บทที่ 2
หลักการทั่วไปสำหรับการก่อสร้าง

2.1 อุตสาหกรรมก่อสร้าง

อุตสาหกรรมก่อสร้างเกิดขึ้นเมื่อความต้องการที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์มีมากขึ้น แรกเริ่มมนุษย์ใช้วัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติประกอบกันขึ้นเป็นที่อยู่อาศัยจากความเป็นอยู่อย่างง่ายๆ มนุษย์ก็ได้พัฒนาแนวความคิดในด้านประโยชน์ใช้สอยและความสวยงามของที่อยู่อาศัย โดยนำจินตนาการทางศิลปะเข้ามาผสมผสาน ก่อให้เกิดศาสตร์แห่งการออกแบบ การพัฒนาวัสดุก่อสร้าง และเทคนิคการสร้าง เพื่อให้เกิดความสวยงาม ความคงทนถาวร และความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ทำให้มนุษย์สามารถคิดค้นปูนซีเมนต์ซึ่งนำไปผสมกับน้ำและทรายก่อให้เกิดวัสดุประสาน นำไปใช้ในการก่ออิฐฉาบปูน และเมื่อนำไปผสมกับน้ำ ทราย และหิน ก่อให้เกิดคอนกรีต ซึ่งมีความแข็งแกร่งและทนทาน นอกจากนี้ได้มีการนำไม้ไผ่หรือเหล็กสานเป็นโครงแล้วเทคอนกรีตหุ้มทำให้เกิดความแข็งแรงมากยิ่งขึ้นเกิดโครงสร้างที่เรียกว่าคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นที่นิยมและแพร่หลายมากในการก่อสร้าง

เทคโนโลยีใหม่ ๆ เริ่มเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมก่อสร้างมาขึ้น เช่น การเทคอนกรีตในสถานที่ก่อสร้าง การใช้พื้นสำเร็จรูปวางบนคานแล้วเทคอนกรีตทับหน้า การใช้คานสำเร็จรูปในงานก่อสร้างสะพาน การใช้ผนังสำเร็จรูปในงานก่อสร้างอาคาร ทั้งพื้นสำเร็จรูปและ คานสำเร็จรูป เป็นต้น

การพัฒนาวัสดุก่อสร้างทำให้เกิดการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับงานก่อสร้าง และการพัฒนาเทคโนโลยีในการก่อสร้าง วิวัฒนาการของการก่อสร้างจึงนับได้ว่ามีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และจะยังคงมีต่อไปในอนาคต

2.2 โครงสร้างหลักของอาคารและคุณสมบัติของโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

วิศวกรหรือผู้ควบคุมงานก่อสร้างจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของการก่อสร้าง ซึ่งจะแบ่งเป็นส่วนขององค์อาคารหลักและส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะวางแผนงานหรือระหว่างการก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง ซึ่งข้อมูลที่นำเสนอประกอบโครงงานนี้ ผู้จัดทำได้นำเสนอเฉพาะข้อมูลพื้นฐานใน

การก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีความสำคัญต่อผู้ควบคุมงานในการศึกษาก่อนการปฏิบัติงานจริง

โครงสร้างหลักของอาคาร คือ โครงสร้างที่เป็นองค์อาคารหลักที่สำคัญของอาคารประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- หลังคา (Roofs) เป็นโครงสร้างที่รับน้ำหนักต่าง ๆ ของวัสดุมุงและน้ำหนักจรต่าง ๆ บนวัสดุมุงเพื่อถ่ายน้ำหนักลงสู่คานรับหลังคาหรือเสา

- พื้น (Slab) เป็นโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ บนพื้นที่ใช้สอยของอาคารแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่คาน ในกรณีที่โครงสร้างไม่มีคานจะถ่ายน้ำหนักไปสู่เสา

- คาน (Beam) เป็นโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ จากพื้นและผนังแล้วถ่ายไปสู่เสา

- เสา (Column) เป็นโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ จากคานหรือพื้นในกรณีที่โครงสร้างไม่มีคาน และถ่ายน้ำหนักไปสู่ฐานราก

- ฐานราก (Foundation) เป็นโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ จากเสา แล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่เสาเข็มหรือลงสู่ดินที่รองรับโครงสร้างนั้น ๆ

สิ่งสำคัญที่สุดในการเลือกโครงสร้างต่าง ๆ ของอาคาร คือ ความปลอดภัยของโครงสร้างที่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียของชนิดโครงสร้างนั้น ๆ การใช้โครงสร้างที่เลือกร่วมกับโครงสร้างอื่น ๆ ความสวยงาม งบประมาณในการก่อสร้าง ระยะเวลาในการก่อสร้าง และองค์ประกอบอื่น ๆ ตามชนิดของโครงสร้างนั้น ๆ

2.2.1 เสาเข็มและฐานราก

ฐานรากเป็นส่วนโครงสร้างอาคารที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ จากเสาหรือผนังลงสู่เสาเข็มดินที่รองรับใต้ฐานราก การออกแบบและก่อสร้างฐานราก สิ่งที่สำคัญที่สุดคือต้องให้มีความมั่นคงและแข็งแรง สามารถถ่ายน้ำหนักลงบนที่รองรับได้อย่างสม่ำเสมอ มีการทรุดตัวน้อยที่สุด และเกิดขึ้นใกล้เคียงกันมากที่สุดทุกจุด และสิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การเลือกใช้รูปแบบฐานรากที่สอดคล้องกับพื้นที่ที่ทำการก่อสร้าง ฐานรากแบ่งออกตามประเภทของฐานรากหรือตามลักษณะของที่รองรับ ประเภทของฐานรากตามลักษณะของน้ำหนักบรรทุก ชนิดของเสาเข็ม ตำแหน่งเสาเข็มในฐานราก ข้อดีข้อเสียของเสาเข็มจำแนกตามวัสดุที่ใช้ทำเสาเข็มแบบเจาะกับแบบตอก พฤติกรรมของฐานราก ข้อพิจารณาในการเลือกใช้ชนิดฐานราก และบทสรุป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

● **ชนิดของเสาเข็ม**

เสาเข็มเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างฐานรากที่สำคัญส่วนหนึ่ง จากอดีตถึงปัจจุบันเสาเข็มได้ถูกพัฒนารูปแบบด้านความสามารถในการรับน้ำหนักให้สามารถรับน้ำหนักมาก ๆ ได้อย่างปลอดภัย ตลอดจนมีเทคนิคการเพิ่มกำลังการรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยวิธีการต่าง ๆ โดยมี

1. เสาเข็มไม้ (Wood Piles) โดยมากจะใช้ไม้สนมาทำเป็นเสาเข็ม เสาเข็มชนิดนี้เป็นเสาเข็มที่เริ่มต้นใช้แต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ขนาดของเสาเข็มที่ใช้จะสัมพันธ์กับความยาวของเสาเข็ม เสาเข็มชนิดนี้เหมาะกับการก่อสร้างอาคารชั่วคราวหรืออาคารเล็กที่ไม่รับน้ำหนักมาก ๆ รายละเอียดมีดังตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวเสาเข็มไม้ (อรุณ ชัยเสรี, เทคโนโลยีอาคาร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บุญสินธุ์. 2538)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม (นิ้ว)	ขนาดความยาว (เมตร)
3	3
4	4
5	5
6	6
8	8

2. เสาเข็มคอนกรีต (Reinforced Concrete Piles) เป็นเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กใช้กับงานก่อสร้างทั่วไป มีความยาวตั้งแต่ 6.00 เมตรไปจนถึง 24 เมตร ซึ่งหน้าตัดของเสาเข็มคอนกรีตชนิดนี้โดยมากจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือรูปตัวที

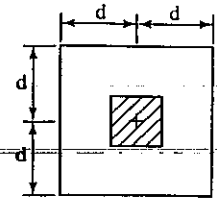
3. เสาเข็มอัดแรง (Prestressed Concrete Piles) เป็นเสาเข็มอัดแรงกำลังสูงและลวดเหล็กวัดแรงกำลังสูง โดยทั่วไปคอนกรีตที่ใช้จะมีกำลังอัดประลัยไม่ต่ำกว่า 450 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เมื่อทดสอบด้วยลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 เซนติเมตร หรือไม่ต่ำกว่า 350 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เมื่อทดสอบด้วยลูกทดสอบกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน ส่วนลวดใช้ลวดเหล็กกำลังสูงที่มีกำลังสูง มีกำลังดึงประลัยไม่ต่ำกว่า 16,500 – 17,500 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เสาเข็มชนิดนี้นิยมใช้กันอย่าง

แพร่หลายทั่วไปในอาคารขนาดเล็ก อาคารขนาดกลาง จนถึงอาคารขนาดใหญ่ (อรุณ ชัยเสรี, เทคโนโลยีอาคาร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บุญสินธุ์. 2538)

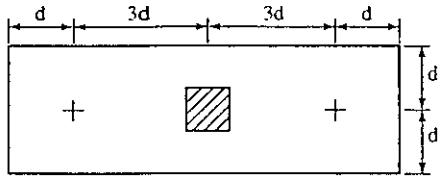
4. เสาเข็มกันดิน (Sheet Piles) เป็นเสาเข็มเหล็กโดยนำเหล็กมาขึ้นรูปเป็นลอนเพื่อเพิ่มค่าความแข็งแรงให้ตัวเสาเข็ม โดยมากใช้กับฐานรากของงานชั่วคราวในระบบป้องกันดิน เสาเข็มชนิดนี้ตอกโดยใช้เครื่องสั่น โดยเครื่องจะทำการหนีบเหล็กลอนแล้วกดให้จมลงในดินตามกำหนด เสาเข็มชนิดนี้สามารถเชื่อมตัวและตัดให้มีความยาวตามต้องการได้ อีกทั้งยังสามารถถอนเสาเข็มขึ้นจากดินนำไปใช้กับงานอื่น ๆ ต่อไปได้อีก จึงทำให้ลดค่าใช้จ่ายค่าวัสดุเสาเข็มนั้น ๆ ลงได้ด้วย เสาเข็มชนิดนี้นิยมตอกให้ชิดติดกันเป็นแนวผนังเพื่อให้เกิดการยึดเกาะเป็นแผงตามแนวเพื่อป้องกันดิน

- **ตำแหน่งของเสาเข็มในฐานราก**

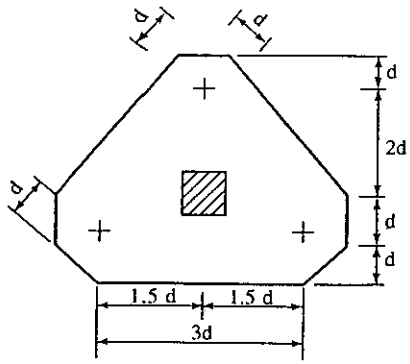
ตำแหน่งของเสาเข็มในฐานรากมีความสำคัญมาก หากเราเลือกใช้ชนิดเสาเข็มอย่างถูกต้อง แต่วางตำแหน่งเสาเข็มไม่ถูกต้องก็จะทำให้การรับแรงไม่มีประสิทธิผลหรือเกิดความสิ้นเปลือง เช่น ถ้าวางตำแหน่งเสาเข็มใกล้กันจนเกินไปทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มน้อยลงไป ถ้าวางเสาเข็มห่างเกินไปทำให้ฐานรากมีขนาดใหญ่และความหนามากโดยต้องเสริมเหล็กในคอนกรีตมากขึ้นอีกด้วยทำให้สิ้นเปลือง ตำแหน่งเสาเข็มตามข้อกำหนดโดยทั่วไปจะให้วางห่างกัน 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม แต่หากมีความจำเป็นที่จะต้องวางตำแหน่งที่น้อยกว่า 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม จะต้องลดกำลังในการรับน้ำหนักโดยการคำนวณของวิศวกร การวางตำแหน่งของเสาเข็มขึ้นอยู่กับจำนวนเสาเข็มในกรณีต่าง ๆ ดังรูป 2.1 ถึง 2.10



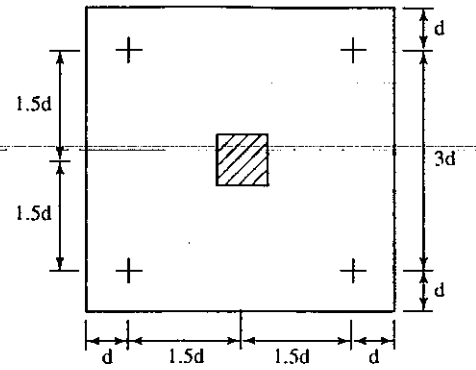
รูปที่ 2.1 แปลนเสาเข็ม 1 ต้น



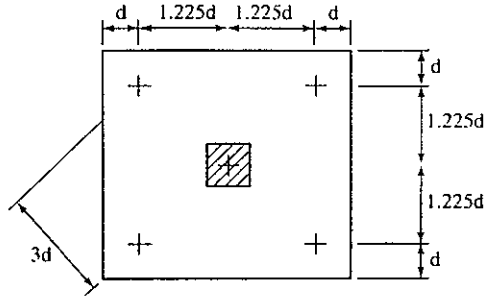
รูปที่ 2.2 แปลนเสาเข็ม 2 ต้น



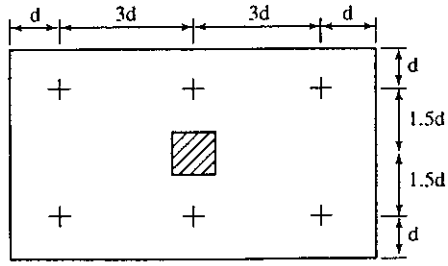
รูปที่ 2.3 แปลนเสาเข็ม 3 ต้น



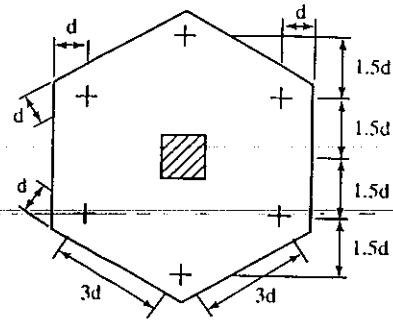
รูปที่ 2.4 แปลนเสาเข็ม 4 ต้น



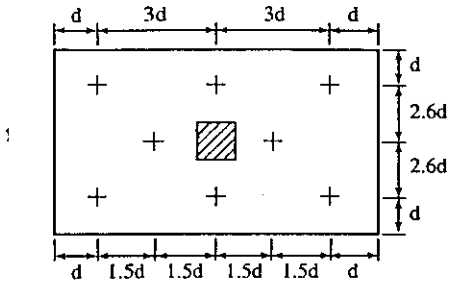
รูปที่ 2.5 แปลนเสาเข็ม 5 ต้น



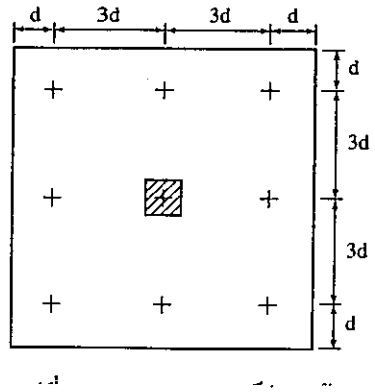
รูปที่ 2.6 แปลนเสาเข็ม 6 ต้น



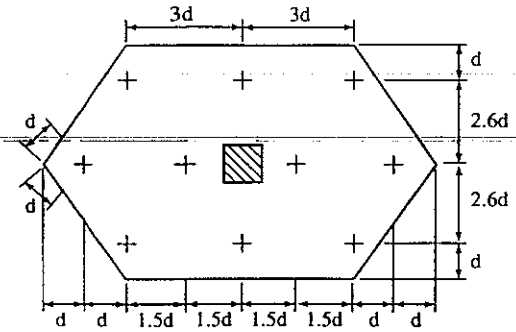
รูปที่ 2.7 แปลนเสาเข็ม 7 ต้น



รูปที่ 2.8 แปลนเสาเข็ม 8 ต้น



รูปที่ 2.9 แปลนเสาเข็ม 9 ต้น



รูปที่ 2.10 แปลนเสาเข็ม 10 ต้น

● ข้อดีและข้อเสียของเสาเข็ม จำแนกตามวัสดุที่ใช้ทำเสาเข็ม

วัสดุที่ทำเสาเข็มเราแบ่งได้คือ ไม้ คอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตอัดแรง คอนกรีตหล่อในที่ (เสาเข็มเจาะ) และเหล็กรูปพรรณ มีข้อดีและข้อเสียดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของเสาเข็ม จำแนกตามวัสดุที่ใช้ทำเสาเข็ม (อรุณ ชัยเสรี, เทคโนโลยีอาคาร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บุญสินธุ์. 2538)

ชนิดวัสดุทำเสาเข็ม	ข้อดี	ข้อเสีย
1. ไม้	1. หาง่ายราคาถูก 2. เนื้อไม้ยืดหยุ่นได้ดี ความเสียหายจากการขนย้าย และการตอกมีน้อย 3. ใช้แรงคนในการตอกได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องจักร 4. น้ำหนักเบาขนย้ายง่าย 5. ทนทานต่อการเป็นสนิม และการกัดกร่อน 6. การตัดและตกแต่งทำได้ง่าย	1. รับน้ำหนักได้น้อยเหมาะกับงานขนาดเล็ก 2. ระดับหัวเสาเข็มต้องอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน ทำให้ระดับฐานรากต้องอยู่ลึก 3. เนื้อไม้ไม่คงทน อายุการใช้งานสั้น 4. ตอกผ่านชั้นหินหรือดินแข็งไม่ได้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ข้อดีและข้อเสียของเสาเข็ม จำแนกตามวัสดุที่ใช้ทำเสาเข็ม

ชนิดวัสดุทำเสาเข็ม	ข้อดี	ข้อเสีย
2. คอนกรีตเสริมเหล็ก	1. รับน้ำหนักได้มาก 2. มีความคงทน	1. ใช้พื้นที่หน้างานในการหล่อเสาเข็มมาก หากหล่อเสาเข็มใช้เองหน้างาน
	3. ไม่ต้องใช้เครื่องจักร และเครื่องมือราคาแพงในการผลิต สามารถผลิตใช้เองได้หน้างาน 4. สามารถหล่อได้ขนาดต่าง ๆ และความยาวตามต้องการเพื่อประโยชน์การใช้งาน 5. ทนทานต่อการเป็นสนิม 6. วัสดุที่ทำเสาเข็ม หาได้ง่าย	2. เสาเข็มมีน้ำหนักมาก 3. การเคลื่อนย้ายและขนส่งมีโอกาสที่เข็มจะเสียหายสูง และทำยาก 4. ต้องใช้เวลาในการบ่มคอนกรีต 5. ต้องใช้เครื่องมือหนักในการตอก 6. ใช้พื้นที่ในการเก็บและเคลื่อนย้ายเสาเข็มมาก
3. คอนกรีตอัดแรง	1. รับน้ำหนักได้มาก 2. มีความคงทน 3. สามารถหล่อได้ขนาดต่าง ๆ และความยาวตามต้องการ เพื่อประโยชน์ในการใช้งาน 4. เวลาการบ่มคอนกรีตน้อยกว่า 5. ไม่ต้องใช้พื้นที่ในการหล่อเสาเข็มหน้างาน 6. ทนทานต่อการเป็นสนิม 7. หาซื้อได้ง่ายและมีขนาด และชนิดให้เลือกได้ตามต้องการ	1. ต้องใช้ปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษและน้ำยาในการผสมคอนกรีต 2. ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการอัดแรงคอนกรีตมีราคาสูงและกรรมวิธีการทำงานยาก 3. ใช้พื้นที่ในการเก็บและเคลื่อนย้ายเสาเข็มมาก 4. เสาเข็มมีน้ำหนักมาก 5. การเคลื่อนย้ายและขนส่งมีโอกาสที่เสาเข็มจะเสียหายสูงและทำยาก 6. มีราคาแพง

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ข้อดีและข้อเสียของเสาเข็ม จำแนกตามวัสดุที่ใช้ทำเสาเข็ม

ชนิดวัสดุทำเสาเข็ม	ข้อดี	ข้อเสีย
4. คอนกรีตหล่อในที่	1. รับน้ำหนักได้มาก 2. มีความคงทน 3. สามารถเจาะความยาวเสาเข็มได้ตามต้องการ 4. ความเสียหายจากการขนส่ง 5. ไม่ทำความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างข้างเคียง เนื่องจากการตอก 6. เหมาะกับพื้นที่ไม่สามารถขอย้ายเข็มที่มีความยาวมาก เข้าในสถานที่ก่อสร้างได้	1. ถ้าเป็นเข็มขนาดใหญ่ ต้องใช้เครื่องมือในการเจาะจงและมีกรรมวิธีการทำงานยาก 2. การเจาะเสาเข็มที่ใกล้กันไม่สามารถทำต่อเนื่องกันได้ ต้องรออายุคอนกรีตให้รับน้ำหนักได้ของต้นที่ใกล้ก่อน 3. ไม่สามารถตรวจความสมบูรณ์ของเสาเข็มได้ 4. การตรวจสอบความความสมบูรณ์ของเสาเข็มภายหลังจากการเจาะเสร็จต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม 5. มีราคาแพง
5. เหล็กรูปพรรณ	1. รับน้ำหนักได้มาก 2. สามารถตอกทะลุชั้นดินแข็ง หรือชั้นหินบางๆ ได้ 3. ความยาวเสาเข็มสามารถตัดต่อเองได้และทำได้ง่าย 4. ความเสียหายจากการขนส่งมีน้อย 5. เหมาะกับงานก่อสร้างที่ฐานรากเป็นเหล็ก เพราะสามารถเชื่อมต่อได้ง่าย 6. สามารถนำกลับขึ้นมาใช้ใหม่ได้ทำให้ต้นทุนลดลง	1. ราคาแพง 2. ไม่เหมาะกับสภาพดินที่เป็นกรดหรือด่าง จะทำให้เกิดการกัดกร่อนง่าย 3. ไม่เหมาะกับงานโครงสร้างถาวรหากไม่มีการป้องกันหรือหุ้มผิวเหล็กด้วยวัสดุอื่นๆ เพราะทำให้เกิดสนิมและผุกร่อนได้ง่าย 4. เกิดสนิม และผุกร่อนง่าย

- **ข้อพิจารณาในการเลือกใช้เสาเข็ม**

1. การเลือกความยาวของเสาเข็ม

- เลือกเสาเข็มที่มีความลึกที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ เพื่อประหยัดจำนวนเสาเข็มและลดการทรุดตัวของฐานราก

2. การเลือกขนาดของเสาเข็ม

- ขนาดเล็กที่สุดที่สามารถรับน้ำหนักได้ปลอดภัย
- หน้าตัดเสาเข็มที่ไม่ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการทำงาน

3. การเลือกชนิดของเสาเข็ม

- เปรียบเทียบความยาวและขนาดเท่ากันกับความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกอย่างปลอดภัย
- ความคงทนของเสาเข็มต่อสารเคมี และการผุกร่อน
- เปรียบเทียบความยาวที่ต่างกันและขนาดที่ไม่เท่ากันกับความสามารถในการรับน้ำหนักรถบรรทุก
- เปรียบเทียบความยากง่ายในการทำงาน เช่น การขนส่ง การตอก การเจาะ เป็นต้น
- เปรียบเทียบผลกระทบข้างเคียงจากการทำงาน
- เปรียบเทียบการเจาะหรือตอกลงในชั้นดินที่ลึก
- เสาเข็มเจาะราคาแพงกว่าเสาเข็มตอกในขนาดและความยาวที่เท่ากัน
- เปรียบเทียบการลงทุนทั้งหมด กับค่ากำลังของเสาเข็มที่รับได้อย่างปลอดภัย

ข้อพิจารณาเปรียบเทียบเสาเข็มแบบเจาะกับเสาเข็มแบบตอกข้อพิจารณาเปรียบเทียบมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.3

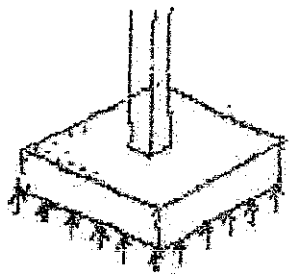
ตารางที่ 2.3 ข้อพิจารณาเปรียบเทียบเสาเข็มแบบเจาะกับเสาเข็มแบบตอก

เสาเข็มแบบเจาะ	เสาเข็มแบบตอก
ก. เปรียบเทียบความยาวและขนาดเท่ากัน	
1. ราคาแพงกว่า	1. ราคาถูกกว่า
2. มีปัญหาต่อสิ่งข้างเคียงน้อยกว่า	2. มีปัญหาต่อสิ่งข้างเคียงมาก
3. กำลังรับน้ำหนักน้อยกว่า	3. กำลังรับน้ำหนักมากกว่า
4. ทรุดตัวมากกว่า	4. ทรุดตัวน้อยกว่า
5. ทำได้ในพื้นที่จำกัด	5. ใช้พื้นที่มากในการทำงาน
6. ใช้เครื่องจักรขนาดเล็กในการเจาะ	6. ใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการตอก
ข. เปรียบเทียบความยาวต่างกันแต่ขนาดเข็มเจาะใหญ่กว่า	
1. รับน้ำหนักบรรทุกได้มากกว่า	1. รับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยกว่า
2. ใช้จำนวนเสาเข็มน้อยกว่า	2. ใช้จำนวนเสาเข็มมากกว่า
3. ราคาแพงกว่า	3. ราคาถูกกว่า
4. ไม่มีปัญหาข้างเคียง	4. อาจมีปัญหาข้างเคียง
5. มีปัญหาการก่อสร้างมากกว่า	5. มีปัญหาการก่อสร้างน้อยกว่า
6. การทรุดตัวอาจน้อยหรือมากกว่า	6. การทรุดตัวอาจน้อยหรือมากกว่า
7. ใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ และมากกว่าในการขุดเจาะ	7. ใช้เครื่องจักรในการตอกน้อยกว่า
ค. เปรียบเทียบลักษณะการใช้งานโดยรวม	
1. รับน้ำหนักบรรทุกได้มากกว่า	1. รับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยกว่า
2. การทรุดตัวน้อยกว่า	2. การทรุดตัวมากกว่า
3. ถ้ารวมราคาค่าก่อสร้างฐานรากอาจจะถูกกว่า	3. อาจแพงกว่าถ้าเสาเข็มสั้นมาก
4. ราคาต่อต้นสูงกว่า	4. ราคาต่อต้นถูกกว่า
5. ไม่มีปัญหาข้างเคียง	5. อาจมีปัญหาข้างเคียง
6. มีปัญหาการก่อสร้างมากกว่า	6. มีปัญหาการก่อสร้างน้อยกว่า
7. เคลื่อนตัวน้อย	7. เคลื่อนตัวมากกว่า
8. เหมาะกับงานก่อสร้างขนาดใหญ่	8. เหมาะกับงานก่อสร้างขนาดกลาง

- **ประเภทของฐานรากตามลักษณะของที่รองรับ**

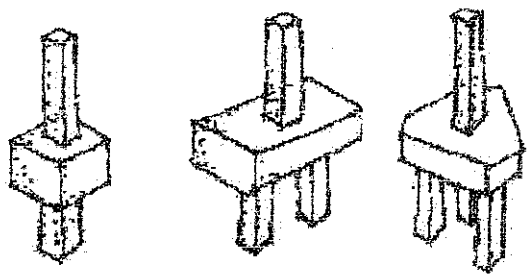
ฐานรากสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของที่รองรับดังนี้

1. ฐานรากแบบแผ่ (Bearing Footing) เป็นฐานรากที่ใช้ดินใต้ฐานรากรองรับฐานราก เป็นฐานรากที่ไม่ใช้เสาเข็ม แต่ดินใต้ฐานรากต้องมีความสามารถในการรับแรงกดได้สูง ฐานรากชนิดนี้มักใช้กับพื้นที่บริเวณก่อสร้าง มีความสามารถในการรับน้ำหนักกดอัดได้สูง ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ฐานรากแบบแผ่

2. ฐานรากวางบนเสาเข็ม (Pile Footing) เป็นฐานรากที่ใช้เสาเข็มเป็นตัวรับน้ำหนัก โดยเสาเข็มที่ใช้อาจเป็นเสาเข็มไม้ เสาเข็มคอนกรีต เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง เสาเข็มเหล็ก เสาเข็มเจาะ หรือเสาเข็มชนิดอื่น ๆ ขนาดหน้าตัดเสาเข็มและความยาวเสาเข็ม ดังรูปที่ 2.13

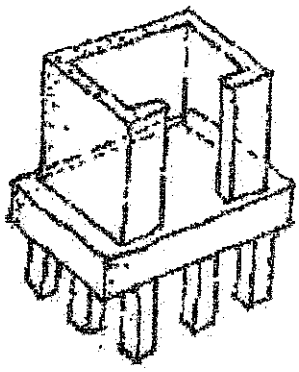


รูปที่ 2.12 ฐานรากเดี่ยววางบนเสาเข็ม

- **ประเภทของฐานรากตามลักษณะของน้ำหนักบรรทุก**

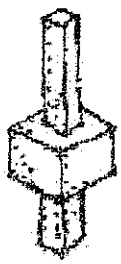
ฐานรากสามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะของน้ำหนักบรรทุกได้ดังนี้

1. ฐานรากรับผนัง ค.ส.ล. (Wall Footing) เป็นฐานรากที่ต่อเนื่องรับกำแพงในการรับน้ำหนักของโครงสร้าง ฐานรากชนิดนี้เหมาะกับลักษณะของน้ำหนักที่ถ่ายตามผนังหรือกำแพงตามความยาวของผนังหรือกำแพง ปัจจุบันนี้ไม่ค่อยนิยมใช้ ดังรูปที่ 2.13



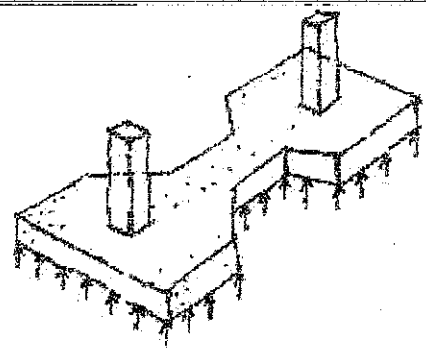
รูปที่ 2.13 ฐานรากรับผนัง ค.ส.ล.

2. ฐานรากเดี่ยวรองรับด้วยเข็ม (Isolate Footing) เป็นฐานรากที่รับน้ำหนักเป็นจุดโดยตรง ฐานรากชนิดนี้เหมาะกับน้ำหนักที่กดถ่ายลงสู่ฐานรากเป็นจุด โดยเสาเข็มใต้ฐานรากจำนวน 1 ต้น สามารถรับน้ำหนักที่ถ่ายได้ปลอดภัย ฐานรากชนิดนี้มักใช้กับอาคารขนาดเล็กที่มีน้ำหนักน้อย ดังรูปที่ 2.14



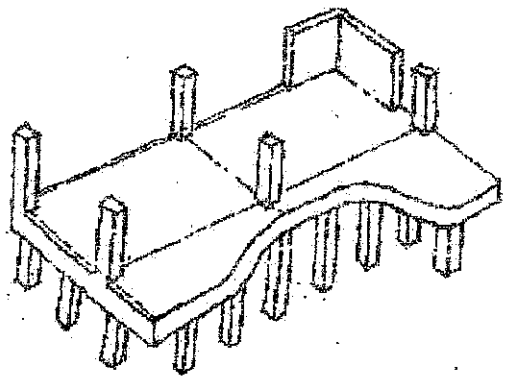
รูปที่ 2.14 ฐานรากเดี่ยววางบนเข็ม 1 ต้น

2. ฐานรากร่วม (Combined Footing) เป็นฐานรากที่รับน้ำหนักที่ถ่ายจากเสาหลายต้นและตำแหน่งเสาอยู่ใกล้กัน ฐานรากชนิดนี้เหมาะกับน้ำหนักที่ถ่ายจากเสาหลายจุดและมีตำแหน่งของการถ่ายน้ำหนักที่ใกล้กัน ฐานรากชนิดนี้มักใช้กับพื้นที่ที่ถูกจำกัดในการก่อสร้าง หรือกรณีที่ถูกกำหนดโดยรูปแบบทางสถาปัตยกรรม ดังรูปที่ 2.15



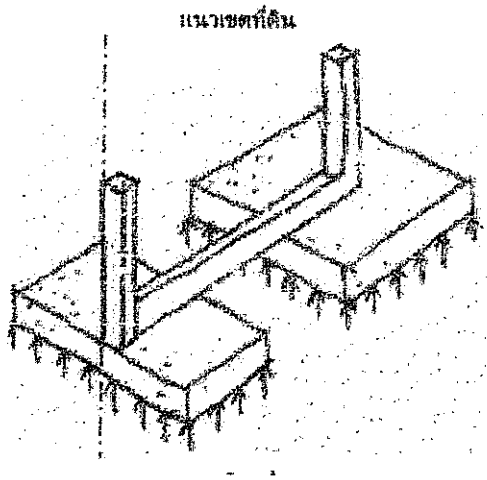
รูปที่ 2.15 ฐานรากร่วม

3. ฐานรากแพ (Raft Footing หรือ Mat Footing) เป็นฐานรากที่แผ่กระจายบนพื้นที่กว้าง ๆ บางครั้งอาจจะกระจายเสาเข็มให้เป็นฐานรากใหญ่ โดยเป็น 1 ฐานสำหรับอาคาร 1 หลัง ฐานรากชนิดนี้เหมาะกับฐานรากที่ต้องการรับน้ำหนักมาก ๆ และฐานรากที่ช่วยป้องกันการทรุดตัวที่ไม่เท่ากันของอาคารทั้งสองในอาคารสูง ฐานรากชนิดนี้มักใช้กับอาคารขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักมาก ๆ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ฐานรากแพ

4. ฐานรากชิดเขตชนิดมีคานรัด (Strap Footing) เป็นฐานรากที่เสาอาคารอยู่ชิดเขตที่ดินหรือชิดกับอาคารเดิมซึ่งไม่สามารถวางเสาอยู่กึ่งกลางฐานรากได้ ฐานรากชนิดนี้เหมาะกับน้ำหนักอาคารที่ถ่ายลงเสาชิดกับเขตที่ดินหรือชิดกับสิ่งก่อสร้างเดิม ฐานรากจะมีรูปร่างคล้ายตีนเป็ด บางครั้งอาจใช้คาน Strap Beam ยึดกับฐานราก ฐานรากชนิดนี้มักใช้กับอาคารที่ก่อสร้างชิดเขต และมีปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ใช้ก่อสร้างฐานราก ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ฐานรากชนิดที่มีคานรัด

- **การพิจารณาเลือกใช้ชนิดฐานราก**
  1. ชนิดและคุณสมบัติของดินในสถานที่ที่จะทำการก่อสร้าง
  2. ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มเปรียบเทียบกับที่ต้องการ
  3. ประเภทของเสาเข็มที่ใช้
  4. ลักษณะของโครงสร้างที่ถ่ายน้ำหนักให้ฐานราก
  5. ลักษณะของน้ำหนักที่ถ่ายน้ำหนักลงสู่ฐานราก
  6. ความยากง่ายในการจัดหาและจัดซื้อ
  7. ตำแหน่งของน้ำหนักที่ถ่ายน้ำหนักลงสู่ฐานราก
  8. ตำแหน่งของฐานรากในอาคาร
  9. ระดับความมั่นคงแข็งแรงของฐานราก
  10. ค่าทรุดตัวของฐานรากที่ยอมให้

11. ประเภทและชนิดของการใช้ประโยชน์ของอาคาร
12. ขนาดของพื้นที่ในจุดที่ทำการก่อสร้าง
13. ระยะเวลาการก่อสร้าง
14. งบประมาณการก่อสร้าง

2.2.2 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

พื้นเป็นองค์อาคารที่รับน้ำหนักโดยตรงจากน้ำหนักจร เพื่อถ่ายน้ำหนักไปยังองค์อาคารอื่นๆ ในอาคารทั่ว ๆ ไป พื้นเป็นส่วนประกอบที่มากที่สุดของอาคารดังนั้นการเลือกระบบพื้นที่ถูกต้องและเหมาะสมกับการใช้งานรวมทั้งการให้รายละเอียดที่ชัดเจนถูกต้องและจัดเหล็กให้ประหยัด ทำงานง่ายย่อมจะทำให้ประหยัดราคาค่าก่อสร้างและย่นระยะเวลาก่อสร้างได้

ระบบพื้นมีหลายชนิด ซึ่งได้รวบรวมรายละเอียดประเภทพื้น ในขอบเขตการศึกษาของโครงงานนี้คือ พื้นวางบนดิน (Slab on Ground) พื้นทางเดียว (One Way Slab) พื้นสำเร็จรูป (Pre-Cast Slab) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- พื้นวางบนดิน (Slab on Ground) พื้นประเภทนี้มักใช้กับพื้นโรงงาน โกดัง บ้านพักอาศัย ถนนหรือทางเท้า โดยเหตุที่พื้นชนิดนี้รองรับด้วยดินหรือทรายถมบดอัดแน่น เมื่อชั้นดินเกิดการทรุดตัวลงตามธรรมชาติ พื้นชนิดนี้ก็จะทรุดตัวตามลงไปด้วย จึงต้องตัดพื้นขาดจากส่วนของโครงสร้างอื่น มิฉะนั้นส่วนที่ติดกับโครงสร้างจะแตกร้าวได้

ปัญหาที่พบมากสำหรับพื้นวางบนดิน มักจะเป็นการแตกร้าวเนื่องจากการบดอัดดินหรือทรายถมไม่แน่นพอ และการทรุดตัวของดินเองตามธรรมชาติ เนื่องจากการทรุดตัวของชั้นดิน (Consolidation) ซึ่งจะทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นซึ่งอาจไม่เท่ากัน อีกกรณีหนึ่งก็คือการแตกร้าวเนื่องจากการยืดหดตัวของคอนกรีต ดังนั้น พื้นวางบนดินควรจะมีการตัดเป็นช่วง (Block) ไว้ โดยที่ช่วงที่ตัดจากกันไม่เกิน 6 เมตร และเสริมเหล็กเพื่อป้องกันการยืดหดตัวด้วย

- พื้นทางเดียว (One Way Slab) ลักษณะของพื้นแบบนี้ที่พบโดยทั่วไปมีคานรองรับทั้ง 4 ด้าน แต่มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นตั้งแต่ 2 ขึ้นไป หรือพื้นที่มีคานรองรับเพียง 2 ด้านขนานกัน ตามทฤษฎีแล้วการโก่งของพื้นระบบทางเดียวนี้จะโก่งโค้งเพียงเฉพาะด้านสั้นด้านเดียว ดังนั้นในการออกแบบจึงคิดเป็นเสมือนคานซึ่งอาจเป็นช่วงเดียวธรรมดา หรือต่อเนื่องแล้วแต่ลักษณะการต่อเนื่องของพื้น เหล็กเสริมทางด้านสั้นจึงเป็นเหล็กเสริมหลัก ส่วนเหล็กเสริมตามด้านยาวเป็นเหล็กซึ่งช่วยในการกระจายแรง (Distribution Steel) และทำหน้าที่ยึดเหล็กเสริมหลักให้อยู่ในตำแหน่งด้วยปริมาณเหล็กนี้ไม่ควรมีจำนวนน้อยกว่าร้อยละ 15 ของเหล็กเสริมหลัก หรือไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.25 ของพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีต

- พื้นสองทาง (Two Way Slab) ลักษณะของพื้นแบบนี้เป็นพื้นระบบสองทาง เป็นพื้นที่มีคานล้อมรอบทั้ง 4 ด้านอาจจะเป็น 4 เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่ต้องมีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นน้อยกว่า 2 การยึดรั้งของคานโดยรอบจะมีทั้งสองทาง ฉะนั้นเหล็กเสริมทางด้านสั้นและความหนาของพื้นจะน้อยกว่าของพื้นระบบทางเดียวซึ่งมีการยึดรั้งทางด้านสั้นเพียงด้านเดียวเท่านั้น ความหนาของพื้นระบบสองทางนี้ไม่ควรหนาน้อยกว่า (เส้นรอบรูปหารด้วย180) แต่ไม่น้อยกว่า 8 ซม. ระยะเรียงของเหล็กเสริมศูนย์กลางถึงศูนย์กลางต้องไม่ห่างเกิน 3 เท่าของความหนาของพื้น ในการเสริมเหล็กเหล็กเสริมด้านสั้นจะมีปริมาณมากกว่าเหล็กเสริมทางด้านยาวเสมอ ฉะนั้นการจัดวางเหล็กเสริมทางด้านสั้นจะต้องอยู่ล่างเพราะต้องรับน้ำหนักมากกว่า และในบางครั้งพื้นที่มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นน้อยกว่า 2 อาจเป็นพื้นระบบทางเดียวได้ ถ้าหากว่าคานด้านหนึ่งมีขนาดใหญ่กว่าอีกด้านหนึ่ง

- พื้นสำเร็จรูป ในการหล่อพื้นแบบหล่อกับที่แต่ละครั้งนั้นจะทำโครงสร้างไม้แบบก่อนแล้วรื้อถอนออกเช่นนี้ทุกครั้งไปปัญหานี้เริ่มขยายตัวเป็นปัญหาใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากค่าไม้แบบและค่าจ้างแรงงานสูงขึ้นอย่างรวดเร็วดังนั้นแบบพื้นสำเร็จรูปจึงเป็นที่นิยมแพร่หลายมากขึ้น เพราะนอกจากประหยัดไม้แบบแล้ว ยังประหยัดเวลาในการก่อสร้างด้วย ในปัจจุบันนี้มีโรงงานผลิตพื้นสำเร็จรูปออกจำหน่ายหลายแบบด้วยกัน เช่น แบบตัว T แบบตัว U คว่ำ แบบพื้นกลวง เป็นต้น หลังจากปูพื้นสำเร็จรูปเรียบร้อยแล้วจะต้องเทคอนกรีตทับหน้า (Concrete Topping) ซึ่งโดยปกติจะหนาประมาณ 3 - 5 เซนติเมตร เพื่อที่จะให้คอนกรีตส่วนนี้เป็นตัวรับแรงอัดโดยจะกระทำร่วมกับตรงในลักษณะ composite section คือคานรูปตัว T ปีกกว้าง

2.2.3 คาน

คานเป็นองค์อาคารซึ่งโดยปกติจะอยู่ในแนวราบ หรืออาจจะเอียงทำมุมกับแนวราบเช่น คานหลังคา (Roof Beams) เป็นต้น ทั้งนี้ตามแต่ลักษณะการใช้งาน

คานทำหน้าที่รับน้ำหนักซึ่งส่งถ่ายมาจากพื้น (Slab) หรือผนัง (Partition) หรือกำแพง (Walls) ซึ่งวางอยู่บนคานนั้น แล้งส่งถ่ายน้ำหนักส่งต่อไปยังที่รองรับเช่นคานหลัก (Girder) ก่อนหรือตรงไปยังเสา (Column) อีกต่อหนึ่ง

น้ำหนักที่กระทำบนคานจะทำให้เกิดแรงดัด (Bending) และแรงเฉือน (Shear) ในตัวคาน ในกรณีที่น้ำหนักที่กระทำบนคานมีลักษณะไม่สมดุลในแนวที่ตั้งฉากกับแนวแกนของคานก็จะทำให้เกิดแรงบิด (Torsion) เพิ่มเติมขึ้นมาในตัวคานอีกแรงหนึ่ง เช่น คานรับพื้นกันสาดหรือคานขอบนอก (Spandrels) เป็นต้น

ในคานต่อเนื่อง (Continuous Beam) เมื่อน้ำหนักบรรทุกทำให้เกิดแรงดัดในตัวคาน ส่วนบนที่บริเวณกลางคานจะเกิดแรงอัด (Compression) และส่วนล่างที่บริเวณกลางคานจะเกิดแรงดึง (Tension) ขึ้น และจะเกิดแรงในลักษณะกลับกันที่จุดคานวางบนที่รองรับ

● ประเภทของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คานคอนกรีตเสริมเหล็กแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภทคือ คานช่วงเดี่ยว คานต่อเนื่อง และคานยื่นคาน ทั้งสามประเภทนี้จะมีข้อแตกต่างกันที่ตำแหน่งของเหล็กเสริมดังนี้

- คานช่วงเดี่ยว (Simple Beam) เหล็กเสริมตามความยาวของคานประเภทนี้ จะเป็นเหล็กล่างตลอดความยาวของคาน เนื่องจากโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักที่มากระทำต่อคานในแนวดิ่ง จะเป็นโมเมนต์บวก ซึ่งทำให้ผิวล่างของคานเป็นแรงดึงทั้งหมด ซึ่งโดยปกติแล้วค่าโมเมนต์บวกที่มากที่สุดจะอยู่ที่จุดกึ่งกลางของคานพอดี แต่ในบางกรณีก็อาจจะเปลี่ยนตำแหน่งไปบ้าง เนื่องจากแรงที่มากระทำต่อคานเป็นแรงที่กระทำเป็นจุด (Point Load) โมเมนต์ดัดนี้จะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จนมีค่าเป็นศูนย์ที่ปลายคาน ยกเว้นที่ปลายของคานจะมีลักษณะยึดแน่น (Fixed End) ถ้าในกรณีเช่นนี้จะเกิดโมเมนต์ลบที่ปลายของคานทั้งสองข้าง

- คานยื่น (Cantilever Beam) เหล็กเสริมคามความยาวของคานประเภทนี้ จะเป็นเหล็กบนตลอด เนื่องจากผิวบนของคานเป็นแรงดึงเพราะเกิดโมเมนต์ลบทั้งหมดการเสริมเหล็กจะต้องฝังเข้าไปในคานช่วงในซึ่งอยู่ถัดเข้าไปจากเสาที่รับหรือฝังลงไปในเสา ความยาวของเหล็กที่ฝังเข้าไปในคานตัวถัดไปก็ดีหรือฝังเข้าไปในเสาก็ดีจะมีความยาวเพียงพอที่จะทำให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นจริงระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต มากกว่าค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ตามมาตรฐานของ ว.ส.ท.

- คานต่อเนื่อง (Continuous Beam) เหล็กเสริมตามความยาวของคานประเภทนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ เหล็กล่างบริเวณกลางช่วงของคาน และเหล็กบนบริเวณใกล้หัวเสา เนื่องจากว่าส่วนกลางของคานจะเกิดโมเมนต์บวก ซึ่งจะทำให้ผิวล่างของคานเป็นแรงดึง ส่วนปลายคานจะเป็นโมเมนต์ลบทำให้ผิวบนของคานที่เกิดโมเมนต์ลบนี้เป็นแรงดึงในทางปฏิบัติเหล็กเสริมทางยาวที่รับโมเมนต์ลบและโมเมนต์บวกจะใช้เท่ากัน ถ้าในกรณีที่เล็กล่างเกินกว่า 2 เส้น มักจะนิยมดัดเหล็กเสริมล่างตัวกลางขึ้นไปเป็นเหล็กเสริมบนซึ่งเรียกกันว่า "เหล็กคอม้า" เหล็กคอม้าจะถูกดัดจากเหล็กล่างขึ้นไปเป็นเหล็กบนในตำแหน่งที่โมเมนต์เปลี่ยนจากบวกไปเป็นลบ ส่วนเหล็กล่างที่เหลือก็จะวิ่งเข้าไปในเสา

2.2.4 เสา

เสาเป็นองค์อาคารที่ทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักจากโครงสร้างสู่ฐานรากแบบหนึ่ง โดยปกติองค์อาคารที่เรียกว่าเสามีความยาวมากกว่า 4 เท่าของส่วนที่กว้างมากสุด รูปร่างของเสาอาจจะเป็นรูปใดก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสวยงามของสถาปนิก โดยทั่ว ๆ ไปแล้วรูปร่างของเสาที่ประหยัดที่สุดคือ เสาที่มีรูปร่างสมมาตร (Symmetry) ง่ายต่อการประกอบแบบก่อสร้าง เช่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือเสากลม และเสารูปร่างพิเศษอื่น ๆ จะแพงกว่าเสาสี่เหลี่ยมเพราะทำไม้แบบยาก ขนาดของเสาอาจถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้เกิดความสวยงานและประหยัดมากกว่า จะถูกกำหนดตามความต้องการในการรับน้ำหนักอย่างเดียว ในกรณีที่เป็นอาคารหลายชั้นและเสามีจำนวนมาก หากออกแบบให้เสาเท่า ๆ กันจำนวนมากจะทำให้ประหยัดไม้แบบและเวลาในการก่อสร้าง ทั้งนี้เป็นเพราะผู้ทำการก่อสร้างสามารถจะเตรียมไม้แบบสำหรับเสาขนาดหนึ่ง ๆ ได้มากและใช้ได้หลาย ๆ ครั้ง โดยไม่ต้องทำไม้แบบใหม่ หากเสาลดขนาดทุก ๆ ชั้นไม้แบบก็จะใช้ได้ชั้นเดียว และถ้าเสาในชั้นนั้นมีขนาดเดียวกันจำนวนน้อย การทำไม้แบบจำนวนมากย่อมไม่ประหยัดค่าก่อสร้างและการทำไม้แบบจำนวนน้อยใช้หมุนเวียนกันย่อมไม่ประหยัดเวลา

การลดขนาดเสานั้นควรคำนึงถึงเหล็กเสริมที่ต้องเสริมเพิ่มด้วย โดยปกติคอนกรีตมีความสามารถรับแรงอัดได้ดีอยู่แล้วและราคาของเหล็กกับคอนกรีตที่มีปริมาตรเท่ากัน ราคาเหล็กจะสูงกว่าคอนกรีตดังนั้นจึงควรออกแบบให้มีอัตราส่วนของเหล็กต่อคอนกรีตน้อยที่สุด การใส่เหล็กให้มีจำนวนน้อยทำให้จัดเหล็กได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุดตัดของคานกับเสาจะไม่ทำให้เหล็กแน่นเกินไปจนเทคอนกรีตลำบาก

ในแบบก่อสร้างส่วนใหญ่แล้วจะระบุเพียงหน้าตัดเสา จำนวนเหล็กยืนและเหล็กปลอกซึ่งไม่มีเพียงพอสำหรับการก่อสร้าง ควรเพิ่มรายละเอียดของรูปด้าน เพื่อแสดงวิธีต่อเหล็กแต่ละชั้นเพื่อให้ผู้ทำการก่อสร้างสะดวกในการคิดปริมาณของเหล็กและทำงานได้ถูกต้องไม่เป็นปัญหาสำหรับผู้ควบคุมงาน โดยทั่วไปในการก่อสร้างผู้ทำการก่อสร้างจะผูกเหล็กเพียงชั้นต่อชั้นแล้วเทคอนกรีตถึงระดับท้องคานที่ลึกที่สุด เมื่อหล่อคานและเทพื้นเสร็จแล้วจึงจะผูกเหล็กชั้นต่อไป โดยวิธีการทาบหรือโดยวิธีการอื่น ๆ ตามแบบกำหนดการผูกเหล็กสูงเกินกว่า 1 ชั้น ไม่นิยมทำเพราะทำให้ติดตั้งลำบากและหากการยึดไม่ดีพอ คอนกรีตอาจเกิดการเสียหายได้

2.2.5 โครงสร้างหลังคาเหล็ก

โครงสร้างหลังคาเหล็กเป็นโครงสร้างที่พบเห็นได้บ่อย และเป็นที่นิยมก่อสร้างกันมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นโครงสร้างหลังคาที่มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรง สามารถก่อสร้างโครงหลังคาที่มีช่วงเสายาว ๆ ได้ อย่างไรก็ตามช่างประกอบหลังคาจะต้องมีความรู้ ความชำนาญในการก่อสร้างค่อนข้างสูง เพราะการก่อสร้างที่ผิดวิธี หรือการประกอบโครงสร้างหลังคาที่ขาดความระมัดระวังอาจทำให้เกิดความเสียหายและอาจเป็นอันตรายได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาและทำความเข้าใจถึงประเภทของโครงสร้าง หรือกรรมวิธีการก่อสร้างโครงหลังคาเหล็กที่ถูกต้อง เพื่อป้องกันความเสียหายต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งอาจแบ่งโครงหลังคาเหล็กออกได้เป็น 2 ประเภทตามขนาดของโครงหลังคา ดังนี้

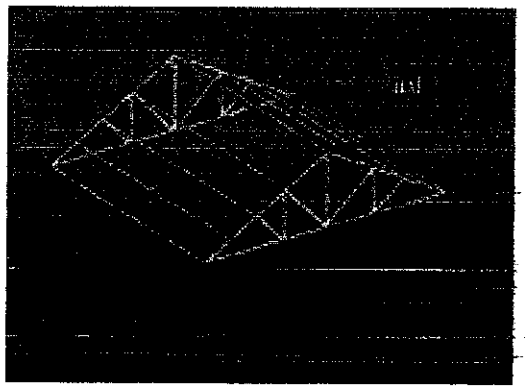
1. โครงหลังคาที่มีช่วงความยาวขององค์อาคารไม่มาก เช่น โครงหลังคาของบ้านพักอาศัยทั่วไป โดยองค์ประกอบของโครงหลังคาทั่วไปจะเป็นเหล็กรูปพรรณเดี่ยว

2. โครงหลังคาที่มีช่วงยาวความยาวขององค์อาคารมาก เช่น โครงหลังคาโรงงาน หรือโครงหลังคาของสนามกีฬาเป็นต้น องค์ประกอบต่าง ๆ ของโครงหลังคาที่ใช้จะเป็นเหล็กรูปพรรณประกอบหรือโครงข้อหมุน

ส่วนองค์ประกอบของโครงหลังคามีหลายส่วน ได้แก่

1. แป

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับวัสดุมุงหลังคาและแรงลมโดยตรง ระยะห่างระหว่างแปจะขึ้นอยู่กับชนิดและน้ำหนักวัสดุมุงหลังคา ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แป

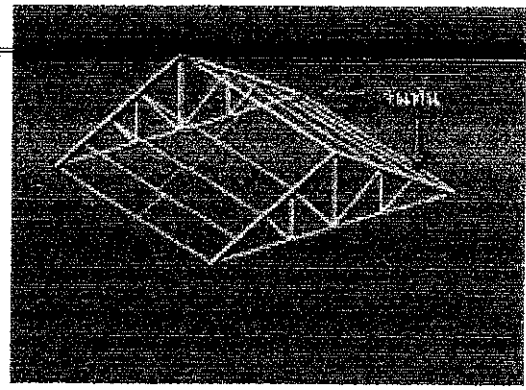
ป
TH
1501
ฉ9238
2545

4740049
- 2 S.A. 2546

สำนักหอสมุด

2. จันทัน

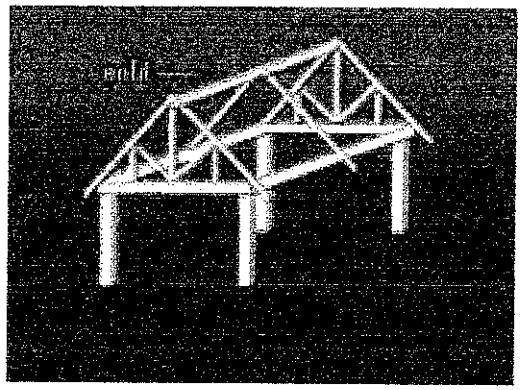
จันทันเป็นส่วนประกอบของโครงหลังคาทำหน้าที่ รับน้ำหนักที่ถ่ายลงมาจากแป ซึ่ง ลักษณะของแรงที่รับจะเป็นจุดตามระยะห่างของแปที่วางบนจันทัน ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 จันทัน

3. อกไก่

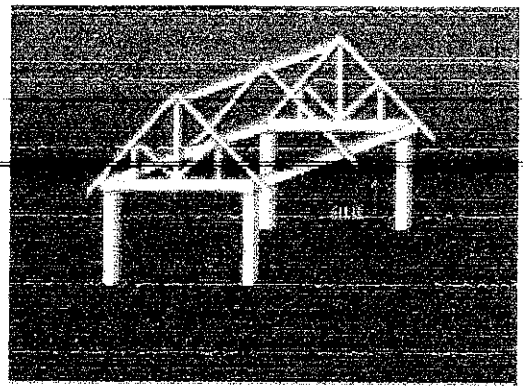
อกไก่เป็นโครงสร้างที่ยึดรั้งดั้งด้านบนบริเวณปลายจั่วไว้ให้เกิดความแข็งแรง โดยอกไก่จะทำหน้าที่รับน้ำหนักจากจันทัน และถ่ายลงมาบริเวณหัวเสาหรือดั้ง ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 อกไก่

4. อะเส

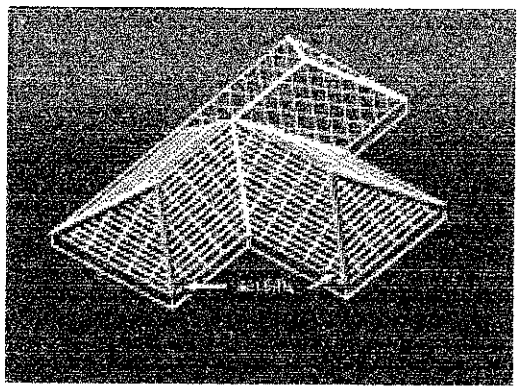
อะเสเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างที่ทำหน้าที่รับหัวเสาด้านนอกโดยรอบของอาคารไม่ให้แยกออกจากกัน และยังทำหน้าที่รับน้ำหนักที่ถ่ายลงมาจากจันทันพรางด้วย ดังรูปที่ 2.21



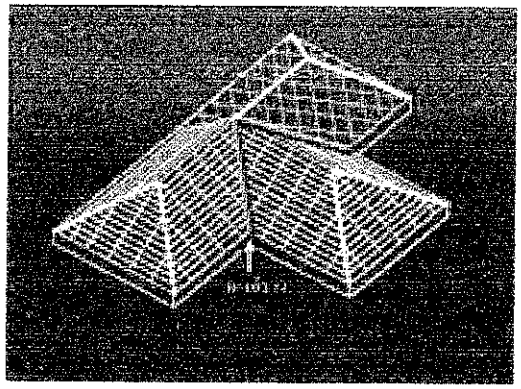
รูปที่ 2.21 อเส

5. ตะเฆ่

เป็นโครงสร้างของหลังคา ในส่วนของมุมหักของสันที่เป็นสันนูน เรียกว่า ตะเฆ่สัน และส่วนที่เป็นสันร่องเรียกว่า ตะเฆ่ราง ดังรูปที่ 2.22 และรูปที่ 2.23



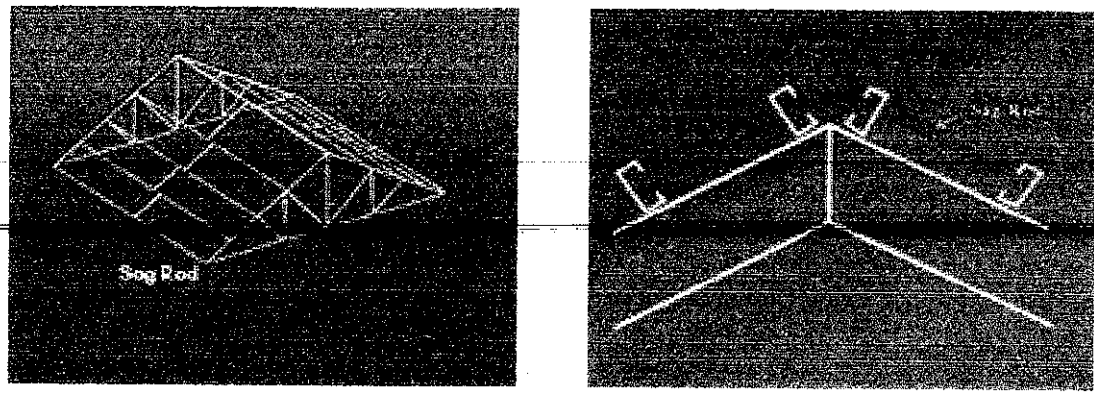
รูปที่ 2.22 ตะเฆ่สัน



รูปที่ 2.23 ตะเฆ่ราง

6. ตัวยึดแป

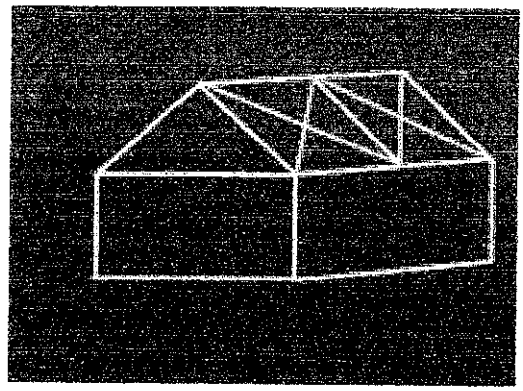
ตัวยึดแป หรือ Sag Rod ทำหน้าที่ป้องกันการแอ่นตัวของแปในกรณีที่โครงหลังคามีความลาดชันสูง และบริเวณที่ยอดของหลังคา ควรมีตัวยึดแปทั้งสองข้างของยอดหลังคาด้วย ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ตัวยึดแป

7. องค์อาคารรับแรงลม

องค์อาคารรับแรงลม หรือ Cross Bracing เป็นโครงสร้างที่ไขว้ไปมา ในแนวทแยงของโครงหลังคา ทำหน้าที่ต้านแรงลมและยึดโครงหลังคาไม่ให้มีการสั่นไหวตามแรงลม ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 องค์อาคารรับแรงลม

2.3 วัสดุและคุณสมบัติของโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.3.1 คอนกรีต

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน เพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่าง ๆ ซึ่งจะแบ่งหน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสมของคอนกรีต ดังนี้

ผสม 2 ส่วนคือ วัสดุประสาน อันได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ผสมกับวัสดุผสมอันได้แก่ ทราย หิน หรือกรวด เมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลืออยู่ช่วงเวลาหนึ่ง พอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็งที่มีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น

- **องค์ประกอบของคอนกรีต**

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต โดยนำส่วนผสมต่าง ๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้

- ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)
- ซีเมนต์เพสต์ผสมกับทรายเรียกว่า มอร์ต้า (Mortar) มอร์ต้าผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concret)

หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

1. ซีเมนต์เพสต์

หน้าที่ของซีเมนต์เพสต์มีดังนี้

- เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม
- หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเทหล่อ
- ให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับ

- คุณภาพของปูนซีเมนต์
- อัตราส่วนน้ำของปูนซีเมนต์
- ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

2. มวลรวม

หน้าที่ของมวลรวมมีดังนี้

- เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์
- ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

คุณสมบัติของมวลรวมที่สำคัญ

- มีความแข็งแรง
- การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำ
- คงทนต่อปฏิกิริยาเคมี
- ความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี

3. น้ำ

หน้าที่หลักของน้ำสำหรับงานคอนกรีตมี 3 ประการ คือ

- ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่าง ๆ
- ใช้ผสมทำคอนกรีต
- ใช้บ่มคอนกรีต

หน้าที่หลักของน้ำในฐานะที่ใช้ผสมทำคอนกรีตยังแบ่งได้อีก 3 ประการ

- ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์
- ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้
- เคลือบ หิน ทราย ให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยรอบ

4. น้ำยาผสมคอนกรีต

หน้าที่สำคัญของน้ำยาผสมคอนกรีต คือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทั้งคอนกรีตที่เหลว และคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วในด้านต่าง ๆ เช่น เวลาการก่อตัว , ความสามารถเทได้ , กำลังอัด , ความทนทานเป็นต้น โดยมีสารต่าง ๆ พอสรุปได้ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สารเคมีผสมเพิ่มในคอนกรีต (วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539)

วัตถุประสงค์	ประเภทของสารผสมเพิ่ม
เร่งการก่อตัว-ทำให้คอนกรีตก่อตัวและแข็งตัวเร็วกว่าปกติ และทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงในระยะแรกสูงกว่าคอนกรีตธรรมดาใช้กับคอนกรีตที่ประสงค์จะถอดแบบหล่อเร็ว	แคลเซียมคลอไรด์ , โซเดียมซิลิเกต
หน่วงการก่อตัว-ทำให้คอนกรีตก่อตัวช้ากว่าธรรมดาเพื่อใช้กับงานคอนกรีตที่ใช้เวลานานกว่าปกติในการขนส่งและเทลงแบบหล่อ แต่จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดต่ำลงในระยะแรกและเป็นปกติเมื่อได้อายุคอนกรีต 2-8 วัน	แคลเซียมซัลเฟต , ยิปซัม ฯลฯ
สารกักกระจายฟองอากาศ-ทำให้คอนกรีตมีความหลอมเหลวมาก หล่อ ต่อได้ง่าย เนื้อคอนกรีตเรียบสม่ำเสมอแลดูสวยงาม แน่นไม่รั่วซึมแต่จะทำให้คอนกรีตมีกำลังต่ำลง	ไขมันหรือน้ำมันจากพืชหรือสัตว์หรือจากกรดซึ่งได้มาจากยางไม้หรือไขมันของสัตว์และพืช ฯลฯ

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) สารเคมีผสมเพิ่มในคอนกรีต

วัตถุประสงค์	ประเภทของสารผสมเพิ่ม
ลดปริมาณน้ำ-เพราะการใช้น้ำน้อยทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับแรงดีขึ้น แต่ทำให้ทำงานยากขึ้น การใช้สารผสมเพิ่มประเภทนี้ทำให้คอนกรีตลื่นไหลสามารถเทได้ง่ายขึ้นใช้กับงานที่มีค่ายุบตัวมากกว่า 15 ซม.ส่วนมากใช้กับงานฐานรากแผ่	เกลือลิกโนซัลโฟนิค ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมทำเยื่อไม้
ขังและซับน้ำเพื่อการกันซึม	โซเดียมซิลิเกต , สังกะสีซัลเฟต

- **คอนกรีตที่ดีกับคอนกรีตที่ไม่ดี**

คอนกรีตที่ดี เป็นคอนกรีตที่ต้องมีคุณสมบัติ เป็นที่พอใจทั้งในสภาพคอนกรีตเหลว กล่าวคือ ตั้งแต่การผสม การลำเลียงจากเครื่องผสม การเทลงแบบหล่อและการอัดแน่น และเป็นที่พอใจในสภาพคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

