

SE-ED
รหัสวิชา 30106-0007 วัสดุและเทคนิคการทำงาน
inspiration starts here

รศ. กวี ห่วงนิเวศน์กุล



วัสดุก่อสร้างและเทคนิคการทำงาน

โดย รศ. กวี หวังนิเวศน์กุล

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย โดย รศ. กวี หวังนิเวศน์กุล © พ.ศ. 2565

ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำการอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

กวี หวังนิเวศน์กุล.

วัสดุก่อสร้างและเทคนิคการทำงาน.-- กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2565.

512 หน้า.

1. วัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง.

I. ชื่อเรื่อง.

691

SE-ED
inspiration starts here

Barcode (e-book) : 9786160846528

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย



บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

เลขที่ 1858/87-90 ถนนเพชรรัตน์ แขวงบางนาใต้ เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260

โทรศัพท์ 0-2826-8000

[หากมีคำแนะนำหรือติชม ติดต่อที่ comment@se-ed.com]

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. มีความเข้าใจในสมบัติของวัสดุ-อุปกรณ์ หลักการและวิธีการก่อสร้างอาคาร งานฐานราก คาน เสา พื้น โครงหลังคาของอาคารพักอาศัย
2. สามารถนำหลักการเทคนิค และวิธีการก่อสร้างอาคาร สมบัติของวัสดุ-อุปกรณ์มาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างอาคารพักอาศัย
3. มีเจตคติและกิริยานิสัยที่ดี มีความรับผิดชอบในการประกอบวิชาชีพก่อสร้าง

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับสมบัติของวัสดุ-อุปกรณ์ หลักการ เทคนิค และวิธีการก่อสร้างอาคาร งานฐานราก คาน เสา พื้น โครงสร้างของอาคารพักอาศัย
2. สืบค้นข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับวัสดุก่อสร้าง เทคนิคการก่อสร้างโครงสร้างอาคารโดยใช้อินเทอร์เน็ต
3. วิเคราะห์เลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้างตามหลักการ เทคนิค และวิธีการก่อสร้าง
4. ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศเพื่อพัฒนาและสนับสนุนความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เทคนิค วิธีการก่อสร้างใหม่ๆ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของวัสดุ-อุปกรณ์การก่อสร้าง งานโครงสร้างไม้ โลหะ คอนกรีต การนำไปใช้ เทคนิควิธีการก่อสร้างอาคาร งานฐานราก คาน เสา บันได พื้น หลังคาและโครงสร้างหลังคาของอาคารพักอาศัย

A grayscale photograph of two construction workers on a steel beam. They are wearing hard hats and safety harnesses. Large corrugated metal panels are leaning against the beam. The background shows a clear sky.

SE-ED

inspiration starts here

คำนำ

หนังสือ **วัสดุก่อสร้างและเทคนิคการทำงาน (Construction Materials & Technique)** นี้ สามารถใช้เรียนร่วมกับ **วิชา 30121-0002 วัสดุก่อสร้าง วิชา 30106-0007 วัสดุและเทคนิคการทำงาน และวิชา 30108-0005 วัสดุและวิธีการก่อสร้าง** ซึ่งเป็นวิชาพื้นฐานสำหรับนักศึกษาในระดับ ปวส. สาขาวิชาช่างก่อสร้าง ช่างโยธา ช่างเทคนิคสถาปัตย์ และวิชาพื้นฐานในระดับปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมโยธา สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา และสาขาวิชาอื่นๆ ที่ใกล้เคียง รวมถึงวิศวกรและสถาปนิกทั้งหลายที่ควรต้องรู้ เพื่อให้มีความรู้พื้นฐานด้านวัสดุก่อสร้างและเทคนิคการทำงานเกี่ยวกับวัสดุนั้นๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพต่อไป โดยเนื้อหาวิชาได้เขียนให้ครอบคลุมตามหลักสูตรในระดับ ปวส. ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

หนังสือเล่มนี้เหมาะสำหรับนักศึกษาระดับ ปวส. และระดับปริญญาตรีทางการก่อสร้าง ทั้งวิศวกร สถาปนิก รวมถึงผู้รับจ้างงานก่อสร้าง ที่ต้องการรู้ข้อมูลจำเพาะของวัสดุ ซึ่งได้บรรจุข้อมูลหรือตารางค่าต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในงานก่อสร้างไว้มากพอสมควร

ผู้เขียนขอขอบคุณบริษัทต่างๆ ที่ได้อนุญาตให้นำเอกสารแนะนำผลิตภัณฑ์วัสดุและตำราหนังสือต่างๆ ที่นำมาใช้อ้างอิง ตลอดจนประสบการณ์วิชาชีพของผู้เขียนเอง ที่พยายามถ่ายทอดความรู้พื้นฐานให้เป็นที่แพร่หลายต่อไป หากท่านผู้อ่านท่านใดพบเห็นข้อความใดที่ยังไม่ถูกต้อง กรุณาแจ้งให้ผู้เขียนทราบ เพื่อการแก้ไขให้ถูกต้องต่อไปด้วยความขอบคุณยิ่ง

รองศาสตราจารย์ กวี หวังนิเวศน์กุล

อีเมล : kawee2555@gmail.com

A grayscale photograph of two construction workers on a steel beam. They are wearing hard hats and safety harnesses. Large corrugated metal panels are being installed on the beam. The background shows a clear sky.

SE-ED

inspiration starts here

สารบัญ

บทที่ 1 » หิน ทราย และดิน 13

- 1.1 วัฏจักรการกำเนิดของหิน ทราย และดิน..... 13
- 1.2 หิน (Rocks)..... 15
- 1.3 ดินและทราย (Soil & Sand)..... 19
- 1.4 หินที่ใช้ในงานก่อสร้าง 24
- 1.5 ทรายที่ใช้ในงานก่อสร้าง 26
- 1.6 สมบัติที่ต้องการของหินและทรายในงานวิศวกรรมก่อสร้าง..... 29
- แบบฝึกหัด 32

บทที่ 2 » ฐานรากและเสาเข็ม 33

- 2.1 ประเภทของฐานราก (Footing Type)..... 34
- 2.2 ประเภทของเสาเข็ม (Piling Type)..... 37
- 2.3 เสาเข็มสั้น (Friction Pile) 38
- 2.4 เสาเข็มยาว (Bearing Pile) 40
- 2.5 เทคนิคการควบคุมงานตอกเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง..... 45
- 2.6 เทคนิคการตรวจสอบ Blow Count..... 49
- 2.7 เทคนิคการควบคุมงานเสาเข็มเจาะ..... 54
- 2.8 เสาเข็มเจาะนำก่อนแล้วค่อยตอก (Pre-bore Pile Drive) 59
- 2.9 เสาเข็มตอกพร้อมกับการเจาะดิน (Auger Press with Final Drive)..... 60

2.10 เสาเข็มจacking (Hydraulic Static Pile Driver or Jack in Pile)	60
2.11 เสาเข็มตอกไมโครไพล์ (Micro Pile)	63
แบบฝึกหัด	65

บทที่ 3» ปูนซีเมนต์และคอนกรีต 67

3.1 องค์ประกอบของคอนกรีต	67
3.2 คำนิยามของคอนกรีตชนิดต่างๆ	71
3.3 วิวัฒนาการของปูนซีเมนต์	74
3.4 กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	75
3.5 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	78
3.6 การเก็บรักษาปูนซีเมนต์	82
3.7 อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในประเทศไทย	83
3.8 คอนกรีตปี้ม	90
แบบฝึกหัด	94

บทที่ 4» โลหะ 95

4.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็กดิบ (Pig Iron)	96
4.2 การผลิตเหล็กเพื่องานอุตสาหกรรม	100
4.3 โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (Non-ferrous Metals)	108
4.4 คุณสมบัติของโลหะ	114
4.5 ผลิตภัณฑ์เหล็กในอุตสาหกรรมก่อสร้าง	120
แบบฝึกหัด	141

บทที่ 5» ไม้ 143

5.1 คุณลักษณะและประโยชน์ของไม้แต่ละชนิด	143
5.2 โครงสร้างของเนื้อไม้	149
5.3 ลักษณะหน้าตัดของไม้	151
5.4 ลายไม้และตำหนิของไม้	153
5.5 ประเภทของไม้และคุณสมบัติของไม้	157

5.6	มาตรฐานไม้ก่อสร้าง	161
5.7	ไม้ที่ใช้ในงานโครงสร้าง.....	163
5.8	ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมไม้อัด.....	167
5.9	การรักษาเนื้อไม้.....	178
	แบบฝึกหัด	182

บทที่ 6» วัสดุงานพื้น..... 183

6.1	พื้นไม้ (Timber Floor).....	183
6.2	พื้นคอนกรีตวางบนดิน (Slab on Ground; GS).....	187
6.3	พื้นคอนกรีตหล่อในที่วางบนโครงสร้าง (Slab on Structural and In-situ Concrete)	193
6.4	พื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป (Pre-cast Concrete Slab).....	207
6.5	พื้นแผ่นเหล็กประกอบ (Composite Steel Deck or Metal Deck)	216
	แบบฝึกหัด	224

บทที่ 7» วัสดุงานผนัง..... 225

7.1	ผนังก่ออิฐดินเผา (Red Bricks Wall).....	225
7.2	ผนังก่อคอนกรีตบล็อกกลวง (Hollow Concrete Block).....	234
7.3	ผนังก่อคอนกรีตบล็อกมวลเบา (Light Block Wall).....	237
7.4	ผนังก่อบล็อกแก้ว (Glass Block Wall).....	242
7.5	ฝาไม้ (Wood Plank Siding)	243
7.6	ผนังไม้อัด (Plywood Panel)	245
7.7	ผนังยิปซัม (Gypsum Panel).....	247
7.8	ผนังกระเบื้องแผ่นเรียบ (Fibre Cement Flat Sheet Panel).....	251
7.9	ผนังแผ่นโลหะเคลือบ (Metal Sheet Panel)	254
7.10	ผนังคอนกรีตเบาสำเร็จรูป (Light Precast Concrete Wall Panel).....	255
7.11	ผนังเบาวัสดุผสมคอมโพสิต (Sandwich Panel Composite).....	257
7.12	ผนังเฟอร์โรซีเมนต์ (Ferrocement Wall)	259
	แบบฝึกหัด	261

unit 8» วัสดุผนังหลังคา 263

8.1	ประเภทของหลังคา.....	263
8.2	ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคา.....	265
8.3	กระเบื้องหลังคาดินเผา.....	268
8.4	แผ่นหลังคาสังกะสี.....	270
8.5	แผ่นหลังคาโลหะเคลือบ.....	272
8.6	กรรมวิธีการผลิตกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement Roof Tile).....	276
8.7	กระเบื้องลอนลูกฟูก.....	278
8.8	กระเบื้องลอนคู่.....	278
8.9	แผ่นหลังคาลอนโปร่งแสง.....	281
8.10	กระเบื้องลอนโค้ง.....	282
8.11	กระเบื้องคอนกรีตโมเนีย.....	285
	แบบฝึกหัด.....	292

unit 9» กระจก 293

9.1	การกำเนิดแก้ว.....	294
9.2	ส่วนประกอบของสารผลิตแก้ว.....	295
9.3	กรรมวิธีการผลิตแก้ว.....	297
9.4	ประเภทของกระจกในงานก่อสร้าง.....	300
9.5	การติดตั้งบานกระจกขนาดใหญ่.....	315
9.6	มาตรฐานความแข็งแรงของกระจก.....	318
	แบบฝึกหัด.....	324

unit 10» สี 325

10.1	ทฤษฎีสีเบื้องต้น.....	325
10.2	องค์ประกอบของเนื้อสี.....	327
10.3	ประเภทของสี.....	329
10.4	เทคนิคการเตรียมการก่อนการทาสี.....	333
10.5	ขั้นตอนการเตรียมพื้นผิวแต่ละประเภท.....	336

10.6 ชนิดและลักษณะของสีประเภทต่างๆ.....	341
แบบฝึกหัด	350

บทที่ 11» ท่อและสุขภัณฑ์ 351

11.1 ท่อพีวีซี (PVC)	352
11.2 ท่อพีพีอาร์ (PPR)	362
11.3 ท่อซีพีวีซี (CPVC)	364
11.4 ท่อเอชดีพีอี, พีอี, พีพี และพีบี (HDPE, PE, PP & PB).....	366
11.5 ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี.....	371
11.6 ท่อเหล็กหล่อ.....	374
11.7 ท่อซีเมนต์ใยหิน.....	377
11.8 ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก	379
11.9 เครื่องสุขภัณฑ์	383
11.10 ระบบบำบัดน้ำเสีย.....	391
แบบฝึกหัด	396

บทที่ 12» เชื้อเพลิงและปิโตรเลียม 397

12.1 เชื้อเพลิงแข็ง.....	397
12.2 เชื้อเพลิงเหลว.....	401
12.3 การกำเนิดปิโตรเลียม	402
12.4 การขุดเจาะหาปิโตรเลียมหรือน้ำมันดิบ	403
12.5 ขั้นตอนในการสำรวจปิโตรเลียม.....	405
12.6 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ	406
12.7 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ผ่านการกลั่น.....	408
12.8 เชื้อเพลิงก๊าซ.....	416
แบบฝึกหัด	421

บทที่ 13» ยางและพลาสติก 423

13.1 ยาง.....	423
13.2 ผลิตภัณฑ์ยางในงานก่อสร้าง.....	427

13.3 พลาสติค.....	434
13.4 ผลิตภัณฑ์พลาสติคในงานก่อสร้าง	441
แบบฝึกหัด	447

บทที่ 14» เคมีภัณฑ์ในงานก่อสร้าง..... 449

14.1 สาเหตุการชำรุดเสียหายของงานโครงสร้างอาคาร.....	449
14.2 วอเตอร์ปลั๊ก (Water Plug)	453
14.3 ปูนซีเมนต์นอนชริงเกรต (Non-shrink Cement Grout).....	456
14.4 อีพ็อกซีชนิดอัดซ่อมรอยแตกร้าวของคอนกรีต (Epoxy Injection for Concrete Crack Repair)	458
14.5 การซ่อมรอยร้าวซึมด้วยการฉีดโฟม (Polyurethane Foam Injection) ...	461
14.6 สมอหรือปลั๊กหรือพุกยึดคอนกรีต (Concrete Anchor Fixing)	463
14.7 กาวยีพ็อกซีสำหรับฉีดยึดสลักเกลียวหรือเหล็กเสริมโครงสร้าง (Epoxy Adhesive Injection for Anchor)	473
14.7 วัสดุทำผิวพื้นแข็งแรงแรงสำหรับพื้นคอนกรีต (Floor Hardener for Concrete Surface)	476
14.9 การเคลือบแข็งผิวพื้นอาคาร (Floor Coating)	478
14.10 วัสดุกันซึมชนิดยางบวมน้ำ (Water Swelling Rubber).....	479
14.11 น้ำยาเคมีบ่มคอนกรีต (Chemical Curing Liquid)	482
14.12 สารยับยั้งการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีต (Reinforce Concrete Corrosion Inhibitor)	484
14.13 สารเคลือบป้องกันน้ำซึมผ่าน (Waterproof Coating).....	486
14.14 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทา กันรั่วกันซึมบ้านเรือนทั่วไป	493
14.15 สารเคลือบทนไฟ (Fireproof Coating)	495
แบบฝึกหัด	499

ภาคผนวก : การแปลงค่าหน่วยต่าง ๆ..... 501

บรรณานุกรม

505

หิน ทราย และดิน

1

หิน ทราย และดิน เป็นวัสดุก่อสร้างพื้นฐานของงานก่อสร้าง สิ่งปลูกสร้างต่างๆ ล้วนต้องอาศัยวัสดุหิน ทรายและดินเป็นองค์ประกอบในอาคารนั้นๆ เช่น การสร้างอาคารพักอาศัยย่อมต้องสร้างอยู่บนพื้นดิน ตัวอาคารที่ต้องการความแข็งแรงต้องใช้วัสดุหินและทรายเป็นส่วนผสมกับปูนซีเมนต์ ทำให้ได้อาคารที่มั่นคงปลอดภัยเข้าไปอยู่อาศัยได้

1.1 วัฏจักรการกำเนิดของหิน ทราย และดิน

inspiration starts here

เนื่องจากโลกเรานี้กำเนิดมาจากดวงอาทิตย์และโคจรรอบดวงอาทิตย์ เมื่อระยะเวลาผ่านไปผิวของโลกก็ค่อยๆ เย็นลงและเป็นเปลือกแข็ง แต่ภายในผิวโลกก็ลงไปยังคงร้อนระอุอยู่ วันดีคืนดีก็จะปรากฏเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดและพ่นของเหลวที่ร้อนแรงประดุจไฟบรรลัยกัลป์ออกมา ซึ่งนักวิทยาศาสตร์เรียกว่า หินหนืดหรือแมกมา (Magma) ประกอบด้วยแร่ธาตุหลากหลายชนิด ธาตุที่พบส่วนใหญ่คือแร่ซิลิกา นำมาทำแก้วหรือคริสตัล และยังพบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำด้วย เมื่อแมกมาไหลลงมาจากปล่องภูเขาไฟและไหลไปสู่พื้นราบด้วยอุณหภูมิที่สูงมาก 600-1,000 องศาเซลเซียส เราเรียกว่า หินหลอมเหลวหรือฮาลลาวา (Lava) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำที่เคยอยู่ในแมกมาก็จะลอยหายไปสู่อากาศ ในขณะที่ฮาลลาวายังคงไหลไปตามแผ่นเปลือกโลก จนกระทั่งหยุดไหลและเริ่มเย็นตัวลงกลายเป็นของแข็ง และเรียกว่า หินอัคนี (Igneous Rock) หินอัคนีนี้จะมีรูปร่างและลักษณะของเนื้อหินแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับอัตราการเย็นตัวของหินหนืด ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของหินอัคนีภายหลัง

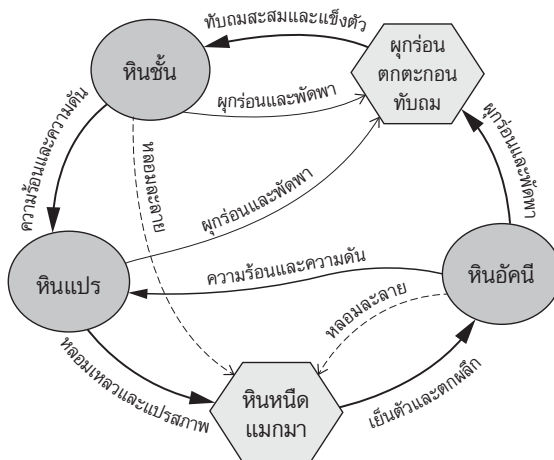
เมื่อกาลเวลาผ่านไป หินอัคนีก็ต้องสัมผัสกับสภาพภูมิอากาศที่แปรเปลี่ยนไปในแต่ละฤดูกาล ก็เกิดการผุกร่อนแตกสลายกระจายตัวออกไปเป็นหินและดิน ส่วนที่มี

ขนาดเล็กก็จะถูกพัดพาไปโดยลมหรือน้ำ หินที่มีขนาดใหญ่ก็ยังคงอยู่ใกล้ๆ เชิงเขา ส่วนที่ถูกพัดพาไปได้ไกลมาก ๆ ก็จะถูกเสียดสีจนเป็นหินก้อนเล็กลงจนเป็นกรวด จนกระทั่งเป็นทราย และส่วนที่ละเอียดกว่าทรายก็จะกลายเป็นดินเหนียวและฝุ่น ซึ่งการจำแนกขนาดของหิน ทราย และดิน จะได้เรียนรู้ในลำดับถัดไป

การพัดพาของหิน ทรายและดินไปยังพื้นที่ต่างๆ ก็จะทำให้เกิดการทับถมกันขึ้นสลับไปมาตามกาลเวลาที่ผ่านไป จนเกิดการจับตัวกันแน่นกลายเป็น หินชั้น (Sedimentary Rock) ขึ้นมาได้ เมื่อช่วงเวลาผ่านไประยะหนึ่งก็จะเกิดการผุกร่อนของหินชั้นขึ้นมาได้อีก การผุกร่อนนี้ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้หินชั้นกลายเป็นหินแปร (Metamorphic Rock) หินแปรนี้เมื่อมีความร้อนสะสมมาก ๆ ก็จะทำให้เกิดการละลายกลายเป็นแมกมาดันพุ่งทะลุผิวเปลือกโลกขึ้นมาได้อีก เป็นวัฏจักรที่เกิดขึ้นหมุนเวียนสลับกันไปมา



(ก) แมกมาพุ่งทะลุไหลเป็นธารลาวา



(ข) แต่ละช่วงเวลาของการก่อกำเนิดหิน

รูปที่ 1.1 วัฏจักรการกำเนิดของหิน ทราย และดิน

1.2 หิน (Rocks)

ดังที่กล่าวมาแล้วในวัฏจักรการกำเนิดหิน ทราย และดิน แมกมาที่ระเบิดออกมาและไหลเป็นธารลาวา ออกมาก่อให้เกิดหินได้ 3 ประเภท คือ หินอัคนี หินชั้น (หินตะกอน) และ หินแปร ซึ่งต่อไปนี้จะมาศึกษาถึงลักษณะของหินแต่ละประเภท ดังนี้

1.2.1 หินอัคนี (Igneous Rocks)

หินอัคนีเป็นหินที่เกิดจากการตกผลึกของแร่หินจากแมกมา และเมื่อแมกมาเย็นตัวลงก็จะกลายเป็นของแข็งกึ่งเหลวที่มีความลื่นตัวได้มาก มีอุณหภูมิการเย็นตัวหรือตกผลึกอยู่ในอุณหภูมิระหว่าง $1,200 \rightarrow 600^{\circ}\text{C}$ โดยการตกผลึกของแมกมาที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา จะทำให้เกิดลักษณะของหินอัคนีได้หลายรูปแบบ เช่น ถ้าการเย็นตัวของแมกมาเกิดขึ้นภายในเปลือกโลกหรือใต้ผิวโลก อุณหภูมิของแมกมาจะค่อยๆ ลดลงอย่างเชื่องช้า ซึ่งจะทำให้ได้ผลึกของแร่ที่มีเนื้อหยาบและหินมีขนาดใหญ่ เช่น หินแกรนิต (Granite) แต่ถ้าเป็นการเย็นตัวของแมกมาเป็นไปอย่างรวดเร็วบนผิวโลก ผลึกของแร่ก็จะมีเวลาในการสร้างตัวน้อย ทำให้ได้เนื้อหินที่มีเนื้อละเอียด ยิ่งถ้าเป็นการเย็นตัวที่เร็วมากเช่นในน้ำทะเล ก็จะทำให้ได้ผลึกหินที่มีเนื้อละเอียดมากคล้ายแก้ว เช่น หินบะซอลต์ (Basalt)



(ก) ออบซิเดียน (Obsidian)



(ข) พัมมิช (Pumice)



(ค) โวลคานิกบอมบ์ (Volcanic Bombs)

รูปที่ 1.2 ตัวอย่างลักษณะรูปร่างของหินอัคนีชนิดต่างๆ

1.2.2 หินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary Rocks)

หินชั้นหรือหินตะกอน เป็นหินที่เกิดจากชิ้นส่วนของหินต่างๆ ซึ่งเกิดมาก่อนแล้ว และถูกอิทธิพลของการกัดกร่อนพัดพามาทับถมตกตะกอนในอีกบริเวณหนึ่งของโลกในสภาพอุณหภูมิและความกดดันปกติ เกิดการผูกพันทั้งทางกายภาพ เคมีและชีววิทยา ทับถมอัดตัวกันแน่นเกิดเป็นหินชั้นได้หลายรูปแบบ เช่น หินทราย ศิลาแลง หินปูน หินดินดาน หินกรวด ยิปซัม โลว์สโตน หินน้ำมัน โดโลไมต์ เป็นต้น



(ก) หินทราย (Sand Stone)



(ข) หินดินดาน (Shale)



(ค) หินกรวด (Conglomerates)

รูปที่ 1.3 ตัวอย่างลักษณะรูปร่างของหินชั้นหรือหินตะกอนชนิดต่างๆ

เนื่องจากหินชั้นหรือหินตะกอน เกิดจากการตกตะกอนของหินดั้งเดิมที่มีอยู่มากมายหลายชนิด ทำให้หินชั้นมีองค์ประกอบที่สลับซับซ้อนได้มากมายเช่นกัน แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะองค์ประกอบที่สำคัญเพียง 4 ชนิดเท่านั้น คือ

1. แร่ควอร์ตซ์ (Quartz) เป็นแร่ที่พบได้มากที่สุดไปในหินชั้น เกิดจากการทับถมของหินดั้งเดิม เช่น หินแกรนิต ซึ่งเป็นแร่ที่มีความคงทน เมื่อมีการผุพังกัดกร่อนจะทำให้แร่ควอร์ตซ์ซึ่งมีอยู่มากในหินแกรนิต เกิดการแยกตัวตกตะกอนร่วมกับตะกอนทราย ซึ่งมีซิลิกา (SiO_2) เป็นสารเชื่อมให้เกิดการเกาะยึดด้วยกัน

2. แร่แคลไซต์ (Calcite) เป็นแร่ที่พบได้มากในหินปูน และเป็นสารเชื่อมที่พบมากในหินทรายและหินดินดาน แร่แคลไซต์นี้มาจากหินอัคนีซึ่งมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนั้นยังเกิดจากซากกระดูกของสัตว์ที่ตายลงสะสมกันเป็นเวลานาน จนในที่สุดทำให้เกิดเป็นหินปูนขึ้น

3. แร่ดินเหนียว (Clay) เกิดจากการสลายตัวของพวกซิลิเกตและเฟลด์สปาร์ (Feldspar) ทำให้เกิดเป็นแร่ดินเหนียวขึ้น แร่ดินเหนียวเป็นสารอนุภาคที่เล็กละเอียดสะสมกันอยู่ในลักษณะโคลนหรือดินดาน และเนื่องจากเฟลด์สปาร์พบมากที่เปลือกโลกและสลายตัวได้ง่าย จึงทำให้พบแร่ดินเหนียวได้มากในหินชั้น

4. เศษชิ้นส่วนของหินดั้งเดิม เศษชิ้นส่วนของหินดั้งเดิมที่ยังไม่ผุพัง เช่น หินกรวดหรือทราย ตกตะกอนอยู่ในหินชั้น นอกจากนี้ยังพบอยู่ในหินบะซอลต์ และหินชนวน (Slate) เป็นต้น

หินชั้นหรือหินตะกอน นอกจากจะเกิดจากการทับถมของตะกอนแล้ว ยังเกิดจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์ จึงอาจพบร่องรอยของซากพืชซากสัตว์สมัยยุคดึกดำบรรพ์ที่เรียกว่า ฟอสซิล (Fossil) ทำให้เรารู้เรื่องเกี่ยวกับความเป็นมาของโลกตลอดจนวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่ผ่านมา

1.2.3 หินอุส (Metamorphic Rocks)

หินแปรเป็นหินที่เกิดจากการแปรสภาพของหินดั้งเดิมโดยอิทธิพลของความร้อน ความดัน และปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้เกิดการรวมตัวของแร่ธาตุกันใหม่ภายใต้อิทธิพลของอุณหภูมิ ทำให้เกิดการตกผลึกใหม่ที่ใหญ่กว่าเดิม โดยทั่วไปอิทธิพลของการแปรสภาพจะเกิดขึ้นได้ภายในเปลือกโลกที่ความลึกประมาณ 20 กิโลเมตร อุณหภูมิประมาณ 200-700 °C และมีความดันประมาณ 6,000 บรรยากาศ เนื่องจากหินแปรเกิดจากการแปรสภาพของหินดั้งเดิมซึ่งอาจเป็นได้ทั้งจากหินอัคนี หินชั้น หรือหินแปรเอง เพราะฉะนั้นองค์ประกอบของหินแปรจึงอาจแบ่งออกได้ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ แบบหนึ่งจะคล้ายกับหินอัคนี และอีกแบบหนึ่งจะคล้ายกับหินชั้น

การจำแนกลักษณะของหินแปร แบ่งตามลักษณะโครงสร้างเนื้อหิน ได้ดังนี้

หินบวบ (Slate) เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินดินดานในสภาวะอุณหภูมิและความดันต่ำ พบได้ทั่วไปบริเวณใกล้ผิวโลก เนื้อหินมีความละเอียดมาก เนื้อแน่นแต่เปราะ มีสีเทา ดำ แดง ส้ม และเขียว เป็นต้น พบมากที่ จังหวัดสุโขทัย ใช้ทำกระดานชนวน กระเบื้องมุงหลังคา งานตกแต่งผิวพื้นหรือผิวผนัง เป็นต้น

หินฟาแลค (Phyllite) เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินชนวนในสภาวะอุณหภูมิต่ำ แต่ความดันสูง มีโครงสร้างเนื้อหินแบบเดียวกับหินชนวน เนื้อหินมีความละเอียด มีผิวหน้าที่เรียบมันเพราะมีแร่ไมกาเป็นองค์ประกอบด้วย

หินชีส (Schist) เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินหลายชนิด เช่น หินบะซอลต์ หินอัคนี หินทรายหรือหินปูน ในสภาวะอุณหภูมิและความดันต่ำ การจำแนกชนิดของหินชีสจึงต้องพิจารณาจากแร่องค์ประกอบ

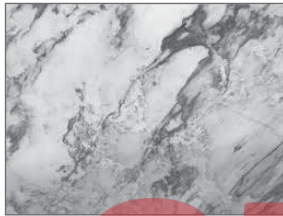
หินไกส์ (Gneiss) เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินหลายชนิด ในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันสูง โครงสร้างของหินไกส์จะมีชั้นของแร่สีต่างๆ เป็นทางสลับไปมา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสีจางและสีคล้ำ แต่ที่พบกันแพร่หลายมักแปรสภาพมาจากหินแกรนิต พบมากที่ อำเภออ่างศิลา จังหวัดชลบุรี อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ใช้ทำครก ลานโบสถ์ และบันได เป็นต้น

หินควอร์ตไซต์ (Quartzite) เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินทรายควอร์ตซ์ในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันปานกลางถึงสูง โครงสร้างของหินควอร์ตไซต์จะไม่มีกรเรียงตัว แต่เนื้อแข็งมาก และยังปรากฏลักษณะของหินทรายอยู่บ้าง

หินอ่อน (Marble) เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินปูนและโดโลไมต์ในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันต่ำถึงสูง ผลึกของแร่จะมีขนาดใหญ่และซับซ้อน เนื้อหินจะแน่น ถ้าบริสุทธิ์มากจะมีสีขาว และอาจมีสีอื่นๆ แซมได้ พบมากที่ จังหวัดราชบุรี จังหวัดสระบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ใช้ในงานตกแต่งอาคารด้านสถาปัตยกรรมต่างๆ หรือรูปปั้นสลักต่างๆ เป็นต้น



(ก) หินชนวน (Slate)



(ข) หินอ่อน (Marble)



(ค) หินมิกมาไทต์ (Migmatite)

รูปที่ 1.4 ตัวอย่างลักษณะรูปร่างของหินแปรชนิดต่างๆ



รูปที่ 1.5 การทำเหมืองหินอ่อน

1.3 ดินและทราย (Soil & Sand)

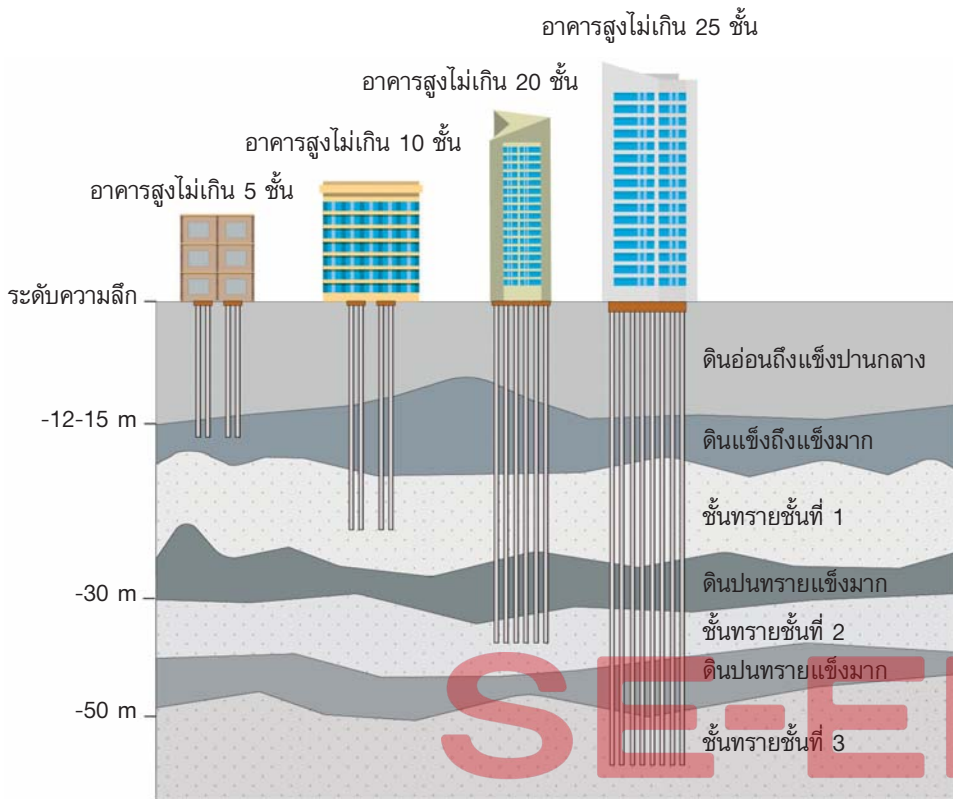
รศ.ดร. เอิบ เขียวรินทร์มณ ให้คำนิยามคำว่าดินในทางปฐพีวิทยาไว้ว่า “วัสดุดิน” หมายถึง วัสดุต่างๆ ที่ประกอบกันเข้าแล้วเป็นดินหรือวัสดุที่ทำให้เกิดดินขึ้น วัสดุดินมีทั้งที่เป็นอนินทรีย์สารและอินทรีย์สารที่พบอยู่บนผิวโลกและอยู่ในเปลือกโลก แหล่งที่มาของวัสดุเหล่านี้คือ หินและแร่ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเปลือกโลก อินทรีย์วัตถุต่างๆ จากพืชและสัตว์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และตายไปแล้ว นอกจากนี้ยังอาจได้จากธาตุบางชนิดที่สะสมอยู่ในอากาศ และวัสดุแปลกปลอมที่เข้ามาจากนอกโลก เช่น อุกกาบาต (Meteorite) ที่ตกลงมาบนพื้นผิวโลก เป็นต้น

วัฒนา ธรรมมงคล ให้คำนิยามคำว่าดินและหินในทางวิศวกรรมก่อสร้างไว้ว่า “ดิน” หมายถึง กรวด (Gravel) ทราย (Sand) ทรายเม็ดปน (Silt) และดินเหนียว (Clay) หรือส่วนผสมของสิ่งเหล่านี้ซึ่งอาจเป็นพวกที่มีและไม่มี ความเชื่อมแน่น ดินเกิดจากเม็ดของแร่ธาตุต่างๆ มารวมตัวกัน แต่สามารถแยกให้ออกจากกันได้โดยวิธีง่ายๆ เช่น การนำไปละลายน้ำ เป็นต้น ส่วนคำว่า “หิน” นั้นหมายถึง การรวมตัวของเม็ดแร่ธาตุต่างๆ และมีแรงยึดเกาะกันแน่นและถาวรมาก จนไม่สามารถแยกออกจากกันได้โดยวิธีง่ายๆ เหมือนดิน

สำหรับชั้นดินในกรุงเทพมหานคร จากการเจาะสำรวจชั้นดินพบว่า มีความลึกอยู่ระหว่าง 20-30 เมตร ลึกถัดจากนั้นก็พบกับชั้นทรายและทรายปนกรวดสลับกันไปมาจนถึงความลึกประมาณ 150-250 เมตร ก็อาจยังไม่พบชั้นหิน

ลักษณะของชั้นดินในกรุงเทพฯ แบ่งออกได้เป็น 3 ชั้น ดังนี้

1. **ชั้นบน** จัดเป็นดินอ่อนมาก มีสีเทา มีความลึกของชั้นประมาณ 2-3 เมตร
2. **ชั้นกลาง** เป็นดินอ่อนถึงแข็งปานกลาง มีสีเทาดำและมีปริมาณน้ำในมวลดินมาก อยู่ในระดับความลึกประมาณ 10-20 เมตร
3. **ชั้นล่าง** เป็นดินแข็งปานกลางถึงแข็ง มีสีน้ำตาลปนเหลืองและแซมด้วยสีเทาอ่อน อยู่ในระดับความลึกประมาณ 20-30 เมตร ซึ่งเป็นชั้นดินที่ปลายเสาเข็มของฐานรากอาคารขนาดใหญ่ปานกลาง มักจะหยั่งอยู่ในระดับนี้เป็นส่วนใหญ่

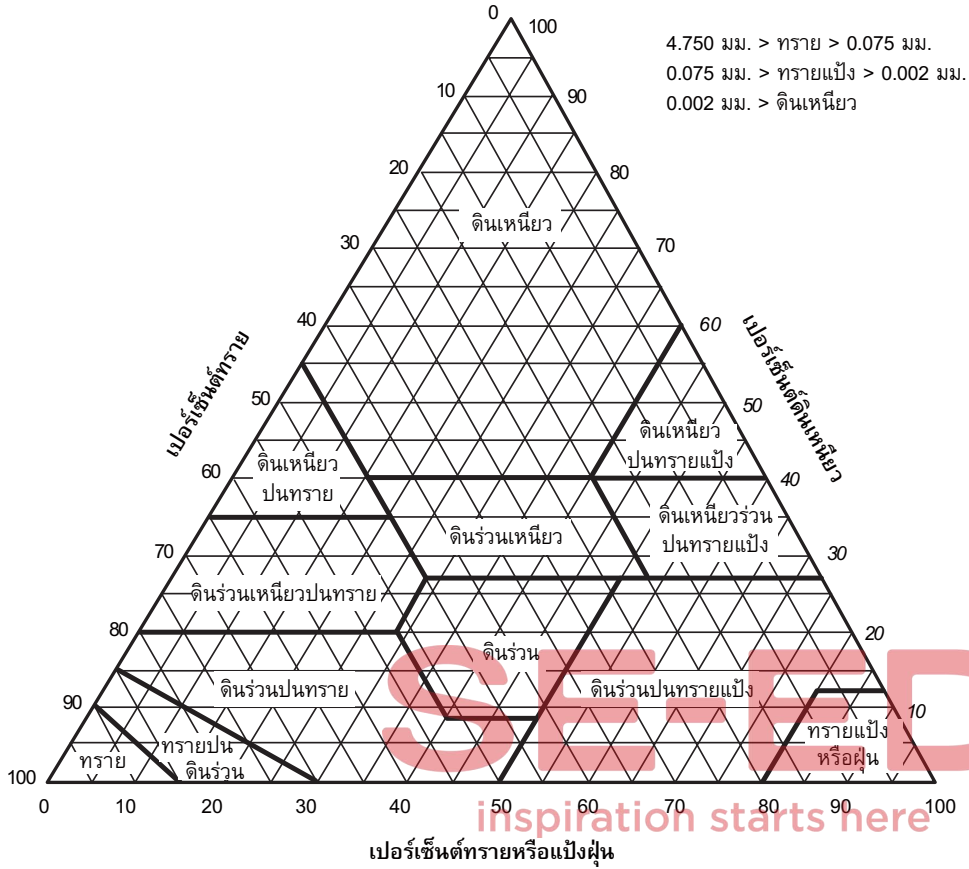


รูปที่ 1.6 ชั้นดินในเขตกรุงเทพฯ หรือบริเวณเขตภาคกลาง

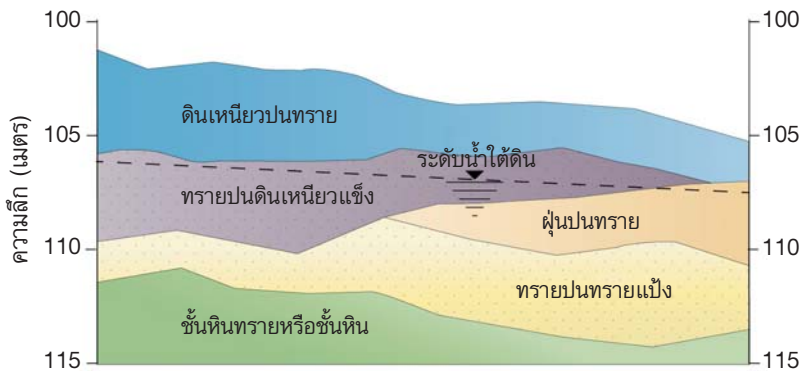
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ดิน ในทางวิศวกรรมหมายถึงส่วนประกอบของ กรวด ทราย และดินเหนียว ดินที่มีเม็ดหยาบก็จะต้องมีความเชื่อมแน่น ส่วนดินที่มีเม็ดละเอียดก็จะต้องมีความเชื่อมแน่น ฉะนั้นการนำดินแต่ละประเภทไปใช้งานจึงต้องมีการจำแนกประเภทของดินให้มีความสัมพันธ์ตามที่ต้องการ มาตรฐานที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินมีอยู่หลายมาตรฐาน เช่น ASTM, AASHTO, FAA และ Unified เป็นต้น ซึ่งนักศึกษาจะได้เรียนอย่างละเอียดในวิชาฐพีกลศาสตร์ต่อไป

ชั้นเนื้อดิน (Textural Classes)

กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดลักษณะของชั้นเนื้อดินไว้ด้วยภาพสามเหลี่ยม ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.7 เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์ลักษณะของชั้นเนื้อดิน



รูปที่ 1.7 ตารางสามเหลี่ยมแสดงชั้นเนื้อดินต่างๆ
(ที่มา : US. Department of Agriculture)



รูปที่ 1.8 ภาพตัดโดยทั่วไปของดินและทรายแต่ละชั้นความลึก

จากรูปที่ 1.7 สามารถสรุปชั้นดินและชั้นทรายแต่ละชั้นความลึก ได้ดังนี้

1. ทราย (Sands) ประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดทรายมากกว่า 85% อนุภาคของทรายจะเกาะตัวกันอยู่หลวมๆ และมองเห็นเป็นเม็ดเดี่ยวๆ ได้ ในสภาพชื้นจะทำให้เป็นก้อนหลวมๆ ได้แต่เมื่อสัมผัสจะแตกออกทันที ทรายแบ่งออกได้อีกหลายชั้น คือ ทรายหยาบ (Coarse Sand) ทรายหยาบปานกลาง (Medium Sand) ทรายละเอียด (Fine Sand) และ ทรายละเอียดมาก (Very Fine Sand)

2. ทรายปนดินร่วน (Loamy Sands) ประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดทรายระหว่าง 70-90% และอนุภาคของทรายแป้งหรือดินเหนียวระหว่าง 15-30% มีลักษณะคล้ายกับทรายแต่เวลาสัมผัสจะรู้สึกสากน้อยกว่า เมื่อเอามือกำในฝ่ามือแล้วคลายออกจะยังคงเกาะตัวกันอยู่ได้อย่างหลวมๆ แต่เมื่อสัมผัสก็จะแตกได้ง่าย ทรายปนดินร่วนแบ่งออกได้อีกหลายชั้น คือ ทรายหยาบปนดินร่วน (Loamy Coarse Sand) ทรายปนดินร่วน (Loamy Sand) ทรายละเอียดปนดินร่วน (Loamy Fine Sand) และทรายละเอียดมากปนดินร่วน (Loamy Very Fine Sand)

3. ดินร่วนปนทราย (Sandy Loams) ประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดดินเหนียวระหว่าง 7-20% และอนุภาคของทรายมากกว่า 52% ทรายแป้งมากกว่า 30% จัดเป็นดินที่มีทรายอยู่มาก แต่ก็มีอนุภาคของทรายแป้งและดินเหนียวมากพอที่จะทำให้อนุภาคเกาะตัวกันได้ เมื่อกำแล้วคลายมือออกดินจะยังคงเกาะตัวเป็นก้อนอยู่ได้ แต่ถ้าเขย่าก้อนดินก็จะแตก ดินร่วนปนทรายแบ่งออกได้อีกหลายชั้น คือ ดินร่วนปนทรายหยาบ (Coarse Sandy Loam) ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) ดินร่วนปนทรายละเอียด (Fine Sandy Loam) และดินร่วนปนทรายละเอียดมาก (Very Fine Sandy Loam)

4. ดินร่วน (Loams) ประกอบด้วยอนุภาคขนาดดินเหนียว 7-27% อนุภาคขนาดทรายแป้ง 28-50% และอนุภาคขนาดทรายไม่เกิน 52% ซึ่งอนุภาคทั้งสามชนิดมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ในสภาพดินแห้งจะจับตัวเป็นก้อนแข็งพอสมควร ในสภาพดินชื้นจะสามารถคลึงหรือปั้นให้เป็นก้อนได้ง่ายและไม่แตกตัวออกจากกัน ดินร่วนแบ่งออกได้อีกหลายชั้น คือ ดินร่วนปนทรายแป้ง (Silty Loam) ดินร่วนเหนียว (Clay Loam) ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy Clay Loam) ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (Silty Clay Loam) ดินเหนียวปนทราย (Sandy Clay) ดินเหนียวปนทรายแป้ง (Silty Clay) และดินเหนียว (Clay)

การวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดินแบ่งออกได้ 2 วิธี คือ

1. การวิเคราะห์หาขนาดเม็ดดินที่หยาบ เป็นการวิเคราะห์หาเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.074 มิลลิเมตร หรือ 74 ไมครอน (1 ไมครอน = 0.001 มิลลิเมตร = ขนาดรูของตะแกรงร่อนเบอร์ 200) โดยใช้ตะแกรงร่อนมาตรฐาน (Sieve Analysis) ของ US. Standard Sieve ซึ่งมีตั้งแต่เบอร์ 200, 100, 60, 40, 20, 10, 3/8 นิ้ว, 1/2 นิ้ว, 3/4 นิ้ว, 1 นิ้ว, 1 1/2 นิ้ว เป็นต้น (ตัวเลขเบอร์บอกถึง จำนวนรูตะแกรงต่อความยาว 1 นิ้ว เช่น ตะแกรงเบอร์ 10 หมายถึงในความยาว 1 นิ้วจะมีรูตะแกรงอยู่ 10 ช่อง และใน 1 ตารางนิ้ว ก็จะมีรูตะแกรงอยู่ 100 ช่อง)

2. การวิเคราะห์หาขนาดเม็ดดินที่ละเอียด เป็นการวิเคราะห์หาเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า 0.074 มิลลิเมตร หรือส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 โดยใช้หลักการของการตกตะกอนในน้ำ เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์เรียกว่า ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)



(ก) ไฮโดรมิเตอร์

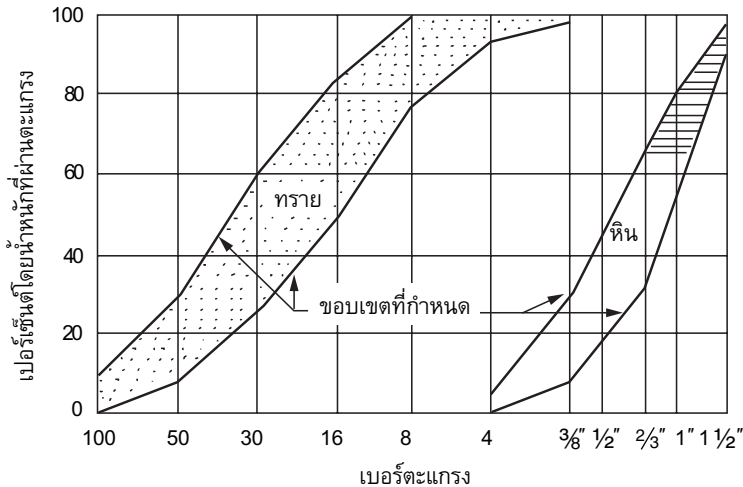


(ข) ตะแกรงร่อนทราย



(ค) ตะแกรงร่อนหินและกรวด

รูปที่ 1.9 แสดงเครื่องมือวิเคราะห์ขนาดเม็ดดิน



รูปที่ 1.10 กราฟแสดงส่วนคละที่เหมาะสมของหินและทรายตามมาตรฐาน ASTM C-33

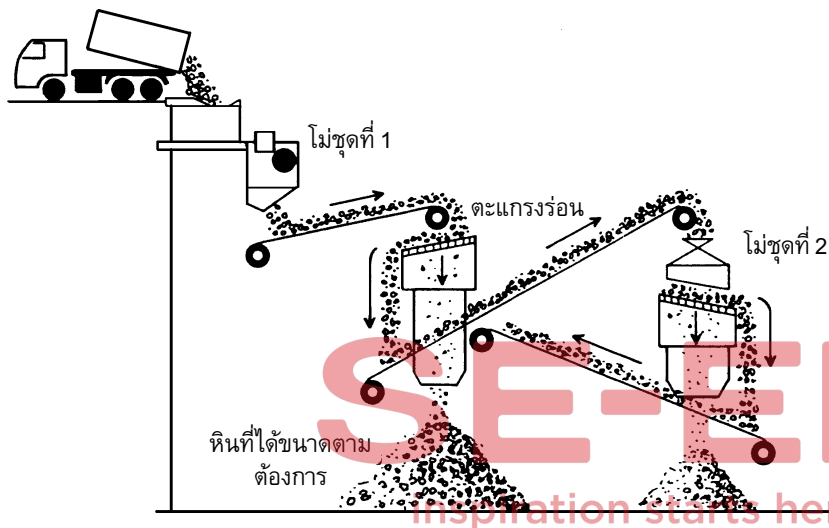


รูปที่ 1.11 ขนาดเม็ดหินและทรายตามตะแกรงร่อนมาตรฐาน

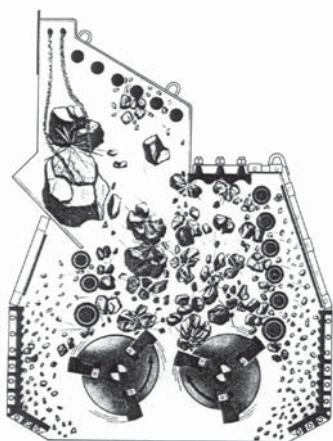
1.4 หินที่ใช้ในงานก่อสร้าง

หินที่ใช้ในงานก่อสร้างนั้นจะได้มาจากการระเบิดหินจากภูเขา ซึ่งจะต้องมีการสำรวจทางธรณีวิทยาเสียก่อนว่าหินนั้นเป็นชนิดหินปูน (Lime Stone) หรือไม่ เนื่องจากเป็นหินที่นิยมนำมาเย่อยใช้ในการงานคอนกรีต หลังจากนั้นจึงขอสัมปทานในการทำเหมืองหิน ทำการระเบิดหินออกมาแล้วลำเลียงเข้าสู่เครื่องเย่อยหิน (โม่) ชุดที่หนึ่ง หินที่มีขนาดเล็กกว่า 8 นิ้ว จะผ่านตะแกรงร่อนไปรวมกับหินที่เย่อยมาจากเครื่องเย่อยชุดที่หนึ่งไปสู่เครื่องเย่อยชุดที่สอง

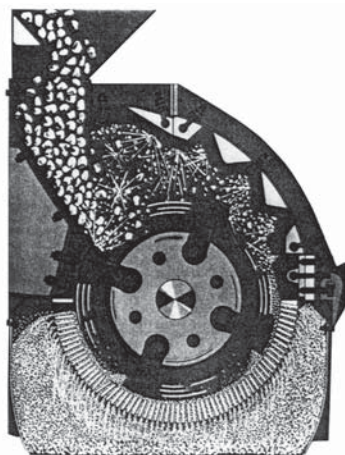
และชุดที่สาม เพื่อทำการย่อยหินให้เล็กลงอีกจนได้ขนาด 2 นิ้ว, 1½ นิ้ว, 1 นิ้ว, ¾ นิ้ว, ½ นิ้ว, ⅜ นิ้ว, หินเกล็ด, หินคลุก, และหินฝุ่น ตามที่ต้องการ ส่วนหินที่ยังไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการก็นำกลับไปสู่เครื่องย่อยใหม่อีกครั้ง หินและทรายโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักประมาณ 1,400-1,600 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ประมาณ 2.4-2.9 ขนาดของหินที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป คือ หินสอง หมายถึง หินที่มีขนาดระหว่าง 1-2 นิ้ว



รูปที่ 1.12 ขั้นตอนการย่อยหิน



(ก) เครื่องย่อยหินใหญ่



(ข) เครื่องย่อยหินเล็ก

รูปที่ 1.13 ภาพตัดภายในเครื่องย่อยหิน

ตารางที่ 1.1 ขนาดของหินย่อยตามมาตรฐาน ASTM-C 33

ขนาด (นิ้ว)	%ผ่านตะแกรง								
	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8
1/2"-No.4	—	—	—	—	100	90-100	40-70	0-15	0-5
3/4"-No.4	—	—	100	—	90-100	—	20-55	0-10	0-5
1"-No.4	—	—	95-100	100	—	25-60	—	0-10	0-5
1 1/2"-No.4	—	100	—	95-100	35-70	—	10-30	0-5	—
2"-No.4	100	95-100	—	35-70	—	10-30	—	0-5	—
1 1/2"-3/4"	—	100	90-100	20-55	0-15	—	0-5	—	—
2"-1"	100	95-100	35-70	0-15	—	0-5	—	—	—

1.5 ทรายที่ใช้ในงานก่อสร้าง

ทรายเป็นวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างได้หลายประเภท เช่น ผสมในคอนกรีต ปรับระดับพื้นดิน ปรับพื้นที่จัดสวน ผสมปูนก่ออิฐและฉาบผนัง ใช้ผสมคอนกรีตบล็อก ใช้ผสมในงานตบแต่ง เช่น หินขัด หินล้าง เป็นต้น ทรายที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปจะมีขนาดเม็ดระหว่าง 1.5-2 มิลลิเมตร น้ำหนักเมื่ออยู่ในสภาพแห้งจะหนักประมาณ 1,400-1,650 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และหนักประมาณ 1,800-2,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรเมื่ออยู่ในสภาพเปียก

แหล่งกำเนิดทราย ทรายแบ่งออกตามแหล่งที่เกิดได้ 2 ชนิด คือ

1. ทรายแม่น้ำ เป็นทรายที่เกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำพัดพาไหลไปตามแหล่งน้ำ โดยที่ทรายที่ยังมีขนาดใหญ่จะยังคงตกตะกอนอยู่บริเวณต้นน้ำ ส่วนทรายที่เม็ดเล็กก็จะถูกพัดพาไปตกบริเวณท้ายน้ำ ทรายแม่น้ำเป็นทรายที่สะอาดเนื่องจากการขัดสีไปตลอดทาง แต่ข้อเสียคือจะมีรูปร่างของเม็ดค่อนข้างกลม มีเหลี่ยมคมน้อย ทำให้เกิดการเกาะยึดในงานคอนกรีตได้ไม่ดีมากนัก การนำทรายแม่น้ำขึ้นมาใช้ต้องใช้เรือดูดทรายดูดขึ้นมาตามท่อแล้วปล่อยลงบนเรือบรรทุกแล้วนำไปส่งยังท่าทรายเพื่อจำหน่ายต่อไป ทรายที่ไม่สะอาดที่ยังมีเศษดินโคลนปะปนอยู่เราเรียกว่า ทรายขี้เป็ด หรือ ทรายถม ซึ่งนิยมเอาไปถมที่ปรับระดับ หรือใช้ถมเพื่องานจัดสวน

2. ทรายบก เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของหินทรายที่ถูกทับถมฝังอยู่ใต้ดิน หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ คือ แม่น้ำเกิดแห้งขอดแปรสภาพเป็นพื้นดินทับถมกันมาเป็นเวลานาน การนำทรายบกมาใช้งานจึงต้องทำการเปิดหน้าดินออกไปก่อน

ลึกประมาณ 2-10 เมตร เนื่องจากบริเวณหน้าดินจะมีซากพืชซากสัตว์ที่ตายทับถมกันอยู่ ทำให้ทรายไม่สะอาด หลังจากขุดลงไปลึกถึงระดับชั้นทรายแล้วก็จะเจอกับน้ำใต้ดิน ซึ่งวิธีการนำทรายบกขึ้นมานั้นก็ใช้เรือดูดทรายเช่นเดียวกันดูดขึ้นมาตามท่อ แล้วปล่อยลงกองบริเวณปากบ่อ จากนั้นก็ใช้รถบรรทุกกลีบล้อลำเลียงไปจำหน่ายต่อไป



(ก) ทรายแม่น้ำ



(ข) ทรายบก

รูปที่ 1.14 แหล่งที่มาของทราย

ประเภทของทราย แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ทรายหยาบ เป็นทรายที่ใช้สำหรับงานผสมคอนกรีตโครงสร้าง ลักษณะของเม็ดทรายจะใหญ่ มีเหลี่ยมมุมและแข็งแรง ขนาดของเม็ดทรายประมาณ 2-4.5 มิลลิเมตร แหล่งของทรายหยาบจะมาจากจังหวัดราชบุรี จังหวัดปทุมธานี และจังหวัดสิงห์บุรี

2. ทรายหยาบปานกลาง เป็นทรายที่ใช้สำหรับงานปูนก่อหรืองานคอนกรีตที่รับน้ำหนักไม่มากนัก ลักษณะของเม็ดทรายจะใหญ่น้อยกว่าทรายหยาบ มีเหลี่ยมมนน้อยลง ขนาดของเม็ดทรายประมาณ 1.5-2 มิลลิเมตร แหล่งของทรายหยาบปานกลางจะมาจากจังหวัดอ่างทอง

3. ทรายละเอียด เป็นทรายที่ใช้สำหรับงานปูนฉาบผนัง งานบัวปูนปั้น ลักษณะของเม็ดทรายค่อนข้างเล็กไม่เหมาะกับการที่ต้องแบกรับน้ำหนักมาก ๆ ขนาดของเม็ดทรายประมาณ 0.05-1.5 มิลลิเมตร แหล่งของทรายละเอียดจะมาจากจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

นอกจากหินและทรายที่กล่าวมาแล้ว ยังมี กรวด (Gravel) ซึ่งเกิดจากหินที่แตกแยก ผุพังและกลิ้งตกลงมาเรื่อย ๆ จนกระทั่งมาถึงสายน้ำและไหลไปกับลำน้ำในระหว่างนั้นก็มีการขัดสีกันไปจนความแหลมคมของหินหมดไปจนเกือบกลม ซึ่งเราเรียกว่า กรวด และสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ กรวดหยาบและกรวดละเอียด

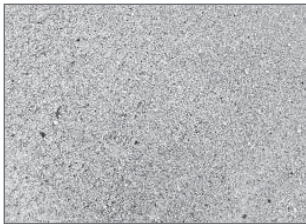
ถ้าไม่จำเป็นแล้วก็อย่าเอากรวดไปใช้ในงานโครงสร้างคอนกรีต เพราะไม่สามารถยึดเกาะได้ดีเท่ากับหิน แต่เอาไปใช้ในงานตกแต่งได้ เช่น พื้นผิวกรวดล้าง พ่นงูโนโซว์ เม็ดกรวด เป็นต้น



(ก) กรวดหยาบ



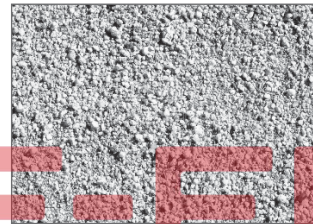
(ข) กรวดละเอียด



(ค) ทรายละเอียด



(ง) ทรายหยาบปานกลาง



(จ) ทรายหยาบ

รูปที่ 1.15 ลักษณะของทรายและกรวดแต่ละชนิด

ตารางที่ 1.2 ขนาดของกรวดและทรายตามมาตรฐานของ ASTM-D 2487

ขนาดของตะแกรงร่อน		ขนาดของเม็ด		ชนิดของ กรวดหรือทราย
ส่วนที่ผ่าน	ส่วนที่ค้าง	นิ้ว	มิลลิเมตร	
3"	¾"	0.75-3	19.0-75.0	กรวดหยาบ (Coarse Gravel)
¾"	No.4	0.19-0.75	4.75-19.0	กรวดละเอียด (Fine Gravel)
No.4	No.10	0.079-0.19	2.00-4.75	ทรายหยาบ (Coarse Sand)
No.10	No.40	0.016-0.079	0.425-2.00	ทรายปานกลาง (Medium Sand)
No.40	No.200	0.0029-0.016	0.075-0.425	ทรายละเอียด (Fine Sand)
No.200	—	< 0.0029	<0.075	ฝุ่น (Silt, Clay)

1.6 สมบัติที่ต้องการของหินและทราย ในงานวิศวกรรมก่อสร้าง

เนื่องจากหินและทราย (อาจเรียกว่า *วัสดุมวลรวม* หรือ *วัสดุคละ*) มีอัตราส่วนถึง 3 ใน 4 ส่วนของปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างหนึ่งหน่วย และถึงแม้ว่าวัสดุมวลรวมจะเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายก็ตาม ถ้าปราศจากการตรวจสอบคัดแยกวัสดุให้มีสมบัติที่ถูกต้องแล้ว ย่อมทำให้งานก่อสร้างนั้นๆ ขาดคุณภาพและอาจก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยได้ ดังนั้น สมบัติของหินและทรายที่จะต้องตรวจสอบก่อนนำไปใช้งาน มีดังนี้

1. ความสะอาด หินและทรายที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างต้องมีความสะอาด ปราศจากฝุ่นและสารอินทรีย์ต่างๆ เจือปน เพราะถ้ามีจะทำให้การยึดเกาะของเนื้อคอนกรีตด้อยกำลังลง ซึ่งความสะอาดของหินและทรายนี้จะสามารถทดสอบได้ในห้องปฏิบัติการ โดยการแช่วัสดุลงในน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 3% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเทียบสีกับสีมาตรฐาน ในงานภาคสนามอาจสังเกตด้วยตาเปล่า ถ้าพบว่าไม่สะอาดก็อาจสั่งการให้คนงานนำวัสดุไปล้างน้ำสะอาดเสียก่อน ก่อนที่จะนำไปผสมในคอนกรีต

2. การขนย้ายและกองเก็บ คอนกรีตที่สามารถรับกำลังได้ดีจะต้องมีเนื้อผสมที่สม่ำเสมอ กล่าวคือหินและทรายที่ใช้ผสมต้องควบคุมการกองเก็บ ไม่ให้มีขนาดที่แตกต่างจากที่อื่นเข้ามาปะปน หรือในกรณีการลำเลียงจากที่สูงแล้วปล่อยลงมาผสมกับคอนกรีตในที่ต่ำ ก็อาจทำให้หินและทรายเกิดการแยกขนาดขึ้นได้ รวมทั้งต้องป้องกันสิ่งสกปรกหรือดินโคลนไม่ให้เข้ามาภายในบริเวณที่กองเก็บ

3. ให้อิฐขนาดเม็ดใหญ่ที่สุด (Maximum Size of Aggregate) เนื่องจากหินและทรายเป็นวัสดุผสมหลักในคอนกรีตที่ทำหน้าที่แบกรับน้ำหนัก ฉะนั้นยังใช้ก้อนใหญ่ที่สุดได้ก็จะยิ่งดีและยังเป็นการประหยัดทำให้ใช้ปูนซีเมนต์น้อยลง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นขนาดก้อนใหญ่ที่สุดที่เลือกใช้นั้น ต้องเหมาะสมกับขนาดของชิ้นส่วนโครงสร้างแต่ละส่วนด้วย ซึ่งสามารถเลือกปฏิบัติตามแนวทางมาตรฐานของ ACI. ได้ หรือตามแนวทางในตารางที่ 1.3

4. ความแข็งแรง (Strength) หินและทรายจะต้องมีความสามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่ากำลังของคอนกรีตที่ต้องการ โดยปกติหินและทรายที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างมักจะมีค่าความแข็งแรงกว่าคอนกรีตอยู่แล้ว เช่น สามารถรับแรงกดได้ถึง 700-3,500 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

5. ความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี (Impact & Abrasion Resistance)

งานคอนกรีตเป็นงานที่ต้องพบกับการกระแทกและเสียดสีอยู่ตลอดเวลา เช่น งานถนน สะพาน พื้นโรงงาน ฉะนั้นถ้าวัสดุหินและทรายไม่มีสมบัติในข้อนี้ งานคอนกรีตโครงสร้างส่วนนั้นก็ย่อมชำรุดเสียหายได้ง่าย ในห้องปฏิบัติการสามารถทดสอบสมบัตินี้ได้ด้วย เครื่องทดสอบ Los-Angeles Abrasion Test โดยยอมให้มีการแตกของวัสดุได้ไม่เกิน 50%

6. ความคงตัวต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability)

เหตุผลหลักที่เลือกใช้หินและทรายเป็นส่วนผสมในงานคอนกรีต เพราะหินและทรายจัดเป็นวัสดุเฉื่อย คือ ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ แต่ในบางแหล่งของหินและทรายอาจทำปฏิกิริยากับด่างของปูนซีเมนต์ ทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวแตกร้าวได้

7. รูปร่างและลักษณะผิว (Particle Shape & Surface Texture)

ลักษณะก้อนของหินและทรายจะต้องไม่แบนหรือยาวเกินไป ทรวดทรงของก้อนควรจะเป็นลักษณะทรงกลมเหลี่ยม เพื่อช่วยให้การผสมและการเทคอนกรีตทำได้ง่าย (Workability) ช่วยลดการลื่นเปeling ของปูนซีเมนต์ ช่วยทำให้การยึดเหนี่ยวภายในเนื้อคอนกรีตเกาะติดแน่น วัสดุที่มีรูปร่างแบนและยาวเกินมาตรฐานไม่ควรมีเกิน 15% โดยน้ำหนัก ซึ่งเราสามารถทดสอบได้ในห้องปฏิบัติการ

inspiration starts here

8. ความลดหลั่นของขนาดหรือส่วนคละ (Gradation)

หินหรือทรายมีการกระจายขนาดต่าง ๆ ลดหลั่นกันอย่างพอเหมาะ ทำให้เกิดการสอดแทรกกันระหว่างเม็ดเล็กกับเม็ดใหญ่ในบริเวณที่เป็นช่องว่าง ทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นรับกำลังได้ดี ลดการลื่นเปeling ของปูนซีเมนต์ ซึ่งเราสามารถทดสอบส่วนคละที่ดีได้ในห้องปฏิบัติการ

9. การดูดซึมและความชื้นกักผิว (Moisture & Absorption)

ผิวของหินและทรายจะเป็นลักษณะรูพรุน ในการนำวัสดุหินและทรายไปใช้ผสมในงานคอนกรีต จึงต้องพิจารณาถึงอัตราการเติมน้ำผสมด้วย เนื่องจากรูพรุนที่ผิวของวัสดุจะเป็นตัวดูดเก็บความชื้นไว้ มีผลทำให้ต้องพิจารณาเกี่ยวกับการพองตัวของวัสดุ และการเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำในสภาพอากาศชื้นหรือแห้ง สามารถทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมความชื้นได้ในห้องปฏิบัติการ

10. ความถ่วงจำเพาะ ค่าย่อ ก.พ. (Specific Gravity)

คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของวัสดุต่อความหนาแน่นของน้ำ ความถ่วงจำเพาะเป็นตัวบ่งบอกถึงแร่ธาตุที่เป็นส่วนผสมของหินหรือทราย และลักษณะของรูพรุนที่ผิวของวัสดุ สำหรับในประเทศไทย ความถ่วงจำเพาะทั่วไปของหินประมาณ 2.7 และความถ่วงจำเพาะของทรายประมาณ 2.65

ตารางที่ 1.3 ขนาดใหญ่สุดของวัสดุผสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ

ขนาดความหนา ของโครงสร้าง (ซม.)	ขนาดใหญ่สุดของวัสดุผสม							
	คาน, ผนัง และเสา คอนกรีตเสริมเหล็ก		ผนังคอนกรีต ไม่เสริมเหล็ก		พื้นถนน คสล. รับน้ำหนักมาก		พื้นคอนกรีต คสล. รับน้ำหนักน้อย	
	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.
5-15	1/2-3/4	12-19	3/4	19	3/4-1	19-25	3/4-1 1/2	19-38
15-30	3/4-1 1/2	19-38	1 1/2	38	1 1/2	38	1 1/2-3	38-75
30-75	1 1/2-3	38-75	3	75	1 1/2-3	38-75	3	75
> 75	1 1/2-3	38-75	6	150	1 1/2-3	38-75	3-6	17-150

ตารางที่ 1.4 น้ำหนักของวัสดุงานดิน หิน และทรายโดยประมาณ

ชนิดวัสดุ	หน่วยน้ำหนัก (กก./ลบ.ม.)	ชนิดวัสดุ	หน่วยน้ำหนัก (กก./ลบ.ม.)
ดินร่วนอัดแน่น	1,500	หินย้อย	1,500
ดินร่วนเกลี้ยงหัว	1,200	หินปูน	2,550
ดินร่วนขึ้น	1,280	หินอัคนี	2,650
ดินเหนียวแห้ง	1,200-1,300	หินทราย	2,400
ดินเหนียวเปียก	1,500-1,750	กรวด	1,600
ดินเหนียวปนกรวด	1,600-1,700	ทรายแห้ง	1,500
ดินโคลน	1,500-1,700	ทรายเปียก	680-1,850
ดินเลน	900-1,100	ทรายปนกรวดอัดแน่น	1,700
น้ำที่อุณหภูมิ 100 °C	958.38	น้ำทะเล	1,025
น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C	999.99	น้ำฝนหรือน้ำบริสุทธิ์	1,000

ตารางที่ 1.5 น้ำหนักบรรทุกที่ดินรับได้โดยประมาณ

ประเภทของดิน	น้ำหนักที่รับได้ (กก./ตร.ม.)
ดินอ่อน หรือดินถม	*2,000
ดินแข็งปานกลาง หรือทรายร่วน	10,000
ดินแน่น หรือทรายหยาบ	20,000
กรวด หรือดินดาน	40,000
หินปูน หรือหินทราย	80,000
หินอัคนี	150,000

หมายเหตุ : * ถ้าไม่แน่ใจ หรือต้องการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกให้สูงกว่านี้ ต้องแสดงผลการทดสอบโดยหน่วยงาน
ที่เชื่อถือได้ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตามกฎกระทรวงควบคุมอาคาร ฉบับที่ 6/2527 ข้อที่ 18



1. จงอธิบายถึงแหล่งกำเนิดของหิน ททราย และดิน
2. จงให้คำนิยามของคำว่า ดิน
3. การนำวัสดุหินและทรายมาใช้ในการงานวิศวกรรมก่อสร้างนั้นต้องตรวจสอบสมบัติในด้านใดบ้าง จงอธิบายถึงความสำคัญของแต่ละสมบัติ
4. ททรายในงานก่อสร้างมีกี่ประเภท แต่ละประเภทเหมาะสำหรับงานแบบใด และมีวิธีแยกแยะขนาดได้อย่างไร
5. หินในงานก่อสร้างทั่วไปใช้หินขนาดใด และทำไมจึงเลือกใช้หินในงานคอนกรีตโครงสร้าง
6. จงอธิบายถึงแหล่งกำเนิด ลักษณะ และองค์ประกอบของหินอัคนี หินชั้น และหินแปร
7. จงยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชิ้นงานที่เป็นหินอัคนี หินชั้น และหินแปร ที่มีใช้ในงานก่อสร้างมาอย่างละ 2 ชนิด

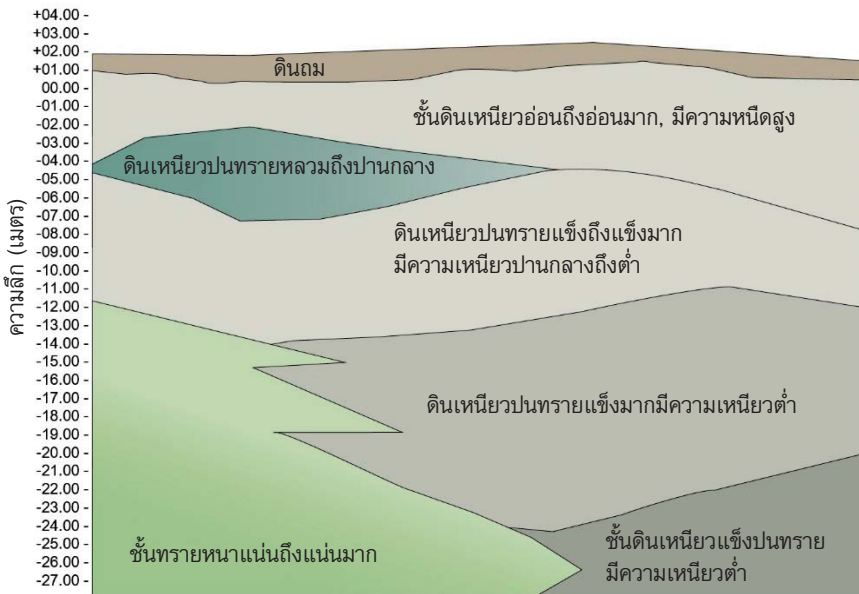
SE-ED
inspiration starts here

ฐานรากและเสาเข็ม

2

ดังที่ทราบกันมาแล้วว่าสภาพพื้นดินในโลกเรานั้นมีความหลากหลาย เกิดจากการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนไหวของพื้นพิภพอยู่เป็นระยะๆ ทำให้เกิดการพัดพาทับถมจนเกิดสภาพชั้นดินในแต่ละท้องถิ่นแตกต่างกันไป สำหรับประเทศไทยในเขตภาคกลางบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา-บางปะกงตั้งแต่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาจนถึงทะเลนั้นสันนิษฐานว่าเป็นทะเลมาก่อนและเกิดการทับถมของดินเหนียวและทรายสลับกันเป็นชั้นๆ ลักษณะของชั้นดินแบบนี้คล้ายกับมีสปริงเมื่อรับน้ำหนัก ซึ่งถ้าเกิดแผ่นดินไหวก็จะไม่รุนแรง จากข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์พบว่าในเขตกรุงเทพมหานครมีระดับพื้นดินสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1.50 เมตร ดังนั้นเมื่อเราขุดดินลงไปลึกประมาณ 1-2 เมตร ก็จะพบน้ำใต้ดินแล้วและจะเป็นดินเหนียว จากความลึก 2-14 เมตรจะเป็นดินเหนียวอ่อนอุ้มน้ำมาก ที่ความลึก 14-21 เมตรเป็นดินเหนียวแข็ง จนถึงความลึก 21 เมตรลงไปจะเป็นชั้นดินเหนียวปนทรายที่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจากอาคารได้ดี และเมื่อขุดลึกลงไปเรื่อยๆ ก็จะเป็นชั้นดินเหนียวแข็งมากสลับกับชั้นทรายไปเรื่อยๆ ตามสภาพของแต่ละท้องถิ่น

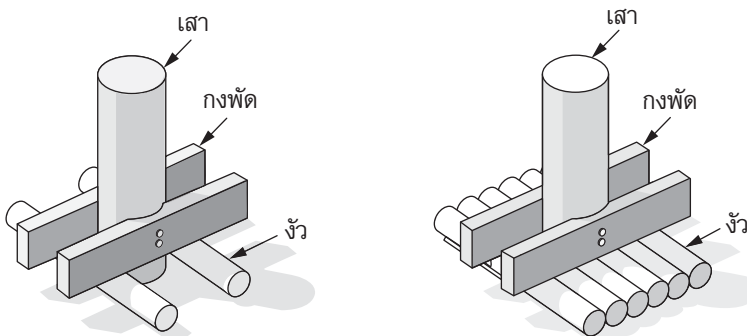
ระดับน้ำทะเลปานกลาง



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างชั้นดินทั่วไปในเขตลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง บริเวณจังหวัดสมุทรสาคร

2.1 ประเภทของฐานราก (Footing Type)

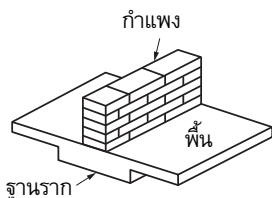
ฐานราก คือ โครงสร้างส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ทำหน้าที่แบกรับน้ำหนักจากเสาอาคาร แล้วถ่ายลงสู่ดิน ในสมัยโบราณการก่อสร้างบ้านเรือนก็อาจใช้ท่อนซุงมาวางเรียงกันเป็นหลุมเพื่อแบกรับน้ำหนัก หรือใช้ไม้ตียึดเป็นรูปกากบาทที่โคนเสาเพื่อให้เสาสามารถต้านทานน้ำหนักและไม่ทรุดตัวเร็ว ในปัจจุบันนี้ฐานรากมักเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กแทบทั้งหมด เพราะก่อสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และมีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้ดี



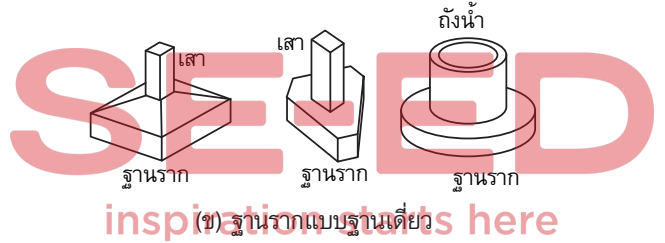
รูปที่ 2.2 การเสริมความแข็งแรงของฐานรากสมัยโบราณ

การแบ่งประเภทของฐานราก สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

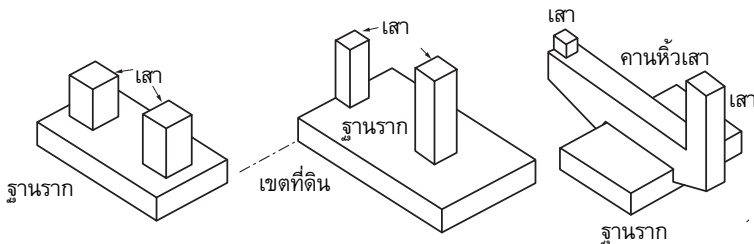
1. ฐานรากแผ่ (Spread Footing) คือ ฐานรากที่แบกรับน้ำหนักจากตัวอาคารแล้ว ถ่ายน้ำหนักลงสู่ชั้นดินนั้นโดยตรง ดังนั้นการเลือกใช้ฐานรากแผ่จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยทางด้านขนาดของน้ำหนักที่บรรทุกจากอาคารว่ามีมากหรือไม่ และกลสมบัติของชั้นดินที่สามารถแบกรับน้ำหนักในท้องถิ่นนั้น ๆ เช่น ในบริเวณภาคกลางและเขตกรุงเทพมหานคร กำหนดให้ชั้นดินมีความสามารถในการรับน้ำหนักปลอดภัยได้ 2 ตัน/ตารางเมตร ภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคใต้ ชั้นดินจะมีความสามารถรับน้ำหนักปลอดภัยได้ประมาณ 8-15 ตัน/ตารางเมตร และบริเวณที่อยู่ใกล้เชิงเขาหรือหาดทราย จะสามารถรับน้ำหนักปลอดภัยได้โดยประมาณ 15-30 ตัน/ตารางเมตร แต่การกำหนดความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่แท้จริงของแต่ละพื้นที่ ต้องทำการทดสอบด้วยเครื่องมือขุดเจาะดินและคำนวณรับรองโดยวิศวกรปฐพีเท่านั้น



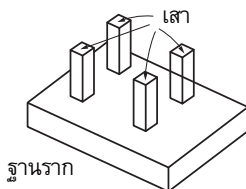
(ก) ฐานรากแบบได้กำแพง



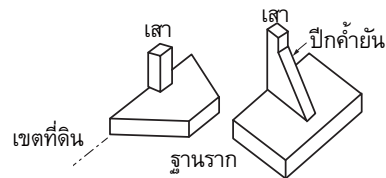
(ข) ฐานรากแบบฐานเดี่ยว



(ค) ฐานรากร่วม



(ง) ฐานรากปุกพร

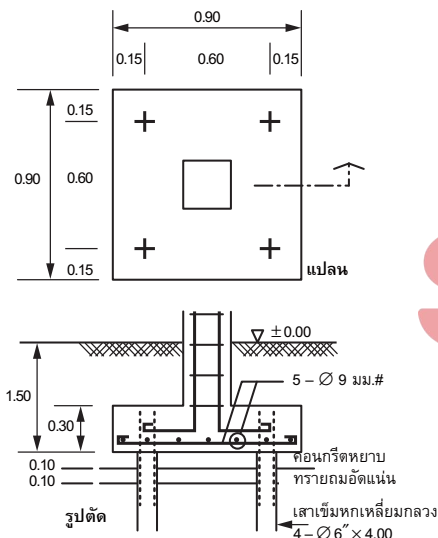


(จ) ฐานรากดินเปิด

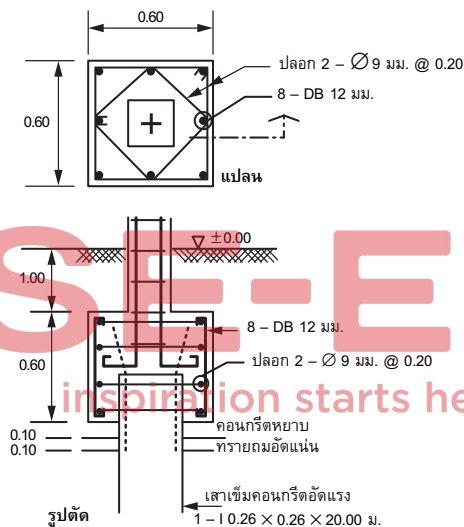
รูปที่ 2.3 รูปแบบต่างๆ ของฐานรากแผ่

(ที่มา : สมศักดิ์ คำปลิว, 2527)

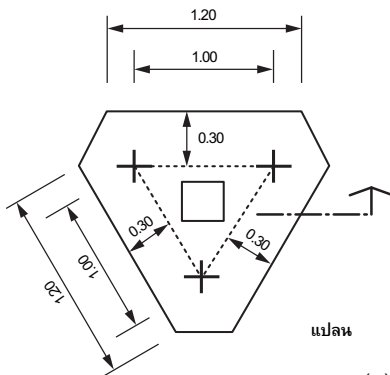
2. ฐานรากเข็ม (Pile Footing) คือ ฐานรากที่แบกรับน้ำหนักจากตัวอาคารแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่ตัวเสาเข็มก่อน จากนั้นเสาเข็มก็จะทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักลงสู่ชั้นดินที่ลึกลงไป การเลือกใช้ฐานรากที่ต้องมีเสาเข็มมารองรับนี้ จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยทางด้านขนาดของน้ำหนักที่บรรทุกว่ามีมากเกินกว่ากลสมบัติของชั้นดินจะรับได้หรือไม่ ถ้ากลสมบัติของชั้นดินในท้องถิ่นนั้นๆ อ่อนตัวมากๆ ถ้าไม่ใช่เสาเข็มมารองรับก็อาจทำให้ตัวอาคารนั้นๆ ทรงตัวอยู่ไม่ได้ เหมือนกับการที่เราเอาเก้าอี้ซึ่งมีสี่ขาและแข็งแรงดีไปวางลงบนดินเลน ไม่ช้าเก้าอี้นั้นก็อาจจะเอียงตัวจนล้มไปได้ แต่ถ้าเราต่อขาเก้าอี้ให้ยาวขึ้นจนทะลุชั้นดินเลนนั้นลงไป ก็จะพบกับชั้นดินที่แข็งขึ้นเป็นผลให้เก้าอี้นั้นมีเสถียรภาพทรงตัวอยู่ได้



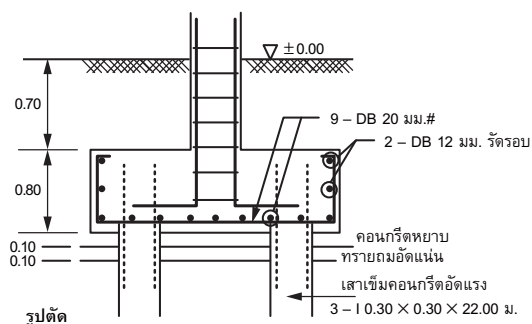
(ก) ฐานรากเข็มสั้น



(ข) ฐานรากเข็มยาวต้นเดียว



(ค) ฐานรากเข็มยาวหลายต้น

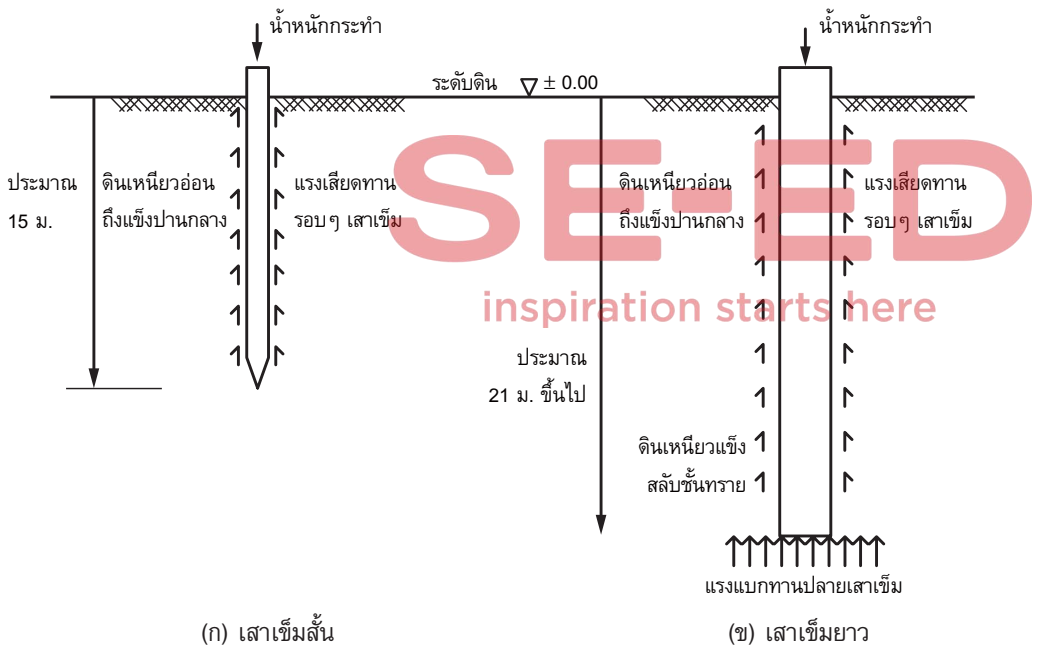


รูปที่ 2.4 รูปแบบต่างๆ ของฐานรากเข็ม

2.2 ประเภทของเสาเข็ม (Piling Type)

ฐานรากเข็ม ยังแบ่งประเภทของเสาเข็มที่มารองรับได้อีก 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ฐานรากเสาเข็มสั้น (Friction Pile Footing) เป็นฐานรากที่แบกรับน้ำหนักไม่มากนักและก่อสร้างอยู่บนชั้นดินอ่อน เช่น อาคารบ้านพักอาศัยทั่วไปที่ปลูกสร้างในเขตภาคกลาง การแบกรับน้ำหนักของเสาเข็มสั้น จะอาศัยความเสียดทาน (Friction) ของดินที่มาเกาะรอบๆ ตัวเสาเข็มเท่านั้น (ดูรูปที่ 2.4 (ก)) ความยาวของเสาเข็มสั้นที่สะดวกต่อการปฏิบัติงานโดยทั่วไปมีความยาวประมาณ 6-16 เมตร ถ้าความยาวไม่เกิน 6 เมตร ก็สามารถใช้แรงงานคนและสามเกลอตอกลงไปได้ แต่ถ้ายาวมากกว่า 6 เมตรขึ้นไปจะต้องใช้ปั้นจั่นเป็นเครื่องตอก



รูปที่ 2.5 พฤติกรรมการแบกรับน้ำหนักของเสาเข็ม

2. ฐานรากเสาเข็มยาว (End Bearing Pile Footing) เป็นฐานรากที่ต้องแบกรับน้ำหนักมากและก่อสร้างอยู่บนชั้นดินอ่อนโดยเฉพาะในเขตภาคกลาง เช่น อาคารสำนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม โรงแรม ห้างสรรพสินค้า ฯลฯ การแบกรับน้ำหนักของเสาเข็มยาว ต้องอาศัยทั้งความเสียดทานของดิน และการแบกรับน้ำหนักที่ปลายเสาเข็ม (Bearing) ที่จะหยั่งถึงชั้นทรายในระดับความลึกประมาณ 20 เมตรขึ้นไป (ดูรูปที่ 2.4 (ข)) ความยาวของเสา

เข็มยาวที่ยาวมากกว่า 20 เมตรนั้น ในทางปฏิบัติมักแบ่งเป็น 2 ท่อนต่อเชื่อมกัน ด้วยเหตุผลหลัก ๆ คือ การขนส่งลำเลียงค่อนข้างสะดวกที่สุด จากนั้นค่อยๆ ตอกลงไปด้วยเครื่องตอกปั้นจั่นและต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรโครงสร้างผู้ออกแบบหรือวิศวกรที่ปรึกษาประจำโครงการนั้นๆ ก่อนเสมอ เพราะการใช้เสาเข็มสองท่อนต่อกันอาจเกิดปัญหาเสาเข็มเคลื่อนหลุดออกจากกันได้ภายหลัง และจะเป็นผลให้อาคารนั้นทรุดตัวหรือเอียงตัวจนชำรุดแตกร้าวอยู่อาศัยไม่ได้ หรือต้องเสียค่าใช้จ่ายซ่อมแซมอาคารอย่างมาก

2.3 เสาเข็มสั้น (Friction Pile)

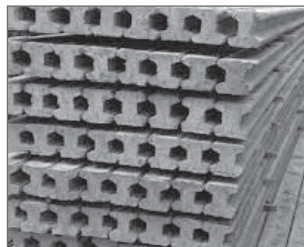
เสาเข็มสั้น สามารถแบ่งออกตามชนิดของวัสดุได้ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. เสาเข็มไม้ ไม้ที่นำมาทำเป็นเสาเข็มในปัจจุบันนี้ คือ ไม้สนและไม้ยูคาลิปตัส ขนาดของเสาเข็มไม้โดยทั่วไป จะมีลัดส่วนหน้าตัดสัมพันธ์กับความยาว เช่น $\varnothing 2$ นิ้ว $\times$ 2.00 เมตร, $\varnothing 3$ นิ้ว $\times$ 3.00 เมตร, $\varnothing 4$ นิ้ว $\times$ 4.00 เมตร, $\varnothing 5$ นิ้ว $\times$ 5.00 เมตร และขนาดสูงสุดคือ $\varnothing 6$ นิ้ว $\times$ 6.00 เมตร เพราะถ้าใช้เสาเข็มไม้ขนาดที่ใหญ่กว่านี้จะหาไม้ได้ยากและมีราคาแพง

2. เสาเข็มคอนกรีต เสาเข็มคอนกรีตมีผลิตขายในหลายรูปร่าง เช่น รูปตัวที (T) รูปตัวไอ (I) รูปหกเหลี่ยมกลวง และรูปสี่เหลี่ยมตัน ขนาดหน้าตัดทั่วไปคือ 12×12 เซนติเมตร 15×15 เซนติเมตร และ 18×18 เซนติเมตร ส่วนความยาวสามารถสั่งซื้อได้ตั้งแต่ 8 เมตร ถ้าความยาวมากกว่านี้ ลัดส่วนขนาดความพอมชะลุดของเสาเข็มก็จะไม่เหมาะสมและจะแตกหักได้ง่าย



(ก) เสาเข็มหกเหลี่ยมกลวง



(ข) เสาเข็มรูปตัวไอ



(ค) เสาเข็มรูปตัวที

รูปที่ 2.6 ลักษณะทั่วไปของเสาเข็มสั้นชนิดต่างๆ



(ง) เสาเข็มสี่เหลี่ยมตัน



(จ) เสาเข็มไม้สน, ไม้ยูคาลิปตัส

รูปที่ 2.6 (ต่อ) ลักษณะทั่วไปของเสาเข็มล้นชนิดต่างๆ

ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มล้น

จากกฎกระทรวงควบคุมอาคารฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 กำหนดไว้ว่าถ้าไม่มีผลทดสอบจริงมายืนยัน ให้ใช้ค่าความผิดหรือเสียดทานของดินรอบๆ เสาเข็ม มีอยู่ 2 กรณี ดังนี้

1. ดินที่อยู่ในระดับความลึกไม่เกิน 7 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ให้ใช้หน่วยแรงผิดของดินไม่เกิน 600 กิโลกรัม/ตารางเมตร

วิธีคำนวณหาความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็ม เช่น เสาเข็มขนาด $\varnothing 6$ นิ้ว $\times 6.00$ เมตร จะคำนวณหาได้โดยการเอาเส้นรอบรูปเสาเข็ม คูณกับความยาวเสาเข็ม แล้วคูณกับค่าหน่วยแรงผิดที่กำหนดไว้ ดังนี้

$$\pi (0.15) \times 6.00 \times 600 = 1,696 \Rightarrow 1,700 \text{ กิโลกรัม/ตัน}$$

โดยสรุป เสาเข็มขนาด $\varnothing 6$ นิ้ว $\times 6.00$ รับน้ำหนักปลอดภัยได้ 1,700 กิโลกรัม/ตัน

$\varnothing 5$ นิ้ว $\times 5.00$ รับน้ำหนักปลอดภัยได้ 1,200 กิโลกรัม/ตัน

$\varnothing 4$ นิ้ว $\times 4.00$ รับน้ำหนักปลอดภัยได้ 750 กิโลกรัม/ตัน

$\varnothing 3$ นิ้ว $\times 3.00$ รับน้ำหนักปลอดภัยได้ 400 กิโลกรัม/ตัน

เป็นต้น

2. ดินที่อยู่ลึกกว่า 7 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ให้ใช้ค่าหน่วยแรงผิดของดินตามสมการที่กำหนดให้ ดังนี้

$$\text{หน่วยแรงผิดดิน} = 600 + (200e) \dots \dots \dots (\text{กิโลกรัม/ตารางเมตร})$$

เมื่อ e = ความยาวของเสาเข็มส่วนที่เกินจาก 7 เมตร

วิธีคำนวณหาความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ลึกเกิน 7 เมตร โดยสมมติให้เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ $I - 0.22 \times 0.22 \times 15.00$ จะสามารถรับกำลังได้เท่าไรคำนวณได้ ดังนี้

- การรับน้ำหนักในช่วง 7 เมตรแรก

$$= 0.22 \times 4 \times 7 \times 600$$

$$= 3,696 \text{ กิโลกรัม/ตัน}$$

แต่หน่วยแรงฟืดของดินที่ความลึก 7 เมตร

$$= 600 \text{ กิโลกรัม/ตารางเมตร}$$

และหน่วยแรงฟืดของดินที่ความลึก 15 เมตร

$$= 600 + (220e)$$

$$= 600 + (220 \times 8)$$

$$= 2,360 \text{ กิโลกรัม/ตารางเมตร}$$

∴ หน่วยแรงฟืดของดินเฉลี่ยจาก 7-15 เมตร

$$= \frac{(600 \times 2,360)}{2}$$

$$= 1,480 \text{ กิโลกรัม/ตารางเมตร}$$

- การรับน้ำหนักในช่วงเฉลี่ย 7-15 เมตร

$$= 0.22 \times 4 \times 8 \times 1,480$$

$$= 10,419 \text{ กิโลกรัม/ตัน}$$

∴ ความสามารถในการรับน้ำหนักปลอดภัยโดยรวมของ

$$\text{เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ I} - 0.22 \times 0.22 \times 15.00$$

$$= 3,696 + 10,419$$

$$= 14,115 \text{ กิโลกรัม/ตัน เป็นต้น}$$

2.4 เสาเข็มยาว (Bearing Pile)

เสาเข็มยาว สามารถแบ่งออกตามชนิดของการก่อสร้างได้ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. เสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรง (Prestress Concrete Piling) เสาเข็มตอก

คอนกรีตอัดแรงในปัจจุบันมีการผลิตขายกันหลายบริษัท และมีหน้าตัดต่างๆ กัน เช่น สี่เหลี่ยมตัน รูปตัวไอ และรูปวงกลมกลวง สำหรับเสาเข็มรูปวงกลมกลวงจะเป็นเสาเข็มที่รับกำลังได้สูงเป็นพิเศษ เรียกว่า *เสาเข็มสปัน (Spun Pile)* ในปัจจุบันนี้มีบริษัทที่ผลิตอยู่

เช่น UNICO, PACO และ TNC หน้าตัดเสาเข็มที่เล็กที่สุดที่ควรนำมาใช้ในงานอาคารที่ต้องรับน้ำหนักมากๆ คือ ขนาด 0.26×0.26 เมตร ไม่ควรใช้หน้าตัดที่เล็กกว่านี้เพราะจะแตกหักเสียหายได้ง่ายในขณะทำการก่อสร้าง ส่วนความยาวของเสาเข็มตอกอยู่ในระหว่าง 20-30 เมตร (กรณีในเขตภาคกลาง) หรือความยาวของเสาเข็มตอกอยู่ในระหว่าง 6-15 เมตร (กรณีเป็นชั้นดินแข็งหรือชั้นทราย เช่น ในเขตภาคเหนือ-อีสาน หรือภาคใต้) แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ยาวกว่านี้วิศวกรผู้ออกแบบก็จะเปลี่ยนไปเป็นเสาเข็มเจาะแทน เนื่องจากการตอกเสาเข็มจะตอกลงไปได้ค่อนข้างยาก และอาจทำให้ตัวเสาเข็มเองชำรุดเสียหายได้



(ก) เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ



(ข) เสาเข็มหน้าตัดกลมกลวง (เสาเข็มสปัน)

รูปที่ 2.7 สภาพทั่วไปของการขนส่งงานเสาเข็มตอก



(ก) วิธีเตรียมการตัดหัวเสาเข็ม



(ข) การตัดที่เหล็กลึกเดียวเสริมพิเศษ (Extra Dowel)

รูปที่ 2.8 การตัดหัวเสาเข็มที่ถูกต้องและเรียบร้อย

ตารางที่ 2.1 การรับกำลังแบกทานโดยประมาณของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงในเขตภาคกลาง

รูปแบบ หน้าตัด	ขนาดและความยาว (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	เส้นรอบรูป (ซม.)	น้ำหนัก (กก./ม.)	รับน้ำหนัก ปลอดภัย (ตัน)
สี่เหลี่ยมตัน	0.15 × 0.15 × 4.00 – 8.00	223	58	54	4-6
รูปตัวโอ	0.18 × 0.18 × 4.00 – 14.00	242	72	58	6-8
สี่เหลี่ยมตัน	0.18 × 0.18 × 7.00 – 21.00	322	70	78	10-15
รูปตัวโอ	0.20 × 0.20 × 7.00 – 21.00	288	101	69	15-20
สี่เหลี่ยมตัน	0.20 × 0.20 × 7.00 – 21.00	398	78	96	15-20
รูปตัวโอ	0.22 × 0.22 × 7.00 – 21.00	342	107	82	20-25
สี่เหลี่ยมตัน	0.22 × 0.22 × 7.00 – 21.00	480	85	115	20-25
รูปตัวโอ	0.26 × 0.26 × 7.00 – 23.00	522	117	125	25-30
สี่เหลี่ยมตัน	0.26 × 0.26 × 7.00 – 23.00	674	102	162	30-35
รูปตัวโอ	0.30 × 0.30 × 7.00 – 23.00	662	136	159	30-35
สี่เหลี่ยมตัน	0.30 × 0.30 × 7.00 – 23.00	896	117	215	35-45
รูปตัวโอ	0.35 × 0.35 × 7.00 – 25.00	881	159	211	35-45
สี่เหลี่ยมตัน	0.35 × 0.35 × 7.00 – 25.00	1,221	136	293	40-50
รูปตัวโอ	0.40 × 0.40 × 7.00 – 25.00	1,247	189	299	45-55
สี่เหลี่ยมตัน	0.40 × 0.40 × 7.00 – 25.00	1,596	157	383	55-60
รูปตัวโอ	0.45 × 0.45 × 7.00 – 26.00	1,466	211	352	50-55
สี่เหลี่ยมตัน	0.45 × 0.45 × 7.00 – 26.00	2,021	177	485	60-70

หมายเหตุ : น้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยตามตารางข้างบนนี้ เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้นความสามารถในการรับน้ำหนักปลอดภัยที่แท้จริง จะขึ้นอยู่กับความสามารถของดินและความลึกของหัวเข็มแต่ละท่อนซึ่งต้องทำการเจาะสำรวจดินในพื้นที่และคำนวณรับรองโดยวิศวกรปฐพี

2. เสาเข็มเจาะคอนกรีตเสริมเหล็ก ยังแบ่งออกได้เป็นอีก 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ



รูปที่ 2.9 การเจาะเสาเข็มขนาดเล็กแบบแห้ง

(1) เสาเข็มเจาะขนาดเล็ก (Small Bored Pile) หรือชาวบ้านเรียกว่า เสาเข็มเจาะ

3 ขา เป็นเสาเข็มเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 35-60 เซนติเมตร สามารถเจาะได้ลึกประมาณ 20-25 เมตรซึ่งเป็นชั้นดินปนทรายชั้นแรก และจะเริ่มมีน้ำใต้ดินไหลซึมอยู่ทำให้เจาะลึกกว่านี้ไม่ได้แล้ว เราจึงเรียกเสาเข็มเจาะขนาดเล็กนี้ว่าเป็น ระบบแบบแห้ง (Dry Process) การเลือกใช้เสาเข็มเจาะขนาดเล็กนี้ใช้เพื่อทดแทนเสาเข็มตอกยาว ด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น ไม่สามารถขนส่งเสาเข็มตอกเข้าพื้นที่ก่อสร้างได้ การตอกเสาเข็มจะก่อให้เกิดแรงสั่นสะเทือนและเสียงดังทำให้ชุมชนไม่ยินยอม สถานที่ที่จะเข้าไปตอกเสาเข็มนั้นคับแคบไม่สามารถให้เครื่องปั้นจั่นเข้าไปตอกได้ หรือใช้เพื่องานซ่อมแซมอาคารเดิม ซึ่งไม่สามารถเอาเสาเข็มตอกยาวเข้าไปตอกในอาคารเดิมได้

ข้อควรระวัง : ในเขตที่ลุ่มภาคกลางมักจะพบชั้นน้ำใต้ดินก่อนที่จะถึงชั้นความลึกที่เสาเข็มเจาะกำหนดไว้ (โดยมาตรฐานต้องทำการเจาะสำรวจชั้นดินก่อน ก็จะมีระดับของชั้นน้ำใต้ดินได้ล่วงหน้า) ผู้ควบคุมงานต้องแจ้งให้วิศวกรผู้ออกแบบโครงสร้างฐานรากได้ทราบ และทำการคำนวณออกแบบฐานรากความยาวของเสาเข็มเจาะมาให้ใหม่ ห้ามหยุดความยาวเสาเข็มเจาะเองโดยพลการ เพราะจะทำให้ฐานรากอาคารแต่ละฐานนั้นทรุดตัวไม่เท่ากันได้ ในอนาคต เป็นผลให้อาคารชำรุดแตกหักเสียหายใหญ่หลวงได้

ตารางที่ 2.2 การรับกำลังแบกทานโดยประมาณของเสาเข็มเจาะขนาดเล็กแบบแห้งในเขตภาคกลาง

ขนาดเสาเข็ม (ซม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	เส้นรอบรูป (ซม.)	ความลึก (เมตร)	รับน้ำหนักปลอดภัย (ตัน)
Ø 35	962	110	20-25	25-35
Ø 43	1,452	135	20-25	40-50
Ø 50	1,963	157	20-25	60-80
Ø 60	2,827	188	20-25	90-120

หมายเหตุ: น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยตามตารางข้างบนนี้ เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น ความสามารถในการรับน้ำหนักปลอดภัยที่แท้จริง จะขึ้นอยู่กับความสามารถของดินและความลึกของหัวเข็มแต่ละท้องถิ่นซึ่งต้องทำการเจาะสำรวจดินในพื้นที่จริงและคำนวณรับรองโดยวิศวกรปฐพี

(2) เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ (Large Bored Pile) เป็นเสาเข็มเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 60 เซนติเมตรขึ้นไป สำหรับความลึกตั้งแต่ 25-60 เมตร เป็นเสาเข็มที่ใช้สำหรับงานก่อสร้างอาคารโครงการขนาดใหญ่มาก เช่น ทางด่วนรถไฟลอยฟ้า ทางด่วนสะพานทางหลวง อาคารสูงมาก (High Rise Building) ฯลฯ เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่นี้มีทั้งระบบแบบเปียก (Wet Process) และระบบแบบแห้ง (Dry Process) สำหรับระบบแบบเปียกนั้นใช้ในกรณีที่ชั้นดินมีน้ำใต้ดินโดยเฉพาะในเขตภาคกลางและภาคใต้ที่เป็นชั้นดินปนทราย ซึ่งน้ำใต้ดินจะดันให้หลุมที่เจาะพังทลายได้ จึงต้องใส่น้ำผสมสารละลายเบนโทไนต์ (Bentonite) ซึ่งมีสมบัติหนาแน่นสูงลงไปในหลุมที่เจาะด้วย เพื่อทำหน้าที่ต้านทานน้ำใต้ดินและเคลือบผิวหลุมเจาะไม่ให้พัง ส่วนระบบแบบแห้งนั้นใช้ในกรณีที่ชั้นดินไม่มีน้ำใต้ดินโดยเฉพาะภาคเหนือหรืออีสานหรือแถบใกล้เชิงเขา และสภาพดินมีความหนาแน่นสูง จึงไม่ทำให้หลุมที่เจาะพังได้โดยง่าย



รูปที่ 2.10 การใส่เหล็กเสริมในเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่

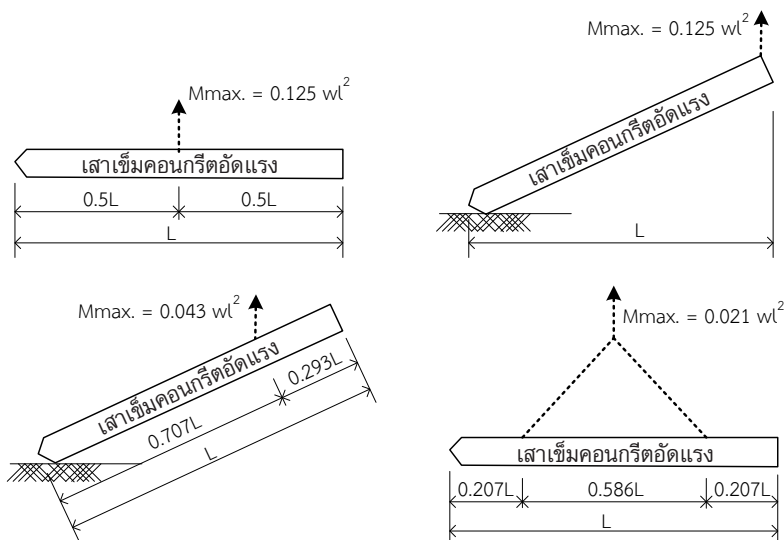
ตารางที่ 2.3 การรับกำลังแบกทานโดยประมาณของเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ในเขตภาคกลาง

ขนาดเสาเข็ม (ซม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	เส้นรอบรูป (ซม.)	ความลึก (เมตร)	รับน้ำหนักปลอดภัย (ตัน)
Ø 80	5,026	251	25-40	140-280
Ø 90	6,362	283	25-40	150-300
Ø 100	7,854	314	25-40	180-360
Ø 120	11,310	377	25-40	250-500

หมายเหตุ : น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยตามตารางข้างบนนี้ เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น ความสามารถในการรับน้ำหนักปลอดภัยที่แท้จริง จะขึ้นอยู่กับความสามารถของดินและความลึกของหัวเข็มแต่ละท้องถิ่นซึ่งต้องทำการเจาะสำรวจดินในพื้นที่จริงและคำนวณรับรองโดยวิศวกรปฐพี

2.5 เทคนิคการควบคุมงานตอกเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง

เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง (Precast Prestressed Concrete Pile) เป็นคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดเหล็กก่อนแล้วค่อยหล่อคอนกรีต โดยการดึงเหล็กให้ยึดตัวออกตามที่กำหนดไว้ เมื่อคอนกรีตแข็งตัวตามที่กำหนดแล้วจึงปล่อยให้ลวดเหล็กหดเข้า ในขณะที่ลวดเหล็กหดเข้านั้นมันก็จะทำการอัดคอนกรีต ทำให้คอนกรีตได้รับแรงอัดก่อนใช้งาน จึงเป็นผลให้คอนกรีตสามารถรับแรงโมเมนต์ดัดได้มากขึ้น เป็นข้อได้เปรียบของเสาเข็มชนิดคอนกรีตอัดแรง ฉะนั้นการขนส่งและการยกตอก ต้องยกตามจุดยกที่ผู้ผลิตกำหนดเพราะผู้ผลิตได้คำนวณออกแบบไว้แล้ว ถ้าผู้ใช้ไม่ปฏิบัติตาม เสาเข็มก็จะแอ่นตัวแตกร้าวเสียหายได้ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน มยพ.1106-64 มาตรฐานงานเสาเข็ม)



รูปที่ 2.11 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากตำแหน่งจุดหัวหรือจุดยกเสาเข็ม



รูปที่ 2.12 การหนุนไม้หมอนตามตำแหน่งที่เกิดค่าโมเมนต์ เพื่อลดการแอ่นตัวและแตกร้าว

เสาเข็มถือเป็นโครงสร้างส่วนที่สำคัญที่สุดของอาคาร การควบคุมงานตอกเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง (Pre-stress Concrete Driven Pile) จึงควรปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้

1. ต้องจัดทำแบบก่อสร้างจริง (Shop Drawing) แสดงแผนผังตำแหน่งเสาเข็มในโครงการทุกต้น

inspiration starts here

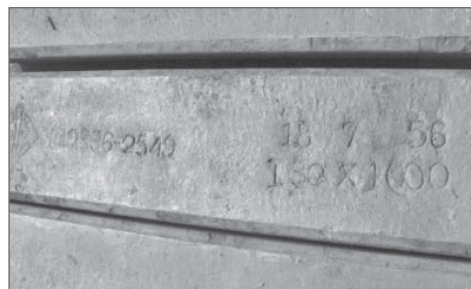
2. ถ้าเสาเข็มมีจำนวนมาก จะต้องคำนึงถึงการเคลื่อนตัวของชั้นใต้ดิน เนื่องจากเสาเข็มที่ตอกลงไป จะไปดันดินให้เคลื่อนตัว

3. เมื่อมีปริมาณเสาเข็มมากๆ ต้องจัดแบ่งโซนจัดลำดับขั้นตอนการตอกไม่ให้กีดขวางกันเอง และเป็นการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของดิน ให้ไหลไปในทิศทางที่เป็นที่ว่างเปล่า

4. ต้องกำหนดจุดวางกองเสาเข็มให้ใกล้กับพื้นที่การตอกให้มากที่สุด เพื่อลดปัญหาการลากจูงเสาเข็มเสียหาย



5. ต้องตรวจสอบรอยแตกร้าวที่ยอมให้ การโก่งงอของเสาเข็ม อายุของคอนกรีต เสาเข็ม และมาตรฐาน มอก.



6. ตรวจสอบบ้นจั่น น้ำหนักลูกตุ้มเหล็กที่ใช้ตอก หมวกสวมหัวเข็ม มีความสมบูรณ์ ถูกต้องหรือไม่



7. เมื่อเสร็จสิ้นการตอกเสาเข็มแต่ละวัน ต้องทำข้อมูลด้าน Survey ของเสาเข็ม ทุกต้น เพื่อให้รู้ว่าเสาเข็มมีการหนีศูนย์หรือไม่ และบันทึกค่า Pile Tip, Pile Top ของเสาเข็ม แต่ละต้นว่าอยู่ที่ระดับใด



8. ความยาวเสาเข็มต้องยาวตลอดห้ามต่อ (ยกเว้นได้รับการอนุญาตจากผู้มีอำนาจในโครงการแล้ว)



9. ระหว่างการตอกเสาเข็มต้องตรวจสอบดังของเสาเข็มตลอดเวลา ถ้าพบว่าไม่ได้ดังต้องรีบดึงเสาเข็มขึ้นทันที เพื่อทำการตอกใหม่



10. ต้องควบคุมการตรวจนับระยะ Blow Count อย่างเข้มงวด เป็นหัวใจสำคัญของการควบคุมงานตอกเสาเข็ม เพื่อให้ได้เสาเข็มที่ตอกหยั่งถึงชั้นดินแข็งที่กำหนดไว้ และสามารถรับกำลังแบกทานได้โดยไม่ทำให้อาคารต้องทรุดตัวในภายหลัง



11. การตอกเสาเข็มแต่ละต้น ต้องทำการตอกให้เสร็จสิ้นภายในแต่ละวัน ห้ามทิ้งข้ามวันแล้วมาตอกใหม่ จะทำให้เกิดแรงฟืดตันและเสาเข็มอาจแตกเสียหายได้
12. ผู้ควบคุมงานตอกเสาเข็มต้องสวมหมวกนิรภัย และยื่นควบคุมงานในทิศทางที่ตรงข้ามกับการลากเสาเข็ม และยืนด้านข้างของเครื่องตอกปั้นจั่น ให้ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัย
13. ถ้าเสาเข็มตันใดตอกลงไปแล้วแต่เกิดความไม่แน่ใจว่ามีความสมบูรณ์หรือไม่ ให้ทดสอบด้วยเครื่องมือ Seismic Test หรือ Dynamic Test หรือ Load Test ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ข้อกำหนดไว้



Seismic Test



Static Load Test

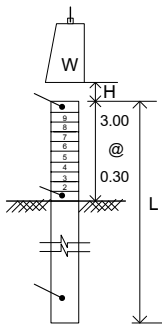
inspiration starts here

2.6 เทคนิคการตรวจสอบ Blow Count

Blow Count เป็นศัพท์ที่ใช้เรียกในงานตอกเสาเข็ม หมายถึง จำนวนครั้งที่ลูกตุ้มเหล็กยกกระแทกลงบนหัวเสาเข็ม จนเสาเข็มต้นนั้นจมลึกลงไปจนถึงชั้นดินแข็งหรือถึงระดับความลึกตามที่กำหนดไว้ เพื่อเป็นการตรวจสอบให้แน่ใจว่าเสาเข็มต้นนั้น จมลึกลงไปถึงระดับที่กำหนดและสามารถแบกรับน้ำหนักบรรทุกทุกตามทีวิศวกรโยธาได้คำนวณออกแบบไว้จริง จึงต้องทำการตรวจนับ Blow Count

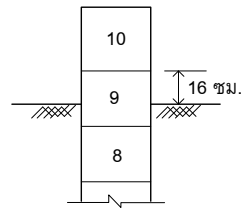
การนับจำนวนครั้งของ Blow Count จะเริ่มที่ระยะ 10 ฟุตสุดท้ายของเสาเข็มที่ยังเหลืออยู่ โดยเริ่มนับจำนวนครั้ง (Blow Count) ที่ลูกตุ้มเหล็กตอกระแทกหัวเสาเข็มที่ระยะฟุตที่ 1 (กรณีที่เสาเข็มเริ่มตอกไม่ลงตั้งแต่ก่อนถึงฟุตที่ 1 ก็ให้เริ่มต้นนับ Blow Count ได้เลย) พร้อมทั้งจดบันทึกจำนวนครั้งที่ตอกทุกระยะความลึก 1 ฟุต (30 เซนติเมตร) ซึ่งจำนวนครั้งที่ใช้ตอกในแต่ละฟุต ต้องทำการคำนวณตามสูตรที่กำหนดไว้ก่อนล่วงหน้าแล้ว (ดังตัวอย่างข้างท้ายนี้)

สมมติว่า จากการคำนวณได้จำนวนครั้งที่ใช้ตอก 72 ครั้ง/ฟุต (โดยปกติไม่ควรมากกว่า 50-60 ครั้ง/ฟุต เพื่อป้องกันหัวเสาเข็มแตกร้าวเสียหายได้) ปรากฏว่าในฟุตที่ 1 เมื่อทำการตอกเพียง 10 ครั้งก็จมนหมดแล้ว ก็ให้เริ่มต้นนับจำนวนครั้งที่ตอกใหม่ในฟุตที่ 2 และสมมติว่าในฟุตที่ 2 นี้ ใช้จำนวนครั้งที่ตอกเพียง 15 ครั้งก็จมนหมด จึงเริ่มต้นนับจำนวนครั้งที่ตอกใหม่ในฟุตที่ 3, ฟุตที่ 4, ฟุตที่ 5, ฟุตที่ 6 เช่นนี้เรื่อยไป จนกระทั่งถึงฟุตที่ 9 สมมติว่าตอกไปจนครบ 72 ครั้งก็ยังจมนไม่หมด ดังแสดงในรูปที่ 2.13 (ข) บ่งบอกให้รู้ว่า เสาเข็มได้หยั่งถึงชั้นดินแข็งตามที่กำหนดไว้แล้ว แต่เพื่อให้แน่ใจว่าเสาเข็มจะไม่ทรุดตัวเกินกว่าที่กำหนดเมื่อต้องแบกรับน้ำหนักบรรทุกทุกตัวอาคารจริงๆ จึงกำหนดให้ทำการตอกซ้ำอีกจำนวน 10 ครั้งสุดท้าย (Last 10 Blows) และสมมติว่าจากผลการคำนวณค่าการทรุดตัวที่ยอมให้ คือ ต้องไม่เกิน 4.20 เซนติเมตร เมื่อเริ่มทำการตอก 10 ครั้งสุดท้าย และตรวจวัดการทรุดตัวของเสาเข็มจมนลงไปได้อีก 7 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.13 (ค) ซึ่งยังมีค่ามากกว่าค่าการทรุดตัวที่ยอมให้อยู่ จึงให้ทำการตอกซ้ำใหม่อีก 10 ครั้งสุดท้ายรอบที่สอง แล้วทำการวัดระยะการจมนของเสาเข็มได้ใหม่เป็น 3 เซนติเมตร (ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ง.) แสดงว่าค่าการทรุดตัวของเสาเข็มไม่เกินไปกว่าค่าที่ยอมให้แล้ว (ในบางโครงการอาจกำหนดให้ตอก 10 ครั้งสุดท้ายในรอบที่สาม เป็นการยืนยันอีกก็ได้) เป็นอันสิ้นสุดการนับ Blow Count นำข้อมูลต่างๆ ไปบันทึกลงในแบบฟอร์มรายงานต่อไป

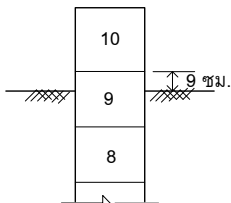
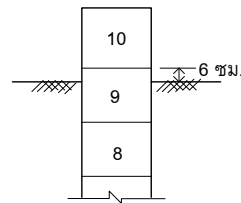


(ก) แสดงการเริ่มต้นนับ Blow Count

inspiration starts here



(ข) แสดง Blow Count จมนไม่หมดในฟุตที่ 9

(ค) แสดงการตอก 10 ครั้งสุดท้าย
จมนลง 7 ซม. มากกว่า 4.20 ซม.(ง) แสดงการตอก 10 ครั้งสุดท้าย (ครั้งที่ 2)
จมนลง 3 ซม. น้อยกว่า 4.20 ซม. ใช้ได้แล้ว

รูปที่ 2.13 ขั้นตอนการตรวจนับ Blow Count

หนังสือ **วัสดุก่อสร้างและเทคนิคการทำงาน (Construction Materials & Technique)** นี้ สามารถใช้เรียนร่วมกับวิชา 30121-0002 วัสดุก่อสร้าง สาขาวิชาโยธา 30106-0007 วัสดุและเทคนิคการทำงาน สาขาวิชาช่างก่อสร้าง และวิชา 30108-0005 วัสดุและวิธีการก่อสร้าง สาขาวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นวิชาพื้นฐานสำหรับนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และเป็นวิชาพื้นฐานในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมโยธา สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา และสาขาวิชาอื่นๆ ที่ใกล้เคียง รวมถึงวิศวกรและสถาปนิกทั้งหลายที่ควรต้องรู้ เพื่อให้มีความรู้พื้นฐานด้านวัสดุก่อสร้างและเทคนิคการทำงานเกี่ยวกับวัสดุนั้นๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพต่อไป โดยเนื้อหาวิชาครอบคลุมตามหลักสูตรในระดับ ปวส. ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ประวัติผู้เขียน : **รศ. กวี ห่วงนิเวศน์กุล**



การศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (การจัดการงานบุคคล) จากมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ เมื่อปี พ.ศ. 2535
- สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) จากมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ เมื่อปี พ.ศ. 2556
- สำเร็จการศึกษาระดับครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (วิทยาเขตเทเวศร์) เมื่อปี พ.ศ. 2525
- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรบัณฑิต (วิศวกรรมสุขาภิบาล) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2528

คุณวุฒิวิชาชีพ

- ภาควิศวกรสิ่งแวดล้อมของสภาวิศวกร
- สามัญวิศวกรโยธาของสภาวิศวกร
- วุฒิสมาชิกของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- พู่อตรวจสอบอาคาร ใบอนุญาตจากกรมโยธาธิการและผังเมือง
- รองศาสตราจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ผลงานทางวิชาชีพ

- ผ่านการออกแบบ คำนวณ ควบคุม และบริหารโครงการก่อสร้างมาไม่น้อยกว่า 20 ปี เช่น โรงงานกำจัดขยะและเตาเผาที่อ่อนนุช, โรงงานผลิตเหล็กสทวิยาที่พระประแดง, โรงแรมและศูนย์สุขภาพชีวาคมที่หัวหิน, ห้างสรรพสินค้าตะวันนาพลาซ่าที่บางกะปิ, ศูนย์บริการนิสสันที่นครปฐม, โรงงานในนิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด, หมู่บ้านและคอนโดมิเนียมจามจุรีที่บางบัวทอง, อาคารซ่อมอากาศยานสนามบินดอนเมือง เป็นต้น

ผลงานทางวิชาการ

- เขียนหนังสือ การประมาณราคางานวิศวกรรมก่อสร้าง, การบริหารงานวิศวกรรมก่อสร้าง, การออกแบบพิ้วทาง, การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก, การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก, วัสดุวิศวกรรม, ความปลอดภัยในงานก่อสร้าง และ วัสดุช่าง



www.se-ed.com



sbc.fans



SE-ED Publisher

พร้อมจำหน่ายในรูปแบบ

- ☒ e-book (PDF)
- ☐ e-book (EPUB)
- ☐ audiobooks

- ☒ ปกอ่อน
- ☐ LARGE PRINT (ตัวอักษรขนาดใหญ่)

ISBN 978-616-08-4652-8



269 บาท

ผู้เขียน - สอน - อาชีวศึกษา/
สาขาวิชาโยธา, ช่างก่อสร้าง, ช่างสำรวจ
และเทคนิคสถาปัตยกรรม