

การออกแบบนั่งร้านเหล็ก และความปลอดภัยในการติดตั้งใช้งาน

5 สิงหาคม 2558

จัดทำโดย

นายอนุชา ไซคพานิชย์ เลขที่สมาชิก 162913

ผู้ขอรับใบอนุญาต ระดับสามัญวิศวกร

คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งในการขอรับใบอนุญาต ระดับสามัญวิศวกร กรณีสอบแก้ตัว ด้วยการจัดทำรายงานทางวิชาการ ตามหัวข้อที่คณะกรรมการกำหนดให้ โดยมีหัวข้อดังนี้

1. การออกแบบนั่งร้านมีน้ำหนักอะไรบ้าง
2. ขณะติดตั้งนั่งร้านจะตรวจสอบอย่างไร ว่านั่งร้านทำงานได้ตามการออกแบบ
3. สถานที่นั่งร้านกุด จะคำนวณอย่างไรว่ารับน้ำหนักได้หรือไม่
4. ถ้าฐานรับน้ำหนักไม่ไหว มีวิธีแก้ไขอย่างไร
5. จะถอดนั่งร้านได้เมื่อไหร่

นอกจากเนื้อหาของรายงานที่ใช้ตอบคำถามแล้ว ข้าพเจ้าคิดว่ายังมีเนื้อหาอีกมากที่น่าสนใจในเรื่องที่เกี่ยวกับนั่งร้าน ดังนั้นข้าพเจ้าจึงได้นำมาเพิ่มเติมและเรียบเรียงเข้าไปในรายงานฉบับนี้ด้วย โดยหวังว่าจะเป็นประโยชน์แก่ตัวข้าพเจ้าเองและผู้ที่สนใจ

อนุชา โชคพานิชย์

ผู้ขอรับใบอนุญาต ระดับสามัญวิศวกร

สารบัญ

- เนื้อหารายงานส่วนที่ 1 การออกแบบนั่งร้านเหล็ก 4 – 33
- เนื้อหารายงานส่วนที่ 2 ความปลอดภัยในการติดตั้งใช้งาน 34 – 56
- เนื้อหารายงานส่วนที่ 3 ตอบคำถามตามหัวข้อที่กำหนดให้ 59 – 66

เนื้อหาบางส่วนที่ 1 การออกแบบนั่งร้านเหล็ก

ข้อควรรู้เกี่ยวกับการออกแบบนั่งร้าน

(เอกสารอ้างอิง : สำนักงานความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน)

งานก่อสร้างโดยทั่วไปเน้นหนักเรื่องของการรับน้ำหนักที่ปลอดภัยโดยทั่วไปวิศวกรจะคำนึงและออกแบบการรับน้ำหนักความปลอดภัย แต่เฉพาะในเรื่องตัวอาคารเท่านั้น ส่วนประกอบในการใช้เครื่องมือเครื่องใช้ที่ส่วนประกอบ เพื่อเริ่มต้นในการทำงานสำหรับการให้เกิดเป็นอาคารขึ้นมาได้อยู่นอกเหนือความรับผิดชอบของวิศวกร โดยทั่วไปดังนั้นส่วนประกอบเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้เพื่อการดำเนินการดังกล่าว จึงเป็นเหตุให้เกิดอันตรายขึ้น ดังนั้นมาตรการของรัฐ ฯ จึงได้กำหนดขึ้นเป็นกฎหมายเพื่อบังคับใช้แก่นายจ้างโดยทั่วไปสำหรับกฎหมายดังกล่าวซึ่งออกประกาศบังคับใช้ในรูปของกฎกระทรวงและประกาศกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม ว่าด้วยเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน งานก่อสร้าง และยังมีกฎหมายอื่นๆ อีกหลายเรื่องซึ่งใช้เกี่ยวข้องกันอยู่

การรับน้ำหนัก

น้ำหนักไม่ว่าจะเป็นตัวอาคารหรือส่วนประกอบเครื่องมือ เครื่องใช้เพื่อการก่อสร้างให้เกิดเป็นตัวอาคารขึ้น คำว่า “น้ำหนัก” จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องคิดถึงก่อนเพื่อความปลอดภัยในการดำเนินการทุกขั้นตอนเกี่ยวข้องกับวัสดุ และพื้นดิน ซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องรองรับน้ำหนักดังกล่าว สิ่งที่สำคัญ พื้นดินหรือวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการดำเนินการงานนั้น จะต้องรับน้ำหนักให้มีความปลอดภัยได้อย่างไร

น้ำหนัก

คำว่า “น้ำหนัก” เป็นคำที่มีความหมายรวม ซึ่งเมื่อดำเนินการแล้วจะต้องมีความปลอดภัย โดยไม่มีการหักพัง ดังนั้นน้ำหนักเป็นเรื่องที่ทุกคนจะต้องทราบความหมายในเรื่องของ Safety Factor (น้ำหนักที่ปลอดภัย)

1. น้ำหนักบรรทุก คือ น้ำหนักที่จะเพิ่มขึ้นกับสิ่งก่อสร้าง เช่น คน สิ่งของ หรือวัสดุอื่นๆ ที่นำขึ้นไปอยู่บนพื้นหรือบนอาคาร
2. น้ำหนักบรรทุกบนตัวอาคาร คือ น้ำหนักที่วิศวกรจะกำหนดให้รับน้ำหนักได้ตามที่กำหนด ซึ่งเราเรียกว่า Live Load
3. น้ำหนักของตัวอาคาร คือ น้ำหนักรวมโครงสร้างที่ประกอบเป็นส่วนของอาคารทั้งหมด ซึ่งเราเรียกว่า Dead Load
4. การรับน้ำหนักของพื้น หมายถึง น้ำหนักของตัวอาคารที่กดลงพื้นดินที่พื้นดินสามารถรับน้ำหนักได้ที่ปลอดภัย ซึ่งเราเรียกว่า Bearing Capacity

อัตราส่วนความปลอดภัย (Safety Factor) ของการออกแบบ การรับน้ำหนัก สำหรับในเรื่องของการออกแบบการก่อสร้าง

ก. พื้นดินเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบ ซึ่งให้ค่าความปลอดภัยที่กำหนดเป็น Safety Factor

ข. วัสดุในการก่อสร้างแต่ละชนิดที่ต้องกำหนด Safety Factor

ค. พื้นภูมิประเทศ(Location)พื้นที่ที่จะดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นมี

ผลกระทบจากภัยธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม ภูเขาไฟ พายุ ซึ่งกำหนด Safety Factor ได้แตกต่างกัน ดังนั้น สิ่งที่จะต้องทราบในหลักการใหม่ ๆ เช่น ความรู้เบื้องต้นของ

เจ้าหน้าที่ที่จะตรวจความปลอดภัยในงานก่อสร้าง เช่น นั่งร้าน หรือส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวกับตัวอาคาร ซึ่งจะต้องรู้เป็นพื้นฐานเบื้องต้น

นั่งร้านที่กฎหมายกำหนดไว้ในการสร้างนั่งร้านแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. นั่งร้านที่ออกแบบโดยวิศวกรโยธา ก.ว.ได้กำหนดเป็นกฎหมายไว้ โดยให้อำนาจแก่วิศวกรเป็นผู้ออกแบบนั่งร้าน เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานเพื่อการก่อสร้างได้ อย่างน้อยวิศวกรผู้นั้นจะต้องมีรูปแบบนั่งร้าน และรายการคำนวณไว้ให้เจ้าพนักงานตรวจความปลอดภัย เพื่อตรวจสอบ
2. สำหรับนั่งร้านที่ไม่มีวิศวกรเป็นผู้ออกแบบ กฎหมายได้กำหนดให้ใช้วัสดุ ตลอดจนกรรมวิธีต่าง ๆ ให้นายจ้างปฏิบัติเพื่อการสร้างนั่งร้าน
3. สำหรับนั่งร้านที่จะใช้งานสูงเกินกว่า 21 เมตรขึ้นไป เป็นหน้าที่ของนายจ้างจะต้องดำเนินการจัดหาวิศวกรโยธา ซึ่ง ก.ว.กำหนดการออกแบบนั่งร้านให้อย่างน้อยจะต้องมีรูปแบบ และรายละเอียดคำนวณการรับน้ำหนักของนั่งร้าน และรายละเอียดประกอบแบบนั่งร้าน เพื่อให้ นายจ้างพนักงานตรวจสอบได้ เช่นเดียวกับข้อ 1.

รายละเอียดทั่วไปประกอบแบบนั่งร้าน

ตามกฎหมาย วิศวกรหรือผู้ออกแบบจะต้องกำหนดรายละเอียดประกอบแบบนั่งร้านให้ครบถ้วน ตามกฎหมายนั่งร้านกำหนดไว้ กล่าวคือ การรับน้ำหนักบันได รวบบันได ชานพัก สิ่งปิดล้อมนั่งร้าน ฝารองรับได้นั่งร้านกันของตก ส่วนยึดโยงอื่น ๆ เป็นต้น

การใช้ลูกจ้างทำงานบนนั่งร้าน หรือไถ่ นั่งร้าน

อันตรายที่จะเกิดขึ้นกับลูกจ้าง คนงาน ที่ทำงานอยู่บนนั่งร้าน หรือไถ่ นั่งร้านในเรื่องวัสดุตกจากที่สูง เช่น ไม้ เศษไม้ หิน วัสดุอื่น ๆ ตลอดจนเครื่องมือช่าง หรือเครื่องมือกล อาจจะตกจากที่สูงกว่าที่ลูกจ้างทำงานอยู่ ทำให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายของลูกจ้าง ดังนั้นการปฏิบัติงานของลูกจ้างตลอดเวลา นายจ้างจะต้องจัดหมวกนิรภัย หรือรองเท้าที่ป้องกันอันตรายให้แก่ลูกจ้างไว้ เรียกว่า “อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล” ซึ่งกำหนดเป็นมาตรฐานให้ใช้ตามลักษณะและประเภทของงานที่กฎหมายกำหนด

การซ่อมนั่งร้าน

- นั่งร้านโดยทั่วไปเราจะพบเห็นว่า บางส่วนของเสานั่งร้านจะหลุดเอียงบางส่วนอาจจะแตกร้าวบางส่วนอาจจะขาดความมั่นคง เนื่องจากวัสดุ เช่น ปอผุ หรือเปื่อย เป็นต้น จึงเป็นเหตุทำให้นั่งร้านขาดความแข็งแรง การซ่อมนั่งร้านและการหยุดการใช้นั่งร้านจะต้องจัดให้มีการดำเนินการอย่างถูกต้อง
- พื้นฐานรับเสานั่งร้านที่ถ่ายน้ำหนักลงพื้นดิน อาจหลุดต่ำลงถ้าเป็นเสานั่งร้านโลหะก็ควรที่จะใช้แม่แรง ดัดยกขึ้นแล้วต่อเสานั่งร้านให้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของนั่งร้านให้ได้ระดับดังเดิม
- วัสดุอื่น ๆ เช่น ไม้ปอที่แตกร้าวหรือผุ จะต้องคัดออกเปลี่ยนใหม่ให้มีความแข็งแรงเหมือนนั่งร้านใหม่
- อุปกรณ์ต่าง ๆ ของนั่งร้านที่ชำรุด เช่น สิ่งปกปิดล้อมนั่งร้าน พื้นรองรับของกันตกจากที่สูงไถ่ นั่งร้าน ราวทางเดินบนนั่งร้าน ฯลฯ ที่ชำรุดเสียหายไปจะต้องจัดเปลี่ยนใหม่โดยทันที

- การรักษาความสะอาดบนนั่งร้าน ตลอดจนการบรรทุกน้ำหนักบนนั่งร้าน จะต้องดูแลรักษา เมื่อเลิกงานในแต่ละวันให้สะอาด น้ำหนักบรรทุกบนนั่งร้านจะต้องบรรทุกได้ไม่เกิน 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และจะต้องไม่เป็นน้ำหนักเฉลี่ยซึ่งวางไว้เป็นช่วง

น้ำหนักจร

น้ำหนักจรที่เกี่ยวข้องกับนั่งร้าน หมายถึง การเกิดแรงจากพายุที่ทำให้วัสดุอาจพังทลายได้ หรืออันตรายจากภัยธรรมชาติเช่น ฟ้าผ่า แผ่นดินไหว ซึ่งจะต้องไม่ให้มีลูกจ้างคนงานอยู่ปฏิบัติงานในขณะนั้น

ข้อพิจารณาในการออกแบบนั่งร้าน

นั่งร้านแต่ละประเภทย่อมมีความเหมาะสมในการใช้งานเฉพาะอย่างตามสภาพการก่อสร้าง ผู้ดำเนินการก่อสร้างจะต้องเลือกประเภทให้เหมาะสมกับแต่ละงาน เช่น นั่งร้านเสาเรียงเดียว นั่งร้านเสาเรียงคู่ นั่งร้านชนิดแขวน นั่งร้านสำหรับงานซ่อมแซม เป็นต้น

การพิจารณาออกแบบหรือเลือกใช้นั่งร้าน มีข้อควรพิจารณาคือ

1. สภาพสถานที่ และความเหมาะสมกับสถานที่
2. น้ำหนักบรรทุกที่ใช้งาน
3. ความสะดวกในการติดตั้ง และรื้อถอน
4. ความปลอดภัย
5. ความประหยัด

ในปัจจุบันมีประกาศกระทรวงมหาดไทยเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน ได้ออกประกาศกำหนดให้การออกแบบนั่งร้าน ทำโดยผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามที่คณะกรรมการควบคุมประกอบวิชาชีพวิศวกรรม ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพ

วิศวกรรม พ.ศ.2512 กำหนด หากมิได้ออกแบบโดยผู้ที่ได้รับใบอนุญาตดังกล่าว

ผู้ดำเนินการก่อสร้างจะต้องก่อสร้างนั่งร้านให้เป็นไปตามข้อกำหนดขั้นต่ำ ตามประกาศที่กระทรวงมหาดไทย กำหนดไว้

ในส่วนของนั่งร้านทั่ว ๆ ไปนั้น จำเป็นต้องมีแบบที่มาตรฐาน ซึ่งคำนึงถึงความปลอดภัยที่จะใช้งานเป็นหลัก นั่งร้านเหล่านั้นควรมีลักษณะ ดังนี้

- สำหรับนั่งร้านที่ทำด้วยไม้ การออกแบบเพื่อรับน้ำหนัก ควรออกแบบไว้สูงสุด 4 เท่าของน้ำหนักที่จะใช้งานจริง
- การใช้นั่งร้านนั้นไม่ว่าจะใช้งานเมื่อใดก็ตาม ให้ใช้อุปกรณ์ขึ้นส่วนชนิดเดียวกัน อย่าใช้ผสมผสานกัน
- ฐานของนั่งร้านจะต้องมั่นคง และวางอยู่ในลักษณะสมดุล อย่าใช้พวกเศษวัสดุต่าง ๆ เช่น เศษอิฐ เศษไม้ รองขานั่งร้าน
- นั่งร้านควรมีการโยงยึด ผูกติด หรือค้ำยันกับตัวอาคาร เพื่อป้องกันการ เอน ล้ม



- นั่งร้านที่สูงกว่า 2.00 เมตร จะต้องมีราวกันตก
- นั่งร้านที่สร้างด้วยไม้จะต้องใช้ไม้ที่ไม่ผุเปื่อย ไม่มีรอยร้าว หรือชำรุดอื่น ๆ ที่จะทำให้เกิดความแข็งแรงทนทาน

- การทำนั่งร้านแบบเสาเรียงเดียว กรณีที่ใช้ไม้ไผ่เป็นเสาควรตั้งให้ห่างกันไม่เกิน 1.50 เมตร ให้ไม้ไผ่ทำคานผูกติดกับเสาทุกต้น เมื่อตั้งเสาแล้วใช้ไม้ไผ่ทะแยงมุม ไม่เกิน 45 องศา กับแนวราบ
- ที่กล่าวมานี้เป็นตัวอย่างส่วนหนึ่งของแบบนั่งร้าน ซึ่งควรปฏิบัติกันในงานก่อสร้าง ซึ่งรายละเอียดอาจศึกษาได้จาก ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง(นั่งร้าน)
- นอกจากนี้จะต้องมีการบำรุง ดูแลรักษาสภาพการใช้งานของนั่งร้านอยู่อย่างสม่ำเสมอ โดยนั่งร้านทุกชนิดจะต้องมีการตรวจตราทุกอาทิตย์ หากมีพายุฝน แผ่นดินไหว หรือเหตุที่ทำให้นั่งร้านเสียสมดุลหรือคลาดเคลื่อนไป ต้องมีการตรวจสภาพเสมอ
- และที่สำคัญ คือ พนักงานทุกคนจะต้องสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล เช่น หมวกนิรภัยบางครั้งอาจต้องใช้เข็มขัดนิรภัยด้วย