คอนกรีตที่ไม่ดี โดยทั่วไปจะมีความข้นเหลวไม่เหมาะสมกับการใช้งาน เมื่อแข็งตัวจะมีรูโพรงและไม่เป็นเนื้อเดียวกันทั้งโครงสร้าง

- **ปัจจัยในการทำคอนกรีตที่ดี**

การทำคอนกรีต ต้องมีขบวนการผลิตที่เป็นขั้นตอน เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอทั้งทางด้านความสามารถเทได้ (Workability) , กำลัง (Strength) , ความต้านทานการซึมผ่านของน้ำ (Permeability) และความทนทาน (Durability)

กระบวนการทำคอนกรีตทั่ว ๆ ไปอาจเรียงลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1. การเลือกหาวัตถุดิบที่เหมาะสม
2. การกำหนดอัตราส่วนผสม
3. การชั่งหรือตวงวัตถุดิบเพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่ถูกต้อง
4. การผสม
5. การลำเลียงคอนกรีตสดไปเทลงแบบ
6. การเท
7. การทำให้คอนกรีตอัดแน่น
8. การแต่งผิว
9. การบ่ม
10. การแกะแบบหล่อคอนกรีตตามระยะเลาที่ถูกต้อง

กระบวนการทำคอนกรีตดังกล่าวนี้มีปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาหรือคำนึงถึง เพื่อให้ได้คอนกรีตที่ดีและมีราคาเหมาะสม

- **การทำคอนกรีตให้แน่น (Compaction)**

ในขณะที่กำลังเทคอนกรีตอยู่หรือภายหลังการเทคอนกรีตแล้ว จะต้องทำคอนกรีตให้มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ โดยให้คอนกรีตไหลเข้าไปทุกซอกทุกมุมและหุ้มเหล็กเสริมโดยตลอด เพื่อป้องกันไม่ให้มีโพรงอากาศและเกิดรูพรุนในเนื้อคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้วทำให้ได้โครงสร้างที่มีความมั่นคง

แข็งแรงมีกำลังรับน้ำหนักได้เต็มที่ มีการยึดเหนี่ยวกับเหล็กเสริมดี โพรงอากาศในคอนกรีตจะเป็นเหตุให้กำลังของคอนกรีตลดลง พบว่าถ้าเนื้อคอนกรีตมีรูโพรง 5% กำลังของคอนกรีตจะลดลง 30% และถ้ามีรูโพรง 2% กำลังของคอนกรีตจะลดลง 10%

วิธีการทำคอนกรีตให้แน่น ทำได้โดยการกระทุ้งคอนกรีตด้วยมือ (Hand Tamping) โดยใช้ไม้หรือเหล็กกระทุ้ง หรือใช้เครื่องสั่นคอนกรีต (Vibrator) หรือจะใช้เครื่องตบแต่งก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ชนิดและความเหมาะสมของงาน

- การกระทุ้งคอนกรีตด้วยมือ สำหรับคอนกรีตที่ค่อนข้างแห้งควรใช้เครื่องมือที่มีหน้าแบน ๆ และหนักตบตรงผิวหน้า จนกระทั่งน้ำปูนปรากฏเป็นแผ่นบาง ๆ ขึ้นที่ผิวหน้าซึ่งแสดงว่าช่องว่างในคอนกรีตนั้นเต็มหมดแล้ว สำหรับคอนกรีตที่เหลวพอเทได้ควรกระทุ้งให้ลึกถึงชั้นที่เทและเลยเข้าไปในชั้นคอนกรีตข้างใต้ชั้นนั้นด้วย การใช้พลั่วตบตามหน้าหรือใกล้ ๆ กับแบบหล่อในแนวตั้งจะช่วยให้ผิวของคอนกรีตเรียบ และลดรูโพรงหรือพรุนซึ่งเกิดจากฟองอากาศด้วย

- การใช้เครื่องสั่นคอนกรีต ในงานที่ต้องการกำลังคอนกรีตสูง คอนกรีตพวกนี้มักใส่น้ำน้อย ทำให้คอนกรีตแห้งมาก หรืองานที่มีเหล็กเสริมถี่มาก ทำให้การเทคอนกรีตเข้าไปในแบบลำบาก จะใช้แรงคนกระทุ้งให้แน่นก็ไม่ไกว งานดังกล่าวจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องสั่นคอนครีต

การทำคอนกรีตให้แน่นด้วยเครื่องสั่นคอนกรีต มิได้หมายความว่าจะทำให้คอนกรีตแน่นดีและได้กำลังดีเสมอไป ทั้งนี้ต้องแล้วแต่การใช้เครื่องนี้ให้ถูกกับลักษณะของคอนกรีต ดังเช่น คอนกรีตที่เหลวมาก ถ้าใช้เครื่องสั่นนี้เข้าจะทำให้มอร์ตาแยกออกมาจากหินและลอยขึ้นมาอยู่บนผิวหน้า ซึ่งทำให้คอนกรีตที่ผิวหน้านั้นกำลังตกไป เพราะขาดหิน ซึ่งอยู่แต่ข้างล่าง และนอกจากนี้ยังอาจทำให้ผิวหน้านี้มีรอยแตกร้าวได้ง่าย เนื่องจากการหดตัวของคอนกรีตอีกด้วยเครื่องสั่นคอนกรีตแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบสั่นภายใน (Internal Vibrator) และแบบสั่นภายนอก (External Vibrator)

- แบบสั่นภายใน ได้แก่เครื่องสั่นชนิดจุ่มในคอนกรีต เป็นแบบที่นิยมใช้สำหรับงานทั่วไป เพราะสะดวกในการใช้และได้ผลดี มีลักษณะเป็นแท่งเหล็กกลม เรียกว่า หัวจี้ มีสายต่อไปถึงเครื่องที่ใช้สั่น ซึ่งจะเป็นเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าก็ได้ วิธีใช้จุ่มหรือแหย่หัวจี้ลงไปในเนื้อคอนกรีตตรง ๆ ด้วยน้ำหนักตัวของมันเองจนสุดชั้นที่เทและเลยเข้าไปในชั้นล่างที่คอนกรีตยังเหลวอยู่ หัวจี้จะปล่อยคลื่นความถี่เข้าไปเขย่าเนื้อคอนกรีต แล้วจึงถอนหัวจี้อย่างช้า ๆ หากถอนขึ้นเร็วอากาศจะตามขึ้นไม่ทันจะเกิดรูโพรงได้ ไม่ควรลากหัวจี้ผ่านคอนกรีตเป็นอันขาด เพราะจะทำให้หิน ทราย น้ำปูนแยกตัวจากกัน โดยน้ำปูนไหลไปข้างหน้าเหลือหินกองอยู่ทำให้ได้คอนกรีตไม่ดี

ตราบใดที่เครื่องสั่นสามารถจมลงในคอนกรีตได้ด้วยน้ำหนักตัวมันเอง การเขย่าซ้ำจะมีประโยชน์มากเพราะช่วยขจัดการแตกร้าวของแนวราบ และการแตกร้าวจากการหดตัวอันเกิดจากการทรุดตัวของคอนกรีตที่ติดค้างอยู่บนเหล็กเสริมและแบบที่ขรุขระได้ข้อควรระวังคือพยายามไม่ให้เครื่องสั่นไปกระทบเหล็กเสริม เพราะอาจทำให้ตำแหน่งของเหล็กคานเคลื่อนได้

- แบบสั่นภายนอก มีทั้งชนิดสั่นแบบผิวคอนกรีต และชนิดข้างแบบ เครื่องสั่นคอนกรีตชนิดสั่นบนผิวคอนกรีตเหมาะสำหรับใช้กับงานทำถนนคอนกรีต พื้นคอนกรีตของอาคารต่าง ๆ เป็นเครื่องสั่นที่ติดอยู่กับแบบไม้หรือเหล็ก ใช้สำหรับตบแต่งคอนกรีตที่ไม่หนานัก เช่นไม่เกิน 20 ซม. ซึ่งจะลากไปตามแบบช่วยให้ผิวหน้าคอนกรีตเรียบและแน่น ส่วนเครื่องสั่นชนิดติดข้างแบบเหมาะกับงานชิ้นส่วนบาง ๆ หรือที่มีเหล็กเสริมแน่นซึ่งแหย่หัวจี้เข้าไปไม่ถึง มักใช้กับงานหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป แต่มีข้อเสียคือ พลังงานจากเครื่องสั่นสะเทือน บางส่วนจะสูญเสียไปในตัวแบบทำให้ได้ผลไม่เต็มที่เท่าที่ควรอีกประการหนึ่งคือแบบหล่อต้องแข็งแรง พอที่จะรับความสั่นได้โดยไม่ทำให้รูปร่างของโครงสร้างผิดไปจากที่กำหนด

- **การบ่มคอนกรีต**

การบ่มคอนกรีตเป็นสิ่งที่สำคัญมากที่สุดของงานก่อสร้าง แต่ก็มักจะละเลยกันมากที่สุดด้วยเช่นกัน คอนกรีตถึงแม้ว่าจะมีการผสม การเท การตกแต่งผิวหน้าอย่างถูกต้องแล้วก็ตาม ถ้าไม่ได้รับการบ่มอย่างถูกวิธีหรือไม่ได้รับการบ่มเลย ก็อาจจะทำให้คอนกรีตแตก-ร้าวและเสียความแข็งแรงในที่สุด การบ่มคอนกรีตที่ถูกวิธี นอกจากจะสามารถป้องกันการแตกร้าวได้แล้ว ก็ยังจะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย คอนกรีตที่ได้รับการบ่มอย่างถูกวิธีเพียง 7 วัน จะมีความแข็งแรงสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ได้รับการบ่มถึงร้อยละ 50 แต่ถ้าบ่มนานถึง 1 เดือน ก็จะมีความแข็งแรงสูงถึงสองเท่า คอนกรีตโดยทั่ว ๆ ไปควรจะได้รับการบ่มติดต่อกันอย่างน้อยที่สุด 7 วัน

- **วิธีบ่มคอนกรีต**

การบ่นคอนกรีต ไม่เพียงแต่จะป้องกันความชื้นหรือน้ำภายในคอนกรีต มิให้ระเหยออกมาเท่านั้นยังจะช่วยเพิ่มความชื้นหรือน้ำให้แก่ผิวคอนกรีตโดยตรงได้อีกด้วย ทั้งนี้จะทำให้น้ำหรือความชื้นภายในคอนกรีตได้มีโอกาสทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ต่อไปจนหมด อันจะเป็นผลทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นนอกจากนั้นยังทำให้คอนกรีตไม่แข็งตัวเร็วจนเกินไปจนถึงกับการแตกร้าวได้ การบ่นคอนกรีตจะต้องกระทำในทันทีหลังจากคอนกรีตแข็งตัว หรือหลังจากการตกแต่งผิวหน้าขั้นสุดท้ายสิ้นสุดลง

สำหรับวิธีบ่มคอนกรีต โดยทั่วไปสามารถจำแนกออกได้ ดังนี้

- วิธีเพิ่มความชื้น วิธีนี้เป็นการให้ความชื้นต่อผิวหน้าของคอนกรีตโดยตรงในระยะแรกที่คอนกรีตแข็งตัว วิธีเพิ่มความชื้นนี้นอกจากจะเป็นวิธีบ่มที่ดีแล้ว ยังสามารถช่วยลดอุณหภูมิผิวของคอนกรีตลงได้ จึงเหมาะกับคอนกรีตที่เทในอากาศร้อน วิธีเพิ่มความชื้นแบบนี้สามารถที่จะกระทำได้หลายวิธีด้วยกันคือ การปล่อยน้ำขัง การฉีดพ่นน้ำ และการใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม เป็นต้น

- การปล่อยน้ำขัง วิธีนี้เหมาะสำหรับผิวคอนกรีตแนวราบ อาทิเช่น พื้นถนน พื้นโรงงาน ดาดฟ้าและท่อระบายน้ำสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับพื้นที่ยังจะมีการก่อสร้างต่อไป เพราะจะทำให้ไม่สะดวกต่อการทำงาน วิธีนี้ใช้ดินเหนียวทำเป็นขอบปิดกั้นโดยรอบพื้นคอนกรีต จากนั้นปล่อยน้ำเข้าไปให้สูงขึ้นมาจากผิวคอนกรีตประมาณ 1 นิ้วหรือกว่านั้น ข้อควรระวังก็คือ อย่าให้ขอบดินเหนียวพังและน้ำแห้งในระหว่างการบ่ม เพราะจะทำให้การบ่มขาดตอน นอกจากนั้นน้ำที่ไหลออกมาพร้อม ๆ กัน ในปริมาณมาก ๆ นี้อาจทำให้ดินที่รองรับคอนกรีตอยู่ ทรุดตัวได้

- การฉีดพ่นน้ำ : วิธีนี้เหมาะสำหรับผิวคอนกรีตทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง อันได้แก่ ผนังคอนกรีต เสาหรือคาน ในการฉีดพ่นน้ำจะต้องฉีดพ่นให้เปียกทั่วกันตลอดเวลา การฉีดพ่นเป็นระยะ ๆ ให้เปียกและแห้งสลับกัน อาจเป็นสาเหตุทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้ สำหรับข้อเสียวิธีนี้ก็คือต้องใช้น้ำมากทำให้สิ้นเปลือง นอกจากนั้นน้ำที่ใช้สำหรับฉีดพ่นยังต้องการแรงดันสูงจึงไม่เหมาะกับสถานมีที่ที่ขาดแคลนน้ำ และชั้นของอาคารที่อยู่สูง ๆ ขึ้นไป การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม : วัสดุที่ใช้ในการปกคลุมได้แก่ กระสอบ ผ้าใบ ฟางข้าว ขี้เลื่อย และวัสดุอุมน้ำอื่น ๆ ที่สามารถรักษาความชื้นไว้ได้อย่างน้อย 3 วัน ให้ใช้วัสดุดังกล่าวคลุมให้ทั่วแล้วฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่ตลอดเวลา ในการคลุมจะต้องใช้วัสดุคลุมเหลื่อมทับกันมาก ๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นที่อาจจะระเหยออกมา ระหว่างรอยต่อของวัสดุคลุม วิธีนี้ใช้ได้กับผิวคอนกรีตทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง ข้อควรระวังสำหรับวัสดุที่ใช้ปกคลุมก็คือ จะต้องปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อปูนซีเมนต์หรือสารที่ทำให้ผิวคอนกรีตด่าง ในกรณีที่ใช้กระสอบหรือผ้าใบที่เคยใช้สารเคมี ก่อนใช้ควรทำความสะอาดด้วยน้ำเสียก่อน ส่วนกรณีที่เป็นฟางหรือขี้เลื่อยต้องระมัดระวังเรื่องเพลิงไหม้ และเรื่องลมที่จะพัดให้วัสดุประเภทนี้ปลิวหายไป

- **วิธีป้องกันการเสียความชื้น**

วิธีนี้เป็นการป้องกันความชื้นจากผิวคอนกรีตมิให้เล็ดลอดออกสู่ภายนอก การป้องกันความชื้นวิธีนี้ได้แก่การใช้กระดาษกันน้ำ ผ้าพลาสติก หรือสารเคมี เป็นต้น อย่างไรก็ตามไม้แบบที่ยังไม้ถอดก็สามารถป้องกันการเสียความชื้นได้เช่นกัน

- การใช้กระดาษกันน้ำ : กระดาษที่ใช้จะต้องเป็นกระดาษที่ใช้กับงานนี้โดยเฉพาะ คือจะต้องเป็นกระดาษเหนียวสองชั้น ติดกันด้วยกาวประเภทยางมะตอย และมีใยแก้วเสริทมความเหนียวมีคุณสมบัติยืดหดตัวไม่มากนักเมื่อเปียกหรือแห้ง รอยต่อระหว่างแผ่นกระดาษอาจยาแนวด้วยกาวเทปหรือทรายก็ได้ กระดาษที่ใช้ ด้านหนึ่งควรเป็นสีขาวเพื่อสะท้อนความร้อน และจะต้องเป็นชนิดที่สีไม่ตกเพราะอาจทำให้คอนกรีตด่างได้ ข้อควรระวังก็คือจะต้องไม่นำกระดาษที่ฉีกขาดหรือทะลุมาใช้ เนื่องจากจะทำให้ความชื้นสามารถเล็ดลอดออกไปได้

- การใช้ผ้าพลาสติก : การใช้ผ้าพลาสติกและข้อควรระวังก็เหมือนกับการใช้กระดาษกันน้ำทุกประการ

- การใช้สารเคมี : ในการพ่นสารเคมีจะต้องกระทำทันทีหลังจากการตกแต่งผิวหน้าคอนกรีตขั้นสุดท้ายเสร็จเรียบร้อยแล้ว การฉีดพ่นจะต้องฉีดพ่นอย่างสม่ำเสมอและมีปริมาณเพียงพอ การฉีดพ่นอาจจะกระทำเพียงครั้งเดียว หรือสองครั้งก็ได้ ถ้าฉีดพ่นสองครั้งในการฉีดพ่นครั้งที่สองควรให้ตั้งฉากกับครั้งแรกโดยปกติสารเคมีที่ใช้พ่นมีอยู่ด้วยกัน 4 สีคือ ใส ขาว เทอ่อน และดำ ชนิดใสมักจะเป็นสีน้ำตาลหรือแดงเพื่อเป็นที่สังเกตว่าได้พ่นทั่วถึงหรือไม่ สำหรับชนิดสีขาวเหมาะกับพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงเนื่องจากสะท้อนความร้อนได้ดี ส่วนสีเทาและสีดำจะให้ผลในทางตรงกันข้าม คือไม่เหมาะต่อการนำมาใช้กลางแจ้งเพราะจะทำให้คอนกรีตมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จึงเหมาะที่จะใช้บ่มคอนกรีตซึ่งอยู่ในร่มที่ไม่ต้องการความสวยงาม หรือเคลือบผิวที่จะปูกระเบื้องยาง การบ่มวิธีนี้เหมาะกับงานที่ใช้วิธีอื่นไม่ได้ผลหรือเสียค่าใช้จ่ายมาก อาทิเช่น ถนน ลานบิน หลังคากว้าง ๆ หลังคาเปลือกบาง เป็นต้น การใช้สารเคมีฉีดพ่นดังกล่าวมีข้อควรระวังคือ ไม่ควรใช้สารเคมีชนิดนี้กับคอนกรีตที่ต้องเทเป็นสองชั้น เพราะจะทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นของคอนกรีตเสียไปนอกจากนั้นยังอาจเป็นสาเหตุให้ฉาบปูนไม่ติด จึงควรศึกษาให้ดีเสียก่อนที่จะใช้

- การใช้ไม้แบบ : การพ่นน้ำให้ไม้แบบมีความชื้นอยู่เสมอ ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งสามารถป้องกันความชื้นที่ผิวหน้าคอนกรีตระเหยออกมาได้เช่นกัน ดังนั้นการรักษาไม้แบบไว้กับแบบให้นานที่สุดและพ่นน้ำให้เปียกอยู่เสมอ จึงถือได้ว่าเป็นวิธีการรักษาความชื้นให้กับคอนกรีตอีกวิธีหนึ่ง

● วิธีเร่งกำลัง

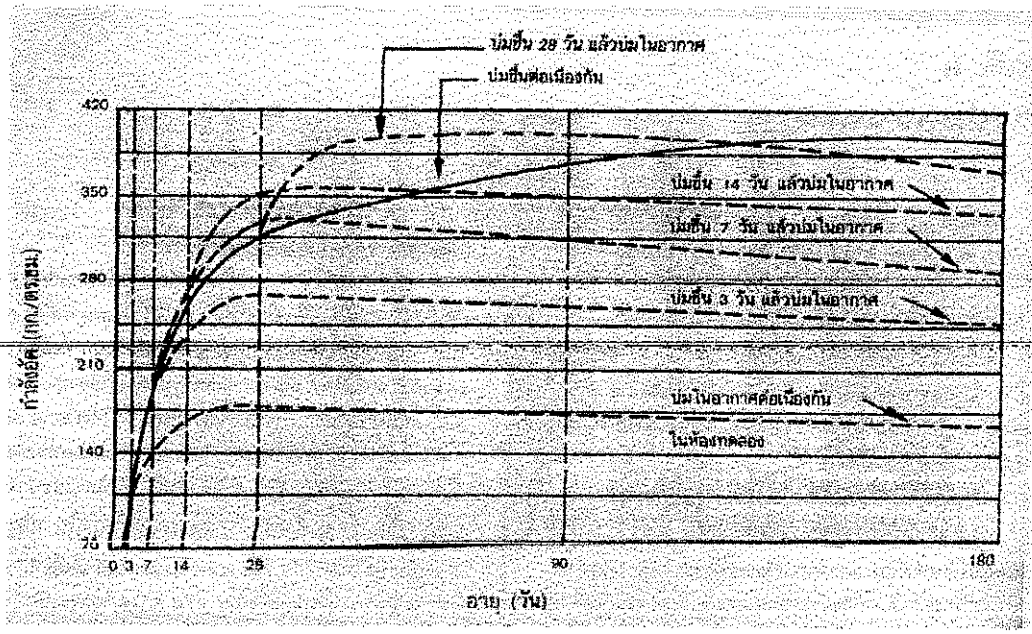
วิธีนี้เป็นการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ โดยอาศัยความร้อนและความชื้นจากไอน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี เพื่อให้ได้กำลังของคอนกรีตสูงอย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันก็สามารถช่วยลดการหดตัวของคอนกรีตและเพิ่มความต้านทานต่อสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตอีกด้วย

การบ่มด้วยไอน้ำสามารถที่จะกระทำได้ 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่ วิธีบ่มไอน้ำ ณ ความดันบรรยากาศและวิธีบ่มในตู้อบไอน้ำที่มีความดันสูง

สำหรับวิธีบ่มไอน้ำ ณ ความดันบรรยากาศ โดยทั่วไปจะใช้กับโครงสร้างชนิดหล่อกับที่ซึ่งปิดมิดชิดโดยรอบ หรือใช้บ่มผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ ที่เคลื่อนย้ายได้สะดวก อาทิเช่น พื้นหรือผ้าสำเร็จรูปขนาดใหญ่ เป็นต้น

ส่วนวิธีบ่มในตู้อบไอน้ำที่มีความดันสูง (Autoclave) ส่วนใหญ่จะใช้กับผลิตภัณฑ์คอนกรีตขนาดเล็กอาทิเช่น คอนกรีตบล๊อก พื้นสำเร็จรูปขนาดเล็ก เสาเข็ม หรือคานสำเร็จรูปขนาดเล็ก เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากตู้อบมีขนาดจำกัด

สำหรับงานโครงสร้างทั่ว ๆ ไป ส่วนใหญ่จะกำหนดระยะเวลาในการบ่มตั้งแต่ 3 วัน จนถึง 2 สัปดาห์ ซึ่งกำหนดเวลาดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยปกตินิยมกำหนดระยะเวลาการบ่มไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา แต่ถ้าเป็นคอนกรีตที่ต้องถูกกับสารเคมีอยู่ตลอดเวลา เช่น พื้นโรงงานบางประเภท หรือพื้นห้องปฏิบัติการเคมี ก็ควรบ่มอย่างน้อยเป็นเวลา 1 เดือนก่อนใช้งาน ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 กราฟแสดงผลการบ่มที่มีต่อกำลังของคอนกรีต ((วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539)

ตารางที่ 2.5 ข้อดีข้อเสียของการบ่มคอนกรีตด้วยวิธีเพิ่มความชื้น (วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539)

วิธีการบ่มคอนกรีต	ข้อดี	ข้อเสีย
การปล่อยน้ำขัง วิธีทำ ใช้ดินเหนียวทำเป็นขอบปิดกั้นโดยรอบพื้นผิวคอนกรีตแล้วปล่อยน้ำเข้าไปให้สูงขึ้นมาจากผิวคอนกรีตประมาณ 1 นิ้วหรือกว่านั้น	1.สะดวกต่อการทำและการซ่อมแซม 2.ราคาถูก 3.วัสดุหาง่าย	1.ใช้ได้เฉพาะกับผิวคอนกรีตแนวราบ 2.ต้องหมั่นตรวจดูการแตกร้าวหรือการพังทลายของดิกเหนียวที่ปิดกั้นเพื่อป้องกันน้ำแห้ง 3.ต้องทำความสะอาดคอนกรีตหลังเสร็จงานบ่ม
การฉีดพ่นน้ำ วิธทำ ใช้น้ำที่มีแรงดันฉีดพ่นบริเวณที่จะทำการบ่ม	1.ใช้ได้กับผิวคอนกรีตทั้งแนวราบและแนวดิ่ง 2.สะดวกต่อการทำงาน 3.ราคาถูก	1.ใช้น้ำมากและต้องการแรงดันของน้ำสูง 2.ถ้าฉีดพ่นไม่สม่ำเสมออาจทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) ข้อดีข้อเสียของการบ่มคอนกรีตด้วยวิธีเพิ่มความชื้น

วิธีการบ่มคอนกรีต	ข้อดี	ข้อเสีย
การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม วิธีทำ ใช้กับวัสดุคลุมอันได้แก่ กระสอบ ผ้าใบ ฟางข้าว ขี้เลื่อย เป็นต้น คลุมให้ทั่วบริเวณ แล้วฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอตลอดเวลา	1. ใช้ได้กับผิวคอนกรีตทั้งแนวราบและแนวดิ่ง 2. สะดวกต่อการทำงาน 3. ราคาถูก	1. ต้องฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอตลอดเวลา 2. ในกรณีพื้นที่กว้าง ๆ จะเปลืองวัสดุคลุม 3. วัสดุคลุมจะต้องปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อปูนซีเมนต์หรือสารที่ทำให้ผิวคอนกรีตด่าง 4. จะต้องระมัดระวังเรื่องเพลิงไหม้และลมพัด

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) ข้อดีข้อเสียของการบ่มคอนกรีตด้วยวิธีป้องกันการเสียความชื้น

วิธีการบ่มคอนกรีต	ข้อดี	ข้อเสีย
การใช้ไม้แบบ วิธีทำ ใช้น้ำฉีดพ่นไม้แบบให้ชุ่มอยู่เสมอตลอดเวลาและต้องรักษาไม้แบบไว้ให้นานที่สุด	1.สะดวกต่อการทำ	1. ไม่สามารถนำไม้แบบไปใช้งานอื่นได้ 2. ใช้ได้เฉพาะคอนกรีตที่มีไม้แบบหุ้มโดยรอบเท่านั้น
การใช้กระดาษ วิธีทำ ใช้กระดาษชนิดกันน้ำได้ปิดคลุมให้ทั่วบริเวณที่จะทำการบ่ม	1. สะดวกต่อการทำและสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว 2. สามารถป้องกันมิให้คอนกรีตแห้งเร็วไป แต่ต้องคอยรดน้ำไว้ด้วย	1. ราคาแพง 2. ไม่สะดวกต่อการเก็บรักษา

ตารางที่ 2.6 ข้อดีข้อเสียของการบ่มคอนกรีตด้วยวิธีป้องกันการเสียความชื้น (วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539)

วิธีการบ่มคอนกรีต	ข้อดี	ข้อเสีย
การใช้ผ้าพลาสติก	1. สะดวกต่อการทำและน้ำหนักเบา	1. ราคาแพง 2. ชำรุดง่ายและบางมาก
วิธีทำ ใช้ผ้าพลาสติกปิดคลุมบริเวณที่ต้องการบ่มเช่นเดียวกับวิธีใช้กระดาษกันน้ำ	2. ไม่ต้องคอยรดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ	3. ต้องหาของหนักทับเพื่อกันลมพัดปลิว
การใช้สารเคมี วิธีทำ ใช้สารเคมีฉีดพ่นบริเวณที่จะทำการบ่ม	1. สะดวกต่อการทำ 2. ไม่ต้องคอยรดน้ำ 3. สามารถใช้เมื่อบ่มด้วยวิธีอื่นไม่ได้ผล	1. ราคาแพง 2. ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ 3. อาจเป็นอันตรายแก่ผู้พ่นหรือบุคคลใกล้เคียง
การใช้ไม้แบบ วิธีทำ ใช้น้ำฉีดพ่นไม้แบบให้ชุมอยู่เสมอตลอดเวลาและต้องรักษาไม้แบบไว้ให้นานที่สุด	1. สะดวกต่อการทำ	1. ไม่สามารถนำไม้แบบไปใช้งานอื่นได้ 2. ใช้ได้เฉพาะคอนกรีตที่มีไม้แบบหุ้มโดยรอบเท่านั้น
การบ่มด้วยไอน้ำ 1. บ่มที่ความดันบรรยากาศ 2. บ่มที่ความดันสูง	1. ใช้เวลาน้อย 2. สามารถกำหนดระยะเวลาในการบ่มได้อย่างแน่นอน 3. สามารถเร่งระยะเวลาการบ่มได้ 4. ได้รับความเชื่อสูง	1. ราคาแพง 2. ต้องใช้บุคคลที่มีความรู้ควบคุมการบ่ม 3. อาจเกิดอันตรายได้ถ้าควบคุมไม่ทั่วถึง หรือขาดความระมัดระวัง 4. ต้องเสียเวลาในการเตรียมงานมาก

2.3.2 เหล็กเสริมคอนกรีต

เนื่องจากความต้านทานของคอนกรีตต่อแรงดึงมีเพียงร้อยละ 10 ของความต้านทานต่อแรงอัดเท่านั้น ดังนั้นลำพังคอนกรีตเองจึงไม่สามารถรับแรงดึงได้สูง แต่โดยเหตุที่เหล็กเป็นวัสดุที่ต้านทานต่อแรงดึงและแรงอัดได้ดี อีกทั้งมีสัมประสิทธิ์การยืดหดตัวเท่า ๆ กับคอนกรีต ดังนั้นการใช้เหล็กเส้นหรือเหล็กท่อนหรือเหล็กตะแกรง ร่วมกับคอนกรีตโดยหล่ออยู่ในเนื้อคอนกรีตในลักษณะที่ให้คอนกรีตทำหน้าที่รับแรงอัด และเหล็กเสริมทำหน้าที่รับแรงดึงจึงได้ผลดี ลดขนาดของส่วนโครงสร้าง การที่ใช้เหล็กเสริมร่วมกับคอนกรีตในลักษณะดังกล่าว เรียกว่า คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete) คอนกรีตส่วนที่ห่อหุ้มเหล็กเสริม จะทำให้เหล็กเสริมทนทานต่อเพลิงไหม้และการเป็นสนิมผุกร่อนได้ดีช่วยให้เหล็กเสริมมีความต้านทานต่อแรงต่าง ๆ ที่กระทำได้ดีกว่าคอนกรีตล้วน (Plain Concrete) เพียงอย่างเดียว

เหล็กเสริมคอนกรีต (Reinforcing Steel) ที่ใช้งานก่อสร้างทั่วไป เป็นเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) ทำได้โดยการนำเหล็กแท่งเล็ก (Billet) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) หรือเหล็กแท่งหล่อ (Ingot) ซึ่งมีแร่เหล็ก คาร์บอน และธาตุอื่น ๆ บางชนิด เช่นแมงกานีสต์ ฟอสฟอรัส กำมะถัน ซิลิกอน มาหลอมละลายเข้าด้วยกันที่อุณหภูมิสูง แล้วรีดเป็นเส้นด้วยลูกกรีดในขณะที่ยังร้อนอยู่ (กรรมวิธีรีดร้อน) เหล็กกล้าละมุน เป็นเหล็กกล้าที่มีปริมาณของคาร์บอนผสมอยู่ต่ำ (ประมาณ 0-0.3 %) ถ้าเพิ่มปริมาณคาร์บอนให้สูงขึ้น ความแข็งแรงก็จะเพิ่มขึ้น แต่จะเปราะหักง่ายกว่า เหล็กเส้นที่ถูกรีดออกมามีทั้งหน้าตัดกลมเรียบ และแบบหน้าตัดกลมแต่มีบั้งหรือปล้องหรือคลีบเกลียวที่ผิวตามความยาว ซึ่งเรียกว่า เหล็กข้ออ้อยเหล็กเส้นที่ผลิตออกมาหนักประมาณ 7850 กก. ต่อลูกบาศก์เมตร มีความยาวมาตรฐาน 10 และ 12 เมตร สำหรับความยาวอื่นที่ไม่ได้มาตรฐาน (7 , 8 , 9 เมตร) อาจสั่งโรงงานทำได้หากต้องการเป็นจำนวนมาก เหล็กทุกเส้นจะมีหมายเลขขนาด ชื่อย่อ และเครื่องหมายการค้าของบริษัทผู้ผลิต หล่อเป็นตัวนูนติดกับผิวเหล็ก เหล็กที่ใช้จะลำเลียงมายังหน่วยงานก่อสร้างเป็นมัด ๆ และผูกป้ายแสดงเครื่องหมาย

- เหล็กกลมผิวเรียบ (Round Bar) เป็นเหล็กเส้นที่มีหน้าตัดกลม มีผิวเรียบตลอดความยาวของเหล็ก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 6 มม. ถึง 25 มม. ตามมาตรฐาน มอก.20 กำหนดให้เหลกกลมผิวเรียบมีคุณภาพเดียวคือ SR24 ซึ่งหมายถึงมีกำลังต้านทานต่อแรงดึงที่จุดคลากของเหล็ก ไม่น้อยกว่า 2400 กก./ตร.ซม. ส่วนกาเรียกชื่อขนาดให้ใช้สัญลักษณ์ RB แล้วตามด้วยตัวเลขแสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเป็น มม. เช่น RB25 หมายถึงเล็กกลมผิวเรียบขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 25 มม. เป็นต้น เหล็กเส้นชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานก่อสร้างขนาดเล็กและขนาดกลาง มีข้อด้อยคือแรงยึดหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีตไม่ดีเท่าที่ควร เมื่อจะนำไปใช้เป็นส่วนของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

- เหล็กข้ออ้อย (Deformed Bar) เป็นเหล็กเส้นที่มีหน้าตัดกลม แต่ที่ผิวตามความยาวของเหล็กมาลักษณะเป็นปั้งหรือปล้องหรือคลื่นเกลียว มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 10 มม. ถึง 32 มม. ตามมาตรฐาน มอก. 24 กำหนดให้เหล็กข้ออ้อย 3 ชั้นคุณภาพคือ SD30 SD40 และ SD50 ซึ่งหมายถึง มีกำลังต้านทานต่อแรงดึงที่จุดคลากของเหล็ก ไม่น้อยกว่า 3000 4000 และ 5000 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ส่วนการเรียกชื่อตามขนาดให้ใช้สัญลักษณ์ DB แล้วตามด้วยตัวเลขขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเป็น มม. เช่น DB25 หมายถึง เหล็กข้ออ้อย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 25 มม. เป็นต้น เหล็กเส้นชนิดนี้เหาะสำหรับใช้ในงานก่อสร้างอาคาร ค.ส.ล. ที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ เนื่องจากมีกำลังต้านทานต่อแรงดึงที่จุกคลากสูงมากขึ้น และให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมดีขึ้นมากถึง 2 เท่า ของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ (ดร.วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539)

- เหล็กรีดซ้ำ (Re-rolled Round Bar) เหล็กกล้าละมุนชนิดนี้เป็นเหล็กเส้นที่มีหน้าตัดกลม ผิวเรียบตลอดความยาวของเหล็ก ผลิตขึ้นมาตามมาตรฐาน มอก. 211 โดยนำเหล็กที่เคยผ่านการแปรรูปมาก่อน เช่น เศษเหล็กจากเข็มพืด (Sheet Pile) เหล็กแผ่นต่อเรือ (Ship Plate) เศษเหล็กแผ่น หรือ เหล็กรูปพรรณหน้าตัดต่าง ๆ มาหลอมรวมกันใหม่แล้วรีดเป็นเส้นกลมในขณะที่ยังร้อนอยู่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 , 8 , 9 , 12 , และ 15 มม. หนักประมาณ 0.78 กก.ต่อเมตร ความยาวมาตรฐาน 10 หรือ 12 เมตร เหล็กรีดซ้ำมีชั้นคุณภาพเดียวคือ SRR24 ซึ่งหมายถึงกำลังต้านทานต่อแรงดึงที่จุดคลากของเหล็กรีดซ้ำ ต้องไม่น้อยกว่า 2400 กก./ตร.ซม. และต้องมีคุณสมบัติทางกลเช่นเดียวกับเหล็กกลมผิวเรียบที่ไม่เคยผ่านการแปรรูปมาก่อน การระบุขนาดให้ใช้สัญลักษณ์ RRB (Re-rolled Round Bar) แล้วตามด้วยตัวเลขแสดงเส้นผ่าศูนย์กลางเป็น มม. เช่น RRB15 หมายถึง เหล็กรีดซ้ำแบบกลมผิวเรียบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เท่ากับ 15 มม. เป็นต้น เหล็กเส้นชนิดนี้ใช้ในงานก่อสร้างขนาดเล็กและขนาดกลาง (ดร.วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539)

เหล็กเสริมที่มีขนาดต่ำกว่า 8 มม. ไม่ควรนำมาใช้ทำเป็นส่วนของโครงสร้างเว้นแต่จะนำมาทำเป็นเหล็กปลอกในเสา หรือ เหล็กลูกตั้งในคานทั้งนี้เพราะเหล็กขนาดเล็ก มีราคาแพงกว่าเมื่อคิดตามน้ำหนัก

● คุณสมบัติของเหล็กเสริมคอนกรีต

คุณสมบัติที่สำคัญของเหล็กเสริม ที่ควรทราบเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณออกแบบหรือทำการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กได้แก่ โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elusticity) กำลังรับแรงดึงประลัย (Ultimate Tensile Strength) กำลังรับแรงดึงที่จุดคลาก หรือ จุดยืด (Yield Strength) ตลอดจนความยืดตัว (Elongation) ชนิดของเหล็กเสริม (Type of Reinforcing Steel) และ ขนาดของเหล็กเสริม

ก่อนนำเหล็กเสริมมาใช้งานหรือในแต่ละครั้งที่สั่งเข้ามาใช้ควรทำการทดสอบเหล็กเสริมนั้นๆ ทุก ๆ ขนาด เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกลว่าถูกต้องตรงตามที่กำหนดไว้ในการออกแบบหรือไม่ จำนวนตัวอย่างที่ใช้อย่างน้อย ขนาดละ 3 ท่อน ยาวท่อนละ 90 เซนติเมตร นำมาวัดหาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลาง และทำการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริมตามวิธีมาตรฐาน ก็จะทราบคุณสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้น ผลการทดสอบที่ได้สามารถนำมาเขียนเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง หน่วยแรงดึงกับหน่วยการยืดตัวของเหล็ก ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นขอเหล็กเสริมโดยปกติใช้ Es = 2.04 x 106 กก./ตร.ซม.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20-2527 และ มอก. 24-2527 ได้ให้ข้อกำหนดที่ต้องการทางด้านคุณสมบัติทางกล และส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกลมผิวเรียบและเหล็กข้ออ้อยตามคุณภาพตาง ๆ ดังแสดงในตาราง 2.7 และตารางที่ 2.8 ส่วนตารางที่ 2.9 จะแสดงเส้นผ่าศูนย์กลาง เส้นรอบรูป น้ำหนักต่อเมตร และเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมขนาดต่าง ๆ

ตารางที่ 2.7 คุณสมบัติทางกลของเหล็กเสริมคอนกรีต (วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539)

ชนิดของเหล็กเสริม	ชั้นคุณภาพ	กำลังจุดคลาก	กำลังดึงประลัย	ความยืด	การทดสอบการดัดโค้ง	
				%	มุดดัดโค้ง	ภายใน
		กก./ตร.ซม. ไม่น้อยกว่า	กก./ตร.ซม. ไม่น้อยกว่า	ไม่น้อยกว่า	เย็น องศา	ส่วนโค้งของเหล็ก
เหล็กกลมเรียบ	SR 24	2400	3900	21	180	1.5 เท่า
เหล็กข้ออ้อย	SD 30	3000	4900	17	180	4 เท่า
	SD 40	4000	5700	15	180	5 เท่า
	SD 50	5000	6300	13	90	5 เท่า

ตารางที่ 2.8 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กเสริมคอนกรีต (วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539)

ชนิดของเหล็กเสริม	ชั้นคุณภาพ	ส่วนประกอบทางเคมี ไม่เกิน % (โดยน้ำหนัก)				
		ถ่าน	แมงกานีส	ฟอสฟอรัส	กำมะถัน	ถ่าน+(แมงกานีส/6)
เหล็กกลมเรียบ	SR 24	0.28	-	0.058	0.058	-
เหล็กข้ออ้อย	SD 30	0.28	-	0.058	0.058	0.45
	SD 40	-	1.80	0.058	0.058	0.55
	SD 50	-	1.80	0.058	0.058	0.60

ตารางที่ 2.9 ขนาดเหล็กเสริมคอนกรีตเส้นกลม (วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539)

หมายเลข ขนาด	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	เส้นกรอบรูป (ซม.)	น้ำหนัก (กก./ม.)	เนื้อที่หน้าตัด (ตร.ซม.)
RB 6	6	1.88	0.212	.283
RB 9	9	2.83	0.50	.636
RB 12	12	3.77	0.89	1.13
RB 15	15	4.71	1.39	1.77
RB 19	19	5.97	2.23	2.84
RB 25	25	7.80	3.85	4.91

ตารางที่ 2.10 ขนาดเหล็กเสริมคอนกรีตข้ออ้อย (วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539)

หมายเลข ขนาด	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง มม.	เส้นกรอบรูป ซม.	น้ำหนัก กก./ม.	เนื้อที่หน้าตัด ตร.ซม.
RB 10	10	3.14	0.62	0.78
RB 12	12	3.77	0.89	1.13
RB 16	165	5.03	1.58	2.01
RB 20	20	6.26	2.47	3.14
RB 25	25	7.86	3.85	4.91
RB 28	28	8.80	4.83	6.16
RB 32	32	10.06	6.31	8.04

- **การต่อดามเหล็กเสริม**

โดยปกติจะไม่ยอมให้มีการต่อเหล็กเสริมนอกจากที่ได้แสดงไว้ในแบบหรือที่ได้ระบุไว้ การต่อเหล็กเสริมอาจใช้วิธีต่อทาบ วิธีเชื่อม หรือการต่อยึดปลายแบบอื่น ๆ ก็ได้ที่มีการถ่ายแรงได้เต็มที่โดยปกติ การต่อทาบเหล็กเสริมต้องให้มีระยะทาบเหลื่อมกันไม่น้อยกว่า 50 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางสำหรับเหล็กกลมและไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางสำหรับเหล็กข้ออ้อย ควรหลีกเลี่ยงการต่อเหล็กเสริมตรงจุดที่เกิดหน่วยแรงสูงสุด และไม่ควรใช้วิธีการทาบกับเหล็กเสริมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 25 มม.

- การต่อเหล็กเสริมรับแรงดึง ความยาวของเหล็กข้ออ้อยที่นำมาต่อทาบกันจะต้องไม่น้อยกว่า 26 , 35 และ 43 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางที่มีกำลังจุดคลาก 3000 , 4000 และ 5000 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ หรือไม่น้อยกว่า 30 ซม. สำหรับเหล็กผิวเรียบ ระยะทาบที่จะใช้เป็นสองเท่าของค่าที่กำหนดไว้สำหรับเหล็กข้ออ้อย

- การต่อเหล็กเสริมรับแรงอัด สำหรับคอนกรีตที่มีกำลังอัด 200 กก./ตร.ซม. หรือสูงกว่านี้ ระยะทาบของเหล็กข้ออ้อยจะต้องไม่น้อยกว่า 17 , 23 และ 29 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กที่มีกำลังจุดคลากเท่ากับ 3000 หรือน้อยกว่า และค่า 4000 กับ 5000 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ และต้องไม่น้อยกว่า 30 ซม. ถ้ากำลังอัดของคอนกรีตมีค่าต่ำกว่า 200 กก./ตร.ซม. จะต้องเพิ่มระยะทาบอีกหนึ่งในสามของค่าข้างต้น สำหรับเหล็กผิวเรียบระยะทาบอย่างน้อยจะต้องเป็นสองเท่า ของค่าที่กำหนดไว้สำหรับเหล็กข้ออ้อย

2.3.3 แบบหล่อคอนกรีต

คอนกรีตเมื่อผสมได้ที่แล้วจะต้องนำไปเทลงแบบทันทีเพื่อให้ได้รูปแบบตามความต้องการ ซึ่งแบบดังกล่าวนี้ก็จะแตกต่างออกไปตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ดังนั้นการสร้างแบบสำหรับงานก่อสร้าง จึงเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญมาก แบบหล่อคอนกรีตจะต้องมีขนาดและรูปร่างที่ถูกต้องจริง ๆ จะต้องมีการค้ำยันอย่างแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของคอนกรีตและเหล็กเสริม สามารถทนต่อการกระทุ้งด้วยเหล็กกระทุ้งหรือการสั่นสะเทือนจากเครื่องเขย่าคอนกรีต แบบจะต้องมีการโยงติดกันทุกด้านเพื่อมิให้คอนกรีตเสียรูปเมื่อเทคอนกรีตแบบจะต้องแน่นหนาและปราศจากรูที่จะทำให้น้ำปูนรั่ว ซึ่งจะทำให้คอนกรีตเสียความแข็งแรงนอกจากนั้นแบบจะต้องง่ายต่อการถอดหลังจากคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

- **ประเภทของแบบหล่อ**

การทำแบบหล่อคอนกรีตเป็นขั้นตอนการควบคุมคอนกรีตที่เทให้ได้รูปร่างและขนาดตามที่กำหนด แบบหล่อคอนกรีตใช้เป็นโครงสร้างชั่วคราวที่รับน้ำหนักของตนเอง น้ำหนักวัสดุและคนงาน จนกว่าคอนกรีตจะได้อายุการใช้งาน แบบหล่อคอนกรีตที่ใช้งานในปัจจุบันทำจากวัสดุหลายประเภท เช่น กระดาษ ไม้ เหล็ก อะลูมิเนียม เป็นต้น การจะเลือกใช้วัสดุแบบใดนั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยสามประการเป็นหลัก คือ คุณภาพ ความปลอดภัยในการใช้งาน และความประหยัด แต่ไม่ว่าจะเป็นแบบหล่อชนิดใดแบบหล่อที่ดีต้องสามารถใช้งานได้อย่างรวดเร็ว สะดวกในการประกอบติดตั้ง และการถอดแบบหล่อเมื่อคอนกรีตได้อายุตามที่กำหนด ดังนั้น นอกจากแบบหล่อที่ใช้วิธีสร้างโดยประกอบชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนจนสำเร็จเป็นลักษณะที่ต้องการแล้ว ก็ยังได้มีการพัฒนาแบบหล่อที่มีลักษณะการใช้งานกึ่งสำเร็จรูป โดยประกอบแบบหล่อให้เป็นรูปแบบถาวรเป็นชิ้นส่วนขนาดใหญ่ เมื่อจะใช้งานก็ยกมาประกอบติดตั้งให้เป็นรูปแบบที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว การถอดแบบก็สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วด้วยเช่นกัน การพัฒนาลักษณะของแบบหล่อคอนกรีตดังกล่าวนั้นก็เพื่อจะลดเวลาทำงานในขั้นตอนนี้ให้สั้นลง ซึ่งเป็นผลต่อการลดต้นทุน ทำให้ผู้ประกอบการก่อสร้างสามารถแข่งขันในด้านราคาได้อีกทางหนึ่ง

แบบหล่อประเภทต่าง ๆ ที่มีคุณลักษณะและข้อดี ข้อเสียแตกต่างกัน เพื่อเป็นข้อพิจารณาในการนำแบบหล่อคอนกรีตไปใช้งานให้ได้ตามวัตถุประสงค์

1. แบบหล่อชนิดทำด้วยกระดาษ

แบบหล่อคอนกรีตชนิดที่ทำด้วยกระดาษมีใช้งานมานานแล้ว และปัจจุบันมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้น ก็ยังมีข้อจำกัดในรูปร่างลักษณะของงานหล่ออยู่มาก ซึ่งนิยมใช้กันในรูปแบบหล่อเสากลมโดยเฉพาะ แบบหล่อที่ทำด้วยกระดาษนี้จะมีน้ำหนักเบาสามารถโยกย้ายได้สะดวก ติดตั้งได้รวดเร็ว เมื่อเทคอนกรีตแล้วก็ไม่เสียรูปทรง เพราะแบบหล่อเสากลมจะรับแรงดันของคอนกรีตได้เท่ากันรอบด้าน วัสดุของแบบหล่อ ซึ่งทำด้วยกระดาษยังสามารถดูดซับน้ำได้ดี จึงเป็นวัสดุสำหรับบ่มคอนกรีตได้ในตัว ข้อเสียของแบบหล่อชนิดนี้อยู่ตรงที่สามารถใช้งานได้ครั้งเดียว เพราะเมื่อใช้แบบหล่อคอนกรีตแล้วเวลาจะถอดแบบหล่อออกจากกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้งและถอดแบบ พิจารณาถึงค่าจ้างแรงงานในปัจจุบันตลอดจนราคาไม้แบบซึ่งมีราคาแพง โดยเฉพาะถ้าใช้แบบเสากลมด้วยไม้จะไม่มีความเรียบร้อย สวยงาม เหมือนแบบกระดาษ รวมทั้งจะต้องมีค่าใช้จ่าย และเพิ่มเวลาในการฉาบปูนพื้นผิว เสาให้เรียบร้อยอีก ด้วยเหตุนี้แบบหล่อชนิดกระดาษเพื่อใช้หล่อเสากลมจึงเป็นที่นิยมแพร่หลายมาก แต่สำหรับงานแบบ

หล่อรูปเหลี่ยมยังมีจุดอ่อนที่จะนำมาใช้งานเพราะขาดความแข็งแรงและไม่คงรูปในการใช้งานคอนกรีต

2. แบบหล่อคอนกรีตชนิดไม้

ไม้ถูกนำมาใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีตมาเป็นระยะเวลาที่ยาวนานมากเพราะแต่ก่อนไม้หาได้ง่าย มีราคาถูก และสามารถประกอบแบบหล่อให้มีรูปร่าง ลักษณะต่าง ๆ ได้สะดวกรวดเร็ว การเลื่อยไสตัดแต่ง ตลอดจนการตอกตะปูก็สามารถทำได้สะดวก แต่ปัจจุบันหาไม้ได้ยาก ราคาของไม้จึงสูงขึ้นทำให้ต้องเพิ่มต้นทุนค่าก่อสร้างในส่วนที่เป็นไม้แบบ การนำไม้มาใช้เป็นเป็นแบบหล่อจึงควรมีการจัดการที่ดี เช่น การสั่งไม้มาใช้งานให้มีขนาดสั้นยาวให้เหมาะสมกับลักษณะของงานที่จะทำ

นอกจากนั้น ยังต้องควบคุมการตัดไม้ยาวแทนการเลือกใช้ไม้สั้นที่มีอยู่ซึ่งจะทำให้เปลืองมากขึ้น ควรเก็บกองไม้ที่จะใช้งานตามชนิดและขนาดไม่ให้ปะปนกันเพื่อสะดวกในการนำไปใช้ การรื้อถอนไม้แบบควรใช้เครื่องมือและทำงานให้ถูกวิธีเพื่อให้เกิดความเสียหายต่อไม้แบบน้อยที่สุด ระวังการเกิดอัคคีภัยเพราะไม้แบบเป็นวัสดุเชื้อเพลิงอย่างดี

3. แบบหล่อที่ทำด้วยเหล็ก

เมื่อไม้มีราคาแพงและหายาก เหล็กจึงเป็นวัสดุที่ถูกเลือกมาใช้งานแทนไม้ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการใช้เหล็กทำแบบหล่อคอนกรีตที่มีขนาดเล็กและรูปแบบไม่คงที่เพราะไม่คุ้มต่อการลงทุน การใช้เหล็กทำแบบหล่อจึงมุ่งไปที่งานก่อสร้างขนาดใหญ่และมีรูปแบบซ้ำ ๆ เพื่อสามารถนำใช้งานได้ โดยไม่มีข้อจำกัด การออกแบบหล่อ ชนิดเหล็กจึงต้องพิจารณาถึงขนาดที่เหมาะสม และลักษณะที่สามารถนำมาประกอบกันได้รูปแบบที่หลากหลาย และมีจำนวนเพียงพอที่จะหมุนเวียนมาใช้งานหล่อคอนกรีตได้ทันเวลาที่ได้กำหนดไว้ในแผนงาน แบบหล่อชนิดเหล็กจะต้องมีโครงแบบที่แข็งแรง มีน้ำหนักเบา ความหนาของแบบสามารถรับแรงดันคอนกรีตได้โดยไม่เสียรูปแบบ การประกอบและถอดออกสามารถทำให้รวดเร็ว ดังนั้นวัสดุในการยึดต่อระหว่างแผ่นจึงควรได้รับการพิจารณาเป็นอย่างดีให้มีความสะดวกรวดเร็วในการใช้งาน การเก็บกองแบบหล่อควรแยกชนิดขนาด การใช้งาน และทำความสะอาดแบบหล่อให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ตลอดเวลา

● **แบบหล่องานโครงสร้าง**

- แบบหล่อฐานราก ทำหน้าที่รับแรงดันด้านข้าง ลักษณะพิเศษของแบบ หล่อฐานราก อีกอย่าง คือมีส่วนที่ติดต่อกับพื้นดิน ซึ่งสามารถใช้รองรับค้ำยันหรือใช้เป็นแบบหล่อด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ สภาพของดินและลักษณะของฐานราก ลักษณะรูปร่างฐานรากส่วนมากเป็นรูปสี่เหลี่ยม จะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัสขึ้นอยู่กับการออกแบบ ในการทำแบบหล่อคอนกรีต สำหรับฐานรากแบบนี้ประกอบชิ้นส่วน ที่ง่าย และสะดวกต่อการก่อสร้าง นอกจากนี้ยังมีฐานราก รูปวงกลม รูปสามเหลี่ยม รูปห้าเหลี่ยม รูปหกเหลี่ยม และแปดเหลี่ยม ซึ่งจะแปรตามการจัดเสาเข็มเพื่อให้เกิดแรงดันน้อยที่สุด และมีประสิทธิภาพสูงสุด

โดยทั่วไปงานฐานรากในพื้นที่ดินแห้งและดินเกาะตัวกันแน่น จะไม่มีการทำแบบหล่อบานราก เนื่องจากผนังดินของหลุมทำหน้าที่เป็นแบบในตัวอยู่แล้ว ที่ยังเป็นการประหยัดไม้แบบอีกด้วย แต่ในสภาพที่ดินเป็นดินแห้งและเป็นดินร่วน เมื่อขุดหลุมจะพบว่า ผนังดินข้างหลุม หรือกรณีที่ดินในหลุมเป็นเลน ก็จะเป็นเรื่องที่ยากในการที่จะขุดหลุมให้ได้เขนาดและ การทำงานฐานราก กันหลุมเพราะคอนกรีตกันหลุม อาจผสมไปกับดินทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติเสื่อม อันมีผลต่อความแข็งแรง ทนทานของ โครงสร้างรากฐาน ในกรณีเช่นนี้ จะต้องมีการประกอบแบบหล่อฐานราก เพื่อกันดินข้างผนัง ของหลุมพัง และตกลงไปผสมกับคอนกรีต

- แบบหล่อแผ่นพื้น แผ่นพื้นคอนกรีตสามารถก่อสร้างได้หลายแบบแตกต่างกันตามข้อกำหนด และการใช้งาน เช่น แผ่นพื้นรองรับด้วยคาน แผ่นพื้นไร้คาน แผ่นพื้นระบบรังผึ้ง แผ่นพื้นระบบตง แผ่นพื้นวางบนดิน และแผ่นพื้นหล่อระหว่างคานสำเร็จรูป เป็นต้น ระบบที่เห็นมากที่สุดก็ควร จะเป็นระบบพื้นที่รองรับด้วยคานซึ่งอาจจะเป็นทางเดียว สองทาง หรือแผ่นพื้นยื่นจากคานในขั้นตอนการ ก่อสร้างแบบครั้งจะพบว่า คานและแผ่นพื้นอาจจะหล่อกันคนละครั้งแต่ในทางปฏิบัติที่ดีควรจะหล่อ เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นแบบหล่อคอนกรีตของแผ่นพื้นแบบนี้จะต้องเกี่ยวโยงกับแบบหล่อคานด้วย ทั้งในแง่ของน้ำหนักคอนกรีตและการเชื่อมต่อระหว่างสองส่วนซึ่งจะต้องออกแบบ และก่อสร้าง เพื่อการถอดแบบที่ง่ายและหลีกเลี่ยงไม่ให้เนื้อคอนกรีตอมแบบ แผ่นพื้นไร้คานซึ่งกำลังได้รับความสนใจในอุตสาหกรรมก่อสร้างอย่างมากเพราะแบบหล่อง่ายและสะดวกในการทำงานแบบ หล่อคอนกรีตของพื้นระบบนี้คล้าย ๆ กับระบบแผ่นพื้นที่รองรับด้วยคานแต่สามารถปัญหาเกี่ยวกับคานออกไปได้

- แบบหล่อคาน ความยากง่ายในการทำแบบหล่อคานจะขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะหน้าตัดของคานเป็นหลัก ที่ง่ายและสะดวกที่สุดคือคานหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า การถอดแบบกระทำได้ 2 ลักษณะคือ ถอดแบบทั้งหมด กับถอดเฉพาะแบบข้างก่อน เหลือท้องแบบไว้ จนกว่าคอนกรีต

ได้อายุจึงจะถอดออกภายหลัง การทำงานสำหรับกรณีหลังจะยากพอสมควร โดยเฉพาะเมื่ออาคารที่มีคานคอดินยึดเสาตอม่อ และรับผนังอาคารแล้วจะมีการประกอบแบบได้สองลักษณะ คือ ท้องคานติดผิวพื้น และแบบท้องคานลอยเหนือผิวดิน ลักษณะนี้จะต้องมีแบบท้องคาน การตรวจสอบการทำคานคอดินและคานทั่วไปมีดังนี้

1. ตรวจสอบการใช้วัสดุทำแบบหล่อ ว่าเป็นวัสดุเก่าหรือไม่ มีความแข็งแรงเพียงพอหรือไม่ ผิวแบบจะต้องถูกต้องตามที่รูปแบบกำหนด

2. กรณีที่เป็นคานคอนกรีตที่มีท้องคานติดกับผิวดิน จะต้องมีการอัดบนดินตามแนวคานให้แน่น และเพื่อเป็นการป้องกันเหล็กเสริมเส้นล่างติดดินต้องให้ใช้คอนกรีตหรือปูนทรายในอัตราส่วนหยาบ เทแต่งเป็นแนวให้ได้ระดับตามแนวที่คานจะผ่านทุกตัว วิธีนี้นอกจากจะเป็น การป้องกันเหล็กเสริมด้านล่างติดดินแล้ว ยังเป็นการป้องกันการทรุดตัวของดินใต้ท้องคาน เมื่อคอนกรีตที่เทยังรับกำลังไม่ได้อีกด้วย

3. ในกรณีที่คานคอดินลอยเหนือพื้นดิน จะไม่มีปัญหาในเรื่องเหล็กติดดิน แต่อาจเกิดปัญหาการทรุดตัว ของค้ำยันใต้ท้องคาน หากปรากฏว่า ดินเปียก หรือเมื่อน้ำไหลออกจากแบบทำให้ดินเปียก ก็มีโอกาสทำให้ค้ำยันทรุดตัว ขณะที่คอนกรีตยังรับน้ำหนักตัวเองไม่ได้ซึ่งอาจเป็นเหตุให้คานแตกร้าวได้

4. กรณีแบบหล่อที่ต้องการทาน้ำมันที่ผิวแบบ จะต้องทาก่อนที่จะนำแบบหล่อไปติดตั้ง และ ควรหลีกเลี่ยงที่จะทาในขณะที่มีโครงเหล็กเสริมอยู่ในแบบหล่อคานหลังติดตั้งแบบเรียบร้อยแล้ว เนื่องจากเหล็กจะเปื้อนน้ำมันทำให้มีผลต่อการยึดหน่วงระหว่างผิวเหล็กกับคอนกรีต

5. ในกรณีที่ใช้เครื่องสั่นคอนกรีต (Concrete Vibrator) จะต้องพิจารณาความแข็งแรง

- แบบหล่อเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นชิ้นส่วนโครงสร้างที่รับแรงดันทางข้างชิ้นส่วนโครงสร้างแบบหล่อ คอนกรีตแบบอื่น เนื่องจากเสามีความสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่หน้าตัด ดังนั้นในการเทคอนกรีตจึงสามารถเพิ่มความสูงของคอนกรีตได้เร็ว การก่อสร้างแบบหล่อเสาคอนกรีตจึงจำเป็นต้องพิถีพิถันในการยึด ข้างแบบเข้าด้วยกัน การค้ำยันทางข้าง และการยึดแบบให้สนิทกับพื้นรองรับเพื่อป้องกันการขยับบิด และไม่ได้ดิ่งในระหว่างการเทคอนกรีต

สิ่งที่ผู้ควบคุมงานจะต้องคอยตรวจสอบในงานแบบหล่อเสา

1. การใช้วัสดุแบบหล่อให้เหมาะสมกับลักษณะงาน เช่น มีความหนาพอที่จะรับแรงอัดขณะเทคอนกรีตได้

2. ตรวจการหล่อและการเพลาะแบบ ในกรณีที่วัสดุแบบเล็กกว่าขนาดเสา จะต้องมีการเพลาะหรือต่อแบบ การดามรอยต่อแบบได้อย่างแข็งแรง ตรวจขนาดของแบบให้ได้ขนาดตามที่กำหนด

3. ตรวจการใช้น้ำมันทาแบบในกรณีที่แบบคอนกรีตเปลือย เพื่อง่ายต่อการถอดแบบ แต่บางครั้งอาจ มีผลเสียกับงานทาสี เนื่องจากผิวคอนกรีตมีน้ำมันเคลือบผิวอยู่ ทำให้ทาสีไม่ติด

ดังนั้น จะต้องตรวจสอบ คุณภาพของน้ำมัน และจะต้องมีคุณสมบัติ ใสขาว การทาจะต้องทาเพียงบาง ๆ

4. ตรวจระยะของปลอกรัดหรือระยะของการตีตะปูยึดแบบให้ถูก

5. ตรวจดิ่งและแนวการตั้งแบบเสาตอดทั้งแนวให้ถูกต้อง

6. ตรวจว่ามีสิ่งที่ต้องฝังหรือผ่านในเนื้อคอนกรีตหรือไม่ เช่น การเสียบเหล็กยึดผนังก่ออิฐ ท่อสายไฟ เป็นต้น

- **กำหนดระยะเวลาถอดแบบ**

แบบหล่อคอนกรีตไม่ควรจะถอดออกจนกว่าจะแน่ใจว่า คอนกรีตมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทรงตัวอยู่ได้ ด้วยตัวของมันเอง ในสภาวะอากาศร้อนแบบอาจจะถอดได้หลังการเทคอนกรีตตั้งแต่ 24 ถึง 48 ชั่วโมง หรือหลังการเทคอนกรีตตั้งแต่ 3 ถึง 10 วัน ในสภาวะอากาศเย็น ส่วนแบบที่ใช้กับพื้น หลังคา บันได และส่วนอื่น ๆ ที่สร้างในลักษณะคล้ายคลึงกัน ก็ควรจะถอดหลังการเทคอนกรีตประมาณตั้งแต่ 2 ถึง 4 สัปดาห์ ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศ ชนิดของปูนซีเมนต์ และน้ำหนักที่คอนกรีตส่วนนั้น ๆ จะต้องรับแบบผนังควรจะถอดหลังจากเทคอนกรีตแล้วประมาณตั้งแต่ 3 ถึง 5 วัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้คอนกรีตแห้งเร็วจนเกินไป ดังนั้นแบบจึงมีส่วนช่วยในการบ่มคอนกรีตได้อีกด้วย

แบบใช้ในปัจจุบันจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1. แบบที่รับแรงดันของคอนกรีตขณะที่ยังไม่แข็งตัวแบบชนิดนี้ ได้แก่ แบบข้างคอนกรีตถ้าไม่สำคัญ เช่น แบบข้างของฐานราก หรือแบบอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน ก็สามารถถอดได้หลังหล่อเสร็จแล้ว 24 ชั่วโมง แต่ถ้าเป็นแบบสำคัญที่มีคอนกรีตระดับสูงอยู่ในนั้น อาทิเช่น แบบเสาหรือแบบกำแพงกันดิน ก็ควรที่จะเก็บไว้อย่างน้อย 3 ถึง 5 วัน ทั้งนี้หมายความว่าจะต้องไม่รับน้ำหนักอื่นด้วย

2. แบบที่รับน้ำหนักของคอนกรีตที่รับแรงดัน หรือแรงดึงจากภายนอกด้วยแบบชนิดนี้ ได้แก่ ค้ำยัน หรือแบบอื่น ๆ ที่โครงสร้างจะต้องรับน้ำหนักที่ออกแบบไว้ได้ทันทีที่ถอดแบบแม้จะ

ยังไม่ต้องรับน้ำหนักเต็มที่ก็ตามก็จำเป็นที่จะต้องรอให้คอนกรีตนั้นมีแรงต้านทานได้เสียก่อนจึงควรที่จะถอดแบบตามกำหนดเวลา

- **การเก็บรักษาแบบ**

แบบอาจจะถูกสร้างเป็นส่วน ๆ หรือเป็นแผง แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ในหลายกรณีที่แบบชุดเดียวอาจจะถูกนำไปใช้งานหลาย ๆ ครั้ง ดังนั้นในกรณีดังกล่าวนี้ แบบควรจะถอดออกจากคอนกรีตได้อย่างสะดวก และง่ายดาย เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว แบบจึงควรที่จะทาหรือพ่นด้วยน้ำมันพาราฟีน เนื่องจากสามารถที่จะล้างออกได้ด้วยน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันเบนซิน แบบเมื่อถอดแล้วควรขูดทำความสะอาดให้เรียบร้อย จากนั้นทาด้วยน้ำมันแล้วนำไปเก็บภายในโรงเก็บอย่างมิดชิด ไม่ควรปล่อยให้ตากแดดฝน เพราะอาจจะทำให้เกิดการเสียหายและบิดงอได้