# บทที่ 4
# การเก็บข้อมูลและระบบฐานข้อมูลคอนกรีต

## 4.1 บทนำ

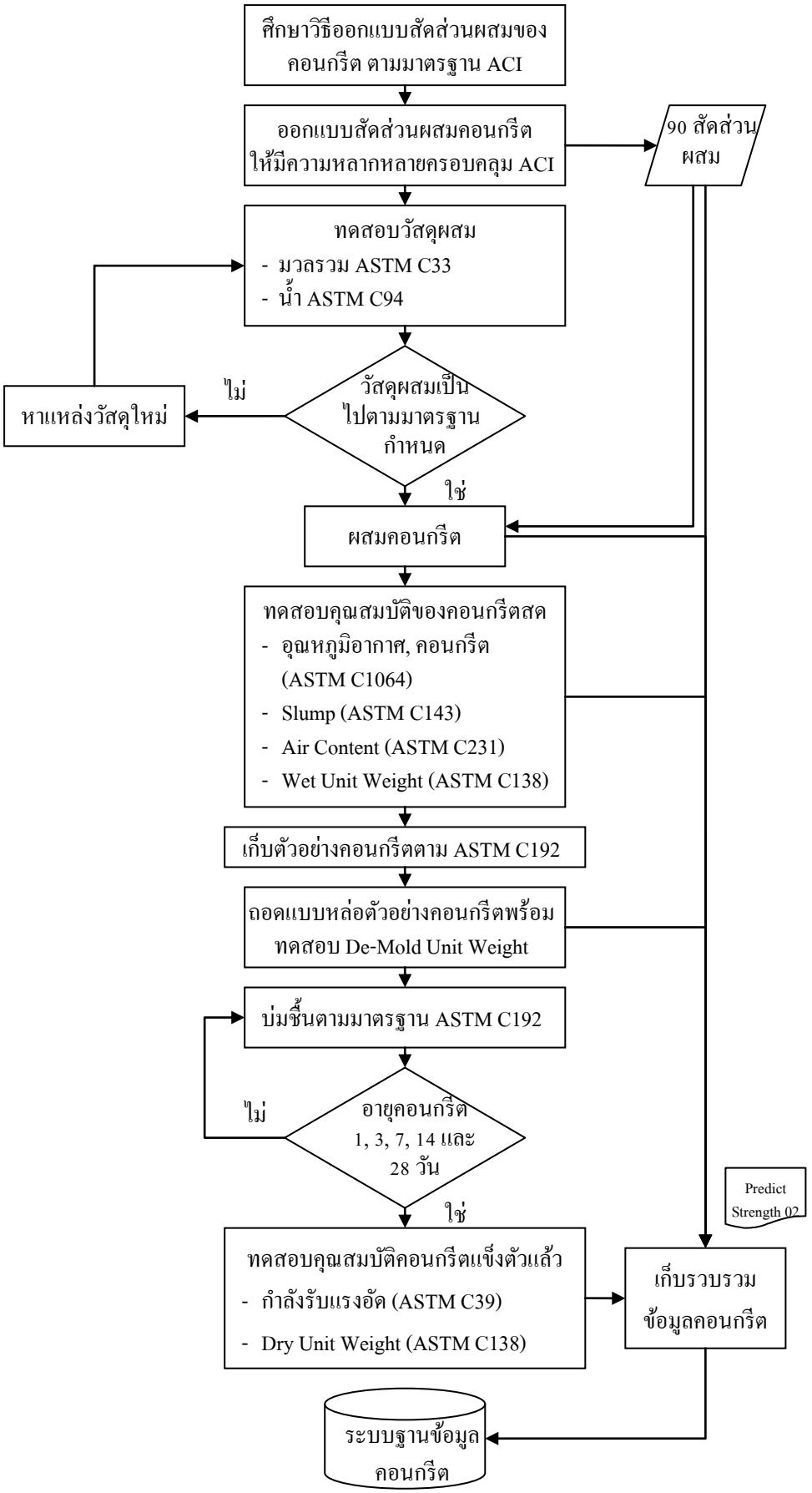
ขั้นตอนที่สำคัญหนึ่งในการศึกษาคือการเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมต้องมีความถูกต้อง เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมจะนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) ถ้าข้อมูลที่ให้โครงข่ายมีความผิดพลาด ความสัมพันธ์ของปัจจัยก็จะผิดพลาดตามด้วย ซึ่งส่งผลต่อความถูกต้องแม่นยำในการพยากรณ์ นอกจากนั้นการให้โครงข่ายประสาทเทียมได้รับการเรียนรู้ข้อมูลอย่างหลากหลายภายในขอบเขตที่เรียนรู้ก็จะส่งผลต่อดีต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย ในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการจัดเก็บข้อมูลทั้งจากห้องทดลอง และโรงผสมคอนกรีต รวมทั้งจะกล่าวถึงระบบฐานข้อมูลคอนกรีตที่ได้ทำการพัฒนาเพื่อจัดเก็บข้อมูลคอนกรีต

## 4.2 การเก็บข้อมูลจากห้องทดลอง

ข้อมูลจากห้องทดลองเป็นข้อมูลที่มีการควบคุมปัจจัยต่างๆให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยให้มีการเปลี่ยนแปลงคือตัวแปรอิสระ หรือก็คือปัจจัยนำเข้า (Input) คือ ปริมาณวัสดุผสม ซึ่งประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราอินทรีเพชร, หินปูนขนาด 3/4 นิ้ว, ทราย และน้ำ ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4.1 โดยมีขั้นตอนหลัก คือ การออกแบบสัดส่วนผสม, การทดสอบวัสดุผสม, การผสมคอนกรีต และการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต

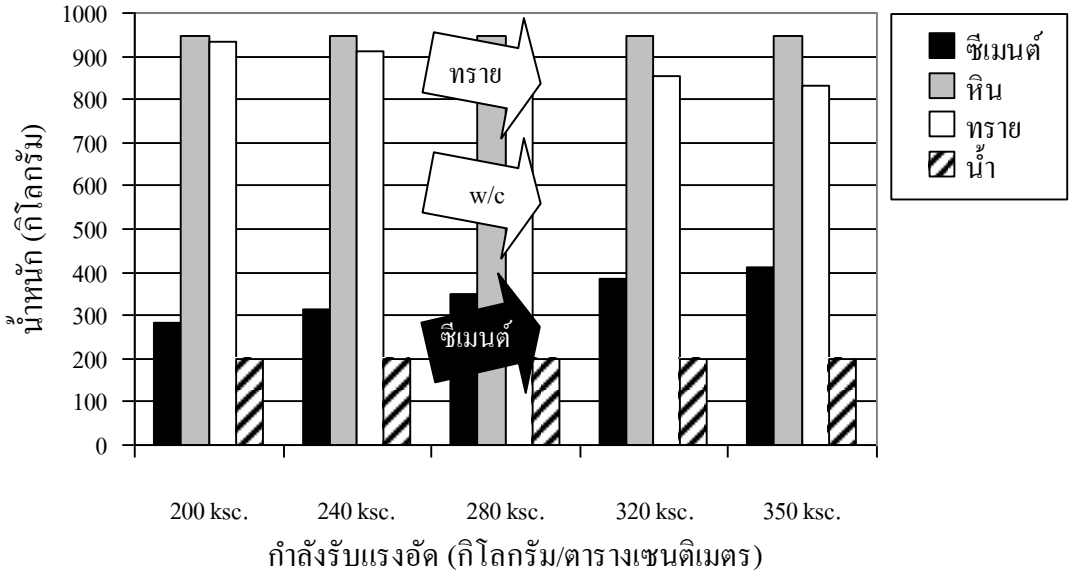
### 4.2.1 การออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต

เนื่องจากขอบเขตการวิจัยที่ศึกษาเพียงเฉพาะคอนกรีตปกติที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป โดยมีวัสดุผสมคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราอินทรีเพชร, มวลรวม และน้ำ จากการศึกษามาตรฐาน ACI 211.1-91 [41] ซึ่งเป็นมาตรฐานอเมริกาสำหรับการออกแบบสัดส่วนผสมของคอนกรีตปกติที่มีช่วงกำลังรับแรงอัดระหว่าง 150-550 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสัดส่วนผสมกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตค่าต่างๆ โดยให้ความข้นเหลวคงที่ พบว่าเมื่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมจะเพิ่มขึ้นตาม แต่ปริมาณทรายที่ใช้ในการผสมลดลงเพื่อให้ปริมาณคอนกรีตที่ผสมได้เท่ากับ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือในอีกนัยหนึ่งคือ เมื่อกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จะลดลง แสดงดังรูปที่ 4.2

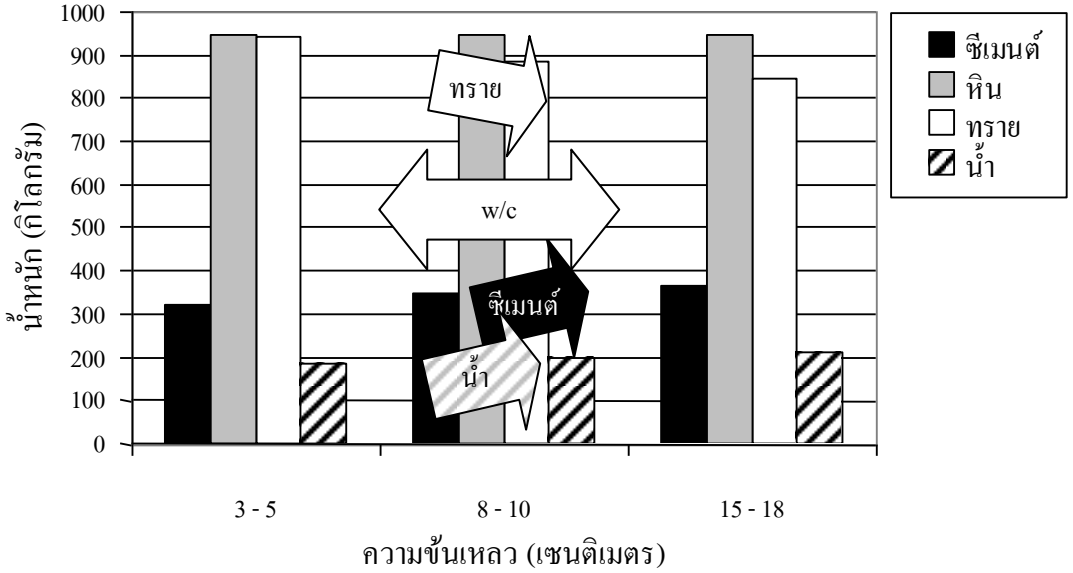



**รูปที่ 4.1** ขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากห้องทดลอง

รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสัดส่วนผสมกับความข้นเหลวของคอนกรีตค่าต่างๆ ที่กำลังรับแรงอัดเดียวกัน พบว่าเมื่อความข้นเหลวเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำ และซีเมนต์เพิ่มขึ้นตาม แต่ปริมาณทรายลดลงเนื่องจากการปรับปริมาณคอนกรีตให้ได้ 1 ลูกบาศก์เมตร หรืออีกนัยหนึ่งคือ ที่กำลังรับแรงอัดเดียวกันอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จะคงที่




**รูปที่ 4.2** ปริมาณสัดส่วนผสมในคอนกรีตปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตรที่กำลังรับแรงอัดต่างๆ ตามมาตรฐานการออกแบบ ACI 211.1 (ความข้นเหลวคงที่ 8-10 เซนติเมตร)




**รูปที่ 4.3** ปริมาณสัดส่วนผสมในคอนกรีตปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ที่ความข้นเหลวต่างๆ ตามมาตรฐานการออกแบบ ACI 211.1 (กำลังรับแรงอัดคงที่ 280 กก./ตร.ซม.)

นอกจากนั้นอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/Cement) ของคอนกรีตที่ไม่มีส่วนผสมของสารกักกระจายฟองอากาศมีค่าระหว่าง 0.43 ถึง 0.80 อัตราส่วนเพสต์ต่อมวลรวม (Paste/Aggregate) มีค่าระหว่าง 0.22-0.43 อัตราส่วนระหว่างทรายต่อมวลรวม (Sand/Aggregate) มีค่าระหว่าง 0.4-0.6 ดังนั้นในการออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีตในการศึกษาวิจัยจะออกแบบสัดส่วนผสมให้ครอบคลุมช่วงดังกล่าวดังนี้

1. อัตราส่วนเพสต์ต่อมวรวม (Paste/Aggregate) มีการเปลี่ยนแปลง 6 ค่า คือ 0.15, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45
2. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/Cement) มีการเปลี่ยนแปลง 5 ค่า คือ 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8
3. อัตราส่วนทรายต่อมวลรวม (Sand/Aggregate) มีการเปลี่ยนแปลง 3 ค่า คือ 0.40, 0.50 และ 0.60

ดังนั้นสัดส่วนผสมทั้งหมดที่ออกแบบเพื่อเก็บข้อมูลในห้องทดลองมีทั้งหมด 90 สัดส่วนผสม ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก

#### 4.2.2 การทดสอบวัสดุผสม

คุณภาพของวัสดุผสมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดเช่นกัน ดังนั้นมาตรฐาน ASTM C94 [21] จึงได้กำหนดคุณสมบัติของวัสดุผสมคอนกรีต โดยในขอบเขตการวิจัยนี้วัสดุผสมคอนกรีตประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, มวลรวมซึ่งประกอบด้วยหินปูนขนาดโตสุด 3/4 นิ้วกับทราย และน้ำ ซึ่งวัสดุผสมต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C150 [41], ASTM C33 [42] และ ASTM C94 [21] ตามลำดับ โดยผลการทดสอบรวมทั้งมาตรฐานการทดสอบ แสดงดังภาคผนวก ข

จากผลการทดสอบพบว่าวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตในการวิจัยผ่านตามมาตรฐานกำหนด ดังนั้นจึงนำวัสดุผสมดังกล่าวมาใช้ผสมคอนกรีตในกระบวนการต่อไปได้

#### 4.2.3 การผสมคอนกรีต

ในขั้นตอนการผสมคอนกรีตจะผสมคอนกรีตตามสัดส่วนที่ได้ออกแบบไว้ตามมาตรฐาน ASTM C192 ก่อนหน้าการผสมจะต้องมีการปรับสัดส่วนผสมเนื่องจากปริมาณความชื้น (Moisture Content) ของทรายและหิน เมื่อผสมคอนกรีตเรียบร้อยแล้วทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสด จากนั้นเก็บตัวอย่างจำนวน 25 ตัวอย่าง เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตแข็งตัวแล้วที่อายุคอนกรีต 1, 3, 7, 14 และ 28 วัน โดยคัดเลือกข้อมูล 3 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทดสอบทั้งหมด 5 ตัวอย่าง ในแต่ละวันทดสอบเนื่องจากป้องกันความผิดพลาดของข้อมูลคอนกรีต จากนั้นถอดแบบหล่อคอนกรีตออกที่อายุคอนกรีต 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐานกำหนด พร้อมทั้งมีการเก็บข้อมูล

น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีตหลังถอดแบบหล่อ (Demolded Unit Weight) ก่อนที่จะนำตัวอย่างคอนกรีตเข้าสู่กระบวนการบ่มต่อไป

ในการศึกษาได้มีการผสมคอนกรีตรวมทั้งหมด 67 สัดส่วนผสม รวม 1,435 ตัวอย่าง จากสัดส่วนผสมที่ออกแบบทั้งหมด 90 สัดส่วนผสม โดยสัดส่วนผสมที่ไม่ได้ผสมเนื่องจากมีสาเหตุมาจากการที่คอนกรีตมีปริมาณเพสต์น้อยจนไม่สามารถยึดเกาะมวลรวม หรือการที่คอนกรีตเหลวมากและเกิดการแยกตัวจนไม่สามารถผสมและเก็บตัวอย่างได้