หลักการในการออกแบบนั่งร้าน

1. เลือกชนิดของนั่งร้านให้เหมาะสมกับอาคาร และความสะดวกในการทำงาน เช่น อาคารสูง ๆ ควรใช้นั่งร้านเหล็กเสาเรียงคู่ อาคารเตี้ย ๆ การใช้งานในช่วงระยะสั้น ๆ ควรใช้ไม้ไผ่เสาเรียงเดียว หรืออาจจะผสมดัดแปลง เพื่อความสะดวกในการสร้าง หรือประหยัดค่าใช้จ่าย ทั้งนี้ควรอยู่ในดุลยพินิจของวิศวกร
2. คำนวณแรงที่เกิดขึ้นในชั้นต่าง ๆ ของนั่งร้าน โดยคือน้ำหนักของนั่งร้านให้เป็นไปตามกฎกระทรวงมหาดไทย เช่น 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

3. การออกแบบฐานรองรับ สมมุติว่า Bearing ในกรุงเทพมหานครใช้ 2 ตันต่อตารางเมตร
ในกรณีฐานแผ่ ไม่สามารถรับน้ำหนักน้ํารัน เสาต้องออกแบบเป็นตั่งบนเข็ม ค่า $C=600$
กิโลกรัมต่อตารางเมตร สำหรับดินในกรุงเทพ ฯ

การสร้างฐานน้ํารัน

ฐานรองรับน้ํารันควรพิจารณาถึงความมั่นคงแข็งแรงของดินที่จะรองรับน้ํารันว่าแข็งแรงเพียงพอที่จะรองรับน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงมาจากเสาน้ํารัน โดยมีส่วนความปลอดภัยเพียงพอหรือไม่ ขนาดของฐานควรออกแบบให้สัมพันธ์กับความสามารถของดินที่จะรับน้ำหนัก เช่น ดินเหนียว ที่มีความสามารถในการรับน้ำหนัก 2 ตันต่อตารางเมตร โดยมีส่วนความปลอดภัย 2 ตัน หากน้ำหนักจากเสาน้ํารันรวมกันแล้วได้ 1 ตัน ก็ควรจัดขนาดฐานให้มีพื้นที่รวม 1 ตารางเมตรเป็นอย่างน้อย เพื่อให้ได้ส่วนความปลอดภัยในการรับน้ำหนัก 2 ตัน เป็นต้น หากไม่สามารถทำได้เนื่องจากเหตุผลใด เช่น สถานที่ไม่อำนวย หรือสภาพดินอ่อนก็ควรตอกเสาเข็มรองรับให้มีจำนวนเพียงพอ วัสดุที่ใช้รองรับเป็นฐานน้ํารันควรออกแบบให้แรงเคลื่อนได้พอเพียง และไม่แอ่นตัวเมื่อรับน้ำหนัก ในกรณีที่ใช้ฐานแผ่วางบนดิน ควรลอกหน้าดินออกเสียก่อน

ความแข็งแรงของฐานรองรับควรออกแบบให้มีความแข็งแรงเท่า ๆ กัน หากจุดใดจุดหนึ่งมีความแข็งแรงน้อยกว่า อาจทำให้เกิดการทรุดตัวไม่เท่ากัน จนอาจเกิดการวิบัติได้



การถอดแบบพื้นและค้ำยันกลับ

(เอกสารอ้างอิง : ความรู้เกี่ยวกับพื้นคอนกรีตอัดแรง, บริษัท ซี-โพสต์ จำกัด <http://www.c-post.co.th/www/c-post/thai/producta.php>)

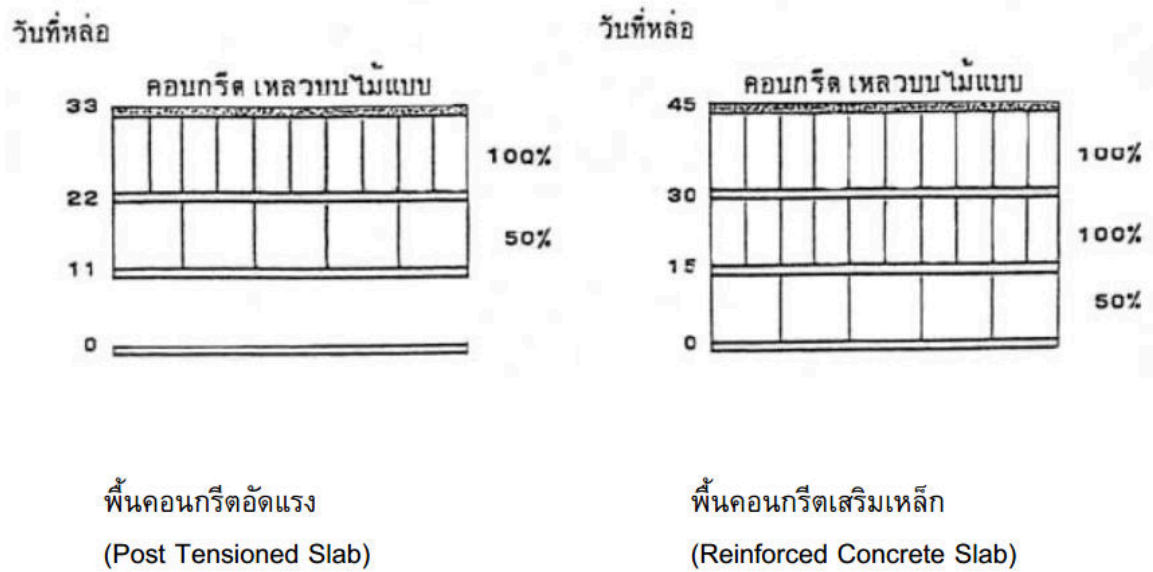
● ขั้นตอนการถอดแบบ

การถอดแบบพื้นและค้ำยันกลับ

หลังจากทำการ Stressing เสร็จเรียบร้อยแล้วทำการถอดแบบพื้นเพื่อนำไปใช้งานต่อไป ก่อนที่จะเทชั้นต่อไปจะต้องมีค้ำยันรับชั้นเดิม 50% ตามรูป A ทั้งนี้ต้องเช็คน้ำหนักบรรทุกด้วย ดังนี้

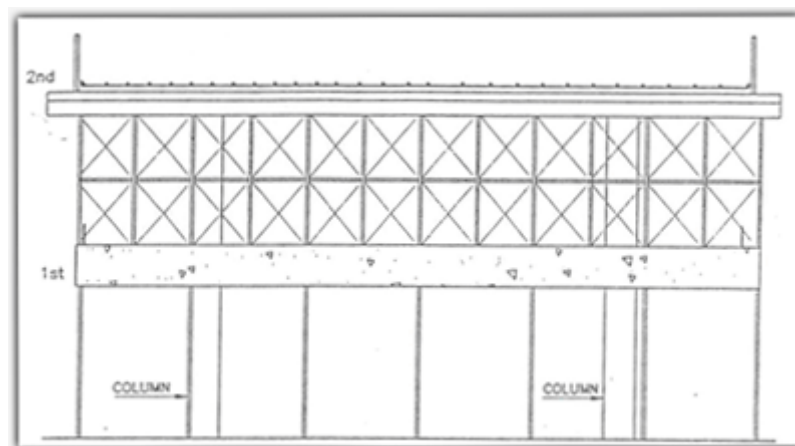
พื้นหนา 20 ซม. นน.คอนกรีต	480	kg/m ²
นน.นั่งร้านและอื่น ๆ	120	kg/m ²
∴ นน.บรรทุกรวม	600	kg/m ²
นน.บรรทุกที่ถอดแบบ	400	kg/m ²
∴ ต้องถ่าย นน.ลงพื้นชั้นล่าง	200	kg/m ²
ดังนั้นต้องค้ำยัน	$= \frac{200}{400} = 50\%$	

เนื่องจากพื้น Post tension ที่อัดแรงแล้ว ก็จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ ซึ่งเมื่อเทียบกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก จะต้องรอให้อายุคอนกรีตได้อย่างน้อย 15 วัน จึงจะเริ่มถอดแบบ ดังนั้นสำหรับพื้น Post tension จะสามารถถอดแบบได้เร็วกว่าพื้นระบบธรรมดา และการนำแบบไปใช้ในชั้นอื่น ๆ ก็จะสามารถเวียนได้มากกว่า

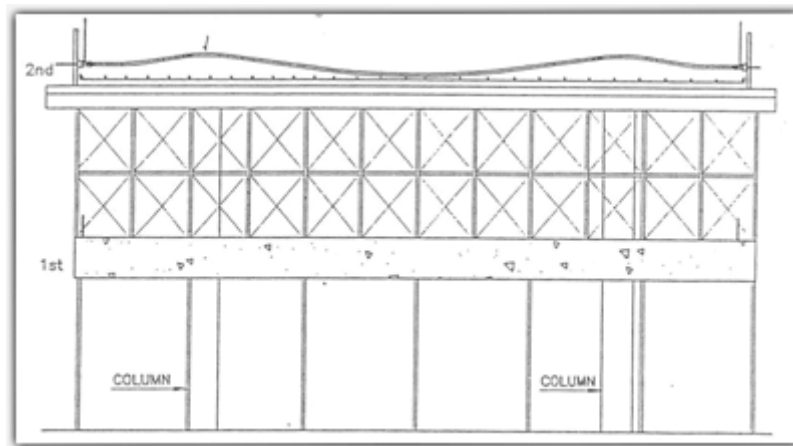


ภาพแสดงการค้ำยันเพื่อการเทคอนกรีตของพื้น 2 ระบบ

● ขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง

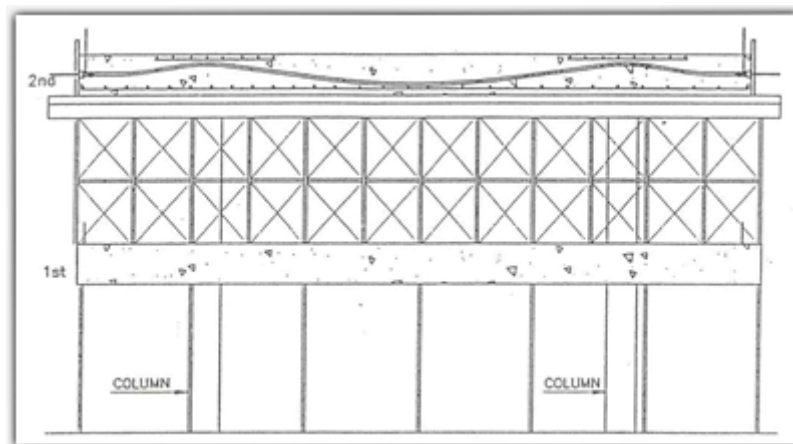


1. ติดตั้งค้ำยัน แบบหล่อ แบบข้างของพื้น Post-tension
2. วางเหล็กเสริมล่าง



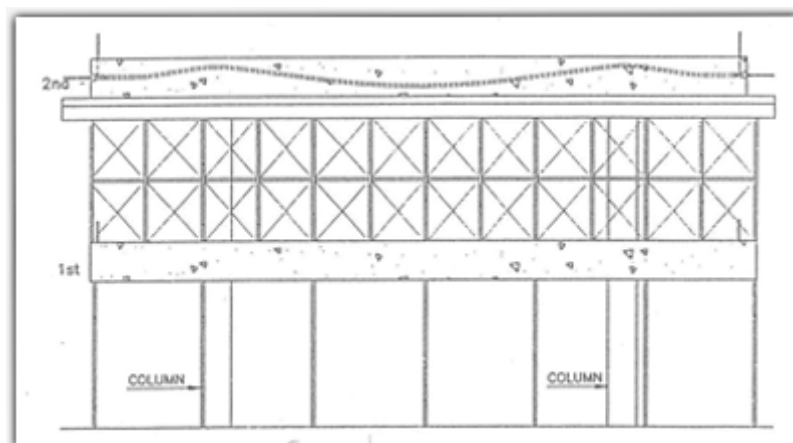
3. ติดตั้ง Recess, Former, Anchorage

4. วางลวดอัดแรง และใส่ท่อ Grout Vent สำหรับใช้ในการอัดน้ำปูน



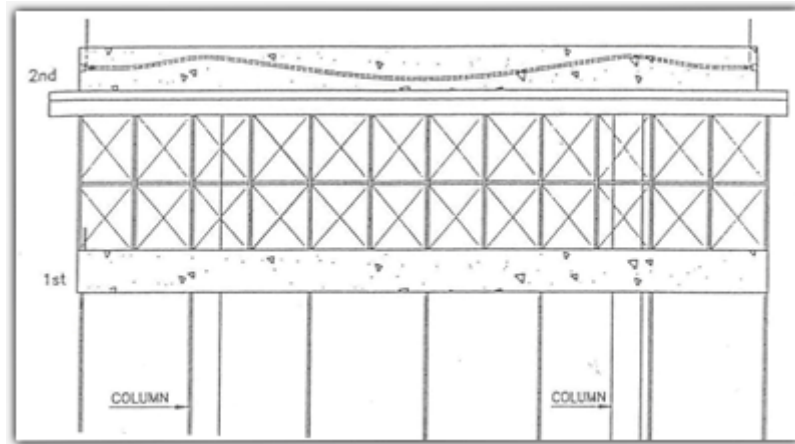
5. วางเหล็กเสริมบน

6. เทคอนกรีต



7. ปั่นคอนกรีต และถอดแบบข้าง

8. แกะ Recess Former



9. ดึงลดอัดแรง เมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดไม่ต่ำกว่า 240 ksc. (Cylinder)

- STEP 1 ตั้งค้ำยันพร้อมไม้แบบสำหรับหล่อพื้นคอนกรีตอัดแรง
- STEP 2 วางเหล็กเสริมล่าง (Bottom Reinforcement) ตามแบบก่อสร้าง
- STEP 3 วาง P.C. Strand ตาม Profile ที่กำหนดในแบบ
พร้อมกับการติดตั้ง Anchorage
- STEP 4 วางเหล็กเสริมบน (Top Reinforcement) ตามแบบก่อสร้าง
- STEP 5 เทคอนกรีตของพื้น
- STEP 6 ทำการ Stressing เมื่อคอนกรีตมี Compressive Strength
ไม่น้อยกว่า 240 ksc. (Cylinder)
- STEP 7 ค้ำยันและไม้แบบสามารถถอดได้หลังจาก Stressing เสร็จเรียบร้อยแล้ว
โดยมีค้ำยันเฉพาะจุดที่กำหนดให้
- STEP 8 การตั้งไม้แบบและค้ำยันรับพื้นชั้นบนสามารถทำได้เลย หลังจากที
เทคอนกรีตชั้นล่างเสร็จแล้วโดยไม่ต้องรอ Stressing ก่อน นั่นคือ
จาก STEP 5 เสร็จ ขึ้นไม้แบบชั้นต่อไปได้เลย
- STEP 9 ในกรณีที่พื้นชั้นต่อไปพร้อมที่จะเทคอนกรีตได้

9.1 ให้คงไม้แบบของพื้นชั้นล่างไว้ทั้งหมด ในกรณีที่พื้นชั้นนี้ยังไม่ได้

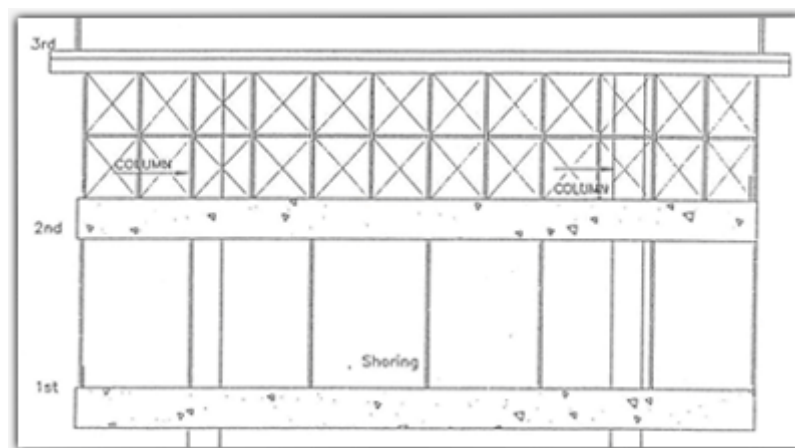
ทำการ Stressing

9.2 ให้มีค้ำยันตามตำแหน่งเฉพาะที่กำหนดให้ได้ โดยไม่จำเป็นต้อง

ค้ำทั้งชั้น สำหรับกรณีพื้นชั้นนี้ทำการ Stressing แล้ว

10. ตัดปลายลวดหลังจากได้รับอนุญาตจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน

11. อัดปิดเบ้า Recess บริเวณ Anchorage ด้วยปูนทราย



12. ถอดแบบหล่อพื้น และทำการค้ำยันกลับ (Shoring)

