

# งานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

---

## 1.1 งานคอนกรีต

- ประเภทของคอนกรีต •วัตถุดิบในการผลิตคอนกรีต •ขั้นตอนในการเทคอนกรีต •ความเสียหายของคอนกรีต •การบ่อคอนกรีต
- รอยต่อคอนกรีต •ค่ายุบตัวของคอนกรีต
- ความชื้นในคอนกรีต •การควบคุมคุณภาพคอนกรีต •การควบคุมงานคอนกรีตขนาดใหญ่
- การตรวจสอบคุณภาพคอนกรีตภายหลังเท

## 1.2 งานไม้แบบ

- วัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อคอนกรีต •น้ำหนักและแรงกระทำต่อแบบหล่อ •การคำนวณแรงดันด้านข้างของคอนกรีต •ข้อพิจารณาในการควบคุมงานแบบท้อ

## 1.3 งานเหล็กเสริม

- ชนิดของเหล็กเสริม •การตรวจสอบงานเหล็กเสริมหน้าสนาม •การกองเก็บเหล็กเส้น
  - การตัดงอวงเหล็กเสริม •การจัดวางเหล็กเสริม
  - คอนกรีตหุ้มเหล็ก •การต่อเหล็กเสริม
-

## 1.1 งานคอนกรีต

### คอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยการนำซีเมนต์ผสมกับทรายหินและน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้วเทลงแบบหล่อที่มีรูปร่างหน้าตัดตามต้องการจากนั้นจะแปรสภาพจากของเหลวเป็นของแข็งมีความความทนทานสูงเมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างมีข้อได้เปรียบกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังนี้

ในงานก่อสร้างงานคอนกรีต มีมาตรฐานที่อ้างอิงมากมาย โดยผู้ปฏิบัติงานจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของสัญญาในโครงการนั้น ๆ ซึ่งหากไม่มีกำหนด อาจยึดถือมาตรฐานการก่อสร้างที่เป็นที่ยอมรับ เช่น มาตรฐาน วสท., มาตรฐานโยธาธิการและผังเมือง, ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร หรือมาตรฐานสากล เช่น ACI, AASHTO เป็นต้น

### ประเภทของคอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างแบ่งได้ 5 ประเภทได้แก่

1. คอนกรีตล้วน (Plain concrete) เป็นคอนกรีตที่ปราศจากวัสดุอื่นใด เหมาะกับงานที่รับแรงอัดเพียงอย่างเดียว เช่น เขื่อน
2. คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce concrete) เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึงและแรงดัดขึ้น
3. คอนกรีตอัดแรง (Pre-stress concrete) เป็นคอนกรีตที่ถ่ายแรงค้ำไว้ในงานทำให้รับแรงดัดได้ดีขึ้น
4. คอนกรีตมวลเบา (Lightweight Concrete) เป็นคอนกรีตที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า 1800 kg/cu.m. โดยใช้วัสดุมวลรวมน้ำหนักเบาหรือเติมอากาศเข้าไป

## 5. คอนกรีตหล่อสำเร็จรูป (Precast concrete) เป็นคอนกรีตที่หล่อสำเร็จมาจากโรงงานและนำมาติดตั้งที่หน้างาน

### วัตถุดิบในการผลิตคอนกรีต

- ปูนซีเมนต์ (Cement) เป็นส่วนผสมที่ได้จากการเผาหินปูนดินยิปซัมและอื่น ๆ แล้วนำมาบดละเอียดเมื่อผสมน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) และเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งซึ่งตามมาตรฐาน มอก. 15 ของไทยได้แบ่งปูนซีเมนต์ออกเป็น 5 ประเภท คือ

ประเภท 1 (Normal Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะกับงานก่อสร้างคอนกรีตทั่ว ๆ ไปที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม เช่น คาน เสา พื้น ถนน ค.ส.ล. เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องสัมผัสกับเกลือซัลเฟตผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราช้าง เพชร (เม็ดเดียว) พญานาคเขียว TPI (แดง) ภูเขา และดาวเทียม

ประเภท 2 (Modified Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลงเพื่อให้สามารถต้านทานเกลือซัลเฟตได้ปานกลางและจะเกิดความร้อนปานกลางในช่วงหล่อ เหมาะกับงานโครงสร้างขนาดใหญ่ เช่น ตอม่อ สะพาน ท่าเทียบเรือ เขื่อน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่เคยมีจำหน่ายได้แก่ ตราพญานาคเจ็ดเศียร (ปัจจุบันเลิกผลิตแล้ว)

ประเภท 3 (High-early Strength Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่สามารถให้กำลังได้รวดเร็วในเวลาอันสั้น หลังจากเทแล้วสามารถใช้งานได้ภายใน 3-7 วัน เหมาะกับงานที่เร่งด่วน เช่น คอนกรีตอัดแรง เสาเข็ม พื้นถนนที่จราจรคับคั่ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราเอราวัณ สามเพชร TPI (ดำ) และพญานาคแดง

ประเภท 4 (Low-heat Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดพิเศษที่มีอัตราความร้อนต่ำกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งส่งผลดีทำให้การขยายตัวน้อยช่วยลดการ

แตกร้าว เหมาะกับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในประเทศไทยยังไม่มีผลิตจำหน่าย

ประเภท 5 (Sulfate-resistant Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่ทนต่อเกลือซัลเฟตได้สูงเหมาะกับการก่อสร้างบริเวณดินเค็ม หรือใกล้กับทะเล ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราปลาฉลาม TPI (ฟ้า) และตราช้างฟ้า (ปัจจุบันเลิกผลิตแล้ว)

- วัสดุผสม (Aggregate) โดยมีทรายและหินแบ่งโดยตะแกรง No.4
- น้ำ (Water) น้ำที่ใช้ต้องสะอาด
- สารเคมีผสมเพิ่ม (Concrete Admixture) เป็นสารที่ผสมเพิ่มเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติเพิ่มบางประการวัตถุดิบในการผลิตคอนกรีต

### ขั้นตอนในการเทคอนกรีต

การเทคอนกรีต คือ การนำคอนกรีตจากเครื่องมือลำเลียงไปเทให้ใกล้จุดที่ติดตั้งโครงสร้างจะเทมากที่สุด ในแบบหล่อ โดยต้องทำอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการแยกตัว และคอนกรีตสามารถถูกอัดแน่นในแบบหล่อได้อย่างเต็มที่

การเทและการอัดแน่นคอนกรีต เป็นขั้นตอนการทำคอนกรีตที่ดำเนินไปพร้อม ๆ กัน แต่เป็นอิสระต่อกัน โดยควรถือว่าการเทและอัดแน่นเป็นขั้นตอนเดียวกันเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้จะแยกพิจารณาเป็นสองขั้นตอนเพื่อให้เข้าใจความเข้าใจมากขึ้น

การเทคอนกรีตในแนวตั้งให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุด ในแบบหล่อ โดยระยะตกอิสระของคอนกรีต ไม่ควรเกิน 1.5 เมตร เพื่อให้มั่นใจว่าคอนกรีตได้ถูกอัดตามตำแหน่งที่ต้องการ เพื่อลดการแยกตัวของคอนกรีต

### การเทคอนกรีต

การเทคอนกรีตที่ถูกต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

1. คอนกรีต : คอนกรีตมีคุณภาพสม่ำเสมอและมีปริมาณเพียงพอ, และมีอัตราการล้าเลียงที่เหมาะสมกับอัตราการเท
2. เครื่องมือ : เครื่องมือที่เหมาะสมเพียงพอ, สะอาด และพร้อมใช้งาน, มีอัตราการเทที่เหมาะสม, สามารถเข้าถึงจุดที่ต้องการเทมากที่สุด, และไม่ทำให้คอนกรีตแยกตัว
3. การเตรียมการอื่น ๆ : มีคนงานเพียงพอ, ถ้าเทกลางคืน ควรมีแสงไฟเพียงพอ, และตรวจสอบรายละเอียดต่าง ๆ เช่น รอยต่อ แบบหล่อ เหล็กเสริม และสิ่งที่จะฝังติดในคอนกรีต ให้พร้อมก่อนการเท
4. ตำแหน่งและการทิศทางการเท : การเทคอนกรีตให้เคลื่อนที่ลงในแนวตั้งให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุด ในแบบหล่อ และหลีกเลี่ยงการทำให้คอนกรีตเคลื่อนที่ในแนวราบ เพื่อป้องกันการแยกตัวของคอนกรีต
5. ระยะห่างในการเท : ระยะตกอิสระของคอนกรีต ไม่ควรเกิน 1.5 เมตร เพื่อให้มั่นใจว่าเทคอนกรีตได้ถูกตำแหน่งที่ต้องการ และเพื่อลดการแยกตัวของคอนกรีต
6. อัตราการเท : ควรเหมาะสมกับอัตราการอัดแน่นคอนกรีต
7. ความหนาของชั้นคอนกรีตที่เท : ควรเทคอนกรีตเป็นชั้น ๆ อย่างสม่ำเสมอ ไม่ควรเทเป็นกองสูง ความหนาของการแต่ละชั้น ควรเหมาะสมกับวิธีการอัดแน่น เพื่อให้สามารถไล่ฟองอากาศออกจากคอนกรีตได้มากที่สุด โดยทั่วไป ไม่ควรหนาเกินชั้นละ 45 เซนติเมตร
8. รอยต่อระหว่างชั้นการเท คอนกรีต : คอนกรีตในแต่ละชั้น ควรได้รับการอัดแน่นก่อนที่จะเทชั้นต่อไป และควรเทชั้นต่อไปในขณะที่ชั้นล่างยังเหลวอยู่ เพื่อให้คอนกรีตทุกชั้นเชื่อมต่อเป็นเนื้อเดียวกัน และหลีกเลี่ยงการเกิดรอยแยกระหว่างชั้นการเท (Cold Joint)

#### ข้อควรระวัง

- ถ้าตรวจพบการเอี่ยมของน้ำขึ้นมาบนผิวคอนกรีตชั้นที่เทก่อนแล้ว ควรหยุดเทและกำจัดน้ำที่เอี่ยมออกให้หมด ก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นถัดไป
- เมื่อไม่สามารถเทคอนกรีตส่วนใดให้แล้วเสร็จได้ ให้หยุดเทตามตำแหน่งทำให้โครงสร้างเสียความแข็งแรงน้อยที่สุด

- **ไม่ควรเทคอนกรีตตกกระทบกับแบบหล่อเหล็กเสริม หรือสิ่งที่จะฝังติดในคอนกรีต เพราะอาจทำให้คอนกรีตแยกตัวได้ การเทคอนกรีตในแนวตั้งให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุด ในแบบหล่อ โดยระยะตกอิสระของคอนกรีต ไม่ควรเกิน 1.5 เมตร เพื่อให้มั่นใจว่าเทคอนกรีตได้ถูกต้องตามตำแหน่งที่ต้องการ เพื่อลดการแยกตัวของคอนกรีต**

**วิธีการเทคอนกรีต ต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมกับสภาพหน้างาน ทัวไปมีวิธีการเทหลายวิธีดังนี้**

- **การเทโดยแรงงานคนลำเลียง**

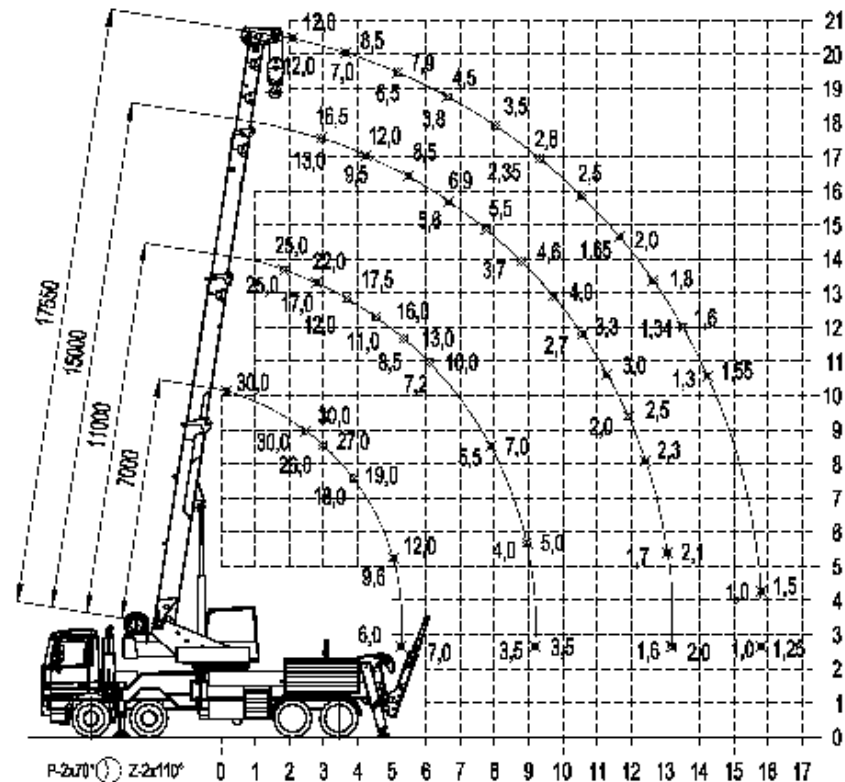
โดยการใช้รถเข็น คนโยนกระป๋อง มีอัตราในการเทต่ำ ใช้แรงงานมาก ศูนย์เสียคอนกรีตมากทั้งในขั้นตอนการผสม ลำเลียง และเท เหมาะกับงานขนาดเล็ก งานที่ไม่สะดวกในการขนส่งด้วยรถ

- **การเทโดยการปล่อยเทโดยตรง**

เป็นการเทคอนกรีต ที่มีอัตราในการเทเร็วที่สุด ประมาณ 60 ลบ.ม./ชม. ค่าใช้จ่ายถูก ใช้แรงงานน้อย แต่บริเวณที่เทรถปูนจะต้องเข้าถึง และงานในแนวราบ เช่นงานถนน

- **การเทโดยใช้รถ Mobile Crane**

การเทโดยใช้รถ Mobile Crane มีอัตรางานการเทประมาณ 20 ลบ.ม./ชม. มีข้อจำกัดตามความยาว Boom น้ำหนักที่ยก จุดยืนเครน ซึ่งการใช้ Crane ทำงานควรศึกษา ความสามารถในการทำงาน Chart Crane ก่อนเสมอ

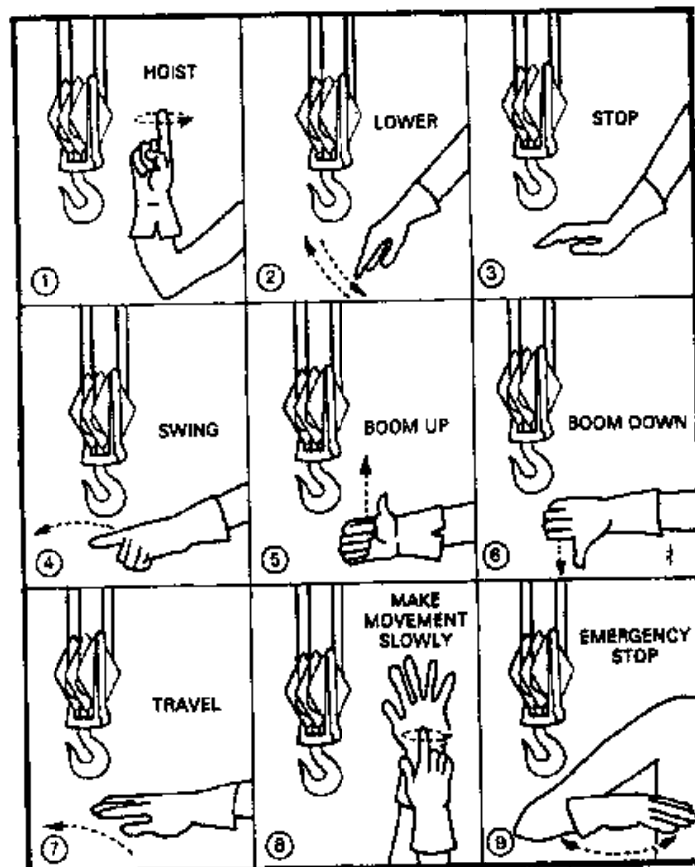


ภาพแสดง ตัวอย่าง Crane Chart

• การเทโดยใช้ Tower Crane

การเทคอนกรีตโดย Tower crane มีอัตราในการเทประมาณ 20 ลบ.ม./ชม. แต่จะลดลงเมื่อยิ่งทำงานสูงขึ้น แต่จะตัดปัญหาเรื่องระยะทำงานในแนวดิ่ง ไม่มีพื้นที่ยืนรถเครน เหมาะกับงานอาคารสูง

การใช้เครนทำงานต้องทำการศึกษาก่อนให้สัญญาณให้ดีทั้งผู้ขับ และผู้สั่งการ และควรมีวิทยุสื่อสารด้วย



ภาพแสดง ตัวอย่างสัญญาณมือในการสื่อสารกับคนบังคับ  
เครน

• การเทโดยใช้รถปั๊มคอนกรีตยิงคอนกรีต

การเทโดยใช้รถปั๊มยิงคอนกรีต มีอัตราในการเทประมาณ 40  
ลบ . ม . / ชม . มี ทั้ง แ บ บ  
รถปั๊ม และปั๊มลาก ต้องระวังเรื่องคนแต่หน้าปูนทำงานไม่ทัน

**การอัดแน่นคอนกรีต**

ผลของการอัดแน่นคอนกรีตที่ดี จะทำให้คอนกรีตที่มีเนื้อแน่น  
สม่ำเสมอ ไม่แยกตัว ไม่เป็นรูโพรงรวมถึงการป้องกันไม่ให้แบบหล่อ เหล็ก  
เสริม และสิ่งที่จะฝังติดเคลื่อนที่ การยัดเหนียวที่ดีระหว่างเหล็กเสริมกับ  
คอนกรีต และระหว่างคอนกรีตชั้นต่างๆ, มีรอยร้าวน้อยที่สุด, มีผิวเรียบ  
สม่ำเสมอ, ไม่มีรอยตำหนิ, มีกำลัง ความคงทน และมีอายุใช้งานได้นาน

**การใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตแบบภายในอย่างถูกต้อง**

ตำแหน่งและระยะห่างในการจุ่มหัวจี้ควรกำหนดระยะห่างการจี้ที่เหมาะสม เพื่อให้คอนกรีตทุกบริเวณในแบบหล่อได้รับการอัดแน่น ระยะห่างในการจุ่มหัวจี้ ขึ้นอยู่กับขนาดของหัวจี้ และรัศมี

- จุ่มหัวจี้ลงไปในแนวตั้งตลอดความลึกของคอนกรีตสด และทะลุผ่านถึงชั้นในชั้นล่างในลำดับ
- จี้เขย่าให้ทั่วทั้งบริเวณด้วยระยะจี้ที่เหมาะสม ถ้าจี้แน่นเกินไปคอนกรีตจะเกิดอาการแตก ร้าว
- เมื่อจี้เขย่าเสร็จแล้วควรดึงหัวจี้ขึ้นอย่างช้าๆ เพื่อไม่ให้มีฟองอากาศขึ้นอยู่ในเนื้อคอนกรีต (ประมาณ 7.5 ซม./วินาที )

## ความเสียหายของคอนกรีต

### การกร่อนหรือการหลุดร่อน (Scaling)



การกร่อนหรือหลุดร่อนของคอนกรีตเป็นเรื่องที่พบเห็นกันบ่อย สามารถเกิดขึ้นได้กับคอนกรีตที่เพิ่งเทใหม่หรือคอนกรีตที่ได้มีการใช้งานมาระยะหนึ่งแล้ว โดยมีสาเหตุ การป้องกันและวิธีการแก้ไขดังต่อไปนี้

สาเหตุของการกร่อนหรือหลุดร่อนของคอนกรีตได้แก่

- การเลือกใช้คอนกรีตไม่ถูกกับประเภทของงาน เช่น เลือกใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดต่ำเกินไป และมีความสามารถรับการขัดสีได้น้อย
- มีปริมาณน้ำในส่วนผสมคอนกรีตที่มากเกินไปหรือมีการเติมน้ำที่หน้างาน เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการแยกชั้นที่ผิวหน้าคอนกรีต ซึ่งการแยกของ

น้ำที่มากไปนั้นจะนำน้ำและส่วนละเอียดต่าง ๆ ลอยขึ้นมาอยู่ที่ผิวหน้าของพื้นคอนกรีต ส่งผลให้ผิวหน้าไม่แข็งแรง

- อัตราส่วนผสมของคอนกรีตไม่ถูกต้อง มีส่วนผสมที่เป็นวัสดุเชื่อมประสานน้อยเกินไป การแต่งผิวหน้าคอนกรีตที่เร็วเกินไป ก่อนที่น้ำจะเอ้าขึ้นมาที่ผิวหน้าเต็มที่ การแต่งผิวหน้าในช่วงเวลาดังกล่าวจะทำให้ น้ำที่กำลังเอ้าขึ้นมา ถูกดันกลับเข้าไปในเนื้อคอนกรีต ดังนั้นผิวหน้าคอนกรีตจึงมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงกว่าที่ออกแบบ ส่งผลให้ผิวหน้าคอนกรีตขาดความแข็งแรง

- น้ำส่วนเกินจากในระหว่างการแต่งผิวหน้าคอนกรีต เช่น การสาดน้ำ เพื่อที่จะได้ขัดหน้าได้สะดวกขึ้น หรือจากการแต่งผิวหน้าคอนกรีตเร็วเกินไป

- การสาดปูนซีเมนต์ผงในขณะที่ทำการแต่งผิวหน้าคอนกรีต เป็นการเพิ่มปริมาณส่วนละเอียดให้กับผิวหน้าคอนกรีตให้มากขึ้น ซึ่งทำให้ชั้นของผิวหน้าคอนกรีตไม่แข็งแรง

- ไม่มีการป้องกันผิวหน้าคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัว ขณะเกิดฝนตก

ข้อเสนอแนะ เพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาคอนกรีตหลุดร่อน

1. ควบคุมค่ายุบตัวของคอนกรีตที่เทพื้น ไม่ควรเกิน 10 ซม. ไม่ทำการเพิ่มค่ายุบตัวของคอนกรีต โดยการเติมน้ำเพิ่มลงในคอนกรีตที่หน้างานอีก โดยหากต้องการเพิ่มค่ายุบตัวให้มากกว่า 10 ซม. ควรใช้น้ำยาลดน้ำประเภท Superplasticizer

2. ไม่ควรทำการแต่งผิวหน้าในขณะที่ยังมีการเอ้าที่ผิวหน้าของคอนกรีต เพราะจะเป็นการทำให้ น้ำที่กำลังจะลอยขึ้นมาที่ผิวหน้าถูกกักกลับไปใต้ผิวคอนกรีตอีก ยิ่งกว่านั้นยังเป็นการดึงฝุ่นและทรายขึ้นมาอยู่ที่ผิวหน้าอีกด้วย

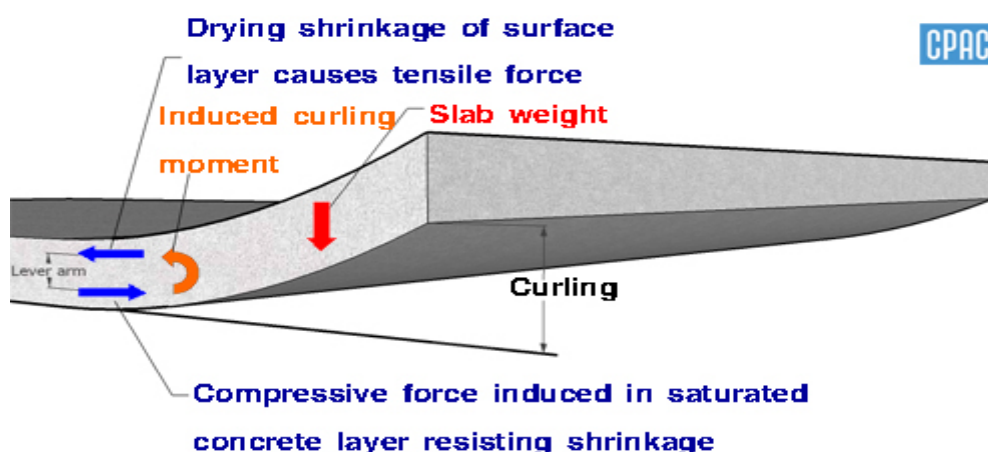
3. ห้ามสาดปูนซีเมนต์ผง เพื่อดูดซับน้ำที่เอ้าบนผิวหน้าคอนกรีต แต่ถ้าต้องการเอาน้ำที่เอ้าออกไปจากผิวหน้าคอนกรีตก็ให้ใช้สายยางดูดออก หรือใช้ที่ปาดน้ำทำการปาดน้ำที่อยู่ที่ผิวหน้าคอนกรีตแทนการสาดปูนซีเมนต์ผง

4. ทำการบ่มคอนกรีตทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการแต่งผิวหน้าและคอนกรีตเริ่มแข็งตัว โดยทำการบ่มอย่างน้อย 7 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของคอนกรีตและโครงสร้าง อาจใช้ได้หลายวิธี เช่น การบ่มโดยใช้วัสดุชุ่มน้ำคลุมแล้วฉีบน้ำให้ชุ่ม, ฉีบน้ำให้เปียกชื้น หรือใช้แผ่นพลาสติกคลุม เป็นต้น สำหรับงานที่ต้องการความ

สวยงามของพื้นผิวควรหลีกเลี่ยงการบ่มโดยการคลุมด้วยกระสอบหรือทราย เนื่องจากอาจจะทิ้งคราบตกค้างอยู่บนพื้นผิวคอนกรีตหลังจากการบ่มได้

