

บทที่ 1

คอนกรีตวัสดุสำหรับโครงสร้าง

1.1 คอนกรีตคืออะไร

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน เพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่าง ๆ คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน อันได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ผสมกับวัสดุผสมอันได้แก่ ทราย หินหรือกรวด เมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง พอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็ง มีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 1.1 การใช้ lime มอร์ต้า สร้างปิรามิดตั้งแต่ 2500 ปีก่อนพุทธกาล

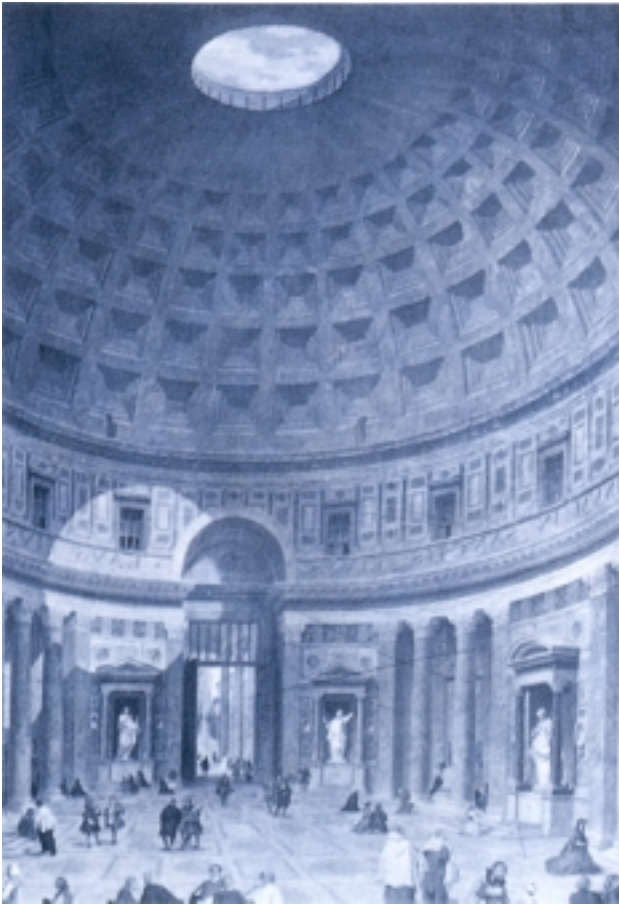
1.2 ประวัติ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันมาเป็นเวลาช้านาน จากหลักฐานพบว่ามีการใช้คอนกรีตทำพื้นกระท่อมของชาวประมง และพวกล่าสัตว์สมัยยุคหิน บริเวณริมฝั่งแม่น้ำดานูบ ตั้งแต่ 7,600 ปี ที่ผ่านมา หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาคอนกรีตอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.2 โคลีเซียมในประเทศอิตาลี

| ปี | เหตุการณ์ |
|------------------|---|
| 5100 ก่อนพุทธกาล | - ใช้คอนกรีตเทพื้นกระท่อม บริเวณริมแม่น้ำดานูบ |
| 2500 ก่อนพุทธกาล | - ได้มีการพัฒนา lime มอร์ต้า สำหรับก่อสร้างปิรามิดในประเทศอียิปต์ |
| 2000 ก่อนพุทธกาล | - มีการใช้คอนกรีตบางประเภทในประเทศแถบอเมริกาใต้ |
| 500 ก่อนพุทธกาล | - ชาวกรีกได้พัฒนาคอนกรีตขึ้นและพวกโรมันได้พัฒนาคอนกรีตต่อไป จนได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดี สำหรับการก่อสร้างต่าง ๆ เช่น โคลีเซียม และห้องโถงขนาดใหญ่ (Dome of the Pantheon) ในประเทศอิตาลี เป็นต้น |
| ถึงปี พ.ศ. 1000 | - สิ้นสุดยุคโรมัน ก็สิ้นสุดการใช้คอนกรีตเช่นกัน |
| หลังปี พ.ศ. 1000 | - John Smeaton ได้ใช้หินปูนผสมกับดินเหนียว แล้วนำมาเผา จากนั้นนำวัสดุที่ได้นี้ไปใช้ในงานก่อสร้าง ปรภาคาร บริเวณช่องแคบอังกฤษ |
| พ.ศ. 2299 | |



รูปที่ 1.3 Dome of the Pantheon



รูปที่ 1.4 ประภาคารของ Smeaton

| ปี | เหตุการณ์ |
|-----------|--|
| พ.ศ. 2367 | <ul style="list-style-type: none"> - การค้นพบของ Smeaton นี้ ทำให้เกิดการพัฒนายของปูนซีเมนต์ และคอนกรีตอย่างรวดเร็ว - Joseph Aspdin ชาวอังกฤษได้ขอจดลิขสิทธิ์ขบวนการผลิตปูนซีเมนต์ โดยให้ความร้อนแก่หินปูนดินเหนียวและนำมาบดให้ละเอียด - ปูนซีเมนต์ที่ได้ชื่อว่า ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland Cement) เพราะมีสีเหมือนหินบนเกาะปอร์ตแลนด์ ในประเทศอังกฤษ - Joseph Aspdin ได้จัดตั้งหม้อเผาปูนซีเมนต์ที่ Wakefield และซีเมนต์ที่ผลิตถูกนำมาใช้ในโครงการอุโมงค์ลอดแม่น้ำเทมส์ ในปี พ.ศ. 2371 |
| พ.ศ. 2378 | <ul style="list-style-type: none"> - Aspdin ได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สมัยใหม่ - บ้านคอนกรีตหลังแรกของโลกได้ถูกสร้างขึ้นในเมือง Kent ประเทศอังกฤษ ลักษณะเป็นบ้าน 2 ชั้น |
| พ.ศ. 2397 | <ul style="list-style-type: none"> - William Wilkinson ช่างก่อสร้างชาวเมือง Newcastle ได้จดลิขสิทธิ์ระบบคอนกรีตเสริมเหล็ก |



รูปที่ 1.5 ลักษณะหม้อเผาปูนในสมัยต้น ๆ



รูปที่ 1.6 อุโมงค์คอนกรีตลอดแม่น้ำเทมส์

| ปี | เหตุการณ์ |
|-------------------|--|
| พ.ศ. 2398 | - Jean Loius Lambot ได้สร้างเรือคอนกรีต (Ferro Cement) ลำแรกของโลก โดยใช้คอนกรีตหุ้มบนเหล็กเสริมที่ขึ้นรูปไว้ |
| พ.ศ. 2410 | - Joseph Monier วิศวกรชาวฝรั่งเศสได้ทำท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก |
| พ.ศ. 2423 | - ได้ค้นพบวิธีเผาซีเมนต์โดย Rotary Kiln |
| พ.ศ. 2456 | - ได้มีการจัดตั้งโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จแห่งแรก |
| พ.ศ. 2460 | - D. Abrahms ได้พบว่ากำลังอัดของคอนกรีตขึ้นกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ หรือ "W/C Ratio Law" |
| พ.ศ. 2463-2493 | - พัฒนาข้อกำหนดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต่าง ๆ เช่น ปูนซีเมนต์แข็งตัวเร็ว, ปูนซีเมนต์ทนซัลเฟต, ปูนซีเมนต์ลดความร้อน และปูนซีเมนต์ผสม เป็นต้น |
| พ.ศ. 2468 | - ได้พบวิธีการอัดคอนกรีตให้แน่นด้วยเครื่องจี้เขย่า (Vibrator) และมีการใช้คอนกรีตกับงานก่อสร้างทุกประเภท |
| พ.ศ. 2471 | - ค้นพบการใช้คอนกรีตเบา (Lightweight Concrete) |
| พ.ศ. 2473 | - Eugene Freysinnet ได้ค้นพบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete) |
| พ.ศ. 2481 | - ได้ค้นพบ Air Entraining Admixture ซึ่งเหมาะสำหรับคอนกรีต ในที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ |
| ตั้งแต่ พ.ศ. 2488 | - ขยายการใช้คอนกรีตสำเร็จรูปมากยิ่งขึ้น |
| ตั้งแต่ พ.ศ. 2496 | - มีการใช้น้ำยาผสมคอนกรีต |
| ตั้งแต่ พ.ศ. 2503 | - เริ่มใช้คอนกรีตปัม |
| ตั้งแต่ พ.ศ. 2525 | - ได้เกิดปัญหาเรื่องความทนทานของคอนกรีต และเริ่มมีการศึกษาในเรื่องนี้จริงจัง |

1.3 คอนกรีตกับเหล็กรูปพรรณ

คอนกรีตและเหล็กรูปพรรณเป็นวัสดุพื้นฐานที่ใช้สำหรับงานโครงสร้าง วัสดุทั้ง 2 ชนิดบางครั้งจะใช้รวมกัน แต่บางครั้งวัสดุทั้ง 2 ก็กลายเป็นวัสดุคู่แข่งซึ่งกันและกัน เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถทดแทนกันได้ แต่วัสดุทั้ง 2 มีข้อแตกต่างกันที่สำคัญคือ การผลิตเหล็กรูปพรรณทำในโรงงานที่มีการควบคุมอย่างใกล้ชิด คุณสมบัติต่าง ๆ จะถูกตรวจสอบอย่างละเอียดในห้องปฏิบัติการ และมีใบรับรองคุณภาพจากโรงงานผู้ผลิต ดังนั้นผู้ออกแบบเพียงแต่กำหนดขนาดหน้าตัดของเหล็กให้เป็นไปตามมาตรฐานทั่วไปที่ใช้ และผู้ควบคุมการก่อสร้างก็มีหน้าที่ควบคุมให้การเชื่อม การต่อชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ เป็นไปตามข้อกำหนด

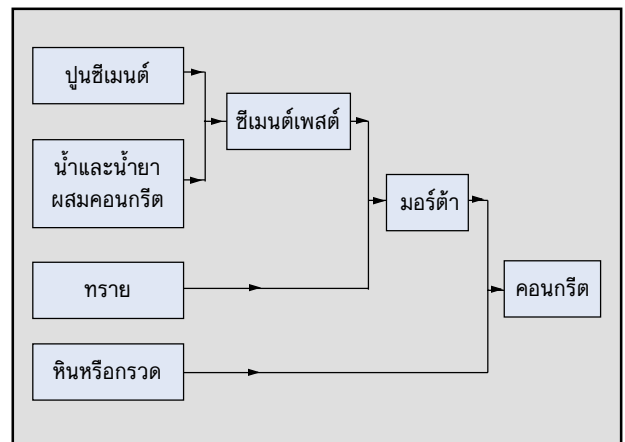
สำหรับหน่วยงานก่อสร้างที่ใช้คอนกรีตนั้น รูปการณ์จะแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง เพราะแม้ว่าคุณภาพของปูนซีเมนต์จะถูกควบคุมจากโรงงานผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด เช่นเดียวกับการควบคุมการผลิตเหล็ก แต่วัสดุในโครงสร้างคือ คอนกรีตไม่ใช่ปูนซีเมนต์ การหล่อชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตต่าง ๆ จะกระทำ ณ หน่วยงานก่อสร้าง ดังนั้นคุณภาพของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับวัสดุองค์ประกอบ, สัดส่วนผสม, การผสม, การลำเลียงและการเทคอนกรีตลงแบบ, การอัดแน่น รวมไปถึงการบ่ม จะเห็นได้ชัดเจนว่า ความสำคัญของการควบคุมคุณภาพคือข้อแตกต่างระหว่างวิธีการผลิตเหล็กกับคอนกรีต คุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีตและเหล็ก แสดงไว้ในตารางที่ 1.1

1.4 องค์ประกอบของคอนกรีต

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต โดยเมื่อนำส่วนผสมต่าง ๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้

ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ตาร์ (Mortar)
มอร์ตาร์ ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่าคอนกรีต (Concrete) ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 การเรียกชื่อองค์ประกอบต่าง ๆ ของคอนกรีต

| วัสดุ | ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.) | กำลังดึง (กก./ตร.ซม.) | โมดูลัสยืดหยุ่น (E) (กก./ตร.ซม.) | ส.ป.ส. การขยายตัว (10 ⁻⁶ /°C) | การนำความร้อน (W/m.k) |
|------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|--|-----------------------|
| คอนกรีต | 2,300-2,400 | 30 | 2.5x10 ⁵ | 10 | 3 |
| เหล็ก | | | | | |
| - ทัวไป | 7,800 | 3,000 | 21x10 ⁵ | 12 | 50 |
| - กำลังสูง | 7,800 | 10,000 | 21x10 ⁵ | 11 | 45 |

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตและเหล็ก

1.5 หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

1. ซีเมนต์เพสต์

- หน้าที่ของซีเมนต์เพสต์มีดังนี้
- เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม
- หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเทหล่อ
- กำลั้งแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับ

คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับ

- คุณภาพของปูนซีเมนต์
- อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์
- ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์หรือ

ที่ เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน

2. มวลรวม

หน้าที่ของมวลรวมมีดังนี้

- เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์

- ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

คุณสมบัติของมวลรวมที่สำคัญ

- มีความแข็งแรง
- การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำ
- คงทนต่อปฏิกิริยาเคมี
- ความต้านทานต่อแรงกระแทก และการเสียดสี

3. น้ำ

หน้าที่หลักของน้ำสำหรับงานคอนกรีตมี 3 ประการ คือ

- ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่าง ๆ
- ใช้ผสมทำคอนกรีต
- ใช้บ่มคอนกรีต

หน้าที่หลักของน้ำในฐานะที่ใช้ผสมทำคอนกรีตยังแบ่งได้อีก

3 ประการ

- ก่อให้เกิดปฏิกิริยา ไฮเดรชันกับปูนซีเมนต์
- ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้

- เคลือบ หิน ทราาย ให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยรอบ

4. น้ำยาผสมคอนกรีต

หน้าที่สำคัญของน้ำยาผสมคอนกรีต คือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทั้งคอนกรีตที่เหลว และคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วในด้านต่าง ๆ เช่น เวลาการก่อตัว, ความสามารถเทได้, กำลั้งอัด, ความทนทาน เป็นต้น

1.6 ข้อดีข้อเสียของคอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้กันมากตั้งแต่อดีตเนื่องมาจากความสามารถในการนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง แต่การนำคอนกรีตไปใช้งานก็ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดบางประการด้วย ในตาราง 1.2 ได้สรุปข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของคอนกรีต

| ข้อได้เปรียบ | ข้อเสียเปรียบ |
|--|----------------------------|
| 1) สามารถหล่อขึ้นรูปร่างตามที่ต้องการได้ | 1) ความสามารถรับแรงดึงต่ำ |
| 2) ราคาถูก | 2) มีความยึดตัวต่ำ |
| 3) มีความทนทานสูง | 3) มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร |
| 4) ทนไฟได้ดี, ไม่ไหม้ไฟ | 4) อัตรากำลังต่อน้ำหนักต่ำ |
| 5) สามารถเทหล่อได้ในสภาพที่ก่อสร้าง | |
| 6) สามารถทำให้ผิวสวยงามได้ | |

ตาราง 1.2 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของคอนกรีต

1.7 คอนกรีตที่ดีกับคอนกรีตที่ไม่ดี

คอนกรีตที่ดี เป็นคอนกรีตที่ต้องมีคุณสมบัติ เป็นที่พอใจ ทั้งในสภาพคอนกรีตเหลว กล่าวคือ ตั้งแต่การผสม การลำเลียง จากเครื่องผสม การเทลงแบบหล่อ และการอัดแน่น และเป็น ที่พอใจในสภาพคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

คอนกรีตที่ไม่ดี โดยทั่วไปจะมีความชื้นเหลวไม่เหมาะสม กับการใช้งาน เมื่อแข็งตัวจะมีรูโพรงและไม่เป็นเนื้อเดียวกันทั้ง โครงสร้าง

