บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคอนกรีต

ในส่วนของความรู้ทั่วไปเกี่ยบกับคอนกรีตนี้ เนื้อหาบางส่วนคัดลอกมาจากหนังสือคอนกรีตเทคโนโลยี แต่งโดย คุณ ชัชวาล เศรษฐบุตร (พ.ศ. 2537) ซึ่งมีเนื้อหาพอสังเขปดังนี้

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่าแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพราะเป็นวัสดุที่เหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่างๆ คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน อันได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ผสมกับวัสดุผสมอันได้แก่ ทราย หิน หรือ กรวด เมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง พอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็ง มีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น

คอนกรีตกับเหล็กรูปพรรณ

คอนกรีตและเหล็กรูปพรรณ เป็นวัสดุพื้นฐานที่ใช้สำหรับงานโครงสร้าง วัสดุทั้ง 2 ชนิด มีบางครั้งจะใช้งานร่วมกัน แต่บางครั้งวัสดุทั้ง 2 ก็กลายเป็นวัสดุคู่แข่งซึ่งกันและกัน เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถทดแทนซึ่งกันและกันได้ แต่วัสดุทั้ง 2 มีข้อแตกต่างกันที่สำคัญคือ การผลิตเหล็กรูปพรรณทำในโครงงานที่มีการควบคุมอย่างใกล้ชิด คุณสมบัติต่างๆจะถูกทดสอบอย่างละเอียดในห้องปฏิบัติการ และมีใบรับรองคุณภาพจากโรงงานผู้ผลิต ดังนั้นผู้ออกแบบเพียงแต่กำหนดขนาดหน้าตัดของเหล็กให้เป็นไปตามมาตรฐานทั่วไปที่ใช้ และผู้ควบคุมงานก่อสร้างก็มีหน้าที่ควบคุมให้การเชื่อ การต่อชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆเป็นไปตามข้อกำหนด

สำหรับหน่วยงานก่อสร้างที่ใช้คอนกรีตนั้น รูปการณ์จะแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง เพราะแม้ว่าคุณภาพของปูนซีเมนต์จะถูกควบคุมคุณภาพจากโรงงานผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด เช่นเดียวกับการควบคุมการผลิตเหล็ก แต่วัสดุในโครงสร้างคือ คอนกรีตไม่ใช่ปูนซีเมนต์ การหล่อชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตต่างๆจะกระทำ ณ หน่วยงานก่อสร้าง ดังนั้นคุณภาพของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับวัสดุ, องค์ประกอบ, สัดส่วนผสม, การผสม, การลำเลียงและการเทคอนกรีตลงแบบ, การอัดแน่น รวมไปถึงการบ่ม จะเห็นได้ชัดว่า ความสำคัญของการรับรองคุณภาพคือข้อแตกต่างระหว่างวิธีการผลิตเหล็กกับคอนกรีต

องค์ประกอบของคอนกรีต

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และ น้ำยาผสมคอนกรีต โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆเหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเฉพาะดังนี้

ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้า(Mortar)

มอร์ต้า ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete)

หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

ซีเมนต์เพสต์

หน้าที่ของซีเมนต์เพสต์มีดังนี้

1) เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม
2) หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเทหล่อ
3) ให้กำลังแก่คอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับ

1) คุณภาพของปูนซีเมนต์
2) อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์
3) ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

มวลรวม

หน้าที่ของมวลรวมมีดังนี้

1) เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์
2) ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก
3) คุณสมบัติของมวลรวมที่สำคัญ
4) มีความแข็งแรง
5) การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำ
6) คงทนต่อปฏิกิริยาเคมี
7) ต้านทานต่อแรงกระแทก และการเสียดสี

น้ำ

หน้าที่หลักของน้ำสำหรับงานคอนกรีตมี 3 ประการ คือ

1) **ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่างๆ**
2) **ใช้ผสมทางคอนกรีต**
3) **ใช้บ่มคอนกรีต**

หน้าที่หลักของน้ำในฐานะที่ใช้ผสมทำคอนกรีต ยังแบ่งได้อีก 3 ประการ

1) **ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์**
2) **ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้**
3) **เคลือบ หิน ทราย ให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยรอบ**

2.1.1 คุณสมบัติของคอนกรีตสด

คุณสมบัติของคอนกรีตสดมีความสำคัญมากเนื่องจากคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว เช่น กำลังอัด การคงตัว ความทนทาน การต้านทานและการซึมผ่านของน้ำ ล้วนแต่เป็นผลมาจากการอัดแน่น รวมถึงการขนส่ง การเทลงแบบ และการแต่งผิวหน้า โดยไม่มีการแยกตัว ล้วนแต่เป็นผลมาจาก ความสามารถเทได้ ของคอนกรีตสดทั้งสิ้น

ความสามารถเทได้ (Workability) คือปริมาณงานที่ใช้ในการอัดคอนกรีตให้แน่นโดยปราศจากการแยกตัว

การยึดเกาะ (Cohesion)

คือ **คุณสมบัติของเนื้อคอนกรีตที่สามารถจับรวมเป็นกลุ่มหรือสลายตัวออกจากกันได้ยาก**

ความข้นเหลว (Consistency) คือ สภาพความเหลวของคอนกรีต ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเป็นส่วนใหญ่ ความข้นเหลวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของความสามารถในการใช้งาน และสามารถวัดค่าได้ชัดเจน ในรูปของ ค่ายุบตัว การไหล เป็นต้น

การแยกตัว (Segregation) คือการแยกออกของส่วนประกอบต่างๆ ในเนื้อคอนกรีต ทำให้ส่วนผสมมีเนื้อไม่สม่ำเสมอ

การเยิ้ม (Bleeding) คือการแยกตัวชนิดหนึ่ง เกิดขึ้นเมื่อส่วนประกอบที่หนักกว่า จมลงดันน้ำซึ่งเบาที่สุดขึ้นสู่ผิวคอนกรีต

ความสามารถเทได้

คำจำกัดความของความสามารถเทได้ก็คือผลของพลังงานหรือกำลังที่จะเอาชนะแรงเสียดทานในระหว่างอนุภาค ที่จะก่อให้เกิดการอัดแน่นของคอนกรีตอย่างสมบูรณ์

โดยทฤษฎี พลังงานนี้จะต้องเอาชนะแรงเสียดทานภายในระหว่างอนุภาคของส่วนผสมในเนื้อคอนกรีต แต่ในทางปฏิบัติ พลังงานที่ใส่เข้าไปนี้จะต้องเอาชนะแรงเสียดทานภายในระหว่างอนุภาค แรงเสียดทานระหว่างส่วนผสมคอนกรีตกับไม้แบบและเหล็กเสริม นอกจากนั้นพลังงานบางส่วนจะสูญเสียไปในการเขย่าไม้แบบ และเขย่าคอนกรีตที่อัดแน่นเรียบร้อยแล้ว ดังนั้น ในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะวัดค่าความสามารถเทได้ของคอนกรีตตามคำนิยาม สิ่งที่เราวัดความสามารถเทได้ เป็นวิธีที่เราประยุกต์มาใช้ให้เหมาะสมเท่านั้น

เพราะว่ากำลังอัดของคอนกรีตจะผันแปรหรือถูกกระทบโดยตรงโดยช่องว่างที่ปรากฏอยู่ในเนื้อคอนกรีตที่อัดแน่น ดังนั้นควรทำให้คอนกรีตมีความหนาแน่นมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นั้นคือจำเป็นต้องทำให้คอนกรีตสดมีความสามารถเทได้เพียงพอ เพื่อให้คอนกรีตมีความสามารถอัดแน่นได้ดี โดยใช้พลังงานที่เหมาะสมภายใต้สภาพที่กำหนด

องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่อความสามารถเทได้

องค์ประกอบ	ผลกระทบ
1. จำนวนน้ำในส่วนผสม	- เพิ่มน้ำจะทำให้เกิดการหล่อลื่นในระหว่างอนุภาคมากขึ้น - น้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดช่องว่างเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วมากขึ้น ดังนั้นควรหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม - ปริมาณน้ำที่พอเหมาะกับช่องว่างระหว่างมวลรวมจึงมีผลต่อการหล่อลื่น - หินทรายที่มีส่วนคละดีจะทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ดี
2. คุณสมบัติของหิน – ทราย	- หินที่กลมผิวเกลี้ยงจะทำให้การลื่นไหลดีกว่าหินที่แบนและผิวขรุขระ -ความพรุนของมวลรวมจะทำให้การดูดซึมน้ำสูงและลดความสามารถเทได้ลง - ถ้าต้องการให้ความสามารถเทได้เท่ากัน มวลรวมที่ละเอียดต้องใช้น้ำในส่วนผสมมากกว่ามวลรวมที่หยาบ
3. ส่วนผสมของคอนกรีต	-ภายใต้ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ค่าคงที่ความสามารถเทได้จะเพิ่มขึ้น ถ้าอัตราส่วนมวลรวมต่อซีเมนต์ (A/C) ลดลง -ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนทรายต่อมวลรวมทั้งหมด (S/A) ต่ำ สามารถก่อให้เกิดการแยกตัวได้ ทั้งความสามารถในการเทได้จะต่ำลงด้วย - ถ้าใช้ทรายในส่วนผสมมากอาจทำงานง่ายขึ้น แต่จะสิ้นเปลืองปริมาณซีเมนต์มากขึ้น ถ้าจะคงกำลังอัดเท่าเดิม
4. ชนิดของปูนซีเมนต์	- ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดมากจะต้องการน้ำมาก - สารผสมเพิ่มที่เป็นผงละเอียด จะช่วยเพิ่มความลื่นไหลแทนส่วนของซีเมนต์ - สารเพิ่มฟองอากาศ (Air Entraining Agent) จะทำให้การลื่นไหลดีขึ้น แต่กำลังอัดอาจลดลงได้
5. สารผสมเพิ่ม	- น้ำยาประเภทลดน้ำและยืดเวลาการก่อตัว จะช่วยเพิ่มการลื่นไหล

นอกจากนี้ยังมีอีก 2 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถเทได้ของคอนกรีตนั่นคือ เวลา และอุณหภูมิ

การยึดเกาะและการแยกตัว

ส่วนผสมของคอนกรีตที่จะต้องมีความสามารถเทได้ไม่มีการแยกตัวขององค์ประกอบ (Segregation) หรือคอนกรีตควรมีความสม่ำเสมอ มีเนื้อเดียวกันตลอดทุกส่วน นั่นคือคอนกรีตมีการยึดเกาะ (Cohesion) ที่ดีนั่นเอง

รูปแบบของการแยกตัวของคอนกรีต

1) มวลรวมหยาบแยกตัวออกจากส่วนผสม เนื่องจากการเลื่อนที่ของคอกรีตผ่านทางชันหรือมวลรวมหยาบจมตัวลงมากกว่ามวลรวมละเอียด
2) น้ำปูนแยกตัวออกจากส่วนผสมเนื่องจากสวนผสมเหลวมากเกินไป

สาเหตุของการแยกตัวของคอนกรีต

1) ใช้หินทรายที่มีความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันมาก
2) ใช้สัดส่วนผสมของคอนกรีตที่ไม่เหมาะสม เช่น เหลว หรือ แข็งมากเกินไป
3) การขนย้าย การเทลงแบบ และการจี้เขย่าไม่ถูกวิธี
   - 3.1. ลำเลียงคอนกรีตที่เหลวมากไปเป็นระยะทางไกล
   - 3.2. เทคอนกรีตไหลผ่านทางที่เปลี่ยนทิศทาง
   - 3.3. ปล่อยคอนกรีตผ่านสิ่งกีดขวาง
   - 3.4. จี้เขย่าคอนกรีตนานเกินไป
   - 3.5. จี้เขย่าให้คอนกรีตไหลไปตามแบบ หรือให้คอนกรีตแผ่เป็นพื้นที่กว้าง

วิธีการป้องกันการแยกตัว

1) ใช้หินทรายที่มีขนาดคละดี มีความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกันไม่มาก
2) ทำให้คอนกรีตเหลวมีความสามารถเทได้โดยใช้น้ำยาประเภทลดน้ำหรือน้ำยาลดน้ำจำนวนมาก
3) เลือกสัดส่วนผสมคอนกรีตให้เหมาะสม
4) ใช้เครื่องจี้เขย่าคอนกรีตอย่างถูกวิธี

การเยิ้ม

การเยิ้ม (Bleeding) คือ การคายน้ำจากส่วนผสมคอนกรีตสด ซึ่งเกิดหลังจากการจี้เขย่าคอนกรีตเข้าแบบแล้ว ลักษณะที่สำคัญคือ จะมีน้ำบางส่วนที่จะลอยขึ้นมาบนผิวหน้าของคอนกรีตสดเนื่องจากองค์ประกอบที่เป็นของแข็งในส่วนผสม จมตัวลงและดันน้ำที่เป็นองค์ประกอบที่เบาที่สุด ให้ลอยขึ้น กาหาค่าการเยิ้ม สามารถแสดงออกเป็นปริมาณ ซึ่งได้จากอัตราส่วนค่ายุบตัวลงต่อหน่วยความสูงของคอนกรีต

การเยิ้มจะส่งผลต่อคุณภาพคอนกรีตใน 2 ลักษณะ คือ

1) ผิวด้านบนของคอนกรีตมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุดหรือกำลังอัดต่ำที่สุด เมื่อคอนกรีตแข็งตัว มีแนวโน้มที่จะเกิดการเป็นฝุ่น (Dusting) และถ้าต้องการเทคอนกรีตทับบนผิวนี้ เช่น การเทคอนกรีตฐานรากขนาดใหญ่ จะเกิดชั้นที่อ่อนแอและเป็นรูพรุน ทำให้โครงสร้างนี้ขาดความทนทาน
2) นอกจากน้ำที่ลอยตัวขึ้นมาแล้ว น้ำบางส่วนจะถูกกักตัวไว้ใต้มวลรวมหยาบหรือเหล็กเสริม ก่อให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมอร์ต้าและมวลรวมหรือเหล็กเสริมลดลงอย่างมาก และเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว จะเกิดช่องว่างเรียงตัวในทิศทางเดียว การซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น การเยิ้มนี้จะพบได้บ่อยในงานเทคอนกรีตพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น พื้นถนน เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการเยิ้ม

1) ปริมาณน้ำในส่วนผสม การลดน้ำจะลดการเยิ้ม
2) คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ การเยิ้มจะลดลงเมื่อใช้ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้น
3) องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ ซีเมนต์ที่เป็นด่างหรือที่มี C_3A มากจะมีการเยิ้มน้อย
4) อุณหภูมิ
5) สัดส่วนคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปริมาณมาก มีแนวโน้มจะเกิดการเยิ้มน้อยกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์น้อย
6) สารกักกระจายฟองอากาศจะลดการเยิ้ม

2.1.2 คุณสมบัติของคอนกรีตสดที่ดี

คอนกรีตสด คือ คอนกรีตที่ยังมีความเหลว เหมาะที่จะนำไปใช้งาน จะต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญที่ถือว่าเป็นคอนกรีตที่ดี ดังนี้

- ผสมได้เพียงพอจนมีเนื้อสม่ำเสมอเหมือนกันทั้งโม่
- มีความสามารถเทได้
- ไม่เกิดการแยกตัวระหว่างการลำเลียงคอนกรีตหรือขณะเทคอนกรีต
- ไม่เกิดการเยิ้มมากเกินไป จนทำให้การแต่งผิวหน้าไม่สะดวก และมีผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้ว
- มีเวลาในการก่อตัวนานพอที่จะสามารถทำงานได้

- มีอุณหภูมิที่เหมาะสม ไม่สูงเกินไป จนมีผลกระทบต่อความสามารถเทได้ และระยะเวลาในการก่อตัว
- ควรมีปริมาณฟองอากาศพอเหมาะ ซึ่งมีผลกระทบต่อความสามารถเทได้
- สำหรับคอนกรีตที่เทด้วยปั๊ม ควรมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือต้องไม่แยกตัวเมื่อถูกแรงอัดจากปั๊ม และไหลในท่อได้สะดวก
- สำหรับคอนกรีตที่ใช้เทฐานรากขนาดใหญ่ การมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ มีค่ายุบตัวสูง Slump loss ช้า และใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ต่ำ เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

2.1.3 การผสมคอนกรีต

การผสมคอนกรีตเป็นการนำปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ น้ำยาผสมคอนกรีตและวัสดุผสมอื่นๆ ผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกัน ในอัตราที่พอเหมาะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเคลือบหรือหุ้มผิวของมวลรวมทั้งหมดด้วยซีเมนต์เพสต์ และเพื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน อาจส่งผลให้คอนกรีตที่มีคุณภาพดี ถ้าการผสมไม่ทั่วถึง จะทำให้คุณภาพของคอนกรีตไม่สม่ำเสมอ กำลังและคุณสมบัติต่างๆ ไม่เป็นไปตามต้องการ

วิธีการผสมคอนกรีต สามารแบ่งออกได้ 2 วิธี คือ

การผสมด้วยมือ เหมาะกับงานขนาดเล็กที่ไม่เร่งรัดเรื่องคุณภาพ เพราะคุณภาพของคอนกรีตที่ได้มักไม่ค่อยสม่ำเสมอ วิธีการจะผสมปูนและทรายให้เข้ากันก่อนแล้วจึงใส่หิน สุดท้ายจะใส่น้ำในปริมาณที่กำหนด ปล่อยให้น้ำซึมเข้าไปในส่วนผสมขณะหนึ่ง แล้วผสมจนเข้ากัน ตักนำไปใช้งาน

การผสมด้วยเครื่อง เครื่องที่ใช้ทั่วๆไปจะเป็นแบบ Batch Mixer คือส่วนผสมจะถูกลำเลียงเข้าไปในส่วนผสมอีกส่วนหนึ่ง เข้าไปใหม่

เครื่องผสมคอนกรีต

เครื่องผสมคอนกรีต ถ้าจำแนกตามลักษณะการผสม สมารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1. **Batch Mixer** เป็นเครื่องผสมที่ผสมครั้งละ 0.5, 1 ลบ.ม. หรืออื่นๆ ตามที่เครื่องสามารถจุได้
2. **Continuous Mixer** เครื่องผสมชนิดนี้ จะผสมคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง ส่วนมากจะออกแบบไว้ใช้กับงานเฉพาะ เช่น ใช้กับงานคอนกรีตถนน หรือสนามบิน เป็นต้น

การป้อนวัตถุดิบลงเครื่อง

ไม่มีกฎทั่วไปเกี่ยวกับการป้อนวัตถุดิบลงเครื่องผสม แต่ทั่วๆไปจะมีขั้นตอนดังนี้

1) เติมน้ำประมาณ 10% ลงในเครื่องผสมเสียก่อน
2) ป้อนมวลรวม อันได้แก่ หินและทราย เข้าเครื่องผสม
3) เริ่มเติมปูนหลังจากป้อนมวลรวมไปแล้ว 10%

4) เติมน้ำอีก 80% ระหว่างการป้อนวัสดุอื่นๆ และเติมน้ำอีก 10% สุดท้าย เมื่อป้อนวัสดุอื่นๆเข้าเครื่องแล้ว
5) หากมีการใส่น้ำยาผสมคอนกรีตประเภทผง ควรผสมรวมกับปูนซีเมนต์ก่อน หากเป็นของเหลว ควรละลายน้ำยาผสมกับน้ำ

สำหรับในห้องปฏิบัติการ จะเริ่มจากการใส่ทรายก่อน ตามด้วยหินบางส่วน ปูนซีเมนต์และน้ำ และใส่หินที่เหลือลงไปสุดท้าย เพื่อจะทำให้มอร์ต้าที่จับกันอยู่ แตกตัวออก

เวลาในการผสม

เวลาที่ใช้ในการผสมขึ้นอยู่กับ

- ชนิดและขนาดของเครื่องผสม
- สภาพของเครื่องผสม
- อัตราการหมุนของเครื่อง
- ปริมาณคอนกรีตที่ผสม
- ลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้

เวลาที่เหมาะสมที่สุด คือ เวลาที่ทำให้ได้ส่วนผสมที่สม่ำเสมอทุกๆครั้งที่ผสม ในสภาพใช้งานจริง โดยสรุปดังนี้

1) ส่วนผสมที่แห้ง ขาดซีเมนต์ จะต้องผสมเป็นเวลานาน
2) มวลรวมที่เป็นเหลี่ยมมุม ต้องผสมนานกว่ามวลรวมที่กลม

การผสมนานเกินไป

ถ้าคอนกรีตถูกผสมเป็นเวลานาน น้ำจะระเหยออกจากคอนกรีต ซึ่งทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ ลดลง และกำลังจะเริ่มพัฒนาขึ้น ผลที่เกิดขึ้น 3 ประการคือ

1 มวลรวมที่อ่อนจะแตก ทำให้ส่วนละเอียดเพิ่มขึ้น ความสามารถเทจะได้ลดลง
2 ผลของแรงเสียดทาน ก่อให้อุณหภูมิของส่วนผสมเพิ่มขึ้น
3 ปริมาณฟองอากาศลดลง

การผสมซ้ำเป็นช่วงๆ จนถึง 2 – 3 ชั่วโมง จะไม่เป็นอันตรายต่อกำลังและความทนทาน แต่ความสามารถเทได้จะลดลงถ้าไม่มีการป้องกัน การสูญเสียน้ำหรือความชื้นจากเครื่องผสม การเพิ่มปริมาณน้ำ เพื่อให้ค่าความสามารถเทได้เหมือนเดิม ที่เรียกว่า Re-Tempering จะก่อให้เกิดกำลังอัดต่ำลง และมีการหดตัวเพิ่มขึ้น โดยผลนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใสเพิ่มเข้าไป

2.1.4 การลำเลียง

เมื่อผสมคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยจำเป็นที่จะต้องการลำเลียงคอนกรีตจากเครื่องผสม หรือจากบริเวณที่ผสมไปยังบริเวณที่เทลงแบบ การลำเลียงที่ถูกต้องควรทำในลักษณะที่จะทำให้ได้คอนกรีตที่สม่ำเสมอ ไม่แยกตัวก่อนเทลงแบบ และต้องมีวิธีป้องกันคอนกรีตจากสภาพแวดล้อม เช่น ความร้อนและความชื้น เป็นต้น

การเลือกวิธีการลำเลียง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

- ปริมาณและการอัตราความเร็วในการเทคอนกรีต
- ขนาดและชนิดของงานก่อสร้าง
- ลักษณะภูมิประเทศ, สถานที่ทำงาน, เส้นทางในการขนส่ง
- ค่าใช้จ่าย อันได้แก่ ค่าแรงงาน, ราคาค่าเครื่องจักร

วิธีการลำเลียงที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน มีดังนี้ การใช้รถเข็น, รถดัมพ์, รถคอนกรีตผสมเสร็จ, สายพาน และคอนกรีตปั๊ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับกับบริเวณที่ต้องการจะเทคอนกรีต
   - โดยการใช้คนหาม ควรเลือกใช้ถังใส่คอนกรีตที่มีขนาดเหมาะสม ซึ่งคนงานสามารถหาบได้สะดวก ลักษณะนี้เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดเล็ก
   - โดยการใช้รถเข็น เมื่อเข็นไปถึงที่ก่อสร้างแล้วควรจะเทลงใส่กะบะแล้วคลุกเคล้าอีกครั้งหนึ่งก่อนจะนำไปเท แต่ถ้าระยะทางสั้น ๆ ไม่จำเป็นต้องทำการคลุกเคล้าอีกสำหรับพื้นที่ ๆ ไม่มีการเสริมเหล็กจำนวนมากและยุ่งยาก ก็จัดการเทลงไปในแบบได้เลย
   - โดยการใช้รถคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งเหมาะกับงานก่อสร้างที่รถผสมคอนกรีตสามารถเข้าเทได้ถึงหน่วยงาน
2. ที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับสูงกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต
   สำหรับงานก่อสร้างบางชนิดจำเป็นต้องตั้งเครื่องผสมคอนกรีตไว้ที่สูงกว่างานที่ต้องการเทคอนกรีต วิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับขนคอนกรีต มักจะใช้รางลำเลียง อาจจะเป็นลางเหล็กหรือไม้ก็ได้ สิ่งที่ต้องระวังสำหรับการขนคอนกรีตด้วยวิธีนี้ก็คือ ส่วนผสมของคอนกรีตจะต้องไม่แห้งหรือเหลวเกินไป จะต้องเหลวพอดีที่จะไหลลงในรางได้ง่ายและไม่เกิดการแยกตัว และคอนกรีตสามารถที่จะไหลลงไปในที่ ๆ ต้องการอย่างสม่ำเสมอ
3. ที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับต่ำกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต
   - โดยการใช้รอกเข้าช่วย งานก่อสร้างอาคารหลาย ๆ ชั้นไม่สามารถนำเครื่องผสมคอนกรีตขึ้นไปผสมแต่ละชั้นได้ จำเป็นจะต้องผสมชั้นล่างแล้วใช้เชือกดึงถังเหล็กที่มีคอนกรีตอยู่เต็มขึ้นไป ข้อควรระวังในการใช้ วิธีใช้รอกนี้

นั่งร้านที่รับรอกต้องแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักคอนกรีตในถังและการดึงเชือก

- โดยการใช้คนยืนเรียงแถว โดยใช้วิธีการส่งถังเหล็กที่บรรจุคอนกรีตขึ้นไปเป็นช่วง ๆ จากคนหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่ง
- อาจใช้ลิฟท์ ทาวเวอร์เครน หรือรถเครน เป็นต้น

4. ที่ผสมคอนกรีตอยู่ห่างจากบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต
ปัจจุบันสถานที่ก่อสร้างมีจำกัดไม่สามารถผสมคอนกรีต ณ หน่วยงานก่อสร้างได้ จำเป็นต้องใช้คอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งมีโรงงานที่ใช้ในการผสมคอนกรีตอยู่นอกหน่วยงานก่อสร้างแล้วลำเลียงโดยรถผสมคอนกรีตสู่บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต วิธีการปฏิบัติคือ คอนกรีตจะถูกผสมเสร็จเรียบร้อยจากโรงงาน ลำเลียงใส่รถ และขัดส่งไปที่หน่วยงานก่อสร้าง เมื่อถึงที่ก่อสร้างก็จะทำการผสมอีกครั้งก่อนเทลงแบบหรือภาชนะที่รองรับ
5. การใช้คอนกรีตปั๊ม การทำชนิดนี้เหมาะกับงานขนาดใหญ่ และต้องใช้ปริมาณของคอนกรีตเป็นจำนวนมาก และสถานที่ทำงานจำกัด โดยการต่อท่อส่ง ซึ่งท่อส่งนี้ออกจะเลี้ยวหรือโค้งได้ตามต้องการ สำหรับระยะทางที่จะปั๊มคอนกรีต จะขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องปั๊ม
6. การใช้สายพานส่งคอนกรีต วิธีนี้สามารถใช้ได้ผลดีทั้งระดับต่ำและระดับสูงกว่า หรือระดับราบ การแยกตัวของมวลรวมมีไม่มาก เพราะทุกจุดจะเคลื่อนไปพร้อมกันบนสายพาน สำหรับการส่งคอนกรีตด้วยวิธีนี้ต้องหาทางระวังการสูญเสียของน้ำ เนื่องจากแสงแดดและลม
7. การใช้ท่ออัดส่งหรือฉีด (Shotcrete) สำหรับวิธีนี้เหมาะกับงานทำท่ออุโมงค์ ห้องใต้ดิน โครงสร้างเปลือกบางหรือโครงสร้างที่มีส่วนโค้ง เว้ามาก ๆ โดยใช้เครื่องฉีดหรือพ่นคอนกรีต ทีละน้อยสู่บริเวณที่ต้องการจากนั้นต้องทำการตกแต่งผังคอนกรีตอีกด้วย
8. การเทคอนกรีตในน้ำ (Underwater Concreting) วิธีนี้ใช้ในงานก่อสร้างท่าเรือ หรือเขื่อน หรือฐานรากก่อสร้างในทะเลหรือแม่น้ำ ซึ่งต้องทำอย่างระมัดระวัง เพื่อมิให้คอนกรีตแยกตัว ก็ต้องใช้วิธีเทคอนกรีตลงไปตามท่อหรือสูบส่งคอนกรีตนั้นลงไปยังที่ก่อสร้างนั้นอย่างช้า ๆ

2.1.5 การเทและการอัดแน่น

การเทและการอัดแน่นคอนกรีตที่ถูกวิธี จะเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในขบวนการผลิตคอนกรีต อันรวมตั้งแต่การชั่งตวงส่วนผสม, การผสม, การลำเลียง และการบ่มคอนกรีต ความสำเร็จของการเทและการอัดแน่น จะเกิดได้เฉพาะหน่วยงานก่อสร้างที่มีการวางแผน และการ

เตรียมงานที่ดีเท่านั้น เนื่องจากวิธีการทั้ง 2 ดำเนินไปพร้อมๆกัน และเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นควรถือว่า การเทและการอัดแน่นเป็นขั้นตอนเดียวเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ในที่นี้เราจะแยกพิจารณาเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

การเทคอนกรีต

วัตถุประสงค์หลังของการเทคอนกรีตคือ การนำคอนกรีตไปให้ใกล้จุดที่ต้องการเทมากที่สุด โดยต้องทำอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการแยกตัว และคอนกรีตสามารถถูกอัดแน่นได้อย่างเต็มที่

การลำเลียงคอนกรีตอาจทำได้หลายวิธีตั้งแต่การใช้รถเข็น, Drumper, รถผสมคอนกรีต หรือใช้ปั๊ม โดยต้องการเทให้ตรงจุดที่ต้องการมากที่สุด แต่ในหลายกรณีไม่สามารถทำได้ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ข้างต้น ข้อเสนอแนะดังนี้

- หลีกเลี่ยงการใช้มือคันหรือใช้เครื่องจี้เขย่า ดันคอนกรีตให้เคลื่อนที่
- ควรเทคอนกรีตให้เป็นชั้นสม่ำเสมอ ไม่ใช่กองเป็นภูเขา หรือเป็นชั้นตามแนวเอียง
- ความหนาของการเทแต่ละชั้น ควรเหมาะสมกับวิธีการจี้เขย่า เพื่อให้มั่นใจว่าฟองอากาศหนีออกจากด้านล่างของแต่ละชั้นนั้นๆ ได้
- อัตราการเทคอนกรีตลงแบบ และอัตราการเขย่าเข้าแบบควรเท่ากัน
- โครงสร้างที่สามารถเห็นได้ชัดเจน เช่น เสา, กำแพงของสะพาน หรือทางยกระดับ ควรเทคอนกรีตเข้าแบบด้วยอัตราอย่างน้อย 2 เมตร/ชั่วโมง และหลีกเลี่ยงการล่าช้าอันจะทำให้เกิด Cold Joint
- คอนกรีตแต่ละชั้น ควรได้รับการจี้เขย่าให้อัดแน่นก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นต่อๆไป และชั้นต่อๆไปควรเทคอนกรีตในขณะที่คอนกรีตชั้นล่างยังเหลวอยู่ เพื่อจะได้โครงสร้างที่เป็นเนื้อเดียวกัน
- ควรหลีกเลี่ยงการเทคอนกรีตให้ไปปะทะไม้แบบหรือเหล็กเสริม สำหรับโครงสร้างที่มีความสูง ควรต่อท่อคอนกรีต (Termie) เพื่อให้มั่นใจว่าเทคอนกรีตได้ถูกตำแหน่งที่ต้องการ และลดการแยกตัว
- ควรเทคอนกรีตในแนวตั้งฉากกับแกนของโครงสร้างงานคอนกรีตในปัจจุบัน มีวิธีการเทที่ใช้เทคนิคพิเศษ เช่น Slip-forming, Termie Method, Shotcreting, Preplaced Aggregate หรือ Roller Compacted Concrete

การอัดแน่น

วัตถุประสงค์ของการอัดแน่นก็เพื่อที่จะไล่อากาศ (Entrapped Air) ออกจากส่วนผสมคอนกรีตให้มากที่สุเท่าที่จะทำได้ และบังคับให้ส่วนผสมต่างๆเข้าใกล้กัน เพื่อจะได้คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วแล้วที่มีช่องว่างน้อยที่สุด

ปริมาณของ Entrapped Air จะสัมพันธ์กันโดยตรงต่อความสามารถเทได้ของคอนกรีต ตัวอย่างเช่น คอนกรีตที่มีค่ายุบตัว 7.5 ซม. จีอากาศอยู่ประมาณ 5% ในขณะที่คอนกรีตที่มีค่ายุบตัว 2.5 ซม. จะมีอากาศอยู่ถึง 20% นั่นคือเหตุผลที่จะต้องทำการอัดแน่นอย่างดี สำหรับคอนกรีตที่มุค่ายุบตัวน้อย

เหตุผลที่สำคัญในการที่จะต้องขจัดฟองอากาศออกไปจากคอนกรีต คือ

1) ช่องว่าง (Void) จะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลงทุกๆ 1% ของอากาศ (Entrapped Air) จะทำให้กำลังอัดลดลง 5% – 6%
2) ช่องว่างจะเพิ่มความสามารถซึมผ่านได้ของน้ำ (Permeabillty) ซึ่งส่งผลกระทบให้ความทนทานลดลง
3) ช่องว่างที่อยู่ใต้เหล็กเสริมจะลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับมอร์ต้า
4) ช่องว่างทำให้ผิวคอนกรีตดูไม่สวยงามหรืออาจก่อให้เกิดรูโพรง (Honeycombing)

2.1.6 เครื่องจี้เขย่า

เครื่องจี้เขย่าคอนกรีต อาจแบ่งตามการใช้งานได้ 3 ประเภท คือ

1. **Internal Vibrators**

เป็นเครื่องมือที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ประกอบด้วยหัวจี้ Poker ซึ่งต่อมาจากสายมอเตอร์ วิธีใช้จะจุ่มหัวจิ้มลงไปในคอนกรีตที่เหลว โดยหัวจิ้มจะปล่อยคลื่นความถี่ที่เหมาะสมลงไป บางทีเรียกเครื่องจี้เขย่าแบบนี้ว่า Poker Vibrator หรือ Immersion Vibrators

ความถี่ที่ใช้ทั่วไปคือ 70- 200 Hz อุปกรณ์นี้ควรจะง่ายต่อการเคลื่อนย้าย เพื่อที่ว่าคอนกรีตจะได้ถูกเขย่าทุกๆ 0.5 – 1 เมตร ในเวลา 5 วินาที – 2 นาที ขึ้นอยู่กับความข้นเหลวของส่วนผสม การพิจารณาว่าคอนกรีตอัดแน่นสมบูรณ์ทำได้โดยดูจากผิวหน้าของคอนกรีต ซึ่งจะต้องไม่เป็นรูพรุนและต้องไม่มีมอร์ต้ามากเกินไป

ใช้เครื่องจี้เขย่าอย่างถูกต้อง มีวิธีการดังนี้

1) **ต้องหุ้มหัวจี้ลงไปตลอดความลึกของคอนกรีตสด และจี้ไปถึงชั้นล่างด้วย ถ้าคอนกรีตในชั้นล่างยังเหลวอยู่**
2) **การจี้เขย่าต้องไปทั่วบริเวณคอนกรีต โดยต้องกำหนดระยะการจี้ที่ถูกต้อง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการอัดแน่น**

3) เมื่อจี้เขย่าเสร็จแล้ว ควรดึงหัวจี้ขึ้นอย่างช้าๆ เพื่อให้ช่องเปิดที่เกิดจากหัวจี้ปิดตัวเองได้สนิท ไม่มีฟองอากาศขังอยู่

2. External Vibrators

เครื่องเขย่าแบบนี้จะติดอยู่กับไม้แบบ ซึ่งวางอยู่บนจุดวางที่ยืดหยุ่นได้ ดังนั้นไม้แบบและคอนกรีตจะถูกเขย่าไปพร้อมๆกัน ผลคือคอนกรีตจะถูกอัดแน่นโดยการเขย่าของไม้แบบ ซึ่งไม้แบบประเภทนี้ จะต้องออกแบบให้มีความแข็งแรง ไม่บิดงอหรือมีการรั่วไหลของน้ำปูน

เครื่องเขย่าประเภทนี้จะใช้ความถี่ในช่วง 50 – 150 Hz ส่วนมากใช้งานคอนกรีดอัดแรง หรือโครงสร้างขนาดบาง ที่มีโครงสร้างและความหนาไม่เหมาะที่จะใช้ Internal Vibrator

การทำงานต้องเทคอนกรีตใส่แบบเป็นชั้นบางๆ เนื่องจากฟองอากาศไม่สามารถถูกขับออกจากคอนกรีตที่มีความหนามากๆได้ และตำแหน่งของเครื่องจี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ในขณะเทคอนกรีต

3. Vibrating Table

Vibrating Table หรือโต๊ะเขย่า เป็นวิธีการเขย่าที่เหมาะสำหรับงานชิ้นล่างคอนกรีตอัดแรง โดยมีประโยชน์ในแง่ที่การเขย่าทำได้สม่ำเสมอ วิธีนี้อาจพิจารณาได้เหมือนกับกล่องหรือไม้แบบติดยึดกับเครื่องจี้เขย่า ซึ่งตรงข้ามกับ External Vibrators แต่หลักการในการเขย่าคอนกรีตและไม้แบบไปพร้อมๆกันเหมือนกัน ความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วง 25 – 120 Hz

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้

ในส่วนของความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้ ได้คัดลอกเนื้อหาบางส่วนมาจากหนังสือ การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็กโดย ผศ.มนัส อนุศิริ (พ.ศ.2546) ซึ่งมีเนื้อหาพอสังเขปดังต่อไปนี้

ไม้ที่ใช้ในงานโครงสร้าง

1.ไม้กระดาน (Planks) เป็นแผ่นไม้ลักษณะแบนๆ ใช้ทำพื้นบ้านหรือฝาบ้าน เชิงชายและปั้นลม ไม้กระดานที่ใช้ทำพื้นมักมีขนาด 1 x 4, 1 x 6 และ 1 x 8 นิ้ว ส่วนที่ใช้สำหรับทำเป็นฝาหรือเชิงชายอาจมีขนาด ½ x 6, ¾ x 8 นิ้ว ฯลฯ ชนิดไม้ที่นิยมนำมาทำมีอยู่หลายชนิด เช่น ไม้แดง ไม้เต็ง ไม้ตะเคียนทอง เป็นต้น

2.ไม้คานหรือตง (Beams or Joists) เป็นไม้ที่ต้องทำหน้าที่แบกรับน้ำหนักจากพื้น จึงต้องเป็นไม้ประเภทเนื้อแข็งเท่านั้น ขนาดทั่วไปของตง คือ 1 ½ x 5 นิ้ว, 2 x 6 นิ้ว @0.50 เมตร ส่วนคานมีขนาดทั่วไปคือ 2 x 6, 2-2 x 6, 2 x 8 และ 2 x 10 นิ้ว ชนิดไม้ที่นิยมนำมาใช้เช่น ไม้แดง ไม้เต็ง ไม้รัง ไม้ประดู่ เป็นต้น

3.ไม้อเส ขื่อ และอกไก่หรือจันทัน (Roof Beams & Rafters) เป็นไม้ที่ต้องทำหน้าที่แบกรับน้ำหนักจากหลังคา ทำหน้าที่คล้ายกับคานหรือตง จึงต้องเป็นไม้ประเภทเนื้อแข็งเท่านั้น ขนาดโดยทั่วไปของจันทันคือ 1 ½ x 5, 2 x 6 นิ้ว @ 1.00 เมตร ส่วนขนาดทั่วไปของอเสหรือขื่อหรืออกไก่คือ 2 x 6 และ 2 x 8 นิ้ว ชนิดไม้ที่นิยมนำมาใช้มีหลายชนิด เช่น ไม้แดง ไม้เต็ง ไม้รัง ไม้ประดู่ และไม้มะค่าโมง เป็นต้น

4.ไม้เสา (Posts) เป็นไม้ที่ต้องทำหน้าที่แบกรับน้ำหนักของอาคารทั้งหมด ชนิดของไม้ที่ใช้จึงต้องเป็นเนื้อแข็งมากเท่านั้น และขนาดของเสาไม้จะต้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่านั้น เช่น 4 x 4, 6 x 6, 8 x 8 นิ้ว ชนิดไม้ที่นิยมนำมาใช้ เช่น ไม้แดง ไม้เต็ง ไม้รัง ไม้ประดู่ และไม้มะค่าโมง เป็นต้น

5.ไม้แบบ (Form Work) เป็นไม้ที่ใช้สำหรับแบบหล่อให้กับงานคอนกรีต และใช้สำหรับโครงสร้างชั่วคราว ชนิดของไม้จึงเป็นไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้กะบาก ขนาดของไม้แบบทั่วไปคือ 1 x 6 นิ้ว หรือ 1 x 8 นิ้ว

6.ไม้แปหรือระแนง (Purlin or Batter) เป็นไม้ที่ต้องทำหน้าที่รองรับกระเบื้องหลังคา ซึ่งมีน้ำหนักไม้มากนัก ชนิดของไม้จึงใช้ไม้เนื้ออ่อนได้ เช่น ไม้ยาง ขนาดของแปทั่วไปคือ 1 ½ x 3 @1.00 เมตร ส่วนขนาดของระแนงทั่วไปคือ 1 ½ x 1 ½ นิ้ว, 2 x 2 นิ้ว @0.32 เมตร

7.ไม้วงกบประตูหรือหน้าต่าง (Door or Windows Frame) ควรเป็นไม้ที่มีความแข็งปานกลางและไม่หดตัวได้ง่าย หรืออาจต้องเป็นไม้ที่มีลวดลายสวยงาม เช่น ไม่สัก ไม้แดง ไม้มะค่า และไม้ตะเคียนทอง ขนาดของไม้วงกบทั่วไปคือ 2 x 4 นิ้ว

8.ไม้ครา (Stud) แบ่งเป็นไม้คร่าสำหรับยึดฝาหรือผนัง และไม้คร่าสำหรับยึดฝ้าเพดาน ซึ่งต้องแบกรับน้ำหนักไม่มากนัก ไม้จึงเป็นไม้เนื้ออ่อนได้ เช่น ไม้ยาง ขนาดของไม้คร่าทั่วไปคือ 1 ½ x 3 นิ้ว @0.60 เมตร

2.3 เสาเข็มและฐานราก

ในส่วนของเสาเข็มและฐานราก ได้คัดลอกเนื้อหาบางส่วนมาจาก คู่มือ การก่อสร้างน่ารู้ เล่ม 3 (คู่มือคนมีบ้าน) แต่งโดยคณะอนุกรรมการหน่วยเฉพาะกิจพัฒนาคุณภาพชีวิตและสังคม สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ และเนื้อหาบางส่วนจาก เวปไซต์ส่วนตัวของ รศ.ดร. สถาพร โภคา (www.sdhabhon.com) ซึ่งมีเนื้อหาพอสังเขปดังต่อไปนี้

ดังที่เราทราบกันมาแล้วว่าสภาพพื้นดินบนโลกเรามีความหลากหลาย เกิดจากการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนไหวของพื้นพิภพอยู่เป็นระยะๆ ทำให้เกิดการทับถมกันจนเกิดสภาพชั้นดินในแต่ที่แตกต่างกันไป สำหรับประเทศไทยในเขตกรุงเทพมหานครมีระดับพื้นดินสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1.50 เมตร ดังนั้นเมื่อเราขุดดินลงไปลึกประมาณ 1-2 เมตร จะพบกับน้ำใต้ดิน ลึกลงไปอีก 2-14 เมตร จะเป็นดินเหนียว จะเป็นดินเหนียวอ่อน อุ้มน้ำมาก ที่ความลึก 14-21 เมตร จะเป็นดินเหนียวแข็ง ส่วนที่ลึก 21 เมตรลงไปจะเป็นดินปนทรายที่สามารถรับน้ำหนัก

บรรทุกจากอาคารได้ดี และเมื่อขุดลึกลงไปเรื่อยๆจะเป็นชั้นดินแข็งมากสลับกับทรายไปเรื่อยๆ ตามสภาพของแต่ละถิ่น

2.3.1 ประเภทของฐานราก (Footing Type)

ฐานราก คือโครงสร้างส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ทำหน้าที่แบกรับน้ำหนักจากเสาแล้วถ่ายลงสู่ดิน ในสมัยโบราณการก่อสร้างบ้านเรือนก็อาจใช้ท่อนซุงมาวางเรียงกันก้อนหลุมเพื่อแบกรับน้ำหนัก หรือใช้ไม้ยึดเป็นรูปกากบาทที่โคนเสา เพื่อให้เสาสามารถต้านทานน้ำหนักและไม่ทรุดตัวเร็ว ในปัจจุบันนี้ฐานรากมักเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กแทบทั้งหมด เพราะก่อสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และมีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้ดี

การแบ่งประเภทของฐานรากสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ฐานรากแผ่ (Spead Footing) คือฐานรากที่แบกน้ำหนักจากตัวอาคารแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่ชั้นดินโดยตรง ดังนั้นการเลือกใช้ฐานรากแผ่จึงต้องคำนึงถึงน้ำหนักที่บรรทุกว่ามากหรือไม่ และกลสมบัติของดินที่สามมารถแบกรับน้ำหนักในท้องถิ่นนั้น

2. ฐานรากเข็ม (Pile Footing) คือฐานรากที่แบกน้ำหนักจากตัวอาคารแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่ตัวเสาเข็มก่อน จากนั้นเสาเข็มก็จะทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักลงสู่ชั้นดินที่ลึกลงไป การเลือกใช้ฐานรากที่ต้องมีเสาเข็มมารองรับนี้ จำเป็นต้องนึกถึงปัจจัยทางด้านน้ำหนักที่บรรทุกว่ามีมากเกินกว่ากลสมบัติของดินจะรับได้หรือไม่ ถ้ากลสมบัติดินนั้นอ่อนตัวมากๆ ถ้าไม่ใช้เสาเข็มมารองรับก็อาจทำให้ตัวอาคารนั้นๆทรงตัวอยู่ไม่ได้ เหมือนกับการที่เราเอาเก้าอี้สี่ขาและแข็งแรงดีไปวางลงบนดินเลน ในไม่ช้าเก้าอี้นั้นจะเอียงตัวจมลงได้ ดังนั้นเราอาจต่อเสาเข็มให้ยาวขึ้นจนทะลุชั้นดินเลนนั้นลงไป จะพบกับชั้นดินที่แข็งขึ้น เป็นผลให้มีเสถียรภาพตั้งอยู่ได้

2.3.2 ประเภทของเสาเข็ม (Piling Type)

ฐานรากแข็งยังแบ่งประเภทของเสาเข็มที่มารองรับได้อีก 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ฐานรากเสาเข็มสั้น (Friction Pile) เป็นฐานรากที่แบกน้ำหนักไม่มากนัก และก่อสร้างอยู่บนชั้นดินอ่อน การแบกรับน้ำหนักของเสาเข็มจะอาศัยแรงเสียดทาน (friction) ของดินที่มาเกาะรอบๆตัวเสาเข็มเท่านั้น ความยาวของเสาเข็มสั้นมีความยาวประมาณ 6-16 เมตร ถ้าความยาวไม่เกิน 6 เมตร ก็สามารถใช้แรงงานคนตอกลงไปได้ แต่ถ้ายาวมากกว่า 6 เมตร ขึ้นไป จะต้องใช้ปั่นจั่นเป็นเครื่องตอก

2. ฐานรากเสาเข็มยาว (Bearing Pile) เป็นฐานรากที่แบกน้ำหนักมาก และก่อสร้างอยู่บนชั้นหินอ่อน การแบกรับน้ำหนักของเสาเข็มจะอาศัยแรงเสียดทาน (friction) ของดินและการแบกรับน้ำหนักที่ปลายเสาเข็ม (bearing) ซึ่งหยั่งถึงชั้นทรายในระดับความลึก 21 เมตรขึ้นไป ถ้ายาวมากกว่า 21 เมตร ในทางปฏิบัติมักแบ่งเป็น 2 ท่อน แล้วค่อยๆตอกลงไปด้วยปั่นจั่น และการใช้สองท่อนต่อกันก็อาจก่อให้เกิดปัญหาเสาเข็มเคลื่อนหลุดออกจากกันในภายหลังได้ อันจะเป็นผลให้อาคารนั้นทรุดตัวหรือเอียงจนแตกร้าวใช้การไม่ได้

เสาเข็มสั้น (Friction Pile)

เสาเข็มสั้นสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. เสาเข็มไม้ ไม้ที่นำมาทำเสาเข็มในปัจจุบันคือไม้สนและไม้ยูคาลิปตัส ขนาดของเสาเข็มไม้โดยทั่วไปจะมีสัดส่วนหน้าตัดสัมพันธ์กับความยาว เช่น Ø2 นิ้ว x 2.00 เมตร, Ø3 นิ้ว x 3.00 เมตร เป็นต้น

2. เสาเข็มคอนกรีต เสาเข็มคอนกรีตมีผลิตขายในหลายรูปร่าง เช่น รูปตัวที (T), รูปตัวไอ (I), รูปหกเหลี่ยมกว้างและรูปสี่เหลี่ยมตัน ขนาดหน้าตัดทั่วไปคือ 15x15 เซนติเมตร และ 18x18 เซนติเมตร ส่วนความยาวสามารถสั่งซื้อได้ ตั้งแต่ 1.00 – 8.00 เมตร ถ้าความยาวมากกว่านี้สัดส่วนจะไม่เหมาะสมและจะหักง่าย

เสาเข็มยาว(Bearing Pile)

เสาเข็มยาวสามารถแบ่งออกตามชนิดของการก่อสร้างได้2ชนิดใหญ่ๆคือ

1.เสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรง(Prestress Concrete Piling)

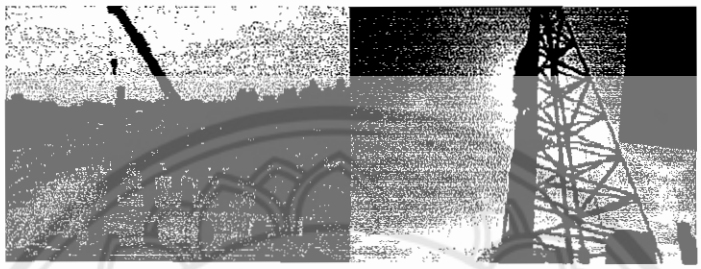
เสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรงในปัจจุบันมีการผลิตขายกันหลายบริษัท และมีหน้าตัดต่างๆกัน เช่น สี่เหลี่ยมตัน รูปตัวไอ รูปวงกลม สำหรับเสาเข็มรูปวงกลมจะเป็นเสาเข็มที่รับกำลังได้สูงเป็นพิเศษ เรียกว่า เสาเข็มปัน(spun pile) หน้าตัดเสาเข็มที่เล็กที่สุดที่ควรนำมาใช้ในงานอาคารที่ต้องรับน้ำหนักมากๆ คือขนาด 0.26x0.26เมตร ไม่ควรใช้หน้าตัดที่เล็กกว่านี้ เพราะจะแตกหักเสียหายได้ง่ายในขณะทำงานก่อสร้าง ส่วนความยาวของเสาเข็มตอกอยู่ในระหว่าง 20-30 เมตร แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ยาวกว่านี้ วิศวกรผู้ออกแบบก็จะเปลี่ยนไปเป็นเสาเข็มเจาะแทน เนื่องจากการตอกเสาเข็มจะตอกลงไปได้ค่อนข้างยาก และอาจทำให้เสาเข็มเองชำรุดเสียหายได้

เสาเข็มเจาะคอนกรีตเสริมเหล็กแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่คือ

1. เสาเข็มเจาะขนาดเล็ก (Small-Bored Pile) เป็นเสาเข็มเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 30-60 เซนติเมตร สามารถเจาะได้ลึก 20.00-30.00 เมตร ซึ่งเป็นชั้นทรายชั้นแรกที่มีน้ำใต้ดินอยู่ ทำให้เจาะลึกกว่านี้ไม่ได้ เรียกเสาเข็มเจาะขนาดเล็กนี้ว่าเป็น ระบบแบบแห้ง (dry process) การเลือกใช้เสาเข็มเจาะขนาดเล็กนี้จะใช้เพื่อทดแทนเสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรงด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น ไม่สามารถขนส่งเสาเข็มตอกเข้าพื้นที่ก่อสร้างได้ การตอกเสาเข็มจะก่อให้เกิดแรงสั่นสะเทือนและเสียงดัง ทำให้ชุมชนไม่ยินยอม สถานที่ที่จะเข้าไปตอกเสาเข็มดับแคบ ไม่สามารถให้ปั้นจั่นเข้าไปตอกได้

2. เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ (Large-Bored Pile) เป็นเสาเข็มเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 60 เซนติเมตรขึ้นไป สำหรับความลึกตั้งแต่25.00-60.00 เมตร เป็นเสาเข็มที่ใช้สำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่มาก เช่น สะพานลอยฟ้า สะพานหลวง อาคารสูงมาก

ก. เสาเข็มไม้

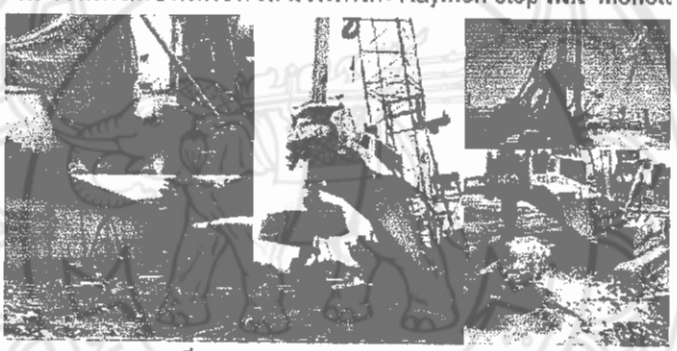


ข. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงชนิดดอก

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างเสาเข็มชนิดต่าง ๆ

ค. เสาเข็มเจาะเสียบ (Pre-auger driving pile)

ง. เสาเข็มเหล็กชนิดดอก เสาเข็มเหล็ก Raymon step และ Monotu



จ. เสาเข็มเจาะ ระบบเจาะแห้ง หรือเจาะเปียก

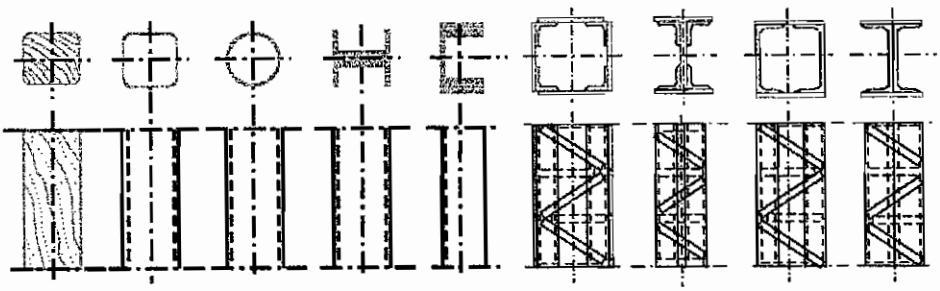
ฉ. Diaphragm wall หรือ Bartette

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างเสาเข็มชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

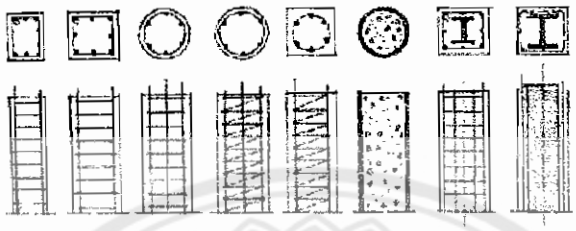
2.4 ตอม่อ หรือเสา

ในส่วนของ ตอม่อหรือเสา คัดลอกเนื้อหาบางส่วนมาจากเวปไซต์ส่วนตัวของ รศ.ดร. สถาพร โภคา www.sdhabhon.com

ตอม่อ (Pier or Pedestal) และเสา (Column) เป็นองค์อาคารที่ต้านทานน้ำหนัก หรือแรงในแนวดิ่งเช่นเดียวกันหากแต่อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อด้านแคบมีค่ามาก (เช่น มากกว่า 6) ก็จะเรียกตอม่อ หากมีค่าน้อย ก็จะเรียกเสา ดังนั้นสำหรับอาคารทั่วไป ตอม่อมักหมายถึงส่วนต่อของเสากับฐานราก หรือเป็นส่วนของเสาที่อยู่ใต้ดิน เพื่อถ่ายน้ำหนักจากเสาลงสู่ฐานราก แต่สำหรับอาคารบางประเภท เช่น สะพาน จะเรียกส่วนของเสาที่เห็นพ้นดินว่าตอม่อด้วยเช่นกัน ซึ่งตอม่อเหล่า อาจมีรูปหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า กลม หรืออาจมีรูปหน้าตัดที่แปลกแตกต่างจากที่กล่าวก็เป็นได้ เสา (Column) มีอัตรวส่วนความสูงต่อด้านแคบแตกต่างจากตอม่อ เป็นส่วนประกอบที่ต่อขึ้นมาจากฐานราก ส่วนใหญ่ตั้งในแนวดิ่ง อาจมีหน้าตัดกลม สี่เหลี่ยม หรืออื่น ๆ โดยวัสดุที่ใช้ทำเสาอาจเป็นคอนกรีต เหล็ก ไม้ หรือผสมก็ได้ เช่นคอนกรีตและเหล็กรูปพรรณ เสาไม้ปัจจุบันราคาสูงขึ้น มีข้อด้อยเรื่องความทนไฟ และการผุพัง หรือเสื่อมสลายเนื่องจากความชื้น มด ปลวก หรือแมลงอื่น เสาเหล็ก แข็งแรงทนทานกว่าเสาไม้ มีรูปหน้าตัดและขนาดหลากหลาย อาจประกอบขึ้นเองได้ (Builtup section) เสาเหล็ก น้ำหนักเบา กว่าเสาคอนกรีต ก่อสร้างรวดเร็ว แต่ก็ยังมีปัญหาเรื่องสนิม และความทนไฟ จึงอาจต้องหุ้มด้วยคอนกรีต หรือทาสีกันสนิมทับ นอกจากนั้นเสาเหล็กจะต้องออกแบบรอยต่อให้ดี ไม่ว่าจะโดยวิธีเชื่อม ใช้สลักเกลียวหรืออื่น ๆ ส่วนเสา ค.ส.ล. สามารถหล่อเป็นรูปหน้าตัดต่าง ๆได้ เสาอาจเสริมเหล็กปลอกเดี่ยว หรือเหล็กปลอกที่พันต่อเนื่องเป็นเกลียวรอบ ๆ เหล็กยืน โดยเหล็กปลอกจะช่วยต้านทานการวิบัติ เช่น แตกปริ หรือระเบิดทางด้านข้าง รูปที่แสดงตัวอย่างหน้าตัดเสาไม้ เสาเหล็ก และเสา ค.ส.ล. รูปตัดต่าง ๆ



ก. เสาไม้ เสาเหล็ก และเสาเหล็กประกอบ



ข. เสา ค.ส.ล.

รูปที่ 2.3 เสาแบบต่าง ๆ

2.5 คาน

คาน (Beam) เป็นองค์อาคารที่มักจะอยู่ในแนวราบ เชื่อมต่อกับองค์อาคารในแนว**ตั้ง เช่น** เสา**หรือ**ผนัง ปกติคานมีรูปหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพราะคำนวณออกแบบง่าย ก่อสร้างง่าย **ประหยัด แต่หาก**จำเป็น คานอาจมีรูปหน้าตัดเป็นอื่นได้เช่นคานรูปตัวที (Tee beam) ซึ่งอาจเกิด**จากความตั้งใจที่**จะออกแบบหรือก่อสร้างให้คานนั้นมีรูปเป็นตัวที หรืออาจเกิดในกรณีที่คาน**หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม**ผืนผ้ารองรับพื้น ค.ส.ล. เทหล่อเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถพิจารณา หรือผนวกส่วน**หนึ่งของแผ่นพื้น**เป็นเสมือนปีก (Flange) ของตัวที ทำให้คานมีความแข็งแกร่ง เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม**เมื่อเทียบกับรูป**ตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าธรรมดา ทำให้กำลังต้านทานแรงเพิ่มมากขึ้น คานอาจทำด้วย**ไม้ เหล็ก คอนกรีต**เสริมเหล็ก หรือคอนกรีตเสริมลวดอัดแรงขึ้นอยู่กับปัจจัย หรือเหตุผลเช่น **ช่วงคาน น้ำหนัก**บรรทุก หรือแรง ความประหยัด หรือเหตุผลทางสถาปัตยกรรมที่ต้องการแสดง**รูปลักษณ์ของอา**คาร คานไม้ มักใช้ประกอบกับระบบพื้น และตงไม้ โดยสมัยโบราณ ตัวคานมักจะ**วางฝากอยู่กับเสา**ไม้ ยึดด้วยลิ่ม หรือบากไม้ให้เข้ามุมกัน ปัจจุบันอาจใช้ตะปู ยึดด้วยสลักเกลียว แหวน หรืออุปกรณ์อื่น ๆ โดยคานจะรองรับตง (Joist) และตงรองรับพื้นไม้กระดาน ตามลำดับ คานไม้อาจวางหรือฝากกับเสาคอนกรีต หรือเสาเหล็กก็ได้คานเหล็ก นิยมใช้ในอาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารที่ต้องการลดระยะเวลาก่อสร้าง หรือต้องการให้โครงสร้างโดยรวมมีน้ำหนักเบากว่าใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก ไม่นิยมใช้กับอาคารขนาดเล็ก เพราะราคาจะค่อนข้างแพง อีกทั้งต้องออกแบบจุดต่ออย่างพิถีพิถันให้มั่นคงแข็งแรง และต้องป้องกันอัคคีภัย คานเหล็กอาจใช้ประกอบกับเสาเหล็ก หรือเสา ค.ส.ล. คานเหล็กอาจใช้รองรับตงไม้ หรือตงเหล็ก อีกนัยหนึ่ง คานเหล็กอาจรองรับพื้นเหล็ก พื้นคอนกรีต หรือระบบพื้นไม้ก็ได้คาน ค.ส.ล. ส่วนใหญ่หล่อในที่โดยทั่วไปไม่ใช้คานคอนกรีตกับเสา

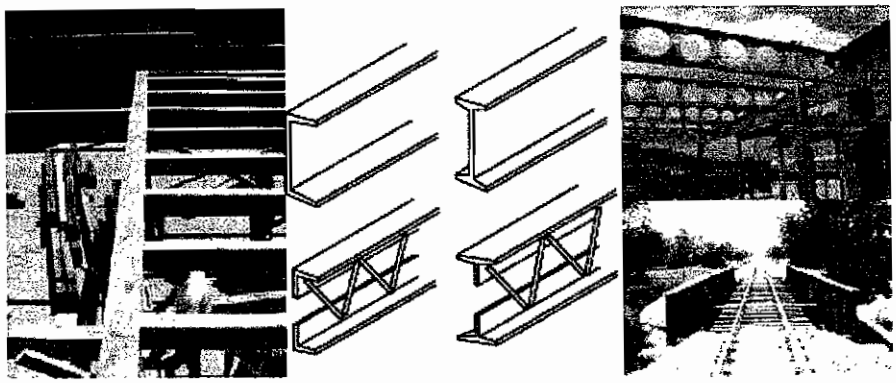
เหล็ก หรือเสาไม้ เพราะเชื่อมต่อ หรือยึดกันได้ยากส่วนใหญ่จึงใช้ร่วมกับเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก ใช้ร่วมกับระบบพื้นได้แทบทุกชนิด เช่น พื้นคอนกรีต (ทั้งแผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูป หรือแผ่นพื้นหล่อในที่) พื้นเหล็ก หรือแม้แต่พื้นไม้ คานคอนกรีตอัดแรง หลักการคล้ายคลึงกับคาน ค.ส.ล. แต่เสริมลวดอัดแรง (Prestressing wire or tendon) ทำให้มีกำลังต้านทานแรงมากขึ้น โครงสร้างขนาดใหญ่เช่นคานสะพาน (Girder) นอกจากที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีคานประกอบ (Composite beam) ซึ่งใช้วัสดุมากกว่าชนิดเดียว เช่นใช้คานเหล็กรูปพรรณประกอบกับคอนกรีต หรือเหล็กกับไม้ มักพบเฉพาะในอาคาร หรือโครงสร้างที่ใช้วัสดุหลายชนิดผสมผสานกัน ในทางวิศวกรรมจำแนกคานตามลักษณะที่รองรับ (Support - ตัวอย่างที่รองรับคานได้แก่เสาหรือผนัง ค.ส.ล.) ได้แก่คานช่วงเดียว คานต่อเนื่อง และคานยื่น (Cantilever beam) เพราะเมื่อคานเหล่านี้รับน้ำหนัก หรือแรงจะถูกดัด เกิดแรงในคาน และคานโก่งตัวในลักษณะแตกต่างกัน

TH
ป 435
ส๖๗ก
2549

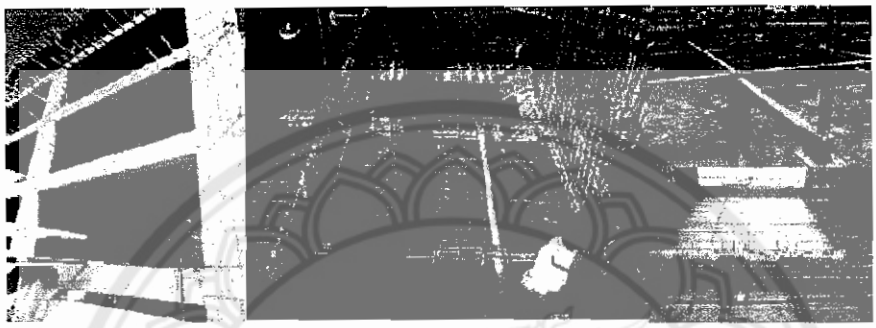
25

สำนักหอสมุด

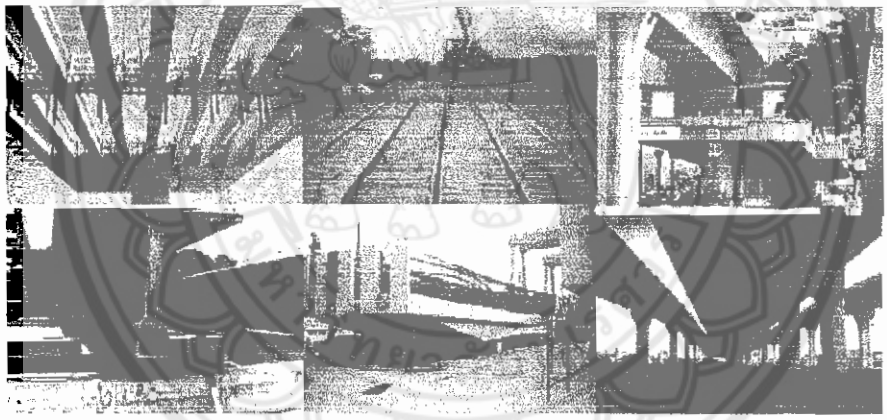
15 ก.พ. 2550
5040506



ก. คานไม้ หรือคานเหล็ก



ข. คาน ค.ส.ล.

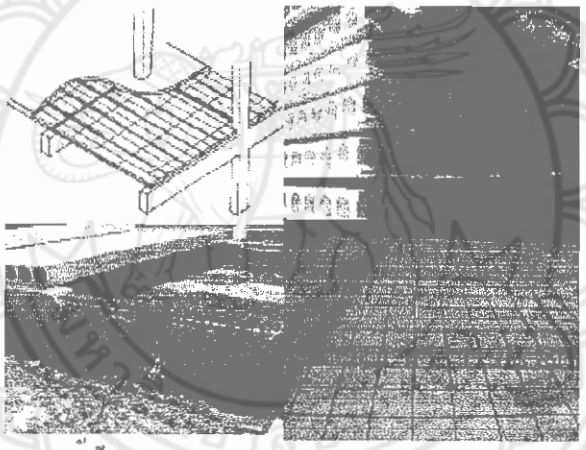


ค. คานคอนกรีตอัดแรง

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างคานไม้ คานเหล็ก คาน ค.ส.ล.
และคานคอนกรีตอัดแรง ที่มีรูปหน้าตัดต่าง ๆ กัน

2.6 แผ่นพื้นกึ่งสำเร็จ

ระบบแผ่นพื้นกึ่งสำเร็จประกอบด้วยส่วนที่ผลิตจากโรงงาน ยกมาติดตั้ง หรือวางบนคาน แล้วเสริมเหล็ก เทคอนกรีตทับหน้า (Topping) เพื่อให้เป็นผืนเดียวกัน ปัจจุบันนิยมใช้แผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ หรือแผ่นพื้นสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดแผ่นเรียบ (Precast plank) รูปหน้าตัดสี่เหลี่ยมทึบตัน เสริมลวดอัดแรง ความหนาจึงไม่มากนัก นิยมใช้โดยเฉพาะอาคารขนาดเล็ก หรือที่พักอาศัย เพราะคล้ายแผ่นกระดานที่วางพาดบนคานเรียงกัน โดยไม่ต้องใช้ไม้แบบ ผูกเหล็กเสริมกันร้าว และเทคอนกรีตทับหน้าได้ทันที และใช้ค้ำยันเท่าที่จำเป็นตามคำแนะนำของผู้ผลิต เช่นที่กึ่งกลางของช่วงพื้นเท่านั้น พื้นชนิดนี้คือใต้ท้องพื้นจะเรียบจึงไม่จำต้องฉาบแต่งผิว หรือทำฝ้าปิด อนึ่ง แผ่นพื้นชนิดนี้เมื่อช่วงยาวขึ้น หรือมีความหนาเพิ่มขึ้น ผู้ผลิตก็อาจทำให้แกนกลางตามยาวของแผ่นพื้นกลวง (Hollow core Slab) เพื่อลดทอนน้ำหนักของแผ่นพื้นนั่นเอง รูปที่แสดงตัวอย่างระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปชนิดแผ่นเรียบ หรือกลวง