### การเกิดการโก่งงอของพื้นคอนกรีต (Curling of Concrete Slabs)

การโก่งงอของพื้นคอนกรีตเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแผ่นพื้นคอนกรีตที่เทบนพื้น ไม่ว่าจะเป็นการเทคอนกรีตใหม่บนดินหรือเทคอนกรีตใหม่ทับพื้นเดิม โดยจะส่งผลทำให้ปลายหรือส่วนกลางของแผ่นพื้น โก่งขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากการที่แผ่นพื้นคอนกรีตมีความชื้นและอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก ระหว่างผิวหน้าด้านบนและด้านล่างคอนกรีต การโก่งงอนี้อาจจะเกิดการยกตัวขึ้นจากพื้นที่รองรับบริเวณปลายแผ่นหรือบริเวณกลางแผ่นก็ได้ ซึ่งจะส่งผลให้พื้นคอนกรีตบริเวณช่องว่างนั้นเกิดการแตกร้าวเมื่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกในสภาวะดังกล่าว โดยทั่วไปการเกิดการโก่งงอจะพบเห็นได้หลังเทคอนกรีตได้ไม่นานอย่างไรก็ตาม บางกรณีอาจเกิดขึ้นในภายหลังจากการใช้งานไปชั่วระยะก็เป็นไปได้



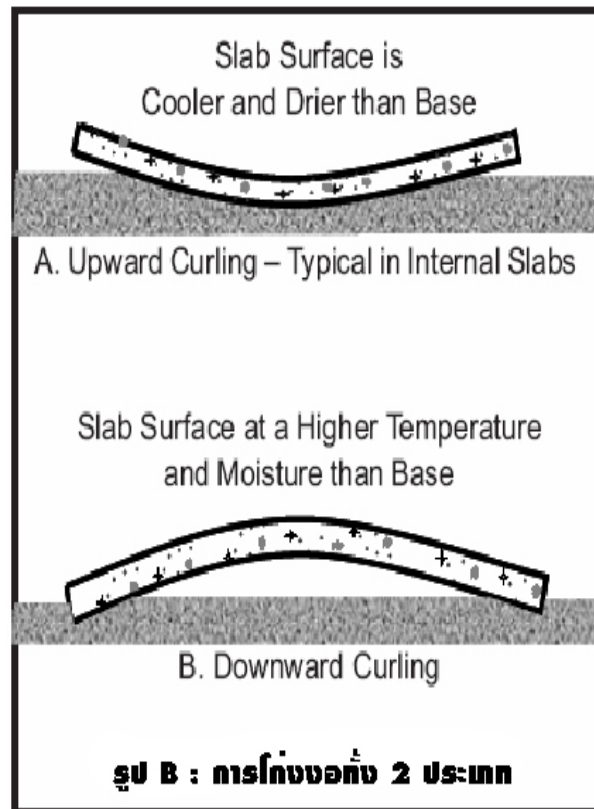
### **รูป A : กลไกการโก่งงอของพื้นคอนกรีต**

สาเหตุของการเกิดการโก่งงอของพื้นคอนกรีต

การเกิดการโก่งงอของพื้นคอนกรีตนี้ มีสาเหตุมาจากการหดตัวของคอนกรีตที่ไม่เท่ากัน (Differential Drying Shrinkage) ระหว่างผิวบนและผิวล่างของพื้นคอนกรีต ซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้นและความแตกต่างของอุณหภูมิในแผ่นพื้นเป็นหลัก การโก่งงอนี้สามารถสังเกตเห็นได้อย่างเด่นชัดจากบริเวณด้านข้างและตรงบริเวณมุมของแผ่นพื้น โดยที่ความรุนแรงในการโก่งงอของคอนกรีตจะมีความสัมพันธ์กับการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) นั่นคือหากคอนกรีตเกิดการหดตัวแบบแห้งมากขึ้นเท่าใด การโก่งงอก็มีแนวโน้มมากขึ้นตามไปด้วย

กรณีส่วนใหญ่การเกิดการโก่งงอจะเกิดขึ้นเมื่อผิวหน้าคอนกรีตแห้งและหดตัวมากกว่าด้านล่าง จะทำให้เกิดการโก่งบริเวณปลายของแผ่นพื้น โดยจะงอขึ้นด้านบน (ดังรูป A) โดยอาจเกิดขึ้นภายหลังจากการเทคอนกรีต ส่วนใหญ่มักพบในกรณีที่ไม่มีการบ่มคอนกรีตที่ดีเพียงพอ ปลอยให้ผิวหน้าคอนกรีตสูญเสียความชื้นเร็วเกินไป มีการเยิ้มบริเวณผิวหน้าคอนกรีตมากเกินไปเนื่องจากในส่วนผสมใช้น้ำมาก หรือมีการสลัดน้ำจนมากเกินไป เพื่อให้่ายในการแต่งผิวหน้าคอนกรีต ซึ่งการบ่มคอนกรีตที่ไม่ถูกต้องและเพียงพอ นั้นเป็นสาเหตุของการเกิดการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) บริเวณผิวหน้าคอนกรีต

สาเหตุของการเกิดการเยิ้มที่มากเกินไปบางครั้งอาจเกิดจากการเทคอนกรีตบนแผ่นกันความชื้นประเภทพลาสติก (Polyethylene Sheet) หรือ การเทคอนกรีตทับหน้าคอนกรีตเก่า สำหรับกรณีนี้ ถ้าพื้นดินที่รองรับมีลักษณะเป็นดินที่มีความอุ้มน้ำสูง การหดตัวของผิวคอนกรีตด้านบนก็จะยิ่งแตกต่างกับด้านล่างมาก สำหรับสาเหตุอีกประการก็คือ อุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างผิวด้านบนกับด้านล่างของคอนกรีต โดยเกิดจากความร้อนจากการที่ผิวหน้าของคอนกรีตสัมผัสกับแสงแดดโดยตรง แต่พื้นดินที่รองรับตรงบริเวณนั้นมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาก สภาพเช่นนี้ก็จะทำให้พื้นคอนกรีตเกิดการโก่งแบบคว่ำ (ดังรูป B) ในบางกรณีอุณหภูมิที่หนาวเย็นในช่วงเวลากลางคืน อาจทำให้พื้นคอนกรีตมีอุณหภูมิต่ำลง ขณะที่ผิวด้านล่างของแผ่นพื้นคอนกรีตกลับต้องสัมผัสกับพื้นดินที่รองรับที่มีอุณหภูมิอบอุ่นกว่า ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมินี้เป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการโก่งงอแบบยกตัวบริเวณส่วนปลายของแผ่นพื้นได้



### วิธีการป้องกันการเกิดการโก่งงอบริเวณปลายพื้นคอนกรีต

สาเหตุเบื้องต้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของแผ่นพื้นซึ่งส่งผลให้เกิดการโก่งงอบริเวณปลายแผ่นพื้น ได้แก่ การเกิดการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) วิธีการทำงาน ความชื้นหรือน้ำใต้ดินของชั้นดินที่รองรับ และความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืน ส่วนวิธีการต่อไปนี้เป็นวิธีที่จะช่วยทำให้เกิดการโก่งงอบริเวณปลายแผ่นพื้นลดลงได้

- ใช้ปริมาณน้ำในส่วนผสมคอนกรีตให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- มวลรวมที่ใช้ควรเลือกใช้ที่มีขนาดโตสุดเท่าที่เป็นไปได้ และ/หรือ ออกแบบให้คอนกรีตมีปริมาณมวลรวมให้มากที่สุดเพื่อลดปัญหาการเกิดการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) ในคอนกรีต
- ระมัดระวังไม่ให้คอนกรีตเกิดการเย็นมากจนเกินไป
- หลีกเลี่ยงส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์มากจนเกินไป ถ้าจำเป็นอาจเลือกใช้วัสดุประเภทปอชโซลานทดแทน

- ควรบ่มคอนกรีตอย่างทั่วถึง โดยเฉพาะรอยต่อและบริเวณปลายแผ่นพื้น ในกรณีที่ใช้สารเคมีบ่มคอนกรีต (Curing Compound) อาจฉีดพ่นซ้ำบริเวณมุมและขอบของแผ่นพื้นซ้ำอีกครั้ง

- ในกรณีที่ต้องการให้เกิดการโก่งงอให้น้อยที่สุด ระยะในการทำรอยต่อคอนกรีตไม่ควรเกิน 24 เท่าของความหนาของแผ่นพื้น

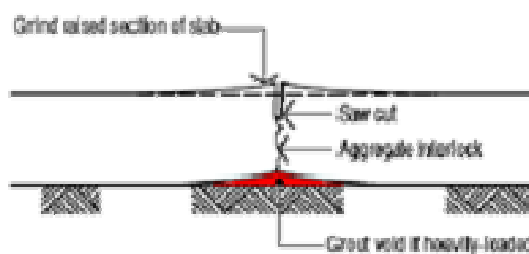
- ในกรณีเทคอนกรีตทับหน้าที่มีความหนาน้อย ๆ อาจเพิ่มการยึดเกาะและเชื่อมประสานระหว่างคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่บริเวณมุมแผ่นพื้นด้วยการทำความสะอาดให้เรียบร้อยและใช้ตะปูคอนกรีตตอกให้ทั่วบริเวณแล้วจึงใช้ลวดพันสลับไปมาระหว่างตะปูให้รอบ

- เลือกใช้ความหนาของพื้นให้มากขึ้นกว่าเดิม หรือเพิ่มความหนาเฉพาะบริเวณปลายแผ่นพื้น

- ควรออกแบบเสริมเหล็กอย่างเหมาะสม การใส่อุปกรณ์ถ่ายแรง (Load Transfer) บริเวณรอยต่อก่อสร้าง (Construction Joint) จะช่วยลดการเคลื่อนตัวในแนวตั้งระหว่างแผ่นพื้นได้

ในกรณีที่ไม่สามารถยอมให้เกิดการโก่งงอบริเวณปลายแผ่นพื้นเลย อาจทำได้โดยการใส่สารเคมีลดการหดตัวในคอนกรีต, การใช้คอนกรีตที่ออกแบบให้มีการชดเชยการหดตัว, การใช้พื้นคอนกรีตอัดแรง หรือการใช้สุญญากาศดูดเอาน้ำส่วนเกินในคอนกรีตออกไป ซึ่งวิธีการเหล่านี้ล้วนแต่เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูง

สำหรับวิธีการซ่อมแซมการโก่งงอบริเวณปลายแผ่นพื้นอาจทำได้โดยการทำรอยต่อ (Contraction Joint) ด้วยวิธีการใช้เลื่อยตัด (Saw cut) เพิ่มเติม จากนั้นขัดพื้นบริเวณที่โก่งขึ้นมาให้เรียบเสมอกันแล้วจึงทำการอุดช่องว่างด้วยซีเมนต์เพสต์ หรือ Epoxy บริเวณช่องว่างใต้แผ่นพื้นให้เต็ม



รูป C : วิธีการซ่อมแซมการโก่งงอ

### การเกิดฝุ่นที่ผิวหน้าคอนกรีต (Dusting Concrete Surfaces)

การเกิดฝุ่นที่ผิวหน้าคอนกรีตเป็นการสะสมของวัสดุที่มีลักษณะเป็นผงหรือเป็นฝุ่นอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับโครงสร้างคอนกรีตประเภทพื้นและผิวถนน โดยจะเกิดภายหลังจากการใช้งานหรือถูกขัดสีไปแล้วระยะเวลาหนึ่ง



#### สาเหตุที่ทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตเป็นฝุ่น

ฝุ่นที่ผิวหน้าคอนกรีตมีสาเหตุมาจากการที่ผิวหน้าคอนกรีตมีความอ่อนแอไม่สามารถต้านทานการขัดสีซึ่งเกิดขึ้นโดยปกติ หรืออาจถูกขัดข่วนด้วยวัตถุที่มีความแข็งหรือการกวาดพื้น อนุภาคของส่วนละเอียดไม่มีแรงยึดเหนี่ยวกับเนื้อคอนกรีตทำให้อนุภาคของส่วนละเอียดนี้หลุดร่อนออกมา โดยมีสาเหตุหลักจะเหมือนกับการกร่อนหรือหลุนร่อนของคอนกรีต และตามรายละเอียดต่อไปนี้

- ขาดการบ่มที่เพียงพอ โดยผิวหน้าของคอนกรีตถูกปล่อยให้สูญเสียน้ำออกไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในสภาวะที่อากาศร้อน ความชื้นในอากาศต่ำและมีลมพัดแรง ทำให้ความแข็งแรงของผิวหน้าคอนกรีตลดลง ดังนั้นการบ่มคอนกรีตอย่างถูกต้องจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อที่จะได้คอนกรีตที่มีคุณภาพและมีผิวหน้าที่ทนทาน

- การอัดแน่นหรือการจี้เขย่าที่ไม่ถูกต้องและเพียงพอ
- การเทคอนกรีตบนพื้นดิน ที่มีการดูดซับน้ำหรือมีการปูแผ่นพลาสติกหรือใช้น้ำยากันการระเหยของไอน้ำประเภท Polyethylene
- การเกิด Carbonation ที่ผิวหน้าเนื่องจากไม่มีอากาศถ่ายเทและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง

#### วิธีการลดความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาผิวหน้าคอนกรีตเป็นฝุ่น

1. เลือกใช้คอนกรีตให้เหมาะสมกับงานประเภทต่าง ๆ อย่างถูกต้อง โดยต้องคำนึงถึงกำลังอัดและความสามารถในการต้านทานต่อการขัดสี ซึ่งยิ่งคอนกรีตมีอัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุประสานต่ำก็จะยิ่งทนการขัดสีได้ดี

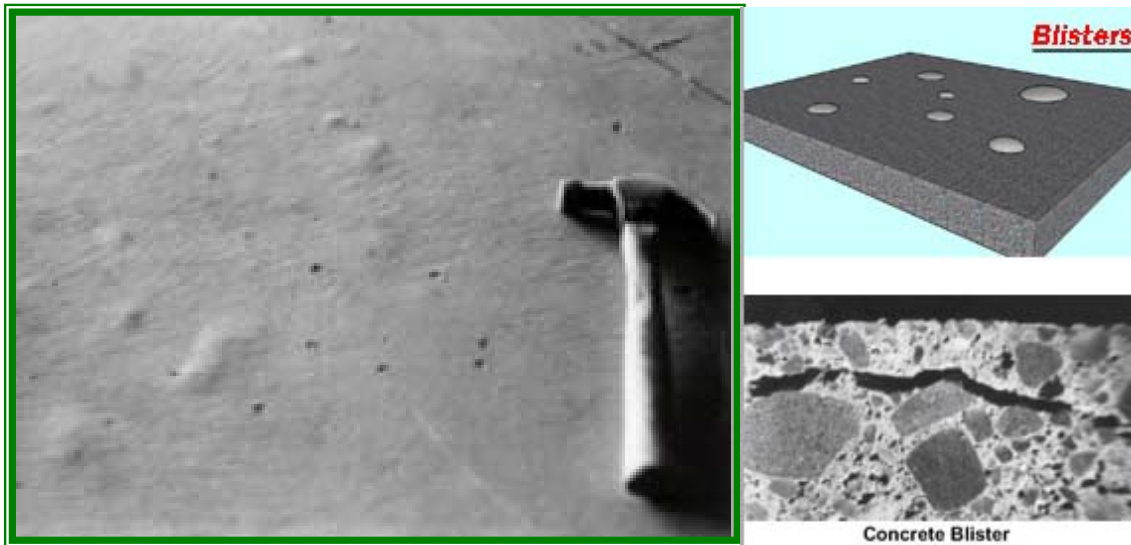
2. ไม่เติมน้ำเพิ่มลงในคอนกรีตที่หน้างานอีก

3. ในการเทคอนกรีตในหน้าหนาว ควรเลือกใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวที่ **ไม่ สูง มาก ( ไม่ ควร เกิน 8 ซม.)** เนื่องจากระยะเวลาการก่อตัวที่นานขึ้น จะทำให้เกิดการเย็นที่ผิวหน้าคอนกรีตมากกว่าเดิม ดังนั้นจึงไม่ควรใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวสูง ส่วนการเทคอนกรีตในหน้าร้อนสามารถเลือกใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวสูงขึ้น ตราบที่ระยะเวลาการก่อตัวและการเย็นยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยที่ส่วนผสมคอนกรีตจะต้องไม่เกิดการเย็นที่มากเกินไปหรือเกิดการแยกตัวเมื่อเทคอนกรีต

4. ไม่ควรทำการแต่งผิวหน้าในขณะที่ยังมีการเย็นที่ผิวหน้าของคอนกรีต เพราะจะเป็นการทำให้หน้าที่กำลังจะลอยขึ้นมาที่ผิวหน้าถูกกักกลับไปใต้ผิวคอนกรีตอีก ยิ่งกว่านั้นยังเป็นการดึงฝุ่นและทรายขึ้นมาอยู่ที่ผิวหน้าอีกด้วย

### ***การเกิดผิวหน้าคอนกรีตปูดพอง (Concrete Blisters)***

การเกิดการปูดพอง (Blisters) บริเวณผิวหน้าคอนกรีตจริง ๆ แล้วคือโพรงอากาศที่ถูกกักไว้ภายใต้ผิวหน้าของคอนกรีต ซึ่งจะทำให้บริเวณผิวหน้าคอนกรีตมีลักษณะตะปุ่มตะป่ำ มีขนาดตั้งแต่เท่าเหรียญห้าสิบบatangไปจนถึงขนาด 1 นิ้ว แต่บางครั้งอาจจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 2-3 นิ้ว ก็เป็นไปได้ในขั้นตอนการแต่งผิวหน้าคอนกรีตถ้าใช้เกรียงปาดผิวหน้าคอนกรีตเข้าไปเข้ามามาก ๆ ชั้นของมอร์ต้าบาง ๆ ซึ่งมีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร ก็จะกักพองอากาศให้อยู่ข้างใต้นั้น โดยการเกิดผิวหน้าปูดพองมักจะเกิดขึ้นภายหลังการแต่งผิวหน้าคอนกรีตไม่นานนัก เป็นการยากมากที่จะสังเกตเห็นการเกิดผิวหน้าปูดพองที่มีขนาดเล็ก ๆ ในการเทคอนกรีตในสถานที่ที่มีแสงสว่างไม่เพียงพอ ซึ่งส่วนใหญ่จะทราบก็ต่อเมื่อพบว่าผิวหน้าคอนกรีตเกิดความเสียหายแล้ว



### สาเหตุของการเกิดผิวหน้าคอนกรีตปุดพอง

1. การจี้เขย่าคอนกรีตที่น้อยเกินไปหรือมากเกินไป โดยการจี้เขย่าที่น้อยเกินไปนั้นจะทำให้ฟองอากาศยังคงอยู่ภายในเนื้อคอนกรีต ส่วนการจี้เขย่าที่มากเกินไปนั้นอาจเกิดขึ้นจากการใช้เครื่องเขย่าชนิดวางบนผิวคอนกรีต (vibrating screeds) ถ้าเขย่ามากเกินไปจะทำให้มอร์ต้าลอยขึ้นมาอยู่บริเวณผิวหน้าของคอนกรีตเป็นจำนวนมาก
2. การใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสมกับการแต่งผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ หรือการใช้อย่างไม่ถูกวิธี โดยควรมีการทดสอบปาดหน้าคอนกรีตด้วยเกรียงที่ทำจากวัสดุต่าง ๆ โดยเกรียงที่เลือกใช้ควรเรียบไม่ขรุขระ
3. ในสภาวะอากาศที่ร้อน แสงแรง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตสูญเสียน้ำออกไปอย่างรวดเร็วจนทำให้ผิวหน้าแข็งจนสามารถแต่งผิวหน้าคอนกรีตได้ (ขณะที่ในความเป็นจริงยังต้องรอ) แต่ภายในเนื้อคอนกรีตยังไม่แข็งตัวดี ลักษณะเช่นนี้จะเป็นการปิดกั้นน้ำและฟองอากาศที่จะลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของคอนกรีต
4. การใช้คอนกรีตที่ผสมสารกักกระจายฟองอากาศหรือการใช้ปริมาณมากกว่าปกติ ซึ่งอัตราการเยิ้มและปริมาณของน้ำที่เยิ้ม จะลดลงอย่างมากเมื่อใส่สารกักกระจายฟองอากาศในคอนกรีต จึงอาจเป็นสาเหตุของการแต่งผิวหน้าคอนกรีตก่อนเวลาอันควร

5. ชั้นของดินที่รองรับมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศมาก สภาพเช่นนี้จะทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตแข็งตัวเร็วกว่าด้านล่างจึงทำให้เกิดการแต่งผิวหน้าคอนกรีตก่อนเวลาอันควร

6. ความหนาของพื้นจะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาของการเย็นน้ำและฟองอากาศที่จะขึ้นไปที่ผิวหน้า ฉะนั้นพื้นที่หนา ๆ ก็จะใช้เวลานานกว่าระยะเวลาที่เคยทำงานตามปกติ

7. คอนกรีตที่มีความชื้นเหลือ (Slump) ต่ำ ๆ เนื่องจากมีปริมาณวัสดุประสานหรือใช้ทรายที่ละเอียดมาก ๆ จะทำให้มีอัตราการเย็นน้อยหรือเกิดขึ้นช้า กลับกันถ้าส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ปริมาณวัสดุประสานต่ำจะทำให้เกิดการเย็นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาที่สั้นกว่า สำหรับคอนกรีตที่มีแนวโน้มที่จะมีอัตราการเย็นช้าจะต้องยืดเวลาการแต่งผิวหน้าออกไป

8. การสาดปูนซีเมนต์ผงลงบนผิวหน้าคอนกรีตเพื่อทำการขัดหน้านั้นเป็นการแต่งผิวหน้าคอนกรีตโดยทำเร็วกว่าเวลาอันสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ควรทำในคอนกรีตที่ผสมสารกักกระจายฟองอากาศ

9. การเทคอนกรีตโดยตรงบนวัสดุกันน้ำหรือที่รองรับที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ นั้น จะทำให้น้ำที่เย็นขึ้นมาบนผิวหน้าคอนกรีตมากขึ้น เนื่องจากชั้นดินที่รองรับไม่สามารถดูดซึมน้ำในคอนกรีตบางส่วนไว้ได้

#### วิธีการป้องกันการเกิดผิวหน้าคอนกรีตปูดพอง

1. ควรใช้ความระมัดระวังในการแต่งผิวหน้าคอนกรีตเพิ่มมากขึ้น เพราะบางครั้งผิวหน้าของคอนกรีตอาจดูเหมือนพร้อมสำหรับการแต่งผิวหน้าได้ก่อนเวลาปกติที่สามารถทำได้ อีกทั้งไม่ควรปาดหน้าคอนกรีตเข้าไปข้ามจนมอร์ต้าลอยขึ้นมาอยู่บริเวณผิวหน้ามากเกินไป

2. ในสภาวะอากาศที่มีอัตราการระเหยสูงถ้ายังไม่สามารถแต่งผิวหน้าคอนกรีตได้ภายหลังจากที่เทคอนกรีตเสร็จแล้ว ให้คลุมผิวหน้าด้วยพลาสติกหรือวัสดุกันน้ำอื่น ๆ ไว้ในช่วงระหว่างที่รอ เพื่อป้องกันน้ำที่ผิวหน้าระเหยออกเร็วเกินไป โดยเหลือเปิดไว้เฉพาะส่วนที่คาดว่าจะยังเกิดการเย็นอยู่

3. ในการปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยแปรงปาด ควรเลือกใช้ใบปาดที่มีความเรียบไม่ขรุขระ เพื่อหลีกเลี่ยงการกระจายน้ำหนักที่ไม่เท่ากันลงบนผิวหน้าคอนกรีต

4. ใช้น้ำยาเร่งการก่อตัวหรือใช้คอนกรีตที่มีความร้อนสูงกว่าปกติ เพื่อป้องกันการเกิดผิวหน้าคอนกรีตปูดพองเนื่องจากอากาศที่หนาวเย็น

5. ควรหลีกเลี่ยงการใช้คอนกรีตที่ผสมสารกักกระจายฟองอากาศในการเทพื้นภายในอาคาร และไม่ควรใช้เกรียงเหล็กในการแต่งผิวหน้าของคอนกรีตที่ผสมสารกักกระจายฟองอากาศ

6. ในขณะการแต่งผิวหน้าคอนกรีตถ้าเกิดการปูดพองขึ้นให้พยายามใช้เกรียงขัดซ้ำบริเวณที่เกิดให้เรียบหรือใช้เกรียงฉีกรอยที่ปูดออกแล้วขัดซ้ำด้วยเกรียงที่ทำจากไม้ รวมทั้งยืดเวลาการแต่งผิวหน้าให้นานออกไป

7. ในการเทคอนกรีตในสถานะที่มีอัตราการระเหยสูงควรจะต้องมีการป้องกัน โดยการทำที่กันลม (wind breaks) เพื่อไม่ให้ลมสัมผัสกับผิวหน้าคอนกรีตโดยตรง รวมทั้งทำการฉีดพ่นน้ำให้เป็นละอองฝอยทันทีหลังการแต่งผิวหน้าเสร็จและคลุมด้วยกระสอบเปียกหรือใช้แผ่นพลาสติกคลุมทันทีที่ได้

### รูตามดบนผิวคอนกรีต

งานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในปัจจุบัน มีแนวโน้มที่จะเน้นความสวยงามของผิวโครงสร้างคอนกรีต โดยที่ไม่จำเป็นต้องมาตกแต่งภายหลัง ดังนั้นเพื่อความสวยงาม ผิวคอนกรีตจึงต้องเรียบเนียนสวย ไร้รอยตำหนิ แต่ปัจจุบันปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นและกระทบต่อคุณภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างนั่นก็คือ ปัญหาผิวคอนกรีตเป็นรูตามด