13. อัดน้ำปูน

หมายเหตุ หากจำเป็นต้องหยุดเทคอนกรีตให้หยุดที่ระยะ $L/4$ จากแนวเสาและอนุญาตให้มี

Construction Joint ได้ชั้นละ 1 แห่งเท่านั้น

การก่อสร้างเพื่อป้องกันการถล่มของพื้นโรคนาน

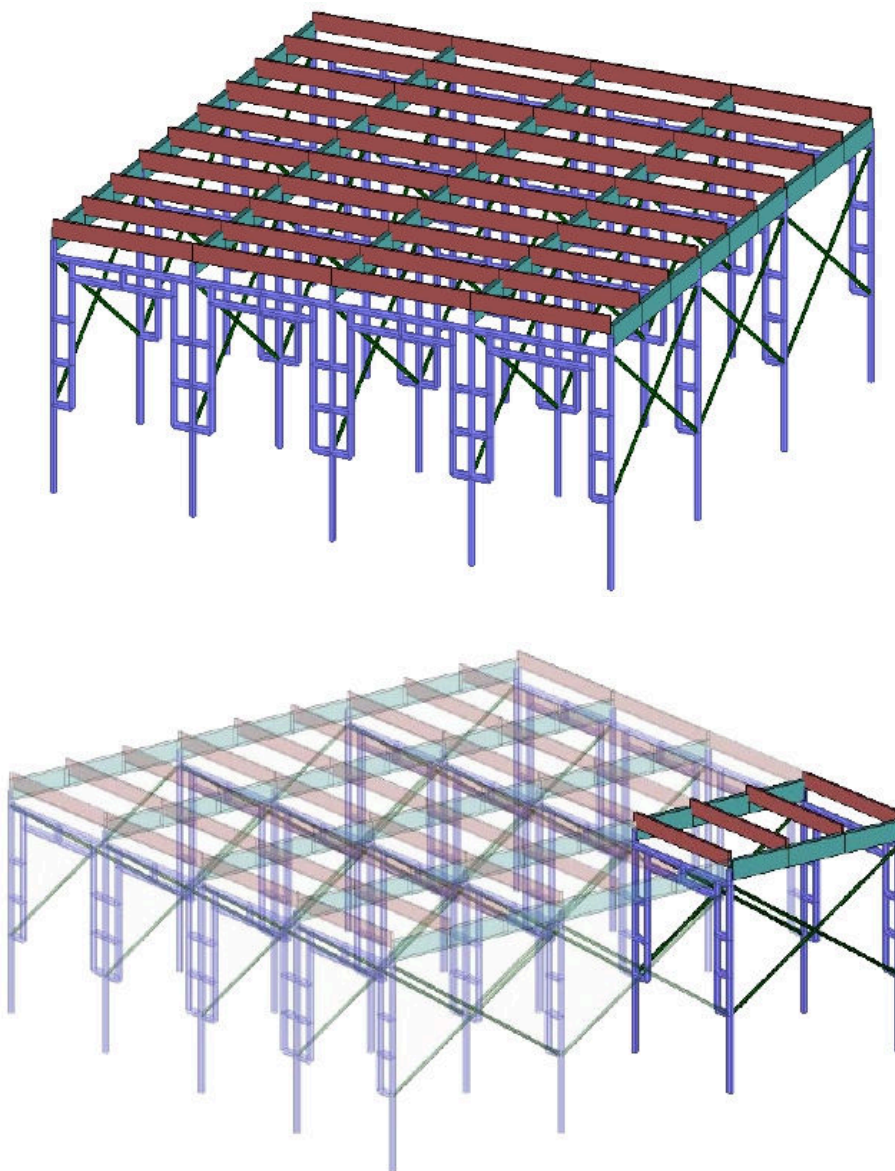
(เอกสารอ้างอิง : รองศาสตราจารย์ ดร.อมร พิมานมาศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, แนวทางออกแบบและก่อสร้างเพื่อป้องกันตึกถล่มในพื้นที่โรคนาน)

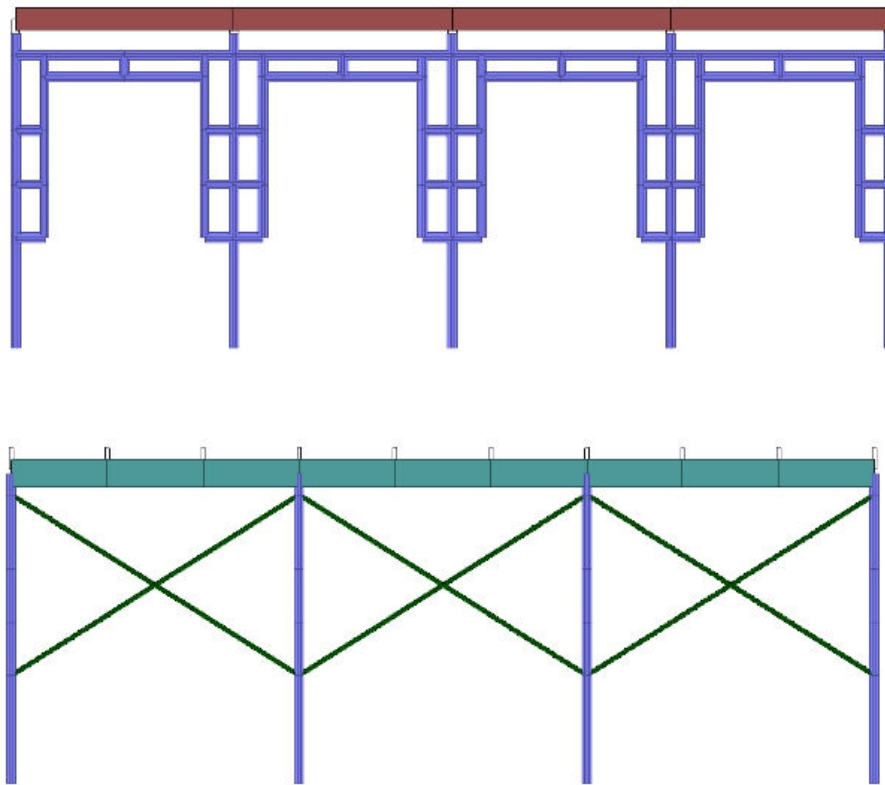
1. การเทคอนกรีตในพื้นที่จะต้องกระจายคอนกรีตให้ทั่วบริเวณ อย่าให้คอนกรีตกองกระจุกตัวที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งมากเกินไป
2. เนื่องจากน้ำหนักคอนกรีตเหลวที่กำลังเทพื้นอยู่นั้น อาจมีน้ำหนักมากกว่าน้ำหนักจรรยาหลายเท่า ดังนั้นนั่งร้านค้ำยันพื้นที่จะเทจะต้องมีอย่างพอเพียงโดยอาจต้องค้ำยันได้พื้นมากกว่า 1 ชั้น ทั้งนี้วิศวกรต้องเป็นผู้กำหนด
3. พื้นที่เป็นฐานสำหรับการตั้งนั่งร้านค้ำยัน หากเป็นพื้นคอนกรีตอัดแรงจะต้องดึงลวดอัดแรงให้เรียบร้อย ก่อนตั้งนั่งร้านค้ำยัน หากเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก จะต้องรอให้ได้อายุเสียก่อนจึงตั้งนั่งร้านค้ำยันได้
4. การถอดนั่งร้านค้ำยัน จะต้องรอให้คอนกรีตได้อายุและได้กำลังรับน้ำหนักเสียก่อน จึงจะถอดค้ำยันได้ การรีบถอดค้ำยันเร็วเกินไปโดยที่คอนกรีตยังไม่ได้อายุ อาจทำให้พื้นถล่มลงมาได้
5. ในขั้นตอนการเทคอนกรีต จะต้องมีการตรวจสอบที่มีใบอนุญาตจากสภาวิศวกรควบคุมการทำงานในทุกขั้นตอน รวมทั้งขั้นตอนการก่อสร้างที่สำคัญขั้นตอนอื่น

กรณีศึกษาเพื่อการออกแบบ (กรอบแนวความคิดเบื้องต้น)

(เอกสารอ้างอิง : อาจารย์เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก (วศม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, การออกแบบนั่งร้าน)

ต้องการออกแบบระบบนั่งร้าน เหล็กรูปพรรณ เพื่อรองรับแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก
หนา 23 cm. (ระบบโพสเทนชั่น ระยะห่างระหว่างเสา แต่ละด้าน 8 m.) สำหรับอาคาร
ปฏิบัติการเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี





1. ออกแบบความหนาของแผ่นไม้อัด (Plywood Decking) แบบท้องพื้น

1.1 ข้อมูลการออกแบบ

-ระยะวางพาดของไม้อัด (เท่ากับระยะห่างระหว่างตง) = กำลังที่จะหา, m.

1.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อหนึ่งร้าน

-น้ำหนักบรรทุกจร

= 245 ksm. (ตรงนี้ไม่เกี่ยวหรือเป็นคนละเรื่องกับน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับ

ออกแบบโครงสร้าง ถ้าออกแบบแผ่นพื้นกรณีนี้เป็นอาคารเรียนจะใช้ที่อย่างต่ำ 400 ksm.)

-น้ำหนักบรรทุกตายตัว

-น้ำหนักแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก = $2,450 \times (23/100) = 563.50$ ksm. (กรณีคอนกรีตอัด

แรงใช้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีต $2,450 \text{ kg./m.}^3$)

-คิदनํ้าหนักของตัวนํ้าร้าน = 50 ksm.

-และคิดเผื่อน้ำหนักของอุปกรณ์ติดตั้ง-ฝัง-ยึด = 15 ksm.

-รวมน้ำหนักบรรทุกทุกที่กระทำต่อนั่งร้านทั้งหมด

$$= 245 + 563.50 + 50 + 15 = 873.50 > 450 \text{ ksm...ผ่าน (600 ksm. กรณีใช้รถเข็น)}$$

1.3 หาความหนาของไม้ัดรองแผ่นพื้น (จากตารางไม้ัด...ในที่นี้ใช้ของ America)

Derived from recommendations of the American Forest & Paper Association (Reference 4-3) and from recommendations of the American Plywood Association (Reference 4-8)

SPECIES AND GRADE	Extreme fiber bending stress, F_b	Compression $\perp$ to grain, F_{ci}	Compression $\parallel$ to grain, F_c	Horizontal shear, F_v ($\parallel$ to grain)	Modulus of elasticity, E
PLYWOOD SHEATHING USED WET: Plyform B-B, Class 1 (Grade stress level S2)	1545**	Bearing on face: 210	—	57***	1,500,000***

Example Effective Section Properties for Plywood: 12-in. Unit Width of B-B Plyform, Class I

Plywood Net Thickness (in.)	12-in Width, Used with Face Grain Parallel to Span			12-in. Width, Used with Face Grain Perpendicular to Span			Weight (psf)
	Moment of Inertia (I) (in. ⁴)	Effective Section Modulus (S) (in. ³)	Rolling Shear Constant (Ib/Q) (in. ²)	Moment of Inertia (I) (in. ⁴)	Effective Section Modulus (S) (in. ³)	Rolling Shear Constant (Ib/Q) (in. ²)	
1/2	0.077	0.268	5.153	0.024	0.130	2.739	1.5
5/8	0.130	0.358	5.217	0.038	0.175	3.094	1.8
3/4	0.199	0.455	7.187	0.092	0.306	4.063	2.2
7/8	0.296	0.584	8.555	0.151	0.422	6.028	2.6
1	0.427	0.737	9.374	0.270	0.634	7.014	3.0

จากรูปสมมติเลือกใช้ไม้ัดหนา 3/4 นิ้ว หรือ 19 mm. [มีคุณสมบัติดังนี้

$$I = 0.199 \text{ in}^4 (8.28 \text{ cm}^4), S = 0.455 \text{ in}^3 (7.46 \text{ cm}^3), Ib/Q = 7.187 \text{ in}^2 (46.37 \text{ cm}^2),$$

หนัก 2.20 psf., $F_b = 1,545 \text{ psi} = 108.62 \text{ ksc.}$, $F_s = 57 \text{ psi} = 4.01 \text{ ksc.}$, $E = 1,500,000 \text{ psi} = 105,452.91 \text{ ksc.}$,)]

1.4 ตรวจสอบระยะห่างที่ยอมให้ของตงที่รองรับไม้ัดขนาดที่เลือก

-ระยะห่างสูงสุดของตงที่รองรับไม้ัดเนื่องจากผลของการดัด

$$F_b = M/S = (WL^2)/(10S), L = 3.16 \sqrt{(SF_b/W)} = 3.16 \sqrt{[(7.46 \times 108)/(873.50/100)]} = 30.35 \text{ cm.}$$

-ระยะห่างสูงสุดของตงที่รองรับไม้ัดเนื่องจากผลของการแอ่นตัว

$$(WL^4)/(145IE)=L/360, L = 0.74 \sqrt[3]{(IEw/W)} = 0.74 \sqrt[3]{[(8.28 \times 105,452.91)]}$$

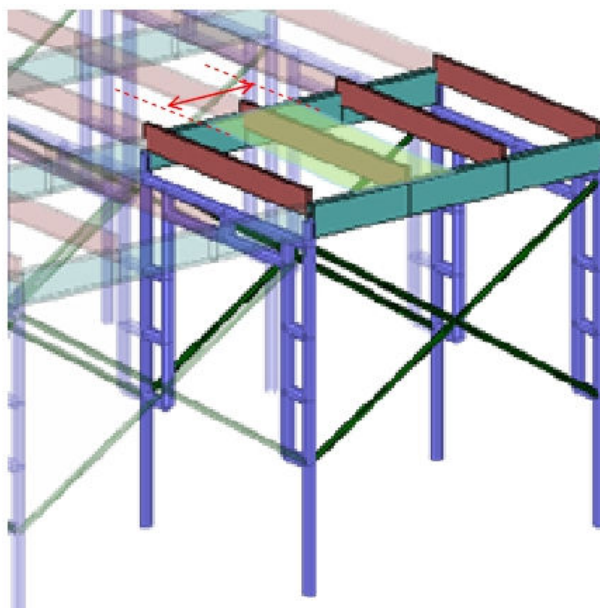
$$/(873.50/100)] = 34.34 \text{ cm.}$$

-ระยะห่างสูงสุดของตงที่รองรับไม้อัดเนื่องจากผลของ Rolling Shear

$$F_s = (VQ/Ib) = (0.625WLQ)/(8.28 \times 100), L = [F_s/(0.625W)](Ib/Q) = [4.01/(0.625 \times (873.50/100))](46.37) = 34.06 \text{ cm.}$$

สรุป : จะเห็นว่าระยะห่าง สูงสุดของตงที่รองรับไม้อัด จากผลของโมเมนต์ดัดเป็น ตัวควบคุม คือ 30.35 cm. ดังนั้นระยะห่างระหว่างตงจะต้องไม่เกิน 30.35 cm. แต่เพื่อให้ดูเหมาะสมจึงเลือกใช้เป็น 30 cm. เมื่อใช้ไม้อัดแบบหนา $\frac{3}{4}$ นิ้ว แต่ถ้าหากต้องการวางระยะห่างระหว่างตงมากกว่านี้ ในเบื้องต้นอาจทำได้โดยเพิ่มที่ความหนาของแผ่นไม้อัดแบบขึ้นอีก

2. ออกแบบตง (Joist) รับแผ่นไม้อัดแบบ



2.1 ข้อมูลการออกแบบ

-ระยะห่างระหว่างตง = 0.30 m.

-เลือกใช้เหล็กรูปพรรณ มอก. 107, เกรด HS41: $F_y = 2,400 \text{ ksc.}; F_u = 4,100 \text{ ksc.}$

2.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อตง (ยกมา 873.50 ksm.)

-รวมน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อนั่งร้านหมด

$$= 245 + 563.50 + 50 + 15 = 873.50 > 450 \text{ ksm...ผ่าน}$$

ดังนั้นน้ำหนักกระทำที่ตงแต่ละตัว = $WA = 873.50 \times (30/100) = 262.05 \text{ kg./m...}$ (ส่วนที่แล
เงา)

2.3 หาขนาดของตง

CARBON RECTANGULAR TUBE

เหล็กท่อเหลี่ยมแบน

Dimension Tolerance

Outside Dimeter	: $\leq 100 \text{ mm.} \pm 1.5 \text{ mm.}$
	: $> 100 \text{ mm.} \pm 1.5 \%$
Thickness	: $< 3.0 \text{ mm.} \pm 0.3 \text{ mm.}$
	: $\geq 3.0 \text{ mm.} \pm 10 \%$

Size Length inch	Thickness mm.	Calculate Weight	Cross Section Area	Informative Reference					
				Geometrical Moment of Inertia		Modulus of Section		Radius of Gyration	
D x B	t	w	a	I_x	I_y	Z_x	Z_y	r_x	r_y
mm.	mm.	kg/m.	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
50x25	1.6	1.75	2.23	7.42	2.47	2.96	1.97	1.82	1.05
	2.3	2.43	3.10	10.13	3.29	4.05	2.63	1.80	1.03
	3.2	3.24	4.12	13.19	4.17	5.27	3.33	1.78	1.00
60x30	1.6	2.12	2.71	13.07	4.38	4.35	2.92	2.19	1.27
	2.3	2.97	3.79	18.01	5.93	6.00	3.95	2.17	1.25
	3.2	3.99	5.08	23.71	7.62	7.90	5.08	2.15	1.22
75x38	1.6	2.70	3.44	26.25	9.07	7.00	4.77	2.75	1.62
	2.3	3.80	4.84	36.47	12.43	9.72	6.54	2.74	1.60
	3.2	5.14	6.55	48.58	16.25	12.95	8.55	2.72	1.57
100x50	1.6	3.63	4.63	62.92	21.48	12.58	8.59	3.68	2.15
	2.3	5.14	6.55	88.17	29.77	17.63	11.90	3.66	2.13
	3.2	7.00	8.92	118.72	39.51	23.74	15.80	3.64	2.10
	4.5	9.55	12.16	159.19	51.90	31.83	20.76	3.61	2.06
	6.0	12.27	15.63	200.86	63.92	40.17	25.57	3.58	2.02

จากตารางสมมติเลือกใช้ตงเหล็กขนาด [] - 75 x 38 x 2.30 mm.

(มีคุณสมบัติดังนี้ $I_x = 36.47 \text{ cm}^4$, $S_x = 9.72 \text{ cm}^3$, $A_s' = 4.84 \text{ cm}^2$, น้ำหนัก 3.80 kg./m.)

2.4 ตรวจสอบระยะห่างสูงสุดที่ยอมให้ของคานรองรับตง

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากผลของการดัด

$$F_b = M/S = (WL^2)/(10S), L = 3.16 \sqrt{(S_x F_b / W)} = 3.16 \sqrt{[(9.72 \times (0.6 \times 2,400)) / (873.50 / 100)]} = 126.49 \text{ cm.}$$

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากการแอ่นตัว

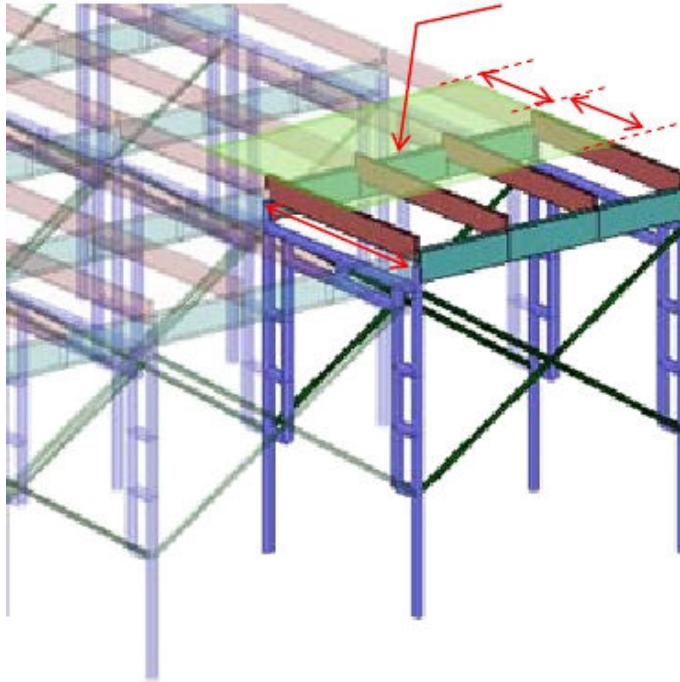
$$(WL^4)/(145IE) = L/360, L = 0.74 \sqrt[3]{(I_x E_s / W)} = 0.74 \sqrt[3]{[(36.47 \times 2040,000) / (873.50 / 100)]} = 151.12 \text{ cm.}$$

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจาก Shear

$$F_s = 0.40F_y = (V/A_w) = (5WL/8)/(2dtw), L = (1.28F_y dtw)/W = [(1.28 \times 2,400 \times 7.50 \times (2.30/10)) / (873.50/100)] = 606.66 \text{ cm.}$$

สรุป: จะเห็นว่าระยะห่างสูงสุดที่ยอมให้ของคานรองรับตง จากผลของโมเมนต์ดัดเป็นตัวควบคุมคือ 126.49 cm. ดังนั้นระยะห่างระหว่างคานรับตงจะต้องไม่เกิน 126.49 cm. แต่เพื่อให้เหมาะสมจึงเลือกใช้เป็น 125 cm. เมื่อใช้ตงขนาด [] - 75 x 38 x 2.3 mm.@0.30 m.

3.ออกแบบคานรับตง (Stringer)



3.1 ข้อมูลการออกแบบ

-ระยะห่างระหว่างคานรับตง = 1.25 m.

-เลือกใช้เหล็กรูปพรรณ มอก.107, เกรด HS41: $F_y = 2,400 \text{ ksc.}$; $F_u = 4,100 \text{ ksc.}$

3.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อคานรับตง (ยกมา 873.50 ksm.)

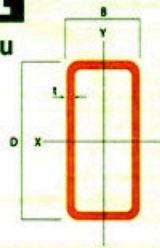
รวมน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อนั่งร้านทั้งหมด

$$= 245 + 563.50 + 50 + 15 = 873.50 > 450 \text{ ksm...ผ่าน}$$

ดังนั้นน้ำหนักกระทำที่คานรับตงแต่ละตัว = $WA = 873.50 \times (1.25) = 1,091.88 \text{ kg./m}$

$$= 1,091.88 / 2 = 545.94 \text{ kg./m}$$

3.3 หาขนาดของคานรับตง

CARBON RECTANGULAR TUBE									
เหล็กท่อเหลี่ยมแบน									
Dimension Tolerance Outside Dimeter : $\leq 100 \text{ mm.} \pm 1.5 \text{ mm.}$: $> 100 \text{ mm.} \pm 1.5 \%$ Thickness : $< 3.0 \text{ mm.} \pm 0.3 \text{ mm.}$: $\geq 3.0 \text{ mm.} \pm 10 \%$									
									
Size Length inch	Thickness mm.	Calculate Weight	Cross Section Area	Informative Reference					
				Geometrical Moment of Inertia		Modulus of Section		Radius of Gyration	
D x B	t	w	a	I_x	I_y	Z_x	Z_y	r_x	r_y
mm.	mm.	kg/m.	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
50x25	1.6	1.75	2.23	7.42	2.47	2.96	1.97	1.82	1.05
	2.3	2.43	3.10	10.13	3.29	4.05	2.63	1.80	1.03
	3.2	3.24	4.12	13.19	4.17	5.27	3.33	1.78	1.00
60x30	1.6	2.12	2.71	13.07	4.38	4.35	2.92	2.19	1.27
	2.3	2.97	3.79	18.01	5.93	6.00	3.95	2.17	1.25
	3.2	3.99	5.08	23.71	7.62	7.90	5.08	2.15	1.22
75x38	1.6	2.70	3.44	26.25	9.07	7.00	4.77	2.75	1.62
	2.3	3.80	4.84	36.47	12.43	9.72	6.54	2.74	1.60
	3.2	5.14	6.55	48.58	16.25	12.95	8.55	2.72	1.57
100x50	1.6	3.63	4.63	62.92	21.49	12.58	8.59	3.68	2.15
	2.3	5.14	6.55	88.17	29.77	17.63	11.90	3.66	2.13
	3.2	7.00	8.92	118.72	39.51	23.74	15.80	3.64	2.10
	4.5	9.55	12.16	159.19	51.90	31.83	20.76	3.61	2.06
	6.0	12.27	15.63	200.86	63.92	40.17	25.57	3.58	2.02

จากตารางสมมติเลือกใช้คานรับตงขนาด [] - 100 x 50 x 2.30 mm. (มีคุณสมบัติ

ดังนี้ $I_x = 88.17 \text{ cm}^4$, $S_x = 17.63 \text{ cm}^3$, $A_s' = 6.55 \text{ cm}^2$, น้ำหนัก 5.14 kg./m.)

3.4 ตรวจสอบระยะห่างสูงสุดที่ยอมให้ของเสาตั้งรองรับคานรับตง

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากผลของการดัด

$$F_b = M/S = (WL^2)/(10S), L = 3.16 \sqrt{(S_x F_b / W)} = 3.16 \sqrt{[(17.63 \times (0.6 \times 2,400)) / (545.94 / 100)]} = 215.49 \text{ cm.}$$

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากการแอ่นตัว

$$(WL^4)/(145IE) = L/360, L = 0.74 \sqrt[3]{(IxEs/W)} = 0.74 \sqrt[3]{[(88.17 \times 2040,0$$

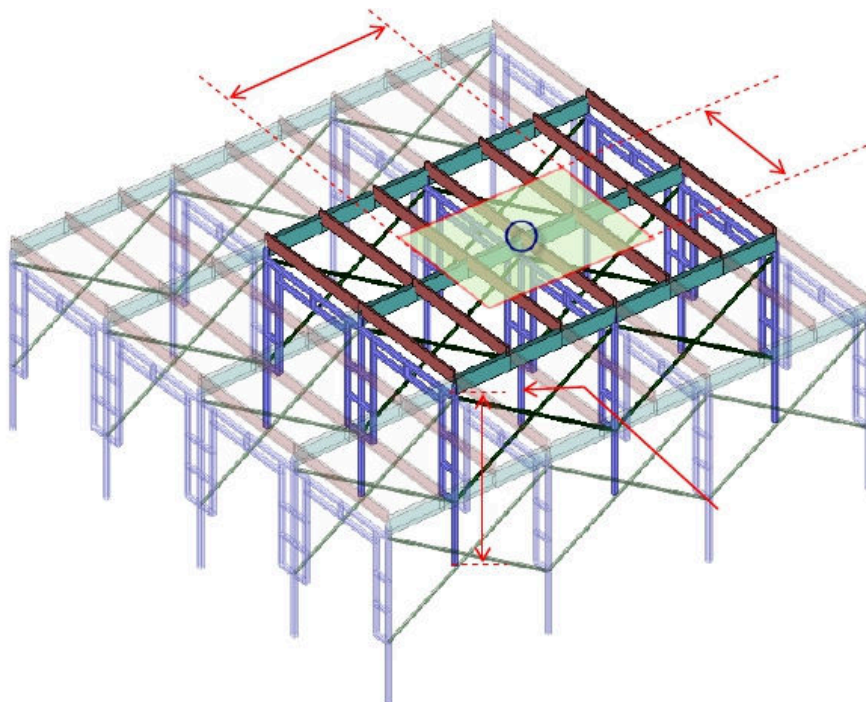
$$00)/(545.94/100)] = 237.23 \text{ cm.}$$

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจาก Shear

$$F_s = 0.40F_y = (V/A_w) = (5WL/8)/(2dt_w), L = (1.28F_y dt_w)/W = [(1.28 \times 2,400 \times 10 \times (2.30/10))/(545.94/100)] = 1,294.21 \text{ cm.}$$

สรุป: จะเห็นว่าระยะห่าง สูงสุดที่ยอมให้ของเสาตั้งรองรับคานรับตง จากผลของโมเมนต์ดัด เป็นตัวควบคุมคือ 215.49 cm. ดังนั้นระยะห่างระหว่างเสาตั้งรองรับคานรับตงจะต้องไม่เกิน 215.49 cm. แต่เพื่อให้ดูเหมาะสมจึงเลือกใช้เป็น 200 cm. เมื่อใช้คานรับตง [] - 100 x 50 x 2.30 mm. @ 1.25 m.

4.ออกแบบเสาตั้งหรือเสาค้ำยัน



4.1 ข้อมูลการออกแบบ

-เสาดูสูง 1.70 m. (เท่าไรก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ)

-พื้นที่เทียบเท่าสำหรับน้ำหนักบรรทุกเพื่อการออกแบบ $= 1.25 \times 2.00 = 2.50 \text{ m.}^2$

-เลือกใช้เหล็กรูปพรรณ มอก. 116, เกรด Fe24 ($F_y = 2,400 \text{ ksc.}$, $F_u = 4,100 \text{ ksc.}$)

4.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อเสาดู (ในพื้นที่ 2.50 m.^2)

รวมน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อเสาดู $= 873.50 \times 2.50 = 2,183.75 \text{ kg. say } 2,500 \text{ kg.}$

ดังนั้นน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อเสาดูแต่ละตัว $= 2,183.75/2 = 1,250 \text{ kg}$

4.3 ออกแบบขนาดหน้าตัดของเสาดู

-หาพื้นที่หน้าตัด (A) ที่

ต้องการ $= F_c / (0.60 F_y) = 1,250 / (0.60 \times 2,400) = 0.87 \text{ cm.}^2$

-เปิดตารางเหล็ก Pipe เลือกขนาดเหล็กโดยใช้ค่า $A = 0.87 \text{ cm.}^2$ เป็นค่าต่ำสุด

ในการเลือกขนาดหน้าตัดเหล็ก

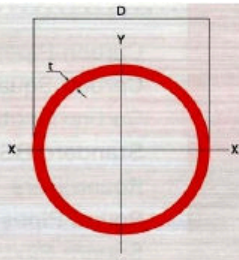
CARBON PIPES เหล็กท่อนดำ

Dimension Tolerance

Outside Diameter : < 50 mm. + 0.5 mm.
 : > 50 mm.-150 mm. : + 1%
 : > 200 mm. : + 0.8%

Thickness : +Not Specified
 : - 12%

Length : + 1%




Normal Dimension	Outside Diameter	Thickness	Calculate Weight	Informative Reference			
				Cross Section Area	Geometrical Moment of Inertia	Modulus of Section	Radius of Gyration
DN	D	t	w	a	I	Z	i
in.	mm.	mm.	kg/m.	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
1/2" (15)	21.7	1.6 2.3	0.77 1.08	0.99 1.38	0.49 0.63	0.45 0.59	0.70 0.67
3/4" (20)	27.2	1.6 2.3 3.2	1.00 1.40 1.87	1.28 1.78 2.39	1.03 1.37 1.72	0.76 1.01 1.27	0.89 0.87 0.84
1" (25)	34.2	1.6 2.3 3.2	1.28 1.80 2.44	1.64 2.30 3.11	2.17 2.93 3.76	1.26 1.71 2.19	1.15 1.12 1.09
1 1/4" (32)	42.7	1.6 2.3 3.2 4.0	1.61 2.27 3.08 3.82	2.05 2.90 3.94 4.86	4.27 5.84 7.62 9.20	2.01 2.75 3.88 4.31	1.44 1.42 1.38 1.38
1 1/2" (40)	48.6	1.6 2.3 3.2 4.0	1.84 2.61 3.56 4.40	2.35 3.33 4.54 5.60	6.44 8.87 11.66 14.05	2.66 3.66 4.81 5.78	1.65 1.63 1.6 1.58
2" (50)	60.5	2.3 3.2 4.0	3.29 4.50 5.57	4.19 5.74 7.10	17.64 23.46 28.50	5.84 7.77 9.41	2.05 2.02 2.00
2 1/2" (65)	76.3	2.3 3.2 4.0	4.19 5.76 7.13	5.34 7.34 9.08	36.47 48.95 59.50	9.56 12.83 15.60	2.61 2.58 2.56

4.4 ตรวจสอบหน่วยแรง

Buckled shape of column is shown by dashed line	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated.	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

1. หาหน่วยแรงอัดที่ยอมให้

-หาค่า K จากตารางเมื่อการต่อที่ปลายบน-ล่าง เป็น hinge ได้ $K = 1.0$

-หา $C_c = KL/r_{min} = [(1)(1.70 \times 100)]/1.42 = 119.72 < 200$ (สำหรับโครงสร้างหลัก)...ผ่าน

$$\text{-หา } S = \sqrt{[(2EsW^2)/F_y]} = \sqrt{[(2 \times 2.04 \times 10^6 \times (22/7)^2)/2,400]} = 129.58$$

-เนื่องจากค่าของ $C_c < S$ ดังนั้นหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (F_{ac}) จึงหาได้จากสมการ

$$F_{ac} = [1 - 0.5(C_c/S)^2][F_y] / [(5/3) + (3/8)(C_c/S) - (1/8)(C_c/S)^3]$$

$$\text{เมื่อค่า } (C_c/S) = (119.72/129.58) = 0.92$$

$$F_{ac} = [1 - 0.5(0.92)^2][2,400] / [(5/3) + (3/8)(0.92) - (1/8)(0.92)^3]$$

$$= 734.67 \text{ ksc.}$$

2. ตรวจสอบขนาดหน้าตัดที่เลือกออกแบบ

-หาความสามารถในการรับแรงอัดตามแนวแกนได้จากสมการ $(F_{ac})(A_s') \geq F_c$

-ความสามารถในการรับแรงอัดตามแนวแกน

$$= (734.67 \times 2.90) = 2,130 \text{ kg.} > 1,250 \text{ kg.} \dots \text{ผ่าน}$$

สรุป: ใช้เสาตีหรือเสาค้ำยันขนาด Pipe O – 42.70 x 2.30 mm

หากต้องการออกแบบโดยใช้นั่งร้านสำเร็จรูป

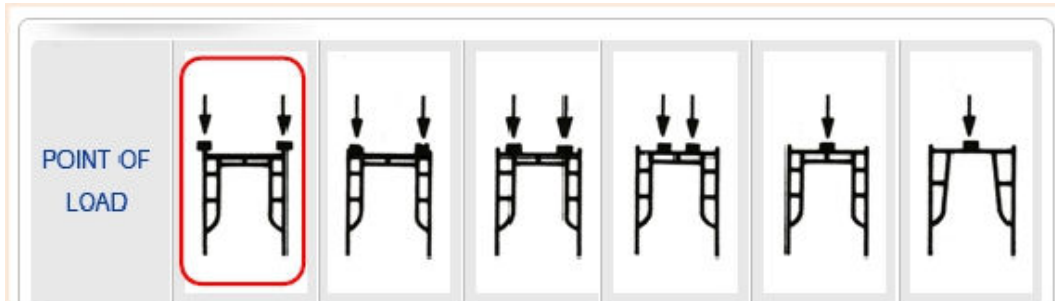
1. ต้องหาสเปคของเหล็กนั่งร้านมาก่อนดังแสดง

