



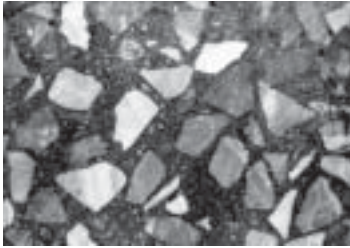
รูปที่ 9-1 การกองเก็บมวลรวมในโรงงานอุตสาหกรรมคอนกรีต

บทคัดย่อ

มวลรวม คือ วัสดุเฉื่อย ที่ใช้เป็นวัสดุแทรกในคอนกรีต เช่น หิน, กรวด, และทราย เป็นต้น มวลรวมเป็นวัสดุผสมคอนกรีตที่มีปริมาตรประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของคอนกรีต มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุผสมอื่น ๆ จึงทำให้คอนกรีตมีต้นทุนหรือราคาต่ำลง และมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งในสภาพสดและแข็งตัวแล้ว โดยพื้นฐานจะเป็นตัวกำหนด หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight), โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity), และ ความคงตัวของปริมาตร (Volume Stability) ของคอนกรีต

คุณภาพของมวลรวมมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตอย่างมาก จึงมีความจำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ที่จะต้องให้ความสำคัญกับมวลรวมไม่น้อยไปกว่าปูนซีเมนต์

การเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสม ไม่เพียงแต่เป็นการประหยัด แต่ยังช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้น มวลรวมผสมคอนกรีตที่ดี ควรมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ดี คือ มีความแข็งแรงสูง, ไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบในปูนซีเมนต์, ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีต, ไม่มีสิ่งเจือปนที่เป็นอันตรายต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีต, และมีรูปร่างและขนาดคละที่เหมาะสม



รูปที่ 9-2 มวลรวมเป็นวัสดุผสมคอนกรีตที่มีมากถึง 3 ใน 4 ส่วนของปริมาตรคอนกรีต

9.1 บทนำ

มวลรวม (Aggregates) คือ วัสดุหยาบ ที่ใช้เป็นวัสดุแทรกในคอนกรีต เช่น หิน, กรวด, และทราย เป็นต้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคอนกรีต เนื่องจากมวลรวมมีปริมาตรมากถึง 70 - 80% ของปริมาตรคอนกรีตทั้งหมด ดังนั้นจึงไม่น่าเป็นที่สงสัยเลยว่าทำไมคุณภาพของมวลรวมมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตอย่างมาก จึงมีความจำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ที่จะต้องให้ความสำคัญกับมวลรวมไม่น้อยไปกว่าปูนซีเมนต์

มวลรวมเป็นวัสดุผสมที่มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุผสมอื่น ๆ จึงมีการนำมวลรวมมาใช้เป็นวัสดุแทรกในคอนกรีต โดยกระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ในคอนกรีต

มวลรวมที่นำมาใช้ผสมทำคอนกรีต มากกว่า 90% เป็นมวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติ ส่วนที่เหลือเป็นมวลรวมที่ทำจากวัสดุที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม (Industrial By-products) เช่น เถ้าลอย (Fly Ash), Blast-furnace Slag, ของเสียจากชุมชน (Municipal Waste), และ Recycled Concrete เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของมวลรวม ได้แก่ กระบวนการเกิดหินแม่ (Parent Rock) ทางธรณีวิทยา, องค์ประกอบทางแร่วิทยา, สภาพแวดล้อมที่สัมผัส, และกระบวนการแปรรูปทางอุตสาหกรรมในการผลิตมวลรวม

มวลรวมไม่ได้เป็นเพียงวัสดุหยาบหรือวัสดุแทรกในคอนกรีตเท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญอื่น ๆ อีก ได้แก่

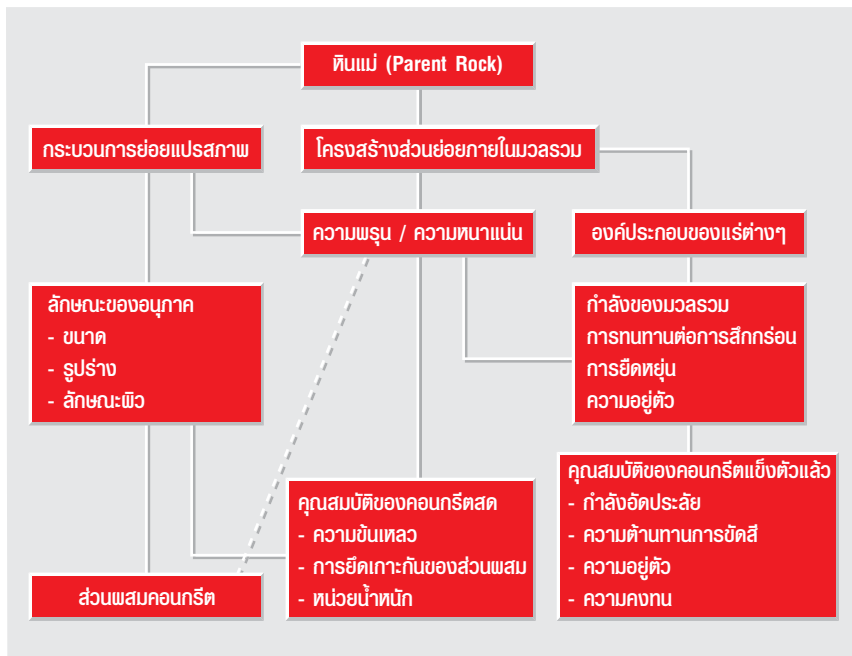
1. ทำให้คอนกรีตมีต้นทุนหรือราคาต่ำลง : มวลรวมเป็นวัสดุผสมคอนกรีตที่มีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมและการเลือกใช้มวลรวมที่มีคุณภาพดีจะช่วยลดปริมาณปูนซีเมนต์ให้น้อยลง มีผลให้ต้นทุนหรือราคาคอนกรีตลดลง
2. มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีต : โดยพื้นฐาน คุณสมบัติของมวลรวมเป็นตัวกำหนด หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight), โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity), และความคงตัวของปริมาตร (Volume Stability) ของคอนกรีต นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติของมวลรวมอีกหลายประการที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งในสภาพสดและแข็งตัวแล้ว

คุณสมบัติของมวลรวมที่สำคัญ ได้แก่ ความพรุน (Porosity), ขนาดคละ หรือ การกระจายของขนาด (Grading or Size Distribution), การดูดซึมความชื้น (Moisture Absorption), รูปร่างและลักษณะผิว (Shape and Surface Texture), กำลังวัสดุ (Crushing Strength), และชนิดของสารเจือปนที่เป็นอันตราย (Type of Deleterious Substances)

ผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสด เช่น ความชื้นเหลว (Consistency), และการยึดเกาะกัน (Cohesion)

ผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว เช่น กำลัง (Strength), ความต้านทานการขัดสี (Abrasion Resistance), และความคงทน (Durability)

ดังนั้น การเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสม ไม่เพียงแต่เป็นการประหยัด แต่ยังคงช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้นด้วย มวลรวมที่ดีซึ่งจะส่งผลให้คอนกรีตมีความคงทนสูง ควรมີคุณสมบัติพื้นฐานที่ดี ดังนี้ คือ มีความแข็งแรงแรงสูง, ไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบในปูนซีเมนต์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีต, ไม่มีสิ่งเจือปนที่มีผลเสียต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีต, และมีรูปร่างและขนาดคละที่เหมาะสม



รูปที่ 9-3 แผนภาพแสดงให้เห็นว่า โครงสร้างภายในเนื้อมวลรวมและกระบวนการย่อยแปรสภาพจะเป็นตัวพิจารณาคุณสมบัติของมวลรวม ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตและคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

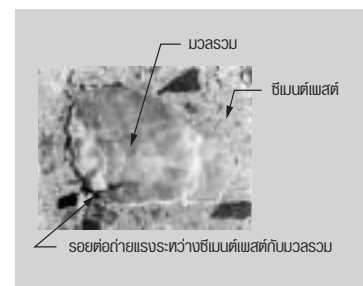
9.2 โครงสร้างของเฟสมวลรวม

การแบ่งองค์ประกอบตามโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของคอนกรีตซึ่งถือเป็นวัสดุคอมโพสิท (Composites) หรือวัสดุที่ประกอบขึ้นมาจากหลายวัสดุหรือหลายเฟส (Phases) ที่มนุษย์สร้างขึ้นนั้น เฟสมวลรวมถือเป็นโครงสร้างวัสดุแทรกหรือหนึ่งในสามเฟสสำคัญของโครงสร้างของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว อันได้แก่ เฟสเมตริกซ์ (Matrix Phase) หรือ ซีเมนต์เพสต์ (Hydrated Cement Paste), เฟสวัสดุแทรก (Filler Phase) หรือ มวลรวม (Aggregates), และเฟสรอยต่อถ่ายแรงระหว่างซีเมนต์เพสต์กับมวลรวม (Interface หรือ Transition Zone)

โดยทั่วไป เฟสมวลรวมเป็นเฟสที่มีกำลังสูงสุด จึงไม่มีผลกระทบต่อการรับกำลังของคอนกรีตแข็งตัวแล้วเหมือนเฟสซีเมนต์เพสต์และเฟสรอยต่อถ่ายแรง ยกเว้นในกรณีต่อไปนี้ กรณีหินผุหรือหินพรุน มีผลให้คอนกรีตมีกำลังต่ำกว่าปกติ

กรณีมวลรวมเบา (Lightweight Aggregate) ซึ่งใช้เป็นมวลรวมผสมในการทำคอนกรีตมวลเบา (Lightweight Aggregate Concrete) มีผลให้คอนกรีตมีกำลังต่ำกว่าคอนกรีตที่มีน้ำหนักปกติ (Normal-weight Concrete)

กรณีคอนกรีตกำลังสูงมาก (Very High Strength Concrete) กำลังของเฟสมวลรวมจะมีผลกระทบต่อกำลังของคอนกรีตด้วย



รูปที่ 9-4 โครงสร้างของเฟสมวลรวม



9.3 การจำแนกประเภทของมวลรวม

มีหลายวิธีในการจำแนกประเภทของมวลรวม ดังนี้

● การจำแนกประเภทของมวลรวมตามขนาด

1. มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate)

หินหรือกรวดที่มีขนาดใหญ่กว่า 4.75 มิลลิเมตร (ค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4) โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต หรือ มอก. 566 ยอมให้มวลรวมหยาบมีส่วนที่ละเอียดกว่านี้ผสมอยู่ได้บ้าง

2. มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate)

ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 4.75 มิลลิเมตร หรือ ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ไม่เล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ผ่านตะแกรงเบอร์ 200) โดยมาตรฐาน มอก. 566 ยอมให้มวลรวมละเอียดมีส่วนที่หยาบกว่านี้ผสมอยู่ได้บ้าง ส่วนที่มีขนาดเล็กกว่ามวลรวมละเอียด ซึ่งมีอยู่ปริมาณน้อยมากในมวลรวม สามารถแบ่งได้เป็น

Silt มีขนาดประมาณ 0.07 มิลลิเมตร และ

Clay มีขนาดอยู่ในช่วง 0.02 - 0.06 มิลลิเมตร

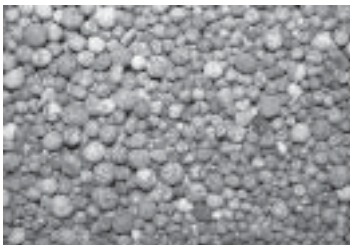
ส่วนคำว่า “มวลรวมคละ (All-In-Aggregate)” นั้นหมายถึง มวลรวมที่ ประกอบด้วยมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด



รูปที่ 9-5 มวลรวมหยาบ เช่น หินย่อย



รูปที่ 9-6 มวลรวมละเอียด เช่น ทราย



รูปที่ 9-7 มวลรวมเบา



รูปที่ 9-8 มวลรวมหนัก

● การจำแนกประเภทของมวลรวมตามหน่วยน้ำหนัก

1. มวลรวมเบา (Lightweight Aggregate)

มวลรวมที่มีความหนาแน่นแบบคิวทลวม (Bulk Density) น้อยกว่า 1,120 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.3 - 1.1)

2. มวลรวมปกติ (Normal-weight Aggregate)

ได้แก่ หินย่อย, กรวด, และทราย มีความหนาแน่นแบบคิวทลวม (Bulk Density) อยู่ในช่วงประมาณ 1,300 - 1,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.4 - 3.0) และทำให้คอนกรีตที่มีน้ำหนักตามปกติ (Normal-weight Concrete) มีหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) ประมาณ 2,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3. มวลรวมหนัก (Heavyweight Aggregate)

มวลรวมที่มีความหนาแน่นแบบคิวทลวม (Bulk Density) มากกว่า 2,080 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่า 4.0)

● การจำแนกประเภทของมวลรวมตามแหล่งกำเนิด

1. มวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติ (Natural Mineral Aggregate)

เป็นมวลรวมที่เกิดจากกระบวนการตามธรรมชาติ ได้แก่ หิน, กรวด, และทราย

2. มวลรวมสังเคราะห์ (Artificial Aggregate หรือ Synthetic Aggregate)

เป็นวัสดุที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน เช่น Expanded Clay ที่ใช้ทำมวลรวมเบา (Lightweight Aggregate), มวลรวมที่ทำจากผลพลอยได้จาก

อุตสาหกรรม (Industrial By-products) (เช่น Blast-furnace Slag, เถ้าลอย (Fly Ash) เป็นต้น), มวลรวมที่ทำจากของเสียจากชุมชน, และมวลรวมที่เกิดจากการนำซากอาคารและถนนคอนกรีตกลับมาใช้ใหม่ (Recycled Concrete) เป็นต้น

9.4 หินที่นำมาใช้ผสมคอนกรีต

มวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติเป็นกลุ่มมวลรวมที่สำคัญที่สุดในการทำคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

หิน (Rock) คือ อนินทรีย์สารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ประกอบด้วยแร่ตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป หินบางชนิดอาจมีแร่เด่นเพียงชนิดเดียว และมีแร่อื่นผสมอยู่บ้างในปริมาณน้อยมาก

แร่ (Mineral) คือ ธาตุหรือสารประกอบทางเคมีของอนินทรีย์สารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากกระบวนการอนินทรีย์ โดยที่มีส่วนประกอบทางเคมีและระบบผลึกที่ค่อนข้างแน่นอน

การจำแนกประเภทของหินตามการกำเนิดจากธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ หินอัคนี, หินตะกอนหรือหินชั้น, และหินแปร โดยมีการแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆ อีกตามองค์ประกอบทางแร่วิทยา, องค์ประกอบทางเคมี, ลักษณะเนื้อหิน, ขนาดเม็ดแร่, และโครงสร้างผลึก

หินที่สามารถนำมาผสมคอนกรีต จะต้องไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ ในประเทศไทยมีการนำหินชนิดต่าง ๆ มาใช้ผสมคอนกรีต ได้แก่

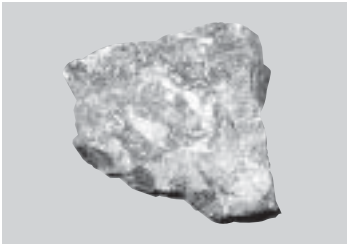
- **หินตะกอน หรือหินชั้น (Sedimentary Rock)**

หินตะกอน หรือหินชั้น เป็นหินที่มีมากถึง 75% ของหินที่โผล่ให้เห็นบนผิวโลก ส่วนมากเป็น หินดินดาน (Shale) รองลงมาคือ หินทราย (Sandstone) และหินปูน (Limestone)