รูตามต คือ ฟองอากาศขนาดเล็กปรากฏที่ผิวคอนกรีต ฟองอากาศเหล่านี้เกิดจากการเคลื่อนที่ของฟองอากาศในคอนกรีตไปสู่ส่วนที่ติดกับไม้แบบซึ่งมักจะเกิดในแบบแนวดิ่ง ในขณะที่ทำการจี้คอนกรีต แรงสั่นสะเทือนทำให้ปริมาตรคอนกรีตลดลง อากาศและน้ำส่วนเกินในคอนกรีตจะแยกออกมาจากส่วนที่เป็นวัสดุประสาน น้ำจะเคลื่อนตัวไปสู่ด้านบนเนื่องจากความหนาแน่นที่แตกต่างกันและกลายเป็นน้ำเยิ้ม (Bleed water) ที่ผิวด้านบน ส่วนฟองอากาศจะเคลื่อนตัวไปหาจุดสมดุลที่ใกล้ที่สุดที่มีแรงดันอากาศเท่ากัน สำหรับคอนกรีตหล่อในแนวดิ่ง ระยะทางใกล้ที่สุดที่ฟองอากาศจะเคลื่อนตัวไป คือ ผิวแบบด้านบน ในรูตามต พบส่วนมากที่ตำแหน่งส่วนบนของโครงสร้าง หรือตำแหน่งที่เป็นมุมฉาก เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่สะสมของฟองอากาศตามแนวสูงของโครงสร้างที่เกิดจากการจี้คอนกรีต โพรงเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อความสวยงามของโครงสร้างประเภทคอนกรีตเปลือย (ไม่ฉาบผิว)

#### สาเหตุของการเกิดรูตามต

ปัจจัยที่มีผลมากที่สุดที่เกิดรูตามต มาจากการจี้เขย่าคอนกรีตไม่เพียงพอ โดยทั่วไปการจี้คอนกรีตด้วยแรงสั่นสะเทือนจะทำให้ฟองอากาศและน้ำเคลื่อนตัวไปยังผิวคอนกรีตทั้งในทิศทางแนวดิ่งสู่ด้านบนหรือทิศทางแนวขวางสู่ผิวคอนกรีตด้านข้างที่สัมผัสกับแบบหล่อ การจี้เขย่าที่ไม่เพียงพอไม่สามารถขจัดโพรงอากาศเหล่านี้ได้ แต่ถ้าจี้เขย่ามากเกินไปจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวและเกิดการเยิ้มน้ำที่ผิวคอนกรีตได้

อีกปัจจัยที่ก่อให้เกิดรูตามตบนผิวคอนกรีต คือ แบบที่ใช้หล่อคอนกรีต การใช้แบบหล่อที่ไม่ซีมน้ำ (แบบเหล็ก แบบไม้เคลือบโพลีเมอร์) และสารทาผิวแบบ (Form-release agent) ทำให้เกิดรูตามตได้ เนื่องจากทำให้ฟองอากาศเคลื่อนตัวที่ผิวแบบได้ยาก ดังนั้นการใช้สารทาผิวแบบจะต้องปฏิบัติตามข้อแนะนำของผู้ผลิต และใช้แบบหล่อที่ทำด้วยวัสดุที่บริษัทผลิตน้ำยาระบุนั้น

ส่วนผสมคอนกรีตก็เป็นอีกปัจจัยที่ก่อให้เกิดรูตามตได้ ส่วนผสมที่เหนียวหรือแข็งกระด้าง ที่จี้เขย่ายากจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเกิดรูตามตที่ผิวคอนกรีต

#### การป้องกันการเกิดรูตามต

1. การจี้เขย่าคอนกรีตให้เพียงพอ ในการเทคอนกรีตแต่ละชั้นจะต้องจี้เขย่าคอนกรีตให้เสร็จสมบูรณ์ เมื่อเทชั้นต่อไปการจี้คอนกรีตต้องให้หัวจี้ทะลุไปยังชั้นก่อนหน้านั้น และเขย่าให้ฟองอากาศเคลื่อนออกสู่แบบด้านข้างและผิวคอนกรีตด้านบน

2. การใช้แบบหล่อที่น้ำซึมได้ เมื่อใช้แบบหล่อที่น้ำไม่ซึม เช่น แบบหล่อเหล็กจะต้องจี้เขย่าคอนกรีตมากกว่าปกติเพื่อไล่ฟองอากาศให้หลุดสู่ผิวคอนกรีต การใช้แบบหล่อที่น้ำซึมได้ สามารถลดจำนวนรูตามดที่ผิวคอนกรีตได้อย่างชัดเจน เนื่องจากฟองอากาศสามารถซึมผ่านแบบสู่บรรยากาศได้ การเลือกใช้ประเภทของน้ำมันทาแบบ (Form-releasing agent) และใช้ปริมาณที่เหมาะสม สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพผิวคอนกรีตได้

3. ส่วนผสมคอนกรีต การใช้คอนกรีตที่สามารถไหลตัวได้ดีทำให้เทลงแบบได้ง่าย ทำให้ลดโอกาสการเกิดรูตามดที่ผิวคอนกรีตได้ คอนกรีตที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดละเอียดทำให้ลดปริมาณมวลรวมละเอียดในส่วนผสม การใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่พอเหมาะ การใช้ น้ำยาผสมคอนกรีต ที่เพิ่มความสามารถการไหลของคอนกรีต ทำให้การจี้เขย่าคอนกรีตทำได้ง่ายขึ้น เหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการเกิดรูตามดที่ผิวคอนกรีตน้อยลง ในอุตสาหกรรมคอนกรีต (โดยเฉพาะการหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป) การใช้ Self-Compacting Concrete (SCC) ทำให้คุณภาพผิวคอนกรีตดีขึ้นอย่างชัดเจน

## การบ่มคอนกรีต

การบ่มคอนกรีตเป็นการควบคุมและป้องกันมิให้น้ำในคอนกรีตระเหยออกจากคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วเร็วเกินไป เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดสำหรับปฏิกิริยาไฮเดรชัน ซึ่งจะส่งผลต่อกำลังของคอนกรีตโดยตรง ดังนั้น หลังจากที่ผิวหน้าคอนกรีตแข็งตัวแล้ว จะต้องบ่มคอนกรีตให้มี ความชื้น น้อยเสมอ เป็นเวลาอย่างน้อย 7 วัน กำลังของคอนกรีตจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ トラบเท่าที่ยังมีความชื้นให้ปูนซีเมนต์ได้ทำปฏิกิริยากับน้ำ

### วิธีการบ่มคอนกรีต

วิธีการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับสภาพของงานคอนกรีตนั้น ๆ เป็นหลัก ลักษณะของการบ่มคอนกรีตสามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะ คือการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต การป้องกันการเสียน้ำของคอนกรีต และการเร่งกำลัง

**1. การบ่มโดยการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต** การบ่มลักษณะนี้จะเพิ่มความชื้นให้กับผิวคอนกรีตโดยตรง เพื่อทดแทนการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารถทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

**1.1 การขังหรือหล่อหน้า** เป็นการทํานบกันน้ำไม่ให้ไหลออก มักจะใช้กับงานทางระดับ เช่น พื้น หรือถนน เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทําทํานบ อาจจะเป็นดินเหนียว หรืออิฐก็ได้ ข้อควรระวังสำหรับวิธีนี้ คือ ต้องระวังอย่าให้ทํานบกันน้ำพัง และหลังจากบ่มเสร็จแล้ว อาจจะต้องทําคความสะอาดผิวหน้าคอนกรีต

**1.2 การฉีดน้ำหรือรดน้ำ** เป็นการฉีดน้ำให้ผิวคอนกรีตเปียกอยู่เสมอวิธีนี้ใช้ได้กับงานคอนกรีต ทั้งในแนวตั้ง แนวระดับ หรือแนวเอียง ข้อควรระวัง คือต้องฉีดน้ำให้ทั่วถึงทุกส่วนของคอนกรีต และแรงดันน้ำต้องไม่แรงเกินไปจนชะเอาผิวหน้าคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวต้อออก วิธีนี้ต้องสิ้นเปลืองน้ำมาก และต้องอาศัยที่ที่มีแรงดันน้ำมากพอ

**1.3 การคลุมด้วยวัสดุเปียกชื้น** เป็นวิธีที่ใช้กันมาก เพราะสะดวก ประหยัด และสามารถใช้ได้กับงานทั้งแนวระดับ แนวตั้ง และแนวเอียง วัสดุที่ใช้คลุมอาจจะใช้ ผ้าใบ กระสอบ หรือวัสดุอื่นที่อมน้ำ ข้อควรระวัง คือวัสดุที่คลุมต้องเปียกชุ่มอยู่เสมอ การคลุมต้องคลุมให้วัสดุคลุมเหลื่อมกัน วัสดุที่ใช้คลุมต้องปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต หรือทำให้คอนกรีตต่าง สำหรับการคลุมงานคอนกรีตในแนวตั้ง ต้องยึดวัสดุคลุมให้แน่นหนา ไม่เลื่อนหล่นลงมาได้ โดยเฉพาะเวลาที่ราดน้ำ ซึ่งจะต้องทำเป็นประจำ

**2. การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต** วิธีการนี้ใช้การฉนิกผิวของคอนกรีต เพื่อป้องกันมิให้ความชื้นจากคอนกรีตระเหยออกจากเนื้อคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารถกระทำได้หลายวิธีดังนี้

**2.1 การบ่มในแบบหล่อ** แบบหล่อไม้ที่เปียก และแบบหล่อเหล็ก ส ำ ม า ร ถ บั อ ง กั น การสูญเสียความชื้นได้ดี วิธีนี้จัดได้ว่าง่ายที่สุด เพียงแค่ทิ้งแบบหล่อให้อยู่กับคอนกรีตที่หล่อไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ และคอยดูแลให้ผิว

ด้านบนคอนกรีตมีน้ำอยู่ โดยน้ำนั้นสามารถไหลซึมลงมาระหว่างแบบหล่อกับคอนกรีตได้

**2.2 การใช้กระดาษกันน้ำซึม** เป็นการใช้กระดาษกันน้ำซึม ปิดทับผิวคอนกรีตให้สนิท เป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน วิธีนี้มักนิยมใช้กับงานคอนกรีตแนวระดับ กระดาษกันน้ำซึมนี้ เป็นกระดาษเหนียวสองชั้นยึดติดกันด้วยยางมะตอย และเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว มีคุณสมบัติในการยึดหดตัวไม่มากนักเวลาที่เปียกและแห้ง ข้อควรระวังในการใช้กระดาษ คือ บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นจะต้องฉีกให้แน่นด้วยกาว หรือเทป และกระดาษต้องไม่มีรอยรอยฉีกขาด หรือชำรุด

**2.3 การใช้แผ่นผ้าพลาสติกคลุม** วิธีการนี้จะเหมือนกับการใช้กระดาษกันน้ำ แต่แผ่นผ้าพลาสติกจะเบากว่าเดิม จึงสะดวกในการใช้มากกว่า สามารถใช้กับงานโครงสร้างทุกชนิด ข้อควรระวังก็เช่นเดียวกับกระดาษกันน้ำ คือ รอยต่อและการชำรุดฉีกขาด และเนื่องจากมีน้ำหนักเบา จึงต้องระวังเรื่องการผูกยึด ป้องกันลมพัดปลิวด้วย

**2.4 การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต** เป็นการพ่นสารเคมีลงบนผิวคอนกรีตซึ่งสารเคมีที่พ่นนี้จะกลายเป็นเยื่อบาง ๆ คลุมผิวคอนกรีต ป้องกันการระเหยออกของน้ำในคอนกรีตได้ การบ่มวิธีนี้ทั้งสะดวกและรวดเร็วแต่ค่าใช้จ่ายจะสูง จึงมักใช้กับงานที่บ่มด้วยวิธีอื่นได้ลำบาก การพ่นสารเคมีนี้ต้องกระทำในขณะที่ผิวคอนกรีตยังขึ้นอยู่ และต้องพ่นให้ทั่วถึง ข้อที่ควรทราบ คือสารเคมีประเภทนี้จะทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตที่จะเทใหม่เสียไป จึงไม่ควรใช้กับงานคอนกรีตที่ต้องต่อเติม หรือฉาบปูนในภายหลัง และหากใช้สารเคมีฉีดพ่นแล้ว ไม่ควรฉีดน้ำซ้ำ เพราะน้ำจะไปชะล้างสารเคมีออก ควรชี้แจงให้คนที่ทำงานทราบถึงประเด็นนี้ เพื่อจะได้ไม่ฉีดชะล้างสารเคมีออกโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์

**3. การบ่มด้วยการเร่งกำลัง** เป็นการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ โดยให้ความชื้น และความร้อน กับคอนกรีตที่หล่อเสร็จใหม่ ๆ วิธีนี้จะทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้นโดยรวดเร็วช่วยลดการหดตัว และเพิ่มความต้านทานต่อสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต การบ่มคอนกรีตด้วยวิธีนี้สามารถทำได้สองวิธี คือการบ่มด้วยไอน้ำที่มีความดันต่ำ และการบ่มด้วยไอน้ำที่มีความดันสูง การบ่มด้วยวิธีการเร่งกำลัง นิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรมคอนกรีตสำเร็จรูป

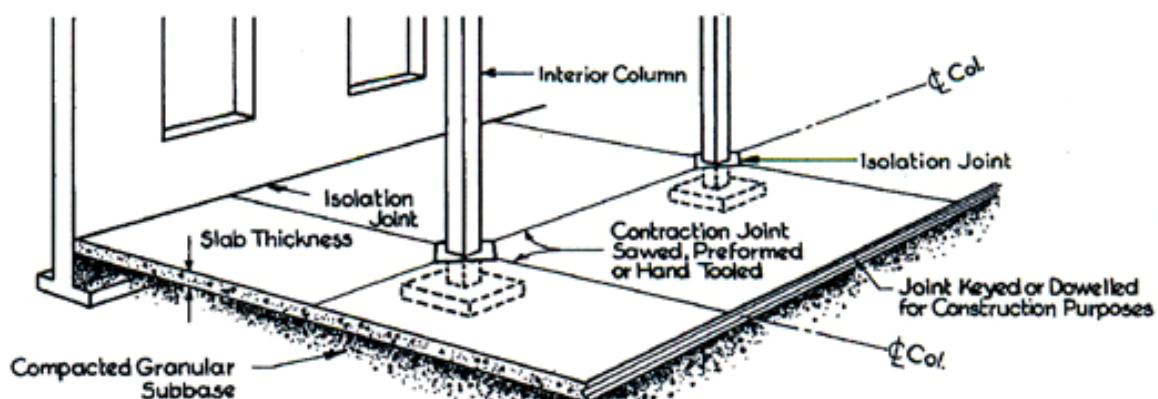
ได้มีงานวิจัยเปรียบเทียบผลของการบ่มคอนกรีตด้วยวิธีการต่าง ๆ ด้วยการหล่อพื้นคอนกรีตและบ่มตามวิธีที่กำหนด จากนั้นเจาะคอนกรีตออกมาและทดสอบหากล้างอัดคอนกรีตโดยเปรียบเทียบกับกำลังอัดคอนกรีตของตัวอย่างทรงกระบอกมาตรฐานที่บ่มขึ้น (Moist cured) จนมีอายุ 28 วัน

สรุปได้ดังนี้ ปัจจัยสำคัญที่สุดต่อกำลังคอนกรีตคือ สภาพการบ่มคอนกรีตในระยะต้น ผลด้านกำลังอัดเรียงจากดีสุดเป็นดังนี้

- การบ่มแบบขังน้ำ (Ponding)
- การบ่มแบบพรมน้ำเป็นระยะ ๆ
- การใช้แผ่นพลาสติกคลุม
- การฉีดด้วยสารเคมีบ่มคอนกรีต

## รอยต่อคอนกรีต (Concrete Joints)

โครงสร้าง คอนกรีตเสริมเหล็กโดยเฉพาะ พื้นประเภทที่วางบนดิน (Slab on grade) ต้องมีการทำรอยต่อในการก่อสร้างเป็นระยะ ๆ เพื่อป้องกันปัญหาการแตกร้าวของคอนกรีต เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของคอนกรีตปริมาตรของคอนกรีตที่เปลี่ยนแปลงมีสาเหตุจาก การหดตัวของคอนกรีต (Drying shrinkage) การเปลี่ยนแปลงปริมาตรจากอุณหภูมิ



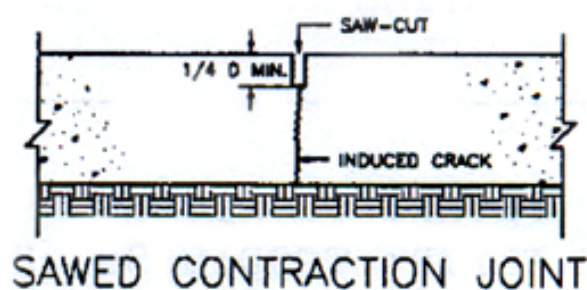
รอยต่อเพื่อการหดตัว (Contraction joint หรือ Control Joint) มีไว้เพื่อให้เกิดการเคลื่อนตัวของคอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตเกิดการหดตัวแบบแห้ง จากการที่น้ำในคอนกรีตระเหยไปในอากาศ การหดตัวนี้ทำให้เกิดการแตกร้าวของคอนกรีตได้ การทำ Contraction joint เป็นการบังคับให้การ

แตกร้าว เกิดในตำแหน่งที่กำหนด โดยทั่วไป ควรทำ contraction joint ที่ระยะห่างทุก ๆ 24-35 เท่าของความหนาแผ่นพื้น และแบ่งพื้นเป็นสี่เหลี่ยมขึ้นเล็ก ๆ โดยให้อัตราส่วน ด้านยาวต่อด้านสั้น ไม่เกิน 1.5:1.0 ถ้าเป็นไปได้ ควรกำหนดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

การทำรอยต่อแบบ Contraction joint เพื่อเป็นการบังคับให้รอยแตกอยู่ในแนวที่กำหนดไว้ เนื่องจากคอนกรีตหลังจากแข็งตัวแล้ว จะมีการหดตัวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านไปหากไม่ทำ Contraction joint รอยแตกจะเกิดขึ้นกระจายทั่วไป การทำ Contraction joint ด้วยการใช้เลื่อยตัด (Sawed cut) มีข้อควรปฏิบัติดังนี้

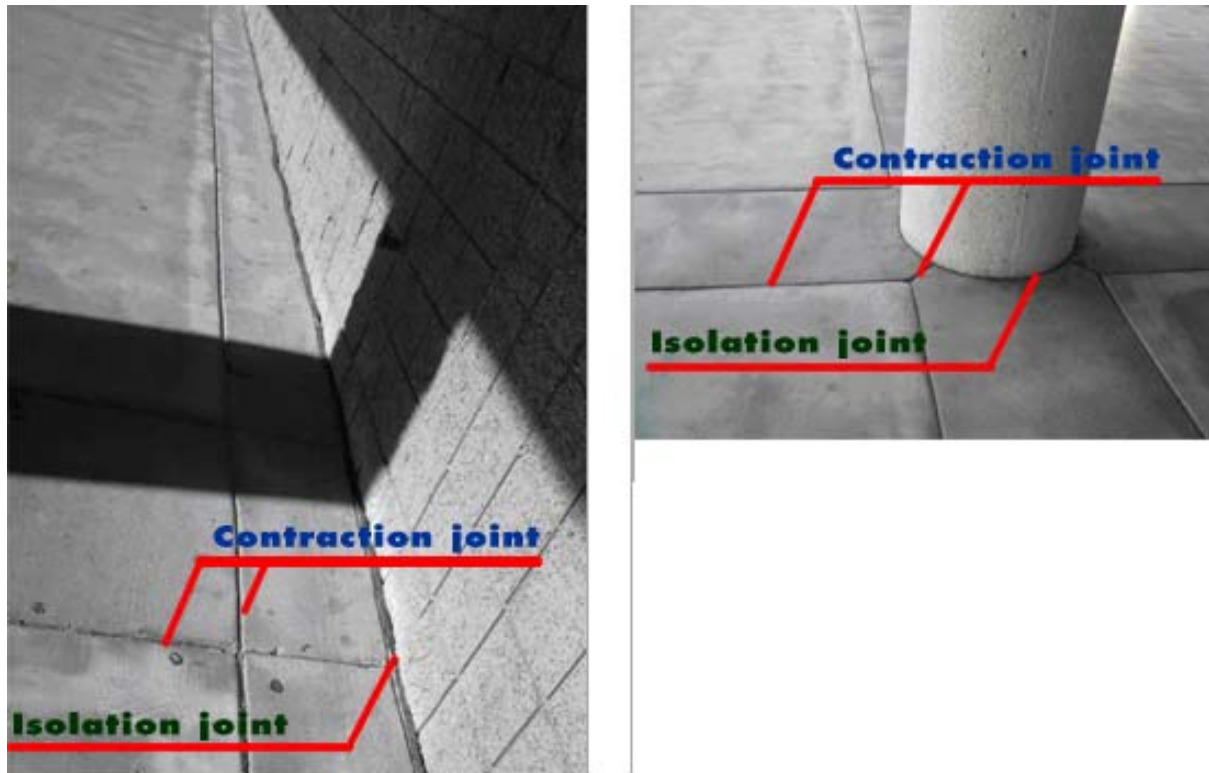
ระยะเวลาในการตัด ควรทำให้เร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้หลังจากคอนกรีตแข็งตัวแล้ว เนื่องจากถ้าทิ้งไว้ คอนกรีตจะเริ่มหดตัว การยึดรั้งจะเกิดขึ้น คอนกรีตจะเกิดรอยแตกร้าวขึ้นก่อนที่จะทำการตัดด้วยเลื่อย การตัดคอนกรีตเร็วเกินไป ในสภาพที่ยังไม่แห้งพอ จะทำให้รอยตัดไม่เรียบ หินบริเวณรอยตัดจะหลุดตามแรงใบเลื่อยที่ตัด ดังนั้น ให้พิจารณาตัดเมื่อคอนกรีตแข็งตัวดี การแข็งตัวคอนกรีตจะแตกต่างกันตามส่วนผสมคอนกรีต สภาพความชื้นอากาศ อุณหภูมิ ควรพิจารณาองค์ประกอบที่แตกต่างกันนี้ด้วย

รอยตัดจะต้องให้มีความลึกมากพอ เพื่อบังคับให้การแตกเกิดในแนว รอยตัด ACI 302.1R แนะนำให้ความลึกรอยตัด เท่ากับ  $\frac{1}{4}$  ของความหนาพื้น หากรอยตัดตื้นเกินไป รอยแตกจะเกิดแบบกระจายทั่วไป (Random crack)



รอยต่อเพื่อการขยายตัว (Expansion or Isolated Joint) เป็นรอยต่อที่ทำขึ้น เพื่อให้โครงสร้างคอนกรีตส่วนแนวดิ่ง เช่น เสา ผนัง สามารถ

เลื่อนตัวอย่างอิสระจาก โครงสร้างคอนกรีตในแนวราบ เช่น พื้น เพื่อไม่ให้เกิดการยึดรั้ง อันเป็นสาเหตุให้เกิดการแตกร้าวของโครงสร้างในระยะยาว



**รอยต่อเพื่อการก่อสร้าง หรือรอยต่อระหว่างงาน (Construction Joint)** เป็นรอยต่อที่ทำที่ผิวคอนกรีต โดยการกำหนดร่วมกันระหว่างสถาปนิก และวิศวกร เมื่อเป็นรอยต่อที่มีได้ระบุในแบบ รอยต่อในพื้นที่อาจอยู่กลางพื้นหรือคานชอยได้ ที่ผิวรอยต่อนั้นต้องสะอาด พรมน้ำให้เปียก ราบด้วยน้ำปูนซีเมนต์ชั้น ก่อนเททับรอยต่อนั้น

นอกจากนี้ มีรอยต่ออีกประเภทหนึ่ง ซึ่งมักจะพบเห็นได้ในงานปรับปรุงอาคาร หรือแม้แต่ในอาคารใหม่ ซึ่งเทคอนกรีตไม่พร้อมกัน เป็นรอยต่อระหว่างคอนกรีตสด กับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว เรียกว่า Cold Joint รวมถึงคอนกรีตสดที่เลยเวลาการเริ่มก่อตัว (Stiffening Time) ไปแล้ว ตามทฤษฎีแล้วเราจะพยายามหลีกเลี่ยงการทำให้เกิด Cold Joint โดยการเทคอนกรีตให้เสร็จอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นจนจบโดยไม่ต้องแบ่งเท เนื่องจาก Cold Joint จะทำให้เกิดระนาบที่อ่อนแอ ความต้านทานต่อแรงเฉือนลดลงอีกทั้งน้ำยังมีโอกาสที่จะซึมผ่านทำให้ความทนทานของคอนกรีตในระยะยาวลดลง หากมีความจำเป็นที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเกิด Cold Joint ควร

เสียบเหล็กเดือย (Dowel) ที่รอยต่อของคอนกรีตที่จะหยุดเท เพื่อที่จะได้ช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวและเพิ่มความต้านทานต่อแรงเฉือนระหว่างคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นรวมทั้งยังควรพิถีพิถันในขั้นตอนการจี้เขย่าคอนกรีตบริเวณรอยต่อ ระหว่างคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่ให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อป้องกันการเกิดรูโพรง (Honeycomb) และช่องว่างอากาศ (Entrapped Air) บริเวณรอยต่อภายหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวไปแล้ว

### ค่ายุบตัวของคอนกรีต (Slump)

ความเหนียวของคอนกรีตวัดได้จากการทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีต มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (ซม.) ซึ่งจะบ่งบอกว่าคอนกรีตนั้นแข็งเหนียว หรือเหลว โดยทั่วไปเราจะใช้ความรู้สึกในการทำงาน เช่น การเท การแต่งหน้า ประเมินว่าคอนกรีตนั้นแข็งหรือเหนียวจึงเป็นการยากที่จะบอกว่าคอนกรีตที่เราใช้งานนั้นอยู่มีคุณสมบัติหรือมีความเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ ดังนั้นควรจะต้องมีการทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีต หรือผู้ที่มีความชำนาญ เช่น เจ้าหน้าที่ของผู้ผลิตคอนกรีต สามารถบอกค่ายุบตัวของคอนกรีตด้วยสายตาโดยไม่ต้องทดสอบค่ายุบตัวได้