คุณสมบัติของคอนกรีตสดที่ต้องการ คือ จะต้องมีความชื้น เหลวที่จะให้การอัดแน่นในแบบหล่อคอนกรีตตามวิธีการที่ต้อง การเป็นไปโดยไม่ต้องใช้ความพยายามอย่างมาก รวมทั้งส่วนผสม จะต้องมีการยึดเกาะกันอย่างเพียงพอสำหรับวิธีการเทคอนกรีต ที่จะใช้โดยไม่มีกรแยกตัว อันจะเป็นต้นเหตุให้เกิดการไม่ สม่ำเสมอในเนื้อคอนกรีต

คุณสมบัติที่ต้องการสำหรับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว คือต้อง ได้กำลังอัดตามข้อกำหนด นอกจากนี้ยังต้องมีคุณสมบัติอื่น ๆ อีก เช่น ความหนาแน่น ความทนทาน ความสามารถรับแรงดึง ความ ต้านทานการซึมผ่านของน้ำหรือของเหลว ความต้านทานต่อแรง กระทบและการเสียดสี การทนต่อการกัดกร่อนจากซัลเฟตและ อื่น ๆ

การให้ความสนใจในคุณสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ ได้ถูก นำมาพิจารณาและให้ความสำคัญอย่างจริงจังเมื่อมีข้อกำหนด ที่ทันสมัย ซึ่งจะกำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องการแทนการ กำหนดส่วนผสมอย่างง่าย ๆ โดยเพียงบอกปริมาณส่วนผสม

ความรู้ในเรื่องคุณสมบัติของคอนกรีต ทำให้สามารถที่จะ เลือกสัดส่วนผสมคอนกรีตได้อย่างเหมาะสมในราคาที่เหมาะสม รวมทั้งการให้ความสนใจขบวนการผลิตคอนกรีตก็มีส่วนช่วยให้ มีการพัฒนาเครื่องจักร เครื่องมือ นำมาซึ่งการปรับปรุงความ สม่ำเสมอของเนื้อคอนกรีต ซึ่งเสริมให้เกิดประโยชน์ทั้งการประหยัด และประโยชน์ด้านเทคนิค

โดยสรุป การที่จะให้ได้คอนกรีตที่ดีนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ จะต้องเข้าใจองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

- ต้องมีความรู้ในเรื่องคุณสมบัติของวัสดุและหลักการ ออกแบบ

- ต้องรู้ถึงสภาพทั่วไปของหน่วยงานก่อสร้าง
- วัตถุประสงค์ต่าง ๆ ต้องมีคุณภาพอยู่ในมาตรฐานที่กำหนด
- ต้องให้ความระมัดระวังในเรื่อง การชั่งตวงส่วนผสม ทุกชนิด
- ต้องมีการผสม การลำเลียง การเทลงแบบ และการ อัดแน่นอย่างเหมาะสม
- ต้องทำการบ่มอย่างถูกต้อง
- ต้องมีการควบคุมงานคอนกรีตที่ดีทุกขั้นตอน

