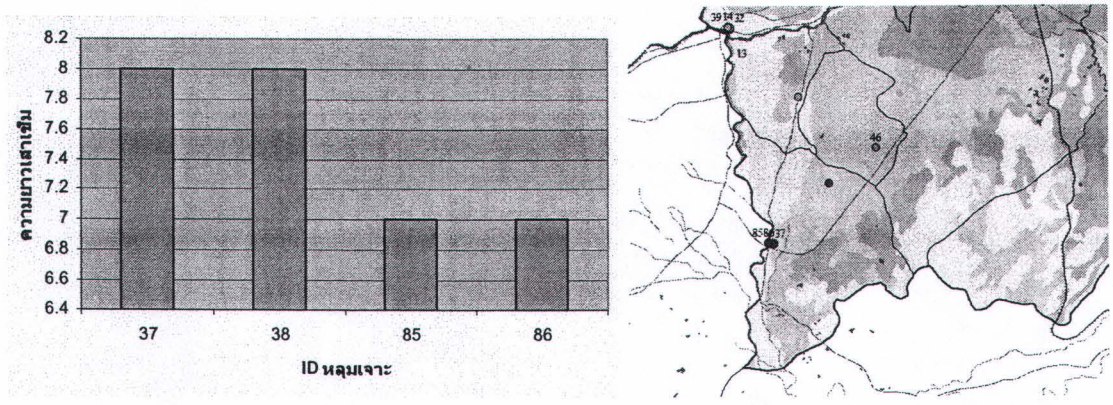
รูปที่ 4.21 แผนภูมิแสดงความยาวเสาเข็มของชุดดินราชบุรี



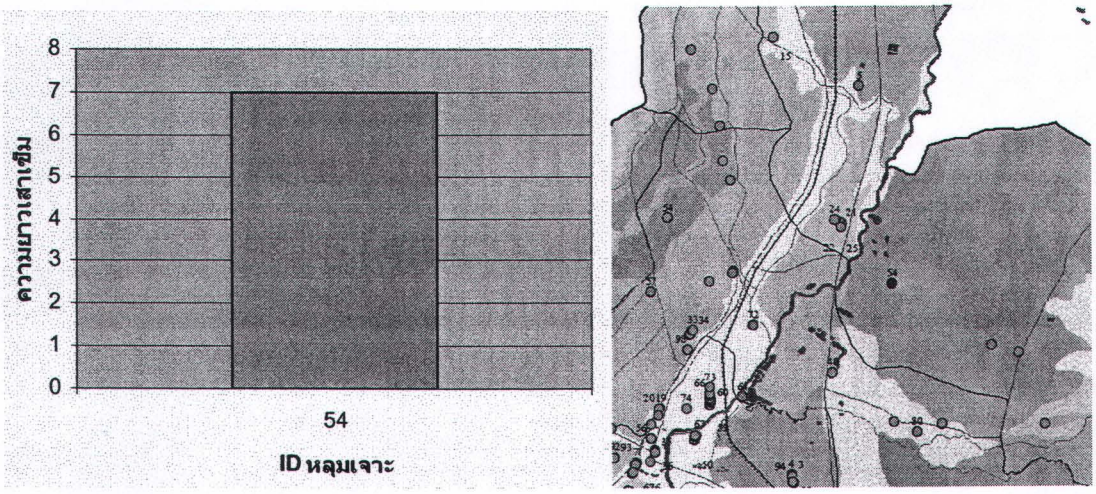
รูปที่ 4.22 แผนภูมิแสดงความยาวเสาเข็มของชุดดินเชียงราย



รูปที่ 4.23 แผนภูมิแสดงความยาวเสาเข็มของชุดดินเชียงราย/ดินพาน



รูปที่ 4.24 แผนภูมิแสดงความยาวเสาเข็มของชุดดินอุบล



รูปที่ 4.25 แผนภูมิแสดงความยาวเสาเข็มของชุดดินสันทราย

จากรูปที่ 4.19 - 4.25 เป็นการแสดงข้อมูลค่าความยาวเสาเข็มของหลุมเจาะสำรวจ (ID) ที่นำมาวิเคราะห์ฐานข้อมูลที่อยู่ในชุดดินทางการเกษตรของแต่ละชุดดิน เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว

จากการจำแนกข้อมูลความยาวเสาเข็มพบว่าความยาวเสาเข็มจากข้อมูลหลุมเจาะต่างๆ ของชุดดินโดยใช้รูปแผนภูมิ พบว่ามีความแปรปรวนของข้อมูลบ้างโดยเฉพาะชุดผสมของดินตะกอนหลายชนิด ซึ่งอาจจะสะท้อนให้เห็นถึงความแปรปรวนของคุณสมบัติของดินและชั้นดินทรายแน่น ดังนั้นจึงได้นำหลักสถิติมากำหนดหาค่าความยาวเสาเข็มที่เหมาะสมสำหรับชุดดิน โดยเลือกกำหนดค่าช่วงสูงสุดและต่ำสุดของความยาวเสาเข็มแต่ละชุดดินสำหรับใช้สนับสนุนในการกำหนดความยาวเสาเข็มในการออกแบบและกำหนดราคาประเมินเบื้องต้นของค่าก่อสร้างโดยสรุปค่าการกำหนดความยาวเสาเข็มในชุดดินต่างๆ ได้ดังตาราง 4.2

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ตารางที่4.2 ข้อเสนอแนะการกำหนดช่วงความยาวเสาเข็มในชุดดินต่างๆ

ลำดับที่	ชื่อชุดดินการเกษตร	ความยาวเสาเข็ม (เมตร)
1	ชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด	13 - 4
2	ชุดดินราชบุรี	7 - 6
3	ชุดดินหางดง	12 - 6
4	ชุดดินเชียงราย	9 - 8
5	ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินชุดเชียงราย/ดินชุดพาน	9 - 4
6	ชุดดินอุบล	8 - 7
7	ชุดดินสันทราย	-