โครงสร้างทั่วไปปกติใช้ค่ายุบตัวของคอนกรีตตั้งนี้ฐานราก,พื้น ค่ายุบตัว 5 - 10 ซม. เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่ค่อนข้างใหญ่มีเหล็กน้อยเสา, คาน ค่ายุบตัว 7.5 - 12.5 ซม. เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่แคบมีเหล็กมาก ถ้าใช้คอนกรีตที่ค่ายุบตัวน้อยอาจจะทำให้โครงสร้างเป็นโพรงได้ (ต้องทำให้คอนกรีตอัดแน่นที่ดีด้วยนะครับ เช่น ใช้เครื่องจี้เขย่า, เคาะข้างแบบ, อื่นๆ) โครงสร้างฐานราก พื้น ใช้คอนกรีต ค่ายุบตัว 7.5 - 12.5 ซม.ก็ได้ แต่คงจะมีข้อคิดคือคอนกรีตโดยทั่วไปราคาคิดตามกำลังอัดแต่กำลังอัดคอนกรีตที่เท่ากัน ค่ายุบตัว 7.5-12.5 ซม.จะมีราคาแพงกว่า ค่ายุบตัว 5-10 ซม.แต่ถ้าเรามีการสั่งซื้อคอนกรีตที่มีค่ายุบตัว 5-10 ซม.เมื่อมาถึงหน้างานขณะเทลงแบบ ไม่ว่าจะเป็น คานหรือเสา ข้างปูนอาจจะบอกว่าคอนกรีตเหนียวแต่เมื่อมีการทดสอบค่ายุบตัวแล้วปรากฏว่าค่ายุบตัว เท่ากับ 10 ซม.แล้วมีการเติมน้ำให้คอนกรีตเหลว เพื่อที่จะเทเข้าแบบได้ง่ายๆ โดยหลีกเลี่ยงการอัดแน่นคอนกรีต ในกรณีนี้เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจะทำให้กำลังอัด (ความแข็ง) ลดลง ยิ่งเดิมมากยิ่งขึ้นยิ่งลดมาก ซึ่งจะมีผลต่อโครงสร้างคือ ความสามารถในการรับน้ำหนักลดน้อยลง

แต่ในการทำงานที่เราจะควบคุมค่ายุบตัวให้อยู่ได้จนเทเสร็จเป็นเรื่องค่อนข้างยาก แต่ถ้าเรามีการวางแผนการเทที่ดีไม่ว่าจะเป็นการเลือกค่ายุบตัวให้เหมาะกับลักษณะโครงสร้าง เวลาในการเท (คอนกรีตค่ายุบตัวจะลดลงตามเวลาที่นานขึ้น) รวมถึงจำนวนคนงานและเครื่องมือที่ใช้จะต้องเพียงพอด้วย และสิ่งที่สำคัญอีกเรื่องหนึ่งคือ การสื่อสารกับผู้ผลิตคอนกรีต เช่น ค่ายุบตัวเมื่อถึงหน้างานให้เป็นค่ายุบตัวสูงสุดที่กำหนดไว้ในการจัดส่ง ถ้ามีการเทต่อเนื่อง ไม่ควรให้รถคอนกรีตมารอหน้างานนานจนเกินไปจนทำให้คอนกรีตมีค่ายุบตัวน้อยลง (คอนกรีตแข็ง)



วัด Slump คอนกรีตเท Mat Slump  
20 cm. ASTM C 172

การเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลัง  
อัดทรงกระบอก ASTM C 78

## ความชื้นในคอนกรีต

ระดับความชื้นในคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับงาน Finishing ที่ต้องมีการปิดคลุมผิวคอนกรีต (Coverings) จะขึ้นอยู่กับการใช้งานและการตกแต่งพื้นในภายหลัง ในพื้นคอนกรีตที่เปิดโล่ง อาทิเช่น พื้นโรงงานและพื้นโกดัง

ความชื้นจากใต้พื้นดินจะสามารถส่งผ่านขึ้นมาสู่ผิวบนของคอนกรีตได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากไม่ได้ใช้วัสดุกัน (Barrier) หรือวัสดุหน่วงการระเหยของไอน้ำ (Vapor Retarders) ก่อนการเทคอนกรีต ความชื้นในคอนกรีตจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไออย่างช้า ๆ โดยจะเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของพื้นคอนกรีตโดยมากมักไม่มีผลทำให้เกิดความเสียหายใด ๆ อย่างไรก็ตามหากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเหมาะสม

ความชื้นจากคอนกรีตที่ระเหยขึ้นมาจะกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำบนผิวหน้าของคอนกรีตได้ ทำให้วัสดุปิดผิวบวมหรือถึงกับหลุดร่อนออกมา

วิธีการลดโอกาสการเกิดการกลั่นตัว (Condense) ของความชื้นภายในคอนกรีตจนกลายเป็นหยดน้ำ สามารถทำได้หลายวิธีตั้งแต่การพยายามรักษาระดับความชื้นสัมพัทธ์บริเวณผิวบนของคอนกรีตให้ต่ำกว่า 85%

ในกรณีที่พื้นมีการขัดมันหรือมีการเคลือบวัสดุประเภทปรับปรุงคุณสมบัติของผิวหน้าคอนกรีตโดยไม่ได้ใช้วัสดุกันหรือหน่วงการระเหยของไอน้ำ สามารถยินยอมให้มีระดับความชื้นสัมพัทธ์บริเวณผิวบนของคอนกรีตได้ไม่เกิน 95% การขัดผิวหน้าของพื้น เช่น การพ่นเม็ดเหล็ก ( Shotblasting) จะ ช่วย ทำให้ความชื้นจากภายในคอนกรีตสามารถระบายอากาศได้อย่างสะดวก ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์บริเวณผิวบนของคอนกรีตลดต่ำลงได้ แต่อย่างไรก็ดีการขัดผิวหน้าออกจะทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดลดลง

การวัดระดับความชื้นในคอนกรีตสามารถวัดได้โดยอุปกรณ์ที่ใช้วัดความชื้นโดยเฉพาะซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศด้วยการเจาะรูเข้าไปในพื้นคอนกรีตที่ความลึก 1/3 ของความหนาของพื้น และหย่อนหัววัด (Probe) ลงไปแล้วปิดรูด้วยวัสดุกันความชื้น ทิ้งเอาไว้เป็นเวลา 3 วันแล้วจึงอ่านค่าความชื้นในพื้นคอนกรีต โดยระดับความชื้นสูงสุดในคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับงาน Finishings แสดงตามตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงค่าความชื้นในคอนกรีตสูงสุดเหมาะสมกับวัสดุที่ใช้ปิดผิว (Cover Material) \*

| ความชื้นที่ยอมรับได้สูงสุด<br>ในคอนกรีต | ชนิดของวัสดุที่ใช้ปิดผิว                                                                                                    |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 85%                                     | กระเบื้องบาง<br>พรมไวนิล<br>แผ่นไม้ก๊อกปูบนแผ่นพื้นพลาสติก<br>พรมสังเคราะห์ที่ทำจากยางหรือ PVC<br>พรมที่ทอจากเส้นใยธรรมชาติ |
| 90%                                     | กระเบื้องพลาสติก<br>พรมพลาสติก<br>กระเบื้องลิโนเลียม (Linoleum)                                                             |
| 60%                                     | พื้นไม้ปาร์เก้ที่ปูโดยไม่มีร่อง แผ่นพื้นพลาสติก                                                                             |
| 80%                                     | กระเบื้องโมเสก                                                                                                              |

\* The Finnish SisäRiL 2000 Code of Building Practice.

ตารางแสดงข้อกำหนดในการใช้วัสดุและทักษะช่างสำหรับงานก่อสร้าง \*

| ความชื้นที่ยอมรับได้สูงสุด<br>ในคอนกรีต | ชนิดของวัสดุที่ใช้ปิดผิว                          |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 80%                                     | ไม้จริงหรือไม้ลามิเนต                             |
| 80%                                     | ระบบพื้นไวนิล                                     |
| 90%                                     | วัสดุที่มีหลายชั้นอัดตัวรวมกัน (Layered Products) |
| 85%                                     | แผ่นพื้น Vinyl sheet                              |
| 80%                                     | แผ่นไม้ก๊อกที่ปูโดยมีการทาเรซินที่ชั้นล่าง        |
| 85%                                     | แผ่นไม้ก๊อกที่ปูโดยไม่มีการทาเรซินที่ชั้นล่าง     |

\* Swedish HusAM 83.



## ภาพแสดง ตารางความชื้นที่เหมาะสมกับวัสดุปิดผิว และอุปกรณ์ในการวัดความชื้นคอนกรีต

### การควบคุมคุณภาพคอนกรีต

คอนกรีตจะมีคุณภาพดีจะต้องประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน เช่น วัสดุที่ผสมได้ถูกส่วน เทได้ถูกวิธี มีการควบคุมการสูญเสียน้ำได้ดี เป็นต้น สิ่งที่เราควรทำการตรวจสอบสำหรับงานคอนกรีตได้แก่

#### ตรวจสอบคุณภาพทราย

ทรายที่ใช้ผสมคอนกรีต มักจะถูกระบุไว้ในรายการประกอบแบบว่าต้องเป็นทรายแม่น้ำ สะอาด และเม็ดคมแข็งแรง หรือบางโครงการอาจจะไม่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบก็ตาม ผู้ควบคุมงานพึงเข้าใจว่าข้อกำหนดดังกล่าว เป็นหลักวิชาการที่จะทำให้คอนกรีตมีคุณภาพที่ดี

#### ตรวจสอบคุณสมบัติของหินที่ใช้ผสมคอนกรีต

ผู้ควบคุมงานต้องตรวจให้เป็นไปตามข้อกำหนดของรายการ ประกอบแบบก่อสร้าง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นในเรื่องขนาด ผู้ควบคุมงานควรมีความรู้พื้นฐานว่า หินเบอร์ 1 จะมีขนาด 3/16" - 3/4" หินเบอร์ 2 จะมีขนาด 3/4" - 1.5" และหินเบอร์ 3 จะมีขนาด 1.5" - 3" โดยมากใช้ตรวจสอบด้วย

สายตา หินที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยเฉพาะที่ใช้ผสมคอนกรีตจะเป็นหินแกรนิต (Granite) และหินปูน (Limestone) ซึ่งสีของหินทั้งสองชนิดนี้จะมีสีเทาและขาวแทรกกันอยู่ในแต่ละก้อน ผู้ควบคุมงานอาจใช้วิธีเทียบสี หินที่ดีควรมีก่อนเป็นเหลี่ยมคม ไม่เป็นก้อนกลมปราศจากเหลี่ยมคม แต่ในปัจจุบันลักษณะของหินจะเปลี่ยนไปจากเดิม เนื่องจากหินถูกย่อยด้วยเครื่องไม่ ไม่ใช่ย่อยด้วยแรงคนเหมือน แต่ก่อน ทำให้หินมีความเหลี่ยมคมลดลง แต่ก็ไม่เป็นอุปสรรคในงานคอนกรีตแต่อย่างใด

### ตรวจสอบปูนซีเมนต์

การตรวจสอบปูนซีเมนต์ ควรคำนึงถึง ประเภทของปูนซีเมนต์ นำไปใช้ให้ถูกต้องตาม ที่ระบุไว้ในแบบ ลักษณะของเนื้อปูนที่บรรจุอยู่ในถุง จะต้องไม่จับตัวกันเป็นเม็ดหรือเป็นก้อน

### ตรวจสอบน้ำที่ใช้สำหรับผสมคอนกรีต

คุณภาพของน้ำมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ต่อกำลังของคอนกรีต ไม่ควรใช้น้ำ ที่มี ค ว า ม ขุ่น และ มีสารอินทรีย์ผสมอยู่ ควรเป็นน้ำที่สะอาดเช่น น้ำประปา

### ตรวจสอบที่ใช้ผสมร่วมในคอนกรีต

ปกติสารผสม ใส่ไว้เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตเพื่อให้ได้คุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องการ โดยที่ใช้กันอย่างแพร่หลายจะมี 4 ชนิด ได้แก่

#### - สารทำให้เกิดฟองอากาศ (Air-Entraining Agent)

เป็นสารที่ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กมากในเนื้อคอนกรีต ซึ่งเมื่ออากาศเย็นจนน้ำเป็นน้ำแข็งน้ำที่อยู่ในเนื้อคอนกรีตจะขยายตัว ฟองอากาศเล็ก ๆ เหล่านี้จะเป็นช่องว่างให้น้ำที่ขยายตัวแทรกเข้าไปได้ ทำให้ไม่ดันให้เนื้อคอนกรีตแตกร้าว

#### - สารลดปริมาณน้ำ (Water-Reducing Agent)

สารนี้จะช่วยเพิ่มความเหลวและการยุบตัวของคอนกรีต เมื่อใช้น้ำในส่วนผสมที่น้อยลง จึงมีผลในการเพิ่มกำลังของคอนกรีต รอกการแยกตัวและสูญเสียน้ำ เพิ่มความแน่นและแรงยึดหน่วงระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริม

#### - สารหน่วงการก่อตัว (Slow-Setting Agent)

สารชนิดนี้จะช่วยให้คอนกรีตก่อตัวช้ากว่าปกติ ช่วยเพิ่มเวลาในการเทคอนกรีต ช่วยในงานเทคอนกรีตที่ต้องการให้ต่อเนื่อง เพื่อลดปริมาณรอยต่อในการเท และช่วยลดการแตกร้าวในคอนกรีตขณะที่แข็งตัวด้วย

#### - สารเร่งการก่อตัว (Rapid-Setting Agent)

เป็นสารทำให้คอนกรีตก่อตัวเร็วกว่าปกติ ใช้กับงานที่ต้องการถอดแบบได้เร็วหรือให้รับกำลังได้เร็วขึ้น ใช้อุดรูรั่วในเนื้อคอนกรีต

#### ตรวจการผสมคอนกรีต

ให้อยู่ในสัดส่วนที่กำหนดโดยเราสามารถตรวจสอบความชันเหลวของคอนกรีตได้จากการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)

#### ควบคุมการเทให้มีเนื้อสม่ำเสมอ

ไม่เกิดการแยกตัว ควรที่จะเทคอนกรีตให้ใกล้จุดท้ายที่สุด ไม่ควรเทคอนกรีตในระยะสูงควรใช้หากจำเป็นควรใช้รางเทคอนกรีตไม่ควรเทคอนกรีตตกลงเป็นมุม ไม่ควรเทคอนกรีตเป็นกองสูง ๆ ควรเทเป็นชั้น ๆ ให้น้ำไม่เกิน 45 เซนติเมตร ไม่ควรหยุดเทคอนกรีต เป็นทางลาดเอียง ควรที่จะหาไม้กันเป็นแนวตั้งฉากจะดีกว่า เพื่อที่จะลดปัญหาที่เกิดขึ้นได้

#### ควบคุมการอัดแน่นคอนกรีต

โดยใช้ไม้กระทุ้งหรือเครื่องสั่นคอนกรีต การใช้เครื่องสั่นคอนกรีตจะได้ผลดีกว่าวิธีอื่น การจุ่มเครื่องสั่นคอนกรีตควรตั้งแท่งสั่นให้ตรงไม่ควรเอียงแท่งสั่นไปถูกเหล็ก และไม่ควรรีจั่นคอนกรีตนาน เพราะอาจทำให้เกิดการเยิ้มได้

#### ควบคุมการบ่มคอนกรีต

เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่จะทำให้คอนกรีตมีคุณภาพดี โดยมีหลักปฏิบัติดังนี้

- ควรบ่มคอนกรีตโดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยให้คอนกรีตมีอุณหภูมิประมาณ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน

- ควรให้ความชื้นแก่คอนกรีตอย่างน้อย 7 วัน

ด้วยการขังน้ำให้ทั่วผิวหน้าคอนกรีต หรือใช้กระสอบชุบน้ำให้เปียกคลุมผิวหน้าให้ตลอด หมั่นรดน้ำบนผิวหน้าคอนกรีตบ่อย ๆ หรือใช้ น้ำยาบ่มคอนกรีตพ่นผิวหน้าตลอด

- อย่าปล่อยให้คอนกรีตเสียน้ำไปโดยเร็ว เพราะจะทำให้คอนกรีตกำลังตกและเกิดรอยร้าวขึ้นได้

- ไม่ควรใช้น้ำที่มีสารละลายเจือปนบ่มคอนกรีตเพราะอาจทำให้เนื้อคอนกรีตผุกร่อน และอาจทำให้มีรอยเปื้อนหรือสีที่ไม่ต้องการขึ้นได้

## การควบคุมงานคอนกรีตขนาดใหญ่

งานคอนกรีตขนาดใหญ่ เช่น การเท Mat Foundation ขนาดใหญ่ ที่มีการเทคอนกรีตในปริมาณมาก ๆ ต้องการการเตรียมการที่แตกต่างจากงานก่อสร้างทั่วไป เนื่องจากต้องเทต่อเนื่องเป็นเวลานาน ใช้วัสดุปริมาณมาก และเกิดความร้อนมา โดยการเตรียมงานก่อน และหลังเทคอนกรีตขนาดใหญ่ ควรต้องมีการเตรียมการดังต่อไปนี้

- การจองปริมาณคอนกรีต และกำหนดชนิดคอนกรีต ความชันเหลว อัตราการเท จำนวนหน่วยผลิตคอนกรีต และรถลำเลียงคอนกรีต
- การเก็บก้อนตัวอย่าง การกำหนดการทดสอบ ข้อกำหนดการเทคอนกรีต
- ทางเข้าออกหน่วยงานและตำแหน่งจุดจอดรถคอนกรีต และเครื่องจักร
- การกำหนดจุดตรวจคุณภาพคอนกรีตและตรวจรับปริมาณคอนกรีต
- การปรับส่วนผสมคอนกรีตหน้าสนาม
- ตรวจสอบปริมาณคอนกรีตตามแบบและปริมาณใช้จริงตามหน้าสนาม
- พยากรณ์อากาศ และปัญหาจราจร
- รายการคำนวณการหยุดการเทคอนกรีต ฉุกเฉิน
- การตรวจสอบความแข็งแรงแบบหล่อ ขนาด ตำแหน่ง และระดับ
- การตรวจสอบเหล็กเสริม เหล็ก Dowel และงานระบบต่าง ๆ
- การเตรียมพื้นที่สำหรับยื่นเท แต่งหน้าคอนกรีต
- การเตรียมอุปกรณ์ในการเท
- การเตรียม แนวหยุดคอนกรีต
- จำนวนแรงงานที่ใช้ในการเทคอนกรีตและสำรองกรณีฉุกเฉิน
- ตรวจสอบชนิดคอนกรีตที่มาส่งการเทคอนกรีต และการจัดคอนกรีต
- การแต่งหน้าคอนกรีต และบ่มคอนกรีต
- การตรวจวัดอุณหภูมิภายในคอนกรีต

## การตรวจสอบคุณภาพคอนกรีตภายหลังเท

กรณีต้องการตรวจสอบกำลังในที่ อาจทำได้โดยใช้เครื่องมือต่อไปนี้

### 1. Rebound Hammer Test ในการทดสอบกำลัง

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตด้วยวิธี Rebound Hammer Test (Schmidt Hammer Test) เป็นการทดสอบเพื่อประเมินค่ากำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Test) ตามมาตรฐาน ASTM C805 โดยประเมินค่ากำลังอัดประลัย หรือค่า  $F_c'$  ของคอนกรีต โดยอาศัยหลักการวัดค่าดัชนีสะท้อนกลับ (Rebound Number) ที่เกิดจากการกระแทกทดสอบ (Plunger) และกระบอกทดสอบ (Housing) ให้ตั้งฉากกับผิวคอนกรีต แรงกระแทกจากสปริงภายในจะทำให้แกนทดสอบเกิดการสะท้อนกลับมีค่าดัชนีตั้งแต่ 10 ถึง 100 ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับพลังงานของผิวคอนกรีต ผิวคอนกรีตที่มีความแข็งมากกว่าจะมีค่าดัชนีสะท้อนกลับสูงกว่า



ภาพแสดงการทดสอบกำลังด้วยวิธี Rebound Hammer test

### 2. Coring Test

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตด้วยวิธี Coring Test เป็นวิธีการทดสอบแบบกึ่งทำลาย (Semi Destructive Test) แต่เป็นวิธีการที่ให้ผลการทดสอบที่ถูกต้อง แม่นยำ เนื่องจากมีการเก็บตัวอย่างของโครงสร้างจากสภาพใช้งานจริง แล้วทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C42



ภาพแสดง การทำ Coring ตัวอย่างลูกปูน

## 1.2 งานไม้แบบ

### ไม้แบบ

แบบหล่อ (Form Work) เป็นโครงสร้างชั่วคราวสำหรับรองรับน้ำหนักขณะปฏิบัติงาน และน้ำหนักของคอนกรีตเพื่อให้คงรูปร่างและขนาดให้ได้ขึ้นงานคอนกรีตตามต้องการ

คุณสมบัติของแบบหล่อที่ดี

- มีความแข็งแรงเพียงพอไม่แอ่นตัวเสียรูปในขณะเทคอนกรีตและสามารถต้านทานน้ำหนักกระทำต่าง ๆ ได้
- สามารถถอดประกอบติดตั้งได้ง่าย
- วัสดุค้ำยันแข็งแรงไม่เสียรูปในช่วงเวลาระหว่างรองรับน้ำหนักคอนกรีต
- รอยต่อมีความแข็งแรงไม่รั่วซึม
- มีผิวเรียบไม่ดูดซึมน้ำปูน
- สามารถทนต่อ ปฏิกิริยาทางเคมีของคอนกรีตได้
- ราคาถูกหาซื้อได้ง่าย

### วัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อคอนกรีต

แบบหล่อไม้

ไม้แบบแปรรูป (Lumber) เป็นแบบที่นิยมใช้ในอดีตและปัจจุบัน ตัด  
ดื่ อ ป ร ะ ก อ บ ง่ า ย  
มีน้ำหนักเบา แข็งแรงพอสมควร และช่างส่วนมากมีความชำนาญในการ  
ทำงาน ไม้ที่นิยมนำมาทำแบบหล่อมากที่สุดคือไม้กระบากโดยมีความหนา  
1" หน้ากว้าง 4", 6", 8" ความยาวเป็นเมตรโดยใช้ไม้ยาวเสริมเป็นโครงและ  
ค้ำยัน โดยทั่วไปหมุนเวียนใช้ได้ 3-4 ครั้งในระยะหลังนิยมใช้ไม้อัดแทนไม้  
กระดานเนื่องจากราคาถูกกว่า

#### แบบเหล็ก

เหล็ก (Steel) เป็นแบบหล่อที่นิยมใช้กันกว้างขวางในระยะหลัง มี  
ความแข็งแรงและผิวที่เรียบสวยงาม (ในระยะแรก) แต่มีน้ำหนักมากตัดแก้  
ไม่ได้ การเข้าแบบต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะ

#### แบบพลาสติก

พลาสติก (Plastic) แบบหล่อชนิดนี้รวมถึงแบบหล่อประเภทไฟ  
เบอร์กลาส แบบหล่อพลาสติกนำมาใช้งานที่ต้องการคุณภาพผิว ที่สวยงาม  
และต้องการใช้งานซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง มีราคาแพงมากเมื่อเทียบกับแบบชนิด  
อื่น ๆ

#### แบบหล่อชนิดอื่น ๆ

นอกจาก ไม้ เหล็ก และพลาสติกแล้ว ยังมีการนำวัสดุ อุปกรณ์อื่น  
และการติดตั้งแบบต่าง ๆ มาทำแบบหล่อคอนกรีต ที่นอกเหนือจาก ข้างต้น  
เช่นการใช้กระดาษทำแบบหล่อเสากลม, การใช้ยางทำแบบหล่อ งานตกแต่ง,  
การใช้อิฐก่อหรือแผ่นคอนกรีตในการทำแบบหล่อฐานราก

ในบางกรณีที่ไม่สามารถรีบบอกออก หลังจากหล่อเสร็จแล้วก็  
อาจมีการนำวัสดุอื่น ๆ มาเป็นแบบหล่อ เช่น ใช้ตะแกรงเหล็กพิเศษชนิด Hi-  
rib เป็นต้น



**ภาพแสดง** ตัวอย่างการใช้แบบหล่อ ตะแกรงพิเศษชนิด Hi-rib

## น้ำหนักและแรงกระทำต่อแบบหล่อ

น้ำหนักและแรงกระทำต่อแบบหล่อแบ่งออกได้ 4 ประเภทคือ

1. น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead load) หมายถึง น้ำหนักแบบหล่อ คอนกรีต เหล็กเสริม
2. น้ำหนักจร (Imposed load) หมายถึง น้ำหนักกระทำนอกเหนือ น้ำหนักคงที่ ได้แก่ คนงาน เครื่องมืออุปกรณ์ เหล็กเสริมรถ เคลื่อนย้าย
3. น้ำหนักจากสภาวะแวดล้อม (Environmental load) หมายถึง แรง ที่กระทำโดยธรรมชาติ เช่น แรงลม
4. แรงดันคอนกรีต (Hydrostatic Pressure) หมายถึง แรงดันของ คอนกรีต ที่กระทำต่อแบบหล่อขณะคอนกรีตยังอยู่ในสถานะเหลว ปัจจัยที่มีผลต่อแรงดันคอนกรีต ได้แก่
  - 0 ค่า ความชันเหลว (Slump) ของคอนกรีตที่มีค่า Slump สูงจะมีแรงดันมาก
  - 0 อัตราการเท (Rate of pouring) การเทคอนกรีตเร็วแรงดันที่เกิดขึ้นกับแบบหล่อจะมากกว่าการเทคอนกรีตที่ช้ากว่า
  - 0 ความหนาแน่นของคอนกรีต (Concrete density) ยิ่งความหนาแน่นมากแรงดันยิ่งมาก

- 0 อุณหภูมิ (Concrete temperature) อากาศร้อนแรงดันคอนกรีตจะน้อยอากาศหนาว
- 0 การจี้คอนกรีต (Vibration) เนื่องจากการสั่นคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตแน่นตัวทำให้แรงดันมากขึ้น
- 0 ความสูงของคอนกรีต (Height of concrete) ยิ่งเทคอนกรีตสูงแรงดันยิ่งมาก ตามสูตร  $P = \gamma H$
- 0 ความกว้างของแบบหล่อคอนกรีต (Dimension of concrete) แบบหล่อที่มีหน้ากว้างจะมีแรงดันมากกว่าคอนกรีตที่มีหน้าแคบ
- 0 ปริมาณเหล็กเสริม (Quantity of rebar) เหล็กเสริมจะช่วยพยุงเนื้อคอนกรีตทำให้แรงลดลงดันยิ่งเหล็กเสริมแน่นแรงดันจะต่ำ

### การคำนวณแรงดันด้านข้างของคอนกรีต

เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อแรงดันด้านข้างของคอนกรีตมีจำนวนมาก จึงมีสูตรในการคำนวณที่แตกต่างกันไปแล้วแต่จะพิจารณาถึงปัจจัยใดบ้างซึ่งแต่ละสูตรจะให้ค่าแรงดันของคอนกรีตที่แตกต่างกันไป ตามแต่ปัจจัยที่นำมาพิจารณา โดยปัจจัยหลัก ๆ ในการพิจารณา ได้แก่

- อัตราการเทคอนกรีต
- ความหนาแน่นของคอนกรีต และ
- ความสูงในการเทคอนกรีต

#### สูตรแรงดันของเหลว (Hydrostatic Pressure)

$$P = \gamma H$$

$P$  = แรงดันของของคอนกรีตเหลว  $\text{kg./m.}^2$

$\gamma$  = ความหนาแน่นของคอนกรีตเหลว ทัวไปใช้  $2400 \text{ kg./m.}^2$

$H$  = ความสูงของคอนกรีตที่เท (ม.)

