

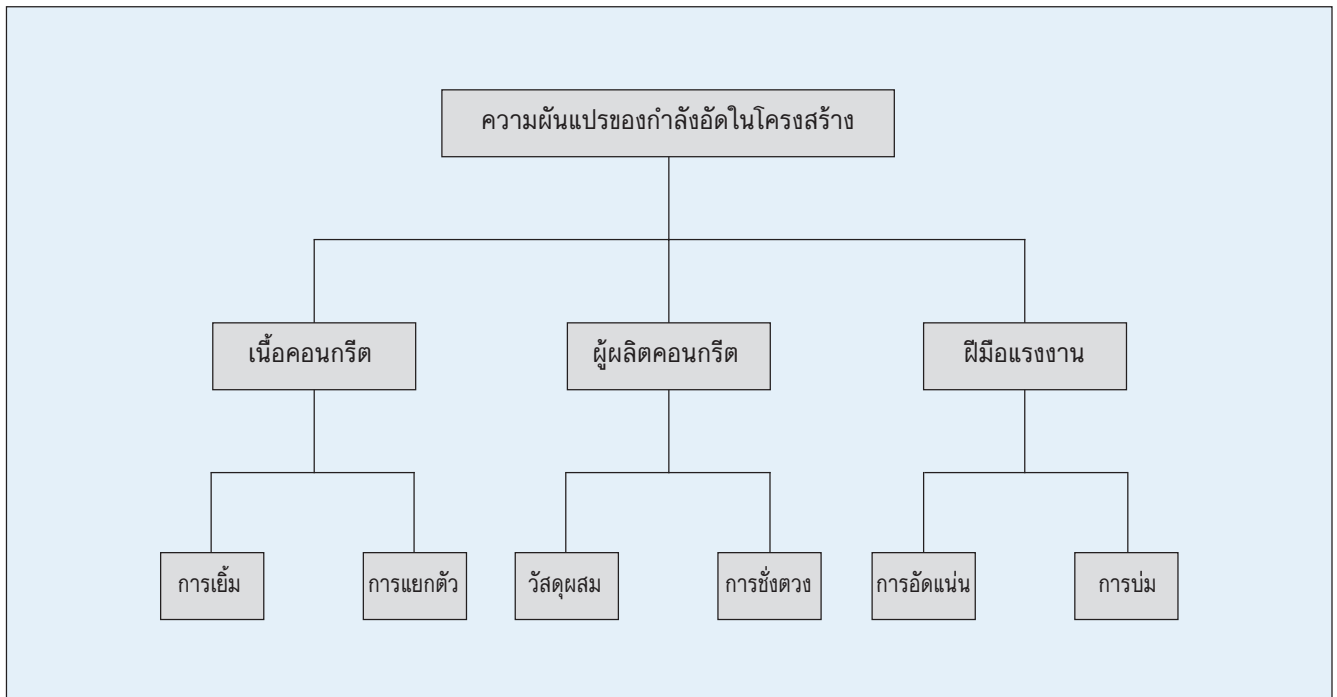
## บทที่ 13

### การผันแปรของกำลังอัดในโครงสร้าง

คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของคอนกรีต คือ ความสามารถต้านต่อแรงอัดหรือกำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่มีความผันแปรตลอดเวลา ถึงแม้ว่าจะนำคอนกรีตชุดเดียวกันที่ผสมเรียบร้อยมาทำก้อนตัวอย่าง และนำมาทดสอบที่อายุเดียวกัน ด้วยวิธีการที่เหมือนกันทั้งหมด จะพบว่ากำลังอัดของก้อนตัวอย่างที่ได้นี้ จะมีค่าแตกต่างกัน ไม่มีผลทดสอบใดที่ได้ค่าเท่ากันพอดีเลย รวมทั้งถ้าเราแบ่งก้อนตัวอย่างออกเป็นส่วนย่อย ๆ กำลังอัดในแต่ละส่วนก็จะมีค่าแตกต่างกันไปด้วย

#### 13.1 สาเหตุความผันแปรของกำลังอัด

ความผันแปรของกำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างที่เกิดขึ้น อาจเนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง หรืออาจเป็นการผสมกันของหลาย ๆ สาเหตุ ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนผังรายละเอียดได้ดังรูปที่ 13.1



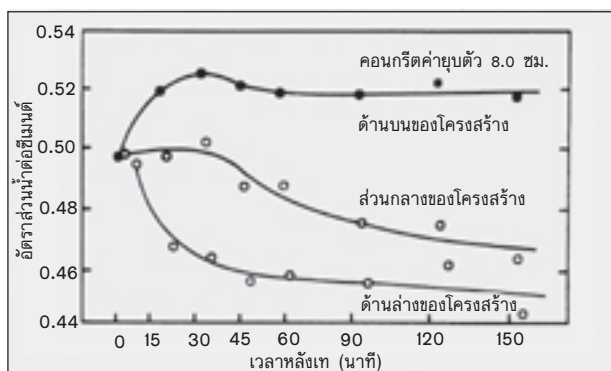
**รูปที่ 13.1** องค์ประกอบที่ทำให้เกิดความผันแปรของกำลังอัดในโครงสร้าง

### 13.2 ความผันแปรเนื่องจากเนื้อคอนกรีต

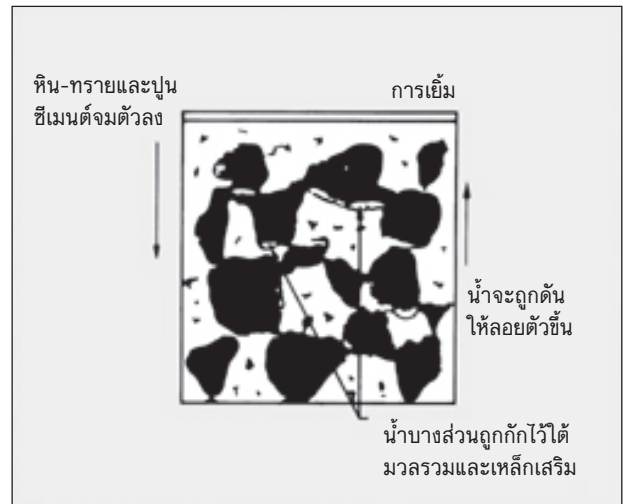
คอนกรีตเป็นวัสดุเนื้อผสมที่เกิดจากการนำปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยามาผสมกัน ในสภาพคอนกรีตสด หินที่อยู่ในส่วนผสมนั้นจะถูกพุงไม่ให้เกิดการแยกตัวด้วยมอร์ต้า แต่อย่างไรก็ตาม ผลจากแรงดึงดูดของโลก ไม่เพียงแต่ส่งผลให้หินทรายจมตัวลง แต่รวมไปถึงเม็ดปูนซีเมนต์ด้วย

หิน ทราย และเม็ดปูนซีเมนต์ จะจมตัวลงในเนื้อคอนกรีตสด จนกระทั่งแรงต้านทานการจมตัวมากกว่าน้ำหนักของหินทรายหรือเม็ดปูนซีเมนต์หรือเมื่ออนุภาคของหินทรายจมมาสัมผัสกันจนเป็นเครือข่าย ผลก็คือ น้ำซึ่งเบาที่สุดจะถูกดันขึ้นมาด้านบนเกิดการแยก (Bleeding) และน้ำบางส่วนจะถูกกักไว้ได้มวลรวมหรือเหล็กเสริม เมื่อคอนกรีตแข็งตัว บริเวณเหล่านี้จะเกิดเป็นโพรงอากาศ (Air Pocket) และโพรงอากาศจะมากยิ่งขึ้น ถ้าคอนกรีตที่ใช้เกิดการแยกตัว (Segregation) ส่งผลให้ความพรุนในเนื้อคอนกรีตมีมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 13.2 และรูปที่ 13.3

ผลจากการเคลื่อนตัวของน้ำขึ้นสู่ผิวบนนี้ ทำให้เกิดความผันแปรในอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของส่วนผสม โดยด้านล่างของโครงสร้างจะมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำสุดและจะสูงสุดที่ส่วนบน ดังแสดงในรูปที่ 13.4 นั่นคือ เกิดความไม่สม่ำเสมอในกำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้าง



รูปที่ 13.4 ความผันแปรของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ตลอดช่วงความสูงของโครงสร้าง



รูปที่ 13.2 การจมตัวของหินทรายปูนซีเมนต์เป็นผลให้เกิดการแยก



รูปที่ 13.3 โพรงอากาศได้มวลรวมและช่องทางที่น้ำไหลขึ้นสู่ด้านบนซึ่งส่งผลให้กำลังของคอนกรีตผันแปรไป

### 13.3 ความผันแปรเนื่องจากผู้ผลิตคอนกรีต

ความผันแปรเนื่องจากผู้ผลิตคอนกรีตมีสาเหตุหลัก 2 ประการ คือ

1. เนื่องจากวัสดุผสม
2. เนื่องจากการชั่งตวง

เป็นที่ทราบกันแล้วว่าวัสดุผสมคอนกรีตส่วนใหญ่มาจากธรรมชาติ ดังนั้นจึงเกิดความผันแปรในคุณสมบัติอยู่ตลอดเวลา เช่น ทรายผสมคอนกรีต จะมีขนาดคละและความละเอียดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแหล่ง, กรรมวิธี, และ ช่วงเวลาที่ดูดขึ้นมาใช้ เป็นต้น นอกจากวัสดุผสมแล้ว คอนกรีตในโครงสร้างอาจผันแปรเนื่องจากการชั่งตวง ซึ่งอาจจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการควบคุมการผลิต รวมทั้งเทคนิคการขนส่ง และการลำเลียงคอนกรีตลงแบบ

ความผันแปรนี้จะไม่มีความสัมพันธ์กับชนิดของโครงสร้าง และโดยทั่วไปความผันแปรนี้จะถูกสมมุติว่ากระจายไปทั่วทั้งโครงสร้าง เป็นการยากที่จะวัดค่านี้ เพราะเราไม่สามารถแยกความผันแปรนี้ออกจากความผันแปรเนื่องจากวิธีการทำงาน หน่วยงาน อันได้แก่การจี้เขย่าและการบ่ม แต่ก็สามารถวัดค่าได้โดยการพิจารณาความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบก้อนตัวอย่าง

**ตารางที่ 13.1** แสดงระดับการควบคุมขบวนการผลิตคอนกรีตตามมาตรฐาน ACI

ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของก้อนตัวอย่างมากกว่า 30 ตัวอย่าง (กก./ตร.ซม.)	ระดับการควบคุมขบวนการผลิตคอนกรีต
น้อยกว่า 28	ดีเลิศ
28-35	ดีมาก
35-42	ดี
42-49	พอใช้
มากกว่า 49	ใช้ไม่ได้

### 13.4 ความผันแปรเนื่องจากฝีมือแรงงาน

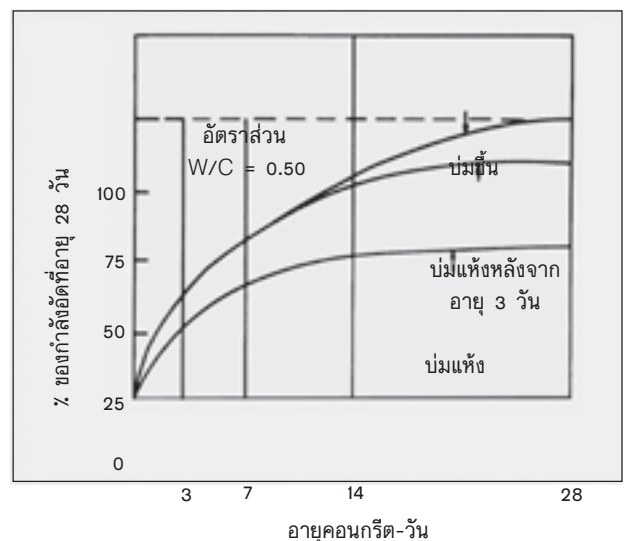
ความผันแปรนี้สืบเนื่องจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ การจี้เขย่า และการบ่มคอนกรีต

#### • การจี้เขย่าคอนกรีตเข้าแบบ

วัตถุประสงค์ของการจี้เขย่า เพื่อให้คอนกรีตอัดแน่นและลดปริมาณฟองอากาศ แต่การจี้เขย่าคอนกรีตที่ไม่ถูกวิธีหรือบริเวณขอบ มุม ใกล้เคียง ๆ ช่องเปิด หรือ ระหว่างเหล็กเสริมกับผิวคอนกรีตจะทำให้เนื้อคอนกรีตในโครงสร้างเกิดความผันแปรรวมทั้งในขณะจี้เขย่า มวลรวมมีแนวโน้มจะจมตัวลงดันน้ำให้ลอยตัวขึ้น ส่วนล่างหรือฐานของโครงสร้างจะถูกอัดแน่น เนื่องจากผลของ Hydrostatic ซึ่งสัมพันธ์กับความลึกของชั้นส่วนโครงสร้าง ก่อให้เกิดความผันแปรของกำลังอัด ตั้งแต่ฐานถึงส่วนบนของโครงสร้าง

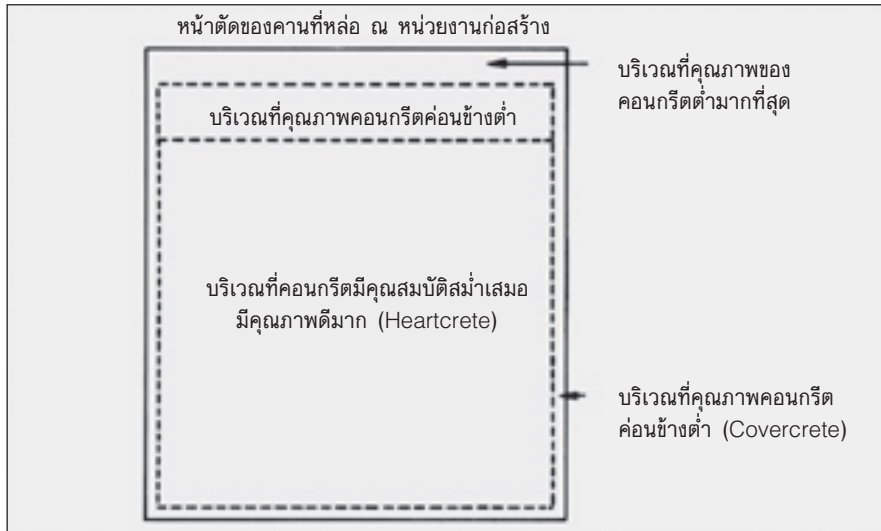
#### • การบ่ม

การบ่ม คือการป้องกันน้ำในคอนกรีตไม่ให้ระเหยออกไป เพื่อให้มั่นใจว่าจะมีปริมาณน้ำเพียงพอ เพื่อให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันดำเนินไปอย่างสมบูรณ์โดยทั่วไปน้ำและความชื้นจากผิวคอนกรีตจะเริ่มระเหยทันทีทันใด หลังจากการเทคอนกรีต และจะดำเนินต่อไปอีกหลายวัน ถ้าไม่มีการบ่มคอนกรีตที่เพียงพอ ปฏิกิริยาไฮเดรชันจะเกิดไม่สมบูรณ์ ผลที่ตามมาคือ การพัฒนากำลังอัดจะไม่ดี ดังแสดงในรูป 13.5



**รูปที่ 13.5** ผลของการบ่มต่อกำลังอัดของคอนกรีต

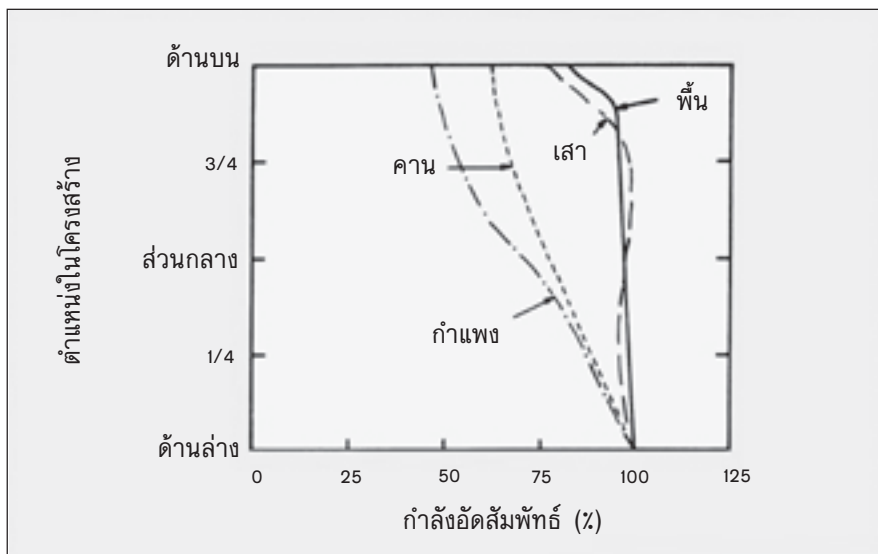
ผลจากการจีเขย่าและการบ่มคอนกรีตส่งผลให้เกิดความผันแปรของกำลังอัดระหว่างผิวและด้านในของโครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 13.6