รูปที่ 2.5 ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปชนิดแผ่นเรียบ หรือกลวง

ระบบแผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปชนิดอื่น ๆ ได้แก่ แผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปรูปยูคว่ำ ระบบตงคอนกรีตอัดแรง แผ่นพื้นชนิดนี้ใช้ตงคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปมาพาดบนคานแล้วประกอบไม้แบบที่ช่องว่างระหว่างตง เสริมเหล็ก และเทคอนกรีต วิธีนี้จะก่อสร้างง่ายกว่าระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา เพราะสามารถตั้งแบบกับตงสำเร็จรูป ดังนั้นไม่ต้องใช้แบบและค้ำยันมากเท่ากับระบบพื้นคอนกรีตทั่วไป ตงสำเร็จรูปชนิดนี้จะมีรูสำหรับเสียบสลักที่ใช้ไว้สำหรับรับแบบไม้ในตัว ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้ระบบแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปชนิดหน้าตัดรูปตัวที แผ่นพื้นชนิดใช้ปริมาณคอนกรีตน้อย และแอ่นตัวน้อยก่อสร้างได้รวดเร็วโดยการนำมาวางพาดกับคานเรียงชิดติดกัน เสริม

เหล็ก และเทคอนกรีตทับหน้าเพื่อให้เป็นแผ่นพื้นเดียวกัน แต่ต้องระมัดระวังขณะก่อสร้างเพราะแผ่นพื้นที่วางบนคานนั้นอาจพลิกตัวได้ง่ายก่อนที่จะเทคอนกรีตทับ ข้อเสียของพื้นระบบนี้คือ ด้านใต้พื้น หากไม่มีฝ้าปิด มักเป็นอุปสรรคต่อการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้า หรือระบบส่องสว่าง และท่อของวิศวกรรมงานระบบต่าง ๆระบบแผ่นพื้นคอนกรีตบล็อกและตงรูปทีคว่ำ พื้นชนิดนี้ใช้ตงคอนกรีตรูปตัวทีคว่ำวางพาดบนคานตามระยะที่กำหนด และใช้คอนกรีตบล็อคชนิดกลวงวางเรียงระหว่างตงดังกล่าวจนเต็ม เสริมเหล็ก และเทคอนกรีตทับหน้า เดิมพื้นชนิดนี้ใช้ในอาคารขนาดเล็ก และที่พักอาศัย เพราะก่อสร้างได้รวดเร็ว ข้อเสียคือน้ำอาจรั่วซึมได้ง่าย และรับน้ำหนักได้น้อยกว่าพื้นสำเร็จระบบอื่น ๆ เนื่องจากคอนกรีตบล็อคนั้นเป็นเพียงแบบหล่อคอนกรีตถาวรเท่านั้น มิได้มีส่วนช่วยรับน้ำหนักใด ๆ(ขณะที่เฉพาะตงรูปตัวทีคว่ำรับน้ำหนักบรรทุก) ดังนั้น หากฉาบปิดใต้ท้องพื้นไปแล้วอาจไม่ทราบตำแหน่ง หรือแนวของตงรูปตัวทีคว่ำ จะหาตำแหน่งแขวนยึดสิ่งที่มีน้ำหนักมากได้ลำบาก ปัจจุบันพื้นชนิดนี้เสื่อมความนิยมลงไป เพราะมีข้อด้อยกว่าแผ่นพื้นชนิดเรียบในเกือบทุกด้านการใช้แผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปจะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำผู้ผลิต โดยเฉพาะการค้ำยันระหว่างก่อสร้าง เหล็กเสริม และการเทคอนกรีตทับหน้า การใช้แผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปผิดแผกจากคำแนะนำโดยปราศจากการคำนวณตรวจสอบอย่างถี่ถ้วนอาจเกิดข้อผิดพลาดเสียหายได้เช่น ใช้แผ่นพื้นกึ่งสำเร็จทำเป็นส่วนยื่น (Overhanging) แม้จะเสริมเหล็กต้านทานโมเมนต์ดัด หรือแรงดึงที่ผิวบนอย่างเพียงพอ แต่หน่วยแรง ในคอนกรีตที่ผิวล่างอาจเกินกว่าหน่วยแรงใช้งาน ตำแหน่งเจาะ หรือยึดอุปกรณ์กับด้านล่างของแผ่นพื้น อาจตรงกับตำแหน่งของลวดอัดแรง แผ่นพื้นชนิดกลวงหากรับน้ำหนักที่ทำให้เกิดแรงเฉือนสูง ๆหน่วยแรงแบกทานบริเวณที่รองรับอาจสูงเกินกว่าหน่วยแรงใช้งาน หรือวิบัติ เป็นต้น รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างแผ่นพื้นระบบอื่น

2.7 บันไดและทางลาด

บันได (Staircases) หรือทางลาด (Ramp) ก็คือแผ่นพื้นนั่นเอง เพียงแต่มีความลาดเอียง หรือมีลูกขั้นเพิ่มเติมขึ้นมาเท่านั้น บันไดจะมีลักษณะเป็นแผ่นพื้นทางเดียว พื้นสองทางหรือพื้นยื่น ปกติจะคำนวณออกแบบบันไดให้มีเสริมเหล็กต้านทานแรงดึง (เป็น Single reinforcement) และให้คอนกรีตต้านทานแรงเฉือนเพียงอย่างเดียว (ไม่ใช้เหล็กเสริมต้านทานแรงเฉือน) เว้นแต่หากมีความจำเป็นอาจออกแบบบันไดให้เสริมทั้งเหล็กต้านแรงอัดและแรงดึง (เป็น Double reinforcement) ได้ ข้อยุ่งยากของการออกแบบบันได ได้แก่ การคิดน้ำหนักคงที่ และการให้รายละเอียดเหล็กเสริม แม้บันไดส่วนใหญ่จะออกแบบเหมือนแผ่นพื้นทางเดียว แต่ในทางปฏิบัติมักไม่พบบันไดที่มีลักษณะเป็นแผ่นพื้นทางเดียวอิสสระ ดังนั้นปลายบันไดที่ต่อเนื่องกับแผ่นพื้น เหล็กเสริมด้านบนและด้านล่างของบันได ควรต้องต่อเนื่องกับเหล็กเสริมด้านบนและด้านล่างของแผ่นพื้นที่อยู่ต่อเนื่องกันหรือกลับกัน

บันไดท้องเรียบที่วางพาดตามยาวระหว่างที่รองรับชั้นล่างและชั้นบน คำนวณออกแบบเหมือนคานเหล็กเสริมซึ่งอยู่ด้านนอกใกล้ผิวจึงว่างตามยาวในขณะที่เหล็กเสริมอีกด้านหนึ่งเป็นเหล็กต้านการยืดหดเหมือนแผ่นพื้นทางเดียวน้ำหนักบนบันไดจะถ่ายลงคานที่รองรับทั้งสอง ซึ่งอยู่คนละระดับกัน

บันไดพับผ้า มีลักษณะเป็นเหมือนแผ่นพื้นที่ถูกพับ (Folded) ไปมาและการจัดเรียงเหล็กเสริมค่อนข้างลำบากเพราะต้องพับไปมาตามรูปร่างบันได แทนที่จะเป็นเส้นตรง ๆ ดังเช่นบันไดท้องเรียบ จึงควรใช้เหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่มากนัก

บันไดที่มีคานขนาบทั้งสองด้านตลอดความยาวมีลักษณะเป็นแผ่นพื้นทางเดียวสั้นๆ รองรับด้วยคานทั้ง 2 ด้าน น้ำหนักจากแผ่นพื้นบันไดจึงจะถ่ายลงคานขนาบทั้งสองนี้ แผ่นพื้นอาจมีท้องเรียบ หรือพับไปมา ดังเช่นบันไดพับผ้าเหล็กเสริมหลักในบันไดประเภทนี้จะว่างขนานในขณะที่เหล็กตามยาวเป็นเหล็กต้านการยืดหดแทน เหล็กเสริมบันไดชนิดนี้จึงกลับหรือสลับด้านกับในกรณีของบันไดท้องเรียบ หรือบันไดพับผ้าที่วางพาดตามยาว

บันไดชนิดยื่นทั้งชนิดท้องเรียบ หรือพับต่อเนื่อง และแบบแยกอิสระเหล็กเสริมหลักจะอยู่ที่ผิวบนคล้ายพื้นยื่น ในขณะที่เหล็กเสริมอีกด้านหนึ่งเป็นเหล็กเสริมต้านการยืดหด แต่ในบางกรณีสำหรับบันไดยื่นชนิดต่อเนื่องเหล็กดังกล่าวอาจเป็นส่วนหนึ่งของเหล็กเสริมสำหรับแรงเฉือนก็เป็นได้

บันไดที่ต้องวิเคราะห์และออกแบบอย่างละเอียด และยุ่งยากมากคือ บันไดชนิดชานพักลอยจะถ่ายโมเมนต์บิดลงคานที่รองรับ บันไดชานพักลอยอาจมีหลายลักษณะเช่น เป็นแผ่นพื้นชิ้นเดียวที่ค่อนข้างหนา (ขึ้นกับความยาวช่วง) วางพับเปลี่ยนทิศทางที่บริเวณชานพักแล้วพาดกับที่รองรับซึ่งอยู่ต่างระดับกัน

ปกติทั่วไปบันไดมีลูกตั้งสูงระหว่าง 0.17 ถึง 0.18 เมตร หากน้อยหรือมากกว่าจะก้าวเดินไม่สะดวก ส่วนลูกนอนปกติจะกว้าง 0.25 เมตร เป็นอย่างน้อยเว้นแต่บันไดพิเศษเช่น บันไดทางขึ้นอาคารอาจมีลูกนอนกว้างกว่านี้

ทางลาด (Ramp way) จะออกแบบเป็นแผ่นพื้นทางเดียวหรือสองทางขึ้นอยู่กับขนาดของแผ่นพื้นและสภาพที่รองรับ มักปรากฏว่าคานรับทางลาดส่วนใหญ่จะทำหน้าที่เป็นแผงกั้นหรือแผงกันตก (Barrier or parapet) ไปในตัว ดังนั้นระดับท้องพื้นทางลาดจึงอาจเสมอกับระดับท้องคาน การออกแบบยังคงเป็นปกติเช่นพื้นทั่วไป

2.8 การบ่มคอนกรีต

คัดลอกบางส่วนมาจาก คอนกรีตเทคโนโลยี แต่งโดย คุณ ชัชวาล เศรษฐบุตร (พ.ศ. 2537)

การบ่ม (Curing) คือ ชื่อเฉพาะของวิธีการช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ซึ่งจะส่งผลให้การพัฒนากำลังของคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง วิธีการทำโดยให้น้ำแก่คอนกรีตหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว

หน้าที่สำคัญของการบ่มคอนกรีตมีด้วยกัน 2 ประการคือ

1) เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีต

2) รักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

2.8.1 วิธีการบ่ม

การบ่มที่อุณหภูมิปกติ

สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การเพิ่มความชื้น และวิธีป้องกันการสูญเสียความชื้น

การเพิ่มความชื้น โดยให้ความชื้นต่อผิวหน้าของคอนกรีตโดยตรงในระยะแรกที่คอนกรีตแข็งตัว วิธีนี้นอกจากจะเป็นวิธีบ่มที่ดีแล้ว ยังสามารถช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวของคอนกรีตลงด้วย จึงเหมาะกับคอนกรีตที่เทในอากาศร้อน การบ่มวิธีนี้ทำได้หลายวิธี รวมทั้งมีข้อดีข้อเสีย สามารถสรุปได้ดังตาราง

วิธีการบ่ม	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
1.การขังน้ำ เหมาะสมกับงานคอนกรีตที่มีพื้นราบ เช่น แผ่นพื้นทั่งไป ดาดฟ้า พื้นสะพาน ถนนทางเท้า สนามบิน **วิธีการ** ทำโดยใช้ดินเหนียวหรือก่ออิฐทำเป็นคันโดยรอบของงานคอนกรีตที่บ่ม **ข้อควรระวัง** อย่าให้น้ำที่ใช้บ่มคอนกรีตมีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน 10°C	1.ทำได้สะดวก ง่าย ราคาถูก 2.วัสดุหาง่ายเช่นดินเหนียวและน้ำ 3.ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้ 4.ทำได้สะดวก รวดเร็วและประหยัดค่าใช่จ่ายตัวอย่างเช่น ทำคันดินเหนียว ถ้าพังก็สามารถซ่อมแซมได้ทันที	1.ต้องหมั่นตรวจดูรอยแตกร้าวของดินเหนียวที่นำมาใช้อยู่เสมอ มิฉะนั้นน้ำจะซึมหนี 2.ต้องเก็บทำความสะอาดบริเวณคอนกรีตที่บ่มเมื่อเสร็จงานบ่ม

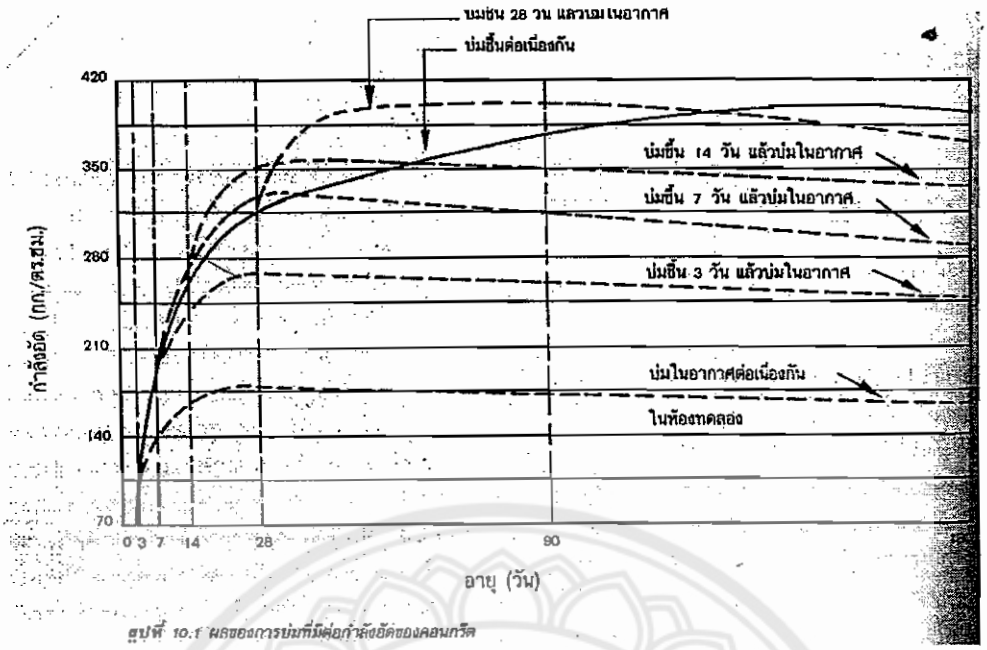
2.โดยการฉีดน้ำหรือพรมน้ำ **วิธีการ ใช้ได้ทั้งแนวราบและแนวดิ่ง เช่นกำแพง ผนัง และพื้น**	1.ทำได้สะดวก ได้ผลดี 2.ค่าใช้จ่ายถูก 3.ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้ 4.ไม่ต้องดูแลตลอดเวลา	1.ไม่เหมาะสมกับสถานที่หาน้ำได้ยาก 2.ไม่สะดวกกับการฉีดกับกำแพงในแนวดิ่ง เพราะน้ำจะแห้งเร็ว
3.โดยการใช้วัสดุเปียกคลุม **วิธีการ เช่นนำผ้าใบกระสอบซึ่งอุ้มน้ำได้ ถ้าเป็นผ้าใบควรเป็นสีขาว เพราะสะท้อนความร้อนได้ดี และรอยต่อต้องเหลื่อมกันให้มาก ถ้าใช้ฟางหรือขี้เลื่อยควรหนาไม่ต่ำกว่า 15 ซม. คลุมให้ทั่วและฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ**	1.ได้ผลดีมาก ราคาไม่สูงเกินกว่าที่จะทำ 2.ทำได้ทั้งแนวราบและแนวดิ่งในกรณีที่ใช้ผ้าใบและกระสอบ 3.ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้ สามารถหาวัสดุมาใช้ได้ง่าย	1.อากาศร้อนจะแห้งเร็ว 2.ถ้าที่กว้างๆ ถ้าใช้ผ้าใบคลุมจะเสียค่าใช้จ่ายมาก 3.ต้องฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ 4.ต้องพิจารณาก่อนที่จะนำวัสดุมาใช้ว่าวัสดุนั้นเป็นอันตรายต่อซีเมนต์หรือผิวคอนกรีตหรือไม่

2.8.2 วิธีป้องกันการสูญเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต

วิธีนี้เป็นการป้องกันความชื้นจากผิวคอนกรีตมิให้เล็ดลอดออกสู่ภายนอกการป้องกันความชื้นวิธีนี้ได้แก่การใช้กระดาษน้ำมัน ผ้าพลาสติก หรือสารเคมี เป็นต้นอย่างไรก็ตามไม้แบบที่ยังไม่ถอดก็สามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นได้เช่นกัน วิธีการบ่มแบบนี้สามารถสรุปได้ดังตาราง

วิธีการบ่ม	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
1.การใช้กระดาษกันซึมน้ำได้คลุม กระดาษนี้ทำด้วยกระดาษเหนียวยึดติดกันด้วยกาวประเภทยางมะตอย และเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว และมีคุณสมบัติยืดตัวไม่มาก วิธีการใช้ รอยต่อควรเหลื่อมกันให้มากพอสมควรและรอยต่อระหว่างแผ่นต้องผนึกติดกันแน่นด้วยกาวหรือเทป หรือทรายก็ได้	1.ทำได้สะดวกรวดเร็ว 2.ป้องกันคอนกรีตไม่ให้แห้งได้เร็วแต่ต้องกอยรดน้ำไว้ด้วย 3.ใช้คนงานระดับกรรมกรได้	1.ราคาแพง 2.ไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน 3.ไม่สะดวกในการเก็บรักษาต่อไปเมื่อนำมาใช้งานต่อ

2.การใช้แผ่นพลาสติกคลุม เป็นวัสดุที่น้ำหนักเบาและสามารถใช้คลุมงานคอนกรีตได้ทันทีที่ต้องการ	1.มีน้ำหนักเบา ปฏิบัติงานง่าย 2.ได้ผลดีในการใช้ป้องกันน้ำที่ระเหยออกไปจากคอนกรีต 3.ไม่ต้องรดน้ำให้ชุ่มอยู่ภายใน	1.บางมาก ชำรุดง่าย 2.ต้องหาของหนักทับเพื่อกันปลิว 3.ราคาแพง ถ้าใช้คลุมงานคอนกรีตในที่กว้างๆ
3.การบ่มด้วยน้ำยาเคมีเคลือบผิวคอนกรีต มีหลายสีด้วยกันเช่น ใส ขาว เทาอ่อน และดำ สำหรับสีขาวจะเหมาะสมกว่าเพราะสะท้อนความร้อนได้ดีกว่า โดยการใช้พ่นคลุมพื้นผิวคอนกรีตที่ต้องการใช้งานเร็วๆ เช่นลานบิน หลังคากว้างๆ งานพิเศษต่างๆ หรือตึกสูงๆที่น้ำส่งขึ้นไปลำบาก	1.สะดวก รวดเร็ว 2.ได้ผลดีพอสมควร ถ้าน้ำยานั้นเป็นของแท้ และมีความเข้มข้นตามมาตรฐานผู้ผลิต 3.ไม่ต้องคอยรดน้ำ 4.ไว้ใช้ในกรณีที่การบ่มด้วยวิธีอื่นไม่ได้ผล	1.ค่าใช้จ่ายสูง 2.ต้องจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับพ่นทุกครั้ง 3.ต้องใช้บุคลากรที่เคยทำมาก่อนในการพ่น 4.น้ำยาเคมีที่ใช้พ่นอาจมีอันตรายแก่ผู้ที่อยู่ในระยะใกล้เคียงได้
4.การบ่มโดยใช้ไม้แบบ ต้องพ่นไม้แบบให้มีความชื้นอยู่เสมอไม้แบบจะป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดีมากฉะนั้นควรรักษาไม้แบบให้นานที่สุดหลังจากถอดแบบแล้วจึงใช้วิธีการอื่นต่อไป	1.ทำได้สะดวก 2.ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้	1.ต้องใช้ไม้แบบจำนวนมาก 2.ช้าเพราะต้องนำไม้แบบไปใช้งานอื่นต่อไป 3.ถ้าไม้แบบเก่า ต้องเสียเวลาทำความสะอาดไม้แบบ



รูปที่ 10.1 ผลของการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต

รูปที่ 2.6 แสดงอิทธิพลของการบ่มต่อกำลังอัดของคอนกรีตซึ่งสรุปได้ดังนี้

กำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันแรกๆ ถ้าได้รับการบ่ม ซึ่งชี้ถึงความสำคัญของการบ่มในระยะแรก

กำลังของคอนกรีตมีโอกาสเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังอายุ 28 วัน โดยอัตราการเพิ่มของกำลังจะช้าลงแต่ก็ยังเพิ่มขึ้นตลอดเวลาหากได้รับการบ่มที่ดี

หากขาดความชื้น กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นสักระยะหนึ่ง เพราะความชื้นที่เหลืออยู่แต่หลังจากนั้นจะไม่เพิ่มขึ้นอีก เช่นกำลังของคอนกรีตที่ได้รับการบ่ม 3 วันจะมีกำลังเพียง 75 – 85 % ของกำลังคอนกรีตที่บ่มชื้นครบ 28 วัน

จะเห็นได้ว่าเราควรบ่มคอนกรีตให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ นั่นคือบ่มจนกว่าคอนกรีตมีกำลังสูงตามที่ต้องการ ในทางปฏิบัติมักไม่สามารถบ่มคอนกรีตได้นานนัก ทั้งนี้ก็เพราะข้อจำกัดในเรื่อง กำหนดการก่อสร้างและค่าใช่จ่าย จากรูป 2.3 แสดงให้เห็นว่าการบ่มชื้นถึง 7 วัน ทำให้เราสามารถได้กำลังของคอนกรีตทัดเทียมกับกำลังคอนกรีตที่บ่มและทดสอบในสภาพชื้นถึง 28 วัน ตามมาตรฐานอเมริกาแนะนำให้ใช้เวลาบ่มชื้น 7 วัน สำหรับโครงสร้างคอนกรีตทั่วไป หรือเวลาที่จำเป็นเพื่อให้ได้กำลัง 70 % ของกำลังอัดหรือกำลังดัดที่กำหนดแล้วแต่ว่าเวลาไหนน้อยกว่ากันแต่สำหรับคอนกรีตที่มีปริมาณมาก ๆ เช่น ฐานรากแผ่ขนาดใหญ่ เราจำเป็นต้องบ่มนานถึง 2 สัปดาห์

ในกรณีที่การบ่มต้องหยุดชะงักไประยะเวลาหนึ่งด้วยเหตุผลใดก็ตาม เมื่อคอนกรีตได้รับความชื้นปฏิกิริยาไฮเดรชั่นก็สามารถเกิดขึ้นต่อไป ทำให้กำลังของคอนกรีตสูงเพิ่มขึ้นต่อไป