MAXIMUM LEG LOADS (Safety factor: 2)

2,500 kg. per leg - Fame A - 1217B, A - 1217A, A - 917A

2,250 kg. per leg - Fame A – 1219

1,750 kg. per leg - Fame A - 717S, A - 617S



ขนาด

CODE	A	B
A-1219	1219	1930

CODE	A	B
A-1700	1219	1700

CODE	A	B
A-1215	1219	1524

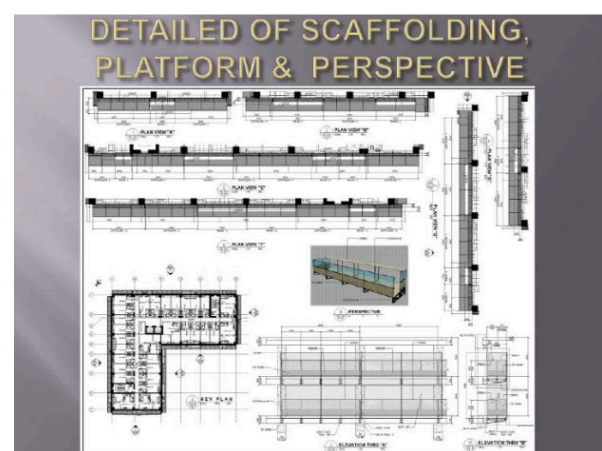
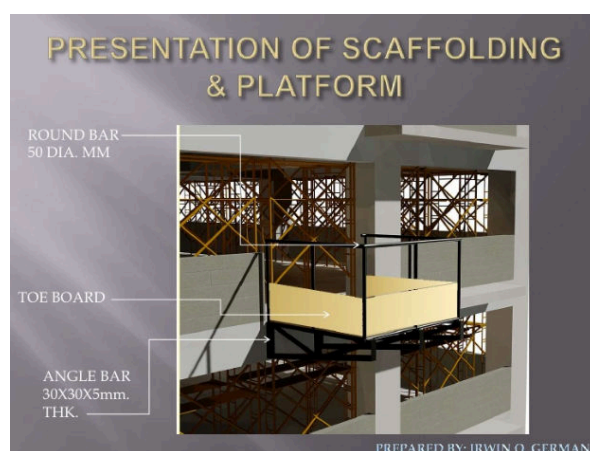
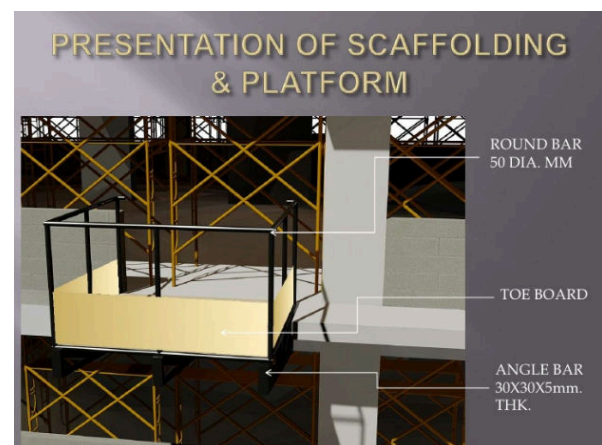
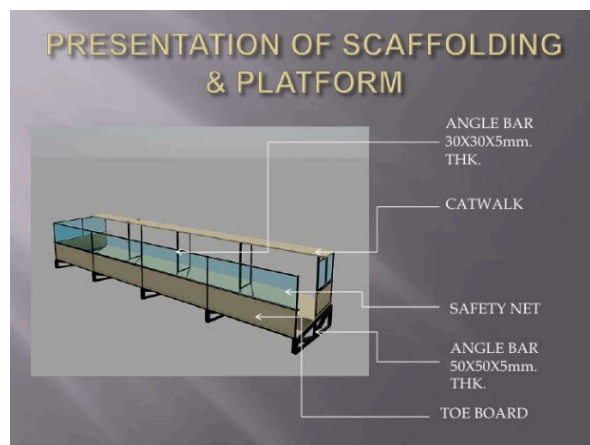
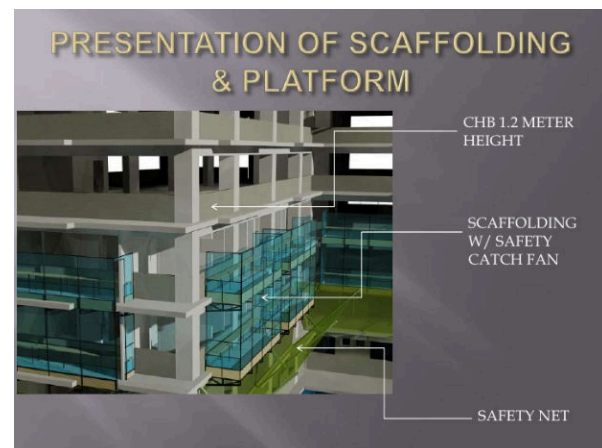
CODE	A	B
A-1217A	1219	1700

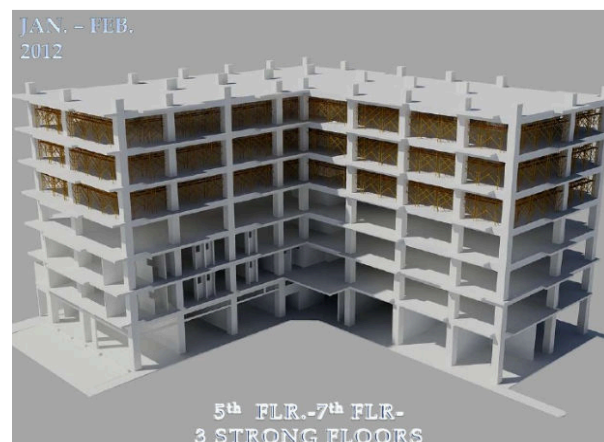
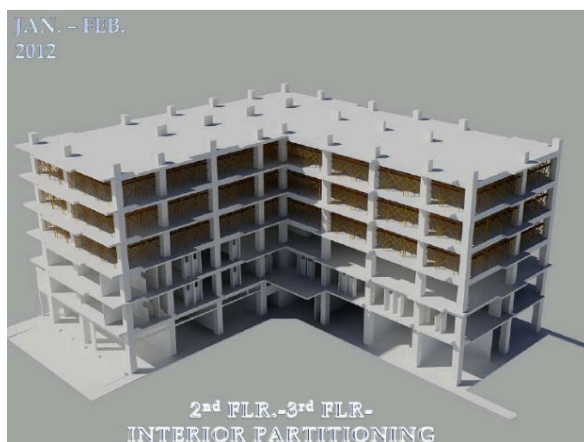
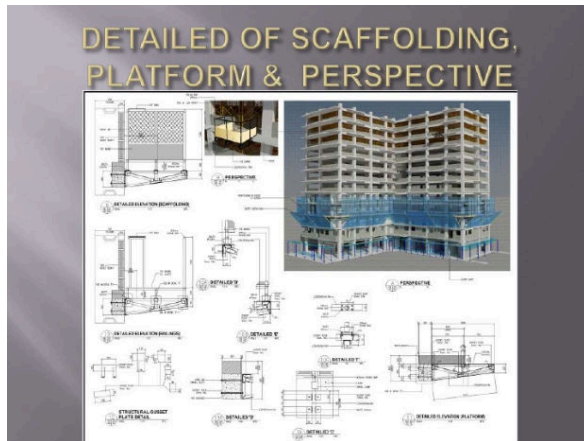
A-917A	914	1700
--------	-----	------

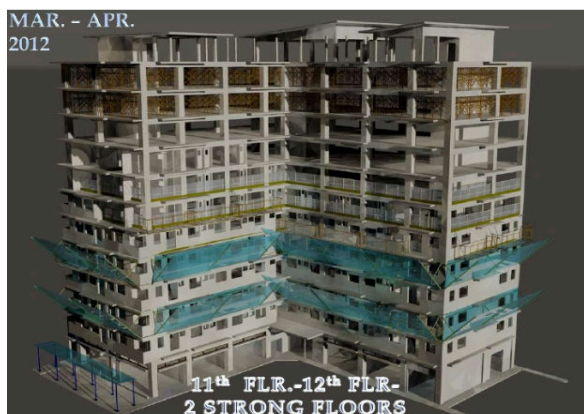
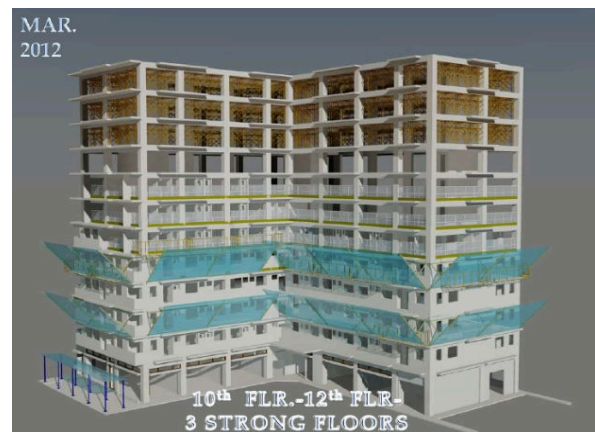
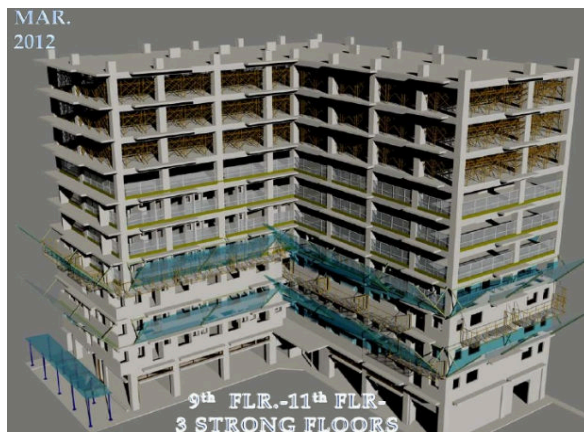
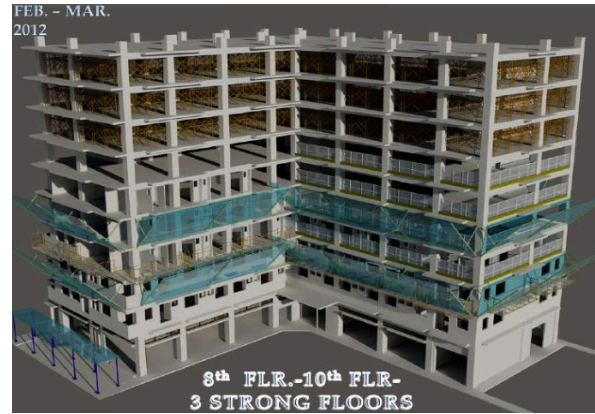
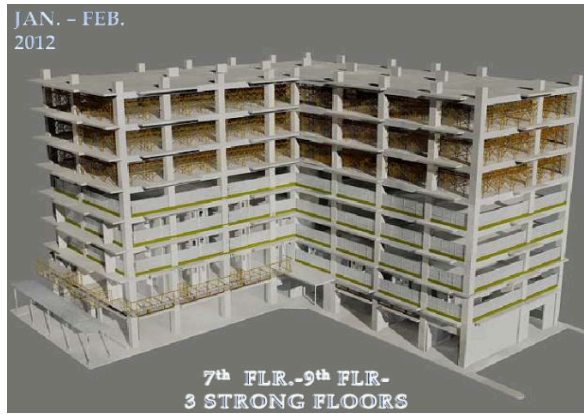
2. เลือกใช้โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักที่เราหามาได้กับความสามารถในการรับน้ำหนักของขาตั้งแต่ละ CODE ในที่นี้เราได้ว่าน้ำหนักที่ต้องการออกแบบ คือ 1,250 kg. ก็ไปดูว่ามีมิติใกล้เคียงกับที่เราออกแบบแล้วรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ ไม่น้อยกว่า 1,250 kg. สมมติเลือกขาตั้งที่ CODE A-1217A (ซึ่งมีมิติใกล้เคียงกับที่เรา ออกแบบคือ ระยะห่างระหว่างคานรับตง A และความสูง B) ซึ่งรับน้ำหนักบรรทุก ปลอดภัยได้ 2,500 kg./ขา > 1,250 kg.

กรณีศึกษา structural modelling of support scaffold systems

(เอกสารอ้างอิง : <http://www.slideshare.net/germanirwin/presentation-of-scaffolding?related=2>)







เนื้อหาบางส่วนที่ 2 ความปลอดภัยในการติดตั้งใช้งาน

อันตรายจากงานนั่งร้าน

(เอกสารอ้างอิง : สำนักงานความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน)

อันตรายจากงานนั่งร้าน มักจะพบเสมอในหน่วยงานก่อสร้าง เพราะมีการใช้งานตลอดเวลา ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด กล่าวคือ เมื่อเริ่มทำชั้นที่สองขึ้นไปต้องทำนั่งร้าน และค้ำยันจนกระทั่งโครงสร้างทั้งหมดเสร็จ จึงเริ่มการตกแต่งภายในและภายนอก การตกแต่งภายนอกต้องตั้งนั่งร้านจากชั้นล่างสุดจนกระทั่งถึงชั้นบนสุด ถ้าโครงสร้างสูงมากอาจใช้นั่งร้านชนิดแขนเข้าช่วย เพื่อให้การตั้งนั่งร้านจากข้างล่างไม่ต้องต่อขึ้นไปสูงมากนัก อันตรายที่มักเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานในการใช้นั่งร้าน

1. การพังของนั่งร้าน เป็นสาเหตุที่ทำให้คนงานได้รับอันตรายอย่างมาก การพังของนั่งร้านมีสาเหตุมากมาย เช่น
 - 1.1 รับน้ำหนักการบรรทุกมากเกินไป เป็นเพราะคนงานขึ้นไปมากเกินไป หรือกองวัสดุไว้มากเกินความจำเป็น
 - 1.2 วัสดุนำมาใช้ไม่สมบูรณ์ เช่น ใช้ไม้เก่าจนเนื้อไม้ยุ่ย หรือเป็นเหล็กที่คดงอเป็นสนิม
 - 1.3 การประกอบหรือติดตั้งไม่ถูกต้อง ถ้าเป็นนั่งร้านไม่มีการยึดด้วยตะปูน้อย หรือไม่ถูกวิธี หรือนั่งร้านเหล็กใช้ส่วนประกอบไม่ครบ
 - 1.4 ฐานของนั่งร้านไม่แข็งแรงมั่นคง วางบนดินอ่อน บนเศษไม้ผุ หรือวัสดุที่ไม่แข็งแรง พอที่จะรับน้ำหนักได้
 - 1.5 จากการทำงานไม่ถูกวิธี เช่น การเทพื้นคอนกรีตโดยใช้ปั๊มคอนกรีตจะไม่ไหลตามท่อและจะสุ่มเป็นกอง ถ้าคนงานไม่ขยับปลายท่อเพื่อเปลี่ยนที่กองของคอนกรีตใหม่ หรือเกิดจากคนงานโยกคอนกรีตไม่ทันก็จะมีคอนกรีตกองใหญ่ ซึ่งคอนกรีตนี้จะมีน้ำหนักมาก (1 ลูกบาศก์เมตรหนักประมาณ 2,400 กิโลกรัม) ถ้าคิดรวมกับน้ำหนักของคนงานที่ขึ้นไปปฏิบัติงานแล้ว จะทำให้ค้ำยันบริเวณนั้นรับน้ำหนักเกินกว่าที่ออกแบบไว้ เป็นสาเหตุให้ค้ำยันพังทลาย

2. คนงานตกลงมาจากนั่งร้าน ไม่ใช่มีสาเหตุจากนั่งร้านพังเท่านั้น ที่ทำให้คนงานตกลงมา แต่ยังมีสาเหตุอื่น ๆ อีก ที่ทำให้คนงานตกลงมาจากนั่งร้าน เช่น
 - 2.1 คนงานประมาทเลินเล่อ เดินสะดุดวัสดุบนนั่งร้านแล้วพลัดตกลงมา
 - 2.2 คนงานทำงานเพลิน ทำให้ก้าวผิดเพราะไม่ทันสังเกตมองพื้นทางเดินบนนั่งร้าน เช่น ถอยหลังเพื่อให้งานชนิดโดยไม่ได้ออกมาก่อนยืนอยู่บนนั่งร้านแล้ว
 - 2.3 อาจจะเป็นโรคปัจจุบันทันด่วน เช่น เป็นลม หน้ามืด ก็อาจจะทำให้ตกลงมาได้
 - 2.4 เกิดจากการพัดของลมอย่างแรง เช่น ขณะทำงานเกิดมีฝนตกกระหน่ำและลมพัดแรง พัดเอาคนงานตกลงมา กรณีเช่นนี้มีคนงานก่ออิฐโดนลมพัดทั้งคนทั้งกำแพงอิฐที่ยังก่อไม่เสร็จตกลงมาเสียชีวิต
3. การพังทลายของนั่งร้านตกลงมาโดนอาคารที่อยู่รอบข้าง หรือบ้านพักคนงานที่สร้างอยู่ติดอาคารที่กำลังก่อสร้าง เหตุการณ์เช่นนี้พบในเขตชุมชนที่ต้องสร้างอาคารสูงในพื้นที่จำกัด โดยหลีกเลี่ยงไม่ได้
4. คนงานได้รับอันตรายจากการเดินผ่านนั่งร้าน ในการทำงานของคนงานต้องเดินผ่านนั่งร้านที่ตั้งอยู่รอบอาคาร เพื่อเข้าไปทำงานแล้วต้องเดินผ่านค้ำยันของชั้นที่เทคอนกรีตเสร็จใหม่ ๆ หรือขึ้นไปตั่งนั่งร้านชั้นต่อไป ถ้าหากการตั่งนั่งร้านไม่เป็นระเบียบ ระเกะระกะ มีปลายของชิ้นส่วนนั่งร้านโผล่ยื่นออกมาคนงานอาจจะโดนตีหรือเดินชน ส่วนอันตรายเหล่านั้นทำให้ได้รับบาดเจ็บได้

ประเภทของนั่งร้าน (Type of Scaffolds)

(นำเสนอและงานเขียน เรียบเรียง : วรรณค์ แสงตะเกียง)

นั่งร้านคืออะไร

นั่งร้านหมายถึง ที่ปฏิบัติงานซึ่งจัดไว้สูงจากพื้นพื้นดินหรือสูงจากส่วนของอาคารหรือส่วนของงานก่อสร้าง สำหรับเป็นที่รองรับผู้ปฏิบัติงานหรือวัสดุในงานก่อสร้างหรืองานซ่อมบำรุง เป็นการชั่วคราว

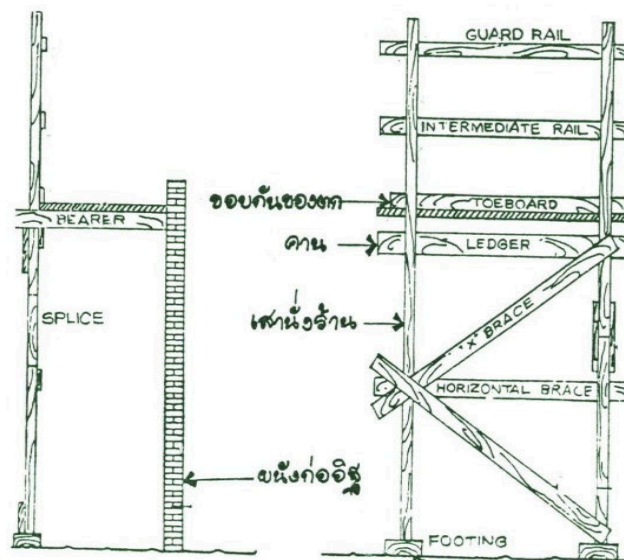
นั่งร้านที่ใช้ในงานก่อสร้าง งานปฏิบัติการอุตสาหกรรมและงานปฏิบัติการโรงงานมี 7 แบบคือ

1. นั่งร้านแบบเสาเรียงเดี่ยว (Single Pole Scaffolds)
2. นั่งร้านแบบยกพื้นอิสระ (Independent Scaffolds)
3. นั่งร้านไม้ไผ่ (Bamboo Scaffolds)

4. นั้รำนโครงสำเร็จรูป (Prefabricated Scaffolds)
5. นั้รำนยกพื้นกว้าง (Platform Scaffolds)
6. นั้รำนแบบยกพื้นค้ำยัน (Cantilever Scaffolds)
7. นั้รำนแบบเท้าแขน (Bracket Scaffolds)

นั้รำนแบบเสาเรียงเดี่ยว (Single Pole Scaffolds)

เป็นลักษณะนั้รำนยืนเสาแถวเดียว อีกด้านใช้โครงสร้างของอาคารแทนฯ, ระยะห่างเสานั้รำนต้องไม่เกิน 2 เมตร ระยะบวกรที่ยอมรับ 15 เซนติเมตร, หากโครงสร้างนั้รำนเป็นไม้หรือไม้ไผ่ไม่แนะนำให้ใช้ในงานปฏิบัติการอุตสาหกรรมหรือปฏิบัติการโรงงาน



นั้รำนแบบเสาเรียงเดี่ยว

นั้รำนแบบยกพื้นอิสระ (Independent Scaffolds)

นั้รำนแบบนี้ จะติดตั้งจากพื้นดินหรือพื้นของอาคาร กรณีสูงเกินสามเท่าของความกว้างฐาน ต้องทำค้ำยันและยึดเกาะกับโครงสร้างทั้งแนวดิ่งและแนวนอน, แบ่งย่อยออกเป็น 3 ประเภท

1. นั้รำนยกพื้นอิสระแบบหอสูง (Independent-Tower Scaffolds)
2. นั้รำนยกพื้นอิสระแบบแขวนห้อย (Independent-Over Hung Scaffolds)
3. นั้รำนยกพื้นอิสระแบบติดตั้งล้อเคลื่อนที่ได้ (Independent-Mobile Scaffolds)

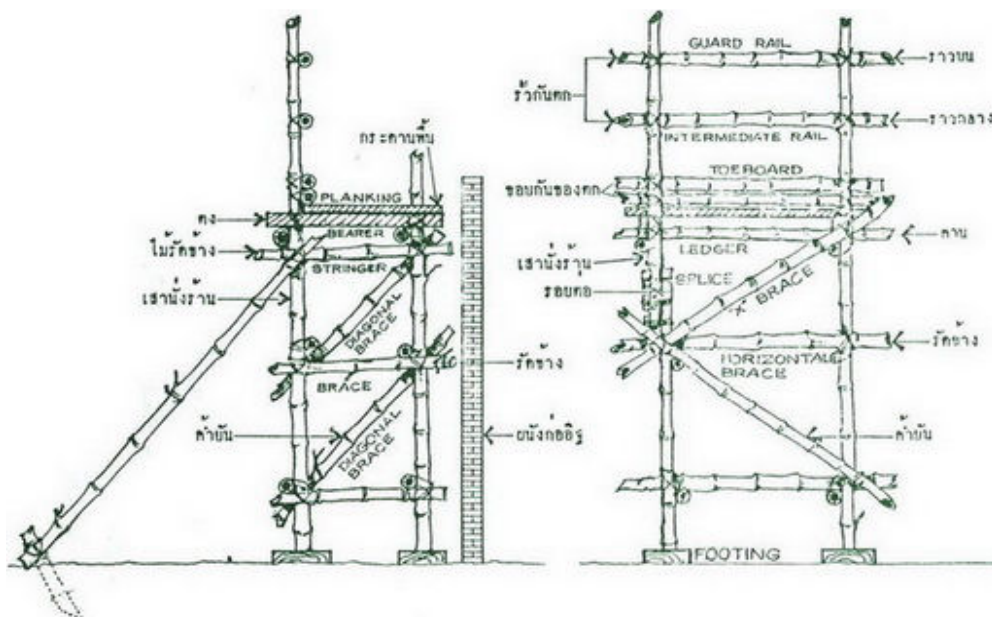


ซ้าย-นั่งร้านแบบ Tower Scaffolds, กลาง-นั่งร้านแบบแขวนห้อยและขวาสุดเป็นนั่งร้านแบบเคลื่อนที่ได้

นั่งร้านไม้ไผ่ (Bamboo Scaffolds)

นั่งร้านไม้ นั่งร้านไม้ไผ่ไม่แนะนำให้ใช้ในงานปฏิบัติการอุตสาหกรรมหรือปฏิบัติการโรงงาน ทั้งนี้เนื่องมาจากคุณสมบัติการรับแรงของไม้ มีหลายองค์ประกอบที่ควบคุมได้ยาก ตัวอย่างเช่น

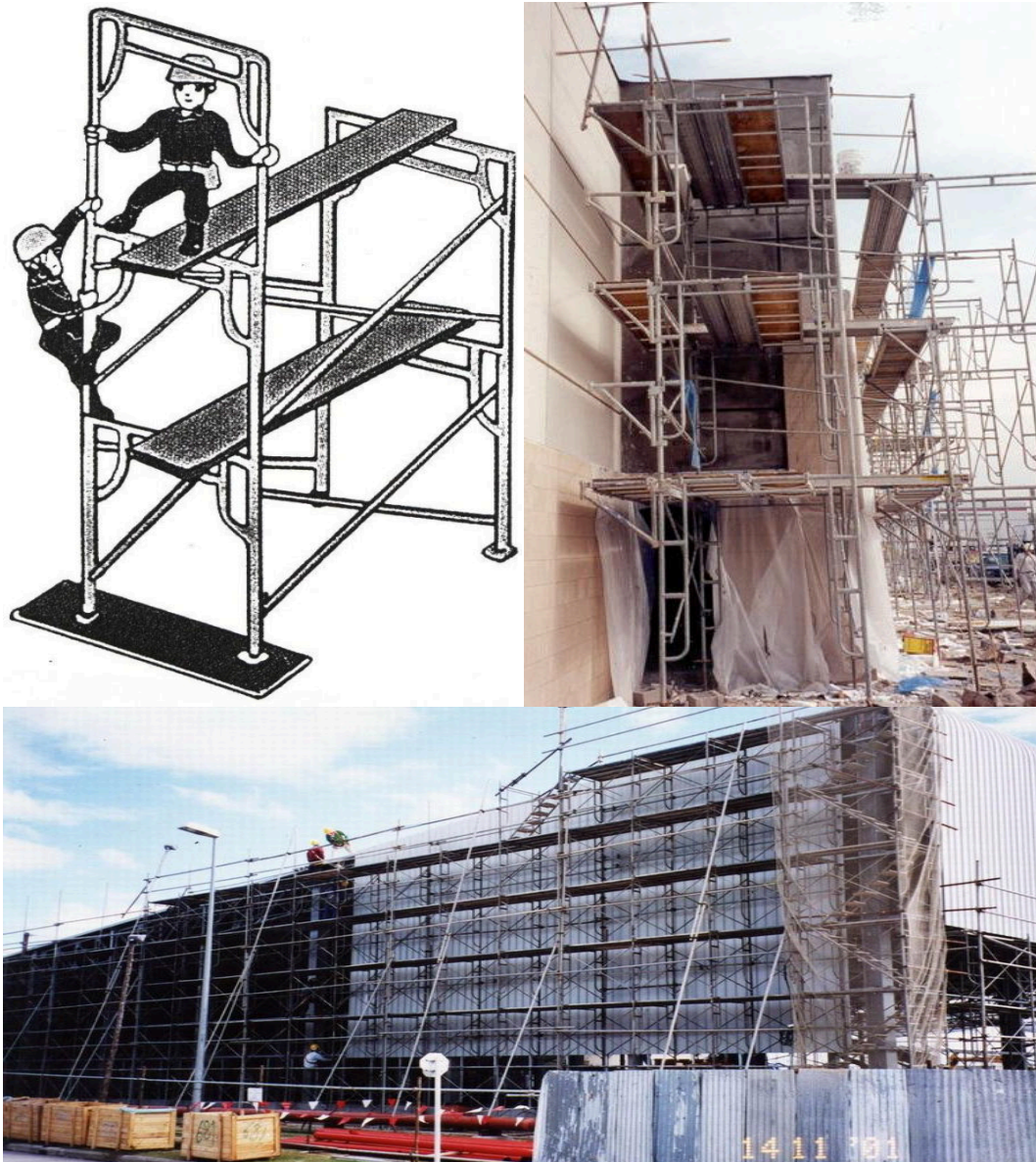
- สภาพตาไม้ สภาพเสี้ยนไม้
- อายุไม้
- ต่ำหนิเนื้อไม้เนื่องจากรอยกัดเจาะของมอดไม้
- ประเภทของไม้ ฯลฯ เป็นต้น



นั่งร้านโครงสำเร็จรูป (Prefabricate Scaffolds)

นั่งร้านฯ จะถูกรองรับไว้บนฐานเกลียวปรับระดับ และจะต้องยึดโครงหลักไว้กับโครงสร้างที่มั่นคง ติดตั้งค้ำยันที่เสานั่งร้านกับเสาสมอบก

ข้อจำกัด : นั่งร้านแบบไม่มีแผ่นป้องกันของตกจะเน้นการใช้งานต้องเฝ้าระวังความปลอดภัยเป็นพิเศษ อย่างอื่นเช่นปิดกั้นพื้นที่ ฯลฯ ร่วมด้วย /ไม่สามารถปรับเฟรมให้กว้างหรือแคบตามต้องการได้



นั่งร้านแบบยกพื้นกว้าง (Platform Scaffolds)

มีรูปแบบเหมือนกับนั่งร้านแขวน แต่พื้นที่ปฏิบัติงานและพื้นที่ใช้งานจะมากกว่า ส่วนมากจะติดตั้งเหนือพื้นที่ซึ่งมีการสัญจรไปมาหรือมีการทำงานหนาแน่นทั้งด้านบนและด้านล่าง



นั่งร้านแบบยกพื้นกว้าง

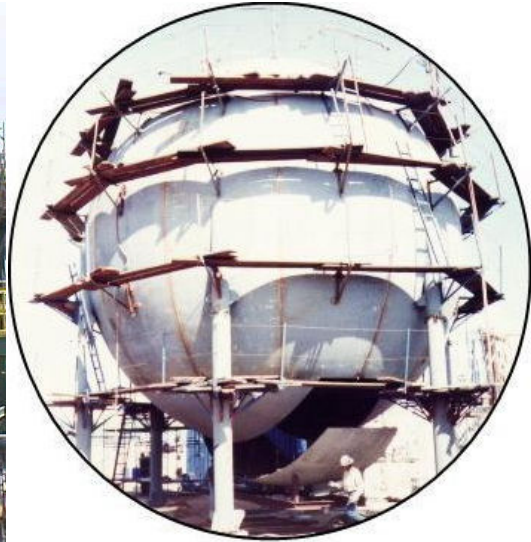
นั่งร้านแบบยกพื้นค้ำยัน (Cantilever Scaffolds)

ส่วนสำคัญอยู่ที่ค้ำยันพื้นเข้ากับโครงสร้าง ไม่อนุญาตใช้กับงานหนักเช่นงานที่ต้องวางสิ่งของรวมด้วย

ใช้ค้ำยันติดตั้งยื่นออกไปด้านนอกโครงสร้างหลักหรือนอกตัวอาคาร ท่อนั่งร้านจะถูกยึดเข้ากับโครงสร้าง เสาของนั่งร้านทำมุมกับโครงสร้างหลักไม่ถึง ฉะนั้นการรับแรงตามหลักวิศวกรรมจะลดลง ไม่แนะนำให้ใช้เป็นชั้นยืนทำงานเท่านั้น, หากต้องการวางวัสดุอื่น ควรให้วิศวกร กว. สามัญ เป็นผู้ออกแบบการติดตั้ง ซึ่งแนวทางปฏิบัติ วิศวกรจะให้ติดตั้งระยะเสาและตงหลัก ตงเสริมถี่ขึ้นกว่าระยะปกติ



ซ้าย : นั่งร้านแบบยกพื้นค้ำยัน



ขวา : นั่งร้านแบบเท้าแขน

นั่งร้านแบบเท้าแขน (Breaket Scaffolds)

เป็นนั่งร้านที่ออกแบบพิเศษเฉพาะงาน ต้องเชื่อมยึดโครงนั่งร้านเข้ากับโครงสร้างหลัก ส่วนใหญ่จะใช้กับงานติดตั้งหอกลิ้น แทงค์ ที่ไม่สะดวกกับการติดตั้งนั่งร้านแบบอื่นหรือไม่สะดวกที่จะใช้รถกระเช้า EWP-Elevated Work Platform ช่วย

Main Structure of Tubular and Pre-fabricate Scaffolds

โครงสร้างนั่งร้านแบบท่อประกอบและแบบโครงสร้างสำเร็จรูป

(นำเสนอและงานเขียน เรียบเรียง : รณรงค์ แสงตะเกียง)