**รูปที่ 13.6** แสดงความผันแปรของคุณภาพคอนกรีต

### 13.5 ตัวอย่างแสดงความผันแปรของกำลังอัดในโครงสร้าง

ความผันแปรของกำลังอัดในชั้นส่วนโครงสร้างสามารถแสดงออกมาได้ดังรูปที่ 13.7



**รูปที่ 13.7** กำลังสัมพัทธ์ในโครงสร้าง

### เสา

การจี้เย่าทำให้คอนกรีตอัดแน่นในเสา เป็นประเด็นหลักที่ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตผันแปรไป คอนกรีตที่ระดับต่ำหรือด้านล่างของเสาจะถูกอัดแน่นด้วยน้ำหนักของคอนกรีตด้านบน น้ำจะถูกผลักขึ้นไปด้านบนทำให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้น กำลังอัดในส่วนบนจึงลดลง

### กำแพง

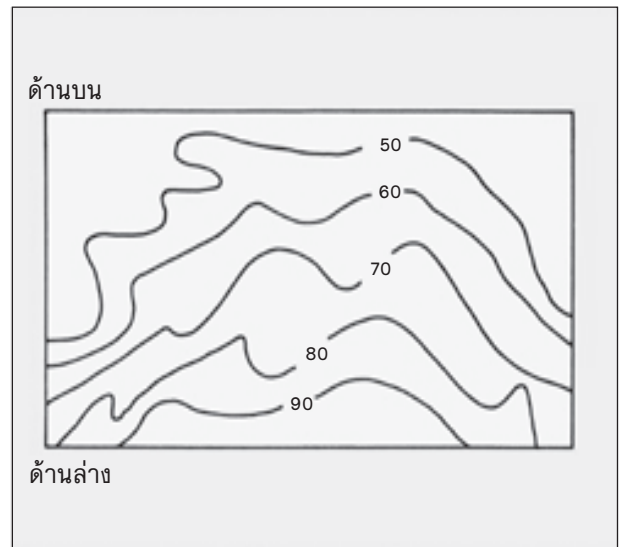
กำลังอัดตลอดความสูงของกำแพงจะมีความแตกต่างกันมากกว่าในโครงสร้างเสา ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาในการเทและจี้เย่าคอนกรีตเข้าแบบ การบ่มจะมีผลทำให้กำลังอัดตลอดความสูงของโครงสร้างผันแปรไปน้อยทั้งในโครงสร้างเสาและกำแพง

### พื้น

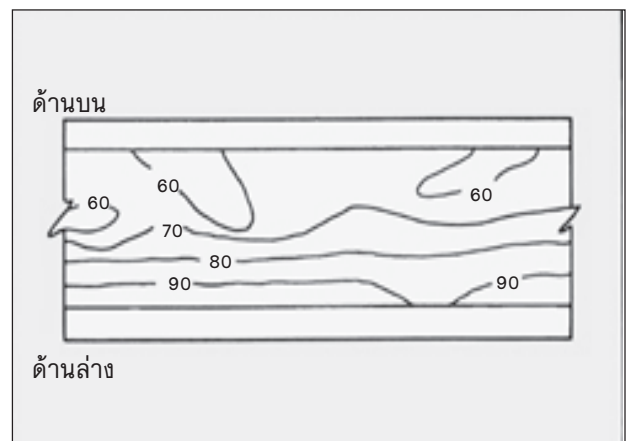
ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตแตกต่างกันในพื้นที่ คือ การบ่ม เนื่องจากพื้นเป็นโครงสร้างที่บาง น้ำจะระเหยออกจากพื้นผิวไปโดยเร็ว และการเกิดการเยิ้มทำให้ส่วนบนของพื้นกำลังอัดต่ำกว่าบริเวณอื่น

### คาน

กำลังอัดภายในคานผันแปรเกือบเป็นเส้นตรงตลอดความลึกของคาน กำลังอัดเฉลี่ยด้านบนจะมีค่าประมาณ 60% ของกำลังอัดที่ด้านล่างของคาน ปัจจัยที่ทำให้กำลังอัดแตกต่างคือ ปัญหาจากการเทและการจี้เย่าคอนกรีตเข้าแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่คานมีเหล็กเสริมหนาแน่น



**รูปที่ 13.8** เส้นระดับแสดงร้อยละสัมพัทธ์ของกำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างกำแพง



**รูปที่ 13.9** เส้นระดับแสดงร้อยละสัมพัทธ์ของกำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างคาน