

บทที่ 3

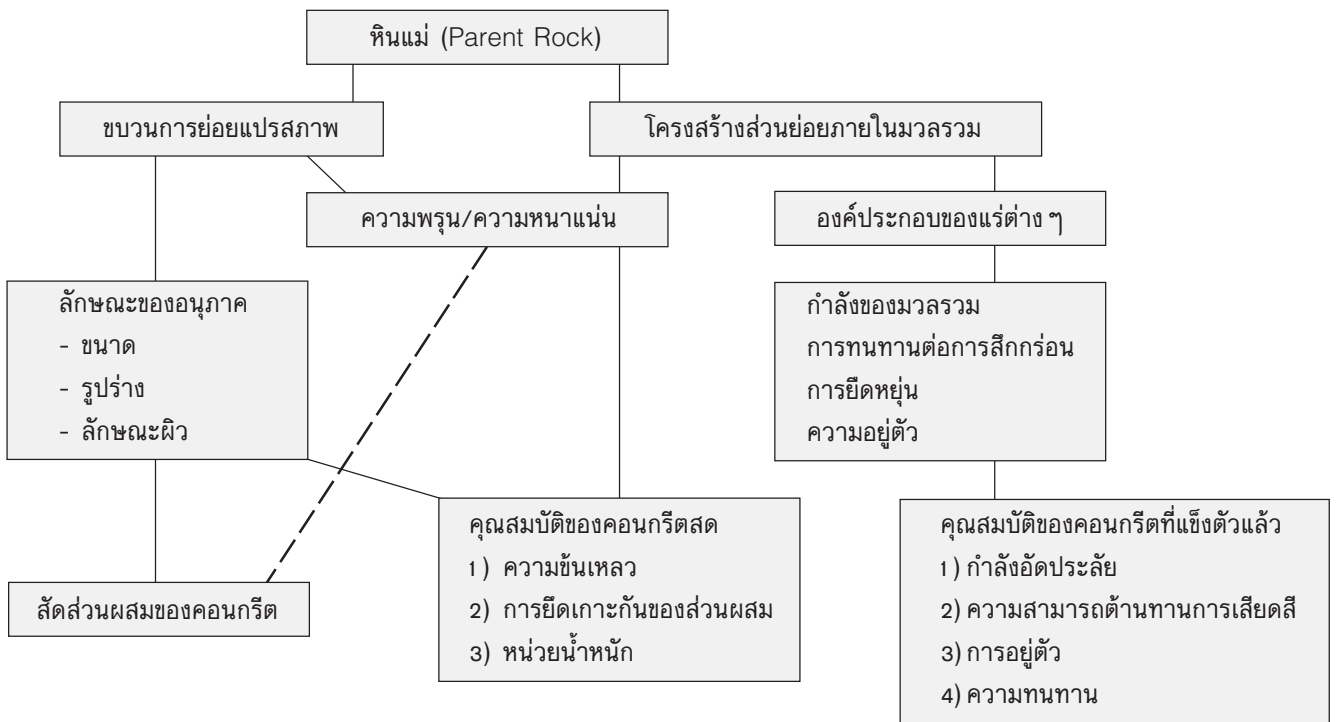
มวลรวม

มวลรวมหรือวัสดุผสม (Aggregate) คือวัสดุเฉื่อยอันได้แก่ หิน ทราย กรวด ที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีต เนื่องจากมวลรวมมีปริมาตร 70-80% ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด ดังนั้นจึงไม่น่าเป็นที่สงสัยเลยว่า ทำไมคุณภาพของมวลรวมจึงมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของคอนกรีต และจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสนใจในเรื่องนี้อย่างมาก

ในอดีต มวลรวมถูกคิดว่าเป็นเพียงวัสดุเฉื่อย ที่ใช้เป็นตัวแทรกประสานโดยกระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์เท่านั้น ในปัจจุบันนี้พบว่า มวลรวมยังทำหน้าที่อื่นที่สำคัญอีก ประการแรก เนื่องจากมวลรวมเป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่มีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ ดังนั้นในส่วนผสมของคอนกรีตจึงควรใช้ปริมาณมวลรวมให้พอเหมาะเพื่อที่จะให้ปริมาณปูนซีเมนต์ลดน้อยลง ประการต่อมาคุณสมบัติของมวลรวม จะช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน (Durability) และปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก (Volume Sta-

bility) รวมทั้งมวลรวมยังทำหน้าที่ต้านทานน้ำหนักที่กดลงบนคอนกรีตด้วย กำลังและคุณสมบัติทางกายภาพอีกหลายประการของมวลรวม มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต ทั้งในสภาพที่เป็นคอนกรีตเหลวและคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ดังนั้นการเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสม ไม่เพียงแต่เป็นการประหยัด แต่ยังคงช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้นด้วย มวลรวมที่ดีซึ่งจะส่งผลให้คอนกรีตมีความทนทานสูง ควรมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ดีดังนี้ คือ ต้องมีความคงทนไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบในซีเมนต์ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีต และมวลรวมจะต้องไม่มีสิ่งเจือปนที่มีผลเสียต่อกำลังและความคงตัวของซีเมนต์เพสต์

คุณสมบัติของคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วจะขึ้นอยู่กับขบวนการย่อยแปรสภาพของมวลรวม ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงให้เห็นว่า โครงสร้างภายในเนื้อมวลรวมและขบวนการย่อยแปรสภาพจะเป็นตัวพิจารณาคุณสมบัติของมวลรวม ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

3.1 ประเภทของมวลรวม

เราสามารถแบ่งมวลรวมตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) มวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติ (**Natural Mineral Aggregate**) เกิดจากขบวนการกัดกร่อนและเสียดสีตามธรรมชาติ

2) มวลรวมที่มนุษย์ทำขึ้น (**Artificial Aggregate**) เช่น มวลรวมเบาบางประเภทที่ได้จากการเผาหิน เป็นต้น

ถ้าแบ่งมวลรวมตามความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักจะแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ

1) มวลรวมเบา (**Lightweight Aggregate**) มีความหนาแน่นตั้งแต่ 300-1,100 กก./ลบ.ม.

2) มวลรวมปกติ (**Normal Weight Aggregate**) มีความหนาแน่นตั้งแต่ 2,400-3,000 กก./ลบ.ม.

3) มวลรวมหนัก (**Heavyweight Aggregate**) มีความหนาแน่นมากกว่า 4,000 กก./ลบ.ม.

หรือถ้าแบ่งมวลรวมตามขนาด เราสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1) มวลรวมหยาบ (**Coarse Aggregate**) ได้แก่ หินหรือกรวดที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มม. ขึ้นไป หรือค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

2) มวลรวมละเอียด (**Fine Aggregate**) ได้แก่ ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มม. หรือสามารถผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ต้องไม่เล็กกว่า 0.07 มม. หรือผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200

ส่วนที่มีขนาดเล็กกว่ามวลรวมละเอียดซึ่งมีอยู่จำนวนมากน้อยมากในส่วนผสมคอนกรีตสามารถแบ่งได้เป็น

Silt จะมีขนาดประมาณ 0.07 มม.

Clay จะมีขนาดอยู่ช่วง 0.02-0.06 มม.

3.2 กรรมวิธีการผลิต

• กรรมวิธีการผลิตหิน

ประเทศไทยนิยมใช้หินปูนในงานก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากมีภูเขาหินปูนกระจายอยู่ทั่วประเทศ การจะนำหิน

ที่อยู่ตามธรรมชาติมาใช้นั้น จะต้องการแปรรูปให้มีคุณสมบัติเหมาะสมแก่การนำไปใช้งาน ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

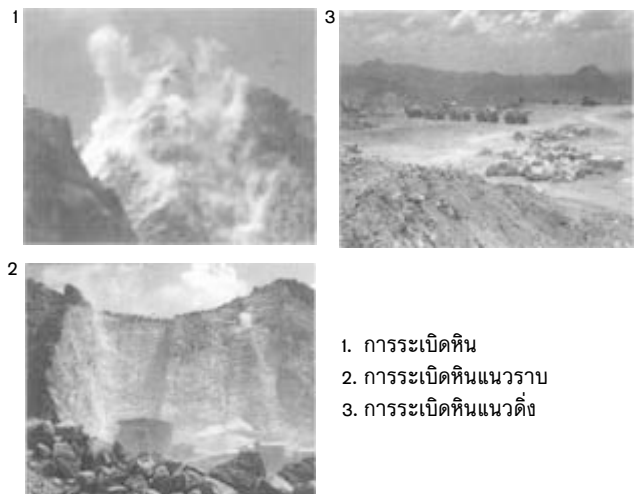
ขั้นตอนที่ 1 สำรวจหาแหล่งหินที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานจากนั้นจึงขอสัมปทานของพื้นที่นั้น

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้รับสัมปทานพื้นที่นั้นแล้ว จึงทำการเปิดหน้าเหมืองโดยการระเบิด ซึ่งสามารถทำการระเบิดได้ 2 วิธี คือ

วิธีแรก ทำการระเบิดหินตามแนวตั้ง ลาดขึ้นไปตามความชันของหน้าผา วิธีนี้โรงโม่ส่วนใหญ่นิยมใช้ เพราะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีผลเสียคือ เป็นวิธีที่ค่อนข้างอันตราย

วิธีที่สอง ทำการระเบิดหินตามแนวราบ ลักษณะคล้ายชั้นบันได โดยเริ่มกระบวนการระเบิดหิน ไส้ลงมาจากแนวยอดเขา วิธีนี้ใช้เงินลงทุนสูง แต่ให้ผลดีคือ มีความปลอดภัยสูงกว่าแบบแรกมาก