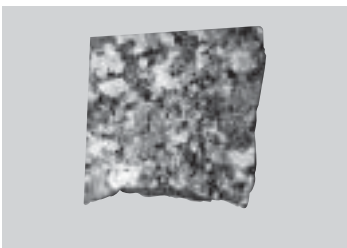
หินตะกอนเกิดจากการสลายตัวของหินชนิดใด ๆ ก็ได้ ทางเคมีหรือทางกายภาพ จนหลุดเป็นตะกอนที่มีลักษณะร่วนไม่อัดตัวของเศษหิน ตะกอนเกิดการทับถม และผ่านกระบวนการแข็งตัว (Lithification) ที่อุณหภูมิและความดันธรรมดา กลายเป็นหินตะกอนเมื่อทับถมกันมาก ๆ ก็เกิดเป็นชั้น (Bed) หลาย ๆ ชั้นรวมกันเป็นชั้นหินหรือสตราตัม (Stratum) หลาย ๆ สตราตัมรวมกันเรียกว่า สตราตา (Strata)

ลักษณะเด่นของหินตะกอน คือ มีลักษณะเป็นชั้น ๆ แร่ในหินมีการคัดขนาดและลบเหลี่ยมมุมไปบ้าง มีแร่ควอร์ตซ์และแคลไซต์มากในหิน มีแร่ที่เกิดจากการตกตะกอนจากสารละลายปนมา เช่น ยิปซั่ม, และเฮไลต์ อาจพบซากดึกดำบรรพ์ปนอยู่ในหิน, และเป็นหินที่พบบ่อยและคุ้นเคยมากกว่าหินชนิดอื่น ๆ

หินตะกอนที่นิยมใช้ผสมคอนกรีต ได้แก่ **หินปูน (Limestone)** ซึ่งเกิดจากการทับถมตัวของซากสัตว์ทะเล เป็นชนิดหินที่นำมาใช้ผสมคอนกรีตมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากมีภูเขาหินปูนกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่แถบจังหวัดสระบุรี, ราชบุรี, ชลบุรี, กำแพงเพชร, ลำปาง, เลย, และนครศรีธรรมราช



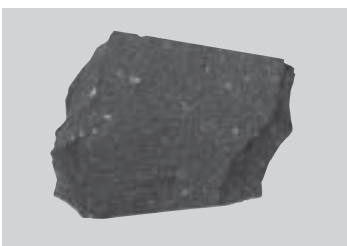
รูปที่ 9-9 หินปูน



รูปที่ 9-10 หินแกรนิต 7



รูปที่ 9-11 หินแอนดีไซต์



รูปที่ 9-12 หินบะซอลต์ 7



รูปที่ 9-13 กรวด

● หินอัคนี (Igneous Rock)

หินอัคนีเกิดจากหินหนืดหรือลาวาเย็นตัวแล้วแข็งตัวตกผลึก (Crystallization) มีลักษณะเด่น คือ เม็ดแร่จับประสานตัวกันแน่น (Interlocking), มีความพรุนต่ำ, เนื้อหินสมานแน่น (Massive), ผลึกหน้าตัดเป็นรูปหกเหลี่ยม (Columnar Jointing), มีแร่เฟลด์สปาร์สูง, และบางส่วนของเนื้อหินจะมีแก้วธรรมชาติปนอยู่

หินอัคนีมีความแข็งแกร่งกว่าหินปูนแต่ไม่มีผู้ผลิตมากนัก เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตและค่าสีกรวดสูง มักจะผลิตในท้องถิ่นที่ไม่สามารถหาแหล่งหินปูนได้ หินอัคนีที่มีการผลิตในประเทศ ได้แก่ หินแกรนิต (Granite) มีแหล่งผลิตอยู่ที่จังหวัดชลบุรี, ระยอง, ตาก, ปราจีนบุรี, สงขลา, และสุราษฎร์ธานี, หินแอนดีไซต์ (Andesite) มีแหล่งผลิตแถบจังหวัดสระบุรี, เพชรบุรี, และสระแก้ว, หินบะซอลต์ (Basalt) มีแหล่งผลิตแถบจังหวัดสุรินทร์, บุรีรัมย์, และศรีสะเกษ

● กรวด (Gravel)

กรวด (Gravel) เกิดจากการผุพังของหินอัคนีที่พบอยู่ทั่วไปตามแม่น้ำลำธาร สามารถนำมาผสมคอนกรีตได้ดีเท่าหินชนิดอื่น โดยนำมาร่อนให้มีขนาดและส่วนคละตามมาตรฐานในประเทศไทยยังไม่นิยมใช้กรวดในการผสมคอนกรีตมากนัก แต่อุตสาหกรรมคอนกรีตในประเทศสหรัฐอเมริกา ประมาณครึ่งหนึ่ง ใช้กรวดเป็นมวลรวมหยาบ ส่วนที่เหลือเป็นหินย่อยจำพวกคาร์บอนेटประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของหินย่อย และที่เหลือเป็น หินทราย, หินแกรนิต, หินไดโอไรต์, หินแกบโบร, และหินบะซอลต์

9.5 กระบวนการผลิตหิน

การนำหินจากธรรมชาติมาใช้ นั้น จำเป็นต้องมีการแปรรูปให้มีคุณสมบัติเหมาะสมแก่การนำไปใช้งาน ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สำรวจหาแหล่งหินที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน จากนั้นจึงขอสัมปทานของพื้นที่นั้น

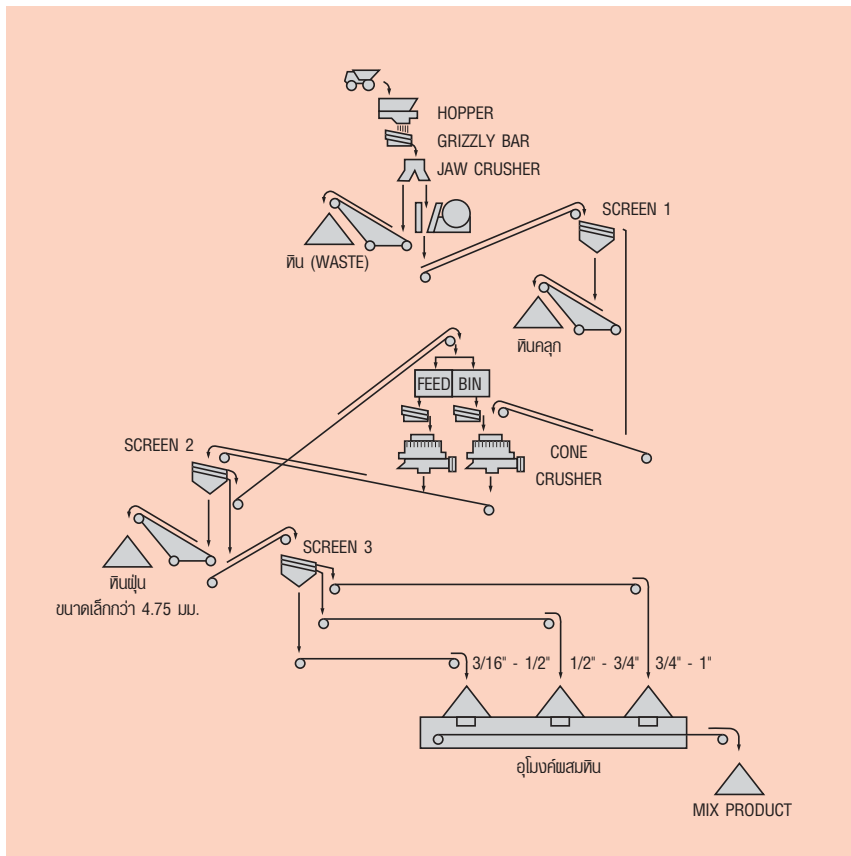
ขั้นตอนที่ 2 ทำการเปิดหน้าเหมือง โดยการระเบิด ซึ่งจะได้หินที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะนำมาใช้งาน จึงต้องนำมาโมหรือย่อยให้มีขนาดเหมาะสมต่อในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 3 โมหรือย่อยหินจนมีขนาดตามที่ต้องการ แล้วลำเลียงหินไปกองเก็บเพื่อรอการนำไปใช้งาน

กรรมวิธีการผลิตหิน ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน ได้แก่ การผลิตหินใหญ่ และการย่อยหิน

● การผลิตหินใหญ่

ในปัจจุบันการผลิตหินใหญ่ จะต้องได้รับประทานบัตรเหมืองแร่ชนิดหินก่อสร้างจากกรมทรัพยากรธรณี โดยทั่วไปการผลิตหินใหญ่มีรูปแบบการผลิต หรือแผนผังการทำเหมือง 4 วิธี คือ



รูปที่ 9-14 แผนภาพกระบวนการย่อยและการผสมหิน

1. การผลิตจากข้างเขา (Side Hill Quarry) เป็นรูปแบบการผลิตที่นิยมใช้ในสมัยก่อน โดยเริ่มจากการระเบิดหินที่บริเวณเชิงเขาไล่ขึ้นไปจนเป็นหน้าผาสูง จากนั้นต้องใช้แรงงานคนปีนป่ายขึ้นไประเบิดหินบนหน้าผาให้ทะลุลงมา รูปแบบนี้ในปัจจุบันไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากต้องเสี่ยงอันตรายมาก ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของหินได้ตามต้องการ และไม่สามารถผลิตหินได้ในปริมาณมาก นอกจากนี้ยังเป็นการทำลายทัศนียภาพแวดล้อมอีกด้วย
2. การผลิตจากยอดเขา (Top Down Quarry) เริ่มจากการตัดถนนเพื่อลำเลียงเครื่องจักรกลหนักขึ้นสู่ยอดเขา แล้วระเบิดหินจากยอดเขาลงมาเป็นชั้นบันได (Bench) วิธีการผลิตแบบนี้สามารถขยายกำลังผลิตในปริมาณมาก และคัดเลือกคุณภาพหินได้ตามต้องการขึ้นอยู่กับความกว้างและความยาวของชั้นบันได
3. การผลิตจากบ่อ (Open Pit Quarry) เป็นรูปแบบบ่อ สำหรับการผลิตหินที่อยู่ลึกจากพื้นดินลงไป เริ่มจากการเปิดหน้าดินแล้วระเบิดหินลึกลงไปใต้ดินเป็นชั้นบันไดเพื่อความสะดวกในการลำเลียงหิน และป้องกันการพังทลายของผนังบ่อ
4. การผลิตจากบ่อนยอดเขา (Semi Open Pit Quarry) เป็นการผลิตจากยอดเขาเหมือนรูปแบบที่สอง แต่จะระเบิดหินตรงกลางเขาเป็นรูปบ่อลงไป โดยไม่มีการทำลายบริเวณข้างเขา เพื่อช่วยอนุรักษ์ทัศนียภาพแวดล้อมและ



รูปที่ 9-15 การผลิตจากข้างเขา (Side Hill Quarry)



รูปที่ 9-16 การผลิตจากยอดเขา (Top Down Quarry)



รูปที่ 9-17 การผลิตจากบ่อ (Open Pit Quarry)



รูปที่ 9-18 การผลิตจากบ่อนยอดเขา (Semi Open Pit Quarry)



ป้องกันมลภาวะ รูปแบบนี้ บริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด ในเครือซีเมนต์ไทย เป็นผู้ริเริ่มนำมาใช้ในประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตหินรายย่อยอาจไม่สามารถนำวิธีการนี้มาใช้ได้ เนื่องจากมีต้นทุนสูงและต้องมีพื้นที่ประตันทันบัตร์มากพอ

การระเบิดหิน : เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการผลิตหินใหญ่ที่ทำโดยใช้เครื่องเจาะ เจาะรูเข้าไปในเนื้อหินโดยมีขนาดรูตั้งแต่ 1.5 - 12 นิ้ว แล้วแต่ขนาดเครื่องเจาะ จากนั้นก็จะบรรจุวัตถุระเบิด ได้แก่ เชื้อปะทุ, ดินระเบิดแรงสูง, และปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรท ซึ่งเป็นสารช่วยขยายกำลังระเบิดลงไปเพื่อระเบิดหินออกมา การเลือกขนาด, จำนวน, และระยะห่างของรูเจาะ มีความสัมพันธ์กันกับปริมาณหินที่ต้องการระเบิด และขนาดของก้อนหินใหญ่ที่ต้องการ และจะต้องเป็นสัดส่วนกับน้ำหนักของวัตถุระเบิดที่ใช้ในแต่ละครั้ง

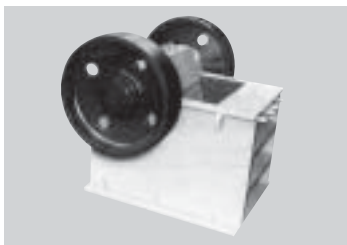


รูปที่ 9-19 ตะแกรงคัดหิน (Grizzly Bar)

● การย่อยหิน

การย่อยหิน หรือการโม่หิน มีวัตถุประสงค์เพื่อย่อยและคัดขนาดหินให้มีขนาดและส่วนคละตามมาตรฐานที่กำหนด ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การคัดหิน หินใหญ่ที่ลำเลียงมาจากเหมืองหิน ปกติจะมีเศษดินปะปนมาค่อนข้างมาก จะต้องร่อนผ่านตะแกรงคัดหิน (Grizzly Bar) เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออกก่อนที่จะนำเข้าสู่เครื่องย่อย ตะแกรงคัดหินนี้จะมีช่องเปิดกว้างประมาณ 4 - 6 นิ้ว เพื่อให้เศษดินหลุดลอดออกไป
2. การย่อยหินขั้นที่ 1 (Primary Stage) เป็นการย่อยหินก้อนใหญ่ให้เหลือขนาดประมาณ 60 - 90 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการย่อยขั้นต่อไป เครื่องย่อยหินขั้นที่ 1 (Primary Crusher) โดยทั่วไปจะใช้เครื่องแบบ Jaw Crusher หรือ Impact Crusher แต่ Impact Crusher ไม่เป็นที่นิยมใช้กัน เนื่องจากทำให้เกิดฝุ่นจากการย่อยหินค่อนข้างมาก
3. การย่อยหินขั้นที่ 2 (Secondary Stage) เป็นการย่อยหินในลำดับถัดไป โดยย่อยหินจากการโม่ขั้นที่ 1 ให้มีขนาดเล็กลง โดยให้มีขนาดใหญ่ได้ไม่เกินขนาดใหญ่สุดที่ต้องการ โดยปกติหินที่ได้จากการโม่ขั้นนี้ จะมีขนาดลดหลั่นลงไป ตั้งแต่ขนาด 5 เซนติเมตร จนถึง หินฝุ่น เครื่องย่อยหินขั้นที่ 2 (Secondary Crusher) มีใช้กันอยู่หลายแบบ เช่น Jaw Crusher, Impact Crusher, และ Cone Crusher โดยที่ Cone Crusher จะเป็นแบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการผลิตดีกว่าแบบอื่น
4. การย่อยหินขั้นที่ 3 (Tertiary Stage) โดยปกติการย่อยหินขั้นที่ 2 จะสามารถลดขนาดหินลงได้ตามความต้องการ แต่สำหรับโรงโม่ที่ต้องการกำลังการผลิตมากจำเป็นต้องมีการย่อยในขั้นที่ 3 อีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการย่อยในขั้นที่ 2 จะมีหินที่มีขนาดใหญ่เกินความต้องการ อยู่ประมาณ 20 - 30%



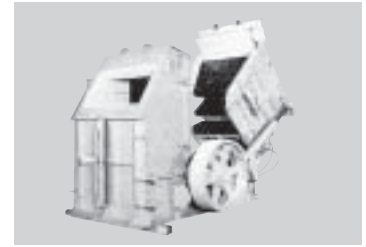
ก) Jaw Crusher



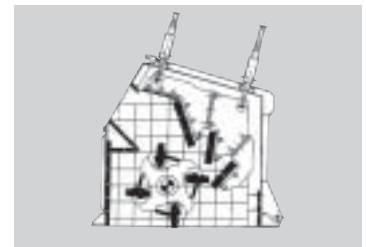
ข) ภาพตัดภายใน Jaw Crusher

รูปที่ 9-20 Jaw Crusher

- หากไม่มีการย่อยในขั้นที่ 3 จะต้องนำหินส่วนที่เกินกลับเข้าเครื่องย่อยขั้นที่ 2 ซ้ำอีกครั้ง ซึ่งจะทำได้กำลังผลิตลดลง เครื่องย่อยหินขั้นที่ 3 (Tertiary Crusher) มีแบบที่ใช้กันอยู่เหมือนกับขั้นที่ 2 แต่มีขนาดเล็กกว่าสำหรับขั้นตอนนี้หากใช้ Impact Crusher จะได้หินที่มีรูปร่างเหลี่ยมกลมมากกว่าที่ใช้เครื่องย่อยชนิดอื่น
5. การคัดแยกหิน (Screening) เป็นหัวใจของการย่อยหิน เนื่องจากหินจากเครื่องย่อยจะมีขนาดก่อนต่าง ๆ ปะปนกันอยู่ ต้องทำการคัดแยกออกจากกันด้วยตะแกรงร่อนหิน (Vibrating Screen) ซึ่งจะเป็นชุดตะแกรงวางเรียงซ้อนกันอยู่ 3 - 4 ชั้น โดยทั่วไปจะวางตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิด 1, 3/4, 1/2, 3/8, และ 3/16 นิ้ว เรียงกันตามลำดับจากบนมาล่าง
 6. การผสมหิน (Blending) โรงโม่ส่วนใหญ่เมื่อคัดแยกหินออกจากตะแกรง จะใช้สายพานลำเลียงหินออกมากองแยกเป็นกอง ๆ ตามขนาดตะแกรงชั้นต่าง ๆ แล้วขายลูกค้าเป็นหินขนาดเดียว ที่เรียกว่า "Single Size" เนื่องจากหินแต่ละกองจะมีขนาดตายตัวไม่มีขนาดอื่นปน การนำหินมาผสมคอนกรีตจำเป็นต้องนำหินขนาดต่าง ๆ เหล่านี้มาผสมกัน ให้ได้ส่วนคละตามมาตรฐาน ASTM C 33 ด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน ได้แก่
 - **วิธีใช้รถตัก** โดยผสมตามสัดส่วนที่คำนวณไว้ วิธีนี้หินที่ผสมได้จะมีส่วนคละไม่ค่อยสม่ำเสมอ
 - **วิธีใช้ราง** โดยการปรับปรุงบริเวณรางหินที่ออกมาจากตะแกรงร่อน ให้หินขนาดต่าง ๆ มารวมตัวกันก่อนขึ้นสายพานลำเลียงไปลงกอง วิธีนี้จะผสมหินได้สม่ำเสมอมากกว่าวิธีแรก แต่ไม่สามารถปรับส่วนคละได้เที่ยงตรงเท่าที่ควร
 - **วิธีใช้อุโมงค์** เป็นวิธีผสมหินที่ดีที่สุดโดยการนำหินที่ได้จากตะแกรงร่อนมากองแยกแบบ Single Size บนอุโมงค์ที่มีสายพานลำเลียงอยู่ข้างใต้ แล้วใช้คอมพิวเตอร์คำนวณการเปิดประตูระบายหินได้กองแต่ละกองลงสู่สายพานด้านล่าง ตามสัดส่วนที่เหมาะสมแล้วลำเลียงไปโรยผสมกันในถังเก็บหินก่อนจำหน่าย
 7. การควบคุมคุณภาพ โรงโม่หินส่วนมากจะไม่มีระบบควบคุมคุณภาพ นอกจากจะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นวันต่อวัน โดยทั่วไปการควบคุมความสกปรกของหินทำได้โดยการคัดเลือกหินใหญ่ให้สะอาดมีดินปนน้อยที่สุด และเปิดตะแกรงคัดดินให้เหมาะสม การควบคุมปริมาณฝุ่นทำได้โดยการปรับเปลี่ยนขนาดของตะแกรงคัดฝุ่นให้เหมาะสมกับฤดูกาล การควบคุมส่วนคละทำได้โดยการหมั่นตรวจสอบการสึกหรอของตะแกรง และฟันโม่ (Liner) รวมถึงการปรับระยะห่างของปากโม่ให้เหมาะสมอย่างสม่ำเสมอ การควบคุมรูปร่างของก้อนหินค่อนข้างทำได้ยาก หากแหล่งหินและเครื่องจักรไม่เหมาะสม แต่อาจทำได้โดยการเลือกบริเวณที่จะผลิตหินใหญ่ที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียว (Homogeneous) ไม่วางเรียงกันเป็นชั้น (Laminated) จนเห็นได้ชัด นอกจากนี้ยังต้องควบคุมการป้องกันหินเข้าให้เต็มไม่อยู่ตลอดเวลา

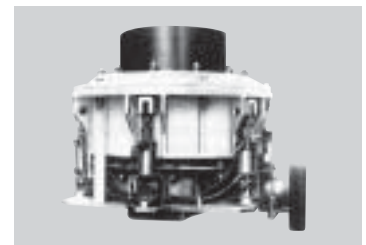


ก) Impact Crusher

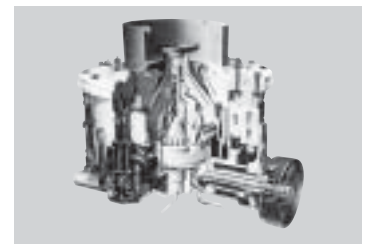


ข) ภายใน Impact Crusher

รูปที่ 9-21 Impact Crusher



ก) Cone Crusher

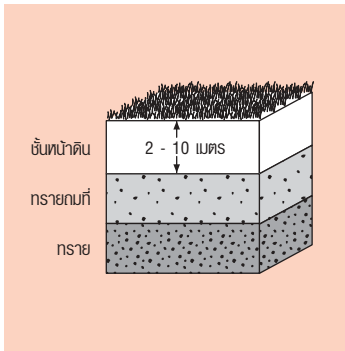


ข) ภาพตัดภายใน Cone Crusher

รูปที่ 9-22 Cone Crusher



9.6 ทรายที่นำมาใช้ผสมคอนกรีต



รูปที่ 9-23 ภาพตัดชั้นดิน

ทรายเป็นวัตถุของเศษหิน เศษแร่ขนาดเล็ก มีลักษณะร่วนซุยไม่เกาะกัน เกิดจากกระบวนการผุพังสลายตัวทางธรรมชาติทั้งจากปฏิกิริยาทางเคมีและทางกายภาพของหินที่เป็นต้นกำเนิด เช่น หินอัคนี, หินตะกอนหรือหินชั้น, และหินแปร จากส่วนประกอบของหินต้นกำเนิดเหล่านี้ แร่ซิลิกาหรือควอตซ์ (Quartz) เป็นแร่ที่มีความแข็งแรงทนต่อการกัดกร่อนและคงสภาพอยู่ได้ในสภาพเม็ดที่ใหญ่ จึงคงค้างและเป็นส่วนประกอบสำคัญของทราย โดยทั่วไปเม็ดทรายมีขนาดระหว่าง 1/16 ถึง 2 มิลลิเมตร

ทรายเป็นทรัพยากรธรณีประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญ มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากภายในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น ใช้เป็นมวลรวมหรือวัสดุผสมปูนซีเมนต์, และเป็นวัสดุในการปรับถมสภาพพื้นที่ เป็นต้น

แหล่งทรายในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นทรายที่ได้มาจากแม่น้ำและที่ราบลุ่มน้ำเก่าหรือที่เรียกกันว่า “ทรายน้ำจืด” มากกว่าทรายที่ได้จากชายฝั่งและในทะเล ซึ่งเป็นทรายที่เรียกกันว่า “ทรายทะเล”

ทรายน้ำจืดเกิดจากการพัดพาของกระแสน้ำจากแหล่งต้นกำเนิดสะสมอยู่ตามร่องน้ำ ขอบริมฝั่ง และตามที่ราบลุ่มทั่วไป

ทรายที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตเป็นชนิดทรายน้ำจืด สามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด ได้แก่ ทรายแม่น้ำ, และทรายบก

1. ทรายแม่น้ำ

ทรายแม่น้ำเป็นทรายที่เกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำแล้วค่อย ๆ ตกตะกอนสะสมกลายเป็นแหล่งทรายอยู่ใต้ท้องน้ำ โดยทรายที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก จะตกตะกอนอยู่บริเวณต้นน้ำ ส่วนทรายละเอียดนั้นก็จะถูกกระแสน้ำพัดพามารวมกันบริเวณท้ายน้ำ

2. ทรายบก

ทรายบกเป็นทรายที่เกิดจากการตกตะกอนที่ทับถมกันของลำน้ำเก่าที่แปรสภาพเป็นพื้นดิน โดยมีซากพืชและซากสัตว์ทับถมกันบริเวณผิวหน้าซึ่งเราเรียกกันว่าหน้าดิน มีความหนาประมาณ 2 - 10 เมตร

9.7 กระบวนการผลิตทราย

● การสำรวจแหล่งทราย

การสำรวจค้นหาแหล่งทรายโดยทั่ว ๆ ไปนั้นอาจจะสรุปได้เป็น 3 วิธีดังนี้

1. วิธีการแบบดั้งเดิม (Traditional Survey)

เป็นวิธีการที่ไม่ได้ใช้ความรู้ทางวิชาการหรือเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสำรวจ แต่ใช้การคาดเดาจากแหล่งที่มาต่าง ๆ คือ

- พื้นที่ใกล้เคียงมีลักษณะเป็นแหล่งทราย
- การขุดเจาะบ่อบาดาลของชาวบ้าน

วิธีการสำรวจแบบนี้มีค่าใช้จ่ายต่ำมาก แต่แหล่งทรายที่พบอาจจะมีคุณภาพต่ำหรือมีปริมาณทรายน้อย

2. วิธีการทางธรณีวิทยา (Geological Survey)

เป็นวิธีการที่นำความรู้วิชาการทางด้านธรณีวิทยาในส่วนของการศึกษาสภาพภูมิประเทศและโครงสร้างของเปลือกโลกมาพิจารณาถึงสภาพพื้นที่บริเวณต่าง ๆ ที่มีความเป็นไปได้ว่าจะมีทรายอยู่ใต้พื้นดินบริเวณนั้น และเมื่อแน่ใจว่ามีแหล่งทรายอยู่ใต้พื้นดินบริเวณดังกล่าว ก็จะทำการเจาะสำรวจชั้นทรายเพื่อตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของแหล่งทรายนั่นต่อไป วิธีการสำรวจแบบนี้มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีแรกแต่โอกาสที่จะค้นพบแหล่งทรายที่มีปริมาณและคุณภาพตามที่ต้องการก็มีสูงเช่นกัน

3. วิธีการจากดาวเทียม (Satellite Survey)

เป็นวิธีการสมัยใหม่ที่น่าเทคโนโลยีระดับสูงเข้ามาช่วยในการสำรวจ โดยดาวเทียมที่ใช้สำรวจนั้นจะต้องติดตั้งอุปกรณ์พิเศษที่มีความสามารถในการค้นหาแหล่งทราย รวมถึงปริมาณและคุณภาพของแหล่งทรายนั่นได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ วิธีการสำรวจแบบนี้จะมีค่าใช้จ่ายสูงมาก ผู้สำรวจจะต้องเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกับปริมาณและคุณภาพทรายที่จะนำมาใช้ประโยชน์ว่าจะคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์หรือไม่อย่างไรก็ตามในอนาคตอันใกล้นี้วิธีการสำรวจดังกล่าวจะเป็นที่แพร่หลายมากขึ้น เพราะเทคโนโลยีใหม่ ๆ กำลังเข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน

● กรรมวิธีการผลิตทรายแม่น้ำ

กรรมวิธีการผลิตทรายจากแหล่งทรายแม่น้ำ จะต้องได้รับอนุญาตจากกรมที่ดินก่อน ขั้นตอนการผลิตทรายแม่น้ำ โดยทั่วไปเริ่มจากการดูดทรายขึ้นมาจากแม่น้ำ ซึ่งมี

2 ลักษณะ คือ

1. การดูดทรายแบบอยู่กับที่ ในกรณีที่ลำน้ำมีพื้นที่ไม่กว้างมากนัก และมีปริมาณทรายมากเพียงพอ รวมทั้งมีอัตราการดูดทรายต่ำ
2. การดูดทรายแบบเคลื่อนที่ โดยการย้ายไปตามลำน้ำในบริเวณพื้นที่ที่ขออนุญาตไว้ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีพื้นที่กว้าง หรือมีความหนาของชั้นทรายน้อย

การนำทรายขึ้นจากท้องน้ำ จะใช้เรือดูด ซึ่งได้ติดตั้งเครื่องจักรบีบดูดน้ำแบบหอยโข่งต่อกับท่อดูดทราย ดูดเอาน้ำและทรายขึ้นมาตามท่อ แล้วทิ้งทรายลงบนตะแกรงของเรืออีกลำ ตะแกรงจะทำหน้าที่ร่อนแยกกรวดที่มีขนาดใหญ่ออก ก่อนที่จะดูดทรายขึ้นบนเรือบรรทุกทรายที่รอรับอยู่ เมื่อทรายเต็มเรือก็จะใช้เรืออีกลำลากเรือบรรทุกทรายไปยังท่าทรายต่าง ๆ ทรายที่ได้จะยังไม่สะอาดนัก เนื่องจากมีสารอินทรีย์และเศษตะกอนของดินโคลนปะปนอยู่ โดยทั่วไปจะต้องมีการล้างทรายอีกครั้ง กล่าวคือ เมื่อเรือบรรทุกทรายมาถึงท่าทรายจะถูกทิ้งลงน้ำบริเวณใกล้ท่าโดยการเปิดท้องเรือให้ทรายไหลลงแม่น้ำ แต่ถ้าเรือที่ลำเลียงทรายเปิดท้องเรือไม่ได้ ก็จะใช้สายพานลำเลียงทรายทิ้งลงในแม่น้ำ จากนั้นจะใช้เรือดูด ดูดทรายขึ้นมา ทำวิธีการเดียวกันกับการดูดทรายขึ้นจากท้องน้ำครั้งแรก แตกต่างกันที่ตะแกรงที่ใช้จะ



รูปที่ 9-24 การผลิตทรายตามวิธีการดั้งเดิม โดยใช้ตะแกรงแยกขนาดทราย



รูปที่ 9-25 การเปิดหน้าดิน



รูปที่ 9-26 เรือดูดทราย



รูปที่ 9-27 ท่อส่งลำเลียงทรายจากเรือเข้าสู่ Feedbox

สามารถแยกได้ทั้งทรายหยาบและทรายละเอียด ทรายที่ได้จัดเป็นทรายที่สะอาด เพราะผ่านการชะล้างถึง 2 ครั้ง

ขั้นต่อไป คือ การลำเลียงทรายโดยใช้สายพานลำเลียงจากเรือไปเก็บไว้ในยุ้งจนเต็ม เมื่อยุ้งเต็มก็จะลำเลียงทรายไปเก็บยัง Stock ต่อไป ทรายที่เก็บไว้ในยุ้ง สามารถลำเลียงลงรถบรรทุกได้โดยสะดวก เพียงเปิดปากยุ้งให้ทรายไหลลงในรถบรรทุกเอง ส่วนทรายที่กอง Stock อยู่หากจะนำไปใช้ จะใช้รถตักขนทรายใส่รถบรรทุกอีกครั้ง

● กรรมวิธีการผลิตทรายบก

กรรมวิธีการผลิตทรายจากแหล่งทรายบก อาจแบ่งตามการผลิตได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การผลิตทรายตามวิธีการดั้งเดิม

เป็นกรรมวิธีการผลิตทรายที่ทำกันมานานเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า “ทรายชาวบ้าน” การลงทุนไม่สูงมากและทรายที่ได้จะมีคุณภาพต่ำ กระบวนการผลิตทรายจะเริ่มจากการเปิดหน้าดินก่อนด้วยรถตักดิน จากนั้นจะขุดดินลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดินจนมีสภาพเป็นแอ่งน้ำขนาดใหญ่ แล้วนำเรือมาดูด หรือใช้รถตักทรายขึ้นมาผ่านตะแกรงเพื่อแยกกรวดออก แล้วนำทรายไปกองไว้เพื่อนำไปใช้ต่อไป ผู้ผลิตทรายบางรายอาจจะใช้ตะแกรงที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้แยกขนาดของทรายออกเป็นทรายหยาบและทรายละเอียด อย่างไรก็ตาม การผลิตทรายด้วยวิธีนี้ก็ไม่สามารถแยกขนาดละเอียดของทรายตามที่ต้องการได้ และทรายที่ผลิตได้จะไม่สะอาดเท่าที่ควร เนื่องจากมีการเจือปนของสารอินทรีย์ที่ติดมากับทราย

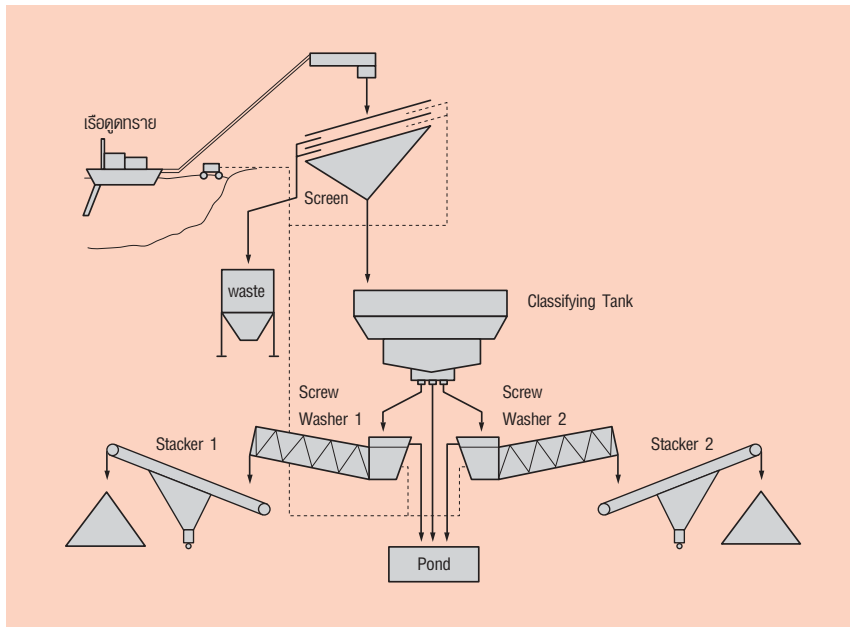
2. การใช้เครื่องจักรในการผลิตทราย

เป็นกรรมวิธีการผลิตทรายที่ทันสมัย โดยใช้เครื่องจักรในการทำความสะอาดและแยกขนาดละเอียดของทรายให้ตรงตามความต้องการ จึงได้ทรายที่มีคุณภาพสูง กล่าวคือ ขนาดละเอียดของทรายสอดคล้องตามข้อกำหนด และไม่มีปริมาณสารเจือปน เช่น ดิน หรือสารอินทรีย์อื่น ๆ เกินข้อกำหนด

กระบวนการผลิตจะเริ่มจากการเปิดหน้าดินก่อนด้วยรถตักดิน จากนั้นจะขุดลึกลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดิน จนมีสภาพเป็นแอ่งน้ำขนาดใหญ่แล้วนำเรือมาดูดทรายผ่านตามท่อเข้าสู่เครื่องจักรเพื่อให้เครื่องจักรทำความสะอาด และคัดแยกทรายตามขนาดละเอียดต่อไป

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตทราย อาจแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้ (ดูรูปขั้นตอนการทำงานได้จาก รูปที่ 9-28)

- 2.1 เรือดูดทราย ทำหน้าที่ดูดทรายจากบ่อทรายเพื่อส่งมาเข้า Feedbox
- 2.2 Feedbox เป็นจุดแรกที่รับทรายจากท่อส่งลำเลียงทราย ทำหน้าที่คัดกรองหินและรากไม้ที่อาจจะรบกวนการทำงานของตะแกรง โดยตำแหน่งของ Feedbox ใน รูปที่ 9-29 อยู่บริเวณส่วนบนสุดของเครื่องจักร

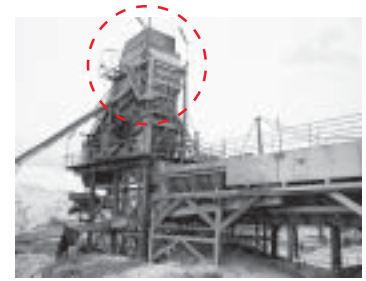


รูปที่ 9-28 Flow Diagram ของโรงงานผลิตทราย

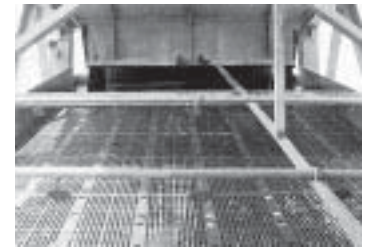
2.3 ตะแกรงร่อน (Screen) ทำหน้าที่คัดเลือกทรายที่มีขนาดใหญ่เกินไป เพื่อนำไปทิ้ง ส่วนที่ผ่านตะแกรงจะส่งไปยัง Classifying Tank ต่อไป

2.4 Classifying Tank จะรับทรายจากตะแกรงเพื่อทำหน้าที่

- คัดแยกขนาดคละของทราย โดยอาศัยหลักการพัดพาของทรายที่ปั่นไปกับน้ำ โดยทรายที่มีขนาดใหญ่จะตกตะกอนเร็วกว่าทรายขนาดเล็ก ดังนั้นการกระจายตัวของทรายภายใน Tank จะเป็นดังนี้ คือ ทรายหยาบจะตกอยู่บริเวณตอนต้นของ Tank สำหรับทรายละเอียดจะอยู่บริเวณส่วนปลายของ Tank ภายใน Classifying Tank ประกอบด้วย 11 Stations เรียงลำดับจาก Station ที่ 1 ซึ่งทรายที่ตกตะกอนนั้นจะมีขนาดใหญ่หรือหยาบที่สุด ไปจนถึง Station ที่ 11 ซึ่งทรายที่ตกตะกอนนั้นจะมีขนาดเล็กหรือละเอียดที่สุด แต่ละ Station จะมีวาล์วเปิด-ปิด เพื่อทำหน้าที่ผสมทรายแต่ละขนาดให้ได้ขนาดคละตามต้องการ โดยระยะเวลาการเปิด-ปิดของวาล์วจะรับคำสั่งมาจากระบบควบคุม PLC (Programmable Logic Control)
- ทำความสะอาดทราย โดยการคัดแยกฝุ่น หรือทรายที่ละเอียดมาก เพื่อนำไปทิ้ง โดยใช้หลักการที่ว่าฝุ่นหรืออนุภาคขนาดเล็กจะพัดพาไปพร้อมกับน้ำที่ล้นจาก Classifying Tank



รูปที่ 9-29 Feedbox



รูปที่ 9-30 ตะแกรงร่อนทราย



ก) Classifying Tank



ข) ภายใน Classifying Tank



ค) วาล์วเปิดปิดในแต่ละ Station

รูปที่ 9-31 Classifying Tank



รูปที่ 9-32 ห้องควบคุมคุณภาพการผลิตและระบบควบคุม PLC

2.5 ระบบควบคุม PLC (Programmable Logic Control) ทำหน้าที่

- เป็นตัวรับข้อมูลขนาดคละของทรายตามที่ผู้ผลิตต้องการ
- คำนวณอัตราส่วนผสมของปริมาณทรายในแต่ละ Station เพื่อนำมาผสมกันให้ได้ขนาดคละตามที่ต้องการ
- ควบคุมการเปิด-ปิด ของวาล์วใน Classifying Tank โดยการนำอัตราส่วนที่คำนวณได้ มาแปลงเป็นเวลาที่ใช้ในการเปิดวาล์วในแต่ละ Station

2.6 Screw Washer ทำหน้าที่รับทรายจาก Classifying Tank เพื่อทำความสะอาดทรายอีกครั้งหนึ่งและดึงน้ำออกจากทราย (Dewatering) ซึ่งสามารถลดความชื้นของทรายให้ต่ำกว่า 20% ได้

2.7 สายพานลำเลียงทราย (Belt Stacker) ทำหน้าที่รับทรายจาก Screw Washer เพื่อนำไปกองไว้ให้แห้งและเพื่อตัดไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 9-33 Screw Washer

โรงงานที่มีกำลังการผลิตสูง จะใช้ Belt Conveyor อีกชุดหนึ่ง เพื่อลำเลียงทรายจากกองไปไว้ที่ขุ้งทราย แล้วนำรถขนส่งทรายมารองรับทรายจากขุ้ง เพื่อลดกระบวนการตักทรายโดยตรงตัก เป็นการประหยัดเวลาและแรงงาน อีกทั้งยังทำให้มีพื้นที่ Stock ทรายมากขึ้นด้วย

จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตทรายทั้งสองวิธีนั้นต่างก็มีข้อดีและข้อเสียต่างกันไปในการผลิตทรายโดยวิธีดั้งเดิมนั้นมีข้อดี คือ การลงทุนต่ำ กระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนและราคาทรายต่ำ แต่ไม่สามารถควบคุมคุณภาพทรายได้ตามที่ต้องการ ในทางกลับกันการใช้เครื่องจักรในการผลิตทรายจะมีการลงทุนสูง กระบวนการผลิตซับซ้อน จึงทำให้ต้นทุนและราคาของทรายสูงขึ้น แต่ก็สามารถควบคุมคุณภาพทรายให้เป็นไปตามที่



รูปที่ 9-34 Belt Stacker



รูปที่ 9-35 โรงงานผลิตทราย

ต้องการได้ ดังนั้นเครื่องจักรผลิตทรายนี้จึงไม่ได้ผลิตเพียงแต่ทรายที่ใช้ผสมคอนกรีตเท่านั้น แต่ยังสามารถผลิตทรายชั้นคุณภาพใด ๆ ก็ได้ ตามความต้องการของผู้ผลิต เช่น ทรายสำหรับทำกระเบื้อง หรือทรายสำหรับทำกระฉก เป็นต้น ซึ่งวิธีการผลิตทรายแบบดั้งเดิมไม่สามารถทำได้

9.8 คุณสมบัติทั่วไปของมวลรวม

มวลรวม ควรมียุทธศาสตร์ที่ทำให้คอนกรีตนั้นมีความสามารถได้ง่าย แข็งแรง คงทน และมีราคาประหยัด นอกจากนี้ มวลรวมควรจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ

1. ความแข็งแรง (Strength)

มวลรวมจะต้องมีความสามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่ากำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ซึ่งปกติมวลรวมที่ใช้โดยทั่วไปจะมีความสามารถรับแรงกดได้สูงกว่าคอนกรีตมาก คือ จะรับแรงกดได้ 700 - 3,500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของมวลรวมที่ใช้

ชนิดของหิน	กำลังอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
หินควอร์ตไซต์ (Quartzite)	1,500 - 3,000
หินแกรนิต (Granite)	1,000 - 2,500
หินบะซอลต์ (Basalt)	1,000 - 3,000
หินปูน (Limestone)	300 - 2,500

ตารางที่ 9-1 กำลังอัดของหิน 5

2. ความต้านทานต่อแรงกระแทกและการขัดสี (Impact and Abrasion Resistance)

ความสามารถในการต้านทานต่อแรงกระแทกและการขัดสีของมวลรวม เป็นคุณสมบัติที่สามารถใช้เป็นตัวชี้บอกถึงคุณภาพของมวลรวม และมีความสำคัญมากสำหรับมวลรวมที่ใช้ผสมทำคอนกรีตที่ต้องรับแรงกระแทกหรือการขัดสี เช่น พื้นถนน, พื้นโรงงาน, และพื้นสนามบิน เป็นต้น ดังนั้น มวลรวมที่ใช้ในงานได้ดี ควรมีความแข็งแรงสูงและมีเนื้อแน่น

3. ความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability)

มวลรวมจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ หรือกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ในบางพื้นที่มวลรวมบางประเภทสามารถทำปฏิกิริยากับด่าง (Alkali) ในปูนซีเมนต์ได้ ก่อให้เกิดเป็นวุ้นและขยายตัวจนเกิดรอยแตกกว้างกระจายอยู่ทั่วบริเวณผิวหน้าคอนกรีต ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า “ปฏิกิริยาระหว่างด่างกับมวลรวม (Alkali-Aggregate Reaction หรือ AAR)”

4. รูปร่างและลักษณะผิว (Particle Shape and Surface Texture)

รูปร่างและลักษณะผิวของมวลรวม มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสดมากกว่าคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว มวลรวมที่มีผิวหยาบ, มีรูปร่างแบน,



ก) การกองทรายไว้



ข) ยุ้งทราย

รูปที่ 9-36 การกองเก็บทรายที่โรงงานผลิตทราย



ก) หินรูปร่างเป็นเหลี่ยม



ข) หินรูปร่างแบน



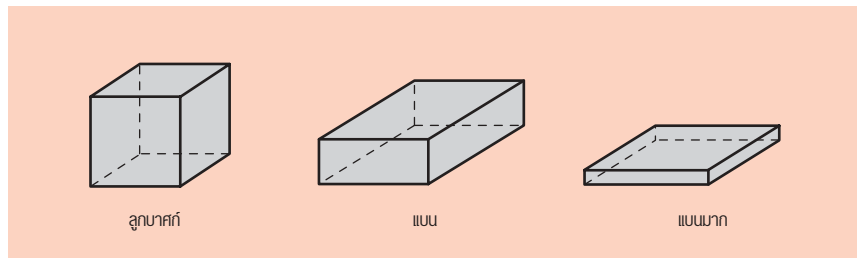
ค) หินรูปร่างยาวเรียว
รูปที่ 9-37 รูปร่างของหิน

หรือมีรูปร่างยาวเรียว จะทำให้คอนกรีตมีความต้องการปริมาณซีเมนต์เพสต์มากกว่าที่ใช้มวลรวมรูปร่างกลม หรือเหลี่ยม ที่ระดับความสามารถเทได้ (Workability) เดียวกัน

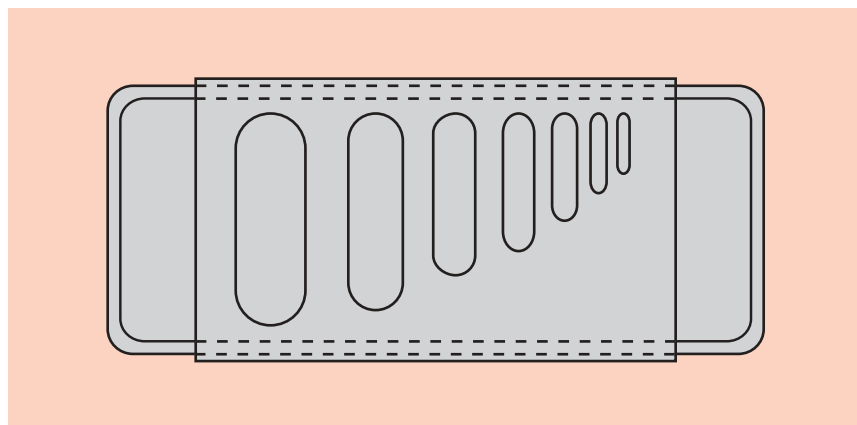
ตามมาตรฐานอังกฤษ มีการกำหนดการทดสอบรูปร่างของมวลรวมไว้ 2 ประการ คือ

