

ฐานรากแบบใดเหมาะกับโครงสร้างติดตั้งแผงบนพื้นดินในเชียงรายที่สุด?

โครงสร้างติดตั้งบนพื้นดินแบบต่ำ STR-02 · แผง 650 W จำนวน 45 แผง · เสา 36 ต้น · ดินเหนียวลูกรังแดงที่เป็นกรด · ฤดูมรสุมที่ฝนเปียกชุ่ม

วิเคราะห์จาก TN-20261019-STR-FTG01 / FTG02 / FTG03 · TN-20261020-STR-FTG04 Rev01 · 20 ต.ค. 2569

1 คำตอบ

ฐานรากที่ดีที่สุดสำหรับพื้นที่นี้

เสาเข็มเกลียวใบ (Rev03)

SF 4.6 แม้ในดินเหนียวอ่อนที่อิ่มน้ำ

- รับแรงถอนด้วยดินที่อยู่เหนือใบเกลียวลึกสองใบ ไม่ใช่ด้วยน้ำหนัก
- ทดสอบรับน้ำหนัก (proof test) ทุกต้นทั้ง 36 ต้น
- ไม่ต้องขุด ไม่ใช้คอนกรีต ไม่ต้องบ่ม
- ถอนออกและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

ทางเลือกสำรองที่ทำได้ในท้องถิ่นที่สุด

เสาเข็มเจาะคอนกรีต

Ø0.40 x 1.20 m · SF 4.2 เมื่อดินอิ่มน้ำ

- หาสว่านเจาะดินตีดรตแทรกเตอร์ในท้องถิ่นได้ง่าย
- คอนกรีตไม่ผุกร่อนในดินกรด
- เทชิดดินเดิมที่ไม่ถูกรบกวน ไม่ต้องกลบดิน
- ใช้ในจุดที่เสาเข็มเกลียวใบขันลงไม่ได้

ไม่แนะนำสำหรับพื้นที่ต่ำ

ฐานรากแผ่และแท่งคอนกรีตที่อาศัยน้ำหนัก

SF 1.58 เมื่อแห้ง – 0.91 เมื่อน้ำขัง

- ต้านแรงถอนได้ด้วยน้ำหนักคอนกรีตและดินเท่านั้น
- แรงลอยตัวของน้ำทำให้น้ำหนักนั้นหายไปประมาณ 40%
- ทดสอบไม่ได้หลังกลบดินแล้ว

2 ตารางคะแนน

ฐานราก	แรงถอน ฤดูฝน	ทดสอบได้	อายุใช้งาน ในดินกรด	ช่างท้องถิ่น ทำได้ง่าย	ความเร็ว ไม่ต้องบ่ม	SF แรงถอนแห้ง / แน่น	SF แรงถอนเปียก / อ่อน	รวม
● เสาเข็มเกลียวใบ (helical pile) Rev03 · แกน Ø89 ใบเกลียว 2 × Ø250 ยาว 2.2 m	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	9.0	4.6	4.4
● เสาเข็มเจาะคอนกรีต Ø0.40 x 1.20 m เหล็กเสริมเต็มความยาว	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	8.1	4.2	4.2
● สกรูเกลียวต่อเนื่อง Rev02 · Ø76 ยาว 1.6 m	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	1.6–2.5	≈ 1.0–1.6	3.8
● แท่งคอนกรีตในหลุม แบบ A · 0.60 x 0.60 x 0.80 m	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	1.54	≈ 0.9	3.3
● ฐานรากแผ่ + ตอม่อตามสัญญา 0.80 x 0.80 x 0.15 m ที่ความลึก 0.60 m	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	1.58	0.91	2.9
● แท่งถ่วงน้ำหนักบนผิวดิน แบบ B · 1.00 x 1.00 x 0.30 m	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	1.59	≈ 0.9	3.1

การประเมินของบริษัท โซลาร์ เอสส์ จำกัด (5 = ดีที่สุด) ค่าความปลอดภัยต่อแรงถอน (SF) ที่เสถียรภายใต้แรงถอนจากลมออกแบบ 446 kgf (มยพ. 1311-50, เชียงราย, V = 25 m/s) กำหนด SF ≥ 1.5 โดยคือน้ำหนักบรรทุกคงที่ 90% "เปียก / อ่อน" = ดินอิ่มน้ำในฤดูฝน (cu = 25 kPa) และสำหรับฐานรากที่อาศัยน้ำหนัก ให้ระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ผิวดิน