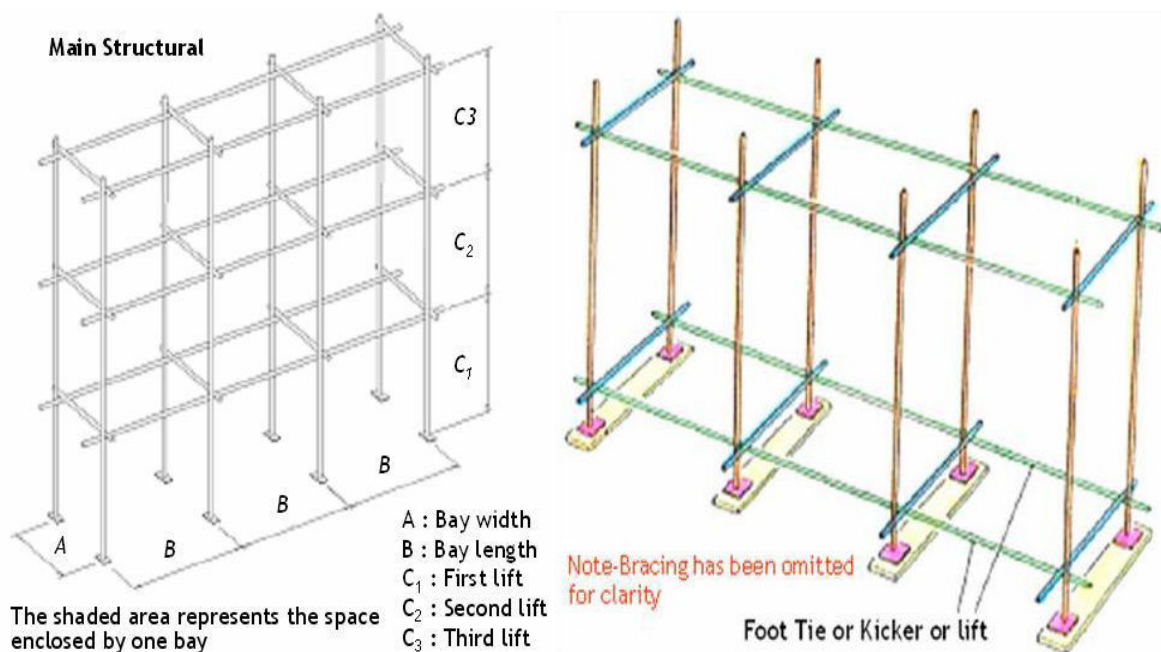
โครงสร้างนั่งร้านแบบท่อประกอบ (Tubular Scaffolds)

ศัพท์พื้นฐานที่ควรทราบ (Definitions)

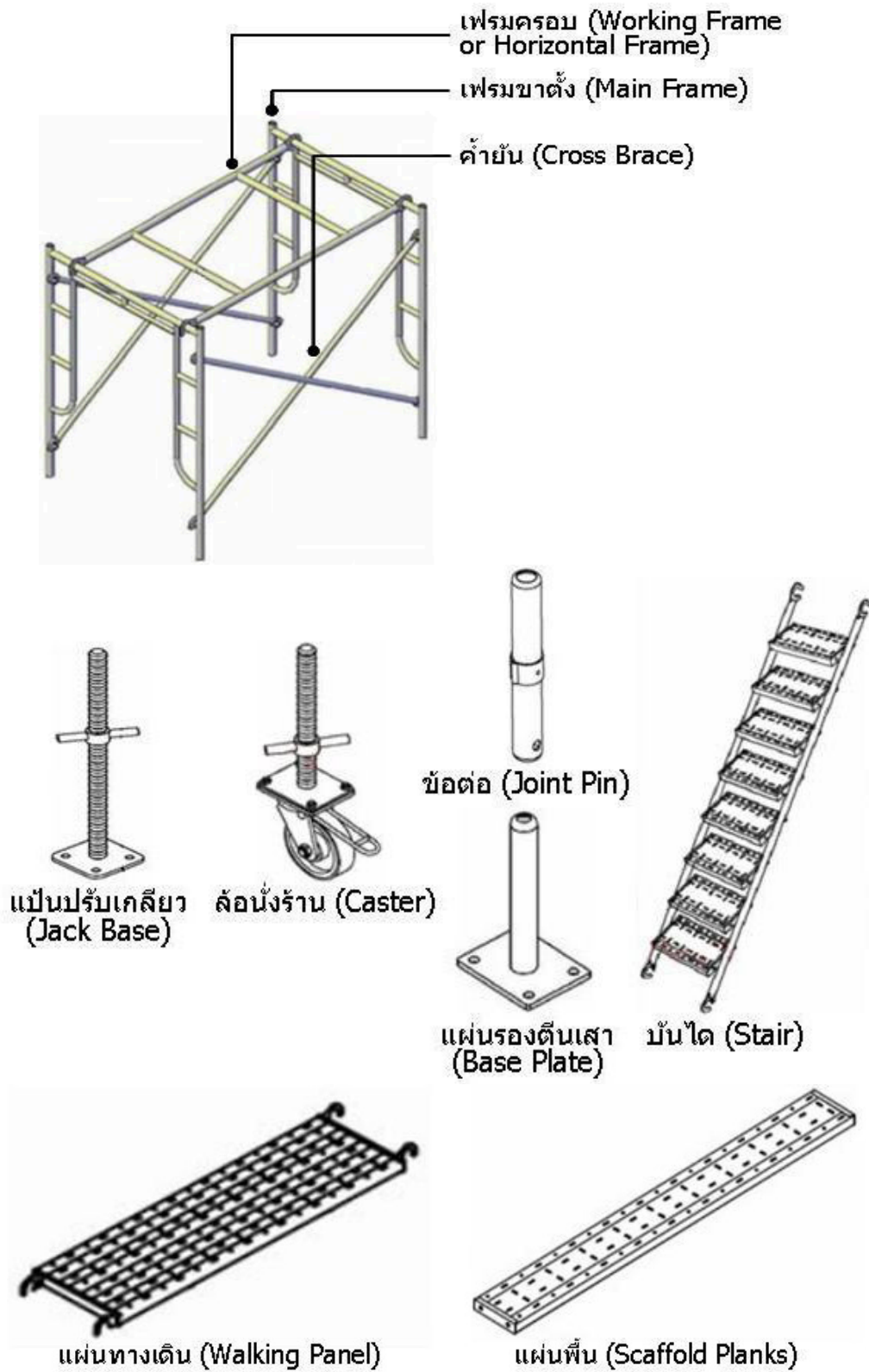
- Soleboard-แผ่นไม้รองฐาน หน้าทีกระจายแรงไปยังบนพื้นดินหรือพื้นอาคาร
- Baseplate-แผ่นตีนรองเสา
- Standard or Post-เสานั่งร้าน วางตามแนวดิ่ง, หน้าทีรับแรงที่เกิดจากโหลดและส่งถ่ายผ่านตีนเสา ผ่านแผ่นไม้รองฐานไปยังพื้น
- Ledgers or Runner-คาน วางตามแนวนอนอยู่ด้านในของเสา
- Main Transoms-ตงหลัก วางบนคานชิดเสา
- Intermediate Transoms-ตงเสริม วางบนคานตำแหน่งอยู่ระหว่างช่วงตงหลักไม่ชิดเสา

- Bracing-ค้ำยัน ติดตั้งมุมทะแยงประมาณ 45 องศา ค่ายอมรับ 35-55 องศา
- Toe Boards-แผ่นกันของตก
- Planks-แผ่นปูพื้นนั่งร้านเป็นไม้หรือแผ่นโลหะก็ได้
- Handrail, Midrail-รั้วบน รั้วกลาง
- Access Way-ทางขึ้นจากบันไดไปยังพื้นนั่งร้าน
- Scaffolding Ladder-บันไดพาต ซึ่งใช้งานเป็นการเฉพาะกับนั่งร้าน
- Foot Tie or Kicker-คานล่างสุดของนั่งร้าน
- Base lift or First lift-นั่งร้านชั้นแรก ระยะตามแนวดิ่งนับจากพื้นถึงคานตัวแรก
- Lift height-ความสูงระหว่างชั้นนั่งร้าน
- Bay width-ความกว้างนั่งร้าน
- Bay length-ความกว้างขวางนั่งร้าน ระยะห่างจากเสาถึงเสาด้านข้าง

โครงสร้างนั่งร้านท่อประกอบ (Main Structure of Tubular Scaffolds)



โครงสร้างนั่งร้านแบบโครงสำเร็จรูป (Prefabricate Scaffolds)

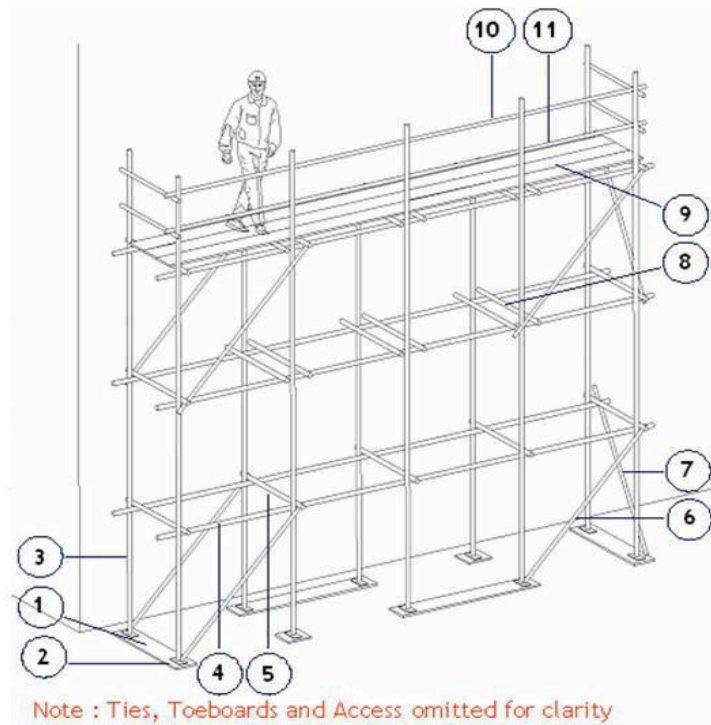


Scaffolding Elements and Regulations

อุปกรณ์นั่งร้านและข้อกำหนดในงานนั่งร้าน

(นำเสนอและงานเขียน เรียบเรียง : รณรงค์ แสงตะเกียง)

อ้างอิงมาตรฐาน British Standard BS 5973 : Code of Practice for Access and Working Scaffolds



Independent Scaffold			
1	Soleboard or Soleplate	7	Traverse Brace
2	Baseplate	8	Putlog
3	Standard or Post	9	Working Station
4	Ledger or Runner	10	Guardrail or Handrail
5	Transom	11	Midrail
6	Longitudinal Brace		

แผ่นรองตีนนั่งร้าน (Soleboard)

- แผ่นรองตีนนั่งร้าน-ขั้นต่ำกำหนดขนาดความกว้าง 220 มิลลิเมตร, ความหนา 35 มิลลิเมตรและความยาว 460 มิลลิเมตร การกำหนดความกว้างและความยาวดังกล่าวเพื่อกำหนดพื้นที่กระจายแรงต้องไม่น้อยกว่า 10000 ตารางมิลลิเมตร
- การใช้งาน-พื้นคอนกรีตเสริมแรงในตัวอาคารโรงงานอาจจะใช้หรือไม่ใช้แผ่นรองตีนนั่งร้าน

ก็ได้ ส่วนพื้นที่อื่นต้องใช้ทั้งหมด ตัวอย่างเช่นพื้นถนน พื้นอาคารซึ่งไม่ใช่อาคารโรงงาน
ตั่งนั้งร้านบนพื้นยกระดับ (Platform) เป็นต้น

แผ่นรองตีนเสา (Baseplate)-ขั้นต่ำกำหนดขนาดความกว้างและความยาว 150X150 มิลลิเมตร
เสาทุกต้นทุกสภาวะใช้งานต้องใช้แผ่นรองตีนเสาร่วมด้วย

ท่อนั้งร้าน (Steel Tube)

- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 48.3 มิลลิเมตร ความหนาผนังท่อ 2.8 มิลลิเมตร
- ลักษณะทางกายภาพต้องตรงไม่มีตำหนิซึ่งทำให้การรับแรงลดลงหรืออุปกรณ์นั้งร้านเองก่อให้เกิดอันตราย ตัวอย่างเช่นมีรอยบรืแตก บวม บิดเบี้ยวเสียรูป ผุกร่อน ขึ้นสนิมรุนแรง โก่งงอ มีรอยเชื่อม ส่วนปลายเป็นขอบคม ฯลฯ เป็นต้น

เสานั้งร้าน (Standard or Post)

- การติดตั้งต้องตั้ง
- ระยะห่างเสาต้องไม่เกิน 2 เมตร
- การต่อเสา ให้ใช้ข้อต่อแบบปลอกสวม (Sleeve Couplers) ต่อแบบเหลื่อมระดับต่างชั้น
นั้งร้าน ห้ามต่อในระนาบเดียวกันตำแหน่งเสาดัดกัน

คาน (Ledgers or Runner)

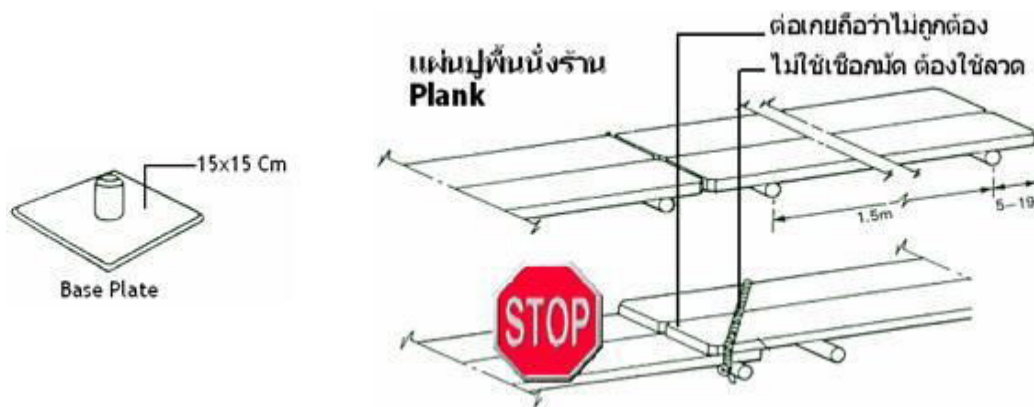
- ติดตั้งตามแนวนอน รองรับโครงสร้างทางด้านข้างหรือรองรับโครงสร้างตามแนวความยาว
คานถูกติดตั้ง ไว้ด้านในท่อเสาโดยใช้แคลมป์ตาย (Right Angle Couplers)
- ระยะห่างของคานต้องไม่เกิน 2 เมตร
- คานล่างสุด (Foot Tie or Kicker or Lift) สูงจากพื้นวางฐานต้องไม่เกิน 15 เซนติเมตร
- การต่อคาน ให้ใช้ข้อต่อแบบปลอกสวม (Sleeve Couplers) ต่อแบบเหลื่อมช่วงเสา ห้ามต่อคานในช่วงเสาเดียวกัน

ตงหลักและตงเสริม (Main Transoms and Intermediate Transoms)

- การติดตั้งต้องขนานนอนได้ระดับตามแนวความกว้างนั้งร้าน ตงหลักถูกวางพาดบนคานและยึดติดด้วยแคลมป์ตาย (Right Angle Couplers) ไว้กับคู่เสา
- ระยะห่างของตงต้องไม่เกิน 1.5 เมตร, ดังนั้นตงนั้งร้านจึงต้องติดตั้ง 2 ประเภทคือตงหลัก

และตงเสริม โดยตงเสริมจะถูกติดตั้งบนคานด้วยแคลมป์แบบพาดยึด (Putlog or Brace Couplers) ที่ช่วงกลางของความยาวระหว่างเสา (Bay length)

- ส่วนปลายของตงต้องวางพาดเลยคานไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร

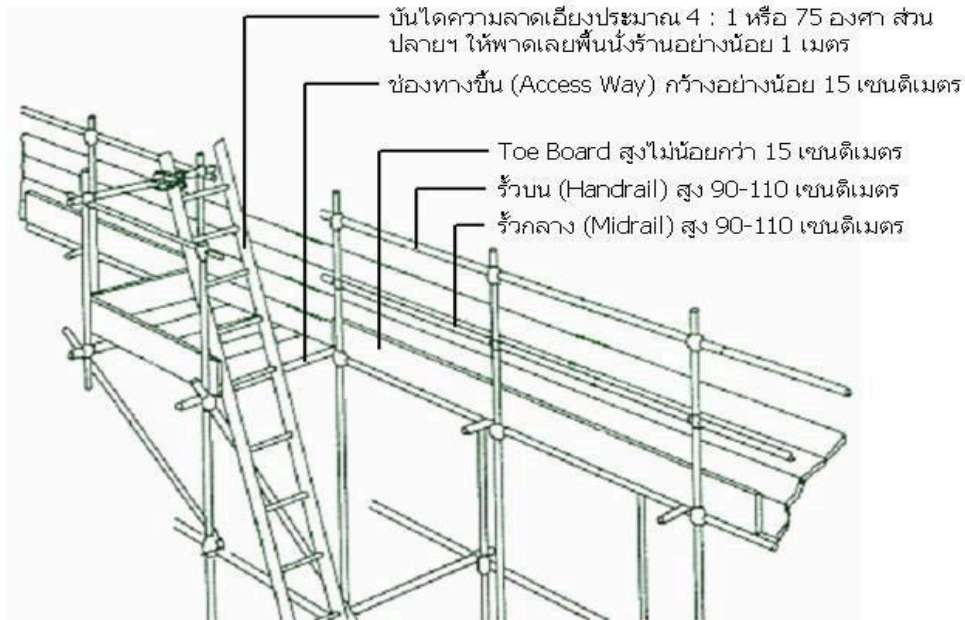


แผ่นปูพื้น (Scaffold Planks) : มีทั้งแผ่นปูพื้นโลหะและไม้, หากเป็นไม้ให้ยึดถือข้อกำหนดดังนี้