- การทดสอบความแบน (Flakiness) คือ การทดสอบหาอัตราส่วนของความกว้างต่อความหนาของมวลรวม ดังใน รูปที่ 9-38 แสดงรูปร่างของมวลรวมหายาที่มีระดับความแบนแตกต่างกัน และเครื่องมือทดสอบความแบนของมวลรวมหายา
- การทดสอบความยาวเรียว (Elongation) คือ การทดสอบหาอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างของมวลรวม ดังใน รูปที่ 9-39 แสดงรูปร่างของมวลรวมหายาที่มีระดับความยาวเรียวแตกต่างกัน และเครื่องมือทดสอบความยาวเรียวของมวลรวมหายา

คอนกรีตกำลังสูงหรือคอนกรีตที่ออกแบบไว้สำหรับการลำเลียงด้วยปั๊มคอนกรีต ควรใช้มวลรวมหายาที่มีดัชนีความแบน (Flakiness Index) และดัชนีความยาว (Elongation Index) ไม่เกิน 25% โดยการทดสอบตามมาตรฐาน BS 812 : Section 105.1 และ 105.2 ตามลำดับ



ก) รูปร่างของมวลรวมหายาที่มีระดับความแบนแตกต่างกัน

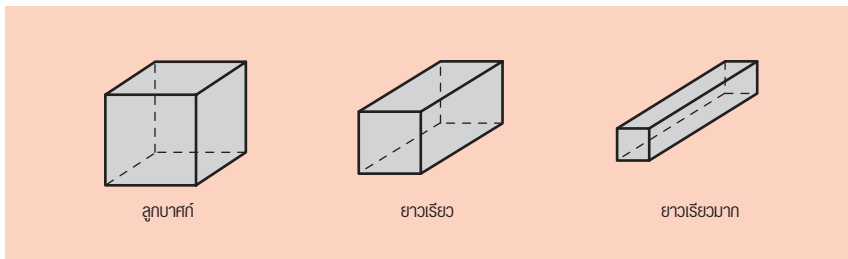


ข) เครื่องมือทดสอบความแบนของมวลรวมหายา (Thickness Gauge)

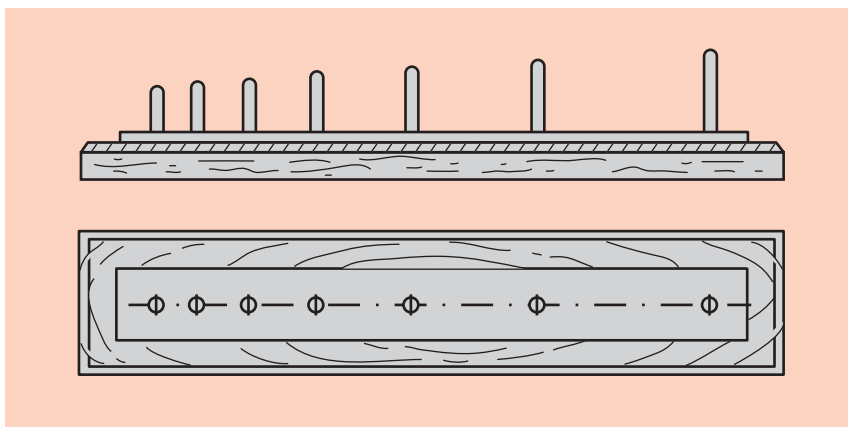
รูปที่ 9-38 การทดสอบความแบน (Flakiness)

ส่วนลักษณะผิวของมวลรวมหยาบ จะมีผลโดยตรงกับแรงยึดเหนี่ยว เมื่อมีผิวหยาบด้านหรือมีรูพรุนมาก จะทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวดี แต่ต้องใช้ปริมาณซีเมนต์เพสต์มากขึ้น

มอก. 566 ได้ให้คำนิยามของรูปร่างและลักษณะผิวของมวลรวมไว้ดัง ตารางที่ 9-2 และ ตารางที่ 9-3

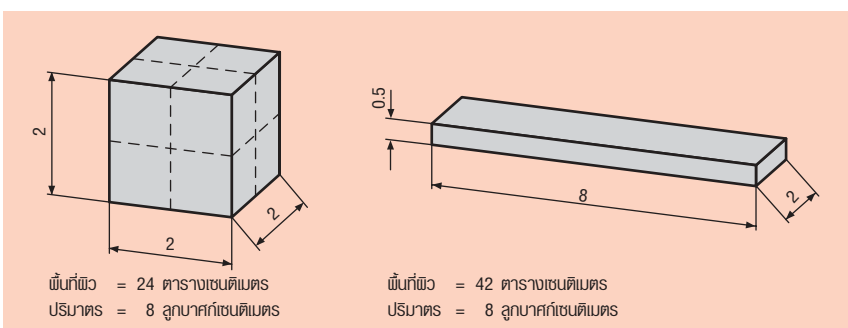


ก) รูปร่างของมวลรวมหยาบที่มีระดับความยาวเรียวแตกต่างกัน

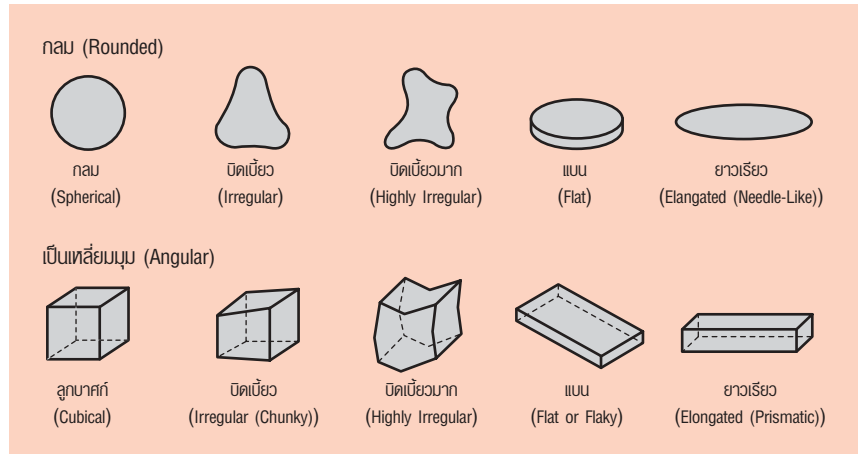


ข) เครื่องมือทดสอบความยาวเรียวของมวลรวมหยาบ (Length Gauge)

รูปที่ 9-39 การทดสอบความยาวเรียว (Elongation)



รูปที่ 9-40 อนุภาคมวลรวมที่มีรูปร่างยาวเรียวกว่า จะมีพื้นที่ผิวมากกว่า ทำให้คอนกรีตมีความต้องการซีเมนต์เพสต์ในการเคลือบผิวมวลรวมมากกว่าด้วย



รูปที่ 9-41 การแบ่งชนิดของมวลรวมตามรูปร่างของอนุภาค

การแบ่งประเภท	ลักษณะ	ตัวอย่าง
กลม	เกลี้ยง ไม่มีเหลี่ยม เนื่องจากถูกน้ำกัดเซาะ หรือจากการเสียดสีกันเอง	กรวดทรายจากแม่น้ำ หรือชายทะเล
ไม่สม่ำเสมอ หรือมีส่วนกลมอยู่บ้าง	ไม่สม่ำเสมอโดยธรรมชาติ หรือถูกเสียดสีมาบ้าง และมีเหลี่ยมมน	กรวดทรายที่ได้จากบ่อหิน เหล็กไฟที่ได้จากพื้นดิน หรือขุดขึ้นมา หินรูปลูกบาศก์
เหลี่ยม	มีเหลี่ยม เกิดจากตำบที่เรียบ มานรรจบกันและเห็นได้ชัด	หินที่ย่อยจากเครื่องไม้ทุกแบบ หินที่ตกตามไหล่เขา
แบน	วัสดุที่มีความหนาไม่มาก เมื่อเทียบกับความกว้างหรือความยาว ปกติจะเป็นเหลี่ยมด้วย	หินที่มีลักษณะเป็นชั้น

ตารางที่ 9-2 การแบ่งประเภทและลักษณะของมวลรวม ตาม มอก. 566

เนื้อผิว	ตัวอย่าง
สไลคล้ายแก้ว	หินเหล็กไฟดำ
เรียบ	หินเชิร์ต หินชนวน หินอ่อน และหินโรโอไลต์บางชนิด
เป็นเม็ด	หินทราย หินอุโลต์
เป็นพริก	อย่างละเอียด : บะซอลต์ แกรนโคต์ แกรโนไฟร์ อย่างกลาง : ไดโลไรต์ แกรโนไฟร์ แกรนูไลต์ ไมโครแกรนิต หินปูนบางชนิด และหินไดโลไมต์ส่วนใหญ่ อย่างหยาบ : แกบโบร โนส์ แกรนิต แกรโนไดโอไรต์ โซฮ์ไนต์
เป็นโพรงรังผึ้งหรือเป็นรูพรุน	สกอเรีย พัมมิช กราส

ตารางที่ 9-3 ลักษณะผิวของมวลรวม ตาม มอก. 566

5. ขนาดคละ (Gradation)

ขนาดคละของมวลรวม มีผลต่อความสามารถเทได้ของคอนกรีตสด และปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต การทำคอนกรีตที่ดีนั้น แต่ละอนุภาคของมวลรวมจะต้องถูกห่อหุ้มด้วยซีเมนต์เพสต์ไม่ว่ามวลรวมนั้นจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ก็ตาม นอกจากนี้ มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดจะต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสม เมื่อนำมาผสมรวมกันแล้ว อนุภาคมวลรวมที่มีขนาดเล็กกว่าจะต้องบรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคมวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่าให้มากที่สุด ซึ่งจะมีผลทำให้ประหยัดซีเมนต์เพสต์ที่ใช้ยึดมวลรวมเข้าด้วยกัน รวมทั้งอุดช่องว่างระหว่างมวลรวม ดังนั้นการใช้มวลรวมที่มีขนาดคละที่เหมาะสม จึงทำให้ช่วยลดปริมาณซีเมนต์เพสต์ลง และช่วยประหยัดปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตลงได้



รูปที่ 9-42 ขนาดต่าง ๆ ของมวลรวม

9.9 คุณสมบัติที่ต้องใช้พิจารณาในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ผู้ออกแบบต้องทราบถึงคุณสมบัติของมวลรวม ดังนี้

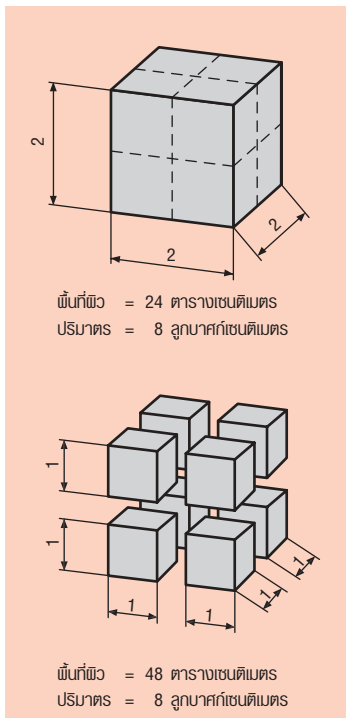
1. ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวม
2. ขนาดคละ
3. ปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำ
4. ความถ่วงจำเพาะ
5. หน่วยน้ำหนักและช่องว่าง

9.9.1 ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวม (Maximum Size of Aggregate)

ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมที่ใช้ พิจารณาได้จากการหาส่วนคละของมวลรวม แล้วดูผลจากเปอร์เซ็นต์ที่ค้างมากกว่าหรือเท่ากับ 15% ให้นำขนาดตะแกรงอันที่ใหญ่กว่านั้นขึ้นไปอีกหนึ่งชั้น เป็นขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมนั้น ดังแสดงในตัวอย่าง

พิจารณา ตารางที่ 9-4 จากผลการวิเคราะห์ จะเห็นว่าตะแกรงร่อนใหญ่ที่สุดที่มีมวลรวมค้างบนตะแกรงร่อน (เปอร์เซ็นต์ค้าง) เกิน 15% คือตะแกรงร่อน 1/2 นิ้ว ขนาดของตะแกรงร่อนที่ใหญ่กว่านี้หนึ่งชั้น คือ ตะแกรงร่อน 3/4 นิ้ว ดังนั้นขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมนี้คือ 3/4 นิ้ว

ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมที่ใช้มีผลโดยตรงกับปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่ต้องการ กล่าวคือ มวลรวมที่มีขนาดใหญ่มีพื้นที่ผิวโดยรวมน้อยกว่ามวลรวมที่ขนาดเล็กเมื่อน้ำหนักของมวลรวมเท่ากัน ดังนั้นมวลรวมขนาดใหญ่จึงต้องการปริมาณน้ำและปูนซีเมนต์น้อยกว่า เพื่อให้มีความสามารถในการเทได้เท่ากัน โดยกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นถ้าใช้มวลรวมขนาดใหญ่ขึ้น เพราะสามารถลดน้ำหรือลดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ลงได้นั่นเอง



รูปที่ 9-43 อนุภาคมวลรวมที่มีขนาดเล็กกว่า จะมีพื้นที่ผิวมากกว่า ทำให้คอนกรีตมีความต้องการซีเมนต์เพสต์ในการเคลือบผิวมวลรวมมากกว่าด้วย

ขนาดตะแกรง	น้ำหนักที่ค้าง	เปอร์เซ็นต์ค้าง
1"	12	-
3/4"	1,384	7
1/2"	8,031	41
3/8"	8,676	43
เบอร์ 4	573	3
เบอร์ 8	609	3
ภาดรอง	513	3
รวมน้ำหนัก	19,800	100

ตารางที่ 9-4 ตัวอย่างแสดงค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของมวลรวมที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนเบอร์ต่าง ๆ

ผู้ออกแบบจำเป็นต้องตัดสินใจเลือกขนาดใหญ่มากที่สุดของมวลรวม โดยมีข้อพิจารณาเลือกดังนี้

1. ขนาดใหญ่มากที่สุดของมวลรวมต้องมีขนาดไม่เกิน 1/5 ของส่วนที่แคบสุดของแบบหล่อ หรือ

2. ขนาดไม่เกิน 3/4 ของระยะแคบสุดระหว่างเหล็กเสริม หรือระหว่างเหล็กเสริมกับแบบหล่อ หรือ

3. ขนาดไม่เกิน 1/5 ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อคอนกรีตปั๊ม

ข้อกำหนดที่กล่าวมานี้ จะหมายถึง ขนาดใหญ่มากที่สุดของมวลรวมที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ซึ่งจะมีขนาดไม่เกิน 40 มิลลิเมตร

9.9.2 ขนาดคละ (Gradation หรือ Grading)

