ฉบับปรับปรุงและเพิ่มเติม

- เหมาะสำหรับนักศึกษาระดับ ปวช., ปวส., ปริญญาตรี และผู้ที่สนใจทั่วไป

วัสดุวิศวกรรมก่อสร้าง

รศ. กวี หวังนิเวศน์กุล

ซีเอ็ด

วัสดุวิศวกรรมก่อสร้าง

โดย รศ. กวี หวังนิเวศน์กุล

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทยตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2556 โดย รศ. กวี หวังนิเวศน์กุล
ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

กวี หวังนิเวศน์กุล.
วัสดุวิศวกรรมก่อสร้าง. --กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2556.
1. วัสดุศาสตร์. 2. วัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง.
I. ชื่อเรื่อง.
620.11

ISBN(e-book) : 978-616-08-0949-3

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

อาคารทีซีไอเอฟ ทาวเวอร์ ชั้น 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา
เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2739-8000

[หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com]

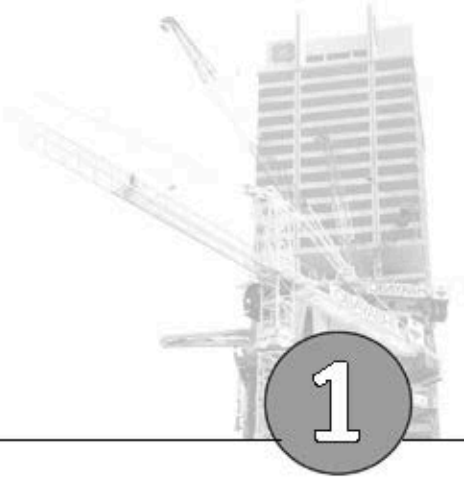
คำนำ

วิชา วัสดุวิศวกรรมก่อสร้าง หรือวิชา วัสดุวิศวกรรม หรือวิชา วัสดุช่าง เป็นวิชาพื้นฐานของนักศึกษาวิศวกรรม วิศวกร และสถาปนิกทั้งหลายที่ควรต้องรู้ เพื่อประกอบการศึกษาและการนำไปใช้ปฏิบัติงานได้อย่างเข้าใจลึกซึ้ง ในการเขียนหนังสือเล่มนี้ขึ้นมานั้น ก็เพื่อให้นักศึกษาได้มีหนังสือที่มีเนื้อหาวิชาครอบคลุมรายละเอียดของหลักสูตรและหลักการปฏิบัติอย่างครบถ้วน แต่อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีด้านวัสดุมีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ๆ อยู่ตลอดเวลา ผู้อ่านจึงต้องขยันศึกษาค้นคว้าอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

หนังสือเล่มนี้เหมาะสำหรับนักศึกษาทุกระดับตั้งแต่ระดับ ปวช., ปวส. จนถึงระดับปริญญาตรีทางด้านการก่อสร้าง ทั้งวิศวกร สถาปนิก รวมถึงผู้รับเหมางานก่อสร้างที่ต้องการรู้ข้อมูลจำเพาะของวัสดุ ซึ่งได้บรรจุข้อมูลหรือตารางต่างๆ ที่ใช้ประกอบการออกแบบคำนวณและ/หรือนำไปใช้ในงานก่อสร้างไว้มากพอสมควร

ข้าพเจ้าขอขอบคุณบริษัทต่างๆ ที่ได้อนุญาตให้นำเอกสารแนะนำผลิตภัณฑ์วัสดุ ตลอดจนหนังสือหรือตำราที่ข้าพเจ้าได้นำมาใช้อ้างอิง และหากหนังสือเล่มนี้ยังมีส่วนใดที่ยังบกพร่องอยู่หรือต้องการให้เพิ่มเติม กรุณาแจ้งให้ข้าพเจ้าทราบเพื่อการปรับปรุงในการจัดทำในครั้งต่อไป

รศ. กวี หวังนิเวศน์กุล
Email: kawee_wang@hotmail.com



1 ดิน หิน และทราย

ดิน หิน และทราย เป็นวัสดุก่อสร้างพื้นฐานของงานก่อสร้าง สิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ล้วนต้องอาศัยวัสดุ ดิน หิน และทรายเป็นองค์ประกอบในอาคารนั้นๆ เช่น การสร้างอาคารพักอาศัยย่อมต้องสร้างอยู่บนพื้นดิน ตัวอาคารที่ต้องการความแข็งแรงย่อมต้องใช้วัสดุหินและทรายเป็นส่วนผสมกับปูนซีเมนต์ ทำให้ได้อาคารที่มั่นคงปลอดภัย เข้าไปอยู่อาศัยได้อย่างมีความสุข

วัฏจักรการกำเนิดของดิน หิน และทราย

เนื่องจากโลกเรานี้กำเนิดมาจากดวงอาทิตย์ และโคจรอยู่รอบดวงอาทิตย์ เมื่อระยะเวลาผ่านไป ผิวของโลกก็ค่อยๆ เย็นลงเป็นเปลือกแข็ง แต่ภายในผิวโลกลึกลงไปยังคงร้อนระอุอยู่ วันดีคืนดีก็จะปรากฏเหตุการณ์ภูเขาไฟระเบิดและพ่นของเหลวที่ร้อนแรงประดุจไฟบรรลัยกัลป์ออกมา ซึ่งนักวิทยาศาสตร์เรียกว่า *แมกม่า (magma)* เมื่อแมกม่าไหลลงมาจากปล่องภูเขาไฟและไหลไปสู่พื้นราบ เราเรียกว่า *ธารลาวา (lava)* จนกระทั่งหยุดไหลและเริ่มเย็นตัวลงจนกลายเป็นของแข็งอีก จะเรียกว่า *หินอัคนี (igneous rock)* หินอัคนีนี้จะมีรูปร่างและลักษณะของเนื้อหินแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับอัตราการเย็นตัวของแมกม่า ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของหินอัคนีภายหลัง

เมื่อกาลเวลาผ่านไป หินอัคนีก็จะต้องสัมผัสกับสภาพภูมิอากาศที่แปรเปลี่ยนไปในแต่ละฤดูกาล ซึ่งก็จะเกิดการผุกร่อนแตกสลายกระจายตัวออกไปเป็นหินและดิน ส่วนที่มีขนาดเล็กก็จะถูกพัดพาไปโดยลมหรือน้ำ หินที่มีขนาดใหญ่ก็ยังคงอยู่ใกล้ๆ เชิงเขา ส่วนที่ถูกพัดพาไปได้ไกลมากๆ ก็จะถูกเสียดสีให้เล็กลงเป็นกรวด จนกระทั่งเป็นทราย และส่วนที่ละเอียดกว่าทรายก็จะกลายเป็นดินเหนียวและฝุ่น ซึ่งการจำแนกขนาดของดิน หิน และทราย จะได้เรียนรู้ในลำดับถัดไป