- เนื้อไม้และขนาด-เป็นไม้เนื้อแข็งความหนา 38 มิลลิเมตร กว้าง 225 มิลลิเมตรและความยาวไม่เกิน 3 เมตร
- ลักษณะทางกายภาพ-ต้องไม่มีตำหนิเกี่ยวกับการโก่งงอ บิดเบี้ยว แตกหักหรือปริแยก
- Iron Hoop-เหล็กเส้นแบนหุ้มส่วนปลายไม้พื้น ต้องคงสภาพการยึดติดกับส่วนปลายของไม้แนบชิดและแน่นไม่หลุดหลวม
- ความกว้างพื้นนั่งร้านชั้นต่ำที่ยอมรับ-ทางเดินต้องมีแผ่นพื้นอย่างน้อย 2 แผ่น, บริเวณทำงานอย่างน้อย 3 แผ่นและบริเวณทำงานพร้อมวางสิ่งของต้องปูแผ่นพื้นอย่างน้อย 4 แผ่น
- การติดตั้ง-ต้องต่อชนไม่เกยทับ ไม่มีช่องโหว่ซึ่งเป็นเหตุให้วัสดุร่วงหล่นลงไปเบื้องล่าง และไม้พื้นต้องถูกขันตะนားยึดกับตงด้วยลวดเหล็ก
- ส่วนปลายแผ่นปูพื้น ต้องพาดยาวเกินตงประมาณ 4 เท่าของความหนาหรือประมาณ 150 มิลลิเมตร

แผ่นกันของตก (Toe Boards)-ใช้มาตรฐานเดียวกับแผ่นพื้นและให้ติดตั้งโดยรอบเพื่อกันไม่ให้ของตกลงเบื้องล่าง ให้ติดตั้งโดยยึดติดกับเสาหรือเสาเสริมด้วยแคลมป์ชนิดพาดยึด (Putlog or Brace Couplers)

ราวกันตก (Guardrail)-ซึ่งประกอบด้วยรั้วบนความสูง 90-110 เซนติเมตรและรั้วกลางความสูง 45-55 เซนติเมตรและความสูง



บันไดนั่งร้าน (Scaffolds Ladder)-เป็นบันไดชนิดเฉพาะงานนั่งร้าน

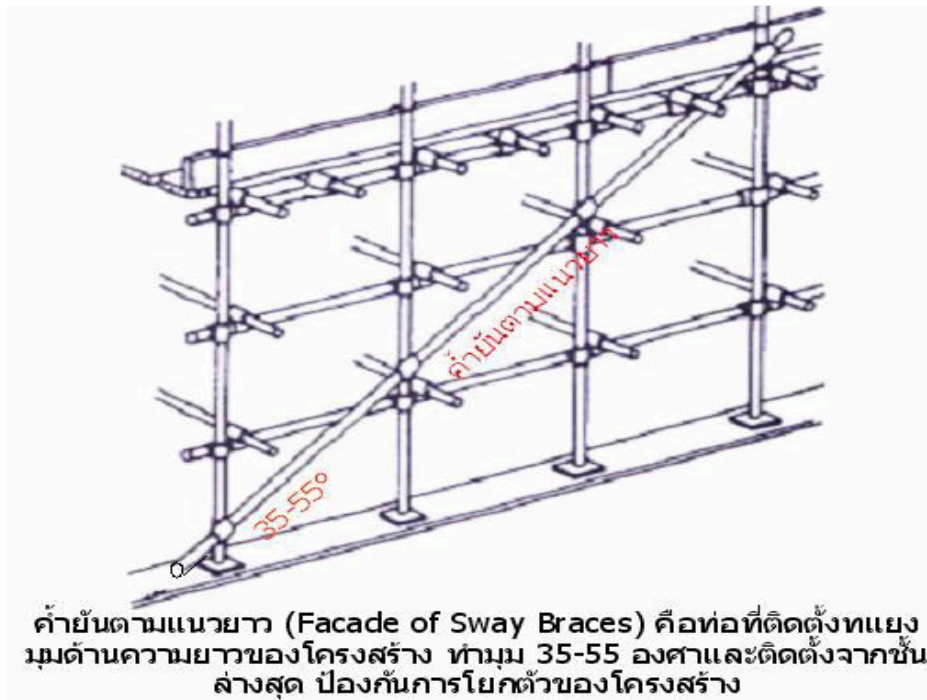
- การติดตั้ง-ความลาดเอียงประมาณ 4 : 1 หรือ 75 องศา
- ปลายบันไดให้พาดเลยพื้นนั่งร้านอย่างน้อย 1 เมตร
- บันไดแต่ละช่วงขึ้นกำหนดความสูงตามแนวดิ่งไม่เกิน 6 เมตร โดยช่วงชั้นล่างสุดให้บันไดติดตั้งนอกโครงสร้างนั่งร้านได้ แต่ช่วงชั้นอื่นให้ติดตั้งภายในโครงนั่งร้าน และระหว่างช่วงชั้นบันไดต้องมีพื้นชั้นพัก
- ทางเข้าระหว่างบันไดกับพื้นนั่งร้านให้มีความกว้างไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตรแต่ต้องไม่กว้างเกิน 40 เซนติเมตร เพราะจะมีภาวะเสี่ยงกับผู้ปฏิบัติงานอันเนื่องจากการตกนั่งร้าน

ค้ำยัน (Braces)

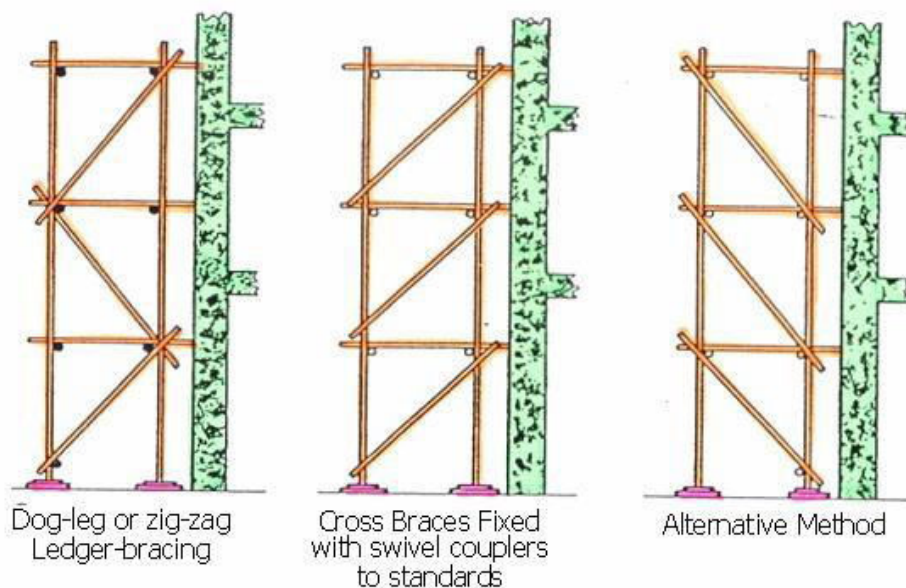
- การติดตั้ง-มุมทะแยงประมาณ 45 องศา ค่าความเบี่ยงเบนยอมรับ ± 10 องศา, เพื่อกระจายน้ำหนักหรือกระจายแรงระหว่างแนวดิ่งกับแนวนอน (Trigonometry function : $\text{Cos}45=\text{Sin}45=0.755$)
- ให้ค้ำยันด้านความกว้างระหว่างชั้น ค้ำยันตามแนวยาวระหว่างชั้นและค้ำยันตามแนวยาว

ค้ำยันรวมจากชั้นล่างสุดถึงชั้นที่ (3)

- ลักษณะการยึดค้ำยัน-ให้ยึดกับเสาใกล้หรือชิดกับ Foot Tie หรือคานมากที่สุด โดยแคลมป์ยึดยอมรับให้ห่างจาก Foot Tie หรือคานไม่เกิน 15 เซนติเมตร
- ลักษณะค้ำยัน-มีสามแบบคือแบบ Zigzag Ledger, Cross Braces และ Alternative Method ซึ่งโดยทั่วไปให้บลูสโคปสตีลแนะนำให้ใช้แบบซิกแซก

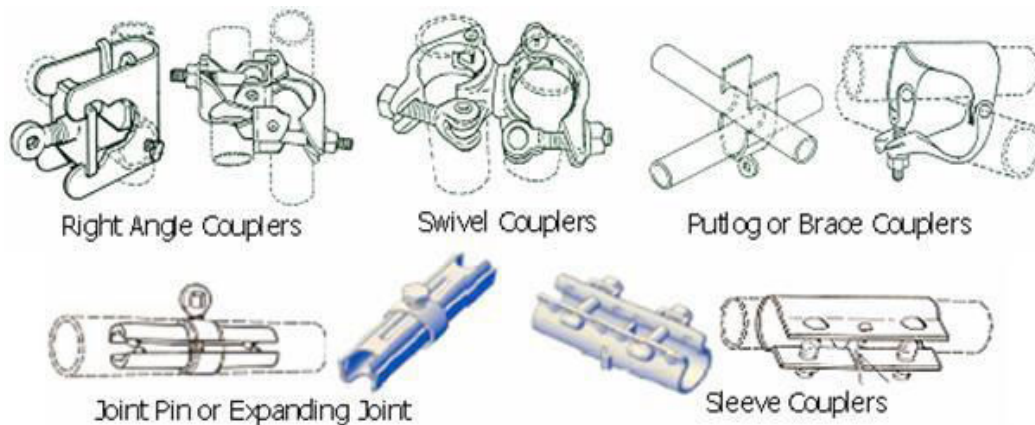


TYPICAL TRANSVERSE BRACING FOR A CASFFOLD



อุปกรณ์จับยึดท่อ (Couplers or Joints or Fitting)

- แคลมป์ตาย Right Angle Couplers (min. SWL 600 kgs) : ใช้กับงานจับยึดคานกับเสา หรือตงหลักกับเสา
- แคลมป์เป็น หมุนบิดได้ Swivel Couplers (min. SWL 600 kgs) : ใช้กับงานจับยึดค้ำยัน ใช้ต่อท่อแบบทาบขนาน
- แคลมป์พาดยึดหรือแคลมป์มือลิง Putlog or Brace Couplers : ใช้กับงานจับยึดตงเสริม กับคาน จับยึดราวกันตก
- ข้อต่อแบบปลอกสวม Sleeve Couplers : ปลอกสวมต่อท่อนั่งร้าน



Inspection and Safe Access-Safe Working Scaffolds

การตรวจสอบตรวจสอบสภาพและความปลอดภัยในงานนั่งร้าน

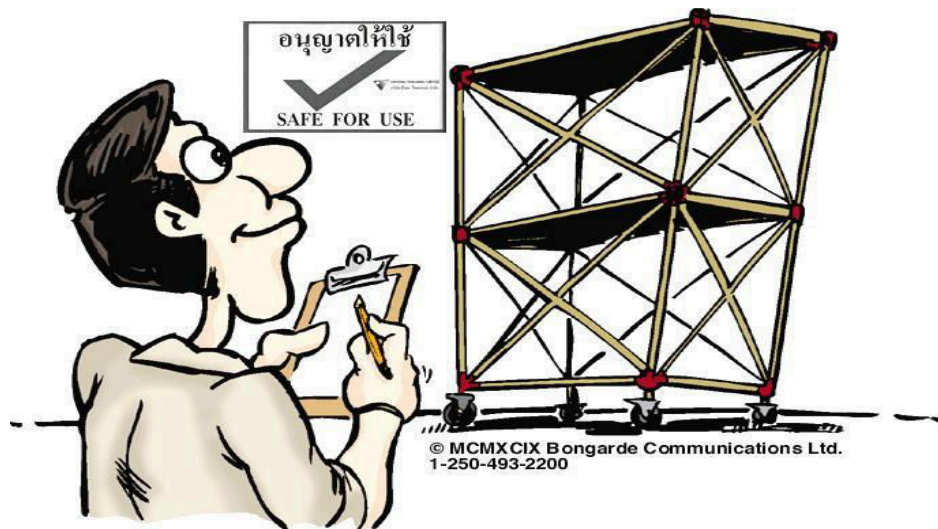
(นำเสนอและงานเขียน เรียบเรียง : วรรณรงค์ แสงตะเกียง)

ส่วนแรก : การตรวจสอบตรวจสอบสภาพนั่งร้าน

ต้องตรวจสอบตรวจสอบสภาพนั่งร้านเมื่อไร

- หลังประกอบเสร็จ
- ก่อนใช้งาน
- เมื่อมีการต่อเติม แก้ไข ดัดแปลง
- หลังจากผ่านสภาพอากาศหรือสภาวะภัยธรรมชาติที่รุนแรงเช่นฝนตกหนัก ลมกระโชกแรง แผ่นดินไหว ฯลฯ
- งานโดนจักรกลเคลื่อนที่ ยานยนต์กระแทก เฉี่ยวชน

- ทุกเจ็ดวันนับตั้งแต่วันอนุญาตให้ใช้นั่งร้าน



ใครเป็นผู้ตรวจสอบตรวจสภาพนั่งร้าน

พนักงานผู้ซึ่งมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับนั่งร้าน ซึ่งหมายถึงผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรเกี่ยวกับนั่งร้าน จากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ โดยโครงสร้างหลักสูตรที่ได้มาตรฐานมีทั้งภาคทฤษฎีเชิงปฏิบัติการและการฝึกปฏิบัติจริงภาคสนาม

- ความรู้อาจได้มาจากการ อ่านและเข้าร่วมฝึกอบรมภาคห้องเรียน
- ความสามารถได้มาจากการฝึกปฏิบัติจริงโดยมีช่วงเวลาที่เหมาะสม ซึ่งรวมเวลาการฝึกอบรมทั้งทฤษฎีเชิงปฏิบัติการและภาคสนาม ไม่ควรน้อยกว่า 6 ชั่วโมง, วิทยากรฝึกอบรมต้องเป็น "ของจริง" แม่นยำ คม มีความสามารถถ่ายทอดฯ ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมเป็นอย่างดี

ตัวอย่างป้ายตรวจสอบตรวจสอบสภาพนั่งร้านท่อประกอบ

Front View

Rear View

Front View

Rear View

หัวข้อตรวจสอบตรวจสอบสภาพนั่งร้านท่อประกอบ

- มีแผ่นรองฐานท่อเสาและท่ออยู่ในแนวดิ่ง
- ระยะห่างระหว่างท่อเสาและระหว่างท่อนอนถูกต้อง
- นั่งร้านถูกยึดกับโครงสร้างหลักแข็งแรง มีมากจุดเพียงพอ
- แคลมป์ยึดนั่งร้านไม่หลวมคลอน
- ปลอกสวมต่อท่อ ในระนาบเดียวกับ-ติดกันต้องเยื้องเหลื่อมกัน ทั้งท่อตั้งและท่อนอน
- ติดตั้งนั่งร้านโดยเลือกใช้แคลมป์ถูกชนิด
- มีค้ำยันด้านหน้าและด้านข้างถูกต้อง
- ความกว้างของพื้นทางเดินและพื้นทำงาน
- พื้นนั่งร้านไม่เกยกัน ไม่มีช่องโหว่ที่วัสดุจะร่วงหล่นได้
- มีการใช้ลวดเหล็กผูกมัดแผ่นพื้น

- รวากันตกประกอบได้ระยะและแข็งแรง
- บันไดถูกยึดตรึงมั่นคง ปลายบนเลยพื้น-สูงเพียงพอ ทางขึ้นลงบันไดแต่ละชั้นเหลื่อมกัน และมีมุมลาดเอียงถูกต้อง
- ติดตั้งแผ่นกันของตกโดยรอบ
- ส่วนประกอบของนั่งร้านไม่กีดขวางทางเดินหรือทางขึ้นลง
- กรณีเป็นนั่งร้านเคลื่อนที่ ล้อต้องล็อกได้ และรับน้ำหนักได้ (ดูค่ารับน้ำหนักที่ล้อ)
- ติดป้ายอนุญาตให้ใช้งานหลังผ่านการตรวจสอบ

access and working scaffolds

ปฏิบัติการนั่งร้านและความปลอดภัยในงานนั่งร้าน

งานเขียน เรียบเรียงและนำเสนอ : รณรงค์ แสงตะเกียง

ส่วนที่สอง : ความปลอดภัยในงานนั่งร้าน

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง พศ.๒๕๕๑

ทบทวนความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับงานปฏิบัติการบนที่สูง

Introduction-Hierarchy of Control

ปฏิบัติการที่สูง หมายถึงงานหรือกิจกรรมที่ต้องขึ้นไปทำบนที่หรือบนสถานที่ซึ่งอยู่สูงจากพื้นดินหรือสูงกว่าพื้นอาคารเท่ากับหรือมากกว่า 2 เมตร, เมื่อใดต้องปฏิบัติการบนที่สูงให้พิจารณาและยึดแนวทางปฏิบัติดังนี้

1. หากส่วนหนึ่งส่วนใดสามารถทำได้บนพื้นดินหรือพื้นอาคาร ให้เลือกปฏิบัