

บทที่ 3

การศึกษาข้อมูลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกทุกเสาเข็มคอกในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่

3.1 บทนำ

ในการทำการศึกษาวิจัยส่วนนี้ได้ใช้ข้อมูลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกทุกเสาเข็มในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่ วิเคราะห์หาหน่วยแรงเสียดทานผิว หาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการประมาณหน่วยแรงเสียดทานผิว ทั้งวิธีที่มาจากหน่วยแรงรวม หน่วยแรงประสิทธิผลและหน่วยแรงรวมร่วมกับหน่วยแรงประสิทธิผลจากข้อมูลดินบริเวณที่ทดสอบเสาเข็ม

3.2 ข้อมูลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกทุกเสาเข็มคอกในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่

3.2.1 ลักษณะข้อมูลเสาเข็มทดสอบที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประเมินหาหน่วยแรงเสียดทานผิวของเสาเข็มคอกในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่ ส่วนที่หนึ่งได้ทำการศึกษาจากผลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกทุกเสาเข็มคอกซึ่งได้ทำการคัดเลือกจากผลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกทุกเสาเข็มที่มีอยู่จำนวน 50 ต้น ที่พื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกเฉพาะเสาเข็มทดสอบที่มีข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดินบริเวณนั้นพบว่าเป็นดินเหนียวแข็งตลอดและระดับปลายของเสาเข็มทดสอบต้องอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง ทำการคัดเลือกได้จำนวนทั้งสิ้น 9 ต้น ตามโครงการก่อสร้างต่างๆ ดังนี้ โครงการก่อสร้างศูนย์การค้ากาดสวนแก้ว โครงการก่อสร้างอาคารท่าอากาศยาน โครงการก่อสร้าง SR LAND ตึก G4 โครงการก่อสร้าง SR LAND ตึก F5 โครงการก่อสร้างโรงแรมพรพิงค์ โครงการก่อสร้างอาคารสำนักงานใหญ่บริษัทนิคมพาณิชย์ โครงการก่อสร้างอาคารเทคโนโลยีการประมงมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โครงการก่อสร้างอาคารพลศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ และโครงการก่อสร้างฟลัดข้าวชากรรมมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตำแหน่งที่ตั้งของโครงการทั้ง 9 โครงการแสดงไว้ในตารางที่ ก.1 และรูปที่ ก.2 (ภาคผนวก ก) ซึ่งเสาเข็มทดสอบทั้งหมดเป็นเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 0.25x0.25 ม. ถึง 0.40x0.40 ม. ความยาวตั้งแต่ 8-18 ม. และทำการทดสอบแบบ Slow Maintained Load Test รายละเอียดของเสาเข็มทดสอบในแต่ละโครงการได้จัดแสดงไว้ในตารางที่ ก.2

3.2.2 ข้อมูลดินในพื้นที่ที่ทำการทดสอบเสาเข็ม

คุณสมบัติทางวิศวกรรมและคุณสมบัติทางค้ำขึ้นของข้อมูลดินในพื้นที่ที่ทำการทดสอบเสาเข็มในแต่ละโครงการแสดงสรุปไว้ในตารางที่ ก.3 โดยหุ้มน้ำหนักที่ใช้จะต้องอยู่ใกล้กับ

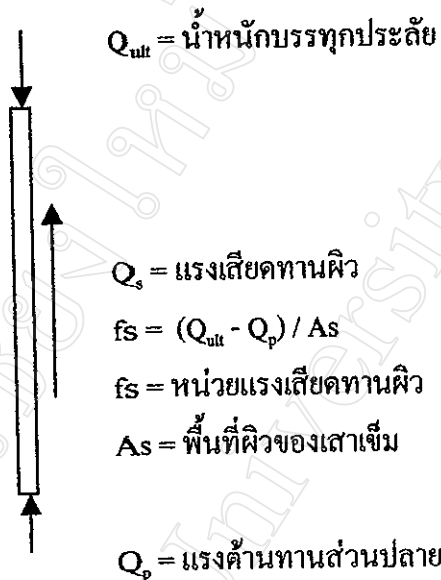
ตำแหน่งของเสาเข็มทดสอบ ถ้ากรณีตำแหน่งของเสาเข็มทดสอบอยู่ระหว่างหลุมเจาะใด ข้อมูลดินที่ใช้จะเป็นการเฉลี่ย จากข้อมูลทั้งสองหลุม เช่น โครงการภาคสวนแก้ว โครงการ SR LAND ตึก G4 และตึก F5 เป็นต้น ซึ่งลักษณะชั้นดินในบริเวณที่มีการทดสอบน้ำหนักของเสาเข็มโดยสรุปทั้ง 9 โครงการ จัดเป็นดินเหนียวแข็ง (CL) ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำโดยเฉลี่ยระหว่าง 10.7-23.7 ตัน/ตร.ม. และมีค่าปริมาณน้ำในมวลดินตามธรรมชาติใกล้เคียงกับค่าพิคคูลาสติก

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มตอก

เสาเข็มทั้ง 9 ต้น ได้ทดสอบโดยวิธีสถิตย์แบบการรับน้ำหนักอย่างช้า (Static Method - Slow Maintain Load Test) ตามมาตรฐาน ASTM D1143-81 โดยที่ผลการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มจะครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ สำหรับการประเมินหาแรงรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็มตอกที่ทำการทดสอบแบบสถิตย์ ได้ใช้วิธีของ Modified Mazurkiewicz ซึ่งสามารถใช้หาค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาเข็มได้ดี และสามารถใช้กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับ ค่าการทรุดตัวที่ไม่ถึงน้ำหนักบรรทุกประลัย ซึ่งน้ำหนักบรรทุกประลัยสามารถหาได้โดยการต่อส่วนปลายของกราฟเป็นแนวเส้นตรงไปตัดบนแกนน้ำหนักบรรทุก (ขนาดลด สมบูรณ์, 2541) โดยมีข้อพิจารณาประกอบการต่อเส้นตรง 2 ประการ คือ ประการแรก จะพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ของน้ำหนักบรรทุกกับระยะทรุดตัวของเสาเข็มประกอบโดยค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยควรอยู่ในช่วงที่กราฟความสัมพันธ์มีความโค้งมากและประการที่สอง พิจารณาค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยที่ประมาณจากวิธีอื่นๆประกอบ เช่น Mazurkiewicz, Chin, Davison, Butler and Hoy, Fuller and Hoy เป็นต้น โดยเฉพาะวิธีของ Mazurkiewicz น้ำหนักบรรทุกประลัยที่ประมาณจากวิธี Modified Mazurkiewicz จะมีค่าไม่ต่างกันมากเนื่องจากใช้หลักการเดียวกัน สำหรับการแยกแรงต้านทานส่วนปลายของเสาเข็มตอกในชั้นดินเหนียวแข็งใช้ค่า N_u เท่ากับ 9 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่จะใช้แยกแรงต้านทานส่วนปลายของเสาเข็มตอกในชั้นดินเหนียวแข็ง (Tomlinson (1971), Sambhandharaksa (1988), Flaate and Selnes (1977)) โดยอาศัยงานวิจัยดังกล่าวประกอบการพิจารณา

สรุปขั้นตอนในการประเมินหาหน่วยแรงเสียดทานผิวของเสาเข็มตอกในชั้นดินเหนียวแข็งเชียงใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนในการประเมินหาค่าหน่วยแรงเสียดทานผิวของเสาเข็มตอกในชั้นดินเหนียวแข็งเชียงใหม่

3.3.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ข้อมูลดินกับหน่วยแรงเสียดทานผิว

ในการประเมินหาตัวแปรต่างๆจากข้อมูลดินที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางวิศวกรรมใช้วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weight Average) ได้แก่ กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำเฉลี่ย (Average Undrained Shear Strength, $S_{u(avg)}$) หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งเฉลี่ย (Average Effective Vertical Stress, $\sigma'_{v(avg)}$) โดยเฉลี่ยจากความหนาของชั้นดินเหนียว ตัวอย่างวิธีการคิดค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักแสดงไว้ในรูปที่ ก.3 และ รูปที่ ก.4 และการประเมินหาสัมประสิทธิ์การยึดเกาะสัมประสิทธิ์เบต้าและสัมประสิทธิ์แกมมา แสดงดังสมการที่ 3.1 สมการที่ 3.2 และสมการที่ 3.3 ตามลำดับ

