สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการออกแบบฐานรากลึกนั้น เมื่อวิศวกรผู้ออกแบบได้กำหนดขนาดและความยาวเบื้องต้นของเสาเข็มที่จะใช้มาในรูปแบบและรายการแล้ว ในขั้นตอนก่อสร้างจะต้องมีการตรวจสอบอีกว่าขนาดและความยาวของเสาเข็มที่กำหนดมานั้น สามารถรับน้ำหนักได้ตามที่คำนวณไว้หรือไม่ ในโครงการซึ่งไม่ใหญ่เกินไปนัก มักจะใช้สูตรการตอกเสาเข็มต่าง ๆ เช่น สูตรของ Hiley, สูตรของ Engineering News ฯลฯ เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจในระหว่างการตอกเสาเข็มนั้น และเมื่อตอกเสาเข็มเสร็จแล้วก็จะทำการทดสอบเสาเข็มด้วยน้ำหนักเต็มหน่วย (Pile Load Test) อีกครั้งหนึ่ง บางกรณีอาจจะตอกเสาเข็มตามขนาดและความยาวเท่าที่ระบุมาในรูปแบบและรายการก่อน 1 ต้น แล้วทำการทดสอบเสาเข็มต้นนั้นด้วยน้ำหนักเต็มหน่วย เมื่อได้ผลออกมาจึงจะพิจารณาว่าจะเปลี่ยนแปลงหรือคงขนาดและความยาวเสาเข็มของโครงการอย่างไร

อย่างไรก็ตาม เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าความถูกต้องแน่นอน, แม่นยำ ของสูตรการตอกเสาเข็มต่างๆ ที่ใช้กันอยู่ในเวลานี้นั้นอยู่ในเกณฑ์ไม่น่าพอใจนัก และการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยน้ำหนักเต็มหน่วยนั้น ก็เสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงและยังเสียเวลา ฉะนั้นหากมีวิธีการอื่นใดที่ให้ผลออกมาได้ความถูกต้องแม่นยำเป็นที่น่าพอใจและไม่เสียค่าใช้จ่ายมากนักก็จะเป็นประโยชน์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อต้องการเสนอวิธีการคาดคะเนการรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยสมการของคลื่น

2.2 เพื่อต้องการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคาดคะเนการรับน้ำหนักของเสาเข็ม โดยสมการของคลื่นกับผลที่ได้จากการคำนวณโดยสูตรสแตติค (Static Formula) และผลจากการทดสอบเสาเข็ม (Pile Load Test)

1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย

ในการวิจัยจะศึกษาเฉพาะเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง ซึ่งมีลักษณะหน้าตัด

- รูป I และ DH
- รูปกลมกลวง (ROUND, R)
- รูปสี่เหลี่ยมตัน (SOLID SQUARE, SS)
- รูปสี่เหลี่ยมกลวง (HOLLOW SQUARE, HS)

การติดตั้งเสาเข็ม (INSTALLATION) ใช้วิธีตอก ซึ่งอาจจะตอกโดย DROP HAMMER หรือ DIESEL HAMMER บริเวณที่ตอกเสาเข็มนั้นเป็นดินกรุงเทพ

1.4 วิธีการทำวิจัย

วิธีการทำวิจัย ได้ทำเป็นขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลได้เก็บจากโครงการต่าง ๆ ที่กำลังก่อสร้างอยู่หรือได้ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วโดยเก็บจากหน่วยงานของรัฐ บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาหรือจากเจ้าของโครงการ โดยข้อมูลในแต่ละโครงการนั้นจะต้องมีข้อมูลเหล่านี้ครบถ้วนขาดข้อมูลใดข้อมูลหนึ่งมิได้ ข้อมูลเหล่านี้ได้แก่

1) ข้อมูลสภาพและคุณสมบัติทางด้านการรับน้ำหนักของดิน (SUBSURFACE INVESTIGATION FOR FOUNDATION DESIGN)
2) ข้อมูลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม (PILE LOAD TEST) โดยการทดสอบนี้จะต้องทดสอบจนเกิดการวิบัติของมวลดิน
3) ข้อมูลการตอกเสาเข็ม (PILE DRIVING RECORD) และข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ตอกเสาเข็มนั้น

สำหรับข้อมูลที่ได้เก็บมามีดังนี้

1) เสาเข็มหน้าตัดรูป I และ DH จำนวน 8 ข้อมูล ตอกโดย DROP HAMMER ทั้งหมด
2) เสาเข็มหน้าตัดรูปกลมกลวง
   จำนวน 1 ข้อมูล ตอกโดย DROP HAMMER
   จำนวน 13 ข้อมูล ตอกโดย DIESEL HAMMER

3) เสาเข็มหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมตัน

จำนวน 9 ข้อมูล ตอกโดย DROP HAMMER

จำนวน 1 ข้อมูล ตอกโดย DIESEL HAMMER

4) เสาเข็มหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมกลวง

จำนวน 7 ข้อมูล ตอกโดย DROP HAMMER

จำนวน 8 ข้อมูล ตอกโดย DIESEL HAMMER

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณผล

จากข้อมูลสภาพและคุณสมบัติทางด้านการรับน้ำหนักของดินและจากข้อมูลการตอกเสาเข็ม นำมาคำนวณหาความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยสูตรสแตติค (STATIC FORMULA) โดยหากเสาเข็มฝังอยู่ในดิน COHESIVE ก็จะใช้การวิเคราะห์แบบ TOTAL STRESS และใช้การวิเคราะห์แบบ EFFECTIVE STRESS ในกรณีที่เสาเข็มฝังใน COHESIONLESS SOIL

จากข้อมูลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม สามารถหาน้ำหนักสูงสุดที่เสาเข็มสามารถรับได้ โดยพิจารณาน้ำหนักทดสอบสูงสุดที่ทำให้เกิดการทรุดตัวอย่างต่อเนื่องไม่หยุด จากข้อมูลการตอกเสาเข็ม และข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ตอกเสาเข็มนำมาเป็นข้อมูลหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยสมการของคลื่น โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้นำมาจาก TEXAS TRANSPORTATION INSTITUTE, TEXAS A & M UNIVERSITY.

ในการหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยสมการของคลื่น ได้คำนวณและทดลองแปรเปลี่ยนข้อมูลเพื่อศึกษาถึงผลของตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

ครั้งที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเป็นข้อมูลตามสภาพจริงทั้งหมด ข้อมูลหลัก ๆ เหล่านี้ได้แก่

- เปอร์เซ็นต์ของการรับน้ำหนักที่ปลายเสาเข็ม (END BEARING) และเปอร์เซ็นต์ของแรงเสียดทางด้านข้าง (FRICTION) เสาเข็มของแต่ละชั้นดินเทียบกับน้ำหนักที่เสาเข็มรับได้ทั้งหมด ค่าเปอร์เซ็นต์เหล่านี้ ได้นำมาจากที่คำนวณได้โดยสูตรสแตติค
- ค่าคงที่สปริงของหมอนหมวกครอบหัวเข็ม (CAP BLOCK) และหมอนรองหัวเสาเข็ม (CUSHION) ค่าเหล่านี้คำนวณมาจากความหนาของ

หมอนที่ใช้จริงและวิธีการทำงานของผู้รับเหมาช่วงงานตอกเสาเข็ม

- ระยะยุบตัวสูงสุดในช่วงอีลาสติคของดิน (QUAKE OR MAXIMUM ELASTIC GROUND DEFORMATION) ค่าที่ใช้โดยทั่วไปเท่ากับ 0.254 เซนติเมตร (0.1 นิ้ว)
- ค่าคงที่หน่วง (DAMPING CONSTANT) ที่ปลายและด้านข้างเสาเข็มใช้ค่าที่แนะนำโดย TAXAS TRANSPORTATION INSTITUTE BY COYLE, H.M., BARTOSKEWITZ, R.E., และ BERGER, W.J.

ซึ่งค่าน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่คำนวณได้โดยใช้ข้อมูลดังครั้งที่ 1 นี้จะเรียกว่า "MAIN CASE" และเสาเข็มในกรณีนี้จะเรียกว่า "MAIN"

ครั้งที่ 2 เริ่มทดลองเปลี่ยนแปลงข้อมูล โดยในครั้งที่ 2 นี้ได้เปลี่ยนแปลงเฉพาะลักษณะของแรงเสียดทานด้านข้างที่กระทำต่อเสาเข็ม โดยเมื่อหักแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มซึ่งยังคงใช้ค่าตามสภาพจริงแล้ว แรงเสียดทานด้านข้างที่เหลืออยู่ กำหนดให้เฉลี่ยกระทำต่อเสาเข็มเท่าๆ กันตลอดเสาเข็มส่วนที่ฝังในดิน

ครั้งที่ 3 เปลี่ยนแปลงข้อมูลเฉพาะลักษณะของแรงเสียดทานด้านข้างที่กระทำต่อเสาเข็มอีกเช่นกัน โดยเมื่อหักแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มซึ่งยังคงใช้ค่าตามสภาพจริงเช่นครั้งที่ 2 แรงเสียดทานด้านข้างที่เหลืออยู่กำหนดให้กระทำต่อเสาเข็มเป็นรูปสามเหลี่ยมโดยมีฐานอยู่ที่ปลายเสาเข็ม ยอดของสามเหลี่ยมอยู่ที่ส่วนบน ซึ่งหมายความว่าแรงเสียดทานของดินที่กระทำต่อเสาเข็มมีค่าขึ้นอยู่กับความลึกของชั้นดิน

ครั้งที่ 4 เริ่มเปลี่ยนแปลงข้อมูลทั้งลักษณะของแรงเสียดทานด้านข้างที่กระทำต่อเสาเข็มและเปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม โดยลักษณะของแรงเสียดทานด้านข้างที่กระทำต่อเสาเข็มกำหนดให้กระทำเฉลี่ยเท่า ๆ กันตลอดความยาวของเสาเข็มส่วนที่ฝังในดิน ส่วนแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มกำหนดให้มีค่าเปอร์เซ็นต์เปลี่ยนไป มิได้ให้ตามสภาพจริงดังครั้งต้น ๆ โดยได้กำหนดดังนี้

ครั้งที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม = 0%

ครั้งที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม =25%

ครั้งที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม =50%

โดยหากเปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มที่กำหนดไว้นี้ เปอร์เซ็นต์ใดตรงหรือใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มตามสภาพจริง ก็จะละเว้นไม่คำนวณเฉพาะเสาเข็มนั้น ๆ

ครั้งที่ 5 เปลี่ยนแปลงข้อมูลทั้งลักษณะของแรงเสียดทานด้านข้างที่กระทำต่อเสาเข็ม และเปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม โดยลักษณะของแรงเสียดทานด้านข้างที่กระทำต่อเสาเข็มกำหนดให้กระทำเป็นรูปสามเหลี่ยมมีฐานอยู่ที่ปลายเสาเข็มส่วนแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มกำหนดให้มีเปอร์เซ็นต์ ดังเช่นการคำนวณครั้งที่ 4 โดยได้กำหนดดังนี้

ครั้งที่ 5.1 เปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม = 0%

ครั้งที่ 5.2 เปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม =25%

ครั้งที่ 5.3 เปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม =50%

โดยหากเปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มที่กำหนดไว้นี้ เปอร์เซ็นต์ใดตรงหรือใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มตามสภาพจริง ก็จะละเว้นไม่คำนวณเฉพาะเสาเข็มนั้น ๆ เช่นกัน

ครั้งที่ 6 เปลี่ยนแปลงข้อมูลเฉพาะค่าคงที่สปริง (SPRING CONSTANT) ของหมอนรองต่าง ๆ โดยทดลองลดค่าคงที่สปริงของหมอนหมวกครอบหัวเข็ม (CAP BLOCK) และ หมอนรองหัวเสาเข็ม (CUSHION) ลงเหลือครึ่งหนึ่งของสภาพที่ใช้จริง ส่วนข้อมูลอื่น ๆ ใช้ตามสภาพจริง

ครั้งที่ 7 เปลี่ยนแปลงข้อมูลเฉพาะค่าคงที่สปริงของหมอนรองต่าง ๆ โดยทดลองเพิ่มค่าคงที่สปริงของหมอนหมวกครอบหัวเข็ม รองหัวเสาเข็มเป็นหนึ่งเท่าครึ่งของสภาพที่ใช้จริง ส่วนข้อมูลอื่น ๆ ใช้ตามสภาพจริง

ครั้งที่ 8 เปลี่ยนแปลงข้อมูลเฉพาะค่าคงที่หน่วง (DAMPING CONSTANT) ทั้งที่ปลายและด้านข้างของเสาเข็ม โดยทดลองใช้ค่าที่แนะนำโดย LOWERY ET AL ส่วนข้อมูลอื่นๆ ใช้ตามสภาพจริง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 9 เปลี่ยนแปลงข้อมูลเฉพาะค่าคงที่หน่วง ทั้งที่ปลายและด้านข้างของเสาเข็ม โดยทดลองใช้ค่าที่แนะนำโดย SMITH (1962) ส่วนข้อมูลอื่น ๆ ใช้ตามสภาพจริง

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ผล

น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากสมการของคลื่นข้างต้น เป็นน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มขณะตอก ฉะนั้นจะแปลงค่าน้ำหนักดังกล่าวให้เป็น น้ำหนักบรรทุกในสภาพสแตติคโดยใช้ค่า SOIL SET UP FACTOR แล้วนำค่าน้ำหนักบรรทุกที่แปลงแล้วนี้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากสูตรสแตติค (STATIC FORMULA) และจากการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม (PILE LOAD TEST) โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงสถิติ

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

จะทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ที่จะนำวิธีการคาดคะเนการรับน้ำหนักของเสาเข็ม โดยสมการของ คลื่นไปปฏิบัติจริงในสนามทั่วไป และหากผลที่ออกมาเป็นที่น่าพอใจจะทำให้ประหยัดเวลาและเศรษฐกิจระหว่างการก่อสร้าง