รูปที่ 3.2 การระเบิดหิน

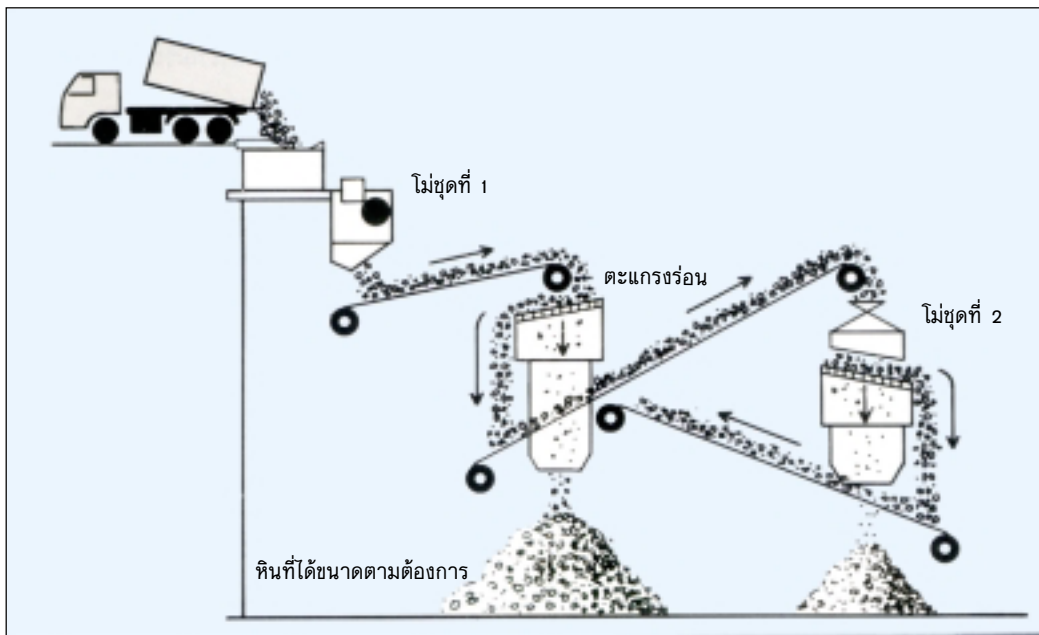


1. การระเบิดหิน
2. การระเบิดหินแนวราบ
3. การระเบิดหินแนวตั้ง

ทั้งนี้ หินที่ได้จากการระเบิด จะมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะนำมาใช้งาน จึงต้องนำมาโม่ให้มีขนาดเหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้งาน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการไม่หิน ลำเลียงหินที่ได้จากการระเบิดลงสู่ปากไม่ บริเวณปากไม่จะมีตะแกรงคัดแยกหินที่มีขนาดเล็กกว่า 8 นิ้วออก ส่วนหินที่มีขนาดใหญ่ จะผ่านเข้าสู่เครื่องไม่ตัวที่ 1 ซึ่งจะทำให้การย่อยหินให้มีขนาดเล็กลงจนได้ขนาดประมาณ 8 นิ้ว - NO. 4 จากนั้นสายพานจะลำเลียงหินผ่านตะแกรงชุดที่ 2 เพื่อแยกหินที่มีขนาดอยู่ในช่วงที่ต้องการออกไป ส่วนหินที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการก็จะลำเลียงเข้าสู่เครื่องไม่ชุดที่ 2 ซึ่ง

จะทำหน้าที่ไม่หินจนมีขนาดที่ต้องการเกือบหมด หลังจากขั้นตอนนี้ หินจะผ่านเข้าไปยังตะแกรงร่อน เพื่อร่อนแยกคัดขนาดหินที่ต้องการไว้ ทั้งนี้อาจมีหินบางส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการ สายพานจะนำหินวกกลับเข้าสู่เครื่องไม่ชุดที่สองอีกครั้ง ต่อเมื่อผ่านไม่จนครบขั้นตอนจนได้หินที่มีขนาดตามต้องการ สายพานจะลำเลียงหินไปกองเก็บเพื่อรอการนำไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการไม่หิน

● กรรมวิธีการผลิตทราย

ทรายที่ใช้ผลิตคอนกรีต สามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด คือ

- ทรายแม่น้ำ
- ทรายบก

ทรายแม่น้ำ

เป็นทรายที่เกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำแล้วค่อย ๆ ตกตะกอน สะสมกลายเป็นแหล่งทรายอยู่ใต้ท้องน้ำ โดยทรายที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก จะตกตะกอนอยู่บริเวณต้นน้ำ ส่วนทรายละเอียดนั้นก็จะถูกกระแสน้ำพัดพารวมกันบริเวณท้ายน้ำ

การนำทรายขึ้นจากท้องน้ำ จะใช้เรือดูด ดูดทรายขึ้นมาตามท่อ แล้วทิ้งทรายลงบนตะแกรงของเรืออีกลำ ตะแกรงจะ

ทำหน้าที่ร่อนแยกกรวดที่มีขนาดใหญ่ออกก่อนที่จะดูทรายขึ้นบนเรืออีกลำ

เมื่อทรายเต็มเรือ ก็จะใช้เรืออีกลำลากเรือบรรทุกทรายไปยังท่าทราย ทรายที่ได้จะยังไม่สะอาดนัก เนื่องจากมีสารอินทรีย์ เศษตะกอนของดินโคลนปะปนอยู่ โดยทั่วไปจะต้องมีการล้างทรายอีกครั้ง คือเมื่อเรือบรรทุกทรายมาถึงท่า ทรายจะถูกทิ้งลงน้ำบริเวณใกล้ท่า โดยการเปิดท้องเรือให้ทรายไหลลงแม่น้ำ แต่ถ้าเรือที่ลำเลียงทรายเปิดท้องเรือไม่ได้ ก็จะใช้สายพานลำเลียงทรายทิ้งลงแม่น้ำ จากนั้นจะใช้เรือดูด ดูดทรายขึ้นมา ทำวิธีการเดียวกันกับการดูดทรายขึ้นจากท้องน้ำครั้งแรก แตกต่างกันที่ตะแกรงที่ใช้จะสามารถแยกได้ทั้งทรายหยาบและทรายละเอียด ทรายที่ได้จัดเป็นทรายที่สะอาด เพราะผ่านการชะล้างถึง 2 ครั้ง



รูปที่ 3.4 เครื่องดูดทรายชั้นล้างบนตะแกรง

ขั้นต่อไป คือการลำเลียงทรายไปเก็บยัง Stock โดยใช้สายพานลำเลียงตากรือไปเก็บไว้ในถังจนเต็มเมื่อถังเต็มก็จะลำเลียงทรายไปเก็บยัง Stock ต่อไป ทรายที่เก็บไว้ในถังสามารถลำเลียงลงรถบรรทุกได้โดยสะดวก เพียงเปิดปากถังให้ทรายไหลลงในรถบรรทุกเอง ส่วนทรายที่กอง Stock อยู่ หากจะนำไปใช้จะใช้รถตัก ขนทรายใส่รถบรรทุกอีกครั้ง

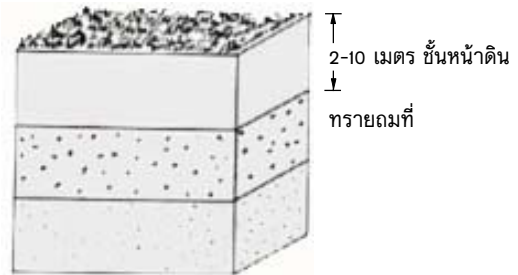


รูปที่ 3.5 ลักษณะของกองเก็บทราย

ทรายบก

เป็นทรายที่เกิดจากการตกตะกอน ทับถมกันของลำน้ำเก่าที่แปรสภาพเป็นพื้นดิน โดยมีซากพืช ซากสัตว์ทับถมที่ผิวหน้า ซึ่งเราเรียกกันว่า หน้าดิน ที่มีความหนาประมาณ 2-10 เมตร

การนำทรายมาใช้ เริ่มจากการเปิดหน้าดินก่อนด้วยรถตักดิน จากนั้นจะขุดดินลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดิน จนมีสภาพเป็นแอ่งน้ำขนาดใหญ่ แล้วนำเรือดูด ดูดทราย ผ่านมาตามท่อ โดยปลายท่อจะมีตะแกรงแยกกรวดออก ขณะเดียวกันก็สามารถติดตั้งตะแกรงเพื่อแยกทรายหยาบและทรายละเอียดได้ ทรายที่ผ่านการร่อนแยกทรายหยาบและทรายละเอียด ทรายที่ผ่านการร่อนแยกจะถูกทิ้งลงน้ำบริเวณริมฝั่ง จากนั้นก็จะใช้รถตัก ตักทรายเพื่อนำไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 3.6 ภาพตัดชั้นหน้าดิน



รูปที่ 3.7 เครื่องดูด ดูดทรายในแอ่งน้ำ



รูปที่ 3.8 ตะแกรงแยกกรวด

3.3 คุณสมบัติทั่วไป

มวลรวมที่ดีเมื่อผสมเป็นคอนกรีตแล้ว จะต้องทำให้คอนกรีตนั้นมีความสามารถเทได้ง่าย แข็งแรงทนทาน และราคาประหยัด นอกจากนี้มวลรวมควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ

1) ความแข็งแรง (Strength)