#### สูตรจากการทดลอง

สูตรจากการทดลอง โดยพิจารณาปัจจัยคือ อัตราการเท อุณหภูมิ Slump เป็นปัจจัยหลักที่กระทบต่อแรงดันโดยแยกสูตรตามลักษณะของโครงสร้าง

**กรณีแบบหล่อเสา**โดยมีเงื่อนไขดังนี้ แรงดันคอนกรีตไม่เกิน 15,000 kg/m.<sup>2</sup>

$$P = 800 + \frac{80,000R}{T + 20}$$

**แบบหล่อกำแพง**โดยมีเงื่อนไขดังนี้ แรงดันคอนกรีตไม่เกิน 10,000 kg/m.<sup>2</sup>

กรณี อัตราเทช้ากว่า 2 ม./ชม.

$$P = 800 + \frac{80,000R}{T + 20}$$

กรณีอัตราการเทเร็วกว่า 2 เมตร/ ชั่วโมง

$$P = 800 + \frac{(12,000 + 25,000 R)}{T + 20}$$

เมื่อ P = แรงดันของคอนกรีตเหลว kg./m.<sup>2</sup>

R = อัตราการเท (วัดเป็นความสูงในการเท/ชั่วโมง)(ม./ชม.)

T = อุณหภูมิของคอนกรีต (C)

H = ความสูงของคอนกรีตสดภายในแบบ (ม.)

## ข้อพิจารณาในการควบคุมงานแบบหล่อ

การพิจารณาในการควบคุมงานแบบหล่อ ขึ้นอยู่กับชนิดขององค์อาคารต่าง ๆ ดังนี้

### 1. แบบหล่อฐานราก

เป็นแบบหล่อที่ต้องรับแรงดันด้านข้าง เป็นแบบหล่อที่จะวางบนคอนกรีตหยาบ หรือ พื้นดิน ทำการค้ำยันกับดินรอบฐานราก ในกรณีฐานรากขนาดใหญ่มักนำระบบ form tie มาใช้ร่วม เนื่องจากดินโดยรอบไม่แข็งแรงเพียงพอสำหรับการค้ำยันแบบ

#### การควบคุมงานแบบฐานราก

- ตรวจสอบระดับ ระดับหัวเสาเข็ม (Pile cutoff)

- เตรียมการเรื่อง การระบายน้ำ งานคอนกรีตหยาบ ควรทำบ่อ Sump สำหรับดูดน้ำ
- ส่วนล่างสุดของแบบหล่อ ควรเปิดไว้สำหรับล้างทำความสะอาดเป็นจุด
- ตรวจสอบเหล็กเสริม ตำแหน่งเสาตอม่อ
- ตรวจสอบงานระบบ
- ความแข็งแรงของแบบหล่อ ค้ำยัน
- ระดับปากแบบหล่อเหนือหลังฐานราก

## **2. แบบหล่อคาน**

แบบหล่อคานจำเป็นต้องคำนึงถึงการรับแรงทั้งทางแนวดิ่งและแรงต้านข้าง นิยมใช้แบบเหล็กในการเข้าแบบ ต้องระมัดระวัง เรื่องความแข็งแรงของแบบท้องถิ่น และนั่งร้านในการเทคอนกรีตคานขนาดใหญ่การเข้าแบบมีทั้งแบบวางบนดินจะเทคอนกรีตหยาบเป็นแบบท้องถิ่น ต้องระมัดระวังเรื่องการทรุดตัวของดินใต้คอนกรีตหยาบในวันฝนตกให้มาก และการเข้าแบบหล่อบนนั่งร้าน จำเป็นต้องคำนวณการรับน้ำหนักนั่งร้านและพื้นที่เป็นชั้นถ้าย้ำน้ำหนักทุกชั้น

### **การควบคุมงานแบบคาน**

- ควรให้ระดับ Offset ไว้ข้างเสาเพื่อไว้ตรวจสอบระดับท้องถิ่น
- ตรวจสอบระดับท้องถิ่น กับระดับเทคอนกรีต หลังคาน
- ตรวจสอบระดับเทคอนกรีตจาก ความหนาพื้นว่าต้องเทลดระดับไว้เท่าไร
- ตรวจสอบขนาดมิติต่างของแบบ และเหล็กเสริม
- ตรวจสอบการวางท่อผ่านคานและงานช่องเปิดต่าง ๆ งานระบบ
- ตรวจสอบความแข็งแรงของนั่งร้าน และค้ำยันแบบ



- ถ่ายลงแบบข้าง
- ถ่ายเข้าค้ำยัน
- ถ่ายเข้าไม้นอนทราย

## ในแนวตั้งน้ำหนัก

คอนกรีต

- ถ่ายลงแบบห้อง
- ถ่ายยูเอช
- ถ่ายเข้าป๊อบ
- ถ่ายลงพื้น

## ภาพแสดงการถ่ายแรงในไม้แบบคาน



BEAM SIDE  
3/4-INCH PLYWOOD

LE

BL

123

RI



✓

 $\chi$ -Cl

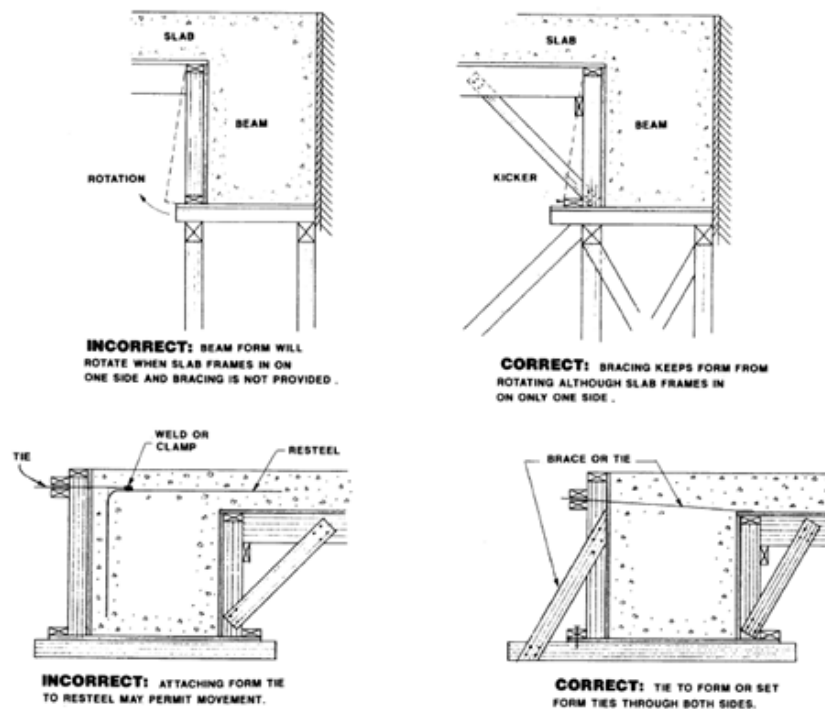
7

8E  
2-1

LU

P0178

## ภาพแสดง ตัวอย่างการเข้าแบบไม้เต้านพร้อมพื้น



ภาพแสดงตัวอย่างรูปแบบการวางไม้แบบหล่อคานแบบต่าง ๆ

### 3. แบบหล่อพื้น

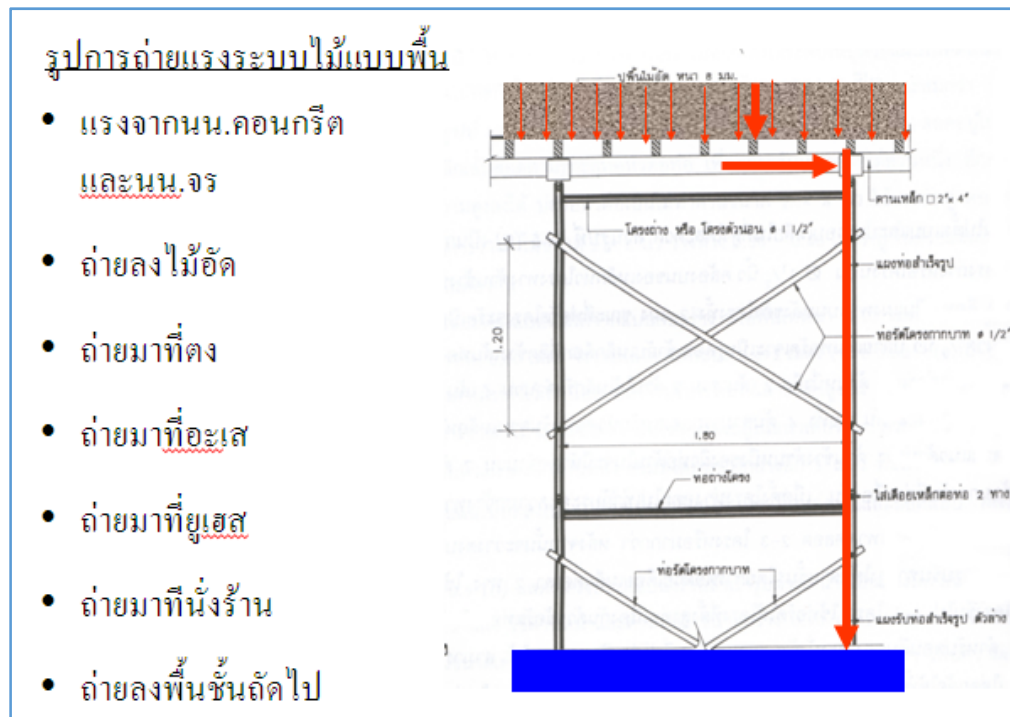
เป็นแบบหล่อพื้นคอนกรีตที่ต้องรับแรงกระทำในแนวดิ่งเป็นหลัก และน้ำหนักจร เนื่องจากมักจะมีการนำวัสดุ อุปกรณ์มากองเก็บ การคำนวณแบบหล่อพื้น ต้องเผื่อการเทคอนกรีตกองเป็นจุดที่เยอะ เพราะอาจทำให้น้ำหนักและแบบหล่อพังทลายได้

กรณีในอาคารไม่มีฝ้า ต้องหาวัสดุปูท้องแบบที่ใหม่ สภาพดีและวางรูปแบบบ ก า ร เ รี ย ง แบบหล่อ และต้องทาน้ำยาทาแบบก่อนลงเหล็กเสริม จะทำให้ได้ท้องพื้นที่สวยงาม

#### การควบคุมงานแบบพื้น

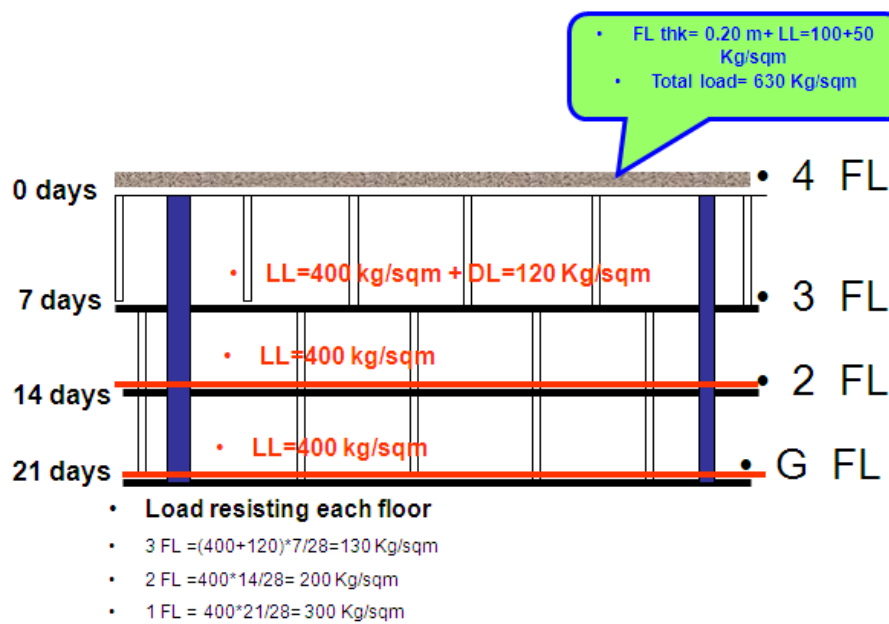
- ตรวจสอบระดับท้องพื้น ระดับเทหลังพื้น การออกแบบนั่งร้านต้องสามารถปรับระดับได้

- ตรวจสอบเหล็กเสริมโดยเฉพาะเหล็กเสริมล่าง บล็อก ช่องเปิดต่าง ๆ
- ตรวจสอบงานระบบ
- ตรวจสอบคุณภาพผิวแบบ การทำน้ำยาทาแบบ
- ตรวจสอบความแข็งแรงของนั่งร้านแบบหล่อ และค้ำยันข้างแบบ ท้องแบบ



ภาพแสดงการถ่ายแรงในไม้แบบพื้น

นอกจากนี้การตั้งแบบหล่อพื้นควรพิจารณาถึงน้ำหนักตายและน้ำหนักจร อายุโครงสร้างชั้นล่างลงมาน้ำหนักจรที่พื้นชั้นล่างลงมารับได้และน้ำหนักตายที่ยังไม่เกิดขึ้นดังรูปด้านล่าง

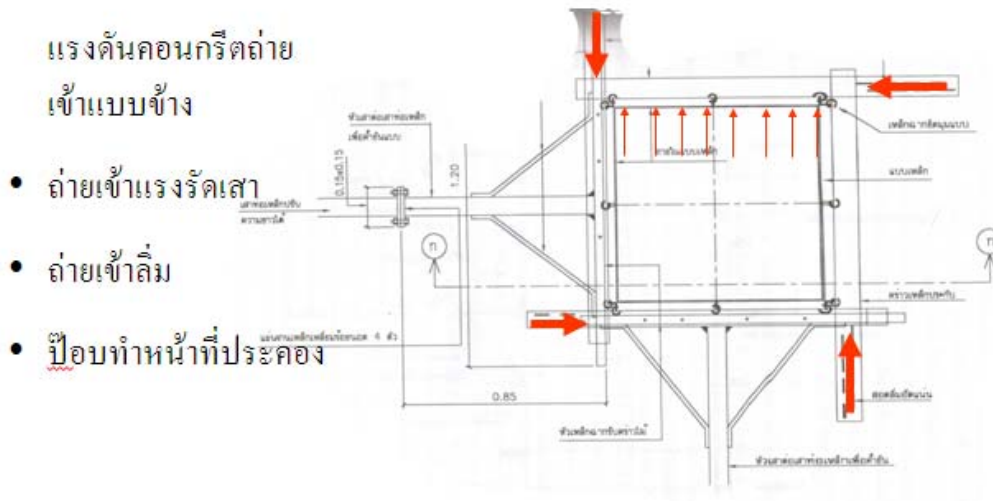


#### 4. แบบหล่อเสา

แบบหล่อเสาเป็นแบบหล่อที่ต้องรับแรงดันด้านข้างวางบนพื้นคอนกรีต ต้องมีกาวยึดรั้ง 2 แกน ให้ได้ตั้ง ควรทำการเปิดช่องบริเวณโคนเสา เพื่อสำหรับล้างทำความสะอาดแบบ และในกรณีที่สูงกว่า 2 เมตร ต้องทำการเปิดช่องสำหรับเทคอนกรีต เพื่อลดการแยกตัวของคอนกรีต หรือใช้วิธีการต่อท่อสำหรับเทคอนกรีต แบบหล่อที่ดีต้องมีการปรับตั้งแบบหล่อเสาได้ง่าย

##### การควบคุมงานแบบเสา

- ตรวจสอบแนวเสา ขนาดและตำแหน่งเหล็กเสริมเสา
- ตรวจสอบเหล็กเสริม ระยะทาบ และลูกปูน ระยะหุ้มเหล็ก การผูกเหล็กเสริม
- ตรวจสอบงานระบบต่าง ๆ
- ส่วนล่างแบบหล่อ ควรเปิดไว้สำหรับทำความสะอาด
- เข้าแบบและตรวจสอบตั้งเสา
- กำหนดระดับหยุดเทอยู่ใต้ท้องคานตัวต่ำสุด
- ของเสาแต่ละด้าน
- ตรวจสอบแบบ ตัวรัดแบบ ตัวค้ำยัน



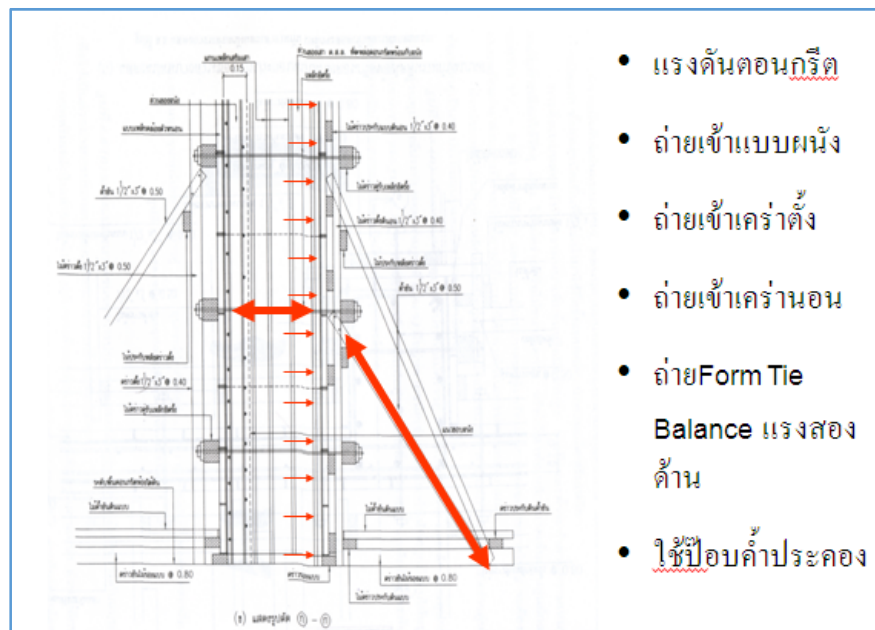
ภาพแสดงการถ่ายแรงในไม้แบบเสา (แปลน)

## 5. แบบหล่อผนัง

แบบหล่อผนังคอนกรีต โดยมากใช้แผ่นไม้อัดเป็นแผ่นแบบหรือใช้แบบเหล็กมาต่อเรียงกัน ต้องระมัดระวังเรื่องการโก่งตัวของแผ่นแบบ ซึ่งจะทำให้ผิวคอนกรีตเป็นคลื่น ต้องมีการยึดโยงลงพื้นเพื่อป้องกันแบบหล่นลอย ขณะทำการเทคอนกรีตแบบชนิดนี้รับแรงดันของคอนกรีตเป็นหลัก (Push and Pull) โดยทั่วไปมักจะใช้ระบบ form tie ร่วมในการเข้าแบบ เพื่อป้องกันแบบหล่นแตก และควรทำการออกแบบให้เป็นแผ่นขนาดใหญ่เพื่อความรวดเร็วในการเข้าแบบหล่อ และการขนย้าย

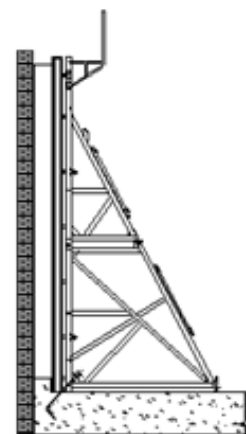
### การควบคุมงานแบบผนัง

- ตรวจสอบแนวผนัง ขนาดผนัง
- ตรวจสอบเหล็กเสริม ระยะทาบ และลูกปูน ระยะหุ้มเหล็ก
- ตรวจสอบงานระบบต่าง ท่อ บล็อก ช่องเปิด
- ควรเปิดแบบหล่อส่วนล่างสุดไว้สำหรับทำความสะอาด
- ตรวจสอบตั้งผนังทั้งสองด้าน
- ระดับหยุดเทอยู่ได้ท้องพื้น และเหล็กเสียบคาน
- ตรวจสอบคุณภาพผิวแบบหล่อและ ระบบForm tie ค้ำยัน



- แรงดันคอนกรีต
- ถ่ายเข้าแบบผนัง
- ถ่ายเข้าเครื่อดึง
- ถ่ายเข้าเคร้านอน
- ถ่าย Form Tie
- Balance แรงสองด้าน
- ใช้ข้อบักประคอง

ภาพแสดงการถ่ายแรงในไม้แบบผนัง ระบบ Form tie



Drawing

ภาพแสดงตัวอย่างการเข้าแบบหล่อผนัง และค้ำยัน

นอกจากนี้แล้วเพื่อความสะดวกเร็ว กรณีผนังสูงต่อเนื่องที่มีหน้าตัดคงที่ เช่น โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นปล่องทรงกระบอก ผนังถังเก็บน้ำที่มีความสูงมาก เป็นต้น มักจะใช้แบบหล่อผนังชนิดที่เรียกว่า แบบหล่อเลื่อน (Slip Form) เป็นแบบหล่อที่มีขนาดคงที่ เมื่อคอนกรีตที่เทเริ่มก่อตัว แบบหล่อนี้สามารถเลื่อนตัวไปในแนวตั้ง โดยใช้แม่แรงไฮดรอลิก (Hydraulic Jack) นิยมใช้กับงานหน้าตัดคงที่ขนาดใหญ่ที่ เช่น ปล่องลิฟต์ ถังน้ำ ปล่องไฟ โดยมีอัตราการเลื่อนประมาณ 30 ซม./ชม.

การที่แบบหล่อจะทรงตัวหรือเลื่อนตัวขึ้นได้ต้องอาศัยเหล็กตรงแกนกลางแบบ (Jack Rod) ทำหน้าที่รองรับแบบ คอนกรีตที่ใช้ควรมีค่า Slum ไม่เกิน 7.5 cm. ผนังควรรหนาไม่น้อยกว่า 15 cm.

## 1.3 งานเหล็กเสริม

### เหล็กเสริมคอนกรีต

เหล็กเสริม ตามนิยามในกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (2527) (พรบ. ค ว บ คู ม อ า ค า ร ) ห ม า ย ถึง เหล็กที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น โดยทั่วไปคอนกรีตมีคุณสมบัติรับแรงอัดได้ดี ขณะเดียวกันคอนกรีตสามารถรับแรงดึงได้น้อยมากเมื่อเทียบกับแรงอัด เมื่อถูกแรงดึงจะทำให้คอนกรีตเปราะแตกได้ง่าย ด้วยสาเหตุนี้คอนกรีตเสริมเหล็กจึงถูกนำมาใช้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรง โดยวิศวกรจึงนิยมออกแบบให้คอนกรีตรับแรงอัดอย่างเดียว และเหล็กเสริมเพื่อด้านทานแรงดึงอาจกล่าวได้ว่า คอนกรีตรับแรงอัด เหล็กรับแรงดึง ซึ่งเหล็กมีค่าสัมประสิทธิ์การยึดหดใกล้เคียงกับคอนกรีต เป็นวัสดุที่ประหยัดและมีกำลังสูง สามารถป้องกันการเสียหาย และแตกร้าวได้

เหล็กเสริมที่ใช้เป็นองค์อาคารคอนกรีตเหล็กเสริม เป็นเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ต่ำประมาณ 0-0.3% ได้จากกระบวนการรีดร้อน (Hot-rolled process) โดยการหลอมเหล็กแท่งแล้วรีดออกมาด้วยลูกกลิ้งให้มีขนาดและรูปร่างตามต้องการ

ในการก่อสร้างผู้ออกแบบ มักแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กไว้ในแบบก่อสร้าง และรายละเอียดประกอบแบบ ในการทำงานให้ยึดถือตามแบบ และข้อกำหนดเป็นหลัก แต่หากกรณีไม่ได้กำหนดในแบบ หรือรายละเอียดประกอบแบบแล้ว ควรปฏิบัติตามกฎหมาย หรือมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ เช่น ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร, มาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ในพระบรมราชูปถัมภ์) หรือมาตรฐานสากล เช่น ACI, ASSHTO เป็นต้น

### ชนิดของเหล็กเสริม

เหล็กเสริมคอนกรีตหล่อในที่ มักนิยมใช้เหล็ก 3 ชนิด ดังต่อไปนี้

#### 1. เหล็กเส้นกลมเรียบ (Round Bar : RB)

เหล็กเส้นกลมในประเทศไทยนิยมใช้สำหรับเหล็กปลอกเกลียว เหล็กปลอก และเหล็กผูกตั้ง ผลิตตามมาตรฐาน มอก.20-2543 ชั้นคุณภาพ SR สัญลักษณ์ของเหล็ก RB หรือ ๘ ใช้เป็นสัญลักษณ์และบอกขนาด ความยาว 10 เมตร และ 12 เมตรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. - 25 มม.

| สัญลักษณ์ | ความต้านแรงดึงที่จุดคราก ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.) | ความต้านแรงดึงสูงสุด ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.) | ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่า (ร้อยละ) | การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น |                                        |
|-----------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
|           |                                                   |                                               |                                                                      | มุมการดัด (องศา)           | เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด                 |
| SR 24     | 2400                                              | 3900                                          | 21                                                                   | 180                        | 1.5 เท่าของเส้นผ่าน -<br>ศูนย์กลางระบุ |

#### ตารางแสดงคุณสมบัติทางกลเหล็กเส้นกลม

| ชื่อขนาด | มวลต่อเมตร<br>กิโลกรัม | เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร |                  |
|----------|------------------------|--------------------------------------|------------------|
|          |                        | เฉลี่ย ร้อยละ                        | แต่ละเส้น ร้อยละ |
| RB 6     | 0.222                  | ± 5.0                                | ± 10.0           |
| RB 9     | 0.499                  | ± 3.5                                | ± 6.0            |
| RB 12    | 0.888                  | ± 3.5                                | ± 6.0            |
| RB 15    | 1.387                  | ± 3.5                                | ± 6.0            |
| RB 19    | 2.226                  | ± 3.5                                | ± 6.0            |
| RB 22    | 2.984                  | ± 3.5                                | ± 6.0            |
| RB 25    | 3.853                  | ± 3.5                                | ± 6.0            |
| RB 28    | 4.834                  | ± 3.5                                | ± 6.0            |
| RB 34    | 7.127                  | ± 3.5                                | ± 6.0            |

ตารางแสดง เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร ของเหล็กเส้นกลม

| ชื่อขนาด | เส้นผ่านศูนย์กลาง<br>(มม.) | มวลระบุ<br>(กก./ม.) | พื้นที่หน้าตัด<br>(ตร.มม.) |
|----------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| RB6      | 6                          | 0.222               | 28.3                       |
| RB8      | 8                          | 0.395               | 50.3                       |
| RB9      | 9                          | 0.499               | 63.3                       |
| RB10     | 10                         | 0.616               | 78.5                       |
| RB12     | 12                         | 0.888               | 113.1                      |
| RB15     | 15                         | 1.387               | 176.7                      |
| RB19     | 19                         | 2.226               | 283.5                      |

|      |    |       |       |
|------|----|-------|-------|
| RB22 | 22 | 2.984 | 380.1 |
| RB25 | 25 | 3.853 | 490.9 |

ตารางแสดง ขนาดและน้ำหนักของเหล็กเส้นกลม

## 2. เหล็กเส้นข้ออ้อย (Deformed Bar : DB)

เหล็กเส้นข้ออ้อย ตามนิยามในกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (2527) (พรบ. ควบคุมอาคาร) หมายถึง เหล็กเสริมที่มีบั้งหรือมีคิบบี่ผิว เป็นเหล็กที่มีแรงยึดเกาะที่ผิวสูง เหมาะ สำหรับ งาน คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความแข็งแรงสูง ในประเทศไทยเหล็กข้ออ้อยใช้สัญลักษณ์ DB บอ ก ข น า ต เ ลื น ผ้ า ศูนย์ กล ำ ง มีคุณภาพตามมาตรฐาน มอก. 24-2548 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 mm. ถึง 32 mm ขนาดความยาว 10 เมตร และ 12 เมตรในมาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (วสท. 1008-38) กำหนดว่าเหล็กเสริมต้องเป็นเหล็กแบบข้ออ้อย

| สัญลักษณ์ | ความต้านแรงดึงที่จุดคราก ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.) | ความต้านแรงดึงสูงสุด ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.) | ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า (ร้อยละ) | การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น |                             |
|-----------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|           |                                                   |                                               |                                                                     | มุมการดัด (องศา)           | เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด      |
| SD 30     | 3000                                              | 4900                                          | 17                                                                  | 180                        | 4 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ |
| SD 40     | 4000                                              | 5700                                          | 15                                                                  | 180                        | 5 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ |
| SD 50     | 5000                                              | 6300                                          | 13                                                                  | 90                         | 5 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ |

ตารางแสดงคุณสมบัติทางกลเหล็กเส้นกลม

| ชื่อขนาด | มวลต่อเมตร<br>กิโลกรัม | เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร |                  |
|----------|------------------------|--------------------------------------|------------------|
|          |                        | เฉลี่ย ร้อยละ                        | แต่ละเส้น ร้อยละ |
| DB 10    | 0.617                  | $\pm 3.5$                            | $\pm 6$          |
| DB 12    | 0.888                  | $\pm 3.5$                            | $\pm 6$          |
| DB 16    | 1.578                  | $\pm 3.5$                            | $\pm 6$          |
| DB 20    | 2.466                  | $\pm 3.5$                            | $\pm 6$          |
| DB 22    | 2.984                  | $\pm 3.5$                            | $\pm 6$          |
| DB 25    | 3.853                  | $\pm 3.5$                            | $\pm 6$          |
| DB 28    | 4.834                  | $\pm 3.5$                            | $\pm 6$          |
| DB 32    | 6.313                  | $\pm 3.5$                            | $\pm 6$          |

ตารางแสดง เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร ของเหล็กข้ออ้อย

| ชื่อขนาด | เส้นผ่านศูนย์กลาง<br>(มม.) | มวลระบุ<br>(กก./ม.) | พื้นที่หน้าตัด<br>(ตร.มม.) |
|----------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| DB6      | 6                          | 0.222               | 28.3                       |
| DB8      | 8                          | 0.395               | 50.3                       |
| DB10     | 10                         | 0.616               | 78.5                       |
| DB12     | 12                         | 0.888               | 113.1                      |
| DB16     | 16                         | 1.578               | 201.1                      |
| DB20     | 20                         | 2.466               | 314.2                      |
| DB22     | 22                         | 2.984               | 380.1                      |
| DB25     | 25                         | 3.853               | 490.9                      |
| DB28     | 28                         | 4.843               | 615.8                      |
| DB32     | 32                         | 6.313               | 804.2                      |
| DB36     | 36                         | 7.990               | 1,017.9                    |
| DB40     | 40                         | 9.865               | 1,256.6                    |

ตารางแสดง ขนาดและน้ำหนักของเหล็กข้ออ้อย

### 3. เหล็กลวดตะแกรง (Wire Mesh)

Wire Mesh คือตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมกัน ผลิตจากเหล็กรีดเย็น ทอติดกันเป็นผืนเหล็ก Wire Mesh รับแรงดึงสูงได้ไม่น้อยกว่า 5,500 ksc. โดยการต่อทาบเหล็กเหล็ก Wire Mesh ควรปฏิบัติดังนี้

1. หลีกเลี่ยงการต่อทาบบริเวณที่มีหน่วยแรงสูงสุด หากจำเป็นให้ต่อที่ระยะทาบ ของระยะห่างของเส้นลวด บวกอีก 5 ซม.
2. การต่อเหล็กที่รับแรงไม่เกินครึ่งหนึ่งของหน่วยแรงที่ยอมให้ต้องมีระยะทาบไม่น้อยกว่า 5 ซม.

3. การต่อทาบเหล็กลวดตะแกรงที่ รับแรงหลักขององค์อาคาร การ  
ท า บ ต่ อ เ ห ลี ก เ ส รื ม  
ควรเป็นไปตามที่กำหนดโดยวิศวกรผู้ออกแบบ

### การตรวจสอบงานเหล็กเสริมหน้าสนาม

1. ตรวจสอบระยะ Covering ของเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบ
2. ตรวจสอบขนาดของเหล็กเสริม
3. ตรวจสอบจำนวนการใส่เหล็ก
4. ตรวจสอบตำแหน่งและระยะการต่อทาบของเหล็กเสริมให้เป็นไปตามแบบและหลักข้อกำหนดตามแบบและตามหลักวิศวกรรม
5. ตรวจสอบความสะอาดของเหล็กเสริม
6. ตรวจสอบการกองเก็บเหล็กเสริม ไม่ควรให้ติดกับดิน และไม่ควรรออยู่  
ใกล้คราบน้ำมัน ไม่ควรสัมผัสสน้ำน้ำ

### การกองเก็บเหล็กเส้น

- เหล็กเส้นที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างต้องมีหลังคาคลุม หรือต้องมีที่  
กำบังฝน
- เหล็กเส้นต้องกองเก็บไม่ให้โดนพื้นดิน ต้องไม่น้อยกว่า 20 ซม.
- เหล็กเส้นที่นำมาใช้งาน ต้องทำการแยกไว้เป็นพวก ๆ มีป้ายบอกชนิด  
และขนาดอย่างชัดเจน
- ห้ามวางกองเหล็กใกล้บริเวณที่มีน้ำมัน

### การตัดงอเหล็กเสริม

กรณีที่ผู้ออกแบบกำหนดขนาด รายละเอียดการงอขอสำหรับ  
เหล็กเส้นไว้แล้ว ให้ตัดงอขอตามที่ผู้ออกแบบกำหนดแต่ในกรณีที่ ไม่ได้  
กำหนดในแบบอาจยึดถือตาม มาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กของ  
วสท. ได้ดังนี้

#### ของอมาตรฐาน

หมายถึง ส่วนปลายของเหล็กที่มีลักษณะตรงตามข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้  
(ก) ส่วนที่ตั้งเป็นครึ่งวงกลมและมีส่วนปลายยื่นต่อไปอีกอย่างน้อย 4 เท่า  
ของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็ก แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 6 ซม.เช่นตัดเหล็กเป็น

วงกลม ขนาด RB 9 มม. =  $4 \times 0.9 \text{ ซม.} = 3.6 \text{ ซม.}$  แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 6 cm.

(ข) ส่วนที่ตัดเป็นมุมฉากและส่วนที่ปลายยื่นต่อออกไป อย่างน้อย 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก เช่น ตัดเหล็กฉาก ขนาด DB 12 มม. =  $12 \times 1.2 \text{ ซม.} = 14.4 \text{ ซม.}$

(ค) สำหรับเหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอกเดี่ยว

1. ส่วนที่ตัดเป็นมุมฉากและมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น สำหรับเหล็กเส้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 6 มม. ถึง 16 มม. หรือ
2. ส่วนตัดเป็นมุมฉากและมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 12 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น สำหรับเหล็กเส้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 20 มม. ถึง 25 มม. หรือ
3. ส่วนที่ตัดเป็นมุม 135 องศา และมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 6 เท่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น สำหรับเหล็กเส้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของ เหล็กเส้น นั้น ตั้งแต่ 6 มม. ถึง 25 มม.

ของมาตรฐานที่รับแรงดึง อาจถือว่ารับแรงดึงได้ 700 กก./ซม. หรืออาจนำมาเป็นส่วนของเหล็กเสริมยื่นต่อออกไปเพื่อให้ได้แรงยึดหน่วงที่ต้องการและของเหล็กเสริมต้องไม่นำมาใช้เป็นส่วนช่วยเพิ่มความต้านทานแรงอัด

#### เส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของวงโค้งที่ตัด

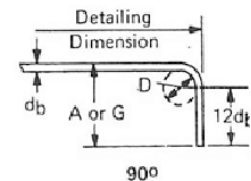
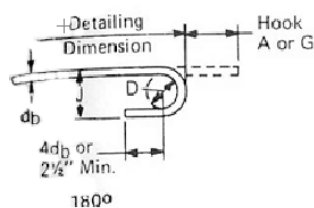
เส้นผ่านศูนย์กลางของวงโค้งที่ตัดของเหล็กเส้นมัดภายในของเหล็กเส้นที่ตัดต้องไม่เหล็กกว่าค่าที่ให้ไว้ในตารางด้านล่างนี้ ทั้งนี้ยกเว้นเหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 6 มม. ถึง 16 มม. ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของวงโค้งที่ตัดไม่น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กนั้น

| ขนาดของเหล็กเส้น | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุด |
|------------------|------------------------------------|
| 6 มม. ถึง 25 มม. | 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของ      |

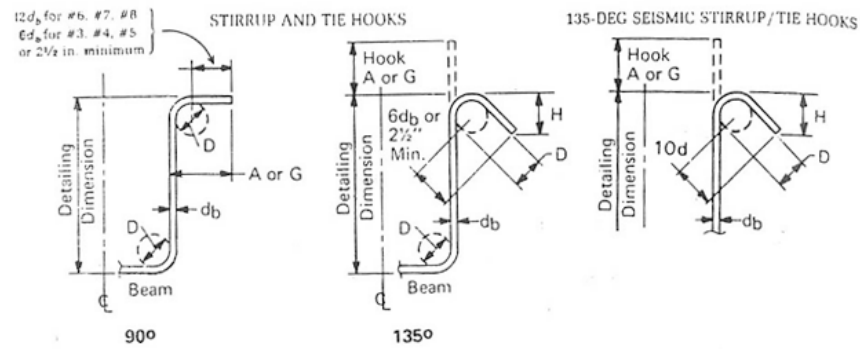
|                   |                                             |
|-------------------|---------------------------------------------|
|                   | เหล็กเส้นนั้น                               |
| 28 มม. ถึง 36 มม. | 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น  |
| 44 มม. ถึง 57 มม. | 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น |

### การตัดเหล็กเสริม

- (ก) ในการตัดเหล็กเสริมต้องใช้วิธีตัดเย็น นอกจากวิศวกรจะกำหนดให้เป็นอย่างอื่นได้
- (ข) เหล็กเสริมซึ่งมีบางส่วนที่ฝังอยู่ในคอนกรีต ห้ามตัดปลายข้างที่โผล่จากคอนกรีต ในที่นอกจากจะแสดงไว้ในแบบหรือวิศวกรจะอนุญาตเป็นพิเศษ



| RECOMMENDED END HOOKS, ALL GRADES |                   |                                    |                |           |                |
|-----------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|-----------|----------------|
| Bar Size<br>(ASTM)                | Diameter<br>(mm.) | Finished<br>bend dia.<br>D<br>(cm) | 180-deg hooks  |           | 90-deg hooks   |
|                                   |                   |                                    | A or G<br>(cm) | J<br>(cm) | A or G<br>(cm) |
| #3                                | 10                | 6                                  | 13             | 8         | 15             |
| #4                                | 13                | 8                                  | 15             | 10        | 20             |
| #5                                | 16                | 10                                 | 18             | 13        | 25             |
| #6                                | 19                | 11                                 | 20             | 15        | 30             |
| #7                                | 22                | 14                                 | 25             | 18        | 36             |
| #8                                | 25                | 15                                 | 28             | 20        | 41             |
| #9                                | 29                | 24                                 | 38             | 30        | 48             |
| #10                               | 32                | 27                                 | 43             | 34        | 56             |
| #11                               | 36                | 30                                 | 48             | 37        | 61             |
| #14                               | 43                | 46                                 | 69             | 55        | 79             |
| #18                               | 57                | 61                                 | 91             | 72        | 104            |



| RECOMMENDED STIRRUP AND TIE HOOKS |                   |                                    |                      |                |              |                              |           |
|-----------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------|----------------|--------------|------------------------------|-----------|
| Bar Size<br>(ASTM)                | Diameter<br>(mm.) | Finished<br>bend dia.<br>D<br>(cm) | STIRRUP AND TIE HOOK |                |              | SEISMIC STIRRUP AND TIE HOOK |           |
|                                   |                   |                                    | 90-deg hook          |                | 180-deg hook | 135-deg hook                 |           |
|                                   |                   |                                    | A or G<br>(cm)       | A or G<br>(cm) | H<br>(cm)    | A or G<br>(cm)               | H<br>(cm) |
| #3                                | 10                | 4                                  | 10                   | 10             | 6            | 13                           | 9         |
| #4                                | 13                | 5                                  | 14                   | 11             | 8            | 17                           | 14        |
| #5                                | 16                | 6                                  | 15                   | 14             | 10           | 20                           | 14        |
| #6                                | 19                | 11                                 | 30                   | 20             | 11           | 27                           | 17        |
| #7                                | 22                | 13                                 | 36                   | 23             | 13           | 32                           | 20        |
| #8                                | 25                | 15                                 | 41                   | 26             | 15           | 36                           | 23        |

NOTE Grade 40, 50 and 60

ภาพแสดงตัวอย่างมาตรฐานการตัดของอ ของต่างประเทศ

### สภาพผิวของเหล็กเสริม

ในขณะเทคอนกรีต เหล็กเสริมต้องไม่มีสนิมขุม โคลน น้ำมัน หรือสารอื่น ๆ เกาะผิวซึ่งจะทำให้เสียแรงยึดหน่วง ในทางปฏิบัติ ไม่ควรทิ้งระยะเวลานานจนกระทั่งเหล็กเกิดสนิมขุม ซึ่งหากเกิดสนิมเพียงเล็กน้อยไม่กินไปยั้งเนื้อเหล็ก ให้ทำความสะอาดโดยใช้แปรงโลหะขัดก่อนการเทคอนกรีต



## ภาพแสดง การขัดสนิมเหล็กคานหน้าสนาม ด้วยแปรงโลหะ

### การจัดวางเหล็กเสริม

ในการก่อสร้างทั่วไปแล้ว ผู้ออกแบบจะแสดงรูปแบบการวางเหล็กเสริมในโครงสร้าง โดยคำนึงถึงแรงภายในต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ระยะฝั่ง หรือการตัดงอที่ทำให้เกิดแรงในเหล็กเสริมและคอนกรีต ซึ่งหากผู้ออกแบบไม่ได้ระบุในแบบหรือข้อกำหนดใด ๆ อาจถือปฏิบัติตามมาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ของ ว.ส.ท. หรือ มาตรฐานสากลอื่น ๆ ซึ่งก่อนเทคอนกรีต เหล็กเสริมต้องจัดวางในตำแหน่งที่ถูกต้องโดยมีที่รองรับที่แข็งแรง โดยมีความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (วสท.1008-38) ดังตารางต่อไปนี้

#### 1. ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับความลึก d และระยะหุ้มคอนกรีตต่ำสุดในองค์อาคารที่รับแรงดัด แรงอัด และกำแพง ดังนี้

| ระยะ d          | ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของ d | ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของระยะหุ้มคอนกรีตต่ำสุด |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|
| $d \leq 20$ ซม. | $\pm 0.5$ ซม.                 | -0.5 ซม.                                         |
| $d > 20$ ซม.    | $\pm 1.0$ ซม.                 | -1.5 ซม.                                         |

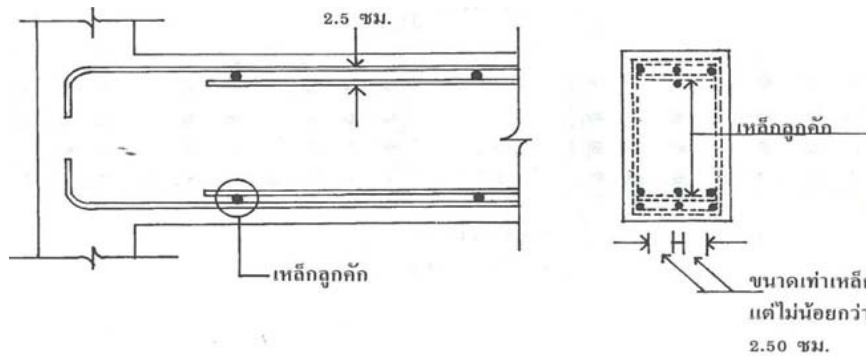
#### 2. ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับตำแหน่งจุดดัดและปลายของเหล็กเสริม ตามยาวที่มีค่าเท่ากับ $\pm 5$ ซม. ยกเว้นปลายด้านที่ไม่ต่อเนื่องขององค์อาคาร ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ $\pm 1.0$ ซม.

##### ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม

(ก) ระยะช่องว่างต่ำสุดของเหล็กเส้น ที่วางขนานกันในแต่ละชั้น ต้องไม่แคบกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น ๆ และต้องไม่น้อยกว่า 2.5 ซม.

(ข) การเสริมเหล็กในคานที่มีเหล็กเส้นตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป ระยะช่องว่างระหว่างชั้นของเหล็กเส้นต้องไม่แคบกว่า 2.5 ซม. และเหล็กเส้นที่อยู่ชั้นบนต้องจัดเรียงให้อยู่ในแนวเดียวกับเหล็กเส้นที่อยู่ชั้นกลาง

ในทางปฏิบัติมักจะใส่เหล็ก Ø 25 มม. คั่นระหว่างเหล็กเสริม เรียกว่า เหล็กลูกค้ำ (Spacer) วางห่างเป็นช่วง ๆ ประมาณ 1.00-1.50 เมตร



- (ค) ระยะช่องว่างของเหล็กเสริมตามยาวในองค์อาคารรับแรงอัดที่ใช้เหล็กปลอกเกลียวหรือเหล็กปลอกเดี่ยว ต้องไม่น้อยกว่า  $1\frac{1}{2}$  เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น ๆ และต้องไม่น้อยกว่า 4 ซม.
- (ง) ระยะช่องว่างระหว่างเหล็กต่อทาบกับเหล็กต่อทาบด้วยกัน หรือระหว่างเหล็กต่อทาบกับเหล็กเส้นอื่น ให้ใช้เช่นเดียวกันกับที่กำหนดไว้สำหรับระยะช่องว่างระหว่างเหล็กเส้น
- (จ) ในกำแพงและแผ่นพื้น ยกเว้นแผ่นพื้นระบบตงคอนกรีต เหล็กเสริมเอกรับแรงดัดต้องมีระยะเรียงไม่มากกว่า 3 เท่าของความหนาของกำแพงหรือแผ่นพื้นนั้น และต้องไม่เกิน 40 ซม.
- (ฉ) เหล็กเส้นมัดรวมกันเป็นกำ
- เหล็กเส้นหลายเส้นที่ขนานกัน และมัดรวมกันเป็นกำ เพื่อให้รับแรงเสมือนเป็นหน่วยเดียวกันนั้น ต้องเป็นเหล็กข้ออ้อยทุกเส้น มีจำนวนไม่เกินกำละ 4 เส้น
  - เหล็กเส้นมัดรวมกันเป็นกำต้องถูกล้อมรอบให้อยู่ภายในเหล็กลูกตั้งหรือเหล็กปลอกเดี่ยว
  - เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 36 มม. ไม่อนุญาตให้มัดรวมกันในคาน
  - ในเหล็กเส้นที่มัดรวมเป็นกำ เหล็กเส้นแต่ละเส้นที่สิ้นสุดในช่วงขององค์อาคารรับแรงดัด ต้องสิ้นสุดในตำแหน่งที่เหลื่อมกัน โดยมีตำแหน่งสิ้นสุดห่างกันอย่างน้อย 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น

- e. หากใช้วิธีกำหนดระยะเรียงของเหล็กเส้นและระยะหุ้มคอนกรีตต่ำสุดโดยการถือเอาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นเป็นหลัก ให้ถือว่าเหล็กแต่ละกำเป็นเสมือนเหล็กเส้นเดียวที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่หามาจากเนื้อที่หน้าตัดเทียบเท่ากับเหล็กเส้นทั้งกำรวมกัน

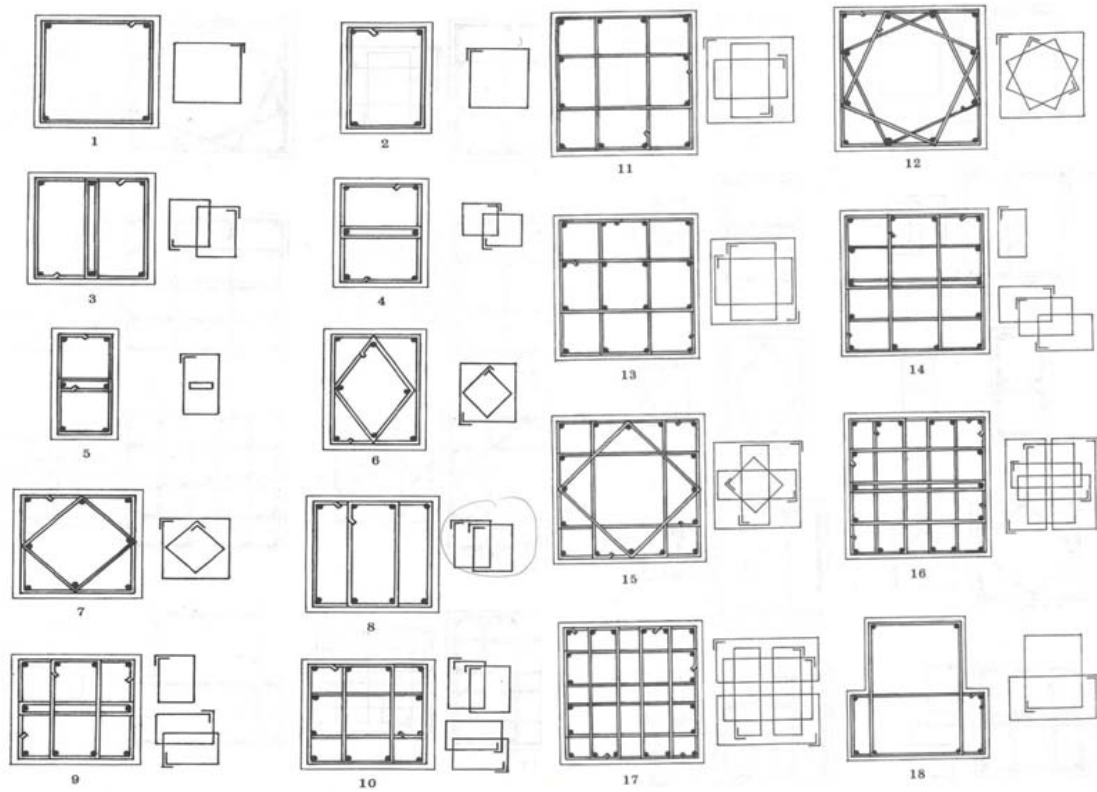
**ตัวอย่างการจัดเหล็กเสริมที่องค์อาคารและจุดต่อต่าง ๆ**

- การจัดเหล็กเสริมในเสาเหล็กเสริมในเสามักใช้เพื่อรับกำลังอัด ซึ่งขนาดและความยาวการฝังต่าง ๆ เพื่อให้เกิดแรงอัดได้ วิศวกรผู้ออกแบบควรต้องกำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ในกรณีที่ไม่ได้กำหนดในแบบก่อสร้าง อาจยึดถือระยะต่าง ๆ ข้อกำหนดต่อไปนี้ ซึ่งเป็นการจัดเรียงเหล็กตามมาตรฐาน วสท. (วสท.1008-38)

**รายละเอียดพิเศษสำหรับเหล็กเสริมในเสา (การดัดเหล็กเสา)**

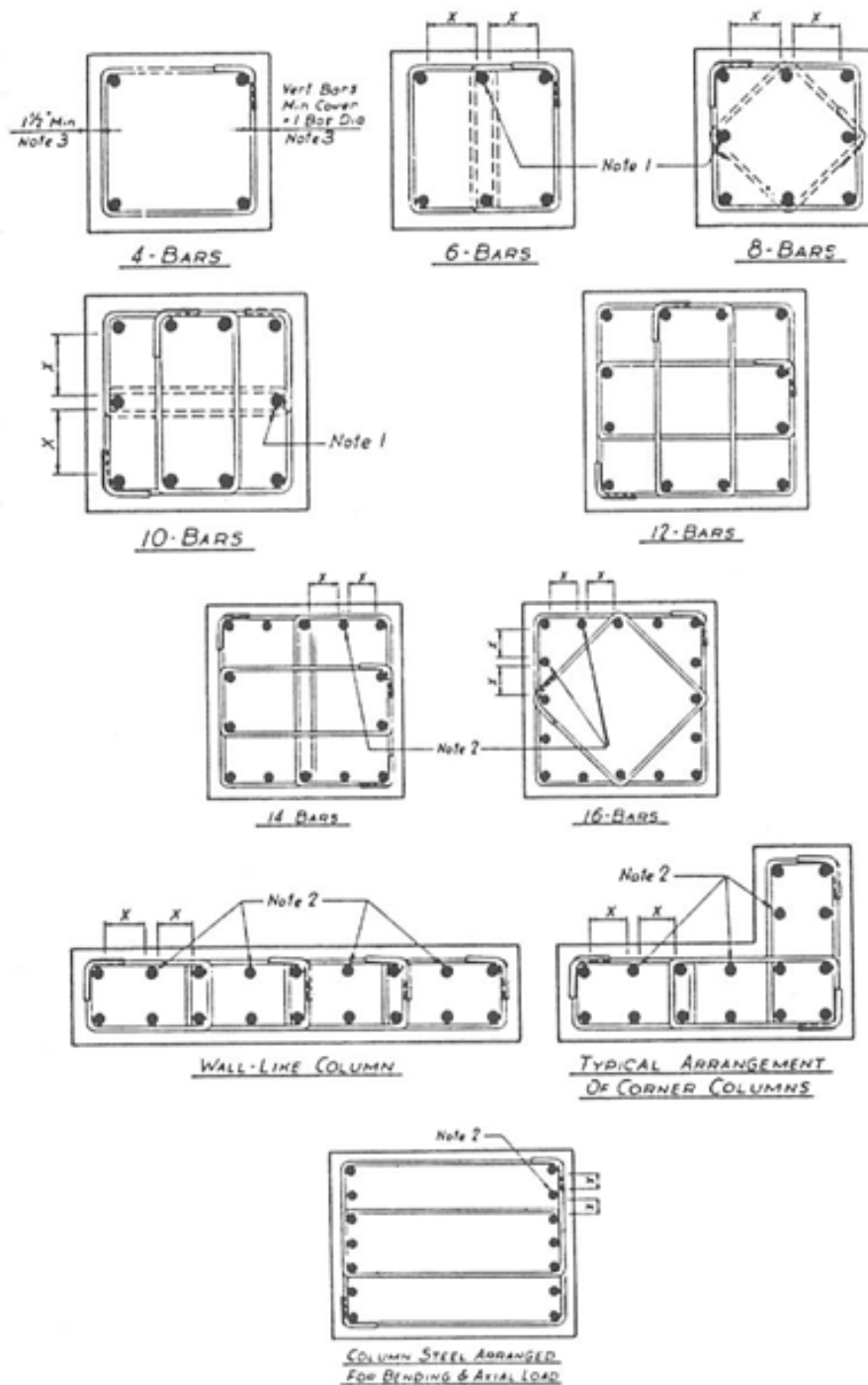
- (ก) ความลาดเอียงของเหล็กเส้นส่วนที่ตัดเอียง เมื่อเทียบกับแกนของเสาต้องไม่เกิน 1 ต่อ 6
- (ข) เหล็กเส้นส่วนบนและล่างของส่วนที่ต้นต้องขนาดกับแกนของเสา
- (ค) ตำแหน่งที่ตั้งเหล็กนั้น ต้องมีการยึดตามแนวนอนอย่างเพียงพอ ด้วยเหล็กปลอกเดี่ยว เหล็กปลอกเกลียว หรือส่วนของแผ่นพื้นที่ได้ที่ยึดตามแนวนอนต้องออกแบบให้สามารถรับแรงได้เท่ากับ  $1 \frac{1}{2}$  เท่าของแขนงแรงในแนวนอนของแรงในเหล็กเส้นส่วนที่เอียงนั้น เหล็กปลอกเดี่ยวหรือเหล็กปลอกเกลียวที่ใช้ต้องอยู่ห่างจากจุดที่ตั้งเหล็กนั้นไม่เกิน 15 ซม.
- (ง) เหล็กที่ตั้งต้องตัดให้ได้รูปก่อนที่จะจัดวางในแบบหล่อ
- (จ) หากหน้าด้านใดด้านหนึ่งของเสาเอียงกันตั้งแต่ 7.5 ซม. ขึ้นไป การต่อเหล็กเส้นที่หน้าเสานั้นห้ามใช้วิธีการดัด แต่ให้ใช้ต่อหาบด้วยการเสริมเหล็กเดือย





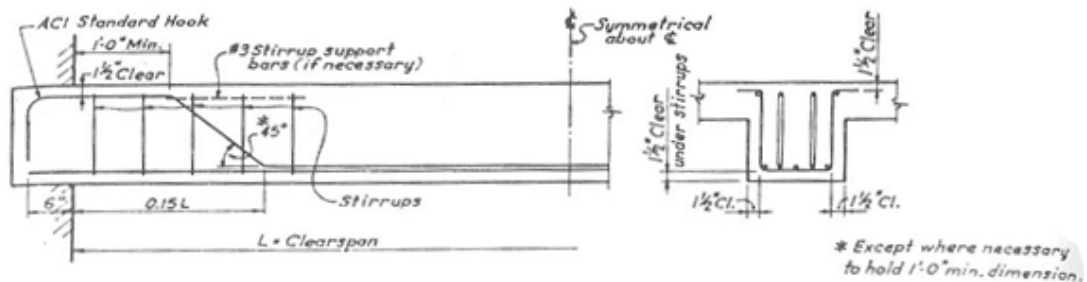
ภาพแสดง เหล็กปลอกกรณีเสาแบบต่าง ๆ

## ACI STANDARD CLOSED COLUMN TIES\*

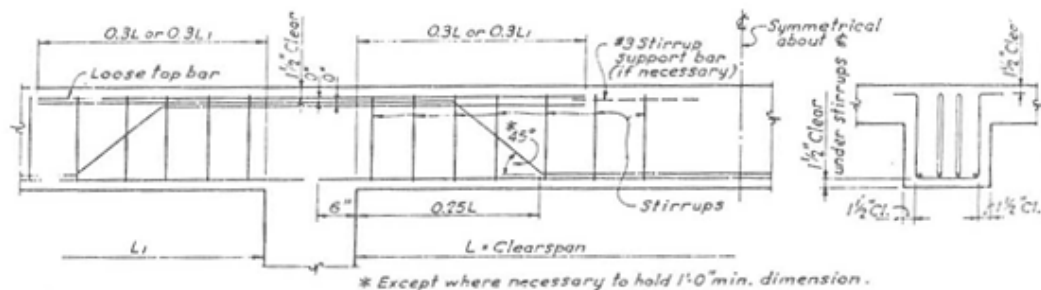


ภาพแสดง รูปแบบการเสริมเหล็กปลอกในเสา ตามมาตรฐาน ACI

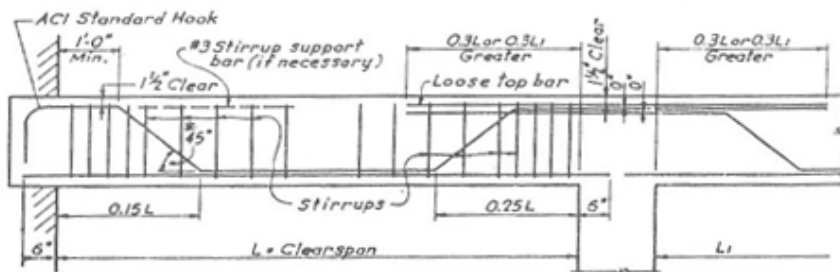
- การจัดเหล็กเสริมในคาน ในกรณีที่ไม่ได้กำหนดในแบบก่อสร้างอาจยึดถือระยะต่าง ๆ ตามภาพแสดงด้านล่าง ซึ่งเป็นการจัดเรียงเหล็กตามมาตรฐาน ACI



SINGLE SPAN BEAM, SIMPLY SUPPORTED



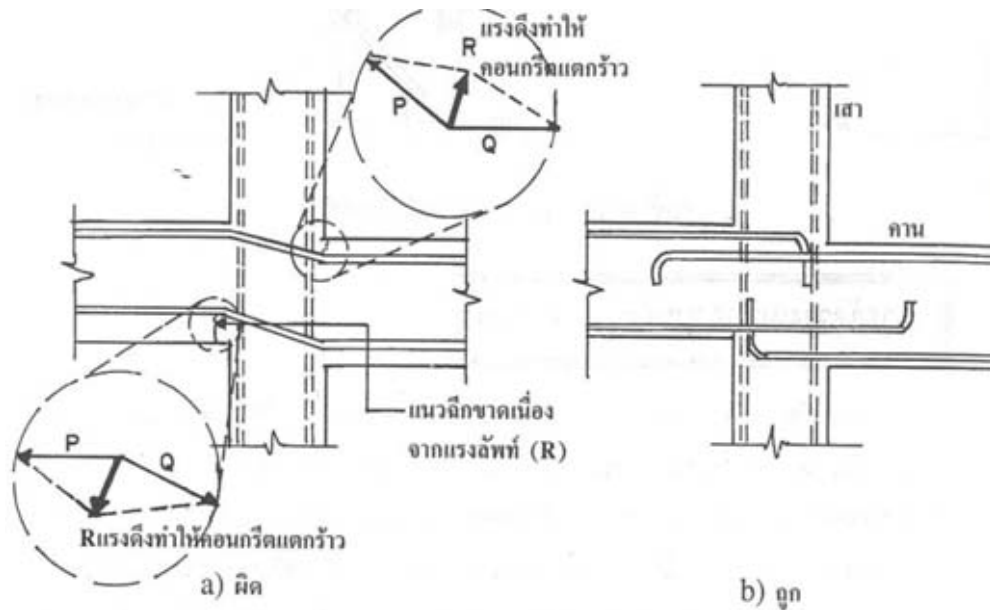
INTERIOR SPAN OF CONTINUOUS BEAM



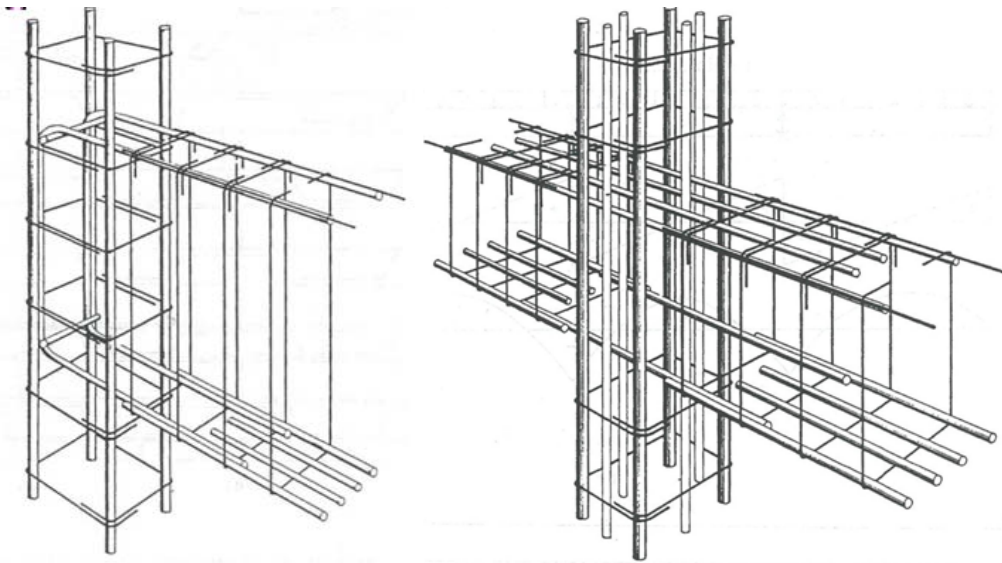
END SPAN OF SIMPLY SUPPORTED BEAM

TYPICAL DETAILS FOR BEAMS

การเสริมเหล็กคานที่ต่างระดับกัน หากทำการดัดเหล็กให้เอียง (SLOPE) ไปตามระดับที่เปลี่ยนแปลง จะทำให้เกิดหน่วยแรงที่ไม่พึงประสงค์ ขึ้นได้ คอนกรีตจะเสียหายแตกร้าวได้ เนื่องจากแรงลัพท์ (R) ทำการป้องกันได้ด้วยการเสริมเหล็กให้ถูกต้อง ตามรูปด้านล่าง (รูป b)

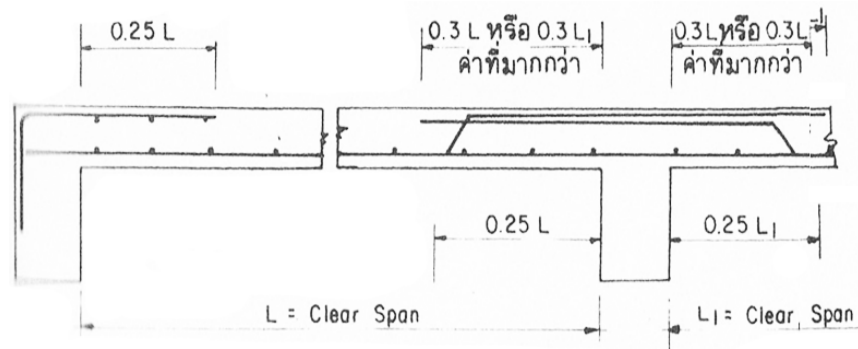


ภาพแสดง การเสริมเหล็กคานที่ต่างระดับกัน

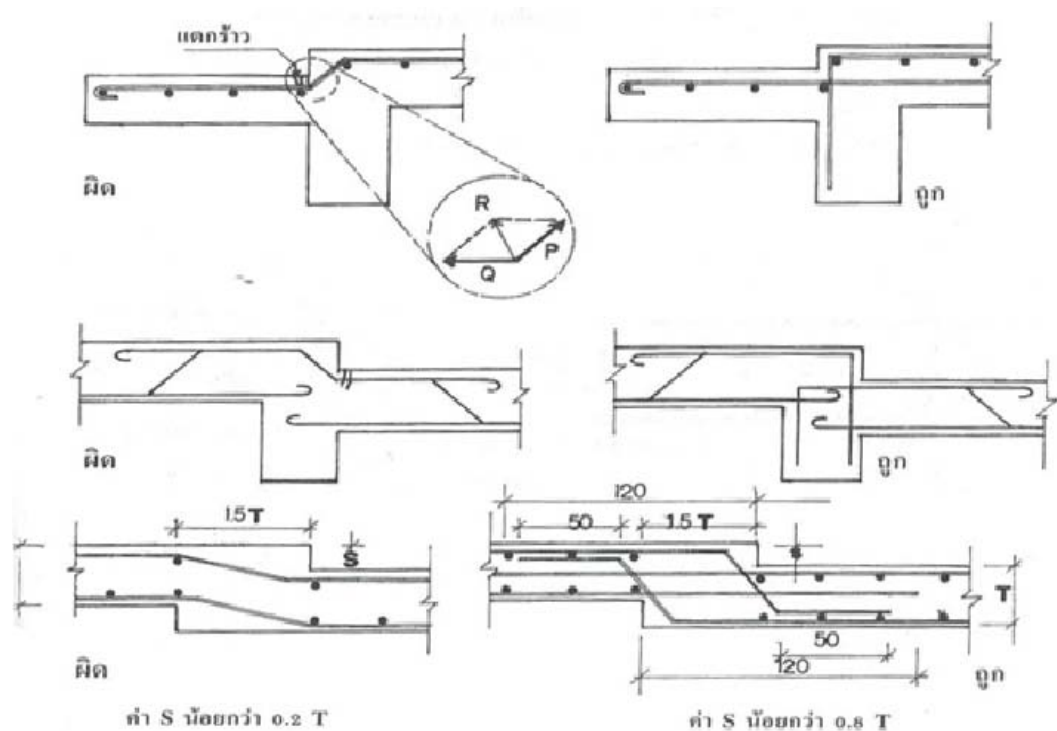


ภาพแสดง ตัวอย่างการวางเหล็กคานผ่านเสา

- การจัดเหล็กเสริมในแผ่นพื้นป็นในกรณีที่ไม่ได้กำหนดในแบบก่อสร้าง อาจยึดถือระยะต่าง ๆ ตามภาพแสดงด้านล่าง ซึ่งเป็นการจัดเรียงเหล็ก ตามมาตรฐาน ACI

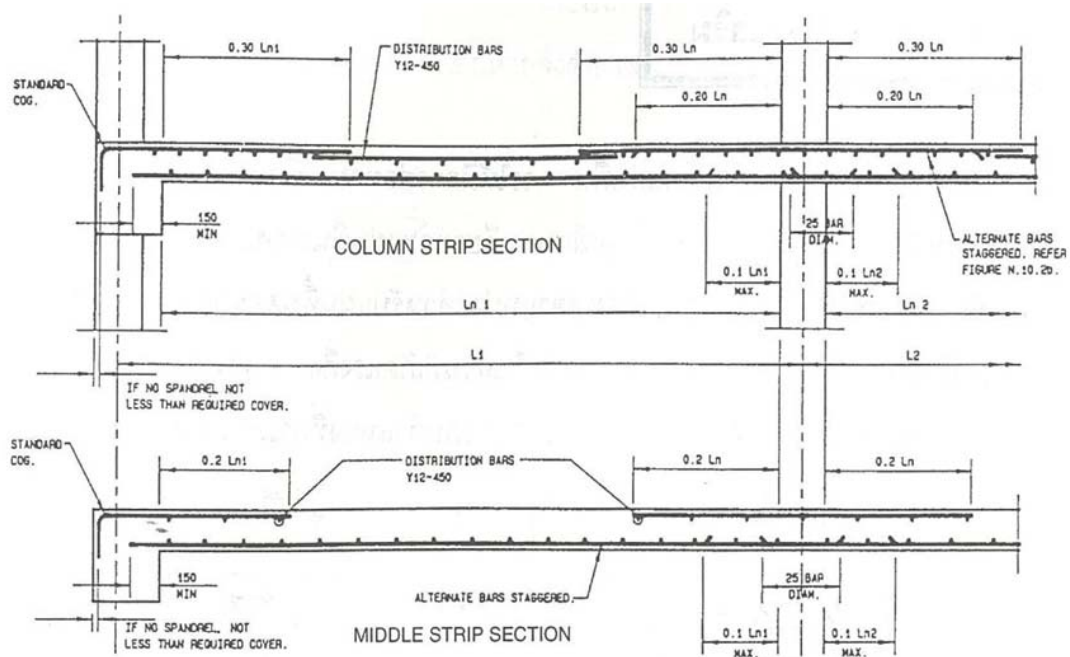


**ภาพแสดง ระยะตัดคอกมั่ว และการเสริมพิเศษตามมาตรฐาน ACI**  
**พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความหนาต่างระดับกัน การดัดเหล็กเอียง**  
**ตามระดับพื้นที่ต่างระดับกัน ทำให้เกิดหน่วยแรงไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นได้**  
**เนื่องจากแรงลัพท์ (R) ทำให้พื้นร้าว**

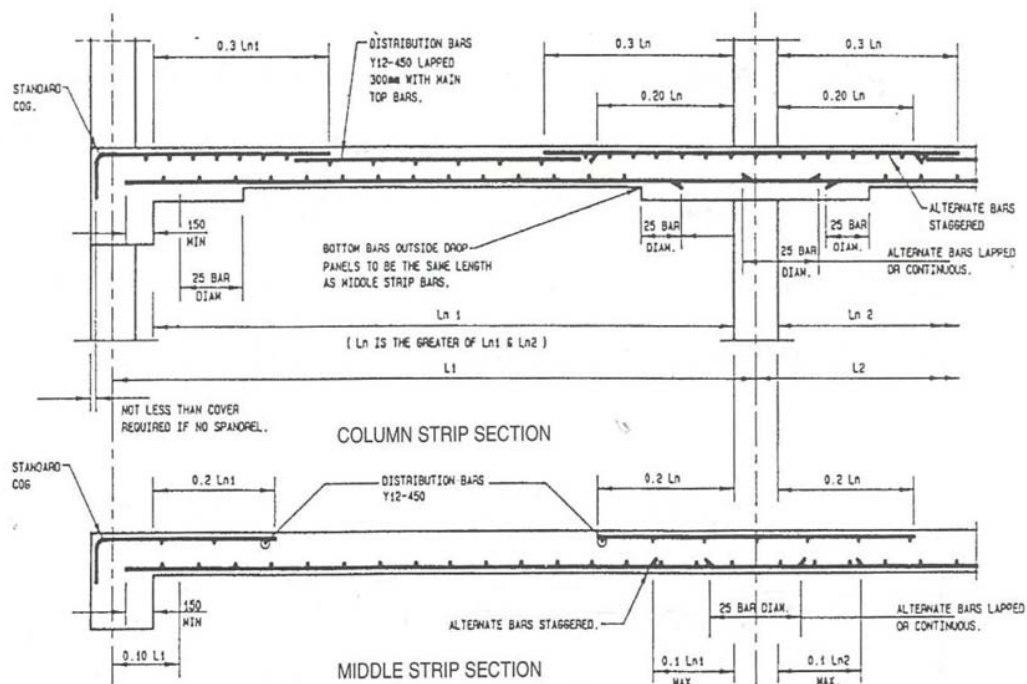


**ภาพแสดง การเสริมเหล็กสำหรับพื้นที่ต่างระดับกัน**

- การจัดเหล็กเสริมในแผ่นพื้นไร้คานในกรณีที่ไม่ได้กำหนดในแบบก่อสร้างอาจยึดถือระยะต่าง ๆ ตามภาพแสดงด้านล่าง ซึ่งเป็นการจัดเรียงเหล็กตามมาตรฐาน ACI

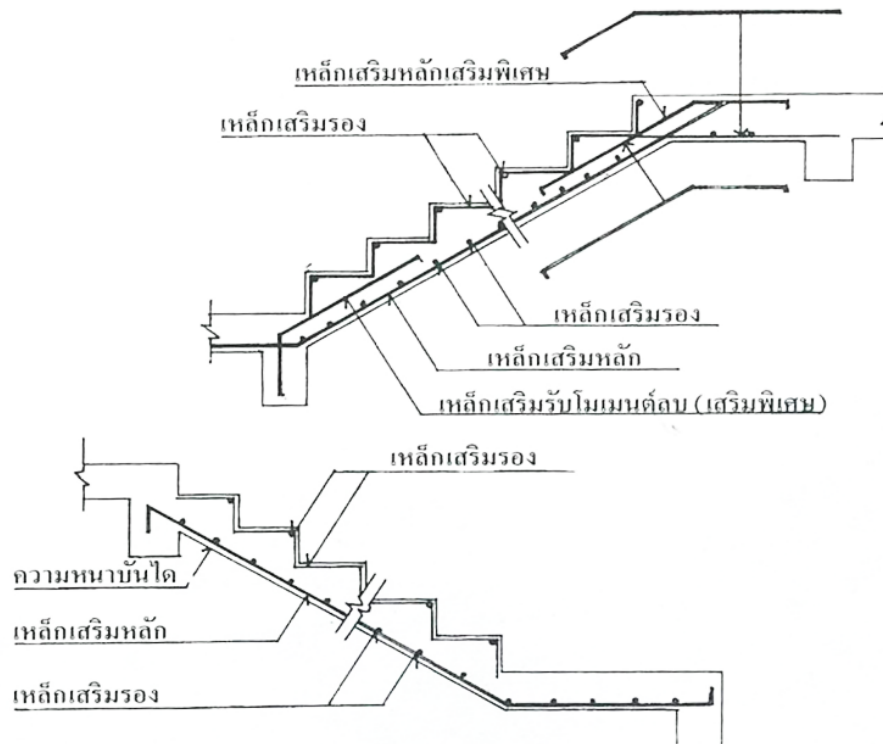


ภาพแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กแผ่นพื้นไร้คานมีความหนาเท่ากัน  
ตลอด

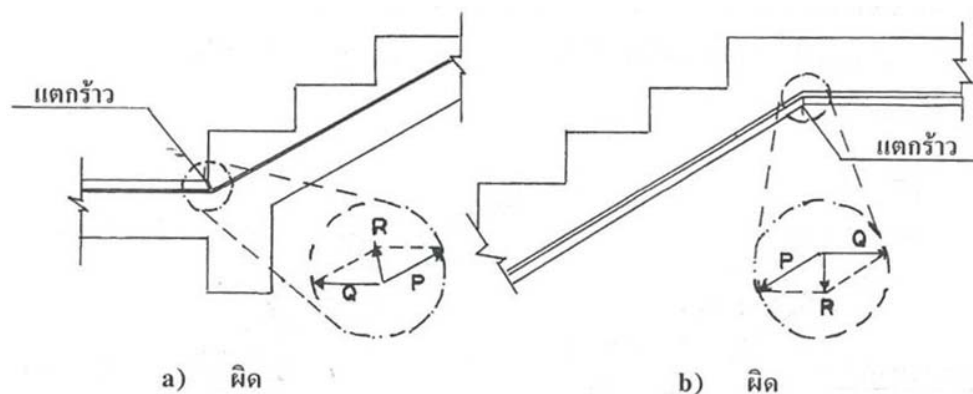


ภาพแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กแผ่นพื้นไร้คานที่มีแป้นหัวเสารองรับ

