บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 บทนำ

ในการดำเนินโครงการเรื่อง เสถียรภาพของอาคารเรียนคณะศึกษาศาสตร์ เนื่องจากดินถูกน้ำกัดเซาะนั้น จำเป็นต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับตัวอาคาร ได้แก่ น้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ ที่อยู่ในตัวอาคารซึ่งจะส่งผลต่อการรับแรงของฐานราก โดยอาศัยวิธีการคำนวณหาน้ำหนักโดยพื้นที่รอบเสา การสำรวจสภาพทางกายภาพของแหล่งน้ำที่กัดเซาะเข้าสู่ฐานรากของตัวอาคาร โดยใช้วิธีการสำรวจ สภาพพื้นที่จริง ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ฐานราก เพื่อทราบถึงภาระที่ฐานรากนั้นรับไว้เพื่อใช้ในการบ่งบอกว่า อาคารเรียนนี้มีเสถียรภาพมากน้อยเพียงใด

นิยามและคำจำกัดความ

1. องค์อาคาร (Members) หมายถึง ส่วนหนึ่งๆ ของโครงสร้างที่ใช้ต้านทนแรงต่างๆ เช่น เสา คาน แผ่นพื้น เป็นต้น

2. คอนกรีต (Concrete) หมายถึง ส่วนผสมของ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ มวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบ และน้ำ อนึ่ง ว.ส.ท. 1201 – วิธีกำลัง นิยามว่า คอนกรีต หมายถึง ส่วนผสมของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ หรือปูนซีเมนต์ไฮดรอลิคอื่น ๆ กับมวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบ และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารผสมเพิ่ม

3. เสา (column) หมายถึง องค์อาคารรับแรงอัดอยู่ในแนวตั้ง และมีความยาวเกิน 3 เท่าของด้านแคบสุด อนึ่ง ว.ส.ท. 1201 – วิธีกำลัง นิยามว่า เสาหมายถึง องค์อาคารที่มีอัตราส่วนความสูงต่อมิติด้านข้างที่สั้นที่สุดไม่น้อยกว่า 3 ใช้รับแรงอัดตามแกนเป็นหลัก

4. น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load, DL) หมายถึง น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่รองรับโดยองค์อาคาร โดยบทบัญญัติเกี่ยวกับอาคารโดยทั่วไป (ที่ยังไม่ได้คูณด้วยตัวคูณน้ำหนักบรรทุก)

5. น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load, LL) หมายถึง น้ำหนักบรรทุกจรตามที่กำหนดไว้ในบทบัญญัติเกี่ยวกับอาคารโดยทั่วไป และไม่ได้คูณด้วยตัวคูณ น้ำหนักบรรทุก

6. แท่นตอม่อ (Pedestal) หมายถึง องค์อาคารรับแรงอัดตั้งตรง มีอัตราส่วนของส่วนสูงที่ปราศจากการรองรับต่อมิติด้านข้างที่สั้นที่สุดเฉลี่ยแล้วมีค่าน้อยกว่า 3

7. ฐานราก ฐานรากเป็นองค์อาคารที่รองรับน้ำหนักองค์อาคารอื่น ๆ แรง ต่าง ๆ และน้ำหนักของฐานรากเอง เพื่อถ่ายเทไปยังเสาเข็ม พื้นดิน หรือหินที่รองรับ ฐานรากจึงแบ่งเป็น 2 จำพวกใหญ่ คือ ฐานรากตื้น (Shallow Foundation) และฐานรากลึก (Deep foundation) ฐานรากตื้นอาจหมายถึง ฐานรากแผ่ (Spread footing) หรือฐานรากที่ใช้เสาเข็มสั้น ซึ่งหมายถึง เสาเข็มที่เกิดกำลังต้านทานโดยแรงเสียดทานระหว่างผิวเสาเข็มกับดิน ในขณะที่ฐานรากลึกหมายถึง ฐานรากวางบนเสาเข็มเพียงอย่างเดียว และเสาเข็มเกิดกำลังต้านทานโดยแรงเสียดทานหรือแรงแบกทาน ซึ่งเกิดที่พื้นที่หน้าตัดของปลายเสาเข็มวางหรือกดทับบนชั้นดิน หรือ หินที่รองรับเสาเข็มนั้น การออกแบบฐานรากจึงประกอบด้วยงาน 2 ส่วน คือ การหาขนาดและจำนวนของเสาเข็ม ซึ่งรวมถึงการจัดเรียงเสาเข็ม ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

8. กำแพง หรือผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งอาจเป็นองค์อาคารที่ต้านทานแรงอัดตามแกน (Axial compression) หรือแรงดันทางด้านข้าง (Lateral pressure) หากกล่าวโดยทั่วไป กำแพงหรือผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นองค์อาคารที่มีพฤติกรรมก้ำกึ่งผสมผสานกันระหว่างแผ่นพื้น คาน หรือเสา คือ มักจะรับแรงดันหรือน้ำหนักแบบแผ่กระจาย แรงตามแกน แรงเฉือน หรือโมเมนต์ดัด กำแพง หรือผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่พบเห็นทั่ว ๆ ไป ได้แก่ กำแพงกันดิน (Retaining earth structure) ถังเก็บน้ำ (Water storage tank) หรือบ่อบำบัดน้ำเสีย (Waste water treatment plant)

2.2 การถ่ายน้ำหนักบรรทุกสู่ฐานราก

ในงานก่อสร้าง ก่อนที่จะเทคอนกรีตฐานราก จะต้องจัดเรียงเหล็กยืนของเสาหรือเหล็กเดือยที่จะใช้ต่อทาบกับเหล็กยืนของเสาไว้ ณ ตำแหน่งที่กำหนด จึงดูเสมือนว่าเหล็กยืนหรือเหล็กเดือยนั้นจะต้องวางอยู่บนแผงเหล็กเสริมล่างของฐานราก แท้จริงแล้วไม่จำเป็นต้องปฏิบัติเช่นนั้น เหล็กยืน หรือเหล็กเดือยต้องยื่นหรือฝังอยู่ในฐานรากเท่าที่เพียงพอสำหรับถ่ายหน่วยแรงจากตอม่อหรือ เสาลงไปยังฐานรากเท่านั้น (Mc Cormac 1975; ว.ส.ท. 2543) ว.ส.ท. 7306 กำหนดการถ่ายหน่วยแรงจากตอม่อหรือเสาลงสู่ฐานรากดังนี้

1. การถ่ายหน่วยแรงในเหล็กเสริมตามแกนของเสา หรือตอม่อ ไปยังฐานรากที่รองรับ อาจกระทำได้โดยใช้เหล็กเดือยหรือยื่นเหล็กเสริมตามแกนนั้นเข้าไปยังฐานราก

2. ในกรณีที่การถ่ายหน่วยแรงในเหล็กเสริมที่กระทำโดยการยื่นเหล็กเสริมตามแกน ต้องยื่นเหล็กเสริมนั้นเข้าไปในฐานรากที่รองรับให้มีระยะเพียงพอที่จะถ่ายแรงนี้ไปยังคอนกรีตโดยอาศัยแรงยึดหน่วง

3. ในกรณีที่ใช้เหล็กเดือย เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเดือยทั้งหมดต้องไม่น้อยกว่าเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมตามแกนในองค์อาคารที่เป็นตัวเทหน่วยแรง และไม่ว่ากรณีใด เหล็กเดือยต้องมีจำนวนไม่น้อยกว่า 4 เส้น และมีขนาดไม่ใหญ่กว่าขนาดเหล็กเสริมตามแกนของเสาเกิน 3 มิลลิเมตร

4. ต้องยื่นเหล็กเดือยเข้าไปในเสาหรือตอม่อ เป็นระยะทางไม่น้อยกว่าที่กำหนด สำหรับการต่อทางของเหล็กในแกนเสา และยื่นเลยลงไปในฐานรากให้มีระยะเพียงพอที่จะถ่ายแรงทั้งหมดที่เกิดในเหล็กเดือยไปยังคอนกรีตโดยอาศัยแรงยึดหน่วง

5. หน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ฐานของเสาหรือตอม่อ ให้ถือเสมือนว่าถูกถ่ายไปยังส่วนบนของฐานราก โดยแรงแบกทาน หน่วยแรงอัดในเนื้อที่ต้านทานน้ำหนักต้องไม่เกินหน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ตามสภาพของคอนกรีตฐานรากที่รองรับ โดยหาจากอัตราส่วนของเนื้อที่ที่ต้านทานน้ำหนักต่อเนื้อที่ของที่รองรับ

6. หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ ตาม ว.ส.ท 2543

"ว.ส.ท. 5304 กำหนดไว้ว่า ในกรณีที่ค่ากำลังคอนกรีตที่กำหนดไว้ในเสาเกินกว่าร้อยละ 40 ของกำลังคอนกรีตระบบพื้น ต้องจัดให้มีการถ่ายน้ำหนักไปยังคอนกรีตที่มีกำลังต่ำกว่า โดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

1. ให้เทคอนกรีตซึ่งมีกำลังเท่ากับคอนกรีตในเสาในส่วนของพื้นที่ต่อกับเสาโดยมีเนื้อที่ขยายเป็น 4 เท่าของเนื้อที่โคนเสาโดยหล่อให้เป็นเนื้อเดียวกันตามวิธีที่ระบุไว้ในข้อ 3304 (ข)

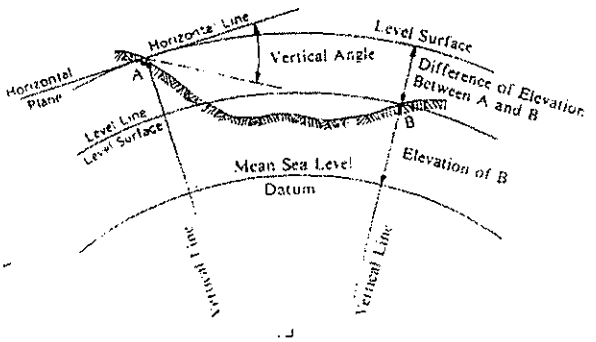
2. ในการคำนวณกำลังต้านของเสา ช่วงที่ผ่านระบบพื้น ต้องใช้กำลังคอนกรีตที่มีค่าต่ำกว่าและต้องใส่เหล็กเดือย และเหล็กเกลียวตามเกณฑ์กำหนด

3. ในการคำนวณกำลังต้านของเสาช่วงที่ผ่านพื้น ซึ่งมีแผ่นพื้นหรือคานขนาดลึกเท่ากันโดยประมาณยึดโคนเสาทั้งสี่ด้าน ให้ใช้กำลังคอนกรีตร้อยละ 75 ของกำลังคอนกรีตเสาบวกร้อยละ 35 ของกำลังคอนกรีตพื้น"

2.3 การสำรวจ

2.3.1นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้ในการระดับ

การระดับเป็นการหาความสัมพันธ์ของความสูงหรือหาค่าระดับ (Elevation) ของจุดต่าง ๆ หรือวัตถุใด ๆ บนพื้นโลก ซึ่งการหานั้นจะอยู่ในแนวระนาบดิ่ง (Vertical Plane)



รูปที่2.1 การทำระดับ

1. ค่าระดับ (Elevations) ค่าระดับของจุดที่อยู่ผิวโลก เป็นค่าที่นับในแนวดิ่งที่อยู่บนหรืออยู่ใต้พื้นระดับ หรือโค้งของพื้นระดับ ซึ่งทุกๆ จุดบนพื้นระดับจะตั้งได้ฉากกับแนวดิ่ง

2. พื้นระดับ (Level Surface) เป็นพื้นระดับที่โค้งขนานไปกับผิวทรงกลมของโลกอาจจะเป็นพื้นระดับจริงหรือระดับสมมติก็ได้ พื้นระดับใช้ในการอ้างอิงค่าระดับของจุดต่าง ๆ

3. พื้นหลักฐานการระดับ (Datum) หมายถึง พื้นระดับขั้นพื้นฐานที่ได้จากการสมมติ หรือได้จากการวัดระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level = MSL หรือ ร.ท.ก.) เป็นเวลาประมาณ 19 ปี ค่าระดับน้ำทะเลปานกลางถือว่ามีค่าระดับเท่ากับ 0

4. เส้นระดับ (Level Line) เป็นเส้นระดับที่อยู่ในพื้นระดับ จุดทุกจุดบนเส้นระดับจะมีค่าระดับเท่ากัน เส้นดิ่งจะเป็นเส้นปกติของเส้นระดับ

5. ระนาบราบ (Horizontal Plane) เป็นระนาบราบที่สัมผัสกับพื้นระดับ และจะตั้งได้ฉากกับทิศทางของแรงดึงดูดของโลก ซึ่งเราถือว่าเป็นแนวดิ่ง (Plumb Line)

6. แนวราบหรือเส้นราบ (Horizontal Line) เป็นเส้นใด ๆ ที่อยู่ในระนาบราบ และจะเป็นเส้นที่สัมผัสกับเส้นระดับ (level Line) เส้นนี้จะเป็นแนวตรง

7. แนวดิ่งหรือเส้นดิ่ง (Vertical Line) เป็นเส้นดิ่งที่จุดใด ๆ จะเป็นเส้นปกติของเส้นระดับ และจะตั้งได้ฉากกับแนวราบ เส้นดิ่งเป็นแนวทิศทางการดึงดูดของโลก เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Plumb Line คือแนวของลูกดิ่งนั่นเอง

8. ระนาบดิ่ง (Vertical Plane) เป็นระนาบที่บรรจุแนวดิ่งที่อยู่ในระนาบเดียวกัน

9. เส้นพื้นฐานการระดับ (Datum Line) เป็นแนวเส้นที่อยู่ในพื้นหลักฐานการระดับ (Datum Surface) ซึ่งจะใช้แทนเส้นระดับของน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level = MSL = ร.ท.ก.) เส้นนี้จะใช้เป็นเส้นอ้างอิงของระดับก่อสร้าง (Grade elevation)

10. มุมสูง (Vertical Angle) เป็นง่ามมุมที่เกิดขึ้น ระหว่างระนาบราบ และระนาบเอียงตัดกัน มุมสูงจะนำไปหาค่าระดับความสูงมุมสูงเพื่อคำนวณระดับจะมี 2 อย่าง คือ มุมเงย (Angle of elevation) และมุมก้ม (Angle of depression) ส่วนมุมสูงทางดาราศาสตร์ เรียกว่า Altitude

11. Back Sight (BS): ค่า Staff ที่ส่องได้ครั้งแรกหลังจากตั้งกล้องเสร็จ ส่วนมากจะตั้งบน BM หรือจุดที่ทราบค่าระดับแล้ว

12. Fore Sight (FS): ค่า Staff ที่ส่องได้ครั้งสุดท้ายจะย้ายกล้อง ส่วนมาก Staff ตั้งบนจุดที่มั่นคงที่ต้องการทราบค่าระดับ

13. Height of Instrument (HI): ค่าระดับของแนวแกนกล้อง

14. Difference in Elevation: ค่าต่างระดับระหว่างจุด 2 จุดได้จาก BS-FS หรือ $\sum BS - \sum FS$

15. Temporary BM (TBM): BM ที่สร้างขึ้นมาชั่วคราว กรณีที่ต้องการระดับไปใช้กับงานอื่นหรือเมื่องานสิ้นสุดลงแต่ละวัน

16. U (Upper) สายใยบน

17.M (Middle) สายใยกลาง

18. L (Lower) สายใยล่าง

2.3.2วิธีการทำระดับ (Leveling)

วิธีการทำระดับเป็นการหาค่าความสูงต่างของจุด (Difference in elevation) หรือเรียกสั้นๆ ว่า DIFF. ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีเกี่ยวกับการวัดหลายชนิด ซึ่งพอที่จะแบ่งออกเป็น กลุ่ม ๆ ได้ดังนี้

1. การทำระดับทางตรง (Direct leveling) วิธีนี้จะเป็นการหาค่าระดับที่ถูกต้องมากที่สุด (ขึ้นอยู่กับวิธีการและเครื่องมือ) เพราะได้ค่าออกมาโดยตรง