มวลรวมจะต้องมีความสามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่ากำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ซึ่งปกติมวลรวมที่ใช้โดยทั่วไปจะมีความสามารถรับแรงกดได้สูงกว่าคอนกรีตมาก คือ จะรับแรงกดได้ 700-3,500 กก./ตร.ซม. ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของมวลรวมที่ใช้

2) ความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี (Impact and Abrasion Resistance)

ความสามารถในการต้านทานต่อแรงกระแทก และการเสียดสีของมวลรวมมักจะถูกใช้เป็นตัวชี้บอกถึงคุณภาพของมวลรวม คุณสมบัตินี้มีความสำคัญมากสำหรับมวลรวมที่ใช้ผสมทำคอนกรีตที่จะต้องถูกกระทำจากการกระแทกหรือขัดสี เช่น งานผิวถนน, พื้นโรงงาน, พื้นสนามบิน เป็นต้น ดังนั้น มวลรวมที่ใช้ได้ดี ควรมีความแข็งแรง, เนื้อแน่น ปราศจากอนุภาคที่อ่อนนุ่มหรือเป็นรูปหุนหรือแตกละเอียดได้ง่าย

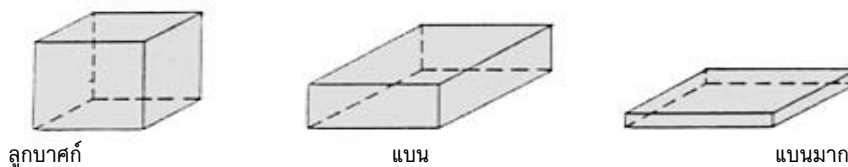
3) ความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability)

มวลรวมจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ หรือกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ในบางพื้นที่มวลรวมบางประเภทจะทำปฏิกิริยากับด่าง (Alkalis) ในปูนซีเมนต์ เกิดเป็นวุ้นและขยายตัวก่อให้เกิดรอยร้าวโดยทั่วไปในคอนกรีต ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Alkalis-Aggregate Reaction (AAR)

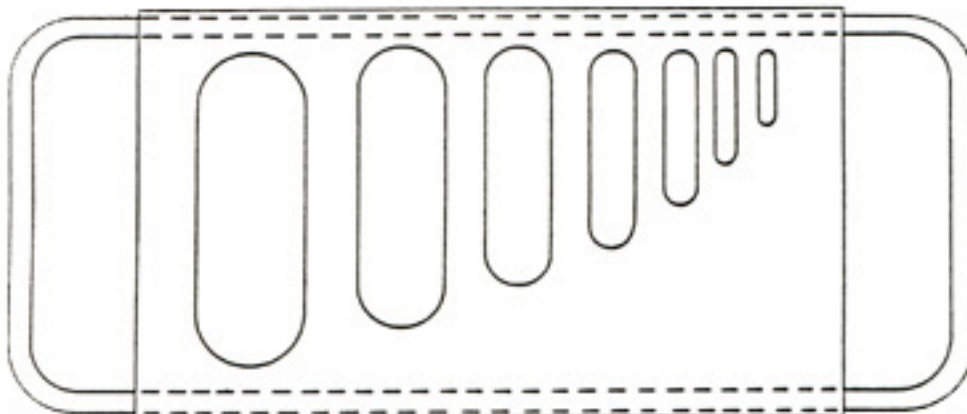
4) รูปร่างและลักษณะผิว (Particle Shape and Surface Texture)

รูปร่างและลักษณะผิวของมวลรวมจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสด มากกว่าคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว มวลรวมที่มีผิวหยาบ หรือมีรูปร่างแบนและยาว จะต้องการปริมาณซีเมนต์มากกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมรูปร่างกลมหรือเหลี่ยมที่ระดับความสามารถเทได้ (Workability) เดียวกัน ตามมาตรฐานอังกฤษ มีการกำหนดการทดสอบรูปร่างของมวลรวมไว้ 2 ประการ คือ

1) การทดสอบความแบน (Flakiness) ซึ่งคือ อัตราส่วนของความกว้างต่อความหนาของมวลรวม ในรูปที่ 3.9 แสดงรูปร่างของหินที่มีระดับความหนาแตกต่างกัน และรูปที่ 3.10 แสดงเครื่องทดสอบความแบนของหิน

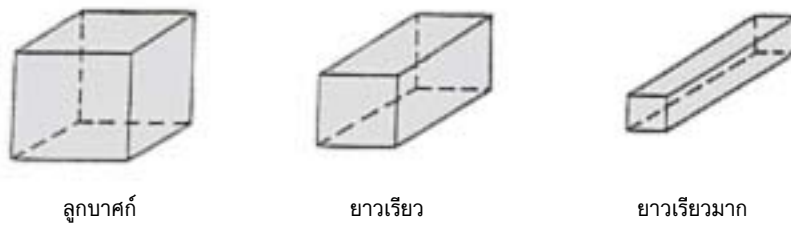


รูปที่ 3.9 รูปร่างของหินที่มีระดับความแบนที่ต่างกัน

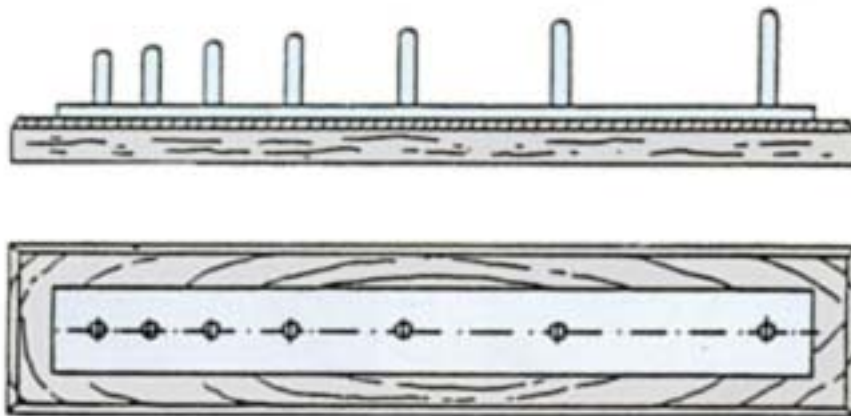


รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบความแบนของหิน (Thickness gauge)

2) การทดสอบความยาวเรียว (Elongated) ซึ่งคือ อัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างของมวลรวม ในรูปที่ 3.11 แสดงรูปร่างของหินที่มีระดับความยาวเรียวแตกต่างกัน และใน รูปที่ 3.12 แสดงเครื่องทดสอบความยาวเรียว



รูปที่ 3.11 รูปร่างของหินที่มีระดับความยาวเรียวที่แตกต่างกัน



รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบความยาวเรียวของหิน (Length gauge)

ส่วนลักษณะผิวของมวลรวมจะมีผลโดยตรงกับแรงยึดเหนี่ยว เมื่อมีผิวหยาบด้านหรือมีรูพรุนมาก จะทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวดี แต่ต้องใช้ปริมาณซีเมนต์เฟสต์มากขึ้น

กลม (Rounded)



กลม
Spherical



บิดเบี้ยว
Irregular



บิดเบี้ยวมาก
Highly
Irregular

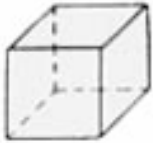


แบน
Flat

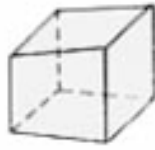


ยาวเรียว
Elongated
(Needle-Like)

เป็นเหลี่ยมมุม (Angular)



ลูกบาศก์
Cubical



บิดเบี้ยว
Irregular
(Chunky)



บิดเบี้ยวมาก
Highly
Irregular



แบน
Flat or
Flaky



ยาวเรียว
Elongated
(Prismatic)

รูปที่ 3.13 การแบ่งชนิดของมวลรวมตามรูปร่างของอนุภาค

มาตรฐาน มอก.566 ได้ให้คำนิยามของรูปร่างและลักษณะของมวลรวมไว้ ดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

การแบ่งประเภท	ลักษณะ	ตัวอย่าง
กลม	เกลี้ยงไม่มีเหลี่ยมเนื่องจากถูกน้ำกัดเซาะหรือจากการเสียดสีกันเอง	กรวดทรายจากแม่น้ำหรือชายทะเล
ไม่สม่ำเสมอหรือมีส่วนกลมอยู่บ้าง	ไม่สม่ำเสมอโดยธรรมชาติหรือถูกเสียดสีมาบ้าง และมีเหลี่ยมมน	กรวดทรายที่ได้จากบ่อหินเหล็กไฟที่ได้จากพื้นดินหรือขุดขึ้นมา หินรูปลูกบาศก์
เหลี่ยม	มีเหลี่ยมเกิดจากด้านที่เรียบบรรจบกันและเห็นได้ชัด	หินที่ย่อยจากเครื่องไม่ทุกแบบ หินที่ตกตามไหล่เขา
แบน	วัสดุที่มีความหนาไม่มากเมื่อเทียบกับความกว้างหรือความยาว ปกติจะเป็นเหลี่ยมด้วย	หินที่มีลักษณะเป็นชั้น

ตารางที่ 3.1 การแบ่งประเภทของมวลรวมและลักษณะตาม มอก.566

เนื้อผิว	ตัวอย่าง
โศคล้ายแก้ว	หินเหล็กไฟดำ
เรียบ	หินเอิร์ด หินชนวน หินอ่อน และหินโรโอลิตบางชนิด
เป็นเม็ด	หินทราย หินอุโลด
เป็นผลึก	อย่างละเอียด : บะซอลต์ แทรกโคดท์ แกรโนไฟร์ อย่างกลาง : โดเลอไรต์ แกรโนไฟร์ แกรนูไลต์ โมโครแกรนิต หินปูนบางชนิด และหินโดโลไมต์ส่วนใหญ่ อย่างหยาบ : แกบโบร ไนส์ แกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไฮอีไนต์
เป็นโพรงรังผึ้ง หรือเป็นรูพรุน	สกอเรีย พัมมิช ทราส

ตารางที่ 3.2 ลักษณะผิวของมวลรวม ตาม มอก.566

5) ส่วนคละ (Gradation)

ส่วนคละของมวลรวมจะมีผลต่อความสามารถเทได้ และปริมาณส่วนผลสมของปูนซีเมนต์ในคอนกรีต การทำคอนกรีตที่ ดีนั้น แต่ละก้อนของมวลรวมจะต้องถูกห่อหุ้มด้วยซีเมนต์เฟสได้ ไม่ว่ามวลรวมนั้นจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ก็ตาม นอกจากนี้ มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดจะต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสมเมื่อนำมาผสมรวมกันแล้ว มวลรวมที่ขนาดเล็กกว่าจะต้องบรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างก้อนของมวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่าให้มากที่สุด ซึ่งจะผลิตทำให้ประหยัดซีเมนต์เฟสที่จะใช้ยึดมวลรวมเข้าด้วยกัน รวมทั้งอุดช่องว่างระหว่างมวลรวม ดังนั้น การใช้มวลรวมที่ส่วนขนาดคละที่เหมาะสมจึงทำให้ลดปริมาณซีเมนต์เฟสได้ลง ทำให้ประหยัดส่วนผลสมของปูนซีเมนต์ลงได้



รูปที่ 3.14 ขนาดต่าง ๆ ของมวลรวม

3.4 คุณสมบัติที่ต้องใช้พิจารณาในการออกแบบส่วนผลสมคอนกรีต

ในการออกแบบส่วนผลสมคอนกรีต ผู้ออกแบบต้องทราบถึงคุณสมบัติของมวลรวมดังนี้

- 1) ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมที่ใช้
- 2) ขนาดคละ
- 3) ปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำ
- 4) ความถ่วงจำเพาะ
- 5) หนักรวมและช่องว่าง

1. ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมที่ใช้ (Maximum Size of Aggregate)

ขนาดใหญที่สุดของมวลรวมที่ใช้ พิจารณาได้จากการทำการหาส่วนคละของมวลรวม แล้วดูผลจากเปอร์เซ็นต์ที่ค่าที่ค่าจะต่ำกว่าหรือเท่ากับ 15% ให้นำขนาดตะแกรงอันที่ใหญ่กว่านั้นขึ้นไปอีก 1 ชั้น เป็นขนาดใหญที่สุดของมวลรวมนั้น ดังแสดงในตัวอย่าง

ขนาดตะแกรง	น้ำหนักค้าง (กรัม)	% ค้าง
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
ถาดรอง	513	3
รวมน้ำหนัก	19,800	100

พิจารณาจากผลการวิเคราะห์ จะเห็นว่า ตะแกรงร้อนใหญ่ที่สุดที่มีน้ำหนักค้างบนตะแกรงร้อน (%ค้าง) เกิน 15% คือ ตะแกรงร้อน 1/2" ขนาดของตะแกรงร้อนที่ใหญ่กว่านี้ 1 ชั้น คือ ตะแกรงร้อน 3/4" ดังนั้นขนาดใหญที่สุดของหินนี้คือ 3/4"

ขนาดใหญที่สุดของมวลรวมที่ใช้มีผลโดยตรงกับปริมาณซีเมนต์เฟสที่ต้องการ และขนาดคละของวัสดุผลสม กล่าวคือ มวลรวมที่มีขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ผิวโดยรวมน้อยกว่ามวลรวม

ที่ขนาดเล็กเมื่อน้ำหนักของมวลรวมเท่ากัน ดังนั้นมวลรวมขนาดใหญ่จึงต้องการปริมาณน้ำและปริมาณซีเมนต์น้อยกว่า เพื่อให้มีความสามารถในการเทได้เท่ากัน หรือถ้าใช้ปริมาณซีเมนต์และค่ายุบตัวเท่ากัน กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น ถ้าใช้มวลรวมขนาดใหญ่ขึ้น เพราะสามารถลดน้ำหรือลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์นั่นเอง

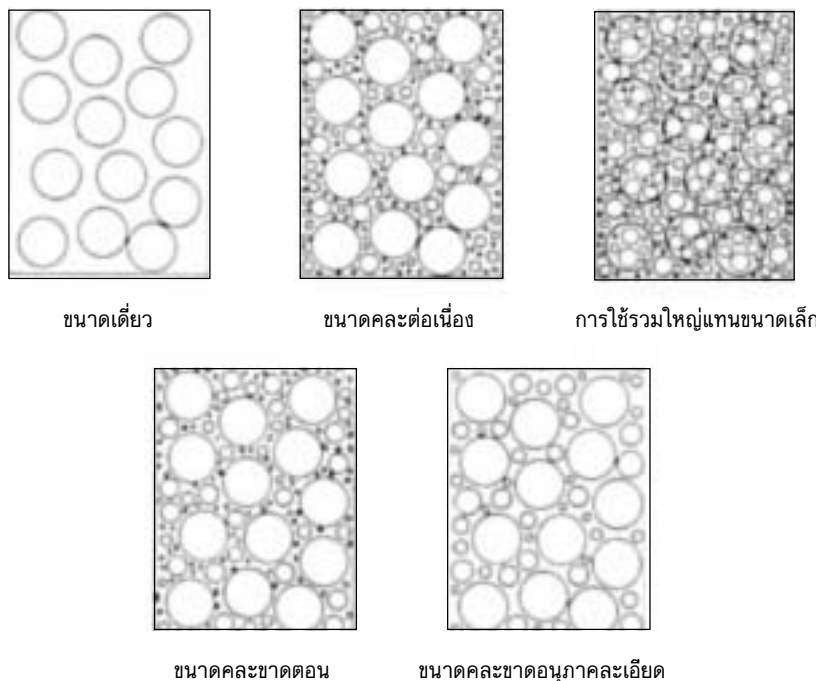
ผู้ออกแบบจำเป็นต้องตัดสินใจเลือกขนาดใหญสุดของมวลรวม โดยมีข้อพิจารณาเลือกดังนี้

- 1) ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมต้องมีขนาดไม่เกิน $1/5$ ของส่วนที่แคบสุดของแบบหล่อ หรือ
- 2) ขนาดไม่เกิน $3/4$ ของระยะแคบสุด ระหว่างเหล็กเสริม หรือระหว่างเหล็กเสริมกับแบบหล่อ หรือ
- 3) ขนาดไม่เกิน $1/5$ ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อคอนกรีตปี้ม

ข้อกำหนดที่กล่าวนี้จะหมายถึง ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมที่ใช้ ในงานก่อสร้างทั่วไปจะมีขนาดไม่เกิน 40 มิลลิเมตร

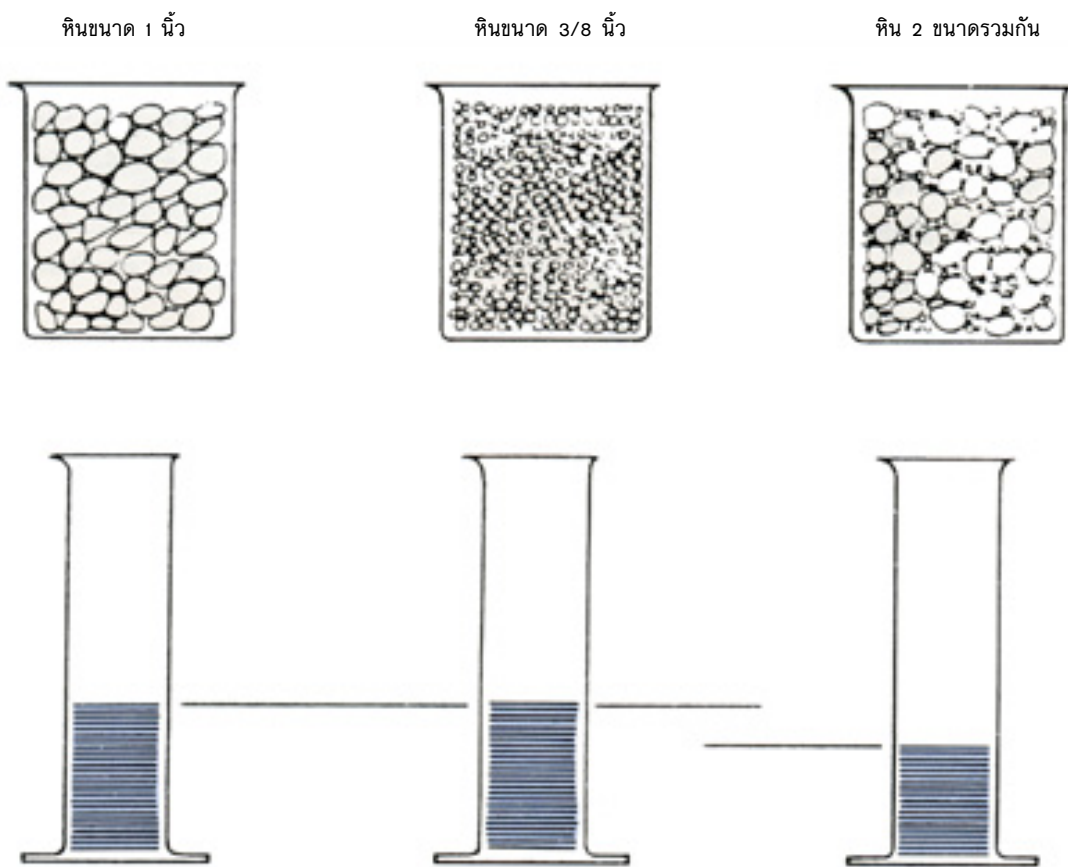
2. ขนาดคละ (Gradation)

ขนาดคละคือ การกระจายของขนาดต่าง ๆ ของอนุภาคนับเป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับการกำหนดปริมาณของเนื้อซีเมนต์เพสต์ที่ต้องการสำหรับคอนกรีตสด คอนกรีตจะมีราคาประหยัดเมื่อใช้เนื้อซีเมนต์เพสต์น้อยที่สุดในการผลิตคอนกรีต โดยคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีต เช่นความสามารถในการเทได้, การทำให้แน่น, การปาดและการแต่งผิวหน้า, กำลังอัดและความทนทานยังเป็นไปตามข้อกำหนด



รูปที่ 3.15 การเรียงตัวของมวลรวมขนาดคละต่างๆ กัน

รูปที่ 3.16 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่ต้องการเพิ่มเติมให้เต็มช่องว่างเมื่อใช้หิน 2 ขนาดคละกัน จะน้อยกว่าเมื่อใช้หินเพียงขนาดเดียว (Single Size) นั่นคือ ปริมาณช่องว่างระหว่างมวลรวมลดลง ถ้าใช้หินและทรายหลายขนาดที่ลดหลั่นมาผสมกันโดยมีสัดส่วนที่พอเหมาะแล้ว จะทำให้ช่องว่างเหลือน้อยที่สุด ทำให้ปริมาณซีเมนต์เพสต์น้อยที่สุด ซึ่งก็คือ คอนกรีตจะมีราคาต่ำลง



รูปที่ 3.16 มวลรวมที่มีขนาดคละดี จะใช้ปริมาณน้ำสำหรับผสมน้อย

• การวิเคราะห์ขนาดคละ

วิธีการที่ใช้ประกอบด้วยการวิเคราะห์ด้วยตะแกรง โดยการเก็บตัวอย่างปริมาณหนึ่งมาร่อนบนตะแกรงขนาดต่าง ๆ ซึ่งวางเรียงกันตามขนาดช่องว่างของตะแกรงจากขนาดใหญ่สุดข้างบนถึงขนาดเล็กที่สุด และถาดรองด้านล่าง แล้วทำการร่อน อาจ

ใช้มือโยกเขย่าหรือใช้เครื่องร่อน การร่อนจะทำโดยใช้ตะแกรงเคลื่อนไหวทั้งทางราบและทางแนวตั้งรวมทั้งการตบเขย่าเพื่อให้วัสดุตัวอย่างเคลื่อนไหวอยู่บนตะแกรงตลอดเวลา ผลการวิเคราะห์จะนำมาใส่ตารางซึ่งประกอบด้วย

ช่องที่ 1 น้ำหนักของวัสดุที่ค้างอยู่บนตะแกรง

ช่องที่ 2 ค่าร้อยละของวัสดุที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด

ช่องที่ 3 ค่าร้อยละสะสมของวัสดุผสมที่ค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐาน

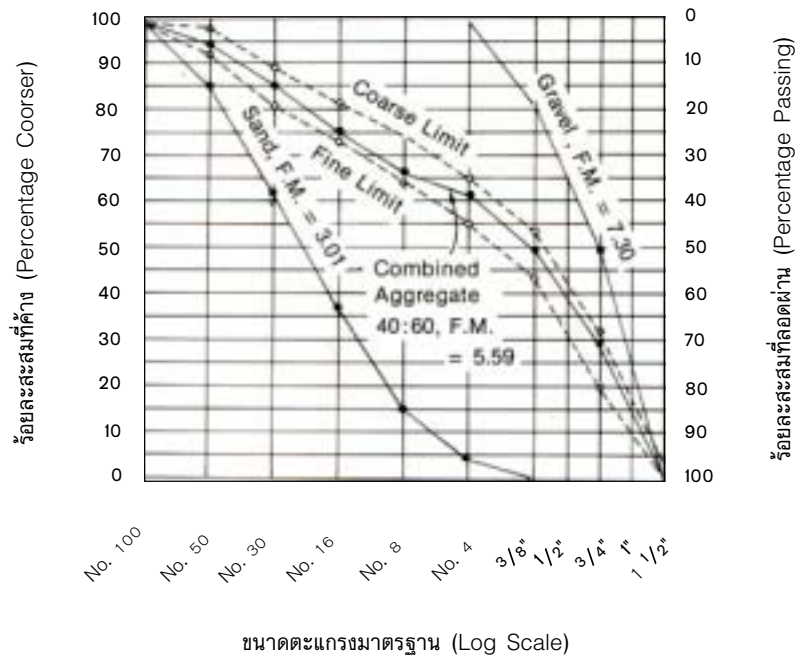
ช่องที่ 4 ค่าร้อยละสะสมของวัสดุผสมที่ผ่านตะแกรงมาตรฐาน ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 3.3

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักค้างที่บนตะแกรง (กรัม)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง	ร้อยละสะสมที่ผ่านตะแกรง
เบอร์ 4	32	2.0	2.0	98.0
8	90	5.9	7.9	92.1
16	211	13.7	21.6	78.4
30	530	34.5	56.1	43.9
50	530	34.5	90.6	9.4
100	140	9.1	99.7	0.3
ถาดรอง	5	0.3	100.0	
น้ำหนักรวม	1,538	100		

• แผนภูมิคละ

แผนภูมิคละ คือ การแสดงผลการวิเคราะห์วัสดุผสมบนกระดาษกราฟ โดยให้แกนตั้งแสดงน้ำหนักร้อยละสะสมของวัสดุผสมที่ค้าง หรือผ่านตะแกรงแต่ละขนาด แกนนอนแสดงขนาดช่องเปิดของตะแกรง กระดาษกราฟที่ใช้ควรเป็นแบบ Semi-Log Scale โดยมี Log Scale บนแกนนอน โดยทั่วไปแผนภูมิมิขนาดคละจะประกอบด้วย กราฟขีดจำกัดล่าง, ขีดจำกัดบน ตามข้อกำหนด และกราฟขนาดคละของมวลรวม ดังแสดงในรูปที่ 3.17

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์ขนาดคละ



รูปที่ 3.17 แผนภาพส่วนคละของมวลรวม

• **โมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus, F.M.)**

โมดูลัสความละเอียด คือ ตัวเลขดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของก้อนวัสดุในมวลรวม โดยที่

โมดูลัสความละเอียด (F.M.) = $1/100$ (ผลบวกของร้อยละสะสมของอนุภาคที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐาน)

ตะแกรงมาตรฐานที่ใช้ คือขนาด เบอร์ 4, 8, 16, 30, 50 และ 100 ตัวอย่างการหาค่า F.M. ของทราย จากตารางที่ 3.3 หาได้ดังนี้

$$F.M. = 1/100 (2 + 7.9 + 21.6 + 50.1 + 90.6 + 99.7) = 2.78$$

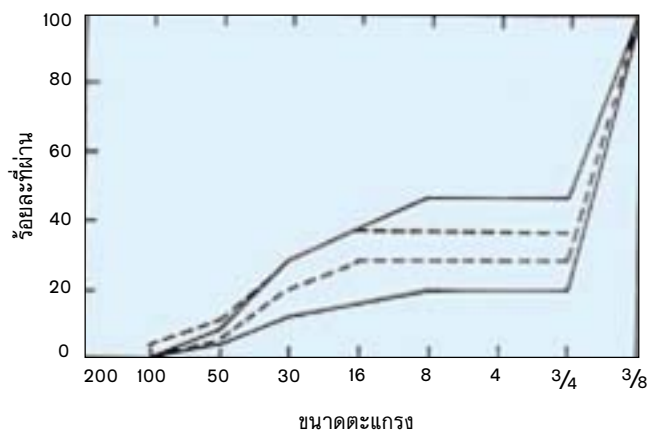
ทรายสำหรับผลิตคอนกรีตควรมีค่าโมดูลัสความละเอียด ตั้งแต่ 2.3-3.2 ทรายที่มีค่า F.M. สูง คือทรายจะมีความหยาบมาก เช่นทรายที่มีค่า F.M. = 3.2 จะมีความหยาบมากกว่า ทรายที่มีค่า F.M. = 2.3 เป็นต้น ทรายที่มีความละเอียดมาก จำเป็นต้องใช้น้ำมากเพื่อให้ได้ความสามารถเทได้เท่า ๆ กัน

• **ข้อจำกัดอื่น ๆ เกี่ยวกับขนาดคละ**

ปริมาณอนุภาคละเอียดที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 50 และ 100 มีผลต่อความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตสด, การแต่งผิวหน้า และการซึมของน้ำบนผิวคอนกรีตสด (Bleeding) นอกจากนี้อนุภาคขนาดเล็ก ๆ ยังช่วยให้คอนกรีตเกาะตัวรวมกันได้ดี มาตรฐาน ASTM กำหนดปริมาณอนุภาคที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 50 เป็น 10% แต่ปริมาณนี้ไม่เพียงพอสำหรับการปาดแต่งผิวหน้าด้วยเครื่องมือ ปริมาณที่ควรจะมีคือ ผ่านเบอร์ 50 อย่างน้อย 15% และเบอร์ 100 อย่างน้อย 5% แต่ต้องมีมีอนุภาคที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 5% เพราะอนุภาคขนาดเล็กนี้มักประกอบด้วยดินเหนียวซึ่งมีผล 2 ประการใหญ่ คือ จะต้องใช้ปริมาณน้ำจำนวนมาก และเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีตจะไม่ดีด้วย

• **ขนาดคละขาดตอน (Gap Grading)**

ขนาดคละขาดตอน คือ มวลรวมที่ขาดอนุภาคขนาดกลางขนาดหนึ่งขนาดใดหรือหลายขนาด ซึ่งจะมีผลต่อความสามารถเทได้ เมื่อนำมวลรวมนี้ไปผสมคอนกรีต สำหรับคอนกรีตที่มีค่ายุบตัวสูงจะเกิดปัญหาแยกตัว (Segregation) ได้ง่าย



รูปที่ 3.18 ลักษณะแผนภาพของมวลรวมที่มีขนาดคละขาดตอน

3. ปริมาณความชื้นและการดูดซึม (Moisture and Absorption)

มวลรวมมีรูพรุนภายในบางส่วนที่ติดต่อกับผิวนอก ดังนั้นมวลรวมจึงสามารถดูดความชื้น นอกจากนี้บางส่วนยังสามารถเกาะบริเวณผิวของมวลรวม ดังนั้นมวลรวมที่เก็บอยู่ในสภาพธรรมชาติ จึงมีความชื้นต่างๆ กันไป สภาพความชื้นนี้มีผลต่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต คือ หากมวลรวมอยู่ในสภาพแห้งก็จะดูดน้ำผสมเข้าไป ทำให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จริงลดลง หากเปียกชื้นก็ทำให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จริงสูงกว่าที่ควรจะเป็น

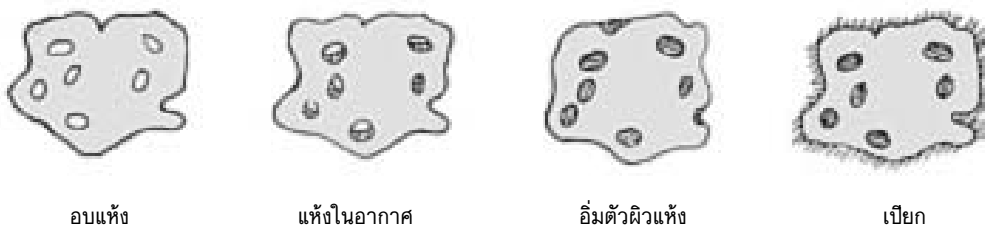
• สภาพความชื้น

อาจแบ่งสภาพความชื้นออกได้เป็น 4 ลักษณะดังนี้

1. อบแห้ง (Oven-Dry, OD) ความชื้นถูกขับออกด้วยความร้อนในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศา จมมีน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 12 ชั่วโมง)

2. แห้งในอากาศ (Air-Dry, AD) ผิวแห้ง แต่อาจมีน้ำในรูพรุน
3. อิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated-Surface-Dry, SSD) รูพรุนเต็มไปด้วยน้ำ แต่ผิวแห้ง
4. เปียก (Wet, W) รูพรุนเต็มไปด้วยน้ำ และมีน้ำบนผิวด้วย

ในการคำนวณออกแบบส่วนผสมทุกครั้ง จะถือว่ามวลรวมอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง แล้วจึงปรับปริมาณน้ำตามลักษณะอิ่มตัวผิวแห้งนั้นจะเรียกว่า “ความจุในการดูดซึม” ผลต่างของความชื้นในลักษณะอิ่มตัวผิวแห้ง กับความชื้นในลักษณะแห้งด้วยอากาศเรียกว่า “การดูดซึม”

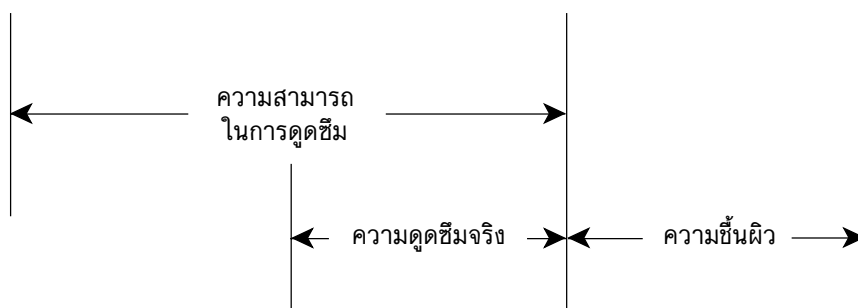


อบแห้ง

แห้งในอากาศ

อิ่มตัวผิวแห้ง

เปียก

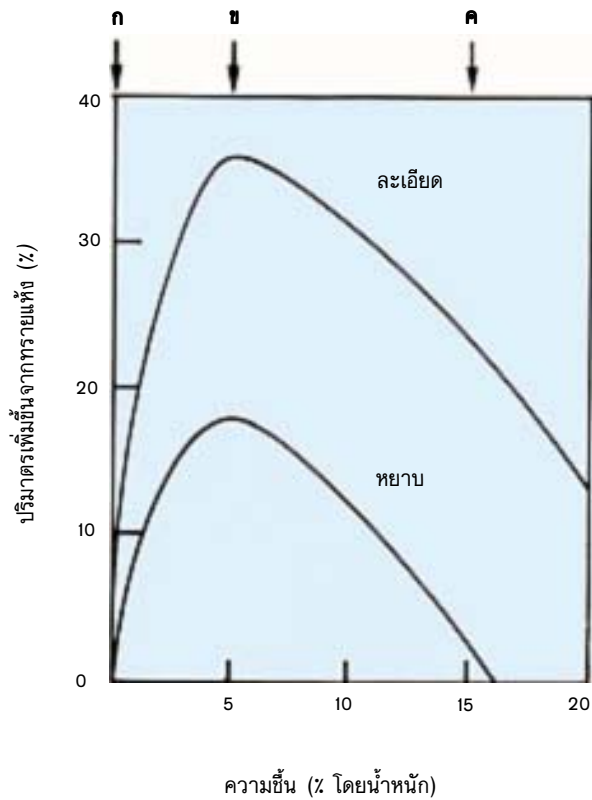
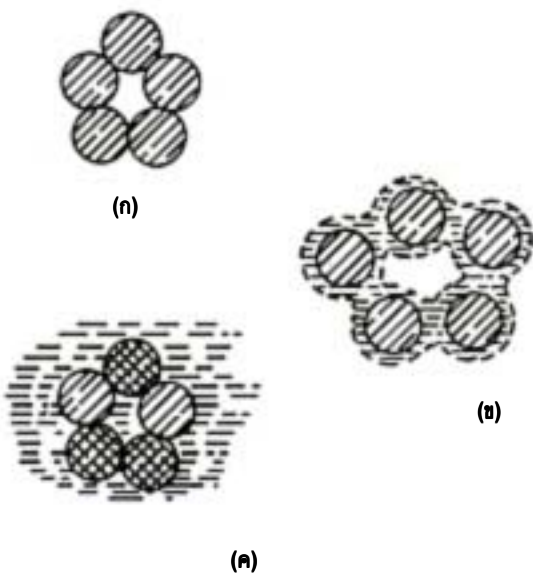


รูปที่ 3.10 สภาพความชื้นของมวลรวม

• ปริมาณเพิ่มของทราย (Bulking of Sand)

ตามปกติมวลรวมหยาบในสภาพเก็บรักษาจะอยู่ในสภาพแห้งในอากาศโดยมีปริมาณการดูดซึมจริงน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมวลรวมละเอียดมักจะเปียกและมีความชื้นบนผิวระหว่าง 3-5 เปอร์เซ็นต์ เหตุที่มวลรวมละเอียดมีปริมาณเพิ่มมากก็เพราะปริมาณน้ำที่เคลือบอยู่บนผิวอนุภาค นอกจากนี้

ความตึงของผิวน้ำยังทำให้ความหนาของน้ำที่เคลือบผิวสูงขึ้น และผลักดันให้อนุภาคของมวลรวมละเอียดห่างออกจากกัน ซึ่งเราเรียกว่า Bulking ซึ่งมีผลให้การหาส่วนผสมคอนกรีตด้วยการตวงปริมาตรมีโอกาสผิดพลาด เราจึงควรใช้วิธีชั่งน้ำหนักแทน และการหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวมควรทำในสภาพอบแห้ง เมื่อเพิ่มปริมาณความชื้นบนผิวมวลละเอียดจนเปียก แรงตึงผิวจะหายไป ดังนั้นจึงมีปริมาตรลดลงเหมือนสภาพแห้งดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ปริมาตรเพิ่มปรากฏของมวลรวมละเอียด (ก) แห้ง (ข) ชื้นเล็กน้อย (ค) เปียก

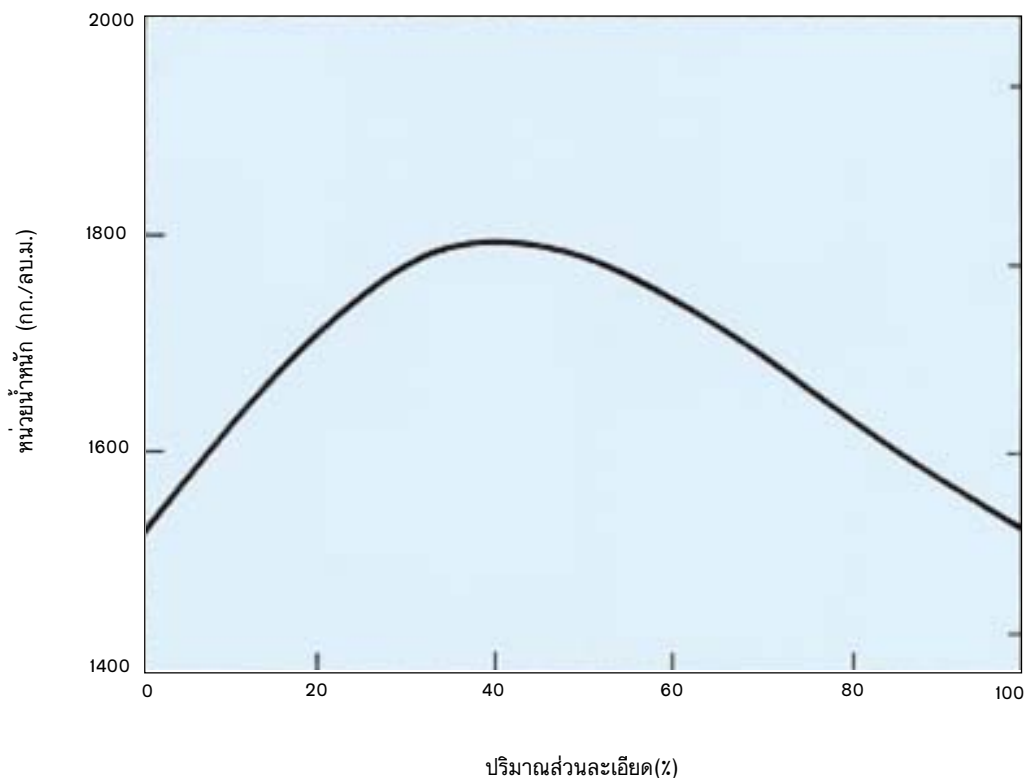
4. ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของมวลรวมต่อความหนาแน่นของน้ำ ความถ่วงจำเพาะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแร่ธาตุที่เป็นส่วนผสม และรูพรุนของก้อนวัสดุ มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในประเทศไทยจะมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.7 และ 2.65 ตามลำดับ ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตจะใช้ค่าความถ่วงจำเพาะในการแปลงปริมาตรเป็นน้ำหนักหรือกลับกัน

5. หน่วยน้ำหนักและช่องว่าง (Unit Weight and Void)

หน่วยน้ำหนัก คือ น้ำหนักของมวลรวมในขนาดคละที่ต้องการต่อหน่วยปริมาตร หน่วยน้ำหนักจะบอกถึงปริมาตรและช่องว่างระหว่างมวลรวม ที่มวลรวมน้ำหนักหนึ่ง ๆ จะบรรจุลงได้ ดังนั้น หน่วยน้ำหนักย่อมขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการบดอัดและสภาพความชื้น เราใช้หน่วยน้ำหนักในการคำนวณหาปริมาตรเมื่อใช้วิธีตวงในการวัดส่วนผสมของคอนกรีต

หน่วยน้ำหนักของมวลรวมที่ใช้อยู่ทั่ว ๆ ไปในประเทศไทยมีค่า 1,400-1,600 กก./ลบ.เมตร การนำเอามวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดมาผสมกับด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ จะมีผลต่อหน่วยน้ำหนักของมวลรวมผสมดังแสดงในรูปที่ 3.21 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหน่วยน้ำหนักสูงสุดเกิดขึ้นเมื่อใช้มวลรวมละเอียด 34-40% โดยน้ำหนัก ดังนั้น ถ้าคำนึงถึงเฉพาะราคาคอนกรีต (ใช้ซีเมนต์เพสต์น้อยที่สุด) เราควรใช้เปอร์เซ็นต์ทรายในช่วงดังกล่าว แต่ในทางปฏิบัติต้องคำนึงถึงความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตอีกด้วย



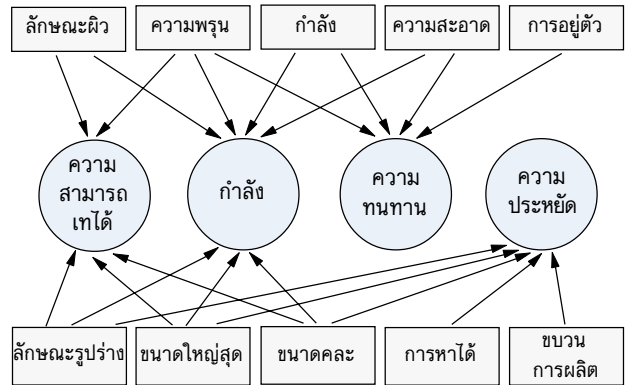
รูปที่ 3.21 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักและปริมาณมวลรวมละเอียด

3.5 คุณสมบัติของมวลรวมที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต

คุณสมบัติของมวลรวมจะส่งผลถึงคุณสมบัติของคอนกรีตดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของมวลรวมที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต

คุณสมบัติของคอนกรีต	คุณสมบัติของมวลรวมที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์
ความทนทาน การต้านทานต่อ Freezing และ Thawing การต้านทาน Wetting และ Drying การต้านทานต่อ Heating และ Cooling การต้านทานต่อการสึกกร่อน การทำปฏิกิริยากับ Alkali ในคอนกรีต	Soundness, ความพรุน, โครงสร้างของรูพรุน ในเนื้อมวลรวม, การซึมผ่านของน้ำ, ปริมาณการอิมมัตว, การรับแรงดึง ลักษณะและโครงสร้างของผิว, สิ่งเจือปน โครงสร้างของรูพรุนในเนื้อมวลรวม, โมดูลัสยืดหยุ่นของมวลรวม สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ความแข็ง ปริมาณของ Siliceous ที่เป็นส่วนประกอบ
กำลัง Shrinkage และ Creep	กำลัง, ลักษณะผิว, ความสะอาด, รูปร่างขนาดใหญ่ที่สุด โมดูลัสยืดหยุ่น, รูปร่างของมวลรวม, ขนาดคละ, ความสะอาด, ขนาดใหญ่ที่สุด และสิ่งเจือปน
สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อถูกความร้อน การนำความร้อน ความร้อนจำเพาะ ความถ่วงจำเพาะ หน่วยน้ำหนัก	สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อถูกความร้อน, โมดูลัสยืดหยุ่น การนำความร้อน ความร้อนจำเพาะ ความถ่วงจำเพาะ, รูปร่าง, ส่วนคละ, ขนาดใหญ่ที่สุด
โมดูลัสยืดหยุ่น การลื่นของผิวหน้า การประหยัด	โมดูลัสยืดหยุ่น, Poisson's Ratio แนวโน้มการขัดเป็นมันของผิวหิน รูปร่าง, ส่วนคละ, ขนาดใหญ่ที่สุด, จำนวนชั้นตอน ในการผลิต, ความยากง่าย ในการหามวลรวม



รูปที่ 3.22 อิทธิพลของคุณสมบัติของมวลรวมต่อคุณสมบัติของคอนกรีต

3.6 การทดสอบคุณสมบัติ

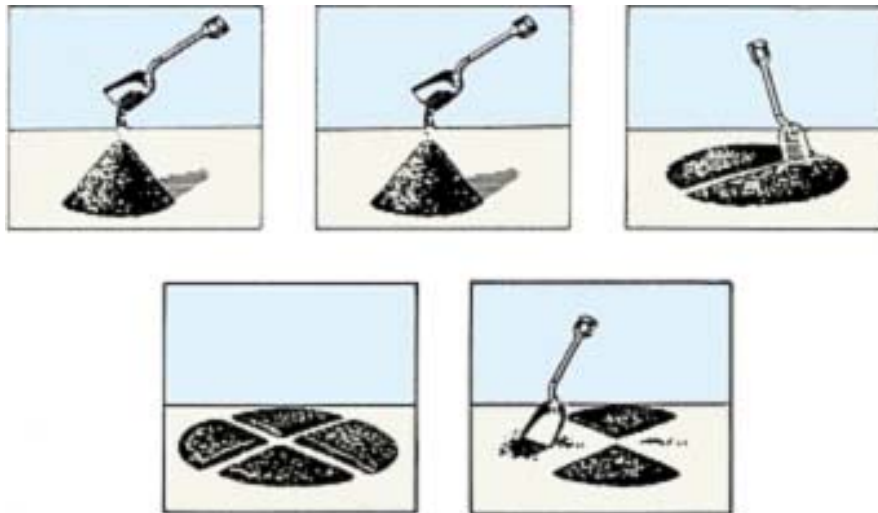
มวลรวมที่จะนำมาทดสอบนั้น ต้องได้รับการสุ่มเก็บจากต้นแหล่ง หรือ ณ สถานที่กองเก็บ และต้องนำมาทำการแบ่งส่วนก่อนการทดสอบ เพื่อให้ได้ตัวแทนของตัวอย่างถูกต้อง การแบ่งส่วนของตัวอย่างอาจทำได้ 2 ลักษณะ คือ

1) ใช้ Riffle Sampler โดยเทตัวอย่างมวลรวมผ่าน Sample Splitter ซึ่งจะแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วนผ่านช่องเปิด ดังแสดงในรูปที่ 3.23

2) ใช้วิธีแบ่งสี่ ทำโดยการผสมมวลรวม จากนั้นแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน นำ 2 ส่วนที่อยู่ตรงข้ามกันมาทดสอบ และทิ้ง 2 ส่วนที่เหลือไป ดังแสดงในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.23 การแบ่งส่วนตัวอย่างโดยใช้ Riffle Sampler



รูปที่ 3.24 วิธีแบ่งสี่

การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

การทดสอบกลุ่มที่ 1 ทดสอบหาคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมวลรวมนี้มาผสมคอนกรีต เช่น กำลัง, ลักษณะรูปร่างและผิว, ความถ่วงจำเพาะ, การดูดซึม, การต้านทานการเสียดสีหน่วยน้ำหนัก ซึ่งการทดสอบคุณสมบัตินี้จะทดสอบเฉพาะเมื่อเปลี่ยนแหล่งมวลรวมใหม่ หรือเมื่อสงสัยในคุณสมบัติเท่านั้น

การทดสอบกลุ่มที่ 2 ทดสอบหาคุณสมบัติทั่ว ๆ เช่น ส่วนคละ, ความชื้น, ความสะอาด และสิ่งเจือปนต่าง ๆ ซึ่งจะต้องทำการทดสอบอย่างสม่ำเสมอ

ถ้าแบ่งการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม ตามวิธีการทดสอบ สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังตารางที่ 3.5

การทดสอบทางฟิสิกส์ Physical Tests	การทดสอบทางกล Mechanical Tests	การทดสอบทางเคมี Chemical Tests
<ul style="list-style-type: none"> • ขนาดคละ • รูปร่างและลักษณะผิว • ความหนาแน่น • ความถ่วงจำเพาะ • การดูดซึมน้ำ • การหดตัว 	<ul style="list-style-type: none"> • การทดสอบกำลัง <ul style="list-style-type: none"> - Impact Value - Crushing Value - 10% Fine • ความทนทาน <ul style="list-style-type: none"> - ความต้านทานการเสียดสี - Attrition 	<ul style="list-style-type: none"> • ปริมาณ คลอไรด์ • ปริมาณ ซัลเฟต • ปริมาณสารอินทรีย์

ตารางที่ 3.5 ประเภทของการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม

ในตารางที่ 3.6 เป็นการรวบรวมการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม สำหรับงานคอนกรีตตามมาตรฐานอังกฤษและอเมริกา

การทดสอบ	มาตรฐานอังกฤษ (BS)	มาตรฐานอเมริกา (ASTM)
ค่าจำกัดความ	882	C 125
ส่วนคละ - ข้อกำหนด	882	C 33
ส่วนคละ - การทดสอบ	812 ส่วนที่ 1	C 136
การรุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบ	812 ส่วนที่ 1	D 75
การแบ่งประเภทมวลรวม	812 ส่วนที่ 1	C 294
รูปร่างของมวลรวม	812 ส่วนที่ 1	-
ลักษณะผิว	812 ส่วนที่ 1	-
ปริมาณดินเหนียว, ฝุ่น, Silt	812 ส่วนที่ 1	C 117
ความแบน, ความยาว, การเป็นเหลี่ยมมุม	812 ส่วนที่ 1	-
ความถ่วงจำเพาะ - หิน	812 ส่วนที่ 2	C 127
- ทราย	812 ส่วนที่ 2	C 128
ปริมาณความชื้น	812 ส่วนที่ 2	C 70
สารอินทรีย์	812 ส่วนที่ 1	C 40
กำลังของมวลรวม	812 ส่วนที่ 3	-
Soundness	-	C 88
Alkali-Aggregate-Reaction	-	C 289
หน่วยน้ำหนัก	-	C 29
การต้านทานการเสียดสี	-	C 131

ตารางที่ 3.6 มาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม

3.6 ข้อกำหนดคุณสมบัติทั่วไปของมวลรวมสำหรับงานคอนกรีต

1. ขนาดผลของมวลรวม (ASTM C33)

มวลรวมละเอียด		มวลรวมหยาบขนาดใหญ่สุด 1"		ขนาดใหญ่สุด 3/4"
ขนาดตะแกรง	% ผ่าน	ขนาดตะแกรง	% ผ่าน	% ผ่าน
3/8"	100	1 1/2"	100	-
เบอร์ 4	95 - 100	1"	95-100	100
8	80 - 100	3/4"	-	90-100
165	50 - 85	1/2"	25-60	-
30	25 - 60	3/8"	-	20-55
50	10 - 30	เบอร์ 4	0-10	0-10
100	2 - 10	เบอร์ 8	0-5	0-5

2. สิ่งเจือปนต่างๆ

สิ่งเจือปน	ผลต่อคอนกรีต	ข้อกำหนดสูงสุด (% โดยน้ำหนัก)	
		มวลรวมละเอียด	มวลรวมหยาบ
<ul style="list-style-type: none"> วัสดุที่ขนาดเล็กกว่า 75 ไมครอน หรือตะแกรงเบอร์ 200 <ul style="list-style-type: none"> - มวลผสมคอนกรีตสำหรับงานถนนการขัดสี - มวลผสมคอนกรีตสำหรับงานคอนกรีตทั่วไป 	กระทบต่อความสามารถเทได้ ต้องเพิ่มน้ำในส่วนผสม	3 5	1 1
<ul style="list-style-type: none"> ก้อนดินและวัสดุเปราะอื่น ๆ 	กระทบต่อความสามารถเทได้ และการต้านทานการเสียดสี	3	5
<ul style="list-style-type: none"> ถ่านและลิกไนท์ 	กระทบต่อความทนทานและก่อให้เกิดรอยเปื้อนบนผิว	0.5-1	0.5
<ul style="list-style-type: none"> Chert (ที่ ถ.พ. น้อยกว่า 2.4) 	กระทบต่อความทนทาน	-	5

3. ความสามารถด้านการเสียดสี

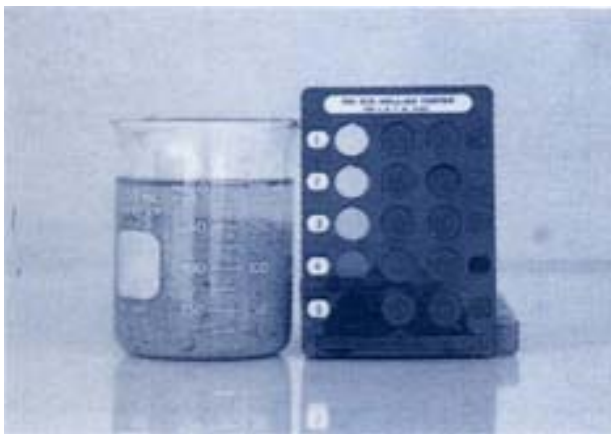
ทดสอบโดยเครื่องลอสแองเจลิส แล้วส่วนที่แตกออกต้องไม่เกิน 50%

4. การอยู่ตัว (Soundness)

การทดสอบการอยู่ตัวของมวลรวม เป็นการทดสอบความต้านทานต่อการสลายตัวของมวลรวมในสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต แต่ทั่วไปจะทดสอบในแมกนีเซียมซัลเฟต โดยแช่จำนวน 5 รอบ แล้วน้ำหนักจะต้องสูญเสียไปไม่เกิน 18%

5. สารอินทรีย์ที่เจือปนในมวลรวมละเอียด

ทดสอบโดยการแช่ทรายไว้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 3% แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นเปรียบเทียบสีของสารละลายที่ได้กับแผ่นกระจกสีมาตรฐาน ถ้าสีของสารละลายเข้มกว่าสีมาตรฐานเบอร์ 3 จะถือว่าทรายนั้นมีสารอินทรีย์เจือปนมาก ถ้าต้องใช้ผสมคอนกรีตจะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติตัวอย่างอื่นประกอบอีกครั้ง



รูปที่ 3.25 การทดสอบความสะอาดของทราย

3.8 การเก็บรักษามวลรวม

ระหว่างการขนย้ายและกองเก็บมวลรวมไว้รอการใช้งานหรือขนย้ายต่อไป อาจเกิดผลเสียคือ การแยกแยะของมวลรวมขนาดต่าง ๆ กัน และการแตกหักของมวลรวม

การแยกแยะเกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัวของมวลรวมในระนาบเอียง มวลรวมขนาดใหญ่ที่หนักกว่า มักไหลลงไปรวมกันใกล้เชิงระนาบเอียง ส่วนมวลรวมขนาดเล็กกว่าคงติดค้างอยู่ตอนบนของระนาบเอียง นอกจากนี้ควรระมัดระวังการเทมวลรวมเมื่อมีลมแรง เพราะลมสามารถพัดพามวลรวมขนาดเล็กไปได้ไกลกว่าขนาดใหญ่กว่า วิธีการป้องกันที่ดีก็โดยการแยกเก็บมวลรวมหยาบเป็นสัดส่วนตามช่วงขนาดที่ใกล้เคียงคือ ขนาด 5 ถึง 10, 10 ถึง 20, 20 ถึง 40 มม. ฯลฯ ออกเป็นกอง ๆ ซึ่งเราสามารถนำมารวมกันก่อนการใช้งาน ดังนี้หากมีการแยกแยะเกิดขึ้นก็เป็นเพียงในช่วงแคบ ๆ ตามกลุ่มกองของมวลรวมที่แยกกันเท่านั้น สำหรับการป้องกันการแตกหัก ก็ด้วยการเทมวลรวมขนาดเกิน 40 มม. ลงในที่เก็บผ่านชั้นบันได นั่นคือไม่ควรปล่อยให้ตกจากที่สูง ๆ เพราะมวลรวมมีโอกาสแตกหักได้ง่าย