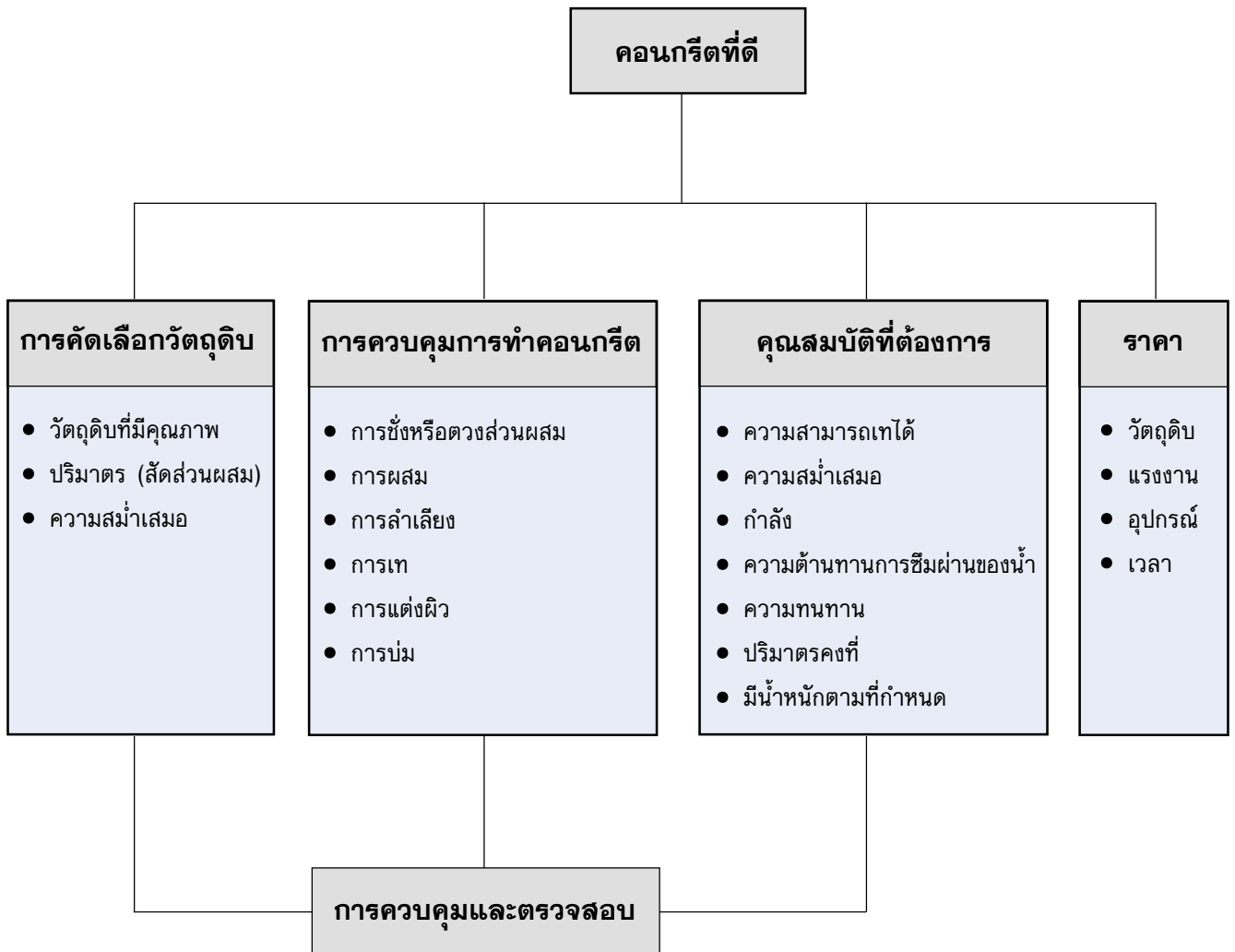
1.8 ปัจจัยในการทำคอนกรีตที่ดี

การทำคอนกรีตต้องมีขบวนการผลิตที่เป็นขั้นตอนเพื่อให้ได้ คอนกรีตที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอทั้งทางด้านความสามารถเทได้ (Workability) กำลัง (Strength) ความต้านทานการซึมผ่าน ของน้ำ (Permeability) และความทนทาน (Durability)

กระบวนการทำคอนกรีตทั่ว ๆ ไปอาจเรียงลำดับขั้นตอน ได้ดังนี้

- 1) การเลือกหาวัสดุดิบที่เหมาะสม
- 2) การกำหนดอัตราส่วนผสม
- 3) การชั่งหรือตวงวัสดุดิบเพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่ถูกต้อง
- 4) การผสม
- 5) การลำเลียงคอนกรีตสดไปเทลงแบบ
- 6) การเท
- 7) การทำให้คอนกรีตอัดแน่น
- 8) การแต่งผิว
- 9) การบ่ม
- 10) การแกะแบบหล่อคอนกรีตตามระยะเวลาที่ถูกต้อง

กระบวนการทำคอนกรีตดังกล่าวนี้ มีปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณา หรือคำนึงถึง เพื่อให้ได้คอนกรีตที่ดีและมีราคาเหมาะสมซึ่งอาจ นำมาแสดงเป็นแผนภูมิดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 ปัจจัยในการทำคอนกรีตที่ดี