การพัดพาของดิน หิน และทรายไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ก็จะเกิดการทับถมกันขึ้นสลับไปมาจนเกิดการจับตัวกันแน่นกลายเป็นหินชั้น (sedimentary rock) ขึ้นมาได้ เมื่อช่วงเวลาผ่านไประยะหนึ่งก็จะเกิดการผุกร่อนของหินชั้นขึ้นมาได้อีก การผุกร่อนนี้ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้หินชั้นกลายสภาพไปเป็นหินแปร (metamorphic rock) ซึ่งหินแปรนี้เมื่อมีความร้อนสะสมมากๆ ก็จะเกิดการละลายกลายเป็นแมกม่าดันพุ่งขึ้นมาได้อีก เป็นวัฏจักรที่เกิดขึ้นหมุนเวียนสลับกันไปมา

นิยามของคำว่าดิน

รศ.ดร. เอิบ เขียววิ่นรมณ์ ให้นิยามของคำว่าดินในทางปฐพีวิทยาไว้ว่า "วัสดุดิน หมายถึง วัสดุต่างๆ ที่ประกอบกันเข้าแล้วเป็นดินหรือวัสดุที่ทำให้เกิดดินขึ้น วัสดุดินมีทั้งที่เป็นอนินทรียสารและอินทรียสารที่พบอยู่ทั่วไปบนผิวโลกและอยู่ในเปลือกโลก แหล่งที่มาของวัสดุเหล่านี้คือหินและแร่ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเปลือกโลก อินทรียวัตถุต่างๆ จากพืชและสัตว์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และตายไปแล้ว นอกจากนี้ยังอาจได้จากธาตุบางชนิดที่สะสมอยู่ในอากาศ และวัสดุแปลกปลอมที่เข้ามาจากนอกโลก เช่น อุกกาบาต (meteorite) ที่ตกลงมาบนพื้นผิวโลก เป็นต้น"

วัฒนา ธรรมมงคล ให้นิยามคำว่าดินและหินในทางวิศวกรรมก่อสร้างไว้ว่า "ดิน หมายถึง กรวด (gravel) ทราย (sand) ทรายเม็ดป่น (silt) และดินเหนียว (clay) และส่วนผสมของสิ่งเหล่านี้ ซึ่งอาจเป็นพวกที่มีและไม่มีความเชื่อมแน่น ดินเกิดจากเม็ดของแร่ธาตุต่างๆ มารวมตัวกัน แต่สามารถแยกให้ออกจากกันได้โดยวิธีง่ายๆ เช่น การนำไปละลายน้ำ เป็นต้น" ส่วนคำว่า "หิน หมายถึง การรวมตัวของเม็ดแร่ธาตุต่างๆ ด้วยแรงยึดเกาะกันแน่นและถาวรมากจนไม่สามารถแยกออกจากกันได้โดยวิธีง่ายๆ เหมือนดิน"

สำหรับชั้นดินในกรุงเทพมหานครนั้น จากการเจาะสำรวจชั้นดินพบว่ามีความลึกอยู่ระหว่าง 20 – 30 เมตร ลึกถัดจากนั้นก็จะพบกับชั้นทรายและทรายปนกรวดสลับกันไปมาจนถึงความลึกประมาณ 150 – 250 เมตร ก็ยังไม่พบชั้นหิน

ลักษณะของชั้นดินในกรุงเทพมหานครแบ่งออกได้เป็น 3 ชั้นดังนี้

1. **ชั้นบน** จัดเป็นดินอ่อนมาก มีสีเทา มีความลึกของชั้นประมาณ 2 – 3 เมตร
2. **ชั้นกลาง** เป็นดินอ่อนถึงแข็งปานกลาง มีสีเทาดำและมีปริมาณน้ำในมวลดินมาก อยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 10 – 20 เมตร
3. **ชั้นล่าง** เป็นดินแข็งปานกลางถึงแข็ง มีสีน้ำตาลปนเหลืองและแซมด้วยสีเทาอ่อน อยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 20 – 30 เมตร ซึ่งเป็นชั้นดินที่ปลายเสาเข็มของฐานรากอาคารขนาดกลางมักจะหยั่งอยู่ในระดับนี้เป็นส่วนใหญ่

หิน (Rocks)

ดังที่กล่าวมาแล้วในวัฏจักรการกำเนิดดินและหิน แมกม่าที่ไหลออกมาจะก่อให้เกิดหินได้ 3 ประเภท คือ หินอัคนี หินชั้นหรือหินตะกอน และหินแปร ซึ่งต่อไปนี้เราจะมาศึกษาถึงลักษณะของหินแต่ละประเภทดังนี้

1. หินอัคนี (Igneous Rocks) หินอัคนีเป็นหินที่เกิดจากการตกผลึกของแร่หินจากแมกม่า และเมื่อแมกม่าเย็นตัวลงก็จะกลายเป็นของแข็งกึ่งของเหลวที่มีความลื่นตัวได้มาก มีอุณหภูมิการเย็นตัว และตกผลึกอยู่ระหว่าง 1,200 – 6,000 °C โดยการตกผลึกของแมกม่าที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลานั้น จะทำให้เกิดลักษณะของหินอัคนีได้หลายรูปแบบ เช่น ถ้าการเย็นตัวของแมกม่าเกิดขึ้นภายในเปลือกโลกหรือใต้ผิวโลก อุณหภูมิของแมกม่าจะค่อยๆ ลดลงอย่างเชื่องช้า ซึ่งจะทำให้ได้ผลึกของแร่ที่มีเนื้อหยาบและหินมีขนาดใหญ่ เช่น หินแกรนิต (granite) แต่ถ้าการเย็นตัวของแมกม่าเป็นไปอย่างรวดเร็วบนผิวโลก ผลึกของแร่ก็จะมีเวลาในการสร้างตัวน้อย ทำให้ได้เนื้อหินที่มีเนื้อละเอียด ยิ่งถ้าเป็นการเย็นตัวที่เร็วมากเช่นในน้ำทะเล ก็จะทำให้ได้ผลึกหินที่มีเนื้อละเอียดมากคล้ายแก้ว เช่น หินบะซอลต์ (basalt)

(ก) หินออบซิเดียน (obsidian) (ข) หินพิวมิส (pumice) (ค) หินโวลคานิกบอมบ์ (volcanic bombs)

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างลักษณะรูปร่างของหินอัคนีชนิดต่าง ๆ *(ที่มา: ปฐมฤกษ์ เกตุทัต และคณะ)*

2. หินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary Rocks) หินชั้นเป็นหินที่เกิดจากชิ้นส่วนของหินต่าง ๆ ที่เกิดมาก่อนแล้ว และถูกอิทธิพลของการกัดกร่อนพัดพามาทับถมตกตะกอนในอีกบริเวณหนึ่งของโลกในสภาพอุณหภูมิและความกดดันปกติ เกิดการผุพังทั้งทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา ทับถมอัดตัวกันแน่น เกิดเป็นหินชั้นได้หลายรูปแบบ เช่น หินทราย ศิลาแลง หินปูน หินดินดาน หินกรวด ยิปซัม ไลม์สโตน หินน้ำมัน และโตโลไมต์ เป็นต้น

(ก) หินทราย (sand stone) (ข) หินดินดาน (shale) (ค) หินกรวด (conglomerates)

รูปที่ 1.2 ตัวอย่างลักษณะรูปร่างของหินตะกอนชนิดต่าง ๆ *(ที่มา: ปฐมฤกษ์ เกตุทัต และคณะ)*

เนื่องจากหินชั้นเกิดจากการตกตะกอนของหินดั้งเดิมที่มีอยู่มากมายหลายชนิด จึงทำให้หินชั้นมีองค์ประกอบที่สลับซับซ้อนมากมาย แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะองค์ประกอบที่สำคัญเพียง 4 ชนิดเท่านั้นคือ

• ***แร่ควอตซ์ (Quartz)*** เป็นแร่ที่พบได้มากที่สุดในหินชั้น เกิดจากการทับถมของหินดั้งเดิม เช่น หินแกรนิต ซึ่งเป็นแร่ที่มีความคงทน เมื่อมีการผุพังกัดกร่อน จะทำให้แร่ควอตซ์ซึ่งมีอยู่มากในหินแกรนิตเกิดการแยกตัวตกตะกอนรวมกับตะกอนทราย ซึ่งจะมีซิลิกา (SiO_2) เป็นสารเชื่อมให้เกิดการเกาะยึดด้วย

• ***แร่แคลไซต์ (Calcite)*** เป็นแร่ที่พบได้มากในหินปูน และเป็นสารเชื่อมที่พบมากในหินทรายและหินดินดาน แร่แคลเซียมนี้มาจากหินอัคนีซึ่งมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนั้นยังเกิดจากซากกระดูกของสัตว์ที่ตายลงสะสมกันเป็นเวลานาน จนในที่สุดจะทำให้เกิดเป็นหินปูนขึ้น

• ***แร่ดินเหนียว (Clay)*** เกิดจากการสลายตัวของพวกซิลิเกตและเฟลด์สปาร์ (feldspar) ทำให้เกิดเป็นแร่ดินเหนียวขึ้น ซึ่งแร่ดินเหนียวจะเป็นสารที่มีอนุภาคขนาดเล็กละเอียด สะสมกันอยู่ในลักษณะโคลนหรือดินดาน และเนื่องจากเฟลด์สปาร์พบมากที่เปลือกโลกและสลายตัวได้ง่าย จึงทำให้พบแร่ดินเหนียวได้มากในหินชั้น

• ***เศษชิ้นส่วนของหินดั้งเดิม*** เศษชิ้นส่วนของหินดั้งเดิมที่ยังไม่ผุพัง เช่น หินกรวดหรือทรายตกตะกอนอยู่ในหินชั้น นอกจากนี้ยังพบอยู่ในหินบะซอลต์และหินชนวน (slate) เป็นต้น

หินตะกอนนอกจากจะเกิดจากการทับถมของตะกอนแล้ว ยังเกิดจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์ จึงอาจพบร่องรอยของซากสัตว์สมัยโบราณที่เรียกว่า *ฟอสซิล (fozzil)* ในหินชั้นนี้ ซึ่งจะทำให้เรามีความรู้เกี่ยวกับความเป็นมาของโลกตลอดจนวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

3. หินแปร (Metamorphic Rocks) หินแปรเป็นหินที่เกิดจากการแปรสภาพของหินดั้งเดิมโดยอิทธิพลของความร้อน ความดัน และปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้เกิดการรวมตัวของแร่ธาตุกันใหม่ภายใต้อิทธิพลของอุณหภูมิ ทำให้เกิดการตกผลึกใหม่ที่ใหญ่กว่าเดิม โดยทั่วไปแล้วอิทธิพลของการแปรสภาพจะเกิดขึ้นได้ภายในเปลือกโลกที่ความลึกประมาณ 20 กิโลเมตร อุณหภูมิประมาณ 200 – 700 °C และมีความดันประมาณ 6,000 บรรยากาศ เนื่องจากหินแปรเกิดจากการแปรสภาพของหินดั้งเดิมซึ่งอาจเป็นได้ทั้งจากหินอัคนี หินชั้น หรือหินแปรเอง เพราะฉะนั้นองค์ประกอบของหินแปรจึงอาจแบ่งออกได้ 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ แบบหนึ่งจะคล้ายกับหินอัคนี และอีกแบบหนึ่งจะคล้ายกับหินชั้น

การจำแนกลักษณะของหินแปรแบ่งตามลักษณะโครงสร้างเนื้อหินได้ดังนี้

• ***หินชนวน (Slate)*** เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินดินดานในสภาวะอุณหภูมิและความดันต่ำ พบได้ทั่วไปบริเวณใกล้ผิวโลก เนื้อหินมีความละเอียดมาก เนื้อแน่นแต่เปราะ มีสีเทา ดำ แดง ส้ม เขียว เป็นต้น พบมากที่ จ.สุโขทัย ใช้ทำกระดานชนวน กระเบื้องมุงหลังคา งานตกแต่งผิวพื้นหรือผนัง

• ***หินฟิลไลต์ (Phyllite)*** เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินชนวนในสภาวะอุณหภูมิต่ำ แต่ความดันสูงกว่า มีโครงสร้างเนื้อหินแบบเดียวกับหินชนวน เนื้อหินมีความละเอียด มีผิวหน้าที่เรียบมันเพราะมีแร่ไมก้าเป็นองค์ประกอบด้วย

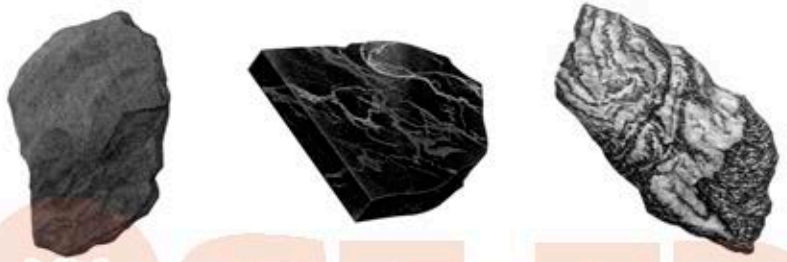
• ***หินชีสต์ (Schist)*** เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินหลายชนิด เช่น หินบะซอลต์ หินอัคนี หินทรายหรือหินปูน ในสภาวะอุณหภูมิและความดันต่ำ การจำแนกชนิดของหินชีสต์จึงต้องพิจารณาจากแร่องค์ประกอบ

• ***หินไนส์ (Gneiss)*** เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินหลายชนิดในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันสูง โครงสร้างของหินไนส์จะมีชั้นของแร่สีต่างๆ เป็นทางสลับไปมา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสีจางและสีคล้ำ แต่ที่พบกัน

แพร่หลายมักแปรสภาพมาจากหินแกรนิต พบมากที่ อ.อ่างศิลา จ.ชลบุรี และ อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ ใช้ทำครก ลานโบสถ์ และบันได

• ***หินควอตไซต์ (Quartzite)*** เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินทรายควอตซ์ในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันปานกลางถึงสูง โครงสร้างของหินควอตไซต์จะไม่มีการเรียงตัวแต่เนื้อแข็งมาก และยังปรากฏลักษณะของหินทรายอยู่บ้าง

• ***หินอ่อน (Marble)*** เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินปูนและโดโลไมต์ในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันต่ำถึงสูง ผลึกของแร่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน เนื้อหินจะแน่น ถ้าบริสุทธิ์มากจะมีสีขาว และอาจมีสีอื่นๆ แซมได้ พบมากที่ จ.ราชบุรี จ.สระบุรี และ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ใช้ในงานตกแต่งอาคารด้านสถาปัตยกรรมต่าง ๆ



(ก) หินชนวน (slate) (ข) หินอ่อน (marble) (ค) หินมิกมาไทต์ (migmatite)

รูปที่ 1.3 ตัวอย่างลักษณะรูปร่างของหินแปรชนิดต่าง ๆ *(ที่มา: ปฐมฤกษ์ เกตุทัต และคณะ)*

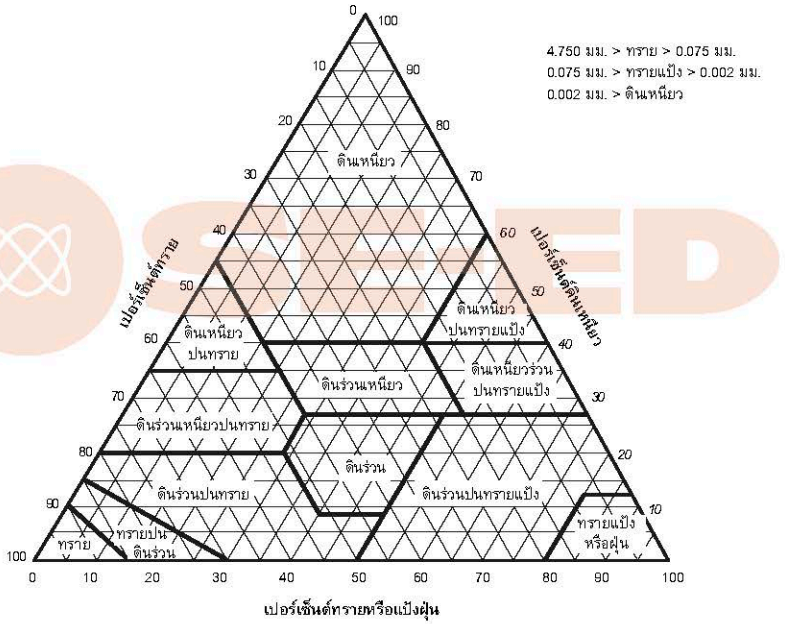
รูปที่ 1.4 การทำเหมืองหินอ่อน

ดิน (Soils)

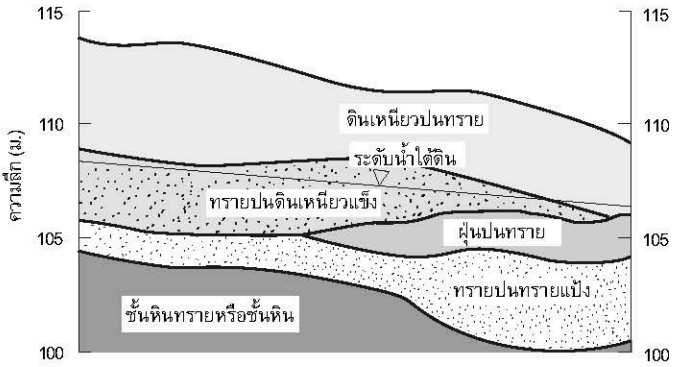
ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่า ดิน ในทางวิศวกรรมหมายถึงส่วนประกอบของกรวด ทราย และดินเหนียว ดินที่มีเม็ดหยาบก็จะไม่มีความเชื่อมแน่น แต่ดินที่เม็ดละเอียดก็จะมีความเชื่อมแน่น ฉะนั้นการนำดินแต่ละประเภทไปใช้งานจึงต้องมีการจำแนกประเภทของดินให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ มาตรฐานที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินจะมีอยู่หลายมาตรฐาน เช่น ASTM, AASHO, FAA และ Unified เป็นต้น

ชั้นเนื้อดิน (Textural Classes)

กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (US Department of Agriculture) ได้กำหนดลักษณะของชั้นเนื้อดินไว้ด้วยภาพสามเหลี่ยมดังแสดงในรูปที่ 1.5 เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์ลักษณะของชั้นเนื้อดิน



รูปที่ 1.5 ตารางสามเหลี่ยมแสดงชั้นเนื้อดินต่าง ๆ *(ที่มา: US Department of Agriculture)*



รูปที่ 1.6 ภาพตัดแสดงดินแต่ละชั้นความลึก

จากรูปที่ 1.5 สามารถสรุปชั้นของเนื้อดินได้ดังนี้

1. ทราย (Sands) ประกอบด้วยอนุภาคที่มีปริมาณทรายมากกว่าร้อยละ 85 โดยอนุภาคของทรายจะเกาะตัวกันอยู่หลวมๆ และมองเห็นเป็นเม็ดเดี่ยวๆ ได้ ในสภาพชื้นจะทำให้เป็นก้อนหลวมๆ ได้ แต่เมื่อสัมผัสจะแตกออกทันที ทรายแบ่งออกได้อีกหลายชั้นคือ ทรายหยาบ (coarse sand) ทรายปานกลาง (medium sand) ทรายละเอียด (fine sand) และทรายละเอียดมาก (very fine sand)

2. ทรายปนดินร่วน (Loamy Sands) ประกอบด้วยอนุภาคที่มีปริมาณทรายระหว่างร้อยละ 70 – 90 และอนุภาคของทรายแป้งหรือดินเหนียวระหว่างร้อยละ 15 – 30 มีลักษณะคล้ายกับทราย แต่เวลาสัมผัสจะรู้สึกสากน้อยกว่า เมื่อเอามาทำในฝ่ามือแล้วคลายออกจะยังคงเกาะตัวกันอยู่ได้อย่างหลวมๆ แต่เมื่อสัมผัสก็จะแตกได้ง่าย ทรายปนดินร่วนแบ่งออกได้อีกหลายชั้นคือ ทรายหยาบปนดินร่วน (loamy coarse sand) ทรายปนดินร่วน (loamy sand) ทรายละเอียดปนดินร่วน (loamy fine sand) และทรายละเอียดมากปนดินร่วน (loamy very-fine sand)

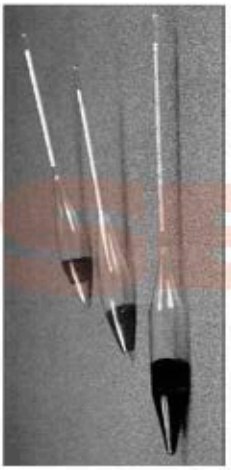
3. ดินร่วนปนทราย (Sandy Loams) ประกอบด้วยอนุภาคที่มีปริมาณดินเหนียวระหว่างร้อยละ 7 – 20 อนุภาคของทรายมากกว่าร้อยละ 52 และทรายแป้งมากกว่าร้อยละ 30 จัดเป็นดินที่มีปริมาณทรายอยู่มาก แต่ก็มีอนุภาคของทรายแป้งและดินเหนียวมากพอที่จะทำให้อนุภาคเกาะตัวกันได้ เมื่อทำแล้วคลายมือออกดินจะยังคงเกาะตัวเป็นก้อนอยู่ได้ แต่ถ้าเขย่าก้อนดินก็จะแตก ดินร่วนปนทรายแบ่งออกได้อีกหลายชั้นคือดินร่วนปนทรายหยาบ (coarse sandy loam) ดินร่วนปนทราย (sandy loam) ดินร่วนปนทรายละเอียด (fine sandy loam) และดินร่วนปนทรายละเอียดมาก (veryfine sandy loam)

4. ดินร่วน (Loams) ประกอบด้วยอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 7 – 27 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 28 – 50 และอนุภาคขนาดทรายไม่เกินร้อยละ 52 ซึ่งอนุภาคทั้งสามชนิดจะมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ในสภาพดินแห้งจะจับตัวเป็นก้อนแข็งพอสมควร ในสภาพดินชื้นจะสามารถคลึงหรือปั้นให้เป็นก้อนได้ง่ายและไม่แตกตัวออกจากกัน ดินร่วนแบ่งออกได้อีกหลายชั้นคือ ดินร่วนปนทรายแป้ง (silty loam) ดินร่วนเหนียว (clay loam) ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) ดินเหนียวปนทราย (sandy clay) ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) และดินเหนียว (clay)

การวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดินแบ่งออกได้ 2 วิธีคือ

• ***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, ½ ,¾ , 1, 1½ นิ้ว เป็นต้น (ตัวเลขเบอร์บอกถึงจำนวนรูตะแกรงต่อความยาว 1 นิ้ว เช่น ตะแกรงเบอร์ 10 หมายถึงในความยาว 1 นิ้ว จะมีรูตะแกรงอยู่ 10 ช่อง ถ้าใน 1 ตารางนิ้ว ก็จะมีรูตะแกรงอยู่ 100 ช่อง)

• ***การวิเคราะห์หาขนาดเม็ดดินที่ละเอียด*** เป็นการวิเคราะห์หาเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า 0.074 มิลลิเมตร หรือส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 โดยใช้หลักการของการตกตะกอนในน้ำ เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์เรียกว่า ไฮโดรมิเตอร์ *(hydrometer)*