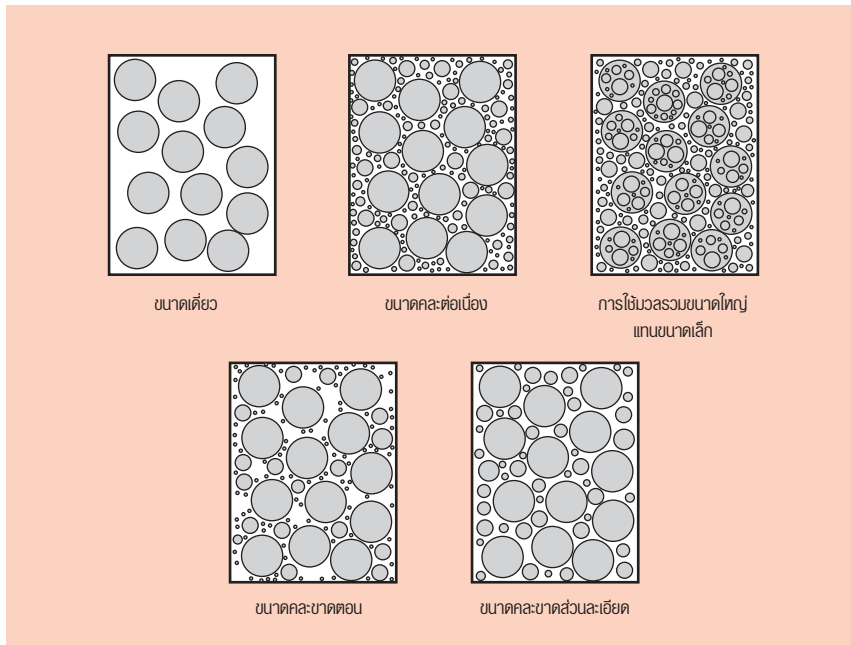
ขนาดคละ คือ การกระจายของขนาดต่างๆของอนุภาคมวลรวม นับเป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับการกำหนดปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่ต้องการสำหรับคอนกรีต

ขนาดคละมีผลต่อการกำหนดปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต คอนกรีตที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดคละดี จะต้องการซีเมนต์เพสต์ที่จะใช้ยึดมวลรวมเข้าด้วยกันและอุดช่องว่างระหว่างมวลรวมน้อยกว่า จึงช่วยประหยัดปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต นอกจากนี้ขนาดคละยังมีผลต่อความสามารถเทได้ของคอนกรีต การทำให้คอนกรีตแน่น และการปาดแต่งผิวหน้าคอนกรีตอีกด้วย

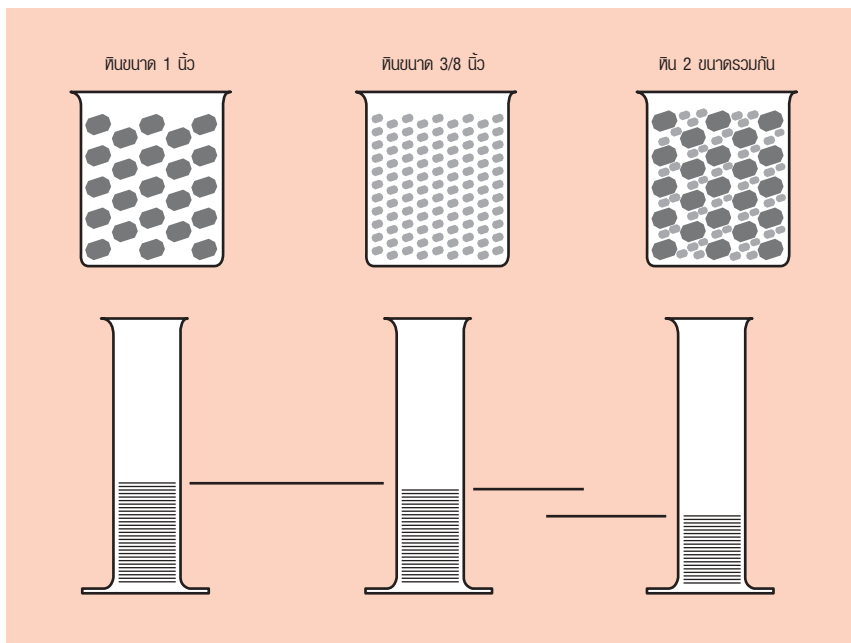
รูปที่ 9-45 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่ต้องการเพิ่มเติมให้เต็มช่องว่างเมื่อใช้หิน 2 ขนาดคละกัน จะน้อยกว่าเมื่อใช้หินเพียงขนาดเดียว (Single Size) นั่นคือ ปริมาณช่องว่างระหว่างมวลรวมลดลง ถ้าใช้หินและทรายหลายขนาดที่ลดหลั่นมาผสมกันโดยมีสัดส่วนที่พอเหมาะแล้ว จะทำให้ช่องว่างเหลือน้อยที่สุด และใช้ปริมาณซีเมนต์เพสต์น้อยที่สุด ซึ่งก็คือคอนกรีตจะมีราคาต่ำลง

● การวิเคราะห์ขนาดคละ

การวิเคราะห์ขนาดคละของมวลรวม ทำได้โดยการร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐานขนาดต่าง ๆ ซึ่งวางเรียงกันตามขนาดช่องว่างของตะแกรงจากขนาดใหญ่สุดข้างบนถึงขนาดเล็กสุด และภาดรองด้านล่าง แล้วทำการร่อน



รูปที่ 9-44 การเรียงตัวของมวลรวมที่มีขนาดคละต่าง ๆ กัน



รูปที่ 9-45 มวลรวมที่มีขนาดคละดี จะต้องการปริมาณน้ำผสมคอนกรีตน้อย

อาจใช้มือโยกเขย่าหรือใช้เครื่องร่อน การร่อนจะทำโดยใช้ตะแกรงเคลื่อนไหวทั้งแนวราบและแนวตั้ง รวมทั้งการตบเขย่าเพื่อให้ตัวอย่างมวลรวมเคลื่อนไหวอยู่บนตะแกรงตลอดเวลา ภายหลังกการร่อนมวลรวม จะนำค่าที่ได้มาบันทึก ดังตัวอย่างใน ตารางที่ 9-5 ซึ่งประกอบด้วย



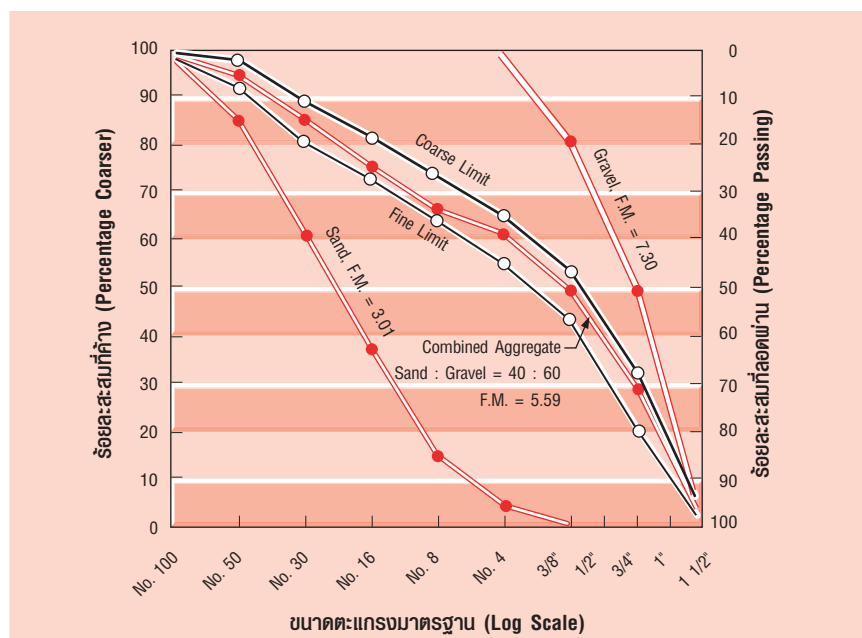
ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	ช่องที่ 1 น้ำหนักที่ค้ำ บนตะแกรง (กรัม)	ช่องที่ 2 ร้อยละที่ค้ำ บนตะแกรง	ช่องที่ 3 ร้อยละสะสม ที่ค้ำบนตะแกรง	ช่องที่ 4 ร้อยละสะสม ที่ผ่านตะแกรง
เบอร์ 4	32	2.0	2.0	98.0
เบอร์ 8	90	5.9	7.9	92.1
เบอร์ 16	211	13.7	21.6	78.4
เบอร์ 30	530	34.5	56.1	43.9
เบอร์ 50	530	34.5	90.6	9.4
เบอร์ 100	140	9.1	99.7	0.3
ภาครอบง	5	0.3	100.0	0.0
น้ำหนักรวม	1,538	100.0		

ตารางที่ 9-5 ตัวอย่างข้อมูลผลการทดสอบสำหรับการวิเคราะห์ขนาดคละของมวลรวม

- ช่องที่ 1 น้ำหนักของมวลรวมที่ค้ำอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาด
- ช่องที่ 2 ค่าร้อยละของมวลรวมที่ค้ำอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาด
- ช่องที่ 3 ค่าร้อยละสะสมของมวลรวมที่ค้ำอยู่บนตะแกรง
- ช่องที่ 4 ค่าร้อยละสะสมของมวลรวมที่ผ่านตะแกรง

● กราฟขนาดคละ

กราฟขนาดคละของมวลรวม คือ การแสดงผลการวิเคราะห์ขนาดคละของมวลรวมด้วยกราฟ โดยให้แกนตั้งแสดงน้ำหนักร้อยละสะสมของมวลรวมที่ค้ำ หรือผ่านตะแกรงแต่ละขนาด แกนนอนแสดงขนาดช่องเปิดของตะแกรง กราฟที่ใช้ควรเป็นแบบ Semi-Log Scale โดยมี Log Scale บนแกนนอน โดยทั่วไปแผนภูมิขนาดคละจะประกอบด้วยเส้นกราฟแสดงขีดจำกัดล่าง, เส้นกราฟแสดงขีดจำกัดบน ตามข้อกำหนด และกราฟขนาดคละของมวลรวมจากผลการทดสอบขนาดคละ ดังแสดงใน รูปที่ 9-46



รูปที่ 9-46 กราฟขนาดคละของมวลรวม

- โมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus; F.M.)

โมดูลัสความละเอียด คือ ตัวเลขดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของก้อนวัสดุในมวลรวม โดยที่

$$\text{โมดูลัสความละเอียด (F.M.)} = \frac{\text{(ผลบวกของร้อยละสะสมของอนุภาคที่ค้ำบนตะแกรงมาตรฐาน)}}{100}$$

ตะแกรงมาตรฐานที่ใช้ คือ ขนาด เบอร์ 4, 8, 16, 30, 50, และ 100
ตัวอย่างการหาค่า F.M. ของทราย จาก ตารางที่ 9-5 หาได้ดังนี้
F.M. = $(2 + 7.9 + 21.6 + 56.1 + 90.6 + 99.7) / 100$
= 2.78

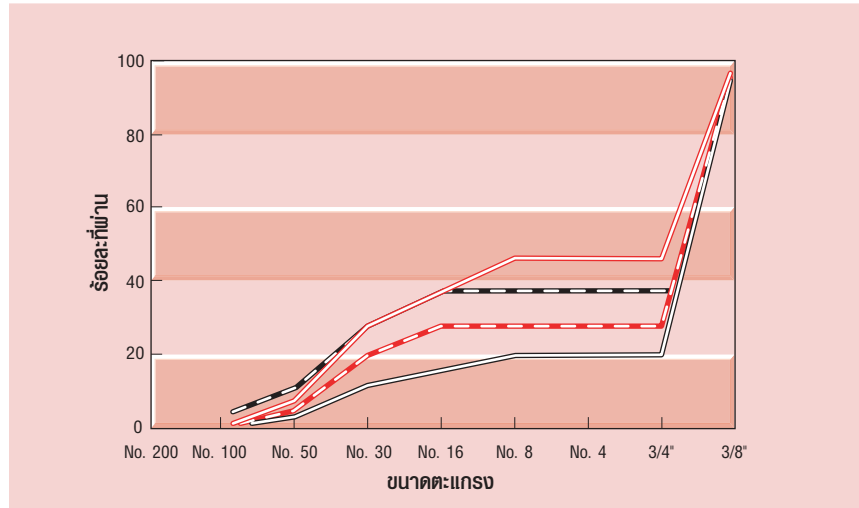
ทรายสำหรับผลิตคอนกรีตควรมีค่าโมดูลัสความละเอียดตั้งแต่ 2.3 - 3.2 ทรายที่มีค่า F.M. สูงกว่า จะมีความหยาบมากกว่า เช่น ทรายที่มีค่า F.M. = 3.2 จะมีความหยาบมากกว่าทรายที่มีค่า F.M. = 2.3 เป็นต้น ทรายที่มีความละเอียดมากจำเป็นต้องใช้น้ำมากเพื่อให้ได้ความสามารถเท่า ๆ กัน

- ข้อจำกัดอื่น ๆ เกี่ยวกับขนาดคละ

ปริมาณอนุภาคละเอียดที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 50 และ 100 มีผลต่อความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตสด, การปาดแต่งผิวหน้า, และการเยิ้ม (Bleeding) ของน้ำบนผิวคอนกรีตสด นอกจากนี้อนุภาคขนาดเล็ก ๆ ยังช่วยให้คอนกรีตยึดเกาะตัวกันได้ดี มาตรฐาน ASTM C 33 กำหนดปริมาณอนุภาคที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 50 ขึ้นต่ำเท่ากับ 10% แต่ปริมาณนี้ไม่เพียงพอสำหรับการปาดแต่งผิวหน้าด้วยเครื่องมือ ปริมาณที่ควรจะมีคือ ผ่านเบอร์ 50 อย่างน้อย 15% และเบอร์ 100 อย่างน้อย 5% แต่ต้องมีให้มีอนุภาคที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 5% เพราะอนุภาคขนาดเล็กนี้มักประกอบด้วยดินเหนียวซึ่งมีผล 2 ประการใหญ่ คือ จะต้องใช้ปริมาณน้ำมาก และเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีตจะไม่ดีด้วย

- ขนาดคละขาดตอน (Gap Grading)

ขนาดคละขาดตอน คือ มวลรวมที่ขาดอนุภาคขนาดกลางขนาดโตขนาดหนึ่งหรือหลายขนาด ซึ่งจะมีผลต่อความสามารถเท่าใด เมื่อนำมวลรวมนี้ไปผสมคอนกรีต สำหรับคอนกรีตที่มีค่ายุบตัวสูงจะเกิดปัญหาการแยกตัว (Segregation) ได้ง่าย



รูปที่ 9-47 ลักษณะกราฟของมวลรวมที่มีขนาดละเอียดตอน

9.9.3 ปริมาณความชื้นและการดูดซึม (Moisture and Absorption)

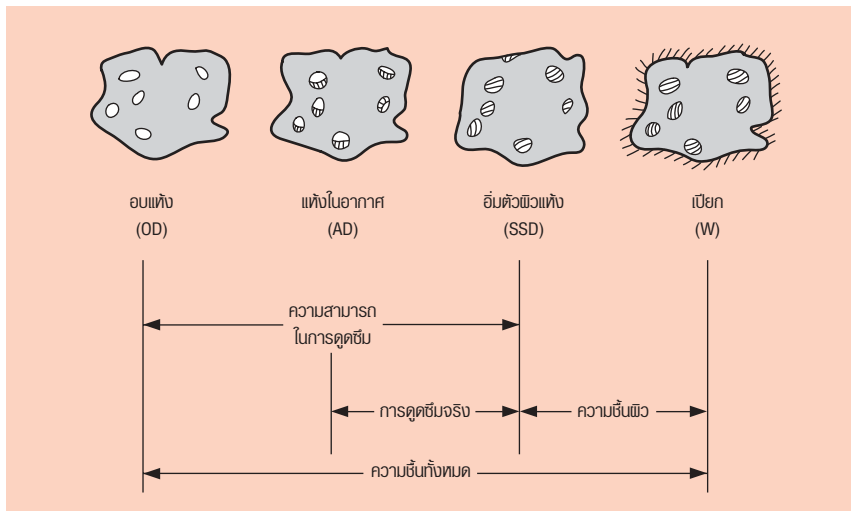
มวลรวมมีรูพรุนภายในบางส่วนที่ติดต่อกับผิวนอก ดังนั้นมวลรวมจึงสามารถดูดความชื้น นอกจากนี้บางส่วนยังสามารถเกาะบริเวณผิวของมวลรวม ดังนั้นมวลรวมที่เก็บอยู่ในสภาพธรรมชาติจึงมีความชื้นต่าง ๆ กันไป สภาพความชื้นนี้มีผลต่ออัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต คือ หากมวลรวมอยู่ในสภาพแห้งก็จะดูดน้ำผสมเข้าไป ทำให้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์จริงลดลง หากเปียกขึ้นก็ทำให้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์จริงสูงกว่าที่ควรจะเป็น

● สภาพความชื้น

อาจแบ่งสภาพความชื้นของมวลรวมออกได้เป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

1. อบแห้ง (Oven-Dry; OD) ความชื้นถูกขับออกด้วยความร้อนในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศา จนน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 12 ชั่วโมง)
2. แห้งในอากาศ (Air-Dry; AD) ผิวแห้ง แต่อาจมีน้ำในรูพรุนบางส่วน หินย่อยและกรวดโดยทั่วไปที่นำมาใช้ผสมคอนกรีตจะมีสภาพความชื้นแห้งในอากาศ
3. อิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated-Surface-Dry; SSD) รูพรุนเต็มไปด้วยน้ำ แต่ผิวแห้ง เป็นสภาพความชื้นของมวลรวมที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต
4. เปียก (Wet; W) รูพรุนเต็มไปด้วยน้ำ และมีน้ำบนผิวด้วย ทราบโดยทั่วไปที่นำมาใช้ผสมคอนกรีตจะมีสภาพความชื้นเปียก

ในการคำนวณออกแบบส่วนผสมคอนกรีตทุกครั้ง จะถือว่ามวลรวมอยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง แล้วจึงปรับปริมาณน้ำตามสภาพความชื้นจริงของมวลรวม ความชื้นทั้งหมดที่อยู่ในมวลรวมในสภาพอิ่มตัวผิวแห้งนั้นจะเรียกว่า “ความสามารถในการดูดซึม” ผลต่างของความชื้นในลักษณะอิ่มตัวผิวแห้งกับความชื้นในลักษณะแห้งในอากาศเรียกว่า “การดูดซึมจริง”



รูปที่ 9-48 สภาพความชื้นของมวลรวม

- ปริมาตรเพิ่มของทราย (Bulking of Sand)

ตามปกติมวลรวมทรายในสภาพเก็บรักษาจะอยู่ในสภาพแห้งในอากาศโดยมีปริมาณการดูดซึมน้ำจริงน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ส่วนมวลรวมละเอียดมักจะเปียกและมีความชื้นบนผิวระหว่าง 3 - 6 เปอร์เซ็นต์

เหตุที่มวลรวมละเอียดมีปริมาณเพิ่มมากเพราะปริมาณน้ำที่เคลือบอยู่บนผิวอนุภาค นอกจากนั้นความตึงของผิวน้ำยังทำให้ความหนาของน้ำที่เคลือบผิวสูงขึ้นและผลักดันให้อนุภาคของมวลรวมละเอียดห่างออกจากกัน ซึ่งเราเรียกว่า **Bulking** มีผลทำให้การหาส่วนผสมคอนกรีตด้วยการตวงปริมาตรมีโอกาสผิดพลาด เราจึงควรใช้วิธีชั่งน้ำหนักแทน และการหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวมควรทำในสภาพอบแห้ง เมื่อเพิ่มปริมาณความชื้นบนผิวละเอียดจนเปียก แรงตึงผิวจะหายไป ดังนั้นจึงมีปริมาตรลดลงเหมือนสภาพอบแห้งดัง **รูปที่ 9-49**

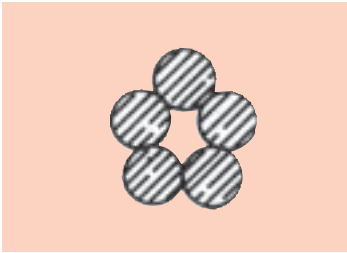
9.9.4 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของมวลรวมต่อความหนาแน่นของน้ำ ความถ่วงจำเพาะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของมวลรวม และรูพรุนภายในอนุภาคมวลรวม มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในประเทศไทยจะมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.7 และ 2.65 ตามลำดับ ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตจะใช้ค่าความถ่วงจำเพาะในการแปลงปริมาณเป็นน้ำหนักหรือกลับกัน

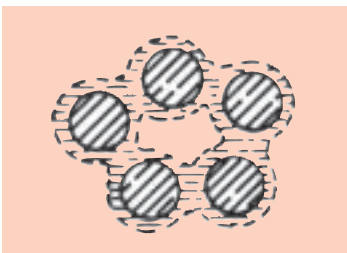


9.9.5 หน่วยน้ำหนักและช่องว่าง (Unit Weight and Voids)

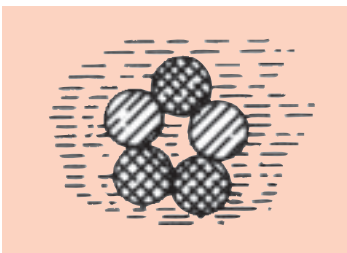
หน่วยน้ำหนักของมวลรวม คือ น้ำหนักของมวลรวมต่อหน่วยปริมาตร หน่วยน้ำหนักจะบอกถึงปริมาตรและช่องว่างระหว่างมวลรวม ที่มวลรวมน้ำหนักหนึ่ง ๆ จะบรรจุลงได้ ดังนั้น หน่วยน้ำหนักย่อมขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง และขนาดคละของมวลรวม สภาพความชื้นของมวลรวม และระดับของการบดอัด เราใช้หน่วยน้ำหนักในการคำนวณหาปริมาณเมื่อใช้วิธีตวงในการวัดส่วนผสมของคอนกรีต หน่วยน้ำหนักของมวลรวมที่ใช้อยู่ทั่วไปในประเทศไทยมีค่า 1,300 - 1,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การนำเอามวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดมาผสมกันด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ จะมีผลต่อหน่วยน้ำหนักของมวลรวมผสมดังแสดงใน รูปที่ 9-50 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหน่วยน้ำหนักสูงสุดเกิดขึ้นเมื่อใช้มวลรวมละเอียด 34 - 40% โดยน้ำหนัก ดังนั้น ถ้าคำนึงถึงเฉพาะราคาคอนกรีต (ใช้ซีเมนต์เพสต์น้อยที่สุด) เราควรใช้เปอร์เซ็นต์ทรายในช่วงดังกล่าว แต่ในทางปฏิบัติต้องคำนึงความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตด้วย



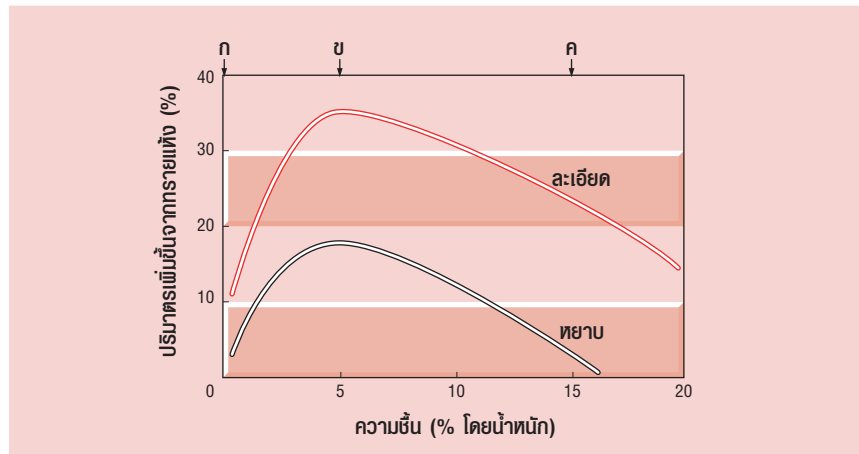
ก) ทรายแห้ง



ข) ทรายขึ้นเล็กน้อย

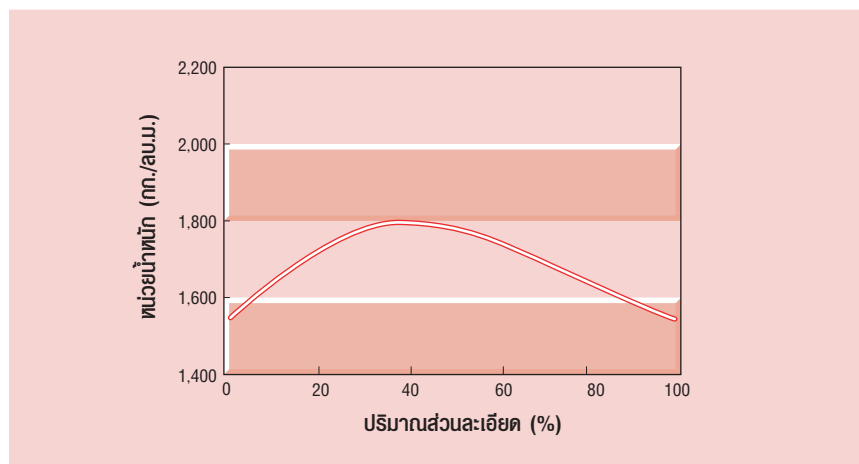


ค) ทรายเปียกมาก



ง) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับปริมาณเพิ่มของทราย

รูปที่ 9-49 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับปริมาณเพิ่มของทราย



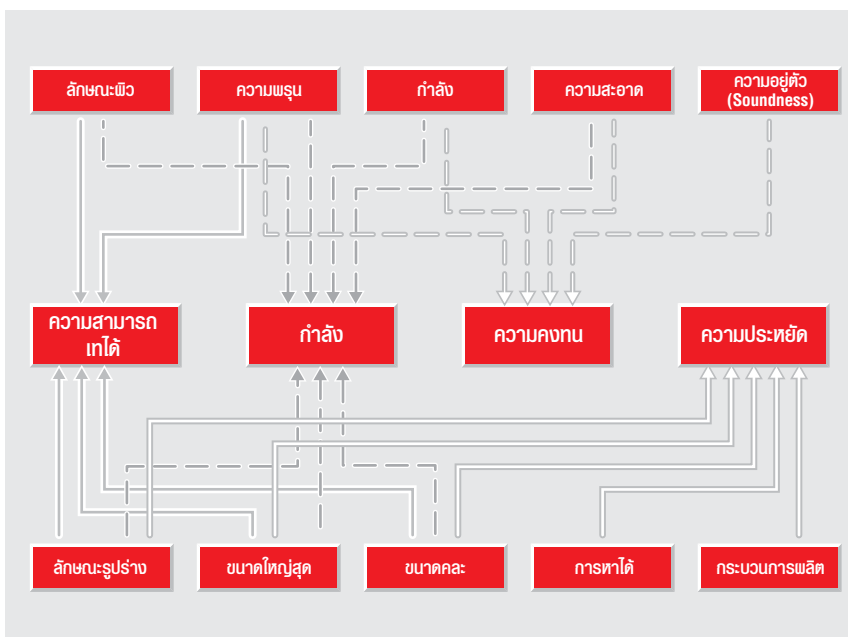
รูปที่ 9-50 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักและปริมาณมวลรวมละเอียด

9.10 คุณสมบัติของมวลรวมที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต

คุณสมบัติของมวลรวมจะส่งผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต ดังแสดงใน ตารางที่ 9-6

คุณสมบัติของคอนกรีต	คุณสมบัติของมวลรวมที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์
ความคงทน	
การต้านทานต่อ Freezing และ Thawing	Soundness, ความพรุน, โครงสร้างของรูพรุนในเนื้อมวลรวม, การซึมผ่านของน้ำ, ปริมาณการอัดตัว, การรับแรงดึง, ลักษณะและโครงสร้างของผิว, สิ่งเจือปน
การต้านทาน Wetting และ Drying	โครงสร้างของรูพรุนในเนื้อมวลรวม, โมดูลัสยืดหยุ่นของมวลรวม
การต้านทาน Heating และ Cooling	สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน
การต้านทานต่อการสึกกร่อน	ความแข็ง
การทำปฏิกิริยากับ Alkali ในคอนกรีต	ปริมาณของ Siliceous ที่เป็นส่วนประกอบ
กำลัง	กำลัง, ลักษณะผิว, ความสะอาด, รูปร่าง, ขนาดใหญ่สุด
Shrinkage และ Creep	โมดูลัสยืดหยุ่น, รูปร่างของมวลรวม, ขนาดผล, ความสะอาด, ขนาดใหญ่สุด, และสิ่งเจือปน
สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน	สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน, โมดูลัสยืดหยุ่น
การนำความร้อน	การนำความร้อน
ความร้อนจำเพาะ	ความร้อนจำเพาะ
หน่วยน้ำหนัก	ความถ่วงจำเพาะ, รูปร่าง, ส่วนผล, ขนาดใหญ่ที่สุด
โมดูลัสยืดหยุ่น	โมดูลัสยืดหยุ่น, Poisson's Ratio
การลื่นของผิวหน้า	แนวโน้มนการขัดเป็นมันของผิวหิน
ความประหยัด	รูปร่าง, ส่วนผล, ขนาดใหญ่ที่สุด, จำนวนชั้นตอนในการผลิต, ความยากง่ายในการจัดหามวลรวม

ตารางที่ 9-6 คุณสมบัติของมวลรวมที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต



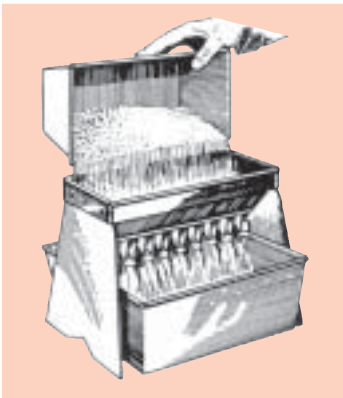
รูปที่ 9-51 ผลกระทบของคุณสมบัติของมวลรวมที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีต



9.11 การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม

มวลรวมที่จะนำมาทดสอบนั้น ต้องได้รับการสุ่มเก็บจากต้นแหล่งหรือ ณ สถานที่กองเก็บ และต้องนำมาทำการแบ่งส่วนก่อนการทดสอบ เพื่อให้ได้ตัวแทนของตัวอย่างที่ถูกต้อง การแบ่งส่วนของตัวอย่างอาจทำได้ 2 ลักษณะ คือ

1. วิธีใช้ Riffle Sampler โดยการเทตัวอย่างมวลรวมผ่านเครื่องมือ ซึ่งจะแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ผ่านช่องเปิด ดังแสดงใน **รูปที่ 9-52**
2. วิธีแบ่งสี่ โดยการผสมมวลรวม จากนั้นแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน นำ 2 ส่วนที่อยู่ตรงข้ามกันมาทดสอบ และทิ้ง 2 ส่วนที่เหลือไป ดังแสดงใน **รูปที่ 9-53**