$$\alpha = \frac{f_s}{S_{u(avg)}} \quad (3.1)$$

โดยสมการที่ 3.1 มีสมมุติฐานว่าดินเหนียวแข็งนั้นมีอัตราการซึมน้ำค่อนข้างช้ามาก การวิบัติของดินส่วนใหญ่จึงเกิดในลักษณะของการไม่ระบายน้ำ (Undrained Condition) มุมเสียดทาน (ϕ) ของดินเหนียวจึงมีค่าน้อยมากและในการวิเคราะห์จะประมาณให้เท่ากับศูนย์

$$\beta = \frac{f_s}{\sigma_v'(\text{avg})} \quad (3.2)$$

โดยสมการที่ 3.2 มีสมมุติฐานว่าในระหว่างการติดตั้งเสาเข็ม สภาพของดินรอบเสาเข็มเป็นสภาพถูกกระทบกระเทือน (Remould State) ซึ่งเป็นสภาพของดินที่มีค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างดิน เท่ากับ ศูนย์

$$\lambda = \frac{f_s}{[\sigma_v'(\text{avg}) + 2s_u(\text{avg})]} \quad (3.3)$$

โดยสมการที่ 3.3 มีสมมุติฐานว่าการแทนที่ของเสาเข็มในดินทำให้เกิดแรงดันดินในสถานะที่ดินถูกผลัก (Passive Lateral Pressure) ที่ดินรอบๆเสาเข็ม

ในการเปรียบเทียบหน่วยแรงเสียดทานผิวที่ได้จากผลการทดสอบน้ำหนักรบรรทุกของเสาเข็ม โดยวิธีหน่วยแรงรวม จะเปรียบเทียบกับวิธีของ Bowles (1997), Peck (1958), McCarthy (1977), Tomlinson (1994) ผลการเปรียบเทียบอธิบายโดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไปและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะ (Adhesion Factor) กับ ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) จากข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ข้างต้น นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ ดังงานวิจัยของ Bowles (1997), Peck (1958), McCarthy (1977), Tomlinson (1971) สำหรับวิธีหน่วยแรงประสิทธิผลไม่ได้ทำการเปรียบเทียบหน่วยแรงเสียดทานผิวที่วัดได้ กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากขาดตัวแปรที่จะใช้ในสมการ เช่น ค่ามุมเสียดทานประสิทธิผล ค่า OCR เป็นต้น ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์เบต้า เฉลี่ยตามงานวิจัยของ Burland (1973) และ Balasubramaniam (1981) สำหรับดินเหนียวใหม่ ส่วนในวิธีหน่วยแรงรวมร่วมกับหน่วยแรงประสิทธิผลศึกษาเทียบกับงานวิจัยของ Vijakverjiya and Focht (1972)

3.3.3 การวิเคราะห์ผลการศึกษาเชิงสถิติ

ในการวิเคราะห์เชิงสถิตินั้น ได้ตั้งสมการทางคณิตศาสตร์ขึ้นเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงเสียดทานผิวของเสาเข็มจากการทำการทดสอบน้ำหนักรบรรทุก กับแรงเสียดทานผิวจากการคำนวณโดยใช้สูตรต่างๆ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูล จากแบบ

จำลองที่กำหนดขึ้นมาโดยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) โดยอาศัยโปรแกรม SPSS 7.5

สมการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาพิจารณาในที่นี้คือรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านจุดกำเนิด $y = ax$ และรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีระยะตัดแกน $y = ax+b$ โดยทั้งนี้ค่า a และ b เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ของตัวแปร จะแสดงชุดทั้งหมดของจุด ของค่าเฉลี่ยของแรงเสียดทานผิว จากข้อมูลการทดสอบเสาคีม (ค่า y) กับ ค่าแรงเสียดทานผิวที่ประเมินได้จากสมการ หรือ สูตรต่างๆ (ค่า x) ได้แก่ Bowles (1997), Peck (1958), McCarthy (1977), Tomlinson (1994), Meyerhof (1976), Flaate and Selnes (1977), Vijakverjiya and Focht (1972) เป็นต้น ซึ่งจะเป็นค่าที่บอกแนวโน้มของการประมาณของสมการหรือสูตรต่างๆ แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และความคลาดเคลื่อน เป็นต้น