จากตารางที่ 4.2 ข้อเสนอแนะการกำหนดช่วงความยาวเสาเข็มในชุดดินต่างๆ จะเห็นได้ว่าชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด ชุดดินหางดง ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินชุดเชียงราย/ดินชุดพาน มีความยาวเสาเข็มอยู่ในช่วงสูงสุด 13 เมตร ต่ำสุด 4 เมตร มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง จึงมีความน่าเชื่อถือน้อย และชุดดินราชบุรี ชุดดินเชียงราย และชุดดินอุบล มีความยาวเสาเข็มมีความยาวเสาเข็มอยู่ในช่วงสูงสุด 9 เมตร ต่ำสุด 6 เมตร มีความแปรปรวนน้อย จึงมีความน่าเชื่อถือมากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากในบริเวณที่เป็นชุดดินผสมของตะกอนหลายชนิด ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินชุดเชียงราย/ดินชุดพาน เป็นพื้นที่เนินตะกอนลำน้ำซึ่งมีความหนาแน่นมากของชั้นทรายปนดินเหนียว (SC) ถึงชั้นทรายปนซิลท์ (SM) มีความแปรปรวนค่อนข้างมาก ซึ่งมีผลต่อความยาวเสาเข็มมากกว่าบริเวณชุดดินราชบุรี ชุดดินเชียงราย และชุดดินอุบล ซึ่งเป็นที่ราบเรียบที่ตะกอนน้ำพา จึงมีความแปรปรวนของความหนาแน่นมากของชั้นทรายปนดินเหนียว (SC) ถึงชั้นทรายปนซิลท์ (SM) มีความแปรปรวนค่อนข้างน้อย

จากการวิเคราะห์เพื่อหาข้อเสนอแนะหน่วยกำลังรับแรงแบกทานปลอดภัยฐานรากตื้น และข้อเสนอแนะการกำหนดความยาวเสาเข็มในชุดดินต่างๆ สามารถแสดงค่าที่ได้จำแนกตามประเภทของแต่ชุดดิน ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 สรุปคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชุดดิน

ชื่อชุดดิน	จำนวนหลุมเจาะ	กำลังรับแรงแบกทานปลอดภัยฐานรากแผ่ (ตันต่อตารางเมตร)	ช่วงความเสาเข็ม (เมตร)
ชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด	54 หลุม	11.64	13 - 4
ชุดดินราชบุรี	12 หลุม	11.64	7 - 6
ชุดดินหางดง	10 หลุม	9.52	12 - 6
ชุดดินเชียงราย	9 หลุม	14.97	9 - 8
ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินชุดเชียงราย/ดินชุดพาน	6 หลุม	11.64	9 - 4
ชุดดินอุบล	5 หลุม	12.18	8 - 7
ชุดดินท่าม่วง	3 หลุม	8.19	-
ชุดดินสันทราย	3 หลุม	9.52	-

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางวิศวกรรมของชุดดิน (ตาราง 4.3) ดังกล่าวสามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะลักษณะฐานรากจำแนกตามขนาดอาคาร เพื่อใช้สนับสนุนในการออกแบบฐานราก โดยได้แสดงในตาราง 4.4 ดังนี้

ตาราง 4.4 ข้อเสนอแนะลักษณะฐานรากจำแนกตามขนาดอาคาร

ชื่อชุดดิน	อาคารขนาดเล็ก (น้อยกว่า 3 ชั้น)	อาคารขนาดกลาง (4-7 ชั้น)	อาคารขนาดใหญ่ (สูงกว่า 7 ชั้นหรือมีพื้นที่ใช้สอยร่วมกันเกิน 10,000 ตร.ม.)
ชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด	ฐานรากแผ่	ฐานรากแผ่	เสาเข็มเจาะ
ชุดดินราชบุรี	ฐานรากแผ่	ฐานรากแผ่	เสาเข็มตอก
ชุดดินหางดง	ฐานรากแผ่	เสาเข็มตอก	เสาเข็มตอก
ชุดดินเชียงราย	ฐานรากแผ่	ฐานรากแผ่	เสาเข็มตอก
ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินชุดเชียงราย/ดินชุดพาน	ฐานรากแผ่	ฐานรากแผ่	เสาเข็มเจาะ
ชุดดินอุบล	ฐานรากแผ่	ฐานรากแผ่	เสาเข็มตอก
ชุดดินท่าม่วง	ฐานรากแผ่	เสาเข็มตอก	เสาเข็มตอก
ชุดดินสันทราย	ฐานรากแผ่	เสาเข็มตอก	เสาเข็มตอก

จากตาราง 4.4 สามารถจำแนกลักษณะฐานรากให้เหมาะสมตามขนาดของอาคารในแต่ละชุดดินเพื่อใช้ในการออกแบบ โดยแบ่งขนาดอาคารออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) อาคารขนาดเล็ก (น้อยกว่า 3 ชั้น) กำหนดให้ชุดดินทั้งหมดใช้ฐานรากแผ่ เนื่องจากกำลังรับแรงแบกทานปลอดภัยฐานรากแผ่ในระดับ 2 เมตร มีความสามารถรับแรงแบกทานค่อนข้างสูง คือ 8-12 ตันต่อตารางเมตร จึงเหมาะสมกับอาคารขนาดเล็กซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกไม่มาก

2) อาคารขนาดกลาง (4-7 ชั้น) กำหนดให้ชุดดินมีความสามารถในการรับแรงแบกทานปลอดภัยมากกว่า 10 ตันต่อตารางเมตรขึ้นไป ใช้ฐานรากแผ่ ได้แก่ ชุดดินหน่วยผสมตะกอนหลายชนิด ชุดดินราชบุรี ชุดดินเชียงราย ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินชุดเชียงราย/ดินชุดพาน และชุดดินอุบล ส่วนชุดดินที่มีความสามารถในการรับแรงแบกทานปลอดภัยน้อยกว่า 10 ตันต่อตารางเมตร ให้ใช้ฐานรากเสาเข็มตอก ได้แก่ ชุดดินหางดง ชุดดินท่าม่วง และชุดดินสันทราย

3) อาคารขนาดใหญ่ (สูงกว่า 7 ชั้น หรือมีพื้นที่ใช้สอยรวมกันเกิน 10,000 ตารางเมตร) กำหนดให้ชุดดินแต่ละประเภทใช้ฐานรากเสาเข็มทั้งหมด เนื่องจากเป็นอาคารขนาดใหญ่ มีน้ำหนักบรรทุกค่อนข้างมากและเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อการออกแบบฐานราก โดยได้กำหนดชนิดของเสาเข็มเป็น 2 ชนิด ดังนี้

3.1) เสาเข็มเจาะ ได้แก่ ชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของชุดดินเชียงราย/ชุดดินพาน เนื่องจากชุดดินดังกล่าวอยู่ในเขตพื้นที่ในอำเภอเมืองลำพูน พื้นที่อนุรักษ์ เขตนิคมอุตสาหกรรม ที่มีชุมชนอาศัยอยู่หนาแน่น ซึ่งหากใช้เสาเข็มตอกอาจมีผลกระทบต่อการก่อสร้างรวมถึงพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องของสิ่งแวดล้อมและผู้ที่มีส่วนได้เสีย

3.2) เสาเข็มตอก ได้แก่ ชุดดินราชบุรี ชุดดินหางดง ชุดดินเชียงราย ชุดดินอุบล ชุดดินท่าม่วง และชุดดินสันทราย เนื่องจากชุดดินดังกล่าวอยู่ในพื้นที่รอบนอกตัวเมือง ซึ่งมีชุมชนตั้งอยู่อย่างกระจัดกระจาย พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่โล่ง

มาตรฐานการตรวจสอบในขั้นตอนก่อสร้าง :

1) ตรวจสอบดูสภาพชั้นดินบริเวณก่อสร้างโดยการดูด้วยตาในขณะขุดหลุมฐานราก

2) ตรวจเช็ค Blow Count ในการตอกเสาเข็ม

3) เจาะหลุมสำรวจชั้นดินอย่างน้อย 1 หลุม ก่อนทำการก่อสร้างฐานรากอาคารขนาดกลางถึงขนาดใหญ่

4.3 ฐานข้อมูลสนับสนุนการออกแบบฐานรากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

นำผลสรุปที่ได้จากวิเคราะห์คุณสมบัติทางวิศวกรรมของชุดดิน (ตาราง 4.3) และข้อเสนอแนะลักษณะฐานรากจำแนกตามขนาดอาคาร (ตาราง 4.4) ของแต่ละชุดดินทางการเกษตร มาจัดเก็บเพิ่มเติมเพื่อสร้างแผนที่ในฐานข้อมูลระบบ GIS ในโปรแกรม Arcview โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

1) เลือกชั้นข้อมูลชุดดิน_อำเภอเมือง.shp แล้วเปิดตารางข้อมูลโดยใช้คำสั่ง Theme เลือก Table

2) เลือก Table แล้ว Start Editing เพื่อให้สามารถแก้ไขข้อมูลตารางได้

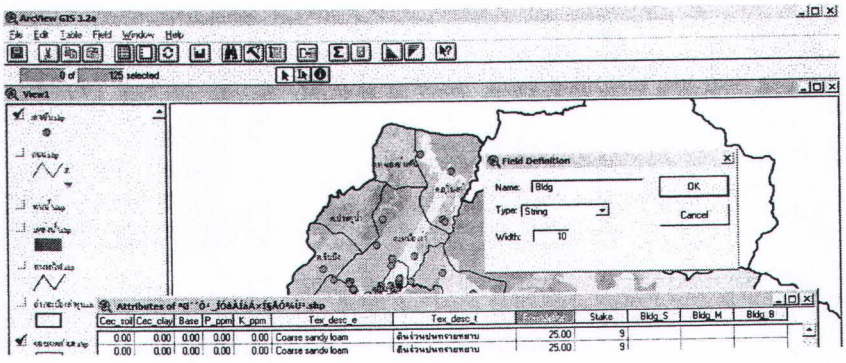
3) เลือก Edit แล้ว Add Field กำหนดชื่อ Name เท่ากับ “Foundation”, type เท่ากับ Number, Width เท่ากับ 10, Decimal Places เท่ากับ 2 เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลกำลังแบกทานปลอดภัยฐานรากแผ่ ตันต่อตาราเมตร

4) เลือก Edit แล้ว Add Field กำหนดชื่อ Name เท่ากับ “Stake”, Type เท่ากับ Number, Width เท่ากับ 10 เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลความยาวเสาเข็มโดยเฉลี่ยหน่วยเป็นเมตร

5) เลือก Edit แล้ว Add Field กำหนดชื่อ Name เท่ากับ “Bldg_S”, Type เท่ากับ String, Width เท่ากับ 30 เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลข้อเสนอแนะลักษณะฐานรากในสำหรับอาคารขนาดเล็กสูงน้อยกว่า 3 ชั้น