- การจัดเหล็กเสริมในบันไดในกรณีที่ไม่ได้กำหนดในแบบก่อสร้างอาจยึด  
ถือระยะต่าง ๆ ตามภาพแสดงด้านล่าง



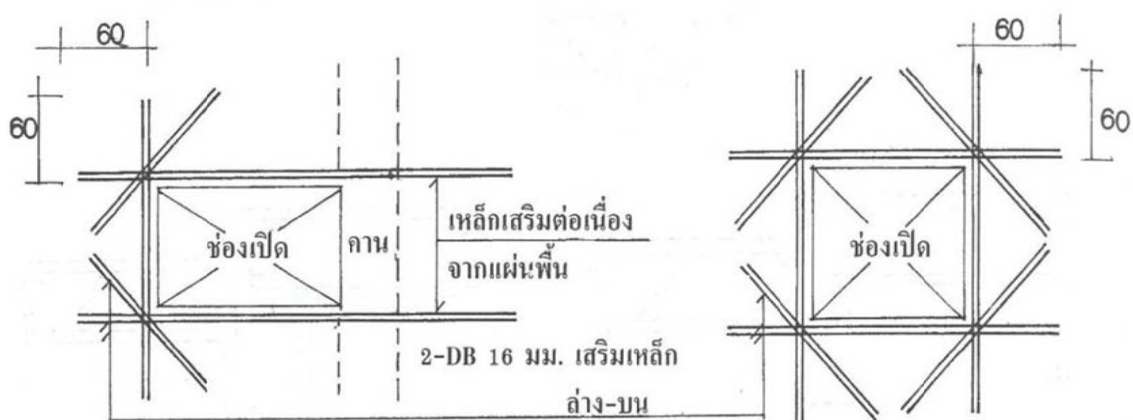
ภาพแสดง รายละเอียดการเสริมเหล็กที่ถูกต้องในโครงสร้างบันได



ภาพแสดง รายละเอียดการเสริมเหล็กที่ไม่ถูกต้องจะทำให้คอนกรีตแตกร้าว

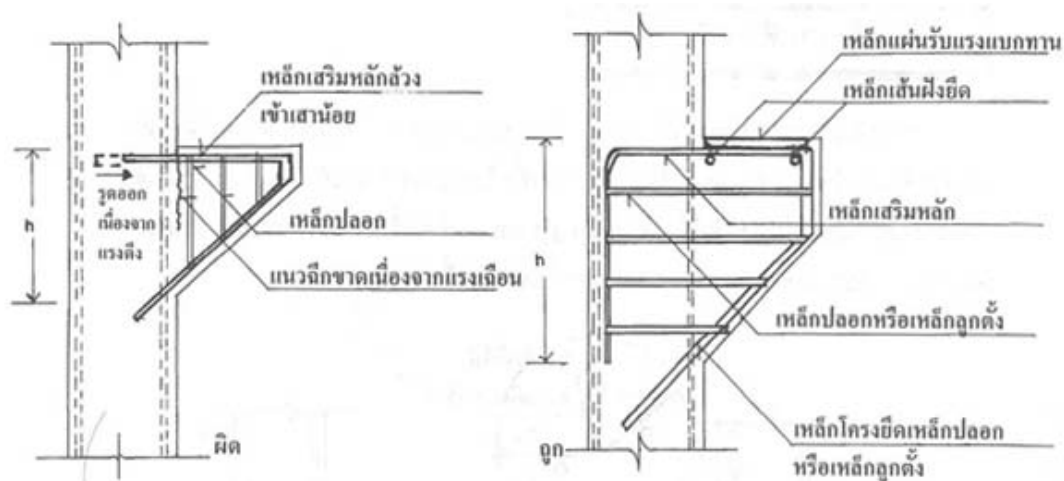
- การเสริมเหล็กเสริมพิเศษในช่องเปิดแผ่นพื้นหรือผนัง บริเวณช่องเปิดพื้น ต้องมีการออกแบบขนาดของช่องเปิดให้มีขนาด สอดคล้องกับช่องเปิด ต้องมีการเสริมเหล็กเพื่อป้องกันการฉีกขาด ขนาดเหล็กเสริมต้องไม่น้อยกว่า 12 มม. ทั้งเหล็กบนและเหล็กล่าง มีหลักพิจารณา ดังนี้
  1. ช่องเปิดมีขนาดเล็กกว่า 30 x 30 ซม. ควรจัดเหล็กดัดหลบช่องเปิด ไม่ควรตัดทิ้ง
  2. ช่องเปิดที่เล็กกว่า 30 x 30 ซม. แต่ไม่เกิน 100 x 100 ซม. ให้ใส่เหล็กตามรูป 11.20

### 3. ช่องเปิดมีขนาดใหญ่กว่า 100 x 100 ซม. ต้องให้วิศวกรเป็นคนกำหนดรายละเอียด



ภาพแสดง ตัวอย่างการตัดเหล็กเสริมพิเศษในช่องเปิดแผ่นพื้น

- การจัดเหล็กเสริมในคานหูก้าง (Corbel) เป็นคานที่ยื่นออกมารับคอนกรีตของในโรงงานอุตสาหกรรมรับโครงหลังคารับคานหลัก คานต้องมีความหนา (h) อย่างพอเพียงที่จะต้านทานแรงเฉือนส่วนเหล็กเสริมต้องสังยาวล้งเข้าไปในเสาอย่างพอเพียงเพื่อต้านทานแรงดึงจากโมเมนต์ตัด ส่วนเหล็กปลอกเสริมในแนวนอนเพื่อป้องกันการฉีกขาดจากแรงเฉือน



ภาพแสดง รายละเอียดการเสริมเหล็กในคานหูก้าง

## คอนกรีตหุ้มเหล็ก

ระยะหุ้มคอนกรีต หมายถึง ระยะที่วัดจากผิวด้านคอนกรีตถึงผิวภายนอกสุดของเหล็ก ปลอกเดี่ยว เหล็กปลอกเกลียวหรือเหล็กดัด ในกรณีที่ไม่มีเหล็กดัดกล่าว ให้วัดถึงผิวภายนอกของเหล็กเส้นที่อยู่ภายนอกสุด ซึ่งหากผู้ออกแบบมิได้กำหนดไว้ในแบบหรือข้อกำหนด ให้ยึดถือมาตรฐานวิศวกรรม ที่เป็นที่ยอมรับสากล เช่น มาตรฐาน วสท. ซึ่งได้กำหนดไว้ดังนี้

### (ก) คอนกรีตหล่อในที่

ระยะหุ้มคอนกรีตต่ำสุดสำหรับเหล็กเสริมให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

|                                                                                                                                                                                                               | ระยะหุ้ม<br>ต่ำสุด<br>(ซม.) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1. คอนกรีตหล่อติดกับดิน และผิวคอนกรีตสัมผัสดินตลอดเวลา                                                                                                                                                        | 7.5                         |
| 2. คอนกรีตที่สัมผัสดินหรือถูกแดดฝน <ul style="list-style-type: none"> <li>- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มม.</li> <li>- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า</li> </ul> | 5.0<br>4.0                  |
| 3. คอนกรีตที่ไม่สัมผัสกับดินหรือไม่ถูกแดดฝน ใน                                                                                                                                                                |                             |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| แผ่นพื้น กำแพง และตง                                        | 4.0 |
| - สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม. ขึ้นไป | 2.0 |
| - สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า   | 3.0 |
| - เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้งในคาน                          | 3.5 |
| - เหล็กปลอกเดี่ยวนหรือเหล็กปลอกเกลียวในเสา                  | 2.0 |
| ในหลังคาเปลือกบางแผ่นพื้นพับจีบ                             | 1.5 |
| - สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มม.       |     |
| - สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า   |     |

(ข)คอนกรีตหล่อสำเร็จ (มีการควบคุมคุณภาพและหล่อคอนกรีตจากโรงงาน) ระบุหุ้มคอนกรีตต่ำสุดสำหรับเหล็กเสริมให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

(ค)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ระยะหุ้ม<br>ต่ำสุด<br>(ซม.)     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <b>1. คอนกรีตที่สัมผัสดินหรือถูกแดดฝน</b><br><i>ในแผงกำแพง</i><br>- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม. ขึ้นไป<br>- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า<br><i>ในองค์อาคารชนิดอื่น</i><br>- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม. ขึ้นไป<br>- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 20 มม. ถึง 36 มม.<br>- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า | 4.0<br>2.0<br>5.0<br>4.0<br>3.0 |
| <b>2. คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดินหรือไม่ถูกแดดฝน</b><br><i>ในแผ่นพื้น กำแพง และตง</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| - สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม. ขึ้นไป | 3.0 |
| - สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า   | 1.5 |
| - เหล็กเสริมหลัก เหล็กถูกตั้งในคาน                          | 2.5 |
| - เหล็กปลอกเดี่ยวและเหล็กปลอกเกลียว                         | 3.0 |
| ในหลังคาเปลือกบางและแผ่นพื้นพับจีบ                          | 4.0 |
| - สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 20 มม. ขึ้นไป | 1.5 |
| - สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า   | 1.0 |

(ง) เหล็กเส้นมัดรวมกันเป็นกำ

ระยะหุ้มต่ำสุดของคอนกรีตต้องเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นเดี่ยวซึ่งมีเนื้อที่หน้าตัดเทียบเท่าเหล็กเส้นทั้งกำรวมกัน แต่ไม่จำเป็นต้องมากกว่า 5.0 ซม.

กรณีคอนกรีตที่หล่อติดกับดิน และผิวคอนกรีตสัมผัสดินตลอดเวลา ระยะหุ้มต่ำสุดต้องไม่น้อยกว่า 7.5 ซม.

(จ) ในสภาวะแวดล้อมที่มีการกัดกร่อน

ในสภาวะแวดล้อมที่มีการกัดกร่อน หรือที่ต้องสัมผัสกับสภาวะรุนแรงอื่น ๆ ต้องเพิ่มระยะหุ้มคอนกรีตให้เหมาะสม และให้พิจารณาถึงการป้องกันคอนกรีตโดยการเพิ่มความแน่นและลดความพรุนของคอนกรีต หรือหาวิธีป้องกันอื่น ๆ

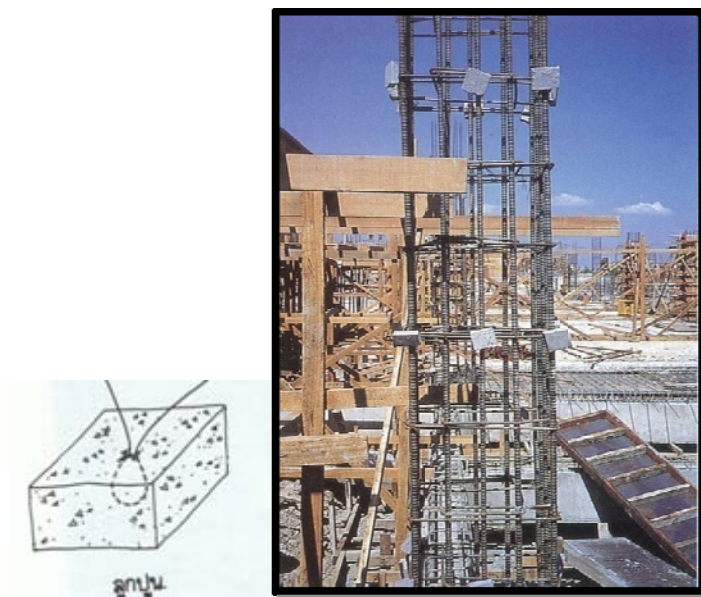
(ฉ) การเตรียมการเพื่อการต่อเติมในอนาคต

เหล็กเสริมส่วนที่เปลี่ยน หัวยึดที่ฝังในคอนกรีต และแผ่นเหล็กที่เตรียมไว้สำหรับยึดกับส่วนที่จะต่อเติมในอนาคต ต้องมีการป้องกันการกัดกร่อน

(ช) การป้องกันจากอัคคีภัย

หากมีบทบัญญัติเกี่ยวกับอาคาร ได้กำหนดระยะหุ้มเพื่อการป้องกันจากอัคคีภัยไว้หนากว่าระยะหุ้มต่ำสุดที่กำหนดไว้ นั้น ให้ใช้ระยะหุ้มที่กำหนดไว้หนากว่า

ในทางปฏิบัติมีวิธีที่จะรักษาระยะหุ้มเหล็ก ด้วยการหนุนด้วยลูกปูน ก่อนทำการเข้าแบบหล่อโครงสร้าง เช่น เสา คาน ฐานราก และผนัง ควรทำการหนุนเหล็กด้วยลูกปูน ให้ได้ระยะ Covering ตามกำหนด



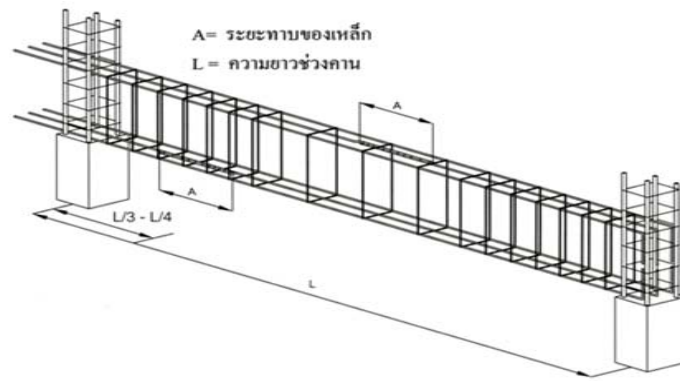
ภาพแสดง ตัวอย่างการหนุนเหล็กเสาด้วยลูกปุ่น

## การต่อเหล็กเสริม

การต่อเหล็กเสริมการทำได้ต่อเมื่อมีความจำเป็นหรือที่ยอมให้ตามแบบก่อสร้างหรือในข้อกำหนดประกอบหรือโดยอนุมัติจากวิศวกร

### การต่อทาบเหล็กเส้นทั่วไป

การการต่อทาบเหล็ก ในองค์อาคารที่สำคัญผู้ออกแบบ มักต้องคำนวณระยะต่าง ๆ และระบุในแบบ ซึ่งหากไม่ได้กำหนดในแบบแปลน ควรต่อทาบด้วยระยะทาบน้อยกว่าไม่น้อยกว่า 36 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเส้นนั้น สำหรับเหล็กข้ออ้อย และไม่น้อยกว่า 48 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเส้นนั้น สำหรับเหล็กเส้นกลม



นอกจากนี้มาตรฐาน วสท. ได้กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

1. ต้องไม่ใช้การต่อทาบสำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 36 มม. ยกเว้นเป็นกรณีที่วิศวกรอนุมัติ
2. สำหรับการต่อทาบของเหล็กเส้นที่มีตรวมเป็นก้ำต้องไม่ต่อในบริเวณเดียวกัน
3. การต่อทาบที่ผิวไม่สัมผัสกันในองค์อาคารรับแรงดัดต้องวางห่างกันไม่เกินหนึ่งในห้าของความยาวระยะต่อทาบ และทั้งนี้ต้องไม่เกิน 15 ซม.

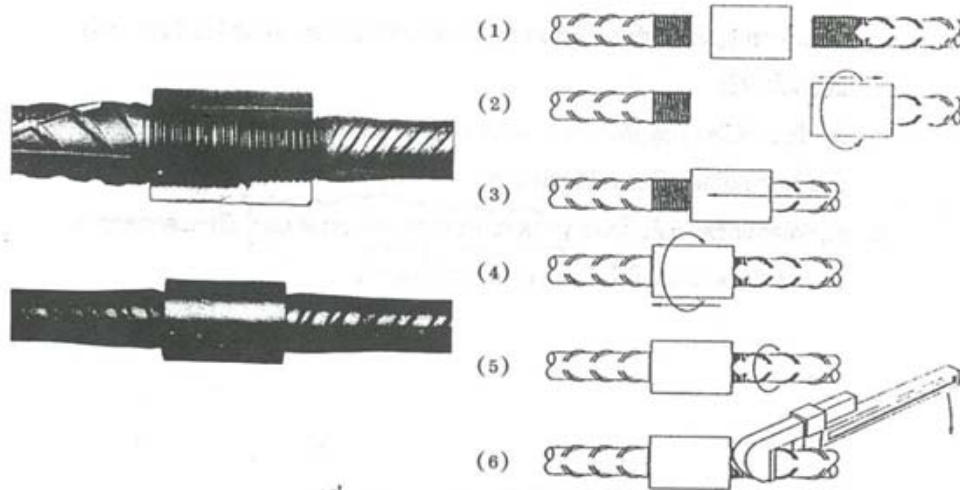
#### การต่อเหล็กด้วยวิธีการเชื่อม

การต่อเหล็กด้วยวิธีการเชื่อมสำหรับเหล็กเส้นกลม หรือเหล็กข้ออ้อย ระยะทาบต้องไม่น้อยกว่า 15 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็ก ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า 15 ซม. รอยต่อจากการเชื่อมต้องรับแรงดึงหรือแรงอัดได้ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของกำลังที่จุดครากของเหล็ก ในกรณีต่อเหล็กหลายเส้นบริเวณเดียวกันรอยต่อของเหล็กต้องเหลื่อมกันอย่างน้อย 60 ซม. หรือ 75 ซม. ในองค์อาคารรับแรงดึงตามแนวแกน โดยวิธีการเชื่อมให้เป็นไปตามรายละเอียดประกอบแบบ ซึ่งโดยทั่วไปหากผู้ออกแบบต้องการให้ต่อทาบด้วยการเชื่อม มักจะระบุชัดเจนไว้ในแบบแปลน พร้อมกำหนดมาตรฐานวิธีการเชื่อมไว้ด้วย

#### การต่อเหล็กด้วยวิธีทางกล

วิธีนี้คือการทำปลายเหล็กแกนเสาให้เป็นเกลียวและประกบต่อกันด้วยข้อต่อเกลียวเป็นการต่อที่มีความแข็งแรงและมีประสิทธิภาพมาก เพราะทำให้เหล็กแกนเสายาวต่อเนื่องกันตลอดทั้งเสา วิธีนี้เหมาะกับงานก่อสร้าง

ที่ต้องการคุณภาพสูง เช่น งานก่อสร้างอาคารสูง ข้อกำหนดต่าง ๆ ใกล้เคียงกับการต่อด้วยการเชื่อม



ภาพแสดง ตัวอย่างอุปกรณ์การต่อเหล็กด้วยวิธีทางกล

#### การผูกเหล็กเสริมด้วยลวด

การต่อทาบเหล็กด้วยลวดต้องมีความแข็งแรงทุกจุด และผูกครบทุกเส้น ใช้ลวดเบอร์ 18 S.W.G. ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.24 มม. โดยทั่วไปลวดผูกเหล็กสามารถต้านทานแรงดึงได้ประมาณ 3,000 ksc.

#### ตัวอย่างข้อผิดพลาดที่พบบ่อยในงานก่อสร้าง

- เหล็กเสาเอียงเนื่องจาก สูงมากเกินไปและไม่มีโครงสร้างชั่วคราวค้ำไว้

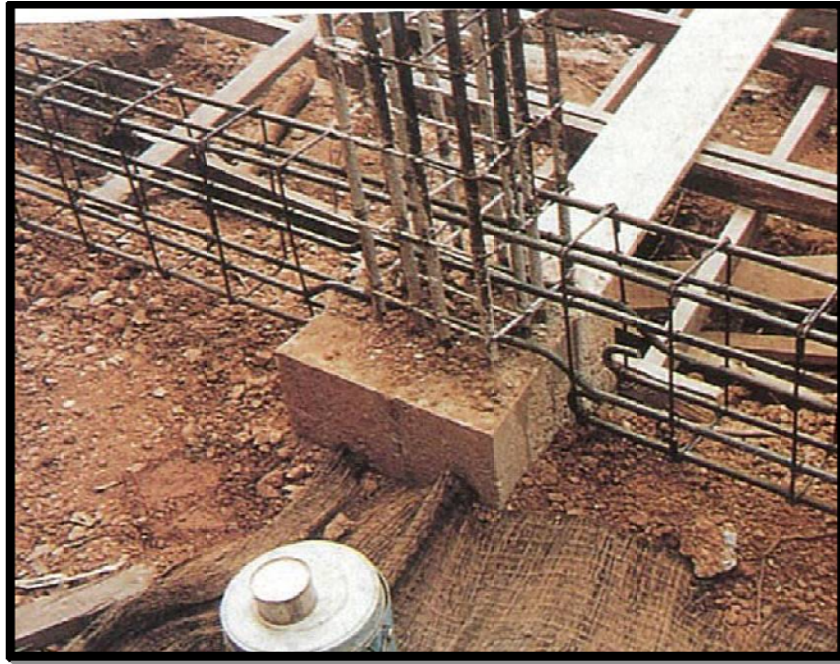


ภาพแสดง เหล็กเสาที่เอียงเนื่องจากการไม่มีการค้ำยันชั่วคราว

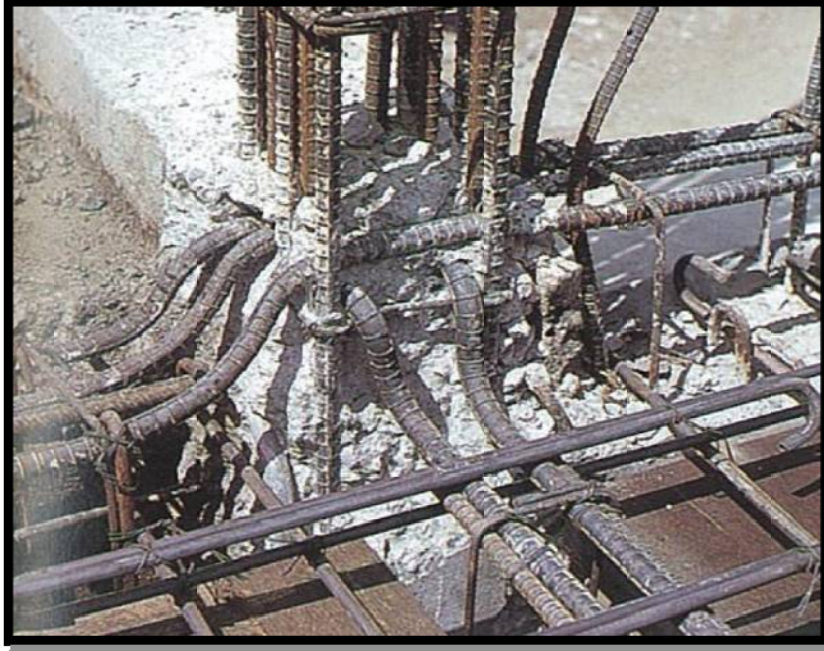


ภาพแสดง การค้ำยันชั่วคราวสำหรับเหล็กเสา

- การวางเหล็กคานผ่านหัวเสา ผิดวิธีเนื่องจากการก่อสร้างไม่ได้รับ  
การวางแผนที่ดี หรือ  
การก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน

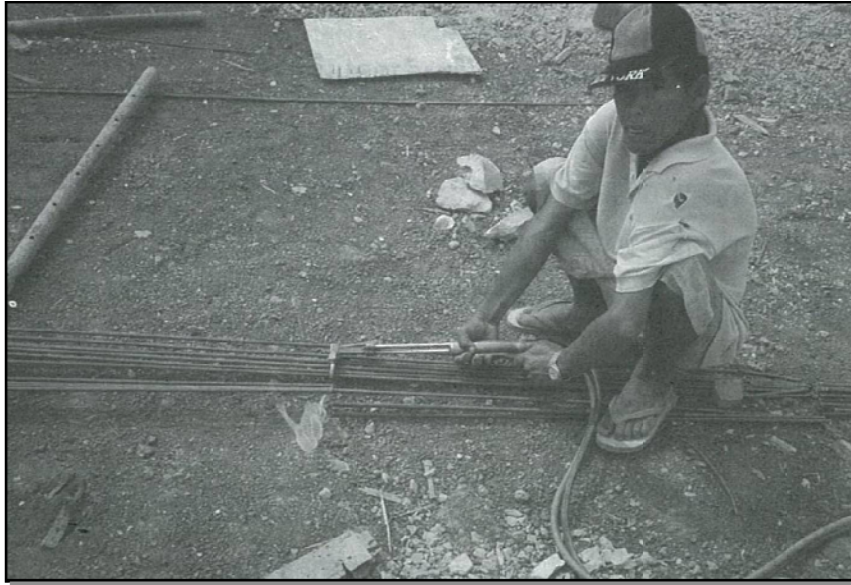


**ภาพแสดง การวางเหล็กคานผ่านเสาที่ผิดวิธี**



ภาพแสดง ตัวอย่างการดัดเหล็กคาน และเหล็กเสาที่ผิดวิธี

- การตัดเหล็กเสริมที่ผิดวิธี โดยใช้ไฟเป่าให้ขาดอาจทำให้เหล็กเสียกำลังเนื่องจากความร้อน



ภาพแสดง การตัดเหล็กโดยใช้ไฟเป่าให้ขาด

- การต่อเหล็กเสริม โดยต่อที่เดียวกันทุกเส้น



ภาพแสดง การต่อเหล็กคาน ที่จุดเดียวกัน

- การเจาะเสียบเหล็ก หรือฝังเหล็กฝากโครงสร้างได้ไม่ตรงระดับ หรือตรงแนวกับเหล็กเสริม



**ภาพแสดง การต่อเหล็กคาน ที่จุดเดียวกัน**

- การจัดระยะเหล็กเสริมที่ไม่เหมาะสม ทำให้ขางมวลรวมหยาบขณะเทคอนกรีตทำให้มวลรวมไหลได้ไม่ทั่วถึง เมื่อแห้งแล้วจะเกิดเป็นโพรง



**ภาพแสดง โพรงของโครงสร้างเนื่องจาก เหล็กเสริมแน่นเกินไป**