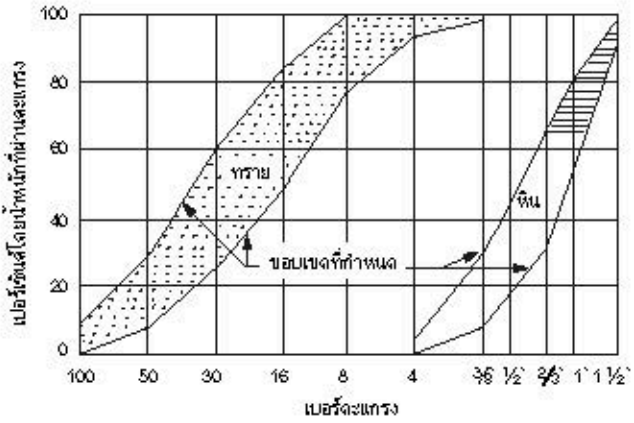


(ก) ไฮโดรมิเตอร์

(ข) ตะแกรงร่อนทราย

(ค) ตะแกรงร่อนหินและกรวด

รูปที่ 1.7 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ขนาดเม็ดดิน



รูปที่ 1.8 กราฟแสดงส่วนคละที่เหมาะสมของหินและทรายตามมาตรฐาน ASTM C - 33

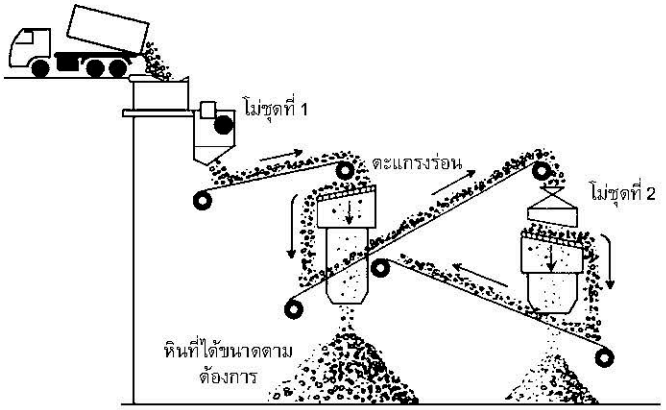
(ก) เม็ดหินและทรายที่คัดแยกแล้ว

(ข) เม็ดหินและทรายที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด

รูปที่ 1.9 ขนาดเม็ดหินและทรายตามตะแกรงร่อนมาตรฐาน *(ที่มา: ชัชวาล เศรษฐบุตร)*

หินที่ใช้ในงานก่อสร้าง

หินที่ใช้ในงานก่อสร้างนั้นจะได้มาจากการระเบิดหินจากภูเขา ซึ่งจะต้องมีการสำรวจทางธรณีวิทยาเสียก่อนว่าหินนั้นเป็นชนิดหินปูน (lime stone) หรือไม่ เนื่องจากเป็นหินที่นิยมนำมาย่อยใช้ในงานคอนกรีต หลังจากนั้นจึงขอสัมปทานในการทำเหมืองหิน ทำการระเบิดหินออกมาแล้วลำเลียงเข้าสู่เครื่องย่อยหิน (โม่) ชุดที่หนึ่ง หินที่มีขนาดเล็กกว่า 8 นิ้วจะผ่านตะแกรงร่อนไปรวมกับหินที่ย่อยที่มาจากเครื่องย่อยชุดที่หนึ่ง ไปสู่เครื่องย่อยชุดที่สองและชุดที่สาม เพื่อทำการย่อยหินให้เล็กลงอีกจนได้ขนาด 2, 1 ½, 1, ¾, ½, ⅜ นิ้ว เป็นหินเกล็ด หินคลุก และหินฝุ่นตามที่ต้องการ ส่วนหินที่ยังไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการก็จะนำกลับไปสู่เครื่องย่อยใหม่อีกครั้ง หินและทรายโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักประมาณ 1,400 – 1,600 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ประมาณ 2.4 – 2.9 ขนาดของหินที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปคือ หินสอง ซึ่งก็หมายถึงหินที่มีขนาดระหว่าง 1 – 2 นิ้ว



รูปที่ 1.10 ขั้นตอนการย่อยหิน *(ที่มา: ชัชวาล เศรษฐบุตร)*

(ก) เครื่องย่อยหินใหญ่ (ข) เครื่องย่อยหินเล็ก

รูปที่ 1.11 ภาพตัดภายในของเครื่องย่อยหิน

ตารางที่ 1.1 ขนาดของหินย่อยตามมาตรฐาน ASTM C – 33

ขนาด (นิ้ว)	เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรง								
	2½"	2"	1½"	1"	¾"	½"	⅜"	No.4	No.8
½" – No.4	–	–	–	–	100	90 – 100	40 – 70	0 – 15	0 – 5
¾" – No.4	–	–	100	–	90 – 100	–	20 – 55	0 – 10	0 – 5
1" – No.4	–	–	95 – 100	100	–	25 – 60	–	0 – 10	0 – 5
1½" – No.4	–	100	–	95 – 100	35 – 70	–	10 – 30	0 – 5	–
2" – No.4	100	95 – 100	–	35 – 70	–	10 – 30	–	0 – 5	–
1½" – ¾"	–	100	90 – 100	20 – 55	0 – 15	–	0 – 5	–	–
1" – 2"	100	95 – 100	35 – 70	0 – 15	–	0 – 5	–	–	–

ทรายที่ใช้ในงานก่อสร้าง

ทรายเป็นวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างได้หลายประเภท เช่น ผสมในคอนกรีต ปรับระดับพื้นดิน ปรับพื้นที่จัดสวน ผสมปูนก่ออิฐและฉาบผนัง ใช้ผสมอิฐบล็อก ใช้ผสมในงานตกแต่ง เช่น หินขัด หินล้าง เป็นต้น ทรายที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปจะมีขนาดเม็ดระหว่าง $\frac{1}{16}$ นิ้ว ถึง 2 มิลลิเมตร น้ำหนักเมื่ออยู่ในสภาพแห้งจะหนักประมาณ 1,400 – 1,650 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และหนัก 1,800 – 2,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรเมื่ออยู่ในสภาพเปียก

แหล่งกำเนิดทรายแบ่งออกตามแหล่งที่เกิดได้ 2 ชนิดคือ

1. ทรายแม่น้ำ เป็นทรายที่เกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำพัดพาไหลไปตามแหล่งน้ำ โดยทรายที่ยังมีขนาดใหญ่จะยังคงตกตะกอนอยู่บริเวณต้นน้ำ ส่วนทรายที่เม็ดเล็กก็จะถูกพัดพาไปตกบริเวณท้ายน้ำ ทรายแม่น้ำเป็นทรายที่สะอาดเนื่องจากมีการขัดสีไปตลอดทาง แต่ข้อเสียคือจะมีรูปร่างของเม็ดค่อนข้างกลมไม่มีเหลี่ยมคม ทำให้การเกาะยึดในงานคอนกรีตทำได้ไม่ดี การนำทรายแม่น้ำขึ้นมาใช้นั้น จะต้องใช้เรือดูดทรายดูดขึ้นมาตามท่อ แล้วปล่อยลงบนเรือบรรทุกนำไปส่งยังท่าทรายเพื่อจำหน่ายต่อไป (ดูรูปที่ 1.12) โดยทรายที่ไม่สะอาดที่ยังมีเศษดินโคลนปะปนอยู่เราจะเรียกว่า *ทรายขี้เป็ด* หรือ *ทรายถม* ซึ่งนิยมเอาไปถมที่ปรับระดับ หรือใช้ถมเพื่อจัดสวน

2. ทรายบก เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของหินทรายที่ถูกทับถมฝังอยู่ใต้ดิน หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ คือแม่น้ำเกิดแห้งขอดแล้วแปรสภาพเป็นพื้นดิน การนำทรายบกมาใช้งานจะต้องทำการเปิดหน้าดินลึกประมาณ 2 – 10 เมตรออกไปก่อน เนื่องจากบริเวณหน้าดินจะมีซากพืชซากสัตว์ที่ตายทับถมกันอยู่ ทำให้ทรายไม่สะอาด หลังจากขุดลงไปลึกถึงระดับชั้นทรายแล้วก็จะเจอกับน้ำใต้ดิน ซึ่งวิธีการนำทรายบกขึ้นมานั้นก็ใช้เรือดูดทรายเช่นเดียวกัน โดยดูดขึ้นมาตามท่อแล้วปล่อยลงกองบริเวณปากบ่อ จากนั้นก็ใช้รถบรรทุกสิบล้อลำเลียงไปจำหน่ายต่อไป

รูปที่ 1.12 แหล่งจำหน่ายทรายหรือท่าทราย

ประเภทของทรายแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ทรายหยาบ เป็นทรายที่ใช้สำหรับงานผสมคอนกรีตโครงสร้าง ลักษณะของเม็ดทรายจะใหญ่ มีเหลี่ยมมุมและแข็งแรง ขนาดของเม็ดทรายประมาณ 2 – 4.5 มิลลิเมตร แหล่งของทรายหยาบจะมาจาก จ.ราชบุรี จ.ปทุมธานี และ จ.สิงห์บุรี

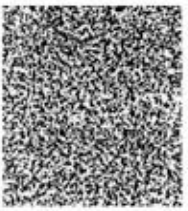
2. ทรายหยาบปานกลาง เป็นทรายที่ใช้สำหรับงานปูนก่อหรืองานคอนกรีตที่รับน้ำหนักไม่มากนัก ลักษณะของเม็ดทรายจะใหญ่น้อยกว่าทรายหยาบ มีเหลี่ยมมุมน้อยลง ขนาดของเม็ดทรายประมาณ 1.5 – 2 มิลลิเมตร แหล่งของทรายหยาบปานกลางจะมาจาก จ.อ่างทอง

3. ทรายละเอียด เป็นทรายที่ใช้สำหรับงานปูนฉาบผนัง งานบัวปูนปั้น ลักษณะของเม็ดทรายค่อนข้างเล็ก ไม่เหมาะกับงานที่ต้องแบกรับน้ำหนักมาก ๆ ขนาดของเม็ดทรายประมาณ 0.05 –1.5 มิลลิเมตร แหล่งของทรายละเอียดจะมาจาก จ.อยุธยา

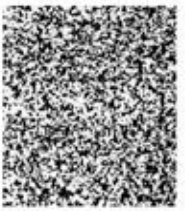
นอกจากหินและทรายที่กล่าวมาแล้ว ยังมีกรวดซึ่งเกิดจากหินที่แตกแยก ผุพัง และกลิ้งตกลงมาเรื่อย ๆ จนกระทั่งมาถึงลายน้ำไหลไปตามลำน้ำ ซึ่งในระหว่างนั้นก็จะมีการขัดสีกันไปจนความแหลมคมของหินหมดไปจนเกือบกลม ซึ่งเราเรียกว่า กรวด *(gravel)* โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ กรวดหยาบและกรวดละเอียด ถ้าไม่จำเป็นแล้วเราจะไม่นิยมเอากรวดมาใช้ในงานคอนกรีตโครงสร้าง แต่เอาไปใช้ในงานตกแต่งได้ เช่น พื้นผิวกรวดล้าง ผนังหินขัดเม็ดกรวด เป็นต้น

กรวดหยาบ (Coarse gravel)

กรวดละเอียด (Fine gravel)



ทรายละเอียด



ทรายละเอียดปานกลาง

ทรายหยาบ

รูปที่ 1.13 ลักษณะของทรายและกรวดแต่ละชนิด

ตารางที่ 1.2 ขนาดของกรวดและทรายตามมาตรฐานของ ASTM D2487

ขนาดของตะแกรงร่อน		ขนาดของเม็ด		ชนิดของกรวดหรือทราย
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	0.75 – 0.425	ทรายละเอียด (fine sand)
No.200	–	< 0.0029	< 0.075	ฝุ่น (silt, clay)

คุณสมบัติที่ต้องการของหินและทรายในงานวิศวกรรมก่อสร้าง

เนื่องจากหินและทราย (อาจเรียกว่า *วัสดุมวลรวม* หรือ *วัสดุคละ*) มีอัตราส่วนถึง 3 ใน 4 ส่วนของปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างหนึ่งหน่วย และถึงแม้ว่าวัสดุมวลรวมจะเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายก็ตาม ถ้าปราศจากการตรวจสอบและคัดแยกวัสดุให้มีคุณสมบัติที่ถูกต้องแล้วย่อมทำให้งานก่อสร้างนั้นๆ ขาดคุณภาพ และอาจก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยได้ คุณสมบัติของหินและทรายที่จะต้องตรวจสอบก่อนนำไปใช้งานมีดังนี้

1. ความสะอาด หินและทรายที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างต้องมีความสะอาด ปราศจากฝุ่นและสารอินทรีย์ต่างๆ เจือปน เพราะถ้ามีจะทำให้การยึดเกาะของเนื้อคอนกรีตด้อยกำลังลง ซึ่งความสะอาดของหินและทรายนี้จะสามารถทดสอบได้ในห้องปฏิบัติการ โดยการแช่วัสดุลงในน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 3% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเทียบสีกับสีมาตรฐาน ในภาคสนามอาจสังเกตด้วยตาเปล่า ถ้าพบว่าไม่สะอาดก็อาจสั่งการให้คนงานนำวัสดุไปล้างน้ำให้สะอาดก่อนที่จะนำไปผสมในคอนกรีต

2. การขนย้ายและกองเก็บ คอนกรีตที่สามารถรับกำลังได้ดีจะต้องมีเนื้อผสมที่สม่ำเสมอ กล่าวคือ หินและทรายที่จะใช้ผสมจะต้องควบคุมการกองเก็บ ไม่ให้ทรายและหินที่มีขนาดแตกต่างจากที่อื่นเข้ามาปะปน หรือในกรณีการลำเลียงจากที่สูงแล้วปล่อยลงมาผสมกับคอนกรีตในที่ต่ำ ก็อาจทำให้หินและทรายเกิดการแยกขนาดขึ้นได้ รวมทั้งควรป้องกันสิ่งสกปรกไม่ให้เข้ามาภายในบริเวณที่กองเก็บด้วย

3. ให้ใช้ขนาดเม็ดใหญ่ที่สุด (Maximum Size of Aggregate) เนื่องจากหินและทรายเป็นวัสดุผสมหลักในคอนกรีตที่ทำหน้าที่แบกรับน้ำหนัก ฉะนั้นยิ่งใช้ก้อนใหญ่ที่สุดได้ก็ยิ่งดี และยังเป็นการประหยัดทำให้ใช้ปูนซีเมนต์น้อยลง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นขนาดก้อนใหญ่ที่สุดที่เลือกใช้นั้นจะต้องเหมาะสมกับขนาดของชิ้นส่วนโครงสร้างแต่ละส่วนด้วย ซึ่งสามารถเลือกปฏิบัติตามแนวทางมาตรฐานของ ACI ได้ หรือปฏิบัติตามแนวทางที่กำหนดในตารางที่ 1.3

4. ความแข็งแกร่ง (Strength) หินและทรายจะต้องมีความสามารถในการรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่ากำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ปกติหินและทรายที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างมักจะมีความแข็งแกร่งกว่าคอนกรีตอยู่แล้ว เช่น สามารถรับแรงกดได้ถึง 700 – 3,500 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

5. ความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี (Impact & Abrasion Resistance) งานคอนกรีตเป็นงานที่ต้องพบกับการกระแทกและเสียดสีอยู่ตลอดเวลา เช่น งานถนน สะพาน พื้นโรงงาน ฉะนั้นถ้าวัสดุหินและทรายไม่มีคุณสมบัติในข้อนี้ งานคอนกรีตโครงสร้างส่วนนั้นก็ย่อมชำรุดเสียหายได้ง่าย ในห้องปฏิบัติการสามารถทดสอบคุณสมบัตินี้ได้ด้วยเครื่องทดสอบ Los - Angeles Abrasion Test โดยวัสดุที่ผ่านการทดสอบจะยอมให้มีการแตกของวัสดุได้ไม่เกิน 50%

6. ความคงตัวต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability) เหตุผลหลักที่เลือกใช้หินและทรายเป็นส่วนผสมในงานคอนกรีต ก็เพราะหินและทรายจัดเป็นวัสดุเฉื่อยคือไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ แต่ในบางแหล่งของหินและทรายก็อาจทำปฏิกิริยากับด่างของปูนซีเมนต์ ทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวแตกร้าวได้

7. รูปร่างและลักษณะผิว (Particle Shape & Surface Texture) ลักษณะก้อนของหินและทรายจะต้องไม่แบนหรือยาวเกินไป ทรวดทรงของก้อนควรจะเป็นลักษณะทรงกลมเหลี่ยม เพื่อช่วยให้การผสมและการเทคอนกรีตทำได้ง่าย (work ability) ช่วยลดการสิ้นเปลืองของปูนซีเมนต์ ช่วยทำให้การยึดเหนี่ยวภายในเนื้อคอนกรีตเกาะติดแน่น วัสดุที่มีรูปร่างแบนและยาวเกินมาตรฐานไม่ควรเกิน 15% โดยน้ำหนัก ซึ่งเราสามารถทดสอบได้ในห้องปฏิบัติการ

8. ความลดหลั่นของขนาดหรือส่วนคละ (Gradation) ส่วนคละหมายถึงการที่หินหรือทรายมีการกระจายขนาดต่างๆ ลดหลั่นกันอย่างพอเหมาะ ทำให้เกิดการสอดแทรกกันระหว่างหินและทรายเม็ดเล็กกับเม็ดใหญ่ในบริเวณที่เป็นช่องว่าง ทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่น รับกำลังได้ดี ลดการสิ้นเปลืองของปูนซีเมนต์ ซึ่งเราสามารถทดสอบส่วนคละที่ดีได้ในห้องปฏิบัติการ

9. การดูดซึมและความชื้นที่ผิว (Moisture & Absorption) ผิวของหินและทรายจะเป็นลักษณะรูพรุน ในการนำวัสดุหินและทรายไปใช้ผสมในงานคอนกรีตจึงต้องพิจารณาถึงอัตราการเติมน้ำผสมด้วย เนื่องจากรูพรุนที่ผิวของวัสดุจะเป็นตัวดูดเก็บความชื้นไว้ มีผลทำให้ต้องพิจารณาเกี่ยวกับการพองตัวของวัสดุ และการเพิ่ม-ลดปริมาณน้ำในสภาพอากาศชื้นหรือแห้ง โดยเราจะสามารถทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมความชื้นได้ในห้องปฏิบัติการ

10. ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ความถ่วงจำเพาะคืออัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของวัสดุต่อความหนาแน่นของน้ำ ความถ่วงจำเพาะจะเป็นตัวบ่งบอกถึงแร่ธาตุที่เป็นส่วนผสมของหินหรือทราย และจะบ่งบอกถึงลักษณะของรูพรุนที่ผิวของวัสดุ สำหรับในประเทศไทย ความถ่วงจำเพาะทั่วไปของหินจะประมาณ 2.7 และความถ่วงจำเพาะของทรายจะประมาณ 2.65

วัสดุวิศวกรรมก่อสร้าง

วิชา **วัสดุวิศวกรรมก่อสร้าง** หรือวิชา **วัสดุวิศวกรรม** หรือวิชา **วัสดุช่าง** เป็นวิชาพื้นฐานของนักศึกษาสาขาโยธา-ก่อสร้าง สถาปนิกและวิศวกรทั้งหลายควรต้องรู้ เพื่อประกอบการศึกษาและนำไปใช้ในการปฏิบัติงานได้อย่างเข้าใจลึกซึ้ง ในการเขียนหนังสือเล่มนี้ขึ้นมา ก็เพื่อให้นักศึกษาได้มีหนังสือที่มีเนื้อหาวิชาครอบคลุมรายละเอียดของหลักสูตรและหลักการปฏิบัติอย่างครบถ้วน แต่อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีด้านวัสดุมีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ๆ อยู่ตลอดเวลา ผู้อ่านจึงต้องขยันศึกษาค้นคว้าอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

หนังสือเล่มนี้เหมาะสำหรับนักศึกษาตั้งแต่ระดับ ปวช., ปวส. และปริญญาตรี ที่ศึกษาทางด้านการก่อสร้าง รวมทั้งวิศวกร สถาปนิก และผู้รับเหมาก่อสร้างที่ต้องการรู้ข้อมูลจำเพาะของวัสดุ ซึ่งได้บรรจุข้อมูลหรือตารางต่างๆ ที่ใช้ประกอบการออกแบบคำนวณและ/หรือนำไปใช้ในงานก่อสร้างไว้มากพอสมควร

< เกี่ยวกับผู้เขียน

รศ. กวี หวังนิเวศน์กุล

การศึกษา

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

คุณวุฒิวิชาชีพ

- ภาคีสมาชิกของสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
- สามัญวิศวกรโยธาของสภาวิศวกร
- วุฒิสมาชิกของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- ผู้ตรวจสอบอาคาร

การทำงาน

- ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ผลงานทางวิชาชีพ

- ผ่านการออกแบบ คำนวณ ควบคุม และบริหารโครงการก่อสร้างมาไม่น้อยกว่า 20 ปี เช่น โรงงานกำจัดขยะและเตาเผาที่อ่อนนุช, โรงงานผลิตเหล็กสหวิริยาที่พระประแดง, โรงแรมและศูนย์สุขภาพชีวาศรมที่หัวหิน, ห้างสรรพสินค้าตะวันนาพลาซ่าที่บางกะปิ, ศูนย์บริการนิสสันที่นครปฐม, โรงงานในนิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด, หมู่บ้านและคอนโดมิเนียมจามจุรีที่บางบัวทอง และอาคารซ่อมอากาศยานสนามบินดอนเมือง

ผลงานทางวิชาการ

- เขียนหนังสือ *ปฏิบัติการทดสอบวัสดุ, ปฏิบัติการทดสอบปฐพี, สัญญารายการ พ.ร.บ. ก่อสร้าง, คอนกรีตเทคโนโลยี, ออกแบบแบบพิวทาง, การวางแผนงานก่อสร้าง, การประมาณราคางานวิศวกรรมก่อสร้าง, การบริหารงานวิศวกรรมก่อสร้าง, การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้น* และ *การออกแบบโครงสร้างเหล็กและไม้เบื้องต้น*

ISBN 978-616-08-0280-7

9 786160 802807

195 บาท

วิทยาการและเทคโนโลยี / คู่มือเรียน-การก่อสร้าง, โยธา

www.se-ed.com