รูปที่ 9-52 การแบ่งส่วนตัวอย่างโดยใช้ Riffle Sampler



รูปที่ 9-53 วิธีแบ่งสี่

การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

การทดสอบกลุ่มที่ 1 ทดสอบหาคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมวลรวมนี้มาผสมคอนกรีต เช่น กำลัง, ลักษณะรูปร่างและผิว, ความถ่วงจำเพาะ, การดูดซึมน้ำ, ความต้านทานการขัดสี, และหน่วยน้ำหนัก ซึ่งการทดสอบคุณสมบัตินี้จะทดสอบเฉพาะเมื่อเปลี่ยนแหล่งมวลรวมใหม่ หรือเมื่อสงสัยคุณภาพเท่านั้น

การทดสอบกลุ่มที่ 2 ทดสอบหาคุณสมบัติทั่วไป เช่น ขนาดคละ, ความชื้น, และสิ่งเจือปนต่าง ๆ ซึ่งจะต้องทำการทดสอบอย่างสม่ำเสมอ

ถ้าแบ่งการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม ตามวิธีการทดสอบ สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดัง ตารางที่ 9-7

การทดสอบทางฟิสิกส์ (Physical Tests)	การทดสอบทางกล (Mechanical Tests)	การทดสอบทางเคมี (Chemical Tests)
<ul style="list-style-type: none"> ขนาดคละ รูปร่างและลักษณะผิว ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ การดูดซึมน้ำ การทดสอบ 	<ul style="list-style-type: none"> การทดสอบกำลัง - Impact Value - Crushing Value - 10% Fine ความคงทน - ความต้านทานการขัดสี - Attrition 	<ul style="list-style-type: none"> ปริมาณคลอไรด์ ปริมาณซัลเฟต ปริมาณสารอินทรีย์

ตารางที่ 9-7 ประเภทของการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม

ตารางที่ 9-8 เป็นการรวบรวมการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมสำหรับงานคอนกรีตตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

การทดสอบ	มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา [ASTM]
ค่าจำกัดความ	C 125
ข้อกำหนดขนาดคละ	C 33
การทดสอบขนาดคละ	C 136
การสุ่มตัวอย่างเพื่อการทดสอบ	D 75
การแบ่งประเภทมวลรวม	C 294
ปริมาณดินเหนียว, ฝุ่น, Silt	C 117 C 142
ความถ่วงจำเพาะ	
• ทึบ	C 127
• ทราย	C 128
ปริมาณความชื้น	C 70
สารอินทรีย์	C 40
ความอยู่ตัว (Soundness)	C 88
Alkali-Aggregate Reaction	C 289
หน่วยน้ำหนัก	C 29
ความต้านทานการขัดสี	C 131

ตารางที่ 9-8 มาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม



9.12 ข้อกำหนดคุณสมบัติทั่วไปของมวลรวมสำหรับงานคอนกรีต

1. ขนาดคละของมวลรวม

ข้อกำหนดคละของมวลรวม ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 9-9



ก) ตะแกรงร่อนมาตรฐาน



ข) เครื่องร่อนทราย

มวลรวมละเอียด		มวลรวมหยาบขนาด 1" - No. 4		มวลรวมหยาบขนาด 3/4" - No. 4
ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ผ่าน	ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ผ่าน	เปอร์เซ็นต์ผ่าน
3/8"	100	1 1/2"	100	-
เบอร์ 4	95 - 100	1"	95 - 100	100
เบอร์ 8	80 - 100	3/4"	-	90 - 100
เบอร์ 16	50 - 85	1/2"	25 - 60	-
เบอร์ 30	25 - 60	3/8"	-	20 - 55
เบอร์ 50	5 - 30	เบอร์ 4	0 - 10	0 - 10
เบอร์ 10	0 - 10	เบอร์ 8	0 - 5	0 - 5

ตารางที่ 9-9 ข้อกำหนดขนาดคละของมวลรวม

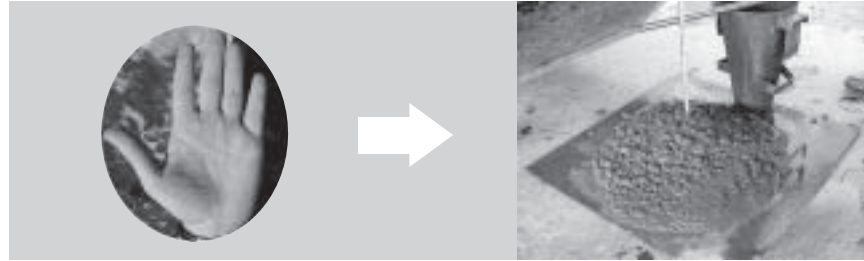
2. สิ่งเจือปนต่างๆ

ข้อกำหนดสิ่งเจือปนต่างๆ ในมวลรวม ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 9-10

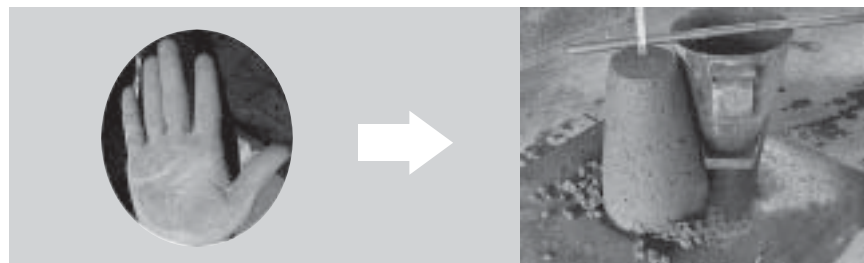


ค) เครื่องร่อนหิน

รูปที่ 9-54 การทดสอบขนาดคละของมวลรวม



ก) ทรายสะอาด มีปริมาณฝุ่นทรายติดอยู่ที่ฝ่ามือ น้อย ทำให้คอนกรีตมีค่ายุบตัวสูงกว่า



ข) ทรายสกปรก มีปริมาณฝุ่นทรายติดอยู่ที่ฝ่ามือ มาก ทำให้คอนกรีตมีค่ายุบตัวต่ำกว่า

รูปที่ 9-55 การตรวจสอบความสะอาดของทรายอย่างง่าย ด้วยการลองขยี้ทรายแล้วสังเกตดูปริมาณฝุ่นทรายที่ติดอยู่ที่ฝ่ามือ โดยคอนกรีตที่ใช้ทรายสกปรก จะมีความต้องการปริมาณน้ำผสมคอนกรีตมากกว่า ถ้ายังคงปริมาณน้ำเท่ากับกรณีใช้ทรายสะอาด จะทำให้สภาพเนื้อคอนกรีตที่ใช้ทรายสกปรกแห้งมากกว่า จึงมีค่ายุบตัวต่ำกว่า

สิ่งเจือปน	ผลกระทบต่อคอนกรีต	ข้อกำหนดสูงสุด (%โดยน้ำหนัก)	
		มวลรวมละเอียด	มวลรวมหยาบ
<ul style="list-style-type: none"> • วัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 75 μm หรือตะแกรงเบอร์ 200 - มวลรวมสำหรับงานกันการกัดสี - มวลรวมสำหรับงานคอนกรีตทั่วไป 	กระทบต่อความสามารถเกิด		
	ต้องเพิ่มน้ำในส่วนผสม	3	1
		5	1
<ul style="list-style-type: none"> • ก้อนดินและวัสดุประเภทอื่นๆ 	กระทบต่อความสามารถเกิดและความต้านทานการกัดสี	3	5
<ul style="list-style-type: none"> • ถ่านและลิกไนต์ 	กระทบต่อความคงทนและก่อให้เกิดรอยเปื้อนบนผิว	0.5 - 1.0	0.5
<ul style="list-style-type: none"> • Chert (ที่ความถี่จำเพาะน้อยกว่า 2.4) 	กระทบต่อความคงทน	-	5

ตารางที่ 9-10 ข้อกำหนดสิ่งเจือปนต่างๆ ในมวลรวม

3. ความต้านทานการขัดสี (Abrasion Resistance)

มวลรวมหยาบต้องมีค่าการสึกกร่อนหรือความต้านทานการขัดสีไม่เกินที่กำหนดไว้ตาม มอก. 566 เพื่อให้คอนกรีตมีความคงทน โดยเฉพาะในโครงสร้างคอนกรีตประเภทที่ต้องรับแรงกระแทกหรือแรงขัดสี เช่น พื้นถนน, พื้นโรงงาน, และพื้นสนามบิน เป็นต้น

ทดสอบโดยเครื่อง แล้วส่วนที่แตกออกต้องไม่เกิน 50% สำหรับงานคอนกรีตทั่วไป และไม่เกิน 40% สำหรับงานคอนกรีตที่ต้องทนการขัดสี

4. ความอยู่ตัว (Soundness)

ความอยู่ตัวของมวลรวมมีผลต่อความคงทนของคอนกรีต โดยเฉพาะภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีซัลเฟตสูง

การทดสอบความอยู่ตัวของมวลรวม ตามมาตรฐาน ASTM C 88 เป็นการทดสอบความต้านทานต่อการสลายตัวของมวลรวม ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต แต่โดยทั่วไปจะทดสอบในแมกนีเซียมซัลเฟต โดยแช่จำนวน 5 รอบ แล้วน้ำหนักจะต้องสูญเสียไปไม่เกิน 18% สำหรับมวลรวมหยาบ และไม่เกิน 15% สำหรับมวลรวมละเอียด (ถ้าใช้โซเดียมซัลเฟต น้ำหนักจะต้องสูญเสียไปไม่เกิน 12% สำหรับมวลรวมหยาบ และไม่เกิน 10% สำหรับมวลรวมละเอียด)

5. สารอินทรีย์ที่เจือปนในมวลรวมละเอียด

สารอินทรีย์ที่เจือปนในมวลรวมละเอียด มีผลต่อเวลาการก่อตัว, กำลังอัด, และความคงทนของคอนกรีต

ทดสอบโดยการแช่ทรายไว้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 3% แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นเปรียบเทียบสีของสารละลายที่ได้กับแผ่นกระจกสีมาตรฐาน ถ้าสีของสารละลายเข้มกว่าสีมาตรฐานเบอร์ 3 จะถือว่าทรายนั้นมีสารอินทรีย์เจือปนมากเกินไป ข้อกำหนด ถ้าต้องใช้ใช้ผสมคอนกรีตจะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติตัวอย่างอื่นประกอบอีกครั้ง



รูปที่ 9-56 เครื่องทดสอบแรงเสียดทานสำหรับทดสอบความต้านทานการกัดสีของมวลรวม



รูปที่ 9-57 การทดสอบสารอินทรีย์เจือปนในทราย



รูปที่ 9-58 ความเสียหายของโครงสร้างคอนกรีตที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างต่างกับมวลรวม (Alkali-Aggregate Reaction; AAR)



รูปที่ 9-59 การกองเก็บมวลรวมในโรงงานอุตสาหกรรมคอนกรีต มีการแยกเก็บมวลรวมเป็นสัดส่วนตามช่วงขนาดที่ใกล้เคียงกัน

6. ปฏิกิริยาระหว่างต่างกับมวลรวม (Alkali-Aggregate Reaction หรือ AAR) มวลรวมบางแหล่งสามารถทำปฏิกิริยากับต่าง (Alkali) ในปูนซีเมนต์ ทำให้คอนกรีตขยายตัว ก่อให้เกิดการแตกร้าวในคอนกรีต เช่น มวลรวมหยาบหรือมวลรวมละเอียดที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลัก ควรตรวจสอบการทำปฏิกิริยากับต่างในปูนซีเมนต์ก่อนนำมาใช้ผสมคอนกรีต ตามมาตรฐาน ASTM C 1260

กรณีที่ต้องใช้มวลรวมนั้นในการผสมคอนกรีต ให้ใช้ปูนซีเมนต์ที่มีปริมาณต่างต่ำ ซึ่งคำนวณได้จาก $\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$ ไม่เกิน 0.6% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ หรือใช้สารปอซโซลาน ทั้งนี้ ต้องทำการทดสอบก่อนว่า การผสมสารปอซโซลานสามารถลดการขยายตัวของคอนกรีตได้

9.13 การเก็บรักษามวลรวม

ระหว่างการขนย้ายและการกองเก็บมวลรวมไว้รอการใช้งานต่อไป อาจเกิดผลเสียคือการแยกตัวของมวลรวมขนาดต่าง ๆ กัน และการแตกหักของมวลรวม

การแยกตัวเกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัวของมวลรวมในระนาบเอียง มวลรวมขนาดใหญ่ที่หนักกว่า มักไหลลงไปรวมกันใกล้เชิงระนาบเอียง ส่วนมวลรวมขนาดเล็กกว่าคงติดค้างอยู่ตอนบนของระนาบเอียง

นอกจากนี้ควรระมัดระวังการเทมวลรวมเมื่อมีลมแรง เพราะลมสามารถพัดพามวลรวมขนาดเล็กไปได้ไกลกว่าขนาดใหญ่ วิธีการป้องกันที่ดีก็โดยการแยกเก็บมวลรวมหยาบเป็นสัดส่วนตามช่วงขนาดที่ใกล้เคียงกันออกเป็นกอง ๆ ซึ่งเราสามารถนำมาผสมกันก่อนการใช้งาน ดังนั้นหากมีการแยกตัวเกิดขึ้นก็เป็นเพียงในช่วงแคบ ๆ ตามกลุ่มกองของมวลรวมที่แยกเก็บเท่านั้น สำหรับการป้องกันการแตกหักก็ด้วยการเทมวลรวมขนาดเกิน 40 มิลลิเมตร ลงในที่เก็บผ่านชั้นบันได นั่นคือไม่ควรปล่อยให้ตกจากที่สูง ๆ เพราะมวลรวมมีโอกาสแตกหักได้ง่าย

มาตรฐานอ้างอิง

- มอก. 566-2528 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต
- E.I.T.Standard 1014-46 : ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต, คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- ASTM C 29-03 : Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate
- ASTM C 33-03 : Standard Specification for Concrete Aggregates
- ASTM C 40-04 : Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete
- ASTM C 70-01 : Standard Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate
- ASTM C 88-99 : Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate
- ASTM C 117-04 : Standard Test Method for Materials Finer than 75- μm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing
- ASTM C 123-04 : Standard Test Method for Lightweight Particles in Aggregate
- ASTM C 125-03 : Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- ASTM C 127-04 : Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate
- ASTM C 128-04 : Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate
- ASTM C 131-03 : Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- ASTM C 136-04 : Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- ASTM C 142-04 : Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates
- ASTM C 289-03 : Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)
- ASTM C 294-04 : Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates
- ASTM C 1152-04 : Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete
- ASTM C 1260-01 : Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)
- ASTM D 75-03 : Standard Practice for Sampling Aggregates
- BS EN 1744-1 : 1998 : Tests for chemical properties of aggregates---Part 1: Chemical analysis
- BS 812-105.1 : 1989 : Testing aggregates---Part 105.1: Methods for determination of particle shape---Flakiness index
- BS 812-105.2 : 1990 : Testing aggregates---Part 105.2: Methods for determination of particle shape---Elongation index of coarse aggregate



เอกสารอ้างอิง

- 1 ชัยวาลย์ เศรษฐบุตร์, “คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology)”, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2537.
- 2 สง่า ตั้งชวาล, “ธรณีวิศวกรรมชั้นพื้นฐาน”, 2537.
- 3 เอกสารวิชาการของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2547.
- 4 เอกสารวิชาการจาก “การประชุมสัมมนาทางวิชาการ บริบทใหม่ : การบริหารจัดการแหล่งทรัพยากรน้ำจืดในประเทศไทย”, กรมทรัพยากรธรณี กรมธรณีวิทยาแห่งสหราชอาณาจักร และสมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย, 2547.
- 5 I. W. Farmer, Engineering Behavior of Rocks, Second Edition, 1983.
- 6 P. Kumar Mehta and Paulo J.M. Monteiro, “Concrete Structure, Properties, and Materials”, Second Edition, 1993.
- 7 www.gsw.edu