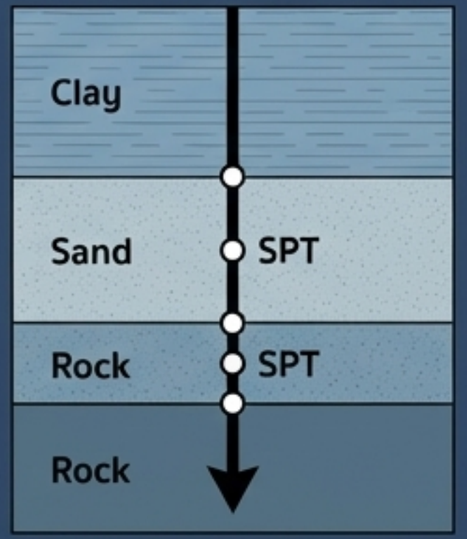
เจาะลึกวิศวกรรมตอกเสาเข็ม: ถอดรหัส Blow Count จากหน้างานจริง

คู่มือฉบับภาพรวมสำหรับผู้ควบคุมงานวิศวกรรมฐานราก
(Visual Executive Summary)

NotebookLM

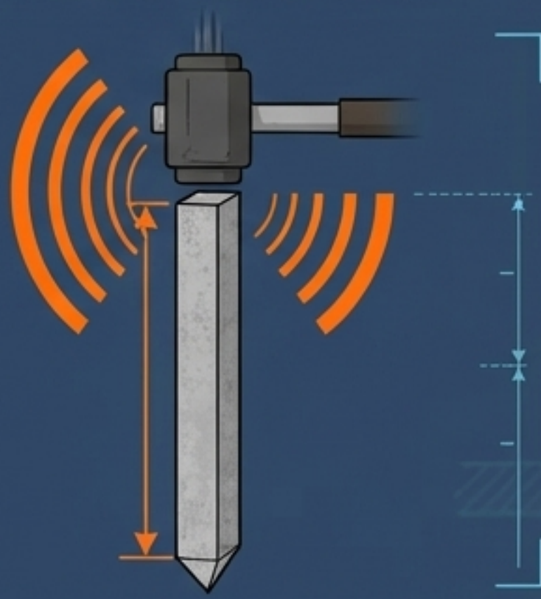
Blow Count คือดัชนีชี้วัดกำลังรับน้ำหนักแบบพลศาสตร์ (Dynamic Testing)