3 เหตุใดสภาพพื้นที่จึงเป็นตัวตัดสิน

พื้นที่ต่ำ + มรสุม = แรงลอยตัว

ฐานรากแผ่ต้านแรงถอนได้ด้วยน้ำหนักของตัวเองบวกดินที่ทับอยู่เท่านั้น เมื่อดินมีน้ำขัง น้ำจะดันทั้งสองส่วนขึ้น:

- คอนกรีต: 2,400 → 1,400 kg/m³
- ดินกลบ: 1,600 → ประมาณ 800 kg/m³
- น้ำหนักฐานราก + ดิน: 713 kg → 382 kg

$0.9 \times (382 + 70) \div 446 = \text{SF } 0.91$ ต่ำกว่า 1.0 ฤดูพายุก็คือฤดูฝน ลมแรงที่สุดจึงมาพร้อมกับช่วงที่ฐานรากอ่อนแอที่สุด

ดินเหนียวลูกรังแดง

- เป็นกรด (มัก pH 4.5–5.5): สังกะสีบนเหล็กสึกกร่อนเร็วขึ้น อายุประมาณ 10–20 ปี Rev03 จึงเพิ่มการชุบสังกะสี $\geq 85 \mu\text{m}$ การเคลือบที่ระดับผิวดิน ปลอกคอนกรีต และเพื่อความหนาเหล็ก 1.5 mm
- ชั้นศิลาแลงแข็งที่ความลึก 0.5–1.5 m อาจทำให้สกรูหรือเสาเข็มขันลงไม่ได้ Rev03 อนุญาตให้เจาะนำ Ø60 ผ่านเฉพาะชั้นแข็ง หากขันไม่ลงที่ระดับตื้นกว่า 1.8 m ให้ใช้เสาเข็มเจาะที่เสาต้นนั้น
- อ่อนตัวเมื่ออิ่มน้ำ: การทดสอบเสาเข็มเกลียวใบนำร่องทำหลังจากแช่น้ำในดินข้ามคืน ผลทดสอบจึงสะท้อนสภาพฤดูฝน

4 เปรียบเทียบค่าความปลอดภัยต่อแรงถอน

เสาเข็มเกลียวใบ ดินเหนียวแน่น	SF 9
เสาเข็มเกลียวใบ ดินเหนียวอ่อนเปื่อย	SF 4.6
เสาเข็มเจาะ ดินเหนียวแน่น	SF 8.1
เสาเข็มเจาะ ดินเหนียวอ่อนเปื่อย	SF 4.2
ฐานรากแผ่ตามสัญญา ดินแห้ง	SF 1.58
ฐานรากแผ่ตามสัญญา ดินน้ำขัง	SF 0.91

เส้นประสีแดง = SF ที่กำหนด 1.5 · เสาเข็มเกลียวใบ: 2 ใบ $\times 9 \times \text{cu} \times 0.0429 \text{ m}^2$ + น้ำหนักบรรทุกคงที่ · เสาเข็มเจาะ: น้ำหนักคอนกรีต (คิดแรงลอยตัวเมื่อเปื่อย) + แรงยึดเกาะด้านข้าง $0.5 \times \text{cu}$ ตลอด 1.0 m · ฐานรากแผ่: น้ำหนักเท่านั้น ตามแบบในสัญญา

5 ตรวจสอบการออกแบบเสาเข็มเกลียวใบ (Rev03)

รายการ	ค่าใน Rev03	การตรวจสอบของเรา	ผล
แรงถอนออกแบบ เสาภายใน	446 kgf	$q = \frac{1}{2} \times 1.25 \times 25^2 = 390.6 \text{ N/m}^2 \times 1.8 \times 0.82 = 58.8 \text{ kgf/m}^2$; $41.2 \text{ m}^2 \times 92\% \div 5$	✓ ตรงกัน
กำลังรับแรงของใบเกลียว $\text{cu} = 25 \text{ kPa}$	983 kgf ต่อใบ	$9 \times 25 \text{ kPa} \times 0.0429 \text{ m}^2 = 9.65 \text{ kN}$	✓ ตรงกัน
กำลังรับแรงด้านข้าง	798 kgf (SF 12.9)	Rev03 ใช้สูตรสำหรับดินทราย (Kp) สำหรับดินเหนียว วิธี Broms สำหรับเสาเข็มสั้นให้ประมาณ 1,140 kgf ที่ $\text{cu} = 25 \text{ kPa}$	✓ ปลอดภัยยิ่งขึ้น
ตรวจสอบแรงบิด	$1.5 \text{ kN} \cdot \text{m} \approx 3,500 \text{ kgf}$	$K_t \approx 23 \text{ m}^{-1}$ เป็นค่าทั่วไปสำหรับแกนขนาด 3.5"	✓ สมเหตุสมผล
การตัดของใบเกลียว	$\times 1.6$	ส่วนเผื่อต่ำที่สุดในแบบ แต่จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อใบเกลียวรับแรงเต็มกำลังในดินเหนียวอ่อนเท่านั้น	ผ่าน