2. การทำระดับทางอ้อม (Indirect Leveling)

การทำระดับวิธีนี้จะใช้วิธีวัดมุมและวัดระยะแล้วนำค่ามาคำนวณตามวิธีวิชาตรีโกณมิติ เราเรียกว่าวิธีการทำระดับแบบตรีโกณ เครื่องมือสมัยใหม่สามารถคำนวณค่าออกมาอย่างอัตโนมัติ

3. การทำระดับโดยใช้หลักการของความกดดันของบรรยากาศ เรียกว่า Barometric Leveling โดยใช้เครื่องวัดความกดดันของบรรยากาศ (Altimeter) จะได้ค่าระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ค่าที่ได้จะไม่ละเอียดมากนัก เมื่อก่อนใช้วัดระดับความสูงของอากาศยาน

2.3.3 ชนิดของกล้องระดับ

1. Spirit level หมายถึง กล้องที่ใช้หลอดระดับฟองยาวเป็นตัวบังคับแกนราบของกล้อง กล้องชนิดนี้จะมีความละเอียดน้อยจนถึงละเอียดมาก

2. กล้องระดับอัตโนมัติ (Automatic level) เป็นกล้องที่ใช้ระบบ Compensator บังคับแกนกล้องให้อยู่ในแนวราบอย่างอัตโนมัติ จะมีตั้งแต่ละเอียดน้อยถึงละเอียดมาก เช่นเดียวกัน

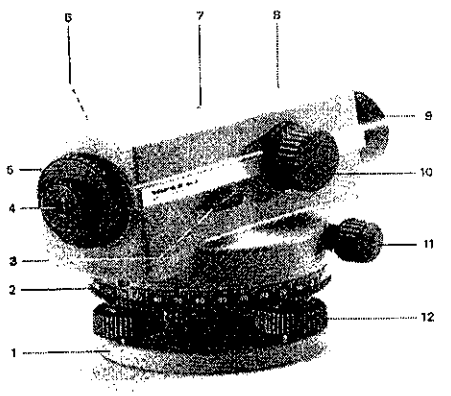
3. กล้องระดับเลเซอร์ (Laser level) เป็นกล้อง Laser โดยเฉพาะเพื่องานทำระดับ แต่ก็มีกล้องหลายยี่ห้อที่ใช้ Laser tube มาติดตั้งโดยการเปลี่ยน Eyepiece เป็น Laser Eyepiece

4. กล้องระดับเลเซอร์ชนิดหมุน (Rotating beam Lasers) เป็นกล้องเลเซอร์ที่ลำแสงจะหมุนรอบในทิศทางรอบตัว เพื่อหาระดับพื้นที่และกำหนดระดับก่อสร้าง

5. กล้องระดับอินฟราเรด (Electronic level) เป็นกล้องระดับที่ใช้กับเป้าพิเศษที่สามารถแสดงค่าที่ Staff ได้ จะมีชนิดธรรมดา และชนิดหมุนได้ เหมือนกล้องเลเซอร์

6. Digital Level เป็นกล้องระดับชนิดล่าสุด Staff จะเป็น Bar Code ค่า Staff ค่าระยะจะแสดงออกที่จอของกล้อง ระบบกล้องจะใช้อินฟราเรดรวมกับระบบอัตโนมัติ

กล้องระดับที่ใช้สำรวจในโครงงานนี้ คือ กล้องระดับอัตโนมัติ (Automatic level) รุ่น WILD NA28



รูปที่2.2 ส่วนประกอบของกล้องระดับ

2.3.4ส่วนประกอบต่างๆของกล้องระดับ มีดังนี้

1. ฐานกล้อง (Trivel stage หรือ Base Plate)

2.Circle ปรับมุมแนวราบ

3.Compensator control level

4.Eyepiece หรือ Ocular หมายถึง เลนซ์ตากล้อง ใช้ปรับสายใยให้ชัดเจนและขยายภาพให้ชัดเจน

5. Cover around eyepiece ปรับภาพให้ชัด

6. Circular bubble(hidden)

7. Point marking centre of instrument. ใช้ในการเล็งหาเป้าคร่าวๆ

8.Sighting notch แนวเล็ง

9. เลนซ์ปากกล้อง (Objective)

10. Focusing screw (ควงปรับความชัด หรือควงปรับภาพ)

11. ควงสัมผัสทางราบ หรือควงส่าย (Slow motion screw หรือ Drive screw หรือ Tangent screw) ใช้ปรับให้สายใยดิ่งให้ตัดตรงกลาง Staff

12.ควงปรับระดับหรือควงสามเส้า (Leveling foot screw) ใช้ในการปรับระดับฟองกลม ฟองยาว

2.3.5ลักษณะอันพึงประสงค์ของกล้องระดับ

1. แนวเล็งและแกนกล้องจะต้องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน
2. แกนกล้องต้องตั้งได้ฉากกับแกนดิ่ง
3. แกนกล้องต้องขนานกับแกนหลอดระดับ
4. แกนหลอดระดับจะต้องอยู่ในแนวราบ (Horizontal Line)
5. แกนราบต้องอยู่ในแนวราบ

2.3.6 ไม้วัดระดับ (STAFF)

Staff มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Rod บริษัทผู้ผลิตจะผลิตขึ้นตามลักษณะของงานต่าง ๆ และตามมาตรการวัดระยะ เช่น เป็นฟุตและเป็นเมตร แนวโน้มของกล้องส่วนใหญ่จะเป็นกล้อง

หัวตรง เนื่องจากได้มีการคิดระบบ Prism กลับภาพเป็นหัวตรงได้ เพราะถ้าใช้ Lens เป็นตัวกลับภาพจะได้ภาพเสมือน ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ซึ่งมีลักษณะทั่วไปดังนี้

ทำด้วยไม้หรืออลูมิเนียมยาวตั้งแต่ 1 ถึง 5 เมตร จะออกแบบมาให้ใช้ตามลักษณะของงานและความสะดวกในการเก็บรักษา ซึ่งจะแบ่งออกได้คือ

1. ไม้วัดระดับสำหรับงานสำรวจทำแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) จะใช้ไม้วัดระดับยาว 4 – 5 เมตร สำหรับเก็บจุดระดับ

2. ไม้วัดระดับ Tacheometric Staff ใช้กับกล้อง Tacheometer หรือกล้องวัดมุมทั่วไป เพื่อวัดโดยใช้ Stadia คือ หาระยะและความต่างระดับด้วยกล้อง ลักษณะพิเศษคือ ที่ขีด 1 เมตรจะทำเครื่องหมายพิเศษ เพื่อนำสายใยล่างไปตัดที่ขีด 1 เมตร ทำให้คำนวณค่าได้ง่ายขึ้น

3. Staff ต่อ (Sectional Staff) เป็น Staff อลูมิเนียมยาว 1 เมตร แล้วนำมาต่อกันตามความต้องการ

4. Staff ชนิด Slide เป็น Staff ชนิดเลื่อนเข้า – ออก เก็บได้ซ้อน ๆ กัน ทำให้สะดวกในการเก็บรักษา

5. ไม้วัดระดับชนิดติดเป้า (Target) ใช้สำหรับทำระดับข้ามน้ำ

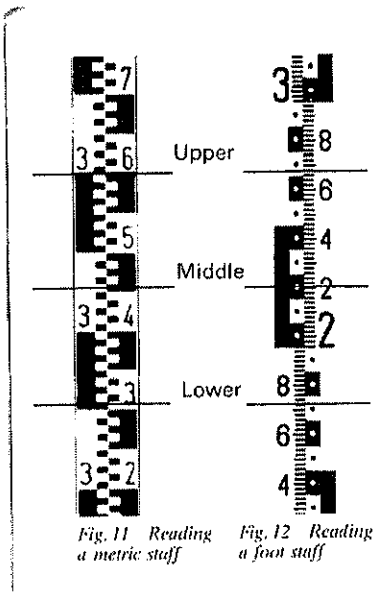


Fig. 11 Reading a metric staff *Fig. 12 Reading a foot staff*

รูปที่2.3 ไม้ Staff

การอ่านค่าไม้วัดระดับ Staff

การอ่านค่าจะเป็นการอ่านค่าจากล่างขึ้นบน

จากภาพค่าที่อ่านได้จากMiddle= 3.455 ที่มาของเลขแต่ละตัวมีดังนี้

3.4 คือ ค่าตัวเลขที่ระบุบนไม้ ด้านล่างของสายใยซึ่งอยู่ใกล้สายใยที่สุด หน่วยเป็นเมตร

5 คือ ค่าที่ได้จากการอ่านค่าขีดที่ 6 นับจากขีดที่1.0 เมตร หน่วยเป็นเซ็นติเมตร

5 คือ ค่าที่ได้จากการประมาณค่าด้วยสายตา มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

วิธีการอ่านหาระดับและการตรวจสอบความผิดพลาดจากกล้องระดับ

ใช้วิธี HI Method ในการคำนวณหาค่าระดับ

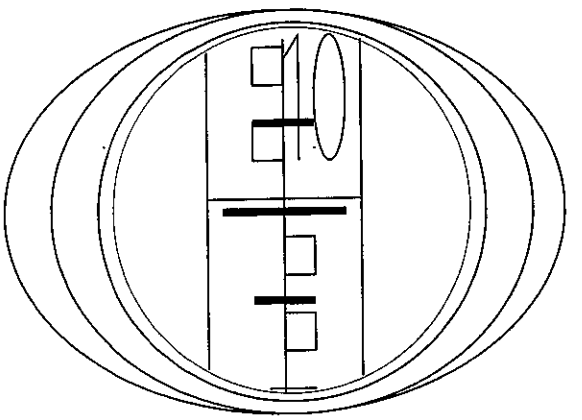
จากสูตร Elev. = HI- FS

ใช้การอ่านค่าทั้ง 3 สายใย ความผิดพลาด(Error) ค่าความต่างของผลต่างระหว่าง สายใยบนถึงสายใยกลางและสายใยกางถึงสายใยล่างได้ไม่เกิน 0.002 ซึ่งหาได้จากสูตร

จากสูตร $\left|(U-M)-(M-L)\right| \le 0.002$

ค่าจากไม้ระดับที่นำมาใช้ หาค่า Staff เฉลี่ย $= \dfrac{U+M+L}{3}$

ดังรูป



รูปที่2.4 การอ่านไม้Staff

ตัวอย่างการอ่านค่าไม้ Staff จากกล้องระดับวิธี 3 สายใย

สายใยบน Upper (U) = 1.020

สายใยกลาง Middle (M) = 0.996 เป็นต้น

สายใยล่าง Lower (L) = 0.972

ความผิดพลาด(Error) $|(1.020-0.996)-(0.996-0.972)| \leq 0.002$

$|(0.024-0.024)| \leq 0.002$

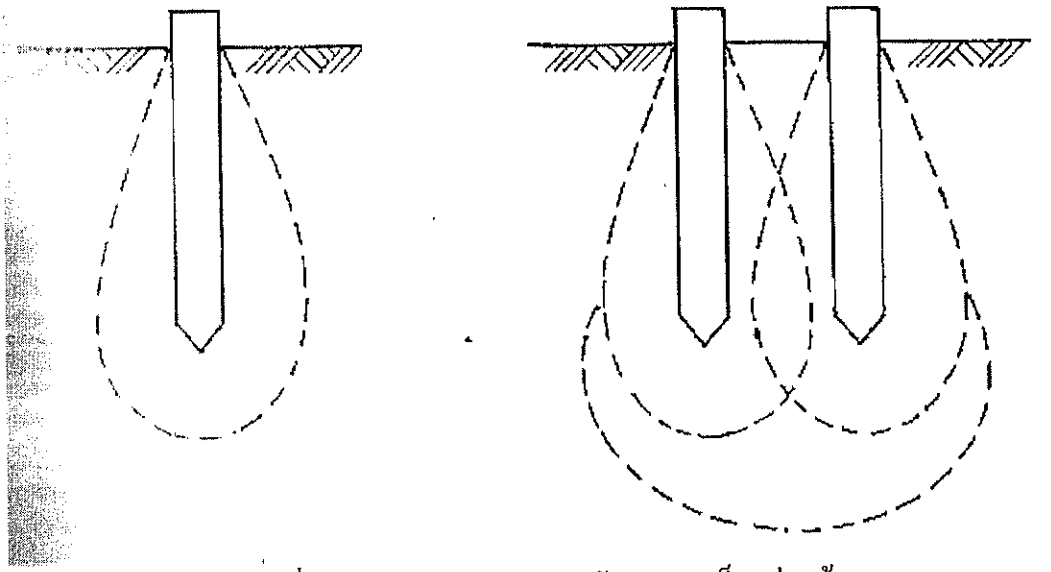
$0.000 \leq 0.002$ OK !!

หาค่า Staff เฉลี่ย = (1.020+0.996+0.972)/3 = 0.996 m

2.4 เสาเข็มฐานราก

2.3.1เสาเข็มกลุ่ม

กรณีที่ตอกเสาเข็มกลุ่ม และเสาเข็มแต่ละต้นอยู่ใกล้กัน กะเบาะแรงดันของเสาเข็มแต่ละต้นอาจจะซ้อนทับกันดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงการกระจายแรงดันของเสาเข็มแต่ละต้น

ดังนั้น ความสะดวกในการรับน้ำหนักสูงสุดของเสาเข็มกลุ่ม จะไม่เท่ากับผลบวกของความสามารถในการรับน้ำหนักสูงสุดของเสาเข็มแต่ละต้นรวมกัน

ค่าความสามารถในการรับน้ำหนัก หรือกำลังรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็มกลุ่ม (Ultimate Load – Bearing Capacity of Group Piles, $Q_{g(u)}$ จะเป็น

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u \qquad (3.19)$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพของเสาเข็มกลุ่ม (Efficiency of Group Piles)

$\sum Q_u$ = Q_u

$n_1 \times n_2$ = จำนวนของเสาเข็ม

Q_u = กำลังรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็มแต่ละต้น

Q_u = $Q_b + Q_f$

2.4.2กำลังรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็มกลุ่มในดินทราย หรือ Cohesionless Soils

จากการทสดอบดูพฤติกรรมของเสาเข็มกลุ่มในดินทราย พบว่า

- กรณีเป็นเสาเข็มตอก (Driven Piles) ที่มีระยะห่างระหว่างเสาเข็ม $\geqslant$ 3 เท่าของความกว้างหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม ค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็มกลุ่มจะเป็น

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u$$

โดยที่ $\eta = 1$

ดังนั้น $Q_{g(u)} = \sum Q_u$

และ $\sum Q_u = (n_1 \times n_2) Q_u$

$Q_u = Q_b + Q_f$

- กรณีเป็นเสาเข็มเจาะ (Bored Group Piles) ในดินทราย ซึ่งมีระยะห่างระหว่างเสาเข็มประมาณเท่ากับ 3 เท่าของความกว้างหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม ค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มกลุ่มจะเป็น

$$Q_{g(u)} = \eta \sum Q_u$$

โดยที่ η ประมาณ $\frac{2}{3}$ ถึง $\frac{3}{4}$

และ $\sum Q_u = (n_1 \times n_2) Q_u$

$Q_u = Q_b + Q_f$

โดยทั่วไป ค่าของประสิทธิภาพของเสาเข็มกลุ่ม พิจารณาจากค่า Ultimate Skin Frictional Load, Qf เท่านั้น เนื่องจากจะมีการลดน้อยลงในค่าของ Qf โดยไม่มีผลกระทบต่อค่า Qb ดังนั้นค่าของ η จะเป็นดังนี้

1) $\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u}$

คิดเฉพาะค่า $Q_f ; Q_{f.g(u)} = PgLf_{av}$

$\sum Q_f = (n_1 \times n_2) p L f_{av}$

$$\eta = \frac{P_g L f_{av}}{(n_1 \times n_2) P L f_{av}}$$

$$= \frac{\left[2(n_1 + n_2 - 2)d + 4D\right] L f_{av}}{(n_1 \times n_2) p L f_{av}}$$

$$\therefore \quad \eta = \frac{2(n_1 + n_2 - 2)d + 4D}{(n_1 \times n_2) p}$$

เมื่อ p = เส้นรอบรูปของเสาเข็มแต่ละต้น

D = เส้นผ่าศูนย์กลางหรือความกว้างของเสาเข็ม

f_{av} = ค่า Skin Frictional Resistance โดยเฉลี่ยของดิน

d = ระยะห่างระหว่างเสาเข็ม

2) จากสมการของ Converse Labarre จะได้ว่า

$$\eta = 1 - \frac{\left[(n_1 - 1)n_2 + 2(n_2 - 1)n_1\right]\theta}{90 n_1 n_2}$$

เมื่อ θ = $\tan^{-1}(\frac{D}{d})$ มีหน่วยเป็นองศา

หมายเหตุ ถ้าคิดเฉพาะค่า Q_f จะได้ค่า $Q_{g(u)}$ เป็น

$$Q_{g(u)} = \eta\left[(n_1 \times n_2) Q_f\right]$$

2.4.3กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มกลุ่มใน Clay สภาพ Undrained ที่มีค่า $\phi = 0$

1) ขั้นตอนในการพิจารณาค่า Qg(u) ใน Clay มีดังนี้

- พิจารณาจากผลรวมของกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มแต่ละต้น, $\sum Q_{u(net)}$

$$\sum Q_{u(net)} = (n_1 \times n_2) Q_{u(net)}$$

เมื่อ $Q_{u(net)} = Q_{b(net)} + Q_f$

$$= (9\, c_u(p) A_b + Q_f)$$

$$\therefore \quad \sum Qu(net) \qquad (n_1 \times n_2)\left[9C_{u(p)}A_b + \sum \alpha p\, c_u\, \Delta L\right]$$

ซึ่ง $C_{u(p)}$ = Undrained Cohesion ของดินที่ปลายเสาเข็ม

C_u = Undrained Cohesion ของดินตามความยาวของเสาเข็ม

α = Empirical Adhesion Factor (รูปที่ 2.8)

A_b = พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็มแต่ละต้น

ΔL = ช่วงความหนาของชั้นดินที่กำลังพิจารณาค่า Q_f

p = เส้นรอบรูปของเสาเข็มแต่ละต้น

- พิจารณาจาก Block Failure ซึ่ง

Ultimate Skin Friction Load ของเสาเข็มกลุ่ม,

$$= \sum(p_g\, C_u\, \Delta L)$$

$$= \sum 2(L_g + B_g) C_u\, \Delta L$$

Net Ultimate End Bearing Load ของเสาเข็มกลุ่ม,

$$= A_b(C_{u(p)}N_c^*)$$

$$= (L_g \times B_g)(C_{u(p)}N_c^*)$$

เมื่อ N^*c เป็นค่าที่ได้จากกราฟรูปที่ 2.10

$$Q_{g(u)(net)} = (L_g \times B_g)C_u(p)N_c^* + \sum{}_2\left(L_g + B_g\right)C_u\Delta L$$

- เปรียบเทียบค่า $Q_{g(u)(net)}$ ที่ได้จากสมการที่ 3.22 และ 3.23 ค่าน้อยกว่าจะเป็นค่าของ Net Ultimate Load – Bearing Capacity ของเสาเข็มกลุ่ม

2) พิจารณาค่า Qg (u) จากประสิทธิภาพของเสาเข็มกลุ่ม โดยใช้สมการของ Converse Labarre

$$\eta = 1-[\frac{(n_1-1)n_2 + (n_2-1)n_1}{90n_1n_2}]\theta$$

และ $Qg(u) = \mu\left[\sum Qu\right]$

$$= \eta\left[(n_1 \times n_2)Qu\right]$$

หรือ $Qg_{(u)(net)} = \eta\left[(n_1 \times n_2)Q_{u(net)}\right]$

ซึ่ง $Q_u = Q_b + Q_f$

Qu(net) = Qb(net) + Qf

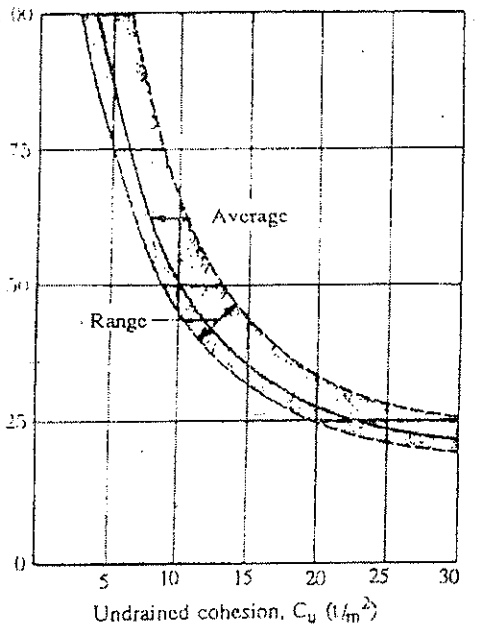
2.4.4 Negative Skin Friction, Q_n

เป็นแรงฉุดให้เสาเข็มจมลงไปหรืออาจจะทำให้ดินถมทรุดตัวตามลงไปด้วย โดยที่เกิดแรงนี้ หรือ Qnระหว่างเสาเข็มและชั้นดินอ่อน สาเหตุที่ทำให้เกิดแรงฉุดนี้ (Negative Skin Friction) มีดังนี้

1. เกิดจากดินถมประเภท Granular Soil บนดินเหนียวอ่อนที่มีการทรุดตัวมากหรือ High Compressibility Soil จะต้องประมาณค่าจุดสมดุลในชั้นดินอ่อนนั้น

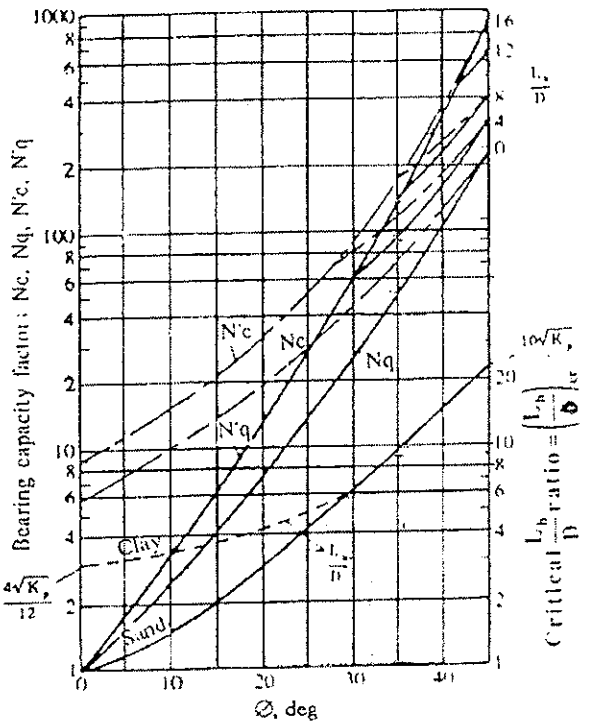
ค่า $L_1 = \left(\frac{L-H_1}{L_1}\right)\left(\frac{L-H_1}{2}+\frac{\gamma_1 H_1}{\gamma}\right)-\frac{2\gamma_1 H_1}{\gamma}$

และ $Qn = \int_0^{L_1} pfdz$

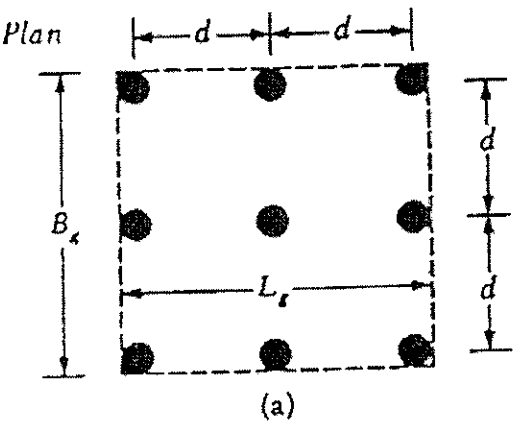


รูปที่ 2.6 กราฟแสดงค่าของ α ที่เปลี่ยนตามค่า

Undrained Cohesion ของ Clay



รูปที่ 2.7 แสดงค่าBearing Capacity Factors สำหรับฐานรากเสาเข็ม (After Meryerhof1976)



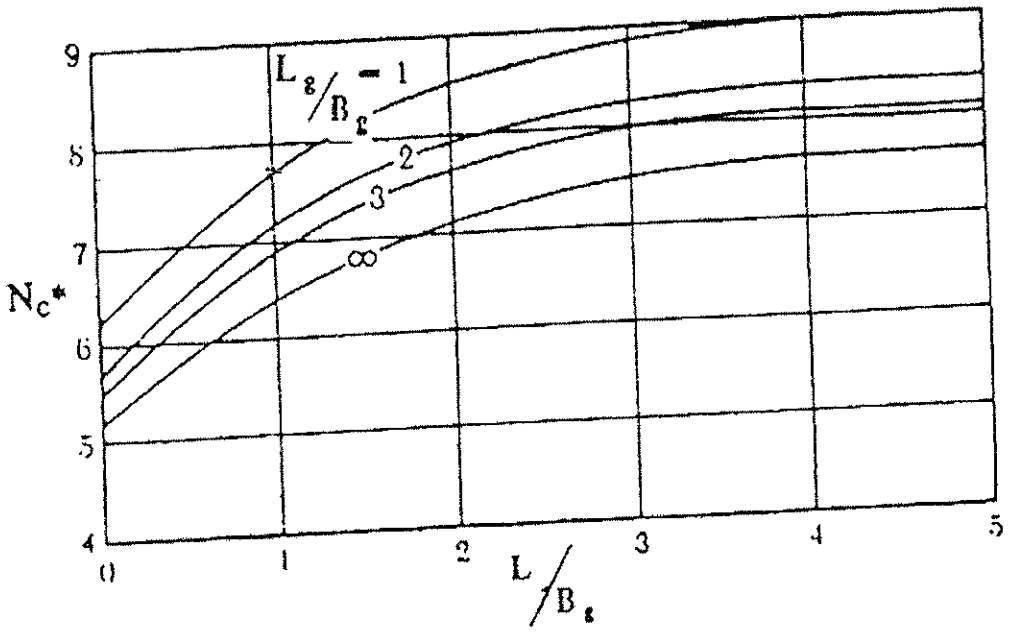
Number of piles in group = $n_1 \times n_2$

Not : $L_g \geq B_g$

$$L_g = (n_1 - 1)\, d + 2\left(D/2\right)$$

$$B_g = (n_2 - 1)\, d + 2\left(D/2\right)$$

รูปที่ 2.8 ฐานรากเสาเข็มกลุ่ม



รูปที่ 2.9ความสัมพันธ์ระหว่างค่า N_c^* กับ L/B_g