#### 4.2.4 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต

การควบคุมคุณภาพของคอนกรีตมี 2 ขั้นตอน คือ การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดและคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

##### 4.2.4.1 คุณสมบัติของคอนกรีตสด

การทดสอบคุณภาพคอนกรีตสดวัตถุประสงค์หลักเพื่อตรวจสอบความสามารถเทได้ของคอนกรีตเป็นหลัก กล่าวคือคอนกรีตจะต้องมีความข้นเหลวตามต้องการ, เทลงแบบได้, เป็นเนื้อเดียวกันไม่แยกตัว และอาจมีการทดสอบคุณสมบัติอื่นที่มีความจำเป็นสำหรับโครงการนั้นๆ

ในการศึกษานี้หลังจากคอนกรีตผ่านกระบวนการผสมแล้วจะทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดคือ อุณหภูมิของอากาศและคอนกรีต, ความข้นเหลว (Slump), ปริมาณอากาศในคอนกรีต (Air Content) และน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต (Wet Unit Weight) โดยมีมาตรฐานการทดสอบดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตสดและมาตรฐานทดสอบ

| การทดสอบ | มาตรฐานทดสอบ |
|---|---|
| อุณหภูมิ (อากาศ, คอนกรีต) | ASTM C1064/1064M-05 |
| ความข้นเหลว (Slump) | ASTM C143/C143M-05 |
| ปริมาณอากาศในคอนกรีต (Air Content) | ASTM C231-04 |
| น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต (Wet Unit Weight) | ASTM C138/138-01a |

##### 4.2.4.2 คุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

ขั้นตอนการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตที่มีความสำคัญคือการทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตแข็งตัวแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ซึ่งมีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตมาก เนื่องจากค่าดังกล่าวนอกจากบ่งบอกถึงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตว่าผ่านตามเกณฑ์หรือไม่แล้ว ยังสามารถบ่งบอกถึงกำลังประเภทอื่นได้อีกด้วย

ดังนั้นการเก็บข้อมูลคอนกรีตในการศึกษานี้จึงมีการเก็บข้อมูลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรวมทั้งน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรคอนกรีต ที่อายุคอนกรีต 1, 3, 7, 14 และ 28 วัน โดยมีมาตรฐานทดสอบตามตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้วและมาตรฐานทดสอบ

| การทดสอบ | มาตรฐานทดสอบ |
|---|---|
| กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) | ASTM C39/C39M-05 |
| น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต (Dry Unit Weight) | ASTM C138/138-01a |

ข้อมูลที่ได้จากแต่ละขั้นตอนคือกระบวนการออกแบบสัดส่วนผสม, การทดสอบวัสดุผสม และการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต มีการจัดเก็บโดยบันทึกลงในเอกสาร (รายละเอียดตามภาคผนวก ค) ก่อนที่จะนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลคอนกรีตต่อไป

## 4.3 การเก็บข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต

ในการศึกษาได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลคอนกรีตจาก 3 โรงผสมคอนกรีต คือจากนครหลวงคอนกรีต, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีต สรุปจำนวนข้อมูลได้ดังตารางที่ 4.3 โดยมีการจัดเก็บ ข้อมูลชนิดและคุณสมบัติของวัสดุผสม, สัดส่วนผสม, คุณสมบัติของคอนกรีตสดและคอนกรีตแข็งตัวแล้ว (รายละเอียดตามภาคผนวก ค)

**ตารางที่ 4.3** จำนวนข้อมูลคอนกรีตจากโรงผสมคอนกรีต

| โรงผสมคอนกรีต | จำนวนข้อมูล (ข้อมูล) |
|---|---|
| นครหลวงคอนกรีต | 200 |
| คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค | 907 |
| ทีพีไอคอนกรีต | 674 |

## 4.4 ระบบฐานข้อมูลคอนกรีต

ฐานข้อมูล (Database) คือ การจัดกลุ่มของแฟ้มข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันเพื่อนำไปใช้ในการทำงาน โดยใช้ซอฟแวร์ชุดหนึ่งซึ่งสามารถเข้าถึงข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูล ซึ่งช่วยบรรเทาปัญหาความซ้ำซ้อน รวมทั้งเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูล [44]

ระบบฐานข้อมูลคอนกรีตเป็นระบบจัดการข้อมูลที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์ในการจัดเก็บข้อมูลคอนกรีตให้เป็นระบบ เพื่อสะดวกในการค้นหาและนำข้อมูลไปใช้ โดยพัฒนาบน

Microsoft Office Access 2003 ซึ่งเป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System) ที่มีเครื่องมือช่วยในการทำงานเกี่ยวกับฐานข้อมูล รวมถึงมีการรักษาความปลอดภัยที่ทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสูง [45] นอกจากนั้นยังเป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายอีกด้วย โดยข้อมูลที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูลคอนกรีตประกอบด้วย 17 หมวดหมู่ 44 พารามิเตอร์ สรุปได้ดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** รายละเอียดข้อมูลที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูลคอนกรีต

| ข้อมูลประจำคอนกรีต | ปริมาณต่อคอนกรีต 1 $m^3$ (กิโลกรัม) | คุณสมบัติของคอนกรีตสด | คุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว |
|---|---|---|---|
| 1. รหัสประจำสัดส่วนผสม (Mix Code)*<br>2. วันผสมคอนกรีต* | 3. ซีเมนต์*<br>4. เถ้าลอย*<br>5. ทราย*<br>6. หิน ขนาด 3/4"*<br>7. น้ำ*<br>8. น้ำยาผสมคอนกรีต* (Admixture Type D) | 9. อุณหภูมิอากาศ<br>10.อุณหภูมิคอนกรีต<br>11.ความข้นเหลว (เริ่มต้น, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 นาที)<br>12.ระยะเวลาการก่อตัว (Stiffening, Initial, Final)<br>13.ปริมาณอากาศ (%) (เริ่มต้น, 30, 60, 90, 120 นาที)<br>14.การเยิ้ม (%)<br>15.Wet Unit Weight | 16. กำลังรับแรงอัด* (1, 2, 3, 7, 14, 28, 56 วัน)<br>17. กำลังรับแรงดัด (1, 2, 3, 7, 14, 28, 56 วัน) |

โดยข้อมูลที่มีเครื่องหมาย * เป็นข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับระบบฐานข้อมูลคอนกรีต

## 4.5 สรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลและระบบฐานข้อมูลคอนกรีต

ข้อมูลที่มีความหลากหลายของสัดส่วนผสมครอบคลุมตามมาตรฐานการออกแบบคอนกรีตของ ACI 211.1 เป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษานี้ โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้มาจาก 2 แหล่ง คือ ข้อมูลจากห้องทดลอง และข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต

ข้อมูลในส่วนของห้องทดลองประกอบด้วยข้อมูลคอนกรีตจำนวน 67 สัดส่วนผสม โดยแต่ละสัดส่วนผสมจะมีการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสด และเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้วที่ 1, 3, 7, 14 และ 28 วัน จำนวนทั้งหมด 1,435 ตัวอย่าง

ส่วนข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตประกอบด้วยข้อมูลคอนกรีตที่ผสมจริงจำนวนทั้งหมด 1,781 ข้อมูล จาก 3 โรงผสมคอนกรีตต่างผู้ผลิตที่มีความหลากหลายของสัดส่วนผสม ข้อมูลที่จัดเก็บประกอบด้วยสัดส่วนผสมที่ใช้ผสมจริง, คุณสมบัติของคอนกรีตสด และคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

โดยที่กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกที่ 28 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 150-550 ksc ข้อมูลทั้งหมดจะทำการจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลคอนกรีต เพื่อใช้ในการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป