

การทดสอบ

วัสดุ



การทดสอบ

วัสดุ





จุดประสงค์การเรียนรู้

1. รู้พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับการทดสอบวัสดุ
 - 1.1 บอกความหมายของการทดสอบวัสดุ
 - 1.2 บอกวัตถุประสงค์ของการทดสอบวัสดุ
 - 1.3 บอกประเภทของวัสดุทดสอบ
2. รู้มาตรฐานกำหนดคุณสมบัติวัสดุ
 - 2.1 บอกรูปแบบของหนังสือมาตรฐาน
 - 2.2 บอกประเภทของมาตรฐานผู้ผลิต
3. เข้าใจคุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุและเมื่อถูกทดสอบ
 - 3.1 อธิบายคุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุ
 - 3.2 อธิบายคุณสมบัติของวัสดุเมื่อถูกทดสอบ

1.1 พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับการทดสอบวัสดุ

1.1.1 ความหมายของการทดสอบวัสดุ

การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ หมายถึง การทำคุณภาพและความเหมาะสมของวัสดุ นั้น ๆ สำหรับใช้ในงานโครงสร้าง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ใช้และผู้ผลิตที่ต้องมีการทดสอบหา เพื่อสามารถเลือกใช้วัสดุได้อย่างถูกต้อง

การทดสอบยังมีความจำเป็นสำหรับการตรวจวัสดุชนิดเดียวกันว่าจะมีคุณสมบัติเหมือนกันหรือไม่ในการผลิตออกมาแต่ละครั้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านปริมาณต่อการควบคุมกระบวนการผลิตวัสดุนั้นต่อไป

1.1.2 วัตถุประสงค์ของการทดสอบวัสดุ

1. ทดสอบเพื่อการควบคุม (Commercial or Control Testing) เป็นการทดสอบ เพื่อให้ทราบว่าวัสดุที่ผลิตมานั้นมีคุณสมบัติตามต้องการหรือไม่

1.1 การทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพการผลิต (Quality Control Testing) เป็นการ ทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าวัสดุที่ผลิตมีคุณสมบัติตามต้องการหรือไม่ ซึ่งการทดสอบจะกระทำโดย ผู้ผลิต เพื่อให้ได้วัสดุที่มีคุณสมบัติตรงตามเป้าหมาย คือไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด และไม่ติ จนเกินไป

1.2 การทดสอบเพื่อการยอมรับ (Acceptance Testing) เป็นการทดสอบเพื่อ ตรวจสอบว่าวัสดุที่จะนำมาใช้นั้นมีคุณสมบัติไม่ด้อยกว่าที่ต้องการ โดยการทดสอบจะกระทำโดย ผู้ซื้อ ซึ่งไม่วิตกว่าวัสดุนั้นจะมีคุณสมบัติดีจนเกินไปหรือไม่

2. ทดสอบเพื่อการวิจัยและปรับปรุงวัสดุ (Material Research and Development Work) เป็นการทดสอบเพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลใหม่จากวัสดุที่มีอยู่แล้ว หรือเพื่อค้นคว้าประดิษฐ์ วัสดุใหม่ ๆ ขึ้นมาใช้ต่อไป

3. ทดสอบเพื่อวัดค่าทางวิทยาศาสตร์ของวัสดุ (Scientific Measurement) เป็นการ ทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมของวัสดุ

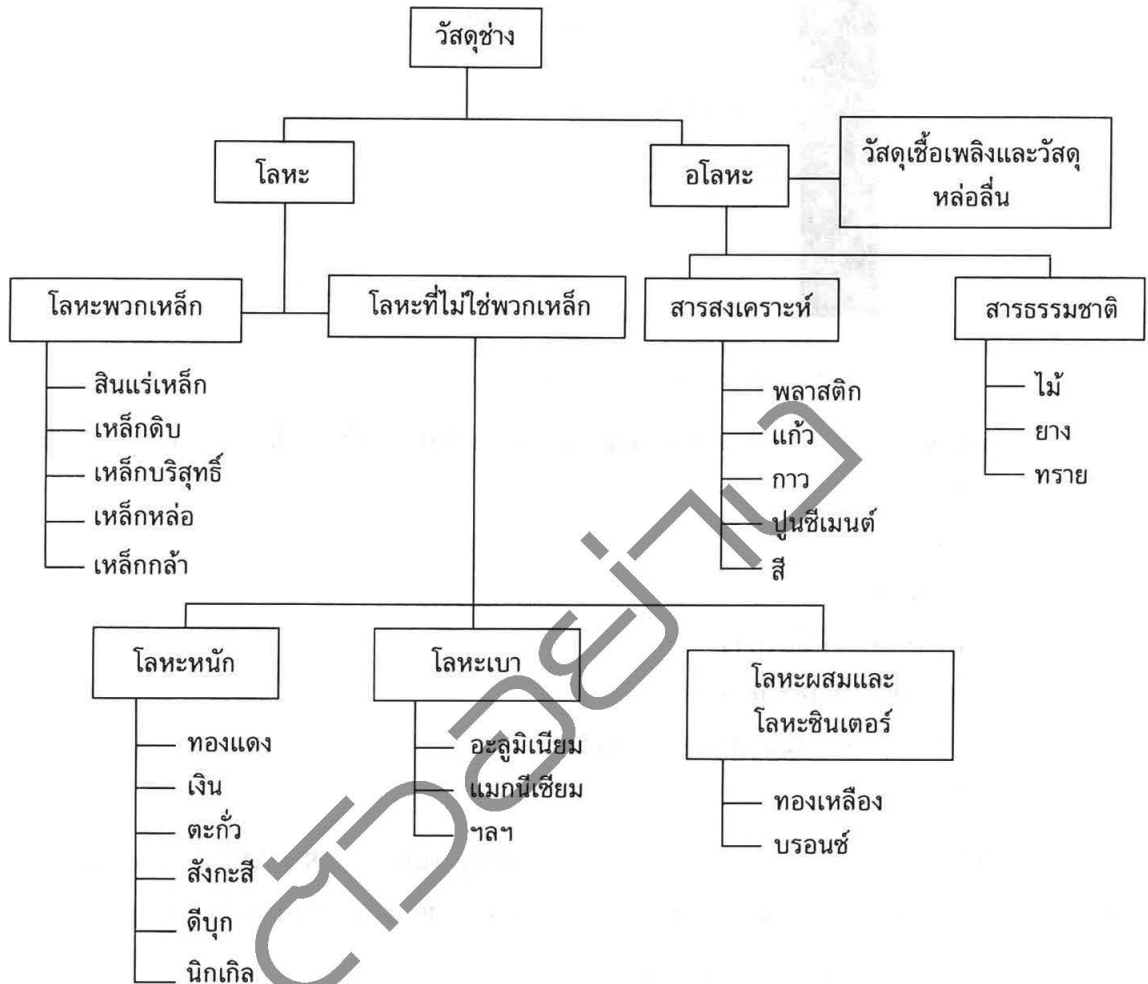
จากที่กล่าวมาแล้วทั้ง 3 ข้อนั้น จะมีความแตกต่างกันในวิธีการทดสอบ การใช้เครื่องมือ ความละเอียดแม่นยำ คุณสมบัติและความสามารถของผู้ทดสอบ ตลอดจนค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น ทดสอบเพื่อควบคุมนั้นไม่ต้องการความละเอียดแม่นยำสูง ผู้ที่ทำการทดสอบก็ไม่ จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมของวัสดุมากนัก

1.1.3 ประเภทของวัสดุทดสอบ

การแบ่งประเภทวัสดุที่ถูกนำมาทดสอบ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. ประเภทโลหะ (Metallic Materials) คือวัสดุที่ได้จากการถลุงสินแร่ซึ่งมีอะตอม มาเรียงกันอย่างเป็นระเบียบ อะตอมของโลหะเหล่านี้มีลักษณะเป็นได้ทั้งวัสดุจำพวกโลหะ และวัสดุ จำพวกโลหะที่ไม่ใช่เหล็กที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 1 1

2. ประเภทโลหะ (Non-Metallic Materials) คือวัสดุจากธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์ เช่น ไม้ พลาสติก แอสฟัลท์ เป็นต้น

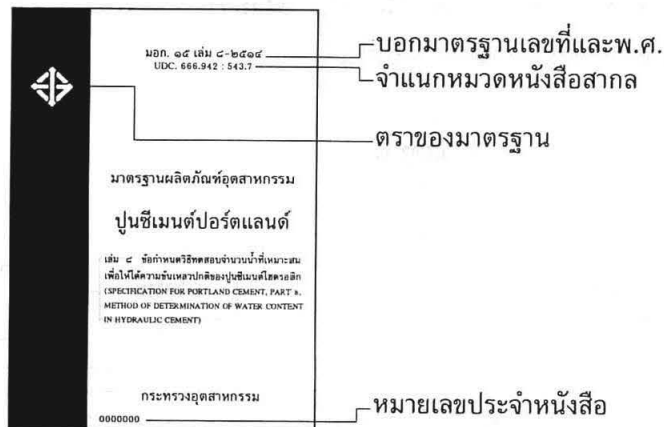


รูปที่ 1.1 การแบ่งประเภทวัสดุ

1.2 มาตรฐานกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ

1.2.1 รูปแบบของหนังสือมาตรฐาน

มาตรฐานที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทยนั้นคือ มาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดยกระทรวงอุตสาหกรรม หรือที่เรียกกันย่อ ๆ ว่า “มอก.” ลักษณะรูปร่างจะมีขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร ด้านบนเป็นเลขมาตรฐานและปี พ.ศ. ที่ประกาศใช้ บรรทัดต่อมาจะเป็นการจำแนกหมวดหนังสือสากล (UDC) จากคำเต็มว่า Universal Desimal Classification ส่วนกลางจะเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องใด และส่วนที่จะเป็นหมายเลขประจำหนังสือมีระบุไว้ ISBN (International Standard Book Number) ด้านซ้ายมือของหนังสือจะมีมาตรฐานกำกับไว้ ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 รูปแบบหนังสือมาตรฐาน “ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม”

ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยหลักการจะระบุหัวข้อเพื่อเป็นมาตรฐานดังนี้

1. ขอบข่าย
2. บทนิยาม
3. ประเภท
4. คุณลักษณะที่ต้องการ
5. เครื่องหมายและฉลาก
6. การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน
7. ภาคผนวก

(อ้างอิงจากมาตรฐานของต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา “A.S.T.M.” ชื่อเต็มว่า American Society for Testing and Materials หรืออังกฤษ “B.S.I.” ชื่อเต็มว่า British Standard Institute)

1.2.2 ประเภทของมาตรฐานผู้ผลิต

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของไทย ได้แบ่งมาตรฐานผู้ผลิตออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ประเภทที่ผู้ผลิตต้องผลิตให้ได้มาตรฐาน ถ้าผลิตออกมาไม่ได้มาตรฐานถือว่าผิดกฎหมาย
2. ประเภทที่ผู้ผลิตจะผลิตให้ได้หรือไม่ได้มาตรฐานก็ได้ แต่ถ้าผลิตได้มาตรฐานสามารถติดเครื่องหมายมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรมได้ที่ผลิตภัณฑ์ และถ้าผลิตไม่ได้มาตรฐานก็ไม่สามารถติดเครื่องหมายมาตรฐานได้ แต่ไม่ถือว่าผิดกฎหมาย

ประโยชน์ที่ได้รับการมีมาตรฐานกำหนดคือ ป้องกันอันตรายที่จะเกิดแก่ผู้บริโภค และป้องกันการสูญเสียทางเศรษฐกิจ เช่น ป้องกันมิให้ผลิตของที่มีคุณภาพต่ำจนเกินไป

1.3 คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุและเมื่อถูกทดสอบ

1.3.1 คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุ

1. คุณสมบัติทางกล (Mechanical Properties) ได้แก่

1.1 กำลัง (Strength) ประกอบด้วย

- แรงดึง (Tension Strength)
- แรงอัด (Compression Strength)
- แรงเฉือน (Shear Strength)
- แรงดัด (Flexure)
- แรงบิด (Torsion)
- แรงกระแทก (Impact)

1.2 สติฟเนส (Stiffness) ประกอบด้วย

- ความยืดหยุ่น (Elasticity)
- ความเป็นพลาสติก (Plasticity)
- ความเหนียว (Ductility)
- ความเปราะ (Brittleness)
- ความแข็ง (Hardness)
- ความทนทานต่อการเสียดสี (Wear-Resistance)

2. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical Properties) ได้แก่

2.1 ขนาด (Dimensions)

2.2 รูปร่าง (Shape)

2.3 ความหนาแน่น (Density)

2.4 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

2.5 ความพรุน (Porosity)

2.6 ความชื้น (Moisture)

นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ยังมีคุณสมบัติอีกหลายอย่าง แต่ไม่กล่าวไว้ในที่นี้เนื่องจากเป็นคุณสมบัติที่ทางวิศวกรรมโยธาไม่กล่าวถึงเท่าไร และเป็นคุณสมบัติที่เข้าใจได้ยาก

1.3.2 คุณสมบัติของวัสดุเมื่อถูกทดสอบ

1. ความเค้นและความเครียด (Stress and Strain) เมื่อมีแรงภายนอกมากกระทำต่อวัสดุจะทำให้เกิดแรงต้านภายในวัสดุ ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงภายนอก แรงต้านภายในนี้จะกระจายตลอดพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ อัตราส่วนระหว่างค่าของแรงต้านภายในพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงกระทำ

12 การทดสอบวัสดุ

เรียกว่า ความเค้น มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือกิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร (kg/mm^2)

$$\text{การคำนวณค่าความเค้นที่เกิดขึ้น, } \sigma = \frac{P}{A}$$

เมื่อ σ = ความเค้น

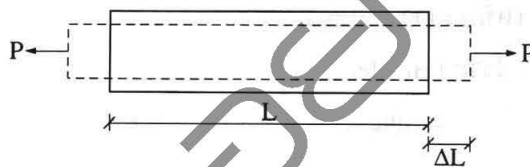
P = แรงภายนอกที่มากระทำต่อวัสดุ

A = พื้นที่หน้าตัดของวัสดุ

กรณีความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าค่าความแข็งแรงของวัสดุ หมายถึง วัสดุยังสามารถใช้งานต่อไปได้ แต่ถ้าค่าความเค้นที่เกิดขึ้นสูงกว่าค่าความแข็งแรงของวัสดุ วัสดุก็ไม่สามารถนำไปใช้งานได้

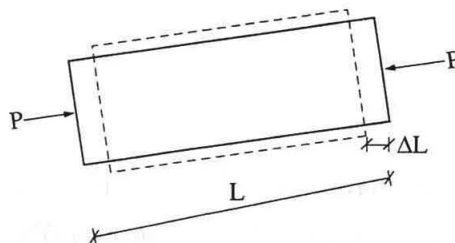
ความเค้นที่เกิดขึ้นมี 3 ลักษณะคือ ความเค้นดึง (Tensile Stress) ความเค้นอัด (Compressive Stress) และความเค้นเฉือน (Shear Stress)

การทดสอบแรงดึง (Tensile Test) แรงที่มากระทำต่อวัสดุจะอยู่ในลักษณะแรงดึง เพื่อให้วัสดุขาดออกจากกัน ดังรูปที่ 1.3



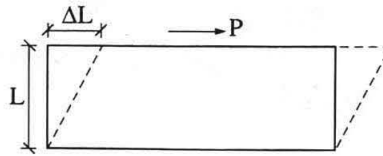
รูปที่ 1.3 วัสดุถูกกระทำด้วยการดึง

การทดสอบแรงอัด (Compressive Test) แรงที่มากระทำต่อวัสดุจะอยู่ในลักษณะแรงอัด เพื่อให้วัสดุแตก ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 วัสดุกระทำด้วยการอัด

การทดสอบแรงเฉือน (Shearing Test) แรงที่มากระทำต่อวัสดุจะอยู่ในลักษณะแรงเฉือน เพื่อให้วัสดุฉีกขาด ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 วัสดุถูกกระทำด้วยการเฉือน

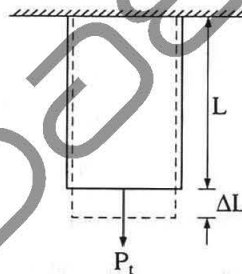
นอกจากวัสดุจะเกิดความเค้นแล้วยังมีผลทำให้วัสดุเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดไปจากเดิมอีกด้วย อัตราส่วนระหว่างขนาดที่เปลี่ยนไปต่อจากขนาดเดิมของวัสดุ ดังรูปที่ 1.6 เรียกว่า ความเครียด ขนาดที่กล่าวถึงนั้นอาจจะเป็นความยาว พื้นที่ หรือปริมาตรก็ได้ ความเครียดเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะเช่นเดียวกับความเค้น

การคำนวณหาค่าความเครียด , $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$

เมื่อ ϵ = ความเครียด

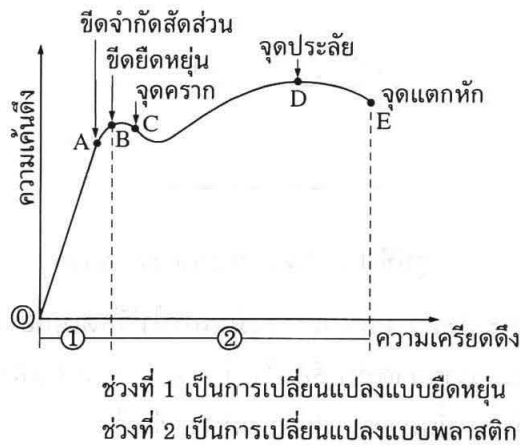
ΔL = ขนาดที่เปลี่ยนไป

L = ขนาดเดิมของวัสดุ



รูปที่ 1.6 วัสดุถูกกระทำเกิดความเค้นและความเครียด

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด การหาความแข็งแรงและคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุ จะต้องทดสอบตัวอย่างของวัสดุจนถึงจุดแตกหักหรือขาด การนำความเค้นที่เกิดขึ้นและความเครียดที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ถือว่าสำคัญมาก โดยกำหนดให้ค่าความเค้นเป็นแกนตั้ง และค่าความเครียดเป็นแกนนอน ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด

ในรูปที่ 1.7 เป็นกราฟที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด ซึ่งอธิบายไว้ดังนี้

ช่วง OA กราฟเป็นเส้นตรง แสดงว่าความเครียดแปรผันโดยตรงกับความเค้น ถ้าปล่อยแรงดึงออกวัสดุจะกลับคืนสภาพเดิมที่จุด A เป็นค่าความเค้นสูงสุดที่ความเครียดแปรผันโดยตรงกับความเค้น จุด A เรียกว่า ขีดจำกัดของสัดส่วน (Proportional Limit)

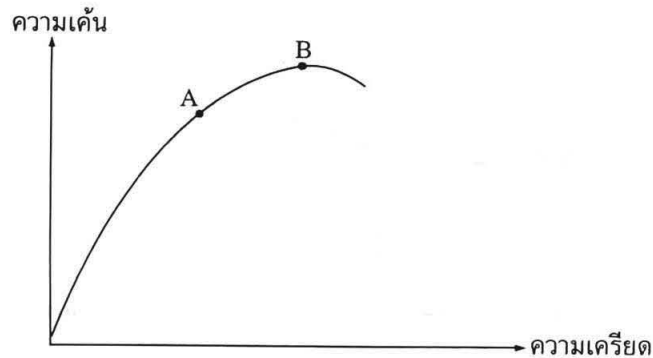
ช่วง AB กราฟจะเริ่มโค้งงอเบนจากเดิม (เส้น ๆ) จุด B เป็นจุดสุดท้ายที่วัสดุจะกลับคืนสภาพเดิมได้ จุด B เรียกว่า ขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic Limit)

ช่วง BC กราฟจะโค้งเบนไปอีกระยะหนึ่ง เมื่อเลยจุด C วัสดุจะยืดตัวออกได้เองโดยไม่ต้องออกแรงเพิ่มขึ้น จุด C เรียกว่า จุดคราก (Yield Point)

ช่วง CE กราฟจะโค้งยาวจากจุด C เมื่อออกแรงดึงวัสดุจะยืดต่อไปอีกจนถึงจุด D ซึ่งเป็นจุดสูงสุดที่วัสดุจะรับความเค้นได้ จุด D เรียกว่า จุดประลัย (Ultimate Strength) จากนั้นวัสดุจะยืดตัวออกเองจนถึงจุด E วัสดุจะขาดออกจากกัน จุด E เรียกว่า จุดแตกหัก (Breaking Point)

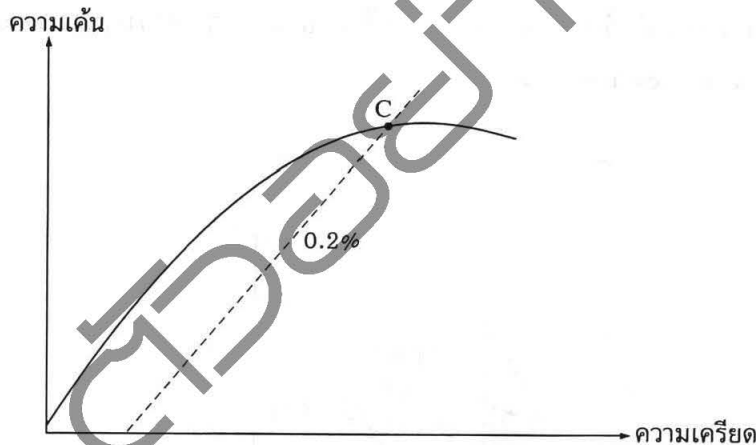
การเปลี่ยนแปลงจากจุด O ถึงจุด B เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ Elastic (ช่วงที่ 1) คือ วัสดุจะกลับสู่สภาพเดิมเมื่อหยุดออกแรง ส่วนการเปลี่ยนแปลงหลังจุด B เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ Plastic (ช่วงที่ 2) คือวัสดุไม่สามารถคืนกลับสู่สภาพเดิมได้ เมื่อหยุดออกแรงกระทำ

วัสดุบางชนิดที่ไม่มีความเหนียวจะหาจุดครากไม่ได้ และจุดอื่น ๆ ก็ไม่เด่นชัด เช่นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นของคอนกรีต ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (Stress) กับความเครียด (Strain) ของคอนกรีต

ดังนั้นจากกราฟ ถ้าจะหาจุดคราก (จุด C) ซึ่งถือว่าเป็นจุดสำคัญมากในการออกแบบโครงสร้าง สามารถทำได้โดยเขียนเส้นตรงให้ขนานกับช่วงยืดหยุ่น โดยให้จุดเริ่มต้นของเส้นขนานนี้ห่างจากจุดเริ่มต้น (จุด O) ของกราฟ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของความเครียด เส้นขนานไปตัดกับเส้นกราฟที่ไหนให้ถือว่าเป็นจุดครากของโลหะ (จุด C) ดังรูปที่ 1.9

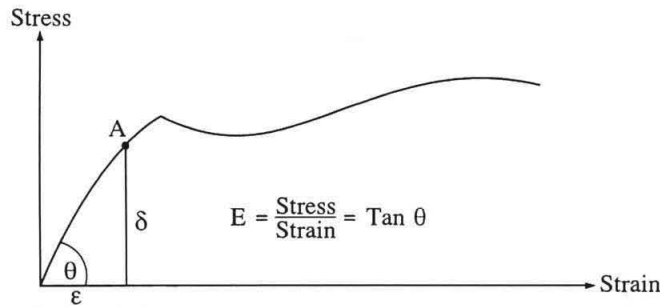


รูปที่ 1.9 แสดงการหาจุดคราก (Yield Point)

2. โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดซึ่งเป็นเส้นตรง นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษชื่อ โรเบิร์ต ฮุก ได้ตั้งกฎว่า “ภายใต้ขีดจำกัดของสัดส่วนความยืดหยุ่น อัตราส่วนระหว่างความเค้นและความเครียดของวัสดุแต่ละชนิดมีค่าคงที่” เรียกค่าคงที่นี้ว่า โมดูลัสความยืดหยุ่น หรือยังส์ โมดูลัส (Young's Modulus) สัญลักษณ์ที่ใช้คือ E

$$\text{การคำนวณหาค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น} \quad E = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}}$$

ดังรูปที่ 1.10 แสดงการหาค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นภายใต้กฎของฮุก

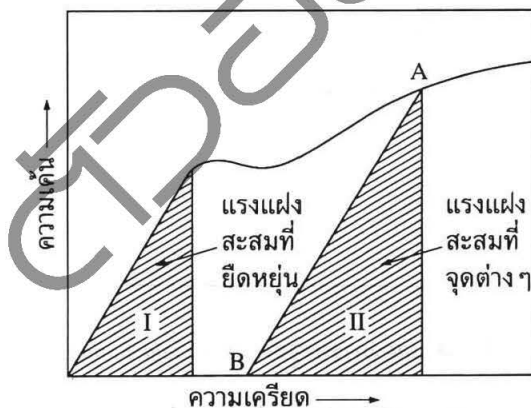


รูปที่ 1.10 การหาค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

ถ้าเป็นความเค้นและความเครียดที่เกิดจากแรงเฉือน อัตราส่วนระหว่างความเค้นต่อความเครียด เรียกว่า โมดูลัสของความแข็งแรง (Modulus of Rigidity) สัญลักษณ์ที่ใช้คือ G

การคำนวณหาค่าโมดูลัสของความแข็งแรง ; $G = \frac{\text{Shear Stress}}{\text{Shear Strain}}$

ปริมาตรพลังงาน (Energy Capacity) คือความสามารถของวัสดุที่จะเก็บพลังงานสะสมต่อหน่วยปริมาตรเมื่อวัสดุถูกแรงกระทำในเวลาสั้น ๆ การหาปริมาตรพลังงานของวัสดุได้ต้องอาศัยแรงแฝง (Resilience) ดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 แรงแฝงที่เก็บสะสมพลังงานยืดหยุ่น

วัสดุมีแรงแฝง หมายถึง วัสดุนั้นได้เก็บพลังงานสะสมไว้ได้สูง โดยที่ขนาดและรูปร่างของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตและของเหล็ก

วัสดุ	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	กำลังดึง (กก./ตร.ซม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น (กก./ตร.ซม.)	ส.ป.ส. การ ขยายตัว ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	การนำความร้อน (W/m.k)
คอนกรีต	2,300-2,400	30	2.5×10^5	10	3
เหล็กทั่วไป	7,800	3,000	21×10^5	12	50
เหล็กกำลังสูง	7,800	10,000	21×10^5	11	45

3. ความไม่คืนตัว (Plasticity) คือคุณสมบัติของวัสดุเมื่อเสียรูป โดยแรงกระทำ จะคงอยู่ในรูปนั้นโดยไม่คืนรูปเดิมเมื่อแรงกระทำหมดไป วัสดุบางชนิดมีคุณสมบัติกึ่งยืดหยุ่น ได้และไม่คืนตัว โดยจะคืนสู่รูปเดิมบางส่วนเมื่อนำหนักบรรทุกกระทำหมดไป บางชนิดจะเป็น กึ่งไม่คืนตัว ณ อุณหภูมิสูง การหาความไม่คืนตัวของโลหะจะกระทำได้โดยทดสอบความต้านทาน แรงดึง

4. ความเหนียว (Ductility) คือคุณสมบัติของวัสดุที่เสียรูปไปโดยการยืดและไม่คืนรูป เดิม แม้แรงกระทำยืดจะหมดไป โดยปกติความเหนียวของโลหะหาได้โดยแรงวัดความยาวที่ยืดออก แม้พื้นที่หน้าตัดที่ตัดลง ทดสอบโดยหาความต้านทานแรงดึง

5. ความเปราะ (Brittleness) คือคุณสมบัติตรงข้ามกับความทนแรงและเหนียว หมายความว่าวัสดุมีความต้านทานน้อยต่อแรงปะทะทันที ซึ่งจะเปราะและแตกหักทันทีโดยไม่เกิดการเสียรูปเลย

6. ความแข็ง (Hardness) คือความต้านทานการเสียรูปที่ไม่คืนตัว ความต้านทานใน ที่นี้หมายถึงทนต่อการขีดข่วน (Abrasion) การขีดข่วน (Scratching) และการกดของปลายกรวย หรือลูกกลม ฉะนั้นความแข็งวัสดุหมายถึง วัสดุที่มีขีดจำกัดยืดหยุ่นสูง หรือมีค่าความเค้นสูง ที่ไม่เกิดการเสียรูปถาวร

7 ความทนทานต่อการเสียดสี (Wear-Resistance) คือการแสดงคุณภาพของวัสดุ ในการทนทานต่อการสึกกร่อน การกระแทก และเสียดสีต่าง ๆ ที่เกิดจากน้ำหนักหรือแรงภายนอก ที่กระทำ

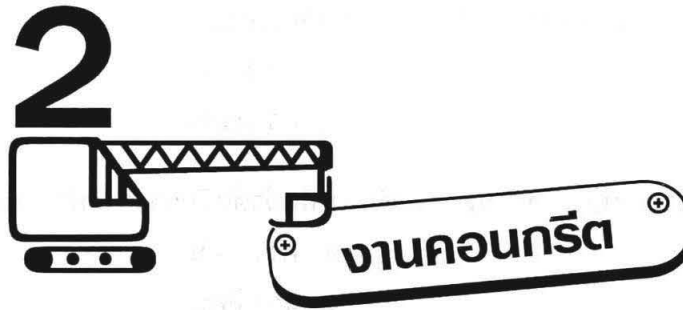
สรุป วัสดุก่อสร้างสามารถนำไปใช้ได้หลายทาง การเลือกวัสดุไปใช้งานจึงเป็นเรื่อง ที่สำคัญหากวัสดุที่นำไปใช้มีคุณภาพไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน ย่อมเป็นผลเสียต่องานโครงสร้าง ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบวัสดุที่นำมาใช้งานว่าคุณภาพดีหรือไม่ เพื่อให้แน่ใจว่าโครงสร้างที่ผลิตขึ้น มามีความแข็งแรงมั่นคง และประหยัดราคา การทดสอบโดยส่วนใหญ่มักจะทำการทดสอบ เพื่อหาคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ



คำสั่ง ให้นักศึกษาเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การทดสอบวัสดุ หมายถึงอะไร
 - ก. การทำให้วัสดุเสียหาย
 - ข. การทำให้มีคุณภาพเพื่อความเหมาะสมของวัสดุนั้น
 - ค. การหาคุณสมบัติทางช่าง
 - ง. การทำความละเอียดให้วัสดุนั้น
2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบวัสดุ แบ่งออกได้กี่ข้อ
 - ก. 4 ข้อ
 - ข. 3 ข้อ
 - ค. 2 ข้อ
 - ง. 1 ข้อ
3. การทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าวัสดุที่ผลิตมีคุณสมบัติตามต้องการ เป็นการทดสอบเพื่ออะไร
 - ก. ควบคุมคุณภาพการผลิต
 - ข. เพื่อการยอมรับ
 - ค. เพื่อการวิจัย
 - ง. เพื่อปรับปรุงวัสดุ
4. ข้อใดคือการทดสอบแบบ Acceptance Testing
 - ก. การทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพ
 - ข. การทดสอบเพื่อปรับปรุงวัสดุ
 - ค. การทดสอบเพื่อการยอมรับ
 - ง. การทดสอบเพื่อวัดค่าทางวิทยาศาสตร์
5. ในหนังสือมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (มอก.) ที่ส่วนล่างจะบอกรายละเอียดถึงเรื่องอะไร
 - ก. ขอบข่าย
 - ข. ภาคผนวก
 - ค. กระบวนการอุตสาหกรรม
 - ง. เลขที่ และ พ.ศ.
6. ประเภทของวัสดุที่ใช้ทดสอบ สามารถแบ่งออกได้เป็นกี่ประเภท
 - ก. 1 ประเภท
 - ข. 2 ประเภท
 - ค. 3 ประเภท
 - ง. 4 ประเภท

- 7 ข้อใดจัดอยู่ในคุณสมบัติทางกล (Mechanical Properties)
- | | |
|-------------|-------------|
| ก. ความชื้น | ข. ความแข็ง |
| ค. ทางเคมี | ง. ความร้อน |
- 8 อัตราส่วนระหว่างค่าของแรงต้านภายในต่อพื้นที่หน้าตัดรับแรงกระทำ เรียกว่าอะไร
- | | |
|---------------|-------------|
| ก. ความเครียด | ข. ความเค้น |
| ค. แรงอัด | ง. แรงเฉือน |
- 9 ค่าจุด C (Yield Point) ที่เกิดขึ้นในกราฟ หมายถึงจุดใด
- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| ก. ขีดจำกัดของสัดส่วน | ข. ขีดจำกัดความยืดหยุ่น |
| ค. จุดแตกหัก | ง. จุดคราก |
- 10 คุณสมบัติของเหล็กเกี่ยวกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (E) มีค่าเท่าไร
- | | |
|---|--|
| ก. 2.5×10^5 กก./ชม. ² | ข. 21×10^5 กก./ชม. ² |
| ค. 4.5×10^5 กก./ชม. ² | ง. 48×10^5 กก./ชม. ² |



จุดประสงค์การเรียนรู้

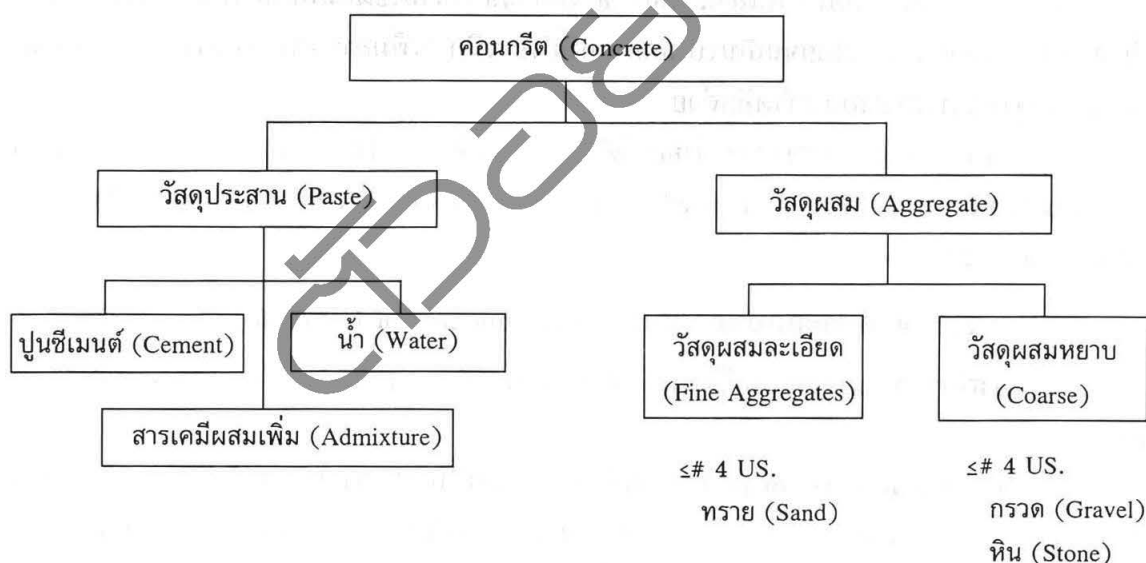
1. รู้พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับงานคอนกรีต
 - 1.1 บอกความหมายของคอนกรีต
 - 1.2 บอกประเภทของคอนกรีต
 - 1.3 บอกองค์ประกอบของคอนกรีต
 - 1.4 บอกคุณสมบัติที่สำคัญของส่วนผสมคอนกรีต
 - 1.5 บอกชนิดต่าง ๆ ของคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างสมัยใหม่
2. สามารถออกแบบส่วนผสมคอนกรีต
 - 2.1 คำนวณหาค่าส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธีทดลองผสม
 - 2.2 คำนวณหาค่าส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธี ACI
3. เข้าใจคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีต
 - 3.1 อธิบายคุณสมบัติของคอนกรีตในการรับแรงอัด
 - 3.2 อธิบายคุณสมบัติของคอนกรีตในการรับแรงดึง
 - 3.3 อธิบายคุณสมบัติของคอนกรีตในการรับแรงดัด
4. เข้าใจวิธีการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต
 - 4.1 อธิบายวิธีการทดสอบคอนกรีตในการรับแรงอัด
 - 4.2 อธิบายวิธีการทดสอบคอนกรีตในการรับแรงดึง
 - 4.3 อธิบายวิธีการทดสอบคอนกรีตในการรับแรงดัด
5. รู้มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีต
 - 5.1 บอกมาตรฐานอุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต
 - 5.2 บอกมาตรฐานอุตสาหกรรมในการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างาน
 - 5.3 บอกมาตรฐานอุตสาหกรรมวิธีการทดสอบความต้านทานแรงอัดของแท่งคอนกรีต
 - 5.4 บอกมาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก
 - 5.5 บอกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จ

2.1 พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับงานคอนกรีต

2.1.1 ความหมายของคอนกรีต (Definition of Concrete)

คอนกรีต (Concrete) หมายถึง วัสดุที่เกิดจากการผสมผสาน (Mixed) ระหว่างวัสดุประสาน อันเป็นการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์และน้ำ กับวัสดุผสม (Aggregates) อันได้แก่ ทราย หิน หรือกรวด ดังรูปที่ 2.1 รวมกันอยู่ในสภาวะไม่คืนสภาพ (Plastic) มีความสามารถในการเท (Workability) ได้พอดีกับการเทลงในแบบหล่อคอนกรีตตามขนาดและรูปร่างที่ต้องการ จากนั้นจะเกิดกระบวนการทางเคมีที่ทำให้คอนกรีตแข็งตัว และจะยังมีกำลังสูงขึ้นตามอายุของคอนกรีต

คอนกรีตสามารถแยกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นคือ วัสดุประสาน หรือบางครั้งเราอาจเรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Paste) ก็ได้ กับวัสดุผสม โดยทั่วไปแล้ววัสดุประสานหรือซีเมนต์เพสต์นี้เกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ซึ่งจะมีค่าขึ้นอยู่กับความชื้น (Moisture) เวลา (Time) และอุณหภูมิ (Temperature)



รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงองค์ประกอบของคอนกรีต

สำหรับรายละเอียดของส่วนประกอบของคอนกรีตจะกล่าวโดยละเอียดต่อไป

2.1.2 ประเภทของคอนกรีต (Type of Concrete)

โดยทั่วไปแล้วคอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างปัจจุบัน สามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete) หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมร่วมเป็นส่วนประกอบ โดยหล่ออยู่ในเนื้อคอนกรีต ใช้เป็นโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพสูง มีคุณสมบัติ

โดดเด่นในเรื่องความสามารถในการรับกำลังอัดและการรับแรงดึง เพราะตามปกติแล้วคอนกรีตจะมีความสามารถในการรับกำลังอัดแต่จะด้อยในเรื่องกำลังรับแรงดึงซึ่งใช้เหล็กเสริมมาทำหน้าที่รับแรงดึง อีกทั้งคอนกรีตและเหล็กเสริมมีโมดูลัสความยืดหยุ่น E (Modulus of Elasticity) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความเค้นและความเครียดใกล้เคียงกันนั่นเอง ปัจจุบันกว่าร้อยละ 80 ของอาคารทั้งหมดใช้คอนกรีตประเภทนี้

2. คอนกรีตล้วน (Plain Concrete) หมายถึง คอนกรีตที่ไม่มีวัสดุใด ๆ ปะปนในส่วนประกอบของคอนกรีตเลย นั่นคือจะมีเพียงวัสดุประสานและวัสดุผสม โดยปกติแล้วคอนกรีตประเภทนี้จะใช้เป็นโครงสร้างที่รับแรงอัดปริมาณมาก ๆ เช่น กำแพงกันดินพัง (Gravity Wall) ซึ่งใช้น้ำหนักของตัวกำแพงต้านทานแรงดันของดิน หรือใช้เป็นฐานรากของเครื่องจักรขนาดใหญ่ ที่มักจะพบในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เป็นต้น

3. คอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete) หมายถึง คอนกรีตเสริมเหล็กที่ได้รับการให้ความเค้นแก่ตัวเหล็กเสริมและคอนกรีตโดยที่ยังไม่มีแรงจากภายนอกมากระทำ สามารถทำได้โดยการดึงเหล็กเสริมให้ค้างไว้ในคอนกรีต ในกรณีเช่นนี้จะเกิดความเค้นดึงที่เหล็กเสริม และความเค้นอัดที่คอนกรีต ทำให้ความสามารถของคอนกรีตประเภทนี้มีสูงมากขึ้น สามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบร่วมกับคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งในส่วนของการใช้ผสมคอนกรีตต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม ไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป นอกจากนี้ยังอาจมีการเพิ่มสารเคมีผสมเพิ่ม (Admixture) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตอีกด้วย

คอนกรีตอัดแรงสามารถแบ่งย่อยได้ตามวิธีการอัดแรงเป็น 2 ประเภทคือ คอนกรีตอัดแรงแบบดึงเหล็กก่อน (Pre-Tensioned Concrete) และคอนกรีตอัดแรงแบบดึงเหล็กทีหลัง (Post-Tensioned Concrete)

2.1.3 องค์ประกอบของคอนกรีต (Component of Concrete)

องค์ประกอบของคอนกรีตนั้นมีหลายประเภทที่ต้องผสมผสานกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1 ปูนซีเมนต์ (Cements) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด (Clinker) ซึ่งได้จากการเผาแคลเซียมและอะลูมิเนียมซิลิเกตจนเป็นผงละเอียด สามารถทำปฏิกิริยาความร้อนกับน้ำแล้วจับตัวกันเหนียวแน่น เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน ดังนั้นจึงสามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement) หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) อันเป็นชื่อเกาะปอร์ตแลนด์ ประเทศอังกฤษ ซึ่งมีหินที่มีสिलิเกตปูนซีเมนต์

ประเภทของปูนซีเมนต์ (Type of Cement) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (มอก.) ได้แบ่งประเภทของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 5 ประเภทดังต่อไปนี้

1. ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 (Type I Cement) เป็นปูนซีเมนต์ธรรมดาทั่วไป (Ordinary Cement) ใช้ในการผสมคอนกรีตเพื่อใช้เป็นโครงสร้างทั่วไปที่ไม่มีความพิเศษใด ๆ หรือใช้ทำผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ

2. ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 2 (Type II Cement) เป็นปูนซีเมนต์ดัดแปลง (Modified Cement) ใช้ในการผสมคอนกรีตที่ต้องการให้เกิดความร้อน และมีความสามารถทนทานซัลเฟตได้ในระยะต่ำถึงปานกลาง ยกตัวอย่างเช่น กำแพงกันดินหนา ๆ (Retaining Wall) ท่อคอนกรีตต่อม่อสะพาน เป็นต้น

3. ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 (Type III Cement) เป็นปูนซีเมนต์กำลังสูง (High-Early Strength Cement) หรือเรียกอีกชื่อว่า ซูเปอร์ซีเมนต์ (Super Cement) แตกต่างจากปูนซีเมนต์ธรรมดาเพราะเนื้อที่มีความละเอียดมากกว่า ทั้งยังมีการเติมสารเร่งการก่อตัวและมีรูปแบบในการเผาเม็ดปูนที่ละเอียดมากขึ้น ใช้ในการผสมคอนกรีตที่ต้องการให้แข็งตัวเร็ว เช่น เสาเข็ม คาน และเสาที่ต้องถอดแบบเร็ว ๆ เป็นต้น

4. ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 4 (Type IV Cement) เป็นปูนซีเมนต์ความร้อนต่ำ (Low-Heat Cement) ใช้ในงานก่อสร้างที่ใช้คอนกรีตหนา เนื่องจากขณะที่คอนกรีตเริ่มมีการแข็งตัว อุณหภูมิจะต่ำกว่าปูนซีเมนต์ประเภทอื่น เช่น การก่อสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

5. ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 5 (Type V Cement) เป็นปูนซีเมนต์ทนทานซัลเฟต (Sulfate-Resistant Cement) ใช้ในการผสมคอนกรีตที่ใช้เป็นโครงสร้างที่มีการกระทำของซัลเฟตสูง เช่น ในน้ำหรือดินที่เป็นต่าง แต่จะมีระยะเวลาในการก่อตัวช้ากว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ช่วยให้ประหยัดเวลาได้มากขึ้น เช่น พื้นสำเร็จรูปที่นิยมนำมาวางบนคานคอนกรีตเสริมเหล็กแล้วจึงเททับหน้า (Topping) หรือในกรณีของสะพานลอย เป็นต้น

ปฏิกิริยาไฮเดรชัน หมายถึง ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ส่งผลให้เกิดความร้อนและมีความเหนียวพอที่จะยึดติดวัสดุผสมต่าง ๆ ให้ติดกันได้ ความร้อนดังกล่าวเรียกว่า ความร้อนไฮเดรชัน (Heat of Hydration) ปกติจะมีค่าความร้อน 85-100 แคลอรีต่อกรัม

ความร้อนนี้บางส่วนจะมีการระเหยออกจากเนื้อคอนกรีต โดยความร้อนส่วนใหญ่จะยังคงค้างอยู่ในเนื้อคอนกรีต เป็นสาเหตุให้คอนกรีตเสียความแข็งแรง เกิดการแตกร้าวได้ ดังนั้นการบ่มคอนกรีตซึ่งเป็นการป้องกันการสูญเสียน้ำของคอนกรีตจึงมีความสำคัญมากทีเดียว

อนึ่งปฏิกิริยาไฮเดรชันนี้จะหยุดการทําปฏิกิริยาเมื่อน้ำมีการระเหยออกจากวัสดุประสานหรือซีเมนต์เพสต์หมดแล้ว ซึ่งในสภาพความเป็นจริงแล้วแทบจะเป็นไปไม่ได้เลย เนื่องจากคอนกรีตเมื่อแห้งแล้วภายในเนื้อคอนกรีตซีเมนต์ยังคงทําปฏิกิริยากับน้ำต่อไป โดยอาศัยความชื้นจากสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น น้ำใต้ดิน ฝนตก เป็นต้น ดังนั้นปฏิกิริยาไฮเดรชันในคอนกรีตภายในสภาวะแวดล้อมธรรมดาทั่วไป จึงยังคงดำเนินการต่อไปเป็นเวลายาวนาน

2. **วัสดุผสม (Aggregates)** หมายถึง แร่ธาตุเฉื่อยไม่ทําปฏิกิริยาใด ๆ เมื่อได้รับความชื้น อาจได้จากธรรมชาติ เช่น ทราย หรือเป็นวัสดุที่มนุษย์ผลิตขึ้น เช่น ตะกรันจากเตาถลุงเหล็ก เพื่อใช้เป็นส่วนผสมส่วนใหญ่ในเนื้อคอนกรีต ซึ่งมีค่าประมาณ 75-80 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อคอนกรีต ช่วยลดต้นทุนในการผลิตคอนกรีตเนื่องจากราคาของวัสดุผสมมีค่าน้อยกว่าซีเมนต์เพสต์มาก

ประเภทของวัสดุผสม (Type of Aggregate) โดยทั่วไปแล้วเราจะแบ่งประเภทของวัสดุผสมตามขนาดของวัสดุผสมในการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานอเมริกาเบอร์ 4 เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1 วัสดุผสมละเอียด (Fine Aggregate) คือวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มิลลิเมตร สามารถลอดผ่านตะแกรงมาตรฐานอเมริกาเบอร์ 4 ได้ แต่อย่างไรก็ตามต้องมีขนาดไม่เล็กเกินกว่า 0.07 มิลลิเมตร เพราะถ้าเล็กกว่าจำนวนดังกล่าวถือว่าเป็นดินเหนียว (Clays) หรือฝุ่น (Silt) วัสดุผสมละเอียดนี้ได้แก่ ทราย (Sand) ซึ่งมีทั้งทรายน้ำจืดและทรายน้ำเค็ม

2. วัสดุผสมหยาบ (Coarse Aggregate) คือวัสดุที่มีขนาดใหญ่ตั้งแต่ 4.5 มิลลิเมตร ขึ้นไป นั่นคือไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงมาตรฐานอเมริกาเบอร์ 4 ได้ วัสดุผสมหยาบนี้ได้แก่ กรวด (Gravel) และหิน (Stone) ในที่นี้จะขอกล่าวถึงหินเท่านั้น

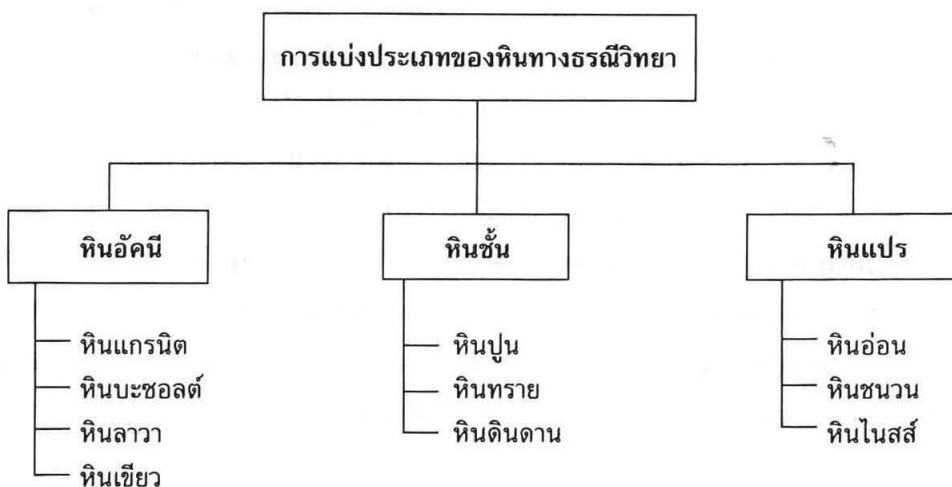
2.1 ประเภทของหิน (Type of Stone) โดยปกติการแบ่งประเภทของหินจะมีวิธีการแบ่งซึ่งได้รับความนิยม 2 แบบ ได้แก่

ก. การแบ่งประเภทของหินทางธรณีวิทยา โดยปกติจะแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังรูปที่ 2.2 ได้แก่

1 หินอัคนี (Igneoss Rocks) ซึ่งเกิดจากการแข็งตัวจากเหลวหรือกึ่งเหลว มีเนื้อแข็งแรงแรงเป็นก้อนเดียว โดยไม่ต้องอาศัยวัสดุประสานใด ๆ ตัวของหินประสานประเภทนี้ได้แก่ หินแกรนิต หินบะซอลต์ หินลาวา และหินเขี้ยว

2. หินชั้น (Sedimentary Rocks) ซึ่งเกิดจากการแข็งตัวของวัสดุที่ถูกพัดพามา และเกิดกระบวนการทับถม โดยได้รับอิทธิพลจากลม น้ำ และน้ำแข็ง เป็นต้น ตัวอย่างหินประเภทนี้ได้แก่ หินปูน หินทราย และหินดินดาน

3. หินแปร (Metamophic Rocks) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอย่างช้า ๆ ของหินอัคนีและหินชั้น โดยได้รับอิทธิพลจากความร้อน น้ำ ความดัน ตลอดจนอิทธิพลทางกายภาพอื่น ๆ ตัวอย่างของหินประเภทนี้ได้แก่ หินอ่อน หินชนวน หินไนส์



รูปที่ 2.2 แผนภาพการแบ่งประเภทของหินทางธรณีวิทยา

ข. การแบ่งประเภทของหินทางกายภาพ เป็นการแบ่งตามลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 2.3 ของหินขนาดใหญ่ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

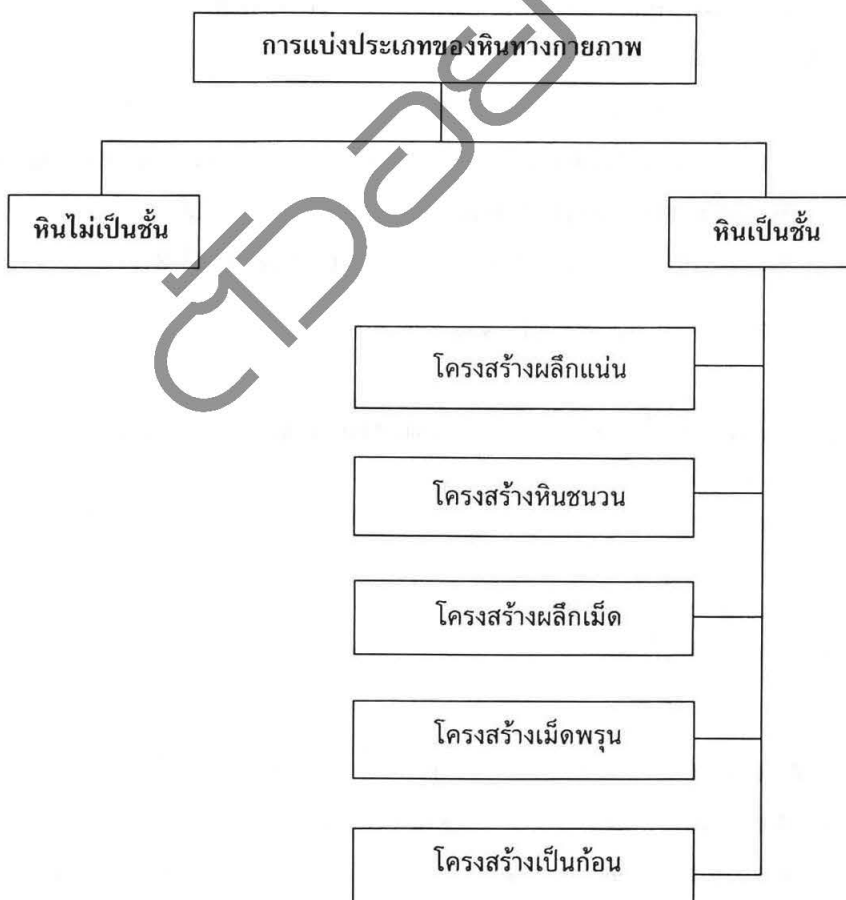
1 หินไม่เป็นชั้น (Unstratified Rocks) โครงสร้างของหินไม่เป็นชั้นนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะโครงสร้างวัสดุเม็ดและเม็ดผลึก (Crystalline Grains) ซึ่งจับตัวกันแน่น ตัวอย่างของหินประเภทนี้ได้แก่ หินแกรนิต หินบะซอลต์ หินลาวา หินดับ

2. หินเป็นชั้น (Stratified Rocks) การแบ่งประเภทของหินเป็นชั้นนี้ แบ่งตามลักษณะของโครงสร้างทางกายภาพ แยกย่อยได้อีก 5 ประเภท

- โครงสร้างแบบผลึกแน่น (Compact Crystalline Structure) ได้แก่ หินอ่อน
- โครงสร้างแบบหินชนวน (Slaty Structure) ได้แก่ หินดินดาน และหินชนวน
- โครงสร้างแบบผลึกเม็ด (Granular Crystalline Structure) ได้แก่ หินปูนน้ำเงิน
- โครงสร้างเม็ดพรุน (Poross Granular Structure) ได้แก่ หินที่มีลักษณะ

คล้ายเปลือกหอยประสานกัน

- โครงสร้างแบบรวมกันเป็นก้อน (Conglomerate Structure) ได้แก่ หินที่มีลักษณะฝังตัวรวมกันอยู่ในมวลของหินอีกก้อนหนึ่ง



รูปที่ 2.3 แผนภาพการแบ่งประเภทของหินทางกายภาพ

คุณสมบัติของวัสดุผสม (Properties of Aggregates) ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีความแข็งแรง (strength) สามารถรับกำลังแรงอัดได้ไม่น้อยกว่ากำลังที่ต้องการของคอนกรีต ซึ่งโดยปกติแล้ววัสดุผสมที่ไม่ถูกกระทำให้แปรตามดินฟ้าอากาศ สามารถรับกำลังแรงอัดได้สูงกว่าคอนกรีตอยู่แล้ว

2. มีความหนาทนทานต่อการสึกหรอ (Abrasion Resistance) อันเป็นตัวชี้วัดถึงคุณภาพของวัสดุผสมที่นำมาใช้ทำคอนกรีต สำหรับงานที่ต้องการคุณสมบัติของคอนกรีตในด้านที่ทนต่อการกระแทกและเสียดสี เช่น พื้น หรือถนน เป็นต้น

การทดสอบคุณสมบัติด้านความทนทานต่อการสึกหรอของวัสดุผสมหยาบ สามารถทำได้โดยวิธีทดสอบการสึกหรอลอสแอนเจลีส (Los Angeles Abrasion Test) เพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักของวัสดุผสมหยาบที่สูญเสียไปในการทดสอบ กับขีดกำหนดตามค่าที่ต้องการตามมาตรฐาน

3. มีรูปร่างและผิว (Particle Shape and Surface Texture) ที่เหมาะสม อันเป็นตัวควบคุมความสามารถในการเทได้ของคอนกรีต วัสดุผสมจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงลักษณะแบนเรียบเป็นแผ่นยาว (Flat and Elongate Particle) เนื่องจากลักษณะดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ปูนซีเมนต์เพื่อเป็นตัวประสานวัสดุมากกว่าปกติ อีกทั้งกำลังและแรงดัดเหนียวก็ลดลงไปเช่นกัน จำเป็นต้องใช้วัสดุผสมที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม มีแฉะมีคม เพื่อใช้ยึดเหนี่ยวซีเมนต์เฟสที่อื่นเป็นตัวประสานวัสดุผสม

4. มีความสะอาด (Cleanliness) เนื่องจากสารเจือปนต่าง ๆ เช่น เศษไม้ เปลือกหอยปน ถ่าน ผุ่น โคลน ฯลฯ ล้วนแต่เป็นเหตุให้คอนกรีตมีสมรรถภาพลดลง เพราะความทนทานและแรงยึดเหนี่ยวลดลง บางครั้งอาจทำให้คอนกรีตแตกร้าวเสียหายไปเสียก็ได้

ปริมาณสารเจือปนในวัสดุผสม สามารถกำหนดได้ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารเจือปนในวัสดุผสมที่ยอมให้เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก

ประเภทของสารเจือปน	วัสดุผสมละเอียด	วัสดุผสมหยาบ
ดินเหนียว (Clay)	1.00	0.25
ผุ่น (Silt)	5.00	1.00
วัสดุจำพวกถ่านหิน เปลือกหอย ฯลฯ	0.5-1.0	0.5-1.0
วัสดุจำพวกรากไม้ เศษไม้ ฯลฯ	0.25	5.00

การทดสอบเพื่อการศึกษาคุณสมบัติของหินนี้ โดยทั่วไปจะใช้การทดสอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ขนาดละเอียดโดยการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน (Gradation Test by Sieves Analysis) อาศัยชุดตะแกรงมาตรฐานแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Aggregate Shaker) โดยจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

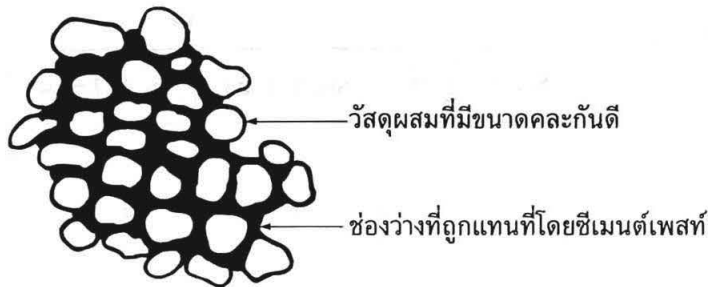
ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดส่วนขนาดการคละตัวของวัสดุผสม (ASTM C33)

ขนาดตะแกรง	ร้อยละผสมที่ตัวบนตะแกรง				
	ทราย	หิน			
		No. 4 - $\frac{3}{4}$ นิ้ว	No. 4-1 นิ้ว	No. 4-1 $\frac{1}{2}$ นิ้ว	No. 4-2 นิ้ว
2 นิ้ว			-	0	0 5
1 $\frac{1}{2}$ นิ้ว			0	0 5	
1 นิ้ว		0	0 - 5		30 65
$\frac{3}{4}$ นิ้ว		0 10		30 65	
$\frac{1}{2}$ นิ้ว			40 75		70 90
$\frac{3}{8}$ นิ้ว	0	45 80		70 90	

ตารางที่ 2.3 ข้อกำหนดส่วนขนาดการคละตัวของวัสดุผสมละเอียด (ASTM C33)

ขนาดตะแกรง	ร้อยละผสมที่ตัวบนตะแกรง				
	ทราย	หิน			
		No. 4 - $\frac{3}{4}$ นิ้ว	No. 4-1 นิ้ว	No. 4-1 $\frac{1}{2}$ นิ้ว	No. 4-2 นิ้ว
No. 4	0-50	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95 - 100
No. 8	0.20	95 100	95 100	-	-
No. 18	15.50	-	-	-	-
No. 30	40 - 75	-		-	-
No. 50	70 90				-
No. 100	90 98				

5. มีขนาดส่วนคละ (Gradation) ตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งต้องมีการไล่เรียงของขนาดของวัสดุผสม เนื่องจากจะช่วยให้การเรียงตัวของวัสดุผสมดีขึ้น แน่นขึ้น มีช่องว่างน้อยลง ทำให้ปริมาณซีเมนต์เฟสท์ลดลง และคอนกรีตมีราคาประหยัดมากขึ้น ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะการยัดเหนียวของวัสดุผสมในเนื้อคอนกรีต

3. น้ำ (Water) หมายถึง ส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้เป็นตัวทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันภายในเนื้อคอนกรีต

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องมีความสะอาดพอสมควร โดยปกติต้องมีความชื้นไม่เกิน 2,000 ส่วนในล้าน และต้องปราศจากกรดและด่าง รวมไปถึงสารปนเปื้อนอื่นอันมีผลกระทบต่อวัสดุผสมและปูนซีเมนต์ ซึ่งปริมาณของสารปนเปื้อนที่ยอมให้ของน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

นอกจากน้ำจะเป็นส่วนผสมของคอนกรีตแล้ว ยังมีส่วนสำคัญในการทำหน้าที่บ่มคอนกรีต เพื่อป้องกันคอนกรีตสูญเสียความชื้น อันจะส่งผลให้เกิดผลเสียต่อคุณสมบัติของคอนกรีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติความแข็งแรงของคอนกรีต

ในส่วนหน้าที่ของน้ำในการผสมคอนกรีต สามารถกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

1. ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ เพื่อก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ทำให้ปูนซีเมนต์กลายเป็นปูนซีเมนต์เฟสท์ เพื่อยึดเกาะวัสดุผสม

2. ทำให้วัสดุผสมเปียก เพื่อให้ปูนซีเมนต์จับกับผิวของวัสดุได้ตลอดพื้นผิว

3. ทำให้การผสมคอนกรีตมีความสะดวกขึ้น ทำให้การปฏิบัติงานในการหล่อคอนกรีตง่ายและเกิดประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2.4 ปริมาณของสารปนเปื้อนที่ยอมให้ของน้ำ

ประเภทของสารปนเปื้อน	ปริมาณที่ยอมให้ (ppm.)
เกลือของแร่เหล็ก	40,000
แมกนีเซียมซัลเฟต, แมกนีเซียมคลอไรด์	40,000
โซเดียมคลอไรด์	20,000
โซเดียมซัลเฟต	10,000
- โบคาร์บอนเนต, โซเดียมคาร์บอนเนต	1,000
แคลเซียมคาร์บอนเนต, แมกนีเซียมคาร์บอนเนต	400
น้ำทะเล	35,000
กรด	10,000
ฝุ่น, อนุภาคลอยตัว, สารแขวนลอย	2,000
น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	4,000
น้ำโสโครก	400
ตะไคร่น้ำ	1,000
- น้ำตาล	500
- น้ำมัน	2% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
- โซเดียมไฮดรอกไซด์	0.5-1% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์

หมายเหตุ ppm. หมายถึง ปริมาณส่วนต่อล้านส่วน

4. สารเคมีผสมเพิ่ม (Admixture) หมายถึง สารเคมีในส่วนของวัสดุประสานที่นอกเหนือไปจากน้ำและปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมรวมลงไปในการก่อคอนกรีต ไม่ว่าจะผสมหรือผสมเสร็จแล้ว เพื่อเพิ่มเติมคุณสมบัติพิเศษแก่คอนกรีตให้มีคุณภาพและถูกต้องตามข้อกำหนดพิเศษ (Specials Specification) ของงานก่อสร้าง เช่น เร่งการก่อตัว หน่วงการก่อตัว เพิ่มความร้อน เป็นต้น

ประเภทของสารเคมีผสมเพิ่ม โดยปกติจะแบ่งเป็น 5 ประเภท ดังต่อไปนี้

1 สารเคมีผสมเพิ่มเพื่อเร่งการก่อตัว (Accelerators) เป็นตัวทำปฏิกิริยากับคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีการก่อตัวและแข็งตัวเร็วกว่าปกติ ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดในช่วงแรกมีค่าสูงกว่าปกติ จึงใช้ในงานคอนกรีตที่ต้องการถอดแบบเร็ว และสามารถรับแรงอัดได้เร็ว เช่น การทำเสาเข็มเจาะเสาและพื้นคอนกรีตอัดแรง เป็นต้น

สารเคมีผสมเพิ่มเพื่อเร่งการก่อตัวที่นิยมใช้ ได้แก่

โซเดียมซิลิเกต

- แคลเซียมคลอไรด์

2. สารเคมีผสมเพิ่มเพื่อลดการก่อตัว (Retarders) เป็นตัวปฏิกิริยากับคอนกรีต ทำให้คอนกรีตก่อตัวและแข็งตัวช้ากว่าปกติ ประมาณ 1-2 ชั่วโมง มักพบในกรณีคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งต้องมีการบรรทุกจากโรงงานไปยังสถานที่ก่อสร้าง บางครั้งมีระยะทางไกลรวมถึงความขัดข้องทางการจราจร

อย่างไรก็ตาม คอนกรีตที่มีการผสมสารเคมีผสมเพิ่มเพื่อลดการก่อตัวนี้ มีผลทำให้กำลังคอนกรีตในช่วงแรก (1-3 วันแรก) ลดลงไปพอสมควร แต่จะมีกำลังสูงดังเดิมในระยะหลัง เนื่องจากสารเคมีผสมเพิ่มลดการก่อตัวจะทำให้ปฏิกิริยาทำให้มีการลดปริมาณน้ำลงประมาณ 5-15 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 วัน ค่ากำลังแรงอัดก็จะมีค่าคอนกรีตธรรมดาเช่นเดิม

สารเคมีผสมเพิ่มเพื่อลดการก่อตัวที่นิยมใช้ ได้แก่

แคลเซียมซัลเฟต

คาร์โบไฮเดรต

กรดเกลือลิทโมสโซลโฟนิค

กรดเกลือไฮดรอกซีเลตคาร์โบซิลิก

น้ำตาล

3. สารเคมีผสมเพิ่มเพื่อกักกระจายฟองอากาศ (Air-Entraining Admixture) เป็นตัวทำปฏิกิริยากับคอนกรีต ช่วยให้มีฟองอากาศขนาดเล็ก ๆ ซึ่งมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น กระจายปนอยู่ในเนื้อของคอนกรีตประมาณ 3-6 เปอร์เซ็นต์ โดยฟองอากาศเหล่านี้ไม่สามารถทะลุสัมผัสกันได้

การเกิดฟองอากาศดังกล่าว มีผลทำให้คอนกรีตเหลวมาก สามารถหล่อขึ้นรูปได้ง่าย แม้ว่าจะผสมน้ำน้อย และยังป้องกันน้ำในคอนกรีตแข็งตัวก่อนที่คอนกรีตจะเริ่มก่อตัว ซึ่งมักพบในประเทศตะวันตกที่มีสภาพภูมิอากาศหนาวเย็นมาก ๆ ทำให้น้ำในคอนกรีตจับตัวเป็นน้ำแข็ง และเกิดความเสียหาย

อย่างไรก็ตาม คอนกรีตที่มีการผสมสารเคมีผสมเพิ่มเพื่อกักกระจายฟองอากาศนี้ จะมีผลทำให้คอนกรีตมีกำลังต่ำลงไปพอสมควร และอีกประการหนึ่งที่สำคัญคือ ต้องระมัดระวังในการใช้เครื่องเขย่า หรือเครื่องจี้คอนกรีต ในกรณีเทลงในแบบหล่อคอนกรีต เนื่องจากการใช้เครื่องเขย่าอาจทำให้ฟองอากาศลดน้อยลงไปเกือบร้อยละ 50 ที่เดียว

สารเคมีผสมเพิ่มเพื่อกักกระจายฟองอากาศที่นิยมใช้ ได้แก่

- สารเคมีที่สกัดจากยางไม้

กรดที่สกัดจากยางไม้

โซลิตัว

น้ำมันพืชบางชนิด

4. สารเคมีผสมเพิ่มเพื่อลดปริมาณน้ำ (Water-Reducing Admixture) เป็นตัวทำปฏิกิริยากับคอนกรีต เพื่อลดปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีต

2.1.4 คุณสมบัติที่สำคัญของส่วนผสมคอนกรีต

ในการหาส่วนผสมของคอนกรีตธรรมดา (Normal Weight Concrete) ตามมาตรฐานจำเป็นมากที่จะต้องทราบคุณสมบัติต่าง ๆ ของส่วนผสมคอนกรีตเสียก่อน ดังนี้

1 ปูนซีเมนต์ ความถ่วงจำเพาะ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C188 (โดยทั่วไปทางบริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์ได้ทดสอบค่าไว้แล้วประมาณ 3.15)

2. วัสดุผสม

2.1 ขนาดคละ ตามมาตรฐาน ASTM C33

2.2 ความละเอียดของทราย ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C125

2.3 ความถ่วงจำเพาะ

ทราย ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C128

หิน ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C127

2.4 ความชื้น ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C70 และ C566

2.5 หน่วยน้ำหนักของหิน ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C29

สำหรับวิธีการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของส่วนผสมคอนกรีตนั้นจะได้กล่าวโดยละเอียดในวิชาปฏิบัติการทดสอบวัสดุ

2.1.5 ชนิดต่าง ๆ ของคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างสมัยใหม่

งานคอนกรีตได้วิวัฒนาการอยู่เสมอมาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน มีการคิดค้นงานคอนกรีตเพื่อความเหมาะสมในงาน และประเภทสำหรับงานก่อสร้างใหม่ ในปัจจุบันงานคอนกรีตชนิดต่าง ๆ ที่ผลิตขึ้นมีดังนี้

1. คอนกรีตกำลังอัดสูง (High Strength Concrete) คือคอนกรีตที่กำลังอัดประลัยรูปทรงลูกบาศก์ตั้งแต่ 400-500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในปัจจุบันเป็นที่นิยมในงานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ เพราะนอกจากจะมีกำลังอัดสูงเป็นพิเศษแล้ว คุณสมบัติในด้านอื่น ๆ ก็สูงตามไปด้วย เช่น แรงดึง แรงเฉือน และค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ส่วนผสมที่ใช้จะต้องมีการควบคุมคุณภาพของวัสดุพอสมควร เช่น การใช้ปูนซีเมนต์ จะต้องเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปริมาณไม่เกิน 550 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนทรายเป็นทรายสะอาดและหยาบมากกว่าปกติ โดยมีค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.) ระหว่าง 3.0-3.2 หินที่ใช้มีขนาดเล็กกว่าปกติ เพื่อลดการแตกร้าว (Microcrack) ไม่เกิน $\frac{3}{8}$ นิ้ว หรือ 10 มิลลิเมตร อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ประมาณ 0.30 ในการทำคอนกรีตกำลังสูงนั้นจะต้องใช้น้ำยาผสมคอนกรีตด้วยคือ น้ำยาลดน้ำ (Super Plasticizer) และยืดเวลาการแข็งตัว (ประเภท D) โดยน้ำยาลดน้ำใช้เพื่อลดน้ำในส่วนผสมลง 15-30 เปอร์เซ็นต์ อันจะเป็นผลทำให้ค่าการยุบตัวจะมีระดับที่สูงกว่า 15 เซนติเมตร นอกจากนี้จะต้องใช้สารไหลลื่น (Pulverized Fuel Ash) ปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ เพื่อให้คอนกรีตไหลเข้าแบบได้สะดวก และสารเพิ่มกำลังที่เรียกว่า ไมโครซิลิกา (Micro Silica) หรือซิลิกาฟุ้ง (Silica Fume) สารนี้จะเข้าไปอุดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตให้แน่นมากขึ้นจนคอนกรีตรับกำลังอัดสูงขึ้น

ประโยชน์ของการใช้คอนกรีตกำลังอัดสูง

1. ลดขนาดชิ้นส่วนโครงสร้างให้เล็กลง ทำให้เนื้อที่ใช้สอยมากขึ้น
2. ลดน้ำหนักโดยรวมของอาคาร
3. เพิ่มค่าความแข็งแรง (Stiffness) ทำให้การโก่งและการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง (Sway)

ลดน้อยลง

4. ช่วยให้คอนกรีตมีความทนทานสูงขึ้น อากาศและน้ำซึมผ่านได้น้อย
5. เหมาะกับงานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่และอาคารสูง

2. คอนกรีตปั๊ม (Pumping Concrete) คือคอนกรีตชนิดหนึ่งที่ผลิตขึ้นมาให้ใช้กับงานลำเลียงคอนกรีตให้เกิดความรวดเร็วและสะดวกขึ้นกว่าการใช้รถเข็น ลิฟท์ ทาวเวอร์เครน ซึ่งสามารถทำงานได้ทั้งแนวราบและแนวตั้ง หรือในที่ที่มีอุปสรรคทำงานยาก

คุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้ปั๊มคอนกรีตได้ มีดังนี้

1. ต้องมีสภาพเหลวที่เหมาะสม โดยตรวจสอบจากการยุบตัวของคอนกรีตควรมีค่าอยู่ระหว่าง 7.5-12.5 เซนติเมตร
2. ต้องมีความละเอียดเพียงพอ ความละเอียดในที่นี้หมายถึง ปูนซีเมนต์และทราย เพื่อให้คอนกรีตมีแรงต้านภายในเพียงพอ ไม่ก่อให้เกิดการแยกตัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดใหญ่สุดของหินด้วย ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงขนาดใหญ่สุดของหินเทียบกับปริมาตรส่วนละเอียด

ขนาดใหญ่สุดของหิน (มิลลิเมตร)	ปริมาตรส่วนละเอียด (ปูนซีเมนต์ + ทราย), ลิตร
20	400
25	380

3. ต้องผสมน้ำยาผสมคอนกรีต ได้แก่ น้ำยาประเภทลดน้ำและยืดเวลาการแข็งตัว

สรุป ส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในการปั๊มได้ จะต้องประกอบด้วย

- หินและทรายต้องมีขนาดคละกันดี ถูกต้องตามมาตรฐานกำหนด
- คอนกรีตต้องเหลวกว่าปกติ ค่าการยุบตัว 7.5-12.5 เซนติเมตร
- มีส่วนละเอียดของทรายและปูนซีเมนต์พอที่จะอุดช่องว่างได้ (ปริมาณปูนซีเมนต์

ไม่น้อยกว่า 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และควรมีอัตราส่วนซีเมนต์ . ทราย = 1 . 2

- ขนาดโตสุดของหินไม่เกิน $\frac{1}{5}$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อปั๊มคอนกรีต
- ต้องมีน้ำยาผสมคอนกรีตประเภทที่ลดน้ำและยืดเวลาการแข็งตัว

3. คอนกรีตเหลวมาก (Flow Concrete) คือคอนกรีตสูตรใหม่ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการใช้งานกับโครงสร้างที่มีเหล็กเสริมเป็นจำนวนมาก หรือโครงสร้างขนาดใหญ่ คอนกรีตชนิดนี้เหลวมาก ซึ่งจะมีค่าการยุบตัวมากกว่า 15 เซนติเมตรขึ้นไป ทำให้ไหลและแผ่กระจายแทรกไปอยู่ในแบบได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ คอนกรีตชนิดนี้จะยึดเกาะกันได้ดีไม่มีการแยกตัวของคอนกรีตเกิดขึ้น

ส่วนผสมคอนกรีตเหลวมาก ประกอบด้วย

1 ปริมาตรของหินต้องมีค่าไม่มากเกินไป หรือลดพื้นที่สัมผัสในขณะไหลผ่านช่องว่างระหว่างเหล็กเสริม

2. ปริมาตรของทรายต้องเทียบกับปริมาตรของมอร์ตาร์เพื่อความเหมาะสม เป็นการลดแรงเสียดทานและเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

3. อัตราส่วนน้ำต่อตัวยึดประสาน ควรมีค่าในระดับที่เหมาะสม

4. ต้องผสมวัสดุปอซโซลานเพิ่ม เพื่อเพิ่มปริมาณวัสดุเชื่อมประสานช่วยในการพัฒนากำลังอัดในระยะยาว เพิ่มความทนทาน และแก้ปัญหาการแตกร้าวจากความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน

5. น้ำยาผสมการไหลลื่น เป็นสารที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนรูปร่างให้กับเนื้อคอนกรีต

ประโยชน์ที่ได้จากคอนกรีตเหลวมาก

1. เพิ่มความรวดเร็วและสะดวกในการเท

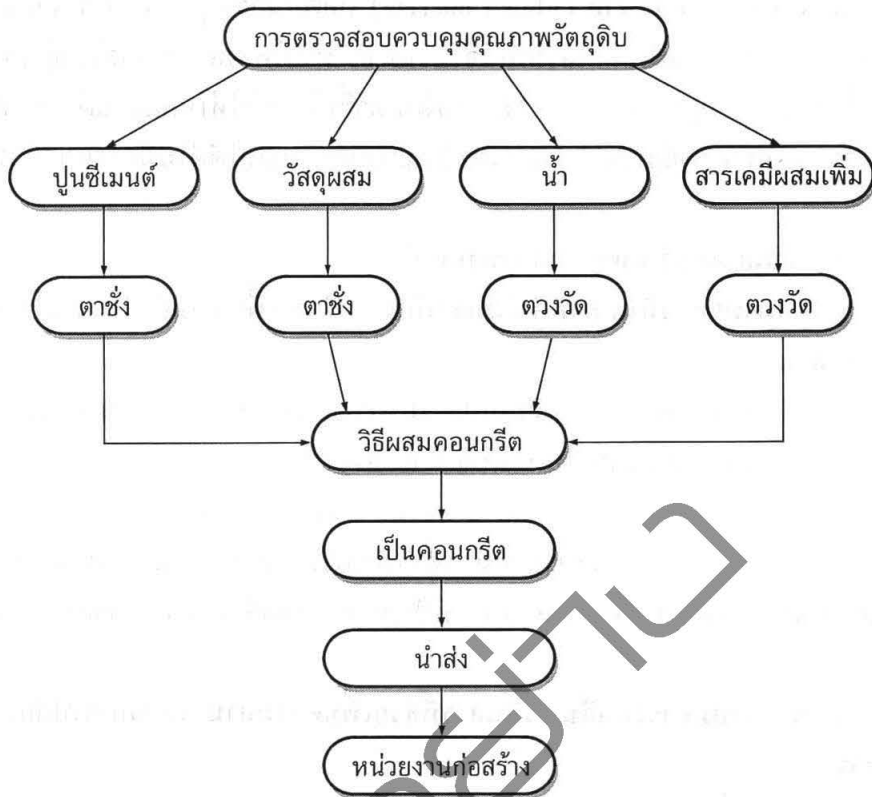
2. ประหยัดค่าแรงและอุปกรณ์จี้เขย่าในการเท

3. ลดความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาทางเทคนิค

4. มีคุณภาพเหนือกว่าคอนกรีตธรรมดา

4. คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mix) คือส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย หิน น้ำ และน้ำยาผสมที่ได้ผสมเรียบร้อยแล้วจากโรงงาน และนำส่งยังหน่วยงานก่อสร้างโดยรถผสมคอนกรีต

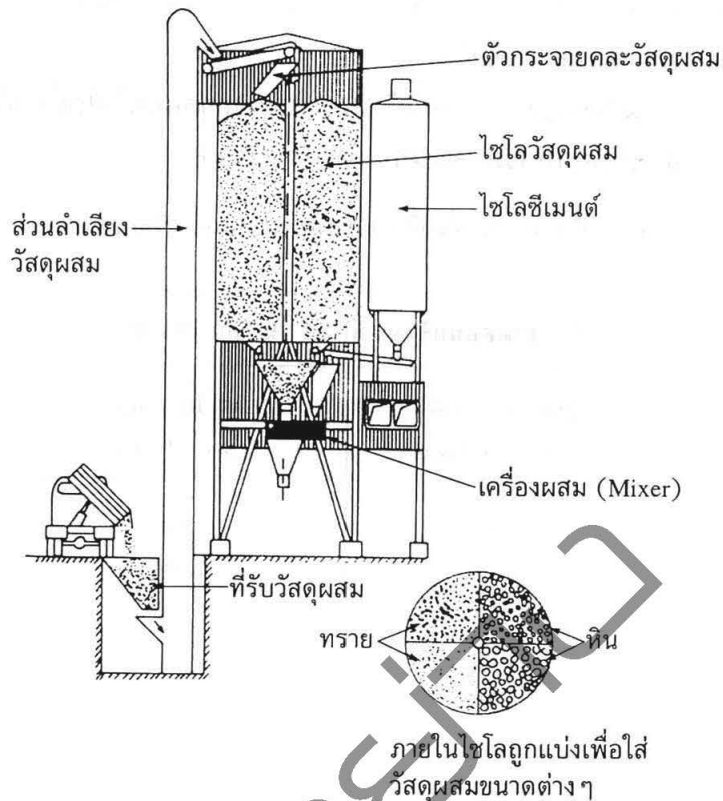
ขบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จเริ่มจากการลำเลียงหิน ทราย ปูนซีเมนต์ ผ่านเครื่องชั่งน้ำหนักที่ต้องการ จากนั้นตวงน้ำและน้ำยาใส่เข้าผสมกันในเครื่องผสม ซึ่งจะผสมตามเวลาที่กำหนดด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ และนำส่งคอนกรีตสู่รถผสมคอนกรีตเพื่อนำส่งไปยังหน่วยงานก่อสร้างต่อไป ดังรูปที่ 2.5



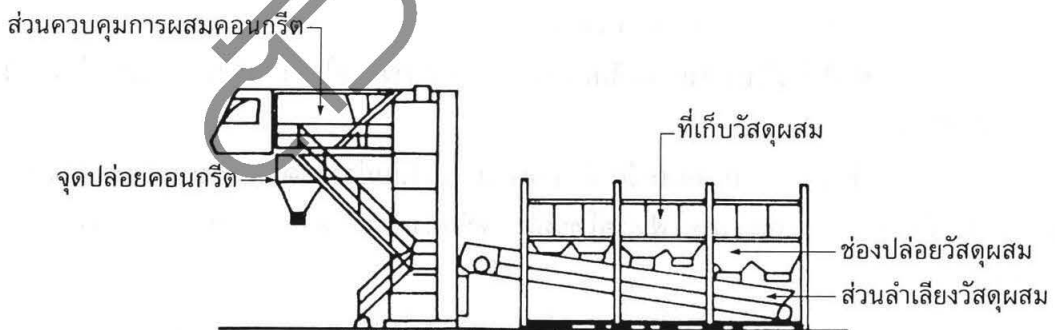
รูปที่ 2.5 ขบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

โรงงานผสมคอนกรีตผสมเสร็จ มี 2 ลักษณะคือ

1. โรงงานในแนวตั้ง (Vertical Production Plant) เป็นลักษณะแนวตั้ง ซึ่งวัตถุดิบจะถูกเก็บไว้ในไซโล และเมื่อนำมาใช้จะปล่อยลงในกระบะ แล้วส่งเครื่องผสมต่อไป ดังรูปที่ 2.6
2. โรงงานในแนวนราบ (Horizontal Production Plant) โรงงานจะวางที่กองเก็บวัตถุดิบในแนวนราบ เมื่อนำมาใช้จะต้องขนส่งตามสายพาน แล้วจึงนำไปเป็นเครื่องผสมต่อไป ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.6 โรงงานแนวตั้ง



รูปที่ 2.7 โรงงานในแนวราบ

รถผสมคอนกรีต มีอยู่ 2 ประเภทคือ

1. รถกวนคอนกรีต (Truck Agitator) คือรถผสมคอนกรีตที่ผลิตคอนกรีตเรียบร้อยแล้วจากโรงงานนำไปยังหน่วยงานก่อสร้าง โดยในระหว่างขนส่งไม่จะหมุนตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตแยกตัว

2. รถผสมคอนกรีต (Truck Mixer) คือรถผสมคอนกรีตที่ภายในมีใบผสมติดอยู่ด้วย และทำหน้าที่ผสมคอนกรีตเพื่อใช้งาน

ขนาดของรถผสมคอนกรีตที่ใช้กันทั่วไป จะสามารถจุคอนกรีตได้ตั้งแต่ 3-5 ลูกบาศก์เมตร กำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบคอนกรีตผสมเสร็จ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 กำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบคอนกรีตผสมเสร็จ

กำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)	
รูปทรงลูกบาศก์ 15 × 15 × 15 ซม.	รูปทรงกระบอก 15 × 30 ซม.
180	140
210	180
240	210
280	240
320	280
350	300
380	320
400	350

ข้อแนะนำในการใช้คอนกรีตผสมเสร็จ

- 1 เพื่อให้ได้รับคอนกรีตที่สดเสมอ ระยะทางจากโรงงานถึงหน่วยงานก่อสร้างไม่ควรเกิน 15 กิโลเมตร
- 2 เพื่อให้รถผสมคอนกรีตเข้าถึงหน่วยงานได้อย่างสะดวก ถนนเข้าหน่วยงานก่อสร้างต้องกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตร สายไฟ สายโทรศัพท์ หรือสิ่งกีดขวางอื่น ๆ ควรอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 4 เมตร
- 3 หากรถผสมคอนกรีตเข้าถึงบริเวณที่จะเทไม่ได้ ควรจัดกระเบขนาดบรรจุ 0.5 1.0 ลูกบาศก์เมตร ไว้รองรับคอนกรีต
- 4 เพื่อให้การเทคอนกรีตทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง หน่วยงานควรสั่งคอนกรีตในปริมาณที่เหมาะสมกับวิธีการทำงาน ดังค่าแสดงในตารางที่ 2.7
- 5 เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพ ควรใช้คอนกรีตให้หมดภายใน 1 ชั่วโมง หลังจากรถผสมคอนกรีตถึงหน่วยงาน
- 6 เพื่อความสะดวกในการจัดส่งคอนกรีต ควรเขียนแผนที่แสดงตำแหน่งหน่วยงานก่อสร้างอย่างละเอียด ส่งให้โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จก่อนเริ่มการใช้งาน

ตารางที่ 2.7 การเทคอนกรีตให้มีประสิทธิภาพสูง

วิธีเทคอนกรีต	อัตราการเทคอนกรีตที่เหมาะสม
ใช้ลิฟท์	10 ลบ.ม./ชม.
ใช้เครน	15 ลบ.ม./ชม.
ใช้คอนกรีตปั๊ม	40 ลบ.ม./ชม.

2.2 ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

2.2.1 ส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธีทดลองผสม

ข้อมูลที่ต้องทราบ กำลังของคอนกรีตที่ต้องการ และสภาพแวดล้อมของโครงสร้างคอนกรีต

วัสดุอุปกรณ์ ตัวอย่างปูนซีเมนต์ หิน ทราย (ที่สภาพอมน้ำผิวแห้ง) เกรียง ถาดผสมคอนกรีต และตาชั่ง

วิธีทำ

1. เลือกอัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์ตามกำลังหรือสภาพแวดล้อมของคอนกรีต (จากตารางที่ 2.11 และ 2.12) โดยเอาค่าที่น้อยกว่ามาใช้

2. นำเอาปูนซีเมนต์และน้ำผสมกันตามอัตราส่วน โดยให้มีปริมาณพอกับการทดสอบ (ปูนซีเมนต์ประมาณ 2-3 กิโลกรัม)

3. นำเอาทรายและหินค่อย ๆ ใส่ลงผสมให้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จะเห็นว่าคอนกรีตมีความชื้นขึ้นเกือบเท่าที่ต้องการ ให้สังเกตว่าควรจะมีเพิ่มหินหรือทราย ปริมาณทรายที่พอเหมาะคือ ปริมาณทรายที่น้อยที่สุด ซึ่งทำให้มีมอร์ตาร์แทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างหินพอดี ๆ หรือเกินมานิดหน่อยเพื่อให้ง่ายต่อการแต่งผิว วิธีสังเกตก็ต้องอาศัยความชำนาญบ้างเล็กน้อยจึงจะทราบว่าคอนกรีตมีความชื้นเหลวพอเหมาะหรือไม่ ควรจะมีเพิ่มหินหรือทรายเพื่อให้ได้คอนกรีตที่ดี ใช้เกรียงคลุกผสมคอนกรีตตอนนี้ก็จะทราบความชื้นเหลวพอดีหรือยัง เสร็จแล้วใช้เกรียงปาดหน้าแบบแต่งผิวคอนกรีตให้เรียบ ถ้าคอนกรีตมีหินมากก็จะมีหินอยู่บนผิวเต็มไปหมด แต่งผิวไม่ได้ ถ้ามีทรายมากก็จะสังเกตได้ว่าที่ผิวมีมอร์ตาร์ลอยอยู่ข้างบนเป็นชั้น สามารถใช้เกรียงปาดเอามอร์ตาร์ออกมาได้ คอนกรีตที่มีหินและทรายพอเหมาะก็คือ คอนกรีตที่สามารถแต่งผิวคอนกรีตได้เรียบ แต่ไม่สามารถใช้เกรียงปาดเอามอร์ตาร์ออกได้ โดยทั่ว ๆ ไปคอนกรีตที่มีหินมากจะทำให้ผิวหยาบตกร่องแตงยาก แต่ถ้ามีทรายมากจะทำให้ได้ปริมาณคอนกรีตน้อย ไม่ประหยัด

หลังจากได้คอนกรีตที่มีอัตราส่วนพอเหมาะแล้วก็หาน้ำหนักของส่วนผสม สำหรับ น้ำหนักของปูนซีเมนต์และน้ำเราทราบแล้ว ส่วนหินและทรายนั้นเราต้องทราบน้ำหนักของตัวอย่าง ทั้งหมดก่อนเริ่มทำการผสม เมื่อหักออกด้วยน้ำหนักของส่วนที่เหลือก็จะได้ปริมาณทรายและหิน ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตนี้

4. เลือกอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) ตามค่ากำลังที่ต้องการ (จากตารางที่ 2.11) และตามสภาพแวดล้อมของโครงสร้าง (ความคงทน) จากตารางที่ 2.12 แล้วนำเอาค่าที่น้อยกว่า มาใช้ ค่ากำลังที่ใช้ในการเลือกอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์นี้จะต้องเป็นค่าที่สูงกว่าค่ากำลังต้านแรงอัดสูงสุดของคอนกรีตที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างอย่างเพียงพอ และเพื่อความผันแปรของกำลัง เนื่องจากกรรมวิธีการผลิต ถ้าหากวิธีการผลิตคอนกรีตมีความผิดพลาดได้สูง ความผันแปรในกำลังของคอนกรีตก็ต้องสูง ดังนั้นกำลังของคอนกรีตที่จะนำมาใช้ในการหาอัตราส่วนผสมคอนกรีตก็ต้อง สูงกว่ากำลังที่ใช้ออกแบบมาก ในบ้านเราการควบคุมการผลิตคอนกรีตจะมีตั้งแต่ดีมาก คือมีการ ควบคุมคุณสมบัติของส่วนผสม น้ำหนักส่วนผสม วิธีการผสม ตลอดจนถึงการขน เท เขย่า และบ่ม จนถึงขั้นสุดท้ายก็คือใช้พลั่วอันเดียวทำทุกอย่าง ตั้งแต่ตวงส่วนผสม เขย่า และไม่มีการบ่ม

5. โดยทั่ว ๆ ไปในการผลิตคอนกรีตที่มีการควบคุมดี กำลังที่นำมาหาส่วนผสมคอนกรีต จะสูงกว่าที่ใช้ออกแบบในโครงสร้างประมาณ 15-25 เปอร์เซ็นต์ คำนวณหาปริมาณปูนซีเมนต์จาก ปริมาณน้ำที่ได้จากข้อ 3. และ W/C ที่ได้จากข้อ 4.

6. หาปริมาตรของมวลรวมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีตจากตารางที่ 2.13

7. คำนวณหาปริมาตรของทรายซึ่งจะเป็นปริมาตรที่เหลือจากปริมาณของส่วนผสมอื่น ๆ รวมกันในหนึ่งหน่วยปริมาตร

8. ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้นของมวลรวม

2.2.2 ส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธี ACI

วิธีที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นวิธีการซึ่งเผยแพร่โดยสถาบันคอนกรีตของอเมริกา (ACI 211.1- 77)

ข้อมูลที่ต้องทราบ กำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ขนาดและลักษณะขององค์อาคาร สภาพแวดล้อมของโครงสร้าง ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่จะใช้ ความถ่วงจำเพาะของหินและ ทราย และค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย

คอนกรีตสำหรับโครงสร้างประเภทต่าง ๆ ที่ใช้เครื่องเขย่าประสิทธิภาพสูง (High Frequency Vibrator) อัดคอนกรีตในการก่อสร้าง ควรกำหนดค่าส่วนยุบให้อยู่ในช่วงต่อไปนี้

ตารางที่ 2.8 ค่าความยุบตัว (Slump) ของคอนกรีตตามลักษณะงาน

ประเภทการก่อสร้าง	ส่วนยุบ (มม.)	
	สูงสุด	ต่ำสุด
1. ฐานรากและผนังฐานคอนกรีตเสริม	75	25
2. ฐานราก เคชอง และผนังใต้ดิน คอนกรีตไม่เสริมเหล็ก	75	25
3. คาน และผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก	100	25
4. เสาอาคาร	100	25
5. แผ่นพื้น แผ่นพื้นสนาม แผ่นพื้นถนน	75	50
6. สิ่งก่อสร้างขนาด (รูปตัด) ใหญ่	50	25

หมายเหตุ ถ้าในการก่อสร้างไม่มีเครื่องเขย่าอัดคอนกรีต ค่าส่วนยุบอาจเพิ่มขึ้นได้ 25 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.9 ขนาดใหญ่สุดของหินสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ

ขนาดความหนา ของโครงสร้าง (ซม.)	ขนาดใหญ่สุดของหิน							
	คานผนังและเสา		ผนังคอนกรีต ไม่เสริมเหล็ก		พื้นถนน คสล. รับน้ำหนักมาก		พื้นคอนกรีต รับน้ำหนักน้อย	
	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.
5.0 - 15.0	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	12.5	20	$\frac{3}{4}$	1	$\frac{3}{4}$	1
15.0 - 30.0	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	20	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
30.0 - 60.0	$1\frac{1}{2}$	3	3	75	$1\frac{1}{2}$	3	3	6
มากกว่า 60.0	$1\frac{1}{2}$	3	6	150	1	3	3	6

ตารางที่ 2.10 ปริมาณน้ำที่ต้องการและปริมาตรอากาศสำหรับค่าความยวบตัวและหินขนาดต่าง ๆ

ความยวบตัว (มม.)	ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 ม. ³ สำหรับหินขนาดต่าง ๆ							
	$\frac{3"}{8}$	$\frac{1"}{2}$	3"	1"	$1\frac{1"}{2}$	2"	3"	6"
คอนกรีตที่ไม่มีสารกระจายกักฟองอากาศ								
25-50	208	199	187	178	163	154	142	125
75-100	228	217	202	193	178	169	157	136
150-175	243	228	214	202	187	178	169	
ปริมาณฟองอากาศ (%) โดยปริมาตร	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.
คอนกรีตที่มีสารกระจายกักฟองอากาศ								
25-50	181	175	166	160	148	142	133	118
75-100	202	193	181	175	163	157	148	131
150-175	217	205	193	184	172	166	160	
ปริมาณฟองอากาศที่ ควรมี (%)								
ตามสภาพแวดล้อม								
ไม่รุนแรง	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
ปานกลาง	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
รุนแรงมาก	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

หมายเหตุ ปริมาณน้ำที่แสดงไว้นี้เป็นค่าประมาณเพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณปูนซีเมนต์สำหรับการลองผสม และเป็นปริมาณน้ำที่มากที่สุดสำหรับมวลรวมที่มีรูปร่างและสัดส่วนขนาดคละดี

ตารางที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ (W/C) กับกำลังต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีต

กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน (กก/ซม. ²)	อัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก	
	ไม่กักกระจายฟองอากาศ	กักกระจายฟองอากาศ
450	0.38	
400	0.43	
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

ตารางที่ 2.12 อัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์สูงสุดที่ยอมให้ใช้สำหรับคอนกรีตในสภาพแวดล้อมที่รุนแรง

ชนิดของโครงสร้าง	โครงสร้างที่เปียกชื้นตลอด เวลา	โครงสร้างที่สัมผัสกับน้ำทะเล หรือซัลเฟต
องค์อาคารบาง ๆ หรือองค์ อาคารที่มีระยะหุ้มเหล็ก น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร	0.45	0.40*
- โครงสร้างอื่น ๆ	0.50	0.45*

* ถ้าใช้ปูนซีเมนต์ชนิดต้านซัลเฟต (II และ V) อัตราส่วนนี้อาจเพิ่มขึ้นได้อีก 0.05

ตารางที่ 2.13 ปริมาณของมวลรวมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต

ขนาดใหญ่สุดของหิน (นิ้ว)	ปริมาตรของมวลรวมแห้งกระทุ้งแน่นต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต สำหรับทรายที่มีค่าโมดูลัสความละเอียดต่าง ๆ			
	2.40	2.60	2.80	3.00
$\frac{3}{8}$	0.50	0.48	0.46	0.44
$\frac{1}{2}$	0.59	0.57	0.55	0.53

ตารางที่ 2.13 (ต่อ)

ขนาดใหญ่สุดของหิน (นิ้ว)	ปริมาตรของมวลรวมแห้งกระทุ้งแน่นต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต สำหรับทรายที่มีค่าโมดูลัสความละเอียดต่าง ๆ			
	2.40	2.60	2.80	3.00
$\frac{3}{4}$	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
$1\frac{1}{2}$	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

หมายเหตุ ปริมาตรมวลรวมหยาบนี้เหมาะสำหรับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่ว ๆ ไป สำหรับแผ่นพื้นถนนหรือโครงสร้างอื่น ๆ ที่ต้องการคอนกรีตที่ชั้นชั้น ก็อาจเพิ่ม ปริมาตรของมวลรวมหยาบขึ้นได้อีก 10 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างการคำนวณ มีข้อกำหนดดังนี้

1. ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มี ถ.พ. = 3.15
2. ไม่กักกระจายฟองอากาศ
3. มวลรวมมีสัดส่วนขนาดละเอียดตาม ASTM C33
4. ถ.พ. รวม (Bulk Specific Gravity) ของมวลรวมหยาบ = 2.68 และความสามารถดูดกลืนน้ำ (Absorption Capacity) 0.5 เปอร์เซ็นต์ และในปริมาตรจริงมีปริมาณความชื้นสุทธิ (Total moisture Content) 2 เปอร์เซ็นต์
5. ถ พ. รวมของมวลรวมละเอียด 2.64 และมีความสามารถดูดกลืนน้ำ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพจริงมีความชื้นสุทธิ 6 เปอร์เซ็นต์ โมดูลัสความละเอียด = 2.8
6. โครงสร้างอยู่ใต้ดินไม่อยู่ในสภาพแวดล้อมรุนแรงหรือสัมผัสกับซัลเฟต
7. กำลังประลัยเฉลี่ยของคอนกรีตอายุที่ 28 วัน มีค่า 250 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (เป็นกำลังที่จะออกแบบส่วนผสมซึ่งเพื่อความผันแปรแล้ว)
8. ค่ายุบตัว 75 - 100 มิลลิเมตร
9. ขนาดของหินที่ใช้เบอร์ $4 - 1\frac{1}{2}$ นิ้ว
10. หน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบกระทุ้งแน่น 1,630 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ขั้นตอนการคำนวณ

1. ค่าการยุบตัวของคอนกรีต 75 100 มิลลิเมตร
2. ขนาดของหินใช้เบอร์ $4-1\frac{1}{2}$ นิ้ว
3. จากค่าการยุบตัวของคอนกรีตและขนาดใหญ่สุดของหิน ($1\frac{1}{2}$ นิ้ว) และจากตารางที่ 2.10 จะได้

ปริมาตรน้ำ = 178 ลิตรต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรอากาศ = 1 เปอร์เซ็นต์

4. จากกำลังที่ต้องการ (250 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สภาพแวดล้อมไม่รุนแรง และคอนกรีตไม่กักกระจายฟองอากาศ)

อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) = 0.62 (ตารางที่ 2.11)

5. หาปริมาณปูนซีเมนต์ได้

$$\frac{178}{C} = 0.62$$

$$C = 287 \text{ กิโลกรัมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร}$$

6. หาปริมาตรของมวลรวมหยาบจากตารางที่ 2.13

โดยขนาดใหญ่สุดของหิน = $1\frac{1}{2}$ นิ้ว

โมดูลัสความละเอียดของทราย = 2.8

ปริมาตรของมวลรวมหยาบ = 0.71 เมตรต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

น้ำหนักมวลรวมหยาบ = $0.71 \times 1,630$

= 1,157 กิโลกรัมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

7. หาปริมาณของทราย

ปริมาตรเนื้อแท้ของส่วนผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

$$\text{น้ำ} = \frac{178}{1,000} = 0.178 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{ปูนซีเมนต์} = \frac{287}{3.15 \times 1,000} = 0.091 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{มวลรวมหยาบแห้ง} = \frac{1,157}{2.68 \times 1,000} = 0.423 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{อากาศ} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{ปริมาตรของทรายแห้ง} = 1 - 0.711 = 0.289 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{น้ำหนักของทรายแห้ง} = 0.289 \times 2.64 \times 1,000$$

$$= 763 \text{ กิโลกรัม}$$

8. ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้นของมวลรวม

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักรวมหยาบในสภาพจริง} &= 1,157 \times 1.02 \\ &= 1,180 \text{ กิโลกรัม}\end{aligned}$$

$$\text{น้ำหนักมวลรวมละเอียดในสภาพจริง} = 763 \times 1.60 = 809 \text{ กิโลกรัม}$$

มวลรวมทั้งสองชนิดในสภาพจริงจะมีน้ำที่ผิว (เพราะเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุทธิสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถดูดกลืนน้ำ) ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตเป็นจำนวน

$$2 \quad 0.5 = 1.5 \text{ เปอร์เซ็นต์ สำหรับมวลหยาบ}$$

$$6 \quad 0.7 = 5.3 \text{ เปอร์เซ็นต์ สำหรับมวลรวมละเอียด}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้จริง} &= 178 + 1,157 \times 0.011 - 763 \times 0.053 \\ &= 120 \text{ กิโลกรัม}\end{aligned}$$

สรุป น้ำหนักของส่วนผสมใน 1 ลูกบาศก์เมตร (ตามสภาพจริง)

ปูนซีเมนต์	287	กิโลกรัม
น้ำ	120	กิโลกรัม
มวลรวมหยาบ	1,180	กิโลกรัม
มวลรวมละเอียด	809	กิโลกรัม
รวมน้ำหนักทั้งหมด	<u>2,396</u>	กิโลกรัม

2.3 คุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีต

2.3.1 กำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)

กำลังต้านทานแรงอัด ถือว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต เนื่องจากคุณสมบัติส่วนนี้เป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบถึงคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ของคอนกรีตได้เป็นอย่างดี เพราะกำลังต้านทานแรงอัดจะมีค่าเป็นสัดส่วนของค่ากำลังต้านทานอื่น ๆ ของคอนกรีต ไม่ว่าจะเป็นกำลังต้านทานแรงดึง กำลังต้านทานแรงอัด และกำลังต้านทานแรงเฉือน

จากเหตุผลข้างต้นจึงเป็นคำอธิบายได้ว่า ทำไมคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งเป็นโครงสร้างที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน จึงอาศัยเหล็กเสริมมารับแรงดึงและใช้คอนกรีตรับแรงอัด

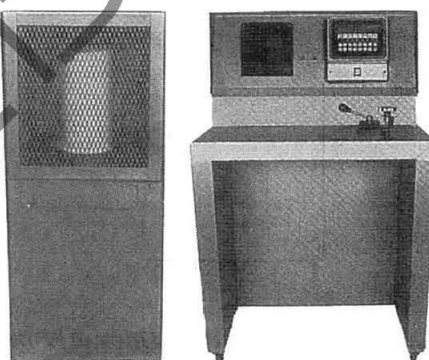
ปกติกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water per Cement W/C) เป็นสำคัญ ดังจะแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) ในตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต ณ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ค่าต่าง ๆ

กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต (กก./ตร.ซม.)	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C)
150	0.70-0.80
200	0.60-0.70
250	0.50-0.60
300	0.45-0.55
350	0.40-0.48
400	0.43
450	0.38

หมายเหตุ ค่าที่ได้เป็นค่าจากการทดสอบแท่งคอนกรีตตัวอย่าง หล่อโมลด์มาตรฐานรูปทรง
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 12 นิ้ว เมื่ออายุ 28 วัน

การทดสอบค่ากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตนี้ นิยมทำการกดอัดแท่งทดสอบ
มาตรฐาน ซึ่งอาจเป็นรูปทรงกระบอกหรือรูปลูกบาศก์ก็ได้ โดยแท่งทดสอบมาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับ
การบ่มชื้น และมีอายุต่อข้อกำหนดของการทดสอบ ทำการกดอัดโดยใช้เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล
(Universal Testing Machine) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล

ตัวอย่าง

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
28, 30, 32 ซอยรังสิต-ปทุมธานี 16 ซอย 7
ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทรศัพท์ 0-2958-1125, 0-2958-1127 www.skybook.co.th
e-mail: sales@skybook.co.th, saleskybook@gmail.com

e-book

หมวดงานอาชีพ
การทดสอบวัสดุ

ISBN : 978-616-596-237-7



9 786165 962377

ราคา 300 บาท