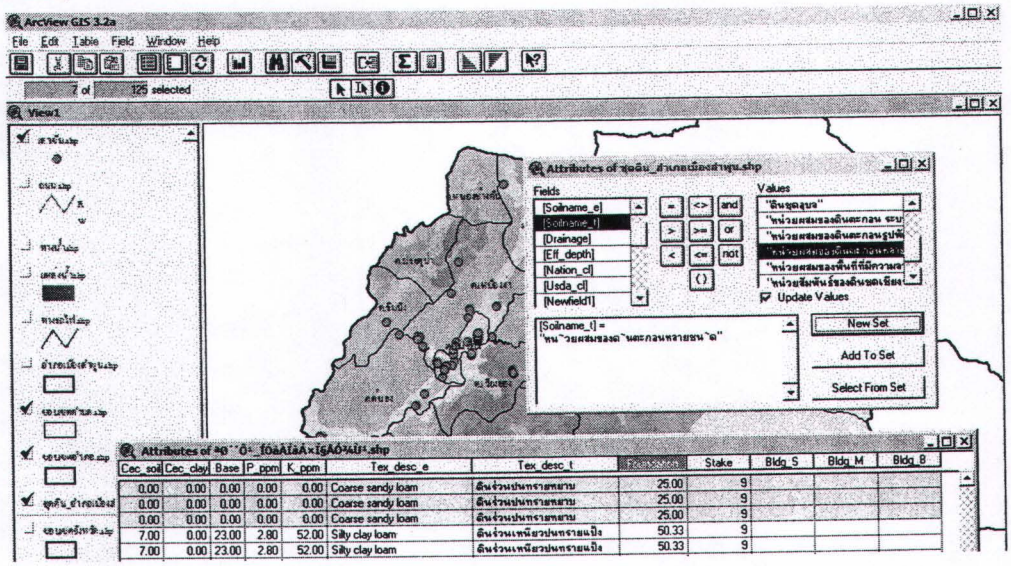
6) เลือก Edit แล้ว Add Field กำหนดชื่อ Name เท่ากับ “Bldg_M”, Type เท่ากับ String, Width เท่ากับ 30 เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลข้อเสนอแนะลักษณะฐานรากในสำหรับอาคารขนาดกลางสูงระหว่าง 4-7 ชั้น

7) เลือก Edit แล้ว Add Field กำหนดชื่อ Name เท่ากับ “Bldg_B”, Type เท่ากับ String, Width เท่ากับ 30 เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลข้อเสนอแนะลักษณะฐานรากในสำหรับอาคารขนาดใหญ่สูงมากกว่า 7 ชั้น หรือมีพื้นที่ใช้สอบรวมกันมากกว่า 10,000 ตารางเมตร (รูปที่ 4.26)



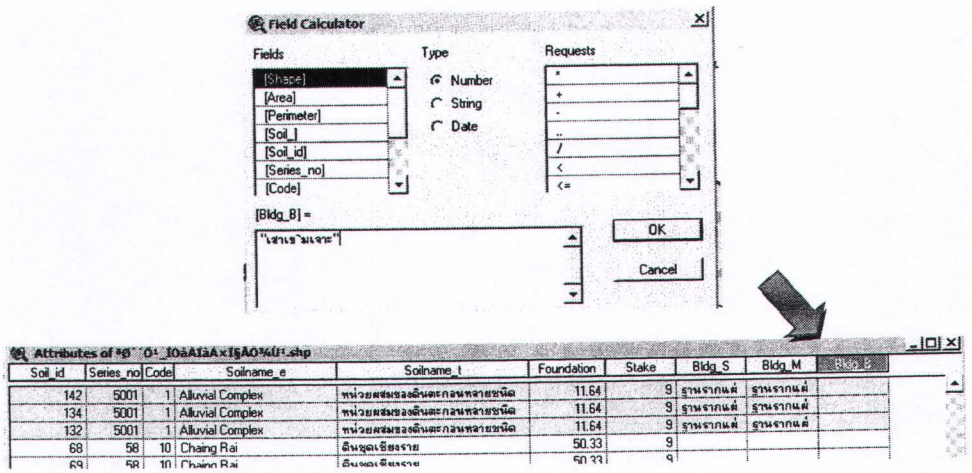
รูปที่ 4.26 ขั้นตอนการเพิ่มคอลัม (Field)

8) บันทึกข้อมูลลงในแต่ละคอลัม โดยใช้คำสั่ง Table เลือก Query แล้วเลือก Fields เท่ากับ “Soilname_t” เลือกเครื่องหมายเท่ากับ [=] เลือกชื่อชุดดินที่ต้องการบันทึกข้อมูลในช่อง Values เช่น [Soilname_t] = "หน่วยดินผสมของตะกอนดินหลายชนิด" แล้วกดปุ่ม New Set (รูปที่ 4.27)



รูปที่ 4.27 การเลือกข้อมูลจากคำสั่ง Query

9) คำสั่ง Field เลือก Calculate เลือกคอลัมที่ต้องการบันทึก แล้วจึงพิมพ์ค่าลงในช่องด้านล่าง โดยค่าที่ต้องบันทึกเป็นตัวเลข (number) ในคอลัม Foundation และ Stake ไม่ต้องใส่เครื่องหมาย “ ” เช่น 11.64 แต่ค่าที่ต้องบันทึกเป็นตัวหนังสือ (string)ในคอลัม Bldg_S Bldg_M และBldg_B จะต้องใส่เครื่องหมาย “ ” เช่น “ฐานรากแผ่” (รูปที่ 4.28)



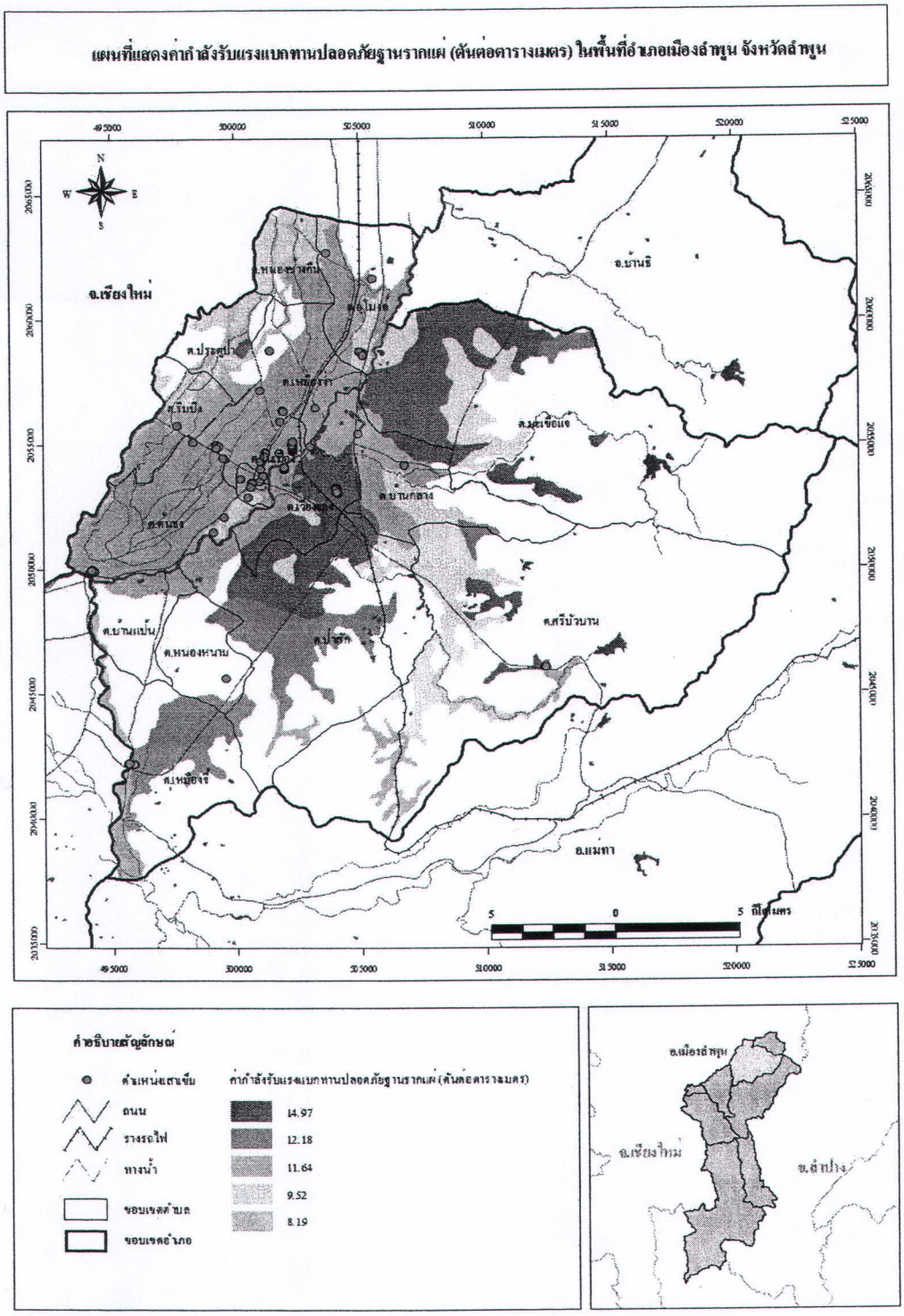
รูปที่ 4.28 การบันทึกข้อมูลในคอลัมที่เลือกไว้โดยใช้คำสั่ง Field Calculate

10) บันทึกข้อมูลกำลังรับแรงแบกทานปลอดภัยฐานรากแผ่ ข้อมูลความยาวเสาเข็มโดยเฉลี่ย ข้อมูลเสนอแนะลักษณะฐานรากสำหรับอาคารขนาดเล็ก ข้อมูลเสนอแนะลักษณะฐานรากสำหรับอาคารขนาดกลาง และข้อมูลแสนอแนะลักษณะฐานรากสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ตามขั้นตอนที่ 8 - 9 จนครบทั้งหมดตามตาราง 4.3 และ 4.4 ก็จะสำเร็จกระบวนการบันทึกข้อมูลลงในระบบฯ และสามารถนำข้อมูลสรุปคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของชุดดินและข้อมูลเสนอแนะลักษณะฐานรากดังกล่าวมาจำแนกค่าในโปรแกรม Arcview แล้วจัดทำเป็นแผนที่ข้อมูล GIS เพื่อเพิ่มช่องทางการนำไปใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยในการสนับสนุนการออกแบบฐานรากและงานด้านอื่นที่เกี่ยวข้องในระดับเบื้องต้นต่อไป ดังรูปที่ 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33