Boring Log



Boring Log: สถิตยศาสตร์
ทดสอบเพียงบางจุด

Blow Count

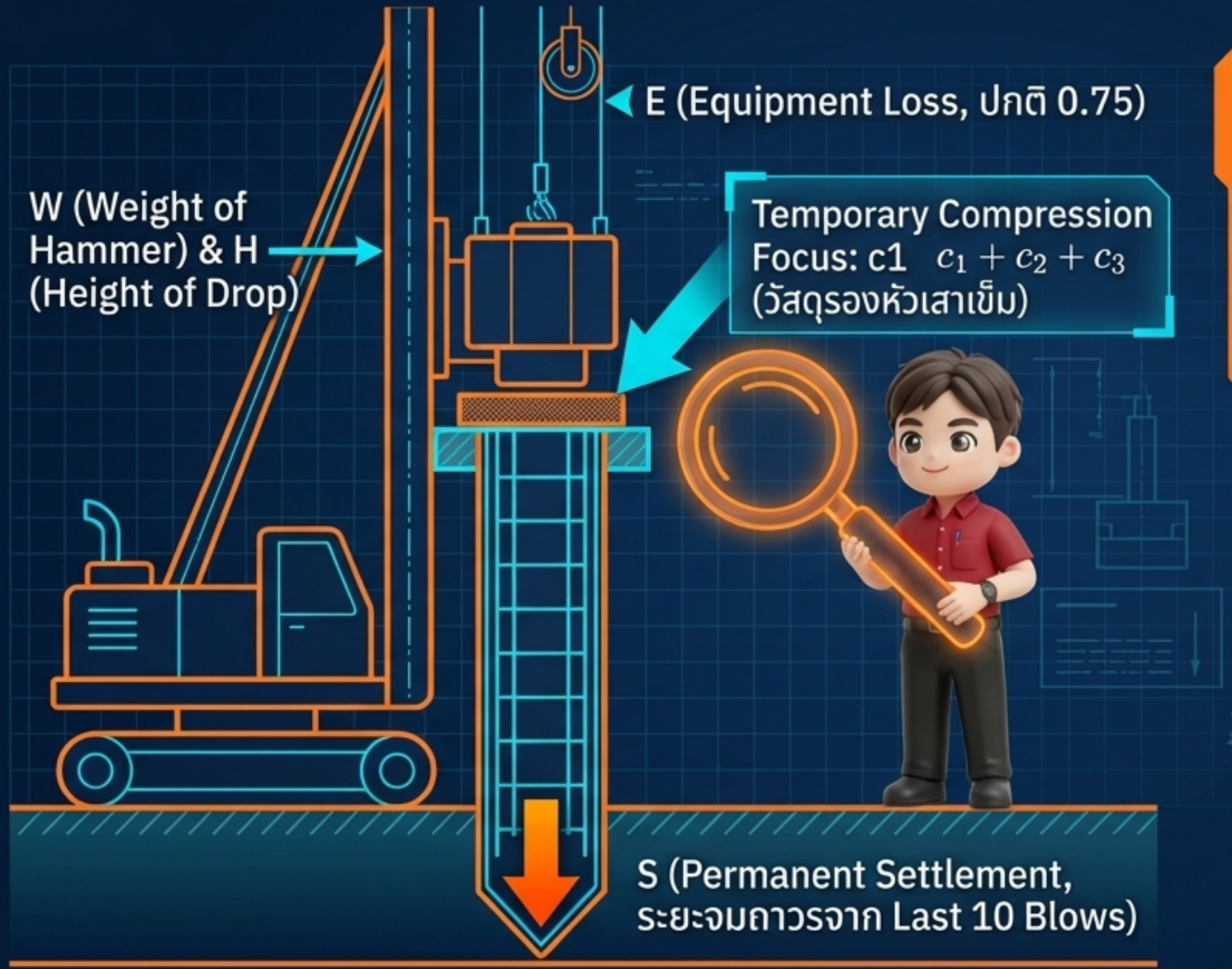


Blow Count: พลศาสตร์
ทดสอบจริงตลอดความยาวเสาเข็ม

ค่า Blow Count (จำนวนครั้งตอกต่อระยะ 30 ซม.)
ช่วยระบุพฤติกรรมดินและยืนยันการเข้าสู่ชั้นดินแข็ง (End Bearing) ได้ทันทีหน้างาน

NotebookLM

ถอดรหัสสมการ Hiley: ความแม่นยำสูงสุดผ่านการแยกตัวแปรการสูญเสียพลังงาน



$$R = \frac{n \cdot W \cdot H \cdot E}{S + \frac{c}{2}}$$

Note: FS = 2.5 สำหรับหา Safe Load

NotebookLM

สูตร Danish: ลดความซับซ้อนเพื่อความรวดเร็วในการตรวจสอบหน้างาน

$$Q_{ult} = \frac{e \cdot W \cdot H}{S + C}$$

$$C = \sqrt{\frac{e \cdot W \cdot H \cdot L}{2 \cdot A \cdot E}}$$

- เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง: ค่า C ทั่วไป 0.5 (ขึ้นอยู่กับกำลังอัด ksc)
- เสาเข็มสี่เหลี่ยมกลวง: ค่า C ทั่วไป 0.6 (ทึ่งกลางคอนกรีตและเหล็ก)
- เสาเข็มเหล็ก (Steel Pipe/H-pile): ค่า C ทั่วไป 0.8 (ยืดหยุ่นสูง E สูง)
- เสาเข็มไม้: ค่า C ทั่วไป 0.3 (E ต่ำ ไม้นิ่ม)

ข้อควรระวัง:
ความแม่นยำลดลงหากเสาเข็มสั้น/ยาวเกินไป หรือ
อยู่ในดินเหนียวที่มีแรงเสียดทานสูง (Overestimate)

NotebookLM

การตัดสินใจทางวิศวกรรม: เปรียบเทียบ Hiley vs. Danish Formula

Hiley Formula (The Precision Tool)

- **จุดเด่น:** ความละเอียดสูงสุด แยกตัวแปรสูญเสียพลังงานชัดเจน (c1, c2, c3)
- **ข้อจำกัด:** คำนวณซับซ้อน ต้องวัดค่า Temporary Compression หน้างาน
- **ความเหมาะสม:** โครงการที่ต้องการความแม่นยำสูง หรือชั้นดินซับซ้อน

Danish Formula (The Field Standard)

- **จุดเด่น:** ประเมินผลรวดเร็ว คำนวณค่าการสูญเสียผ่านตัวแปรเดียว (C)
- **ข้อจำกัด:** อาจให้ค่ากำลังรับน้ำหนักสูงเกินจริง (Overestimate) ในดินเหนียวจัด
- **ความเหมาะสม:** เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงทั่วไป ความยาวมาตรฐาน

NotebookLM

การเลือกน้ำหนักตุ้ม (Hammer Weight): หัวใจของการส่งผ่านพลังงาน

Safety Construction Orange

Rule of Thumb: น้ำหนักตุ้มต้องเป็น **0.7 – 2.5 เท่า** ของน้ำหนักเสาเข็ม (ขั้นต่ำ 3 ตันสำหรับเสาเข็มทั่วไป)

Hammer Weight Matrix Flow

เล็ก (< 1 ตัน):
ตุ้ม 0.5-2 ตัน
ระยะตก 30-120 ซม.
พลังงาน ~6-20 kJ

กลาง (1-5 ตัน):
ตุ้ม 2-6 ตัน
ระยะตก 50-120 ซม.
พลังงาน ~40-70 kJ

ใหญ่ (5-20 ตัน):
ตุ้ม 6-20 ตัน
ระยะตก 60-150 ซม.
พลังงาน ~120-300 kJ

Failure State Callout

หากตุ้มเบาเกินไป พลังงานจะกลายเป็นแรงสั่นสะเทือน (Compression wave)
เสาเข็มไม่จม แต่ Blow Count สูงผิดปกติ คำนวณไม่ได้!

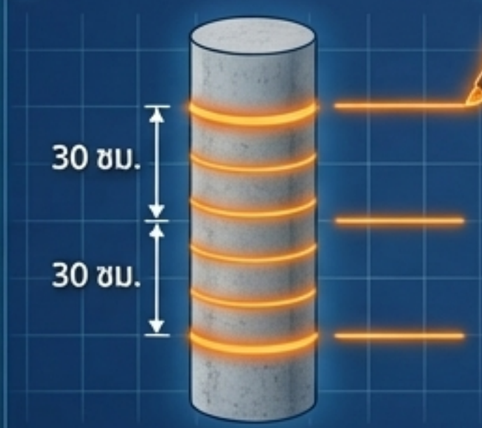
NotebookLM

ลำดับขั้นการปฏิบัติงานหน้างาน: การขีดระยะและการบันทึก (Marking Workflow)

Step 1: ตรวจสอบกายภาพ

- ฉากหัวเสาเข็ม
- รอยแตกร้าว
- การได้ดิ่ง

Step 2: ขีดเส้นระยะ (Marking)



ขีดเส้นทุกๆ 30 ซม. ในช่วง 1.5 - 3 เมตรสุดท้ายของเสาเข็ม

Step 3: ใช้เสาส่ง (Follower)

โอนย้ายขีดระยะขึ้นมาบนเสาส่ง หากต้องตอกให้หัวเข็มจมต่ำกว่าผิวดิน

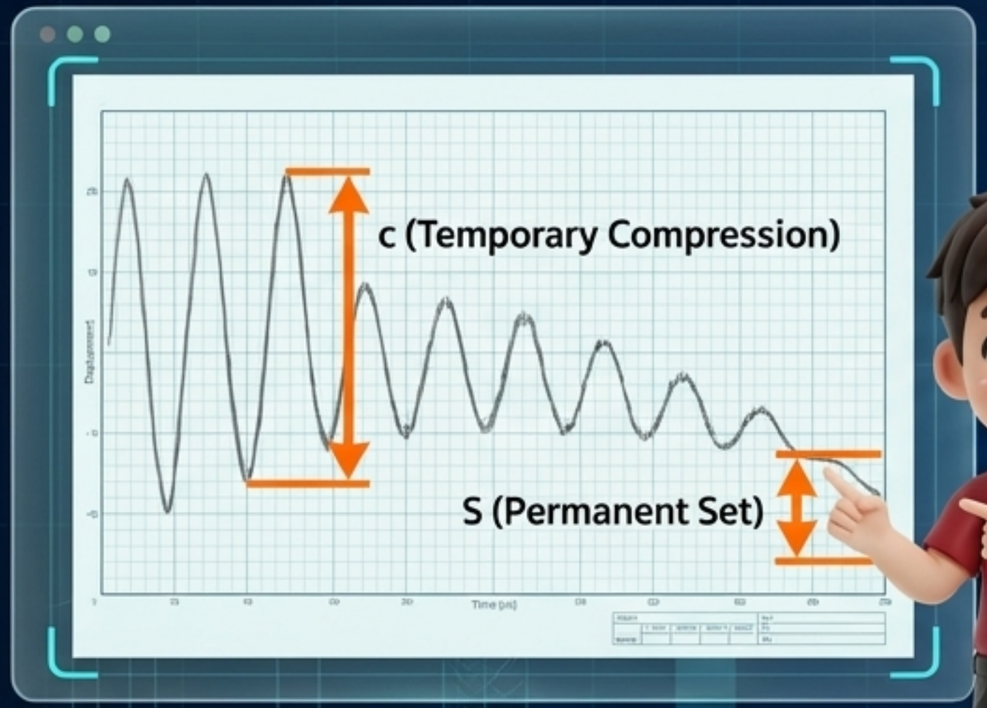
Step 4: บันทึก Self-Weight

วัดระยะจมด้วยน้ำหนักเสาเข็มเอง และน้ำหนักตุ้มกดทับ (บ่งชี้ความอ่อนนุ่มของดินชั้นบน)

Blow Count Profile Insight: จำนวนครั้งจะเพิ่มจาก 2-5 ครั้ง (ดินอ่อน) พุ่งไปสู่ 15-30+ ครั้ง เมื่อเข้าสู่ดินแข็ง

NotebookLM

การทดสอบ Last 10 Blows และการอ่านกราฟ Penta Graph



- **1. เตรียมการ:** เริ่มเมื่อจำนวนครั้งต่อฟุตใกล้เคียงค่าคำนวณ
- **2. ลากกราฟ:** ทาบกระดาษกราฟบนเสาเข็ม ลากดินสอบนแท่นอ้างอิเนิ่งขณะตุ้มกระแทก
- **3. วิเคราะห์:** ดึงค่า S (ระยะจม 10 ครั้งสุดท้าย) และ c มาคำนวณเปรียบเทียบมาตรฐาน
- **4. ยืนยัน:** ทำซ้ำ 2-3 ชุด ติดต่อกันเพื่อยืนยันความเสถียรของชั้นดิน

NotebookLM

ถอดรหัสพฤติกรรมดินที่มีผลกระทบต่อ Blow Count (Soil Behavior Matrix)

Pile Setup (ดินเหนียวอ่อน)

กลไก: ดินสูญเสียกำลังขณะตอก เกิดแรงดันน้ำ. หลังตอก 14-30 วัน น้ำระบายออก ดินฟื้นตัวเกาะผิวเสาเข็ม (Skin Friction).

ผลลัพธ์: กำลังรับน้ำหนักจริงสูงกว่า ค่า Blow Count ขณะตอกหลายเท่าตัว.

Soil Rebound (ดินเหนียวแข็ง)

กลไก: ดินปลายเสาเข็มคืนตัวอย่างรุนแรงหลังการกระแทก.

ผลลัพธ์: วัดระยะจม (Set) ได้ยากและอาจเกิดข้อผิดพลาดในการคำนวณ.

Liquefaction (ชั้นทรายอิ่มตัว)

กลไก: การตอกเร็วทำให้น้ำในทรายรับแรงดัน เกิดสภาวะของเหลวชั่วคราวรอบหัวเข็ม.

ผลลัพธ์: แรงต้านลดลงชั่วขณะ แต่กำลังจะคืนกลับมาทันทีเมื่อหยุดสั่นสะเทือน.

NotebookLM

การวินิจฉัยหน้างาน: กรณี Blow Count ถึงขีดจำกัด แต่ความลึกไม่ถึงเกณฑ์

Symptom: Blow Count สูงมาก
(Refusal > 50 Blows/inch)
แต่ความลึกน้อยกว่า Boring Log

Branch 1 -> ตรวจสอบความเสียหาย:
หัวเข็มแตก?
สั่นสะเทือนผิดปกติ?

Branch 2 -> วิเคราะห์สาเหตุใต้ดิน:
เจอชั้นหิน, ซากฐานรากเดิม,
หรือเลนทรายแน่น?

STOP

Action:
ห้ามฝืนตอก
(No Overdriving)
ป้องกันเสาเข็มหัก

Action A:
ถือว่าชั้นดินแข็งเพียงพอ
-> ตัดเสาเข็มที่ระดับนั้น

Action B:
ต้องทะลวงผ่าน
-> ใช้วิธีเจาะนำ
(Pre-boring)

NotebookLM

การวินิจฉัยหน้างาน: กรณีตอกลึกสุดเกณฑ์ แต่ Blow Count ไม่ผ่าน

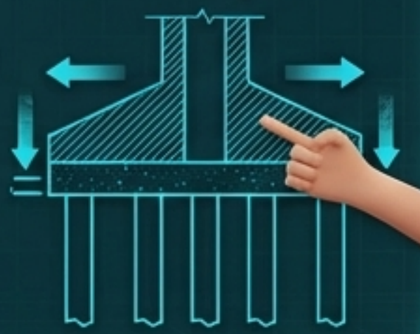
Symptom:
ตอกเสาเข็มจนสุดความยาวที่ออกแบบไว้ แต่จำนวนครั้งยังน้อยกว่าค่าที่คำนวณ.
(บ่งชี้ว่าดินชั้นนั้น
(บ่งชี้ว่าดินชั้นนั้นยังรับน้ำหนักไม่ได้)

Option A -> สามารถขยายความลึกได้:

Action: สั่งต่อเสาเข็มท่อนถัดไป (Pile Splicing) และตอกต่อจนกว่าจะบรรลุค่า Blow Count ตามเป้าหมาย

Option B -> ติดข้อจำกัดความลึก/อุปกรณ์:

Action: เพิ่มเสาเข็มข้างเคียง (Companion Piles) และสั่งให้วิศวกรออกแบบฐานรากใหม่เพื่อกระจายน้ำหนัก



NotebookLM

มาตรฐาน Piling Log และค่าความคลาดเคลื่อน (มยผ. 1106-64)

Piling Log Checkboxes

- หมายเลขเข็ม, วันที่, เวลา (วิเคราะห์ผลกระทบดินข้างเคียง)
- ชนิด, หน้าตัด, ความยาว (ค่า P และ A)
- น้ำหนักตุ้ม (W), ระยะยก (H), ชนิดปั้นจั่น n, E $E = mgh$
- ค่า Last 10 Blows อย่างน้อย 2-3 ชุด พร้อมลายเซ็นวิศวกรควบคุม

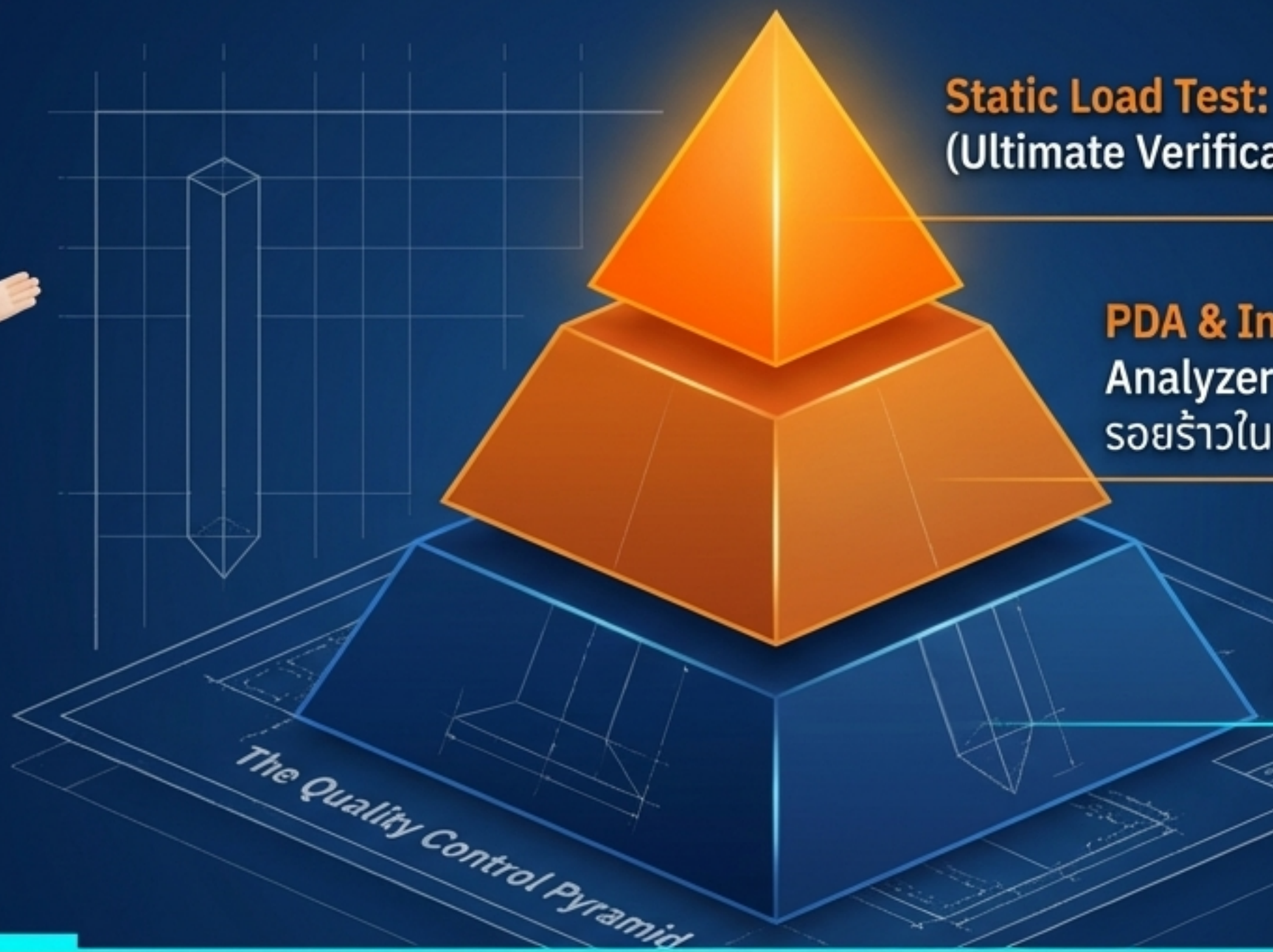
Allowable Tolerances

ตำแหน่งหนีศูนย์ (Position):
เดี่ยว < 5 ซม. | กลุ่ม 7.5 - 10 ซม.
(เกินกว่านี้ต้องออกแบบฐานรากใหม่)

ความลาดเอียง (Inclination):
เบี่ยงเบนแนวดิ่งไม่เกิน 1:50 หรือ 2%
(ลดทอนกำลังรับน้ำหนักดิ่งของเสาลงรุนแรงหากเอียงเกิน)

NotebookLM

พีระมิดการประกันคุณภาพ: บูรณาการ Blow Count สู่เทคโนโลยีขั้นสูง



Static Load Test: การยืนยันกำลังรับน้ำหนักขั้นสูงสุดระดับสากล (Ultimate Verification) ทำกับเสาเข็ม 1-5% ของโครงการ.

PDA & Integrity Test: การใช้ Pile Driving Analyzer เพื่อสอบเทียบสมการ Hiley และตรวจจับรอยร้าวในเนื้อคอนกรีต.

Blow Count (Dynamic Piling Control): การควบคุมคุณภาพหน้างาน 100% (Daily Execution).

Blow Count คือด่านปราการแรกที่สำคัญที่สุด ที่ทำให้การทดสอบขั้นสูงในลำดับถัดไปผ่านเกณฑ์อย่างสมบูรณ์.

NotebookLM