6 แผนฐานรากที่แนะนำสำหรับเสา 36 ต้น

1. เสาเข็มเกลียวใบทุกต้นทั้ง 36 ต้น (ตามข้อกำหนด Rev03) ตรวจค่า pH และความต้านทานจำเพาะของดิน 2-3 จุด และทดสอบเสาเข็มนำร่องในดินที่ชั้นน้ำ 4 ต้น ก่อนสั่งส่วนที่เหลือ

2. เสาเข็มเจาะคอนกรีตในจุดที่เสาเข็มชั้นลงไม่ได้ที่ระดับตื้นกว่า 1.8 m: Ø0.40 x 1.20 m คอนกรีต 240 ksc เทชิดผนังหลุมเดิมในวันเดียวกับที่เจาะ (สูบน้ำออกหากมี) เหล็ก 4 x DB12 เต็มความยาว ผูก J-bolt เข้ากับโครงเหล็ก ยอมรับใช้หลังผ่านการทดสอบแรงดึง 1 ต้น

3. ฐานรากแผ่หรือแท่งคอนกรีตที่อาศัยน้ำหนัก ใช้ได้เฉพาะเสาที่ไม่มีน้ำขังเลย และต้องขยายขนาดให้ SF ชน่น้ำขังไม่น้อยกว่า 1.5 (ประมาณสองเท่าของคอนกรีตตามสัญญา) หรือยึดรั้งด้วยสมอดิน (ground anchor)

การระบายน้ำสำหรับทุกทางเลือก: ทำวงหินกรวดรอบเสาทุกต้น และร่องระบายน้ำต้นตามแนวด้านที่ต่ำ เพื่อไม่ให้น้ำฝนขังใต้แผง

7 เปรียบเทียบอย่างย่อสำหรับเจ้าของ

คำถาม	เสาเข็มเกลียวใบ	เสาเข็มเจาะ	ฐานรากแผ่ / แท่งคอนกรีต
รับแรงได้ในฤดูฝน?	✓ SF 4.6	✓ SF 4.2	✗ SF 0.9
ทดสอบได้ทุกต้น?	✓ ทั้ง 36 ต้น	ทดสอบตัวอย่าง	✗ ทดสอบไม่ได้
คอนกรีตและงานชุด	ไม่มี (บล็อกคอนกรีตเล็กน้อย)	5.4 m³ ไม่ต้องกลบดิน	4.5-10.8 m³ ชุดดิน 23 m³
พร้อมตั้งเสา	วันเดียวกัน	หลังบ่ม 7 วัน	หลังบ่ม 7 วัน
อายุใช้งานในดินกรด	≥ 25 ปี (มีการป้องกัน)	50+ ปี	50+ ปี
ถอนออกภายหลังได้	✓	✗	✗
เครื่องมือพิเศษ	หัวขับ ≥ 6 kN·m + เครื่องบันทึกแรงบิด	สว่านเจาะดินตีดรตเทรคเตอร์	เครื่องมือช่าง

เอกสารอ้างอิง: TN-20261019-STR-FTG01 Rev01 (ฐานรากแผ่ตามสัญญา), FTG02 Rev01 (ฐานรากทางเลือก), FTG03 Rev03 (เสาเข็มเกลียวใบ); แรงลมตาม มยผ. 1311-50 สำหรับเชียงราย กำลังของดินเป็นค่าทั่วไปของดินเหนียวลูกรังแดง และต้องยืนยันด้วยการทดสอบนำร่องและการทดสอบแรงดึงที่หน้างาน โครงสร้างเหนือฐานราก ระดับแป และราคาตามสัญญาไม่เปลี่ยนแปลง