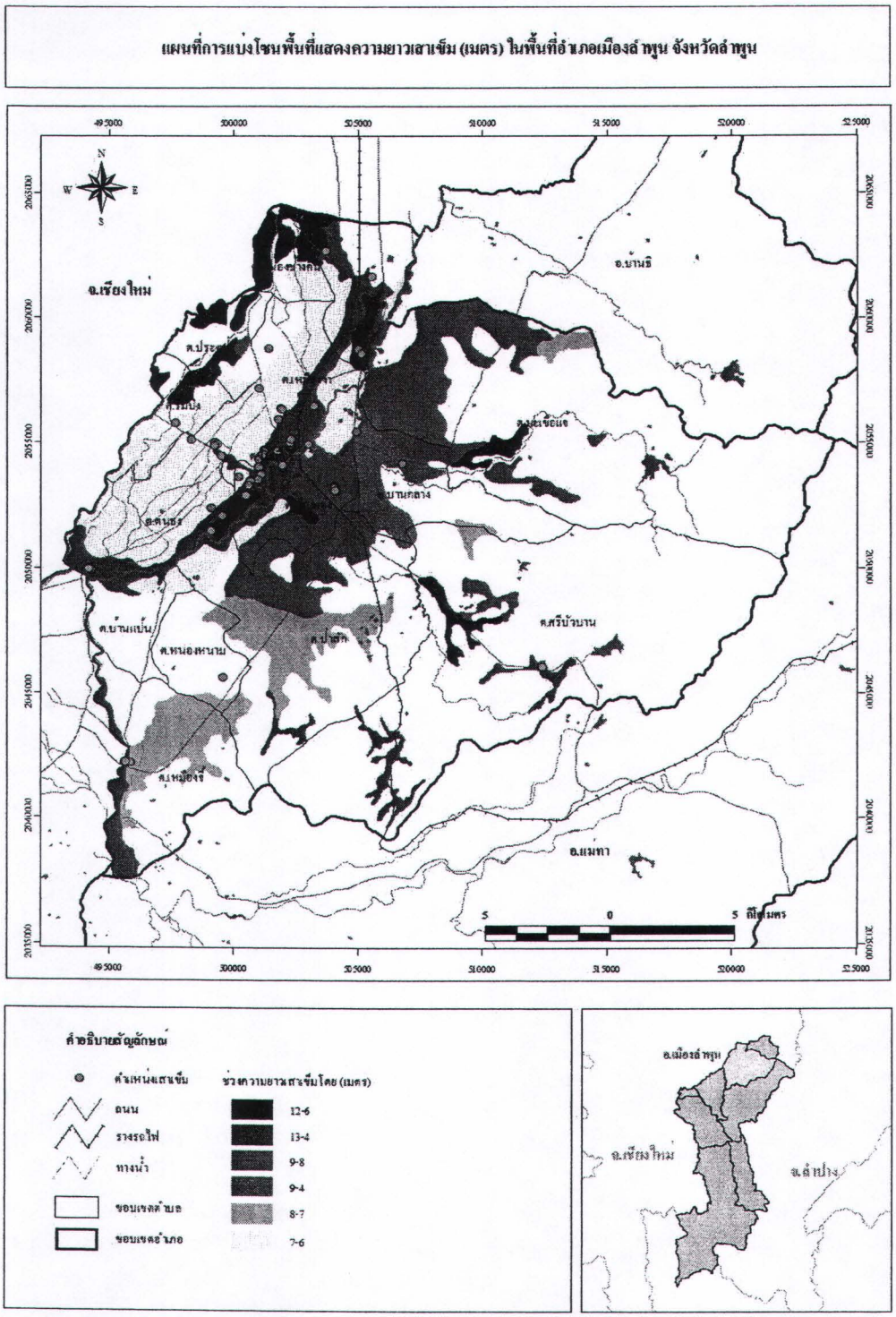
รูปที่ 4.29 โซนแสดงค่ากำลังรับแรงแบกทานปลอดภัยฐานรากแผ่ หน่วยเป็นตันต่อตารางเมตร ในพื้นที่อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน โดยจำแนกตามประเภทของชุดดินทางการเกษตรและค่ากำลังรับแรงแบกทานปลอดภัยฐานรากแผ่ ซึ่งสามารถจำแนกได้ 5 ระดับ คือ (1)ชุดดินเชียงราย เท่ากับค่า 14.97 ตันต่อตารางเมตร (2)ชุดดินอุบล เท่ากับค่า 12.18 ตันต่อตารางเมตร (3) ชุดดินหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด ชุดดินราชบุรี และชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินเชียงราย/ ดินชุดพาน เท่ากับค่า 11.64 ตันต่อตารางเมตร (4)ชุดดินหางดงและชุดดินสันทราย เท่ากับค่า 9.52 ตันต่อตารางเมตร (5)ชุดดินท่าม่วง เท่ากับค่า 8.19 ตันต่อตารางเมตร

รูปที่ 4.30 การแบ่งโซนพื้นที่แสดงค่าความยาวเสาเข็ม หน่วยเป็นเมตร ในพื้นที่อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน โดยจำแนกตามประเภทของชุดดินทางการเกษตรและค่าความยาวเสาเข็มโดยเฉลี่ย ซึ่งสามารถจำแนกได้ 4 ระดับ คือ (1)ชุดหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด และชุดดินเชียงราย เท่ากับ ค่าความยาว 9 เมตร (2)ชุดดินหางดง และชุดดินอุบล เท่ากับค่าความยาว 8 เมตร (3)ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินเชียงราย/ ดินชุดพาน เท่ากับค่าความยาว 7 เมตร (4)ชุดดินราชบุรี เท่ากับ ค่าความยาว 6 เมตร

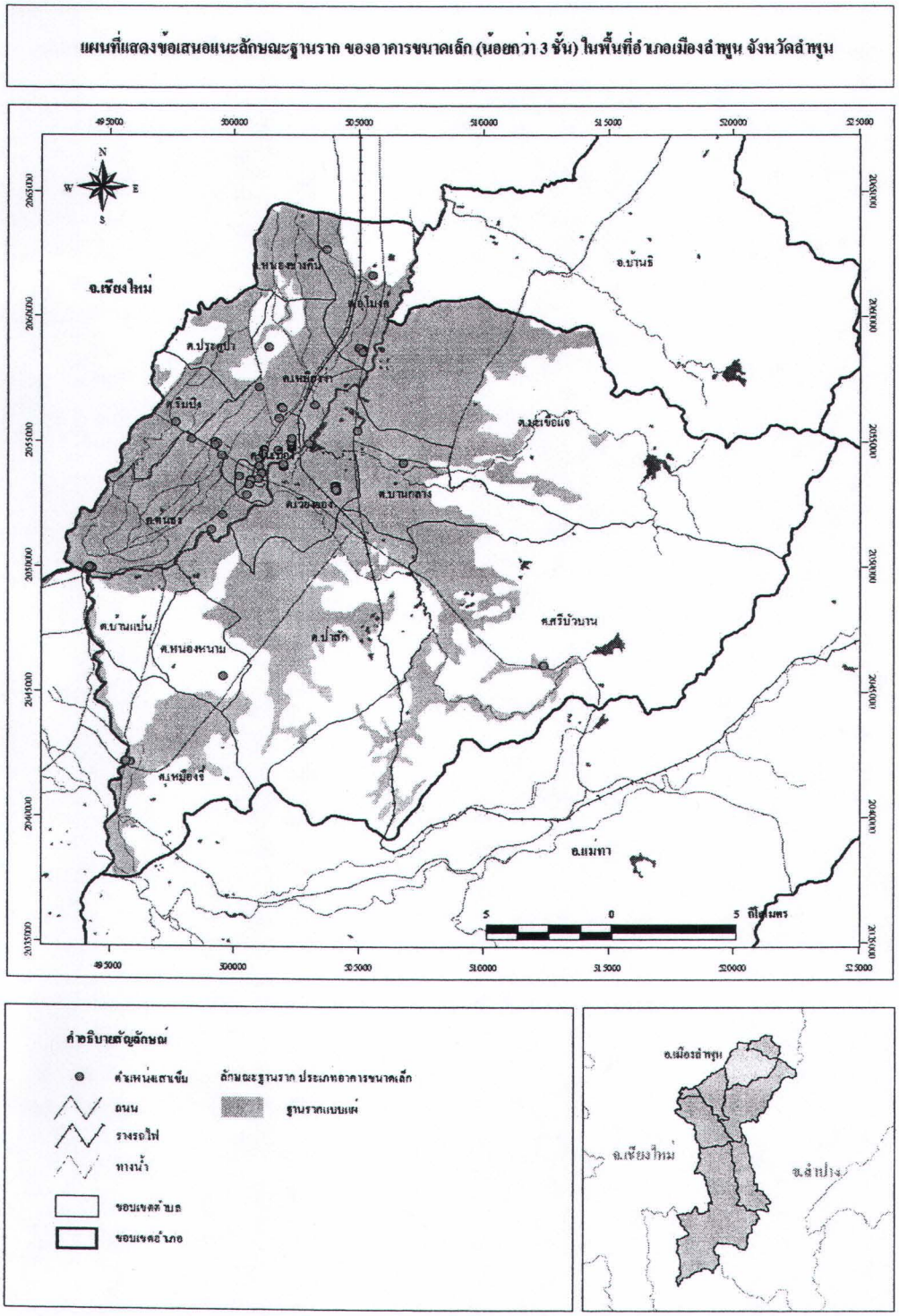
รูปที่ 4.31 โซนแสดงลักษณะฐานรากของอาคารขนาดเล็ก น้อยกว่า 3 ชั้น ในพื้นที่อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน โดยจำแนกตามประเภทของชุดดินทางการเกษตรและข้อเสนอแนะลักษณะฐานรากแผ่ของอาคารขนาดเล็ก ซึ่งสามารถจำแนกใช้ได้กับประเภทของชุดดินได้ 1 ประเภท คือ ชุดหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด ชุดดินราชบุรี ชุดดินหางดง ชุดดินเชียงราย ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินเชียงราย/ ดินชุดพาน ชุดดินอุบล ชุดดินท่าม่วง และชุดดินสันทราย



รูปที่ 4.29 โซนแสดงกำลังรับแรงแบกทานปลอดภัยฐานรากแผ่ (ตันต่อตารางเมตร)



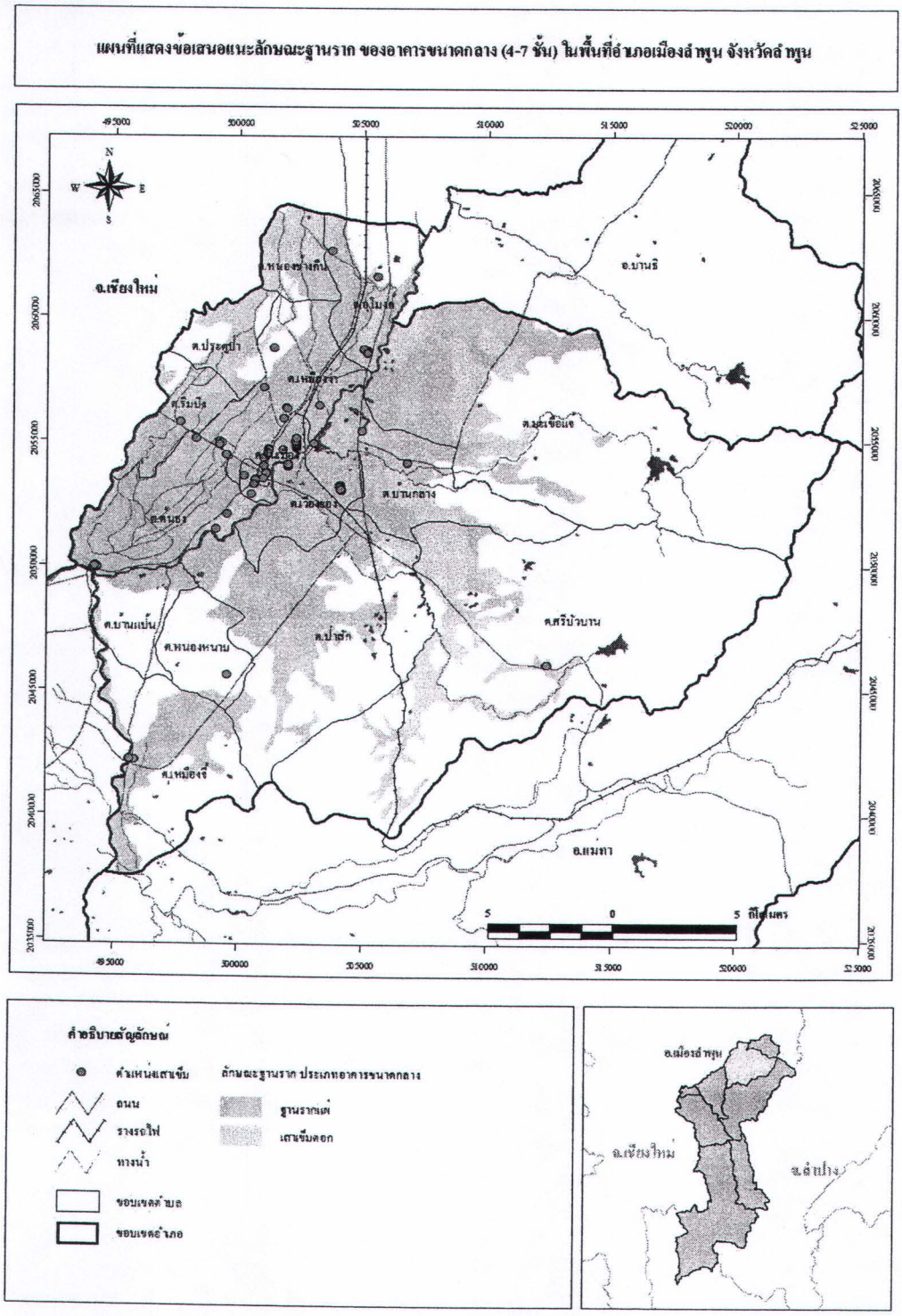
รูปที่ 4.30 การแบ่งโซนพื้นที่แสดงความยาวเสาเข็ม (เมตร)



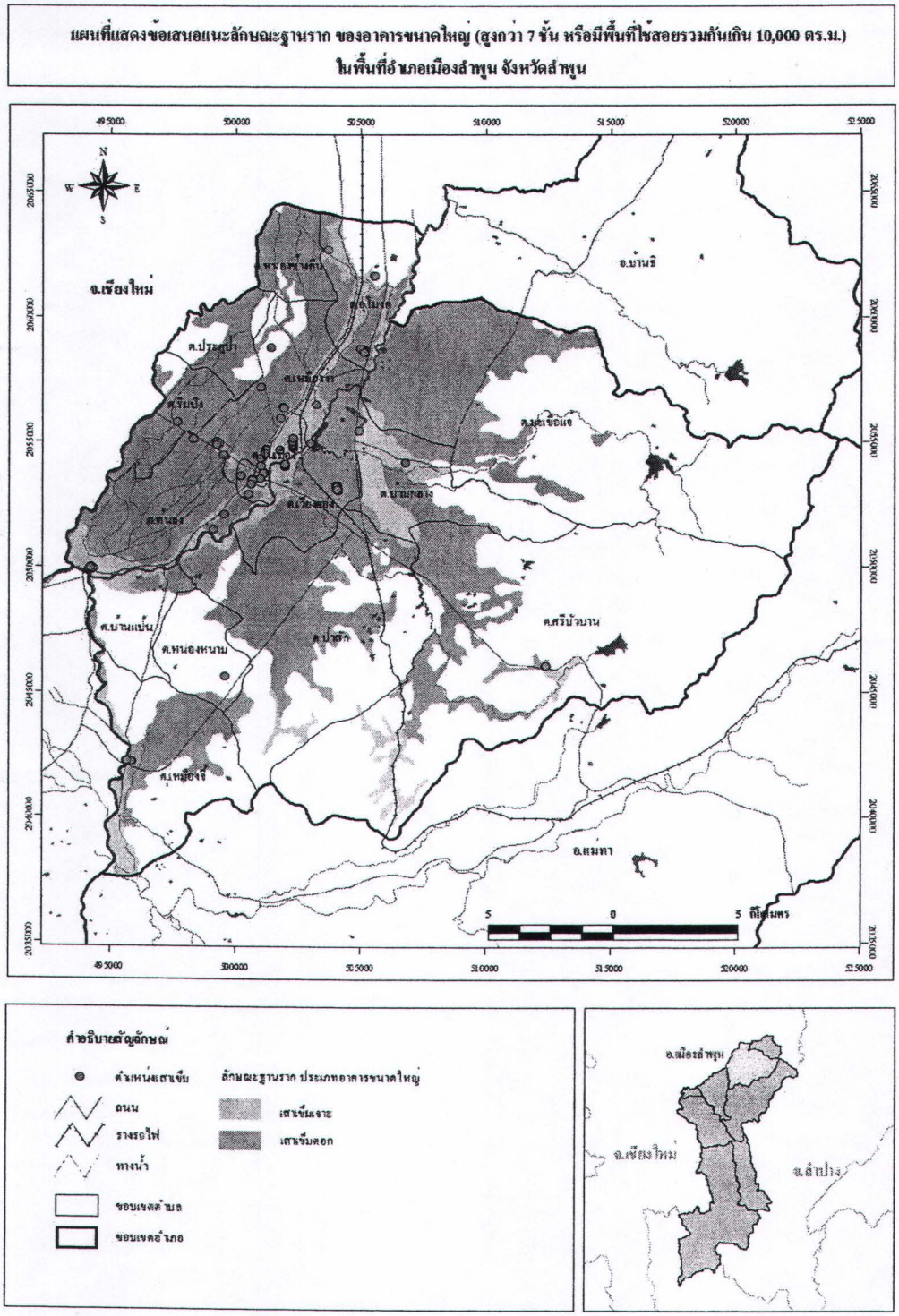
รูปที่ 4.31 โซนแสดงลักษณะฐานราก ของอาคารขนาดเล็ก (น้อยกว่า 3 ชั้น)

รูปที่ 4.32 โซนแสดงลักษณะฐานรากของอาคารขนาดกลาง ขนาด 4-7 ชั้น ในพื้นที่อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน โดยจำแนกตามประเภทของชุดดินทางการเกษตรและข้อเสนอแนะลักษณะฐานรากของอาคารขนาดกลาง ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ (1)ชุดหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด ชุดดินราชบุรี ชุดดินเชียงราย ชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินเชียงราย/ ดินชุดพาน และชุดดินอุบล เป็นลักษณะฐานรากแผ่ (2)ชุดดินหางดง ชุดดินท่าม่วง และชุดดินสันทราย เป็นลักษณะเสาเข็มตอก

รูปที่ 4.33 โซนแสดงลักษณะฐานรากของอาคารขนาดใหญ่ สูงกว่า 7 ชั้นหรือมีพื้นที่ใช้สอยร่วมกันมากเกิน 10,000 ตารางเมตร ในพื้นที่อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน โดยจำแนกตามประเภทของชุดดินทางการเกษตรและข้อเสนอแนะลักษณะฐานรากของอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ (1)ชุดหน่วยผสมของตะกอนหลายชนิด และชุดดินหน่วยสัมพันธ์ของดินเชียงราย/ ดินชุดพาน เป็นลักษณะเสาเข็มเจาะ (2)ชุดดินราชบุรี ชุดดินหางดง ชุดดินเชียงราย ชุดดินอุบล ชุดดินท่าม่วง และชุดดินสันทราย เป็นลักษณะเสาเข็มตอก



รูปที่ 4.32 โซนแสดงลักษณะฐานราก ของอาคารขนาดกลาง (4-7 ชั้น)



รูปที่ 4.33 โซนแสดงลักษณะฐานราก ของอาคารขนาดใหญ่ (สูงกว่า 7 ชั้น หรือมีพื้นที่ใช้สอยรวมกันเกิน 10,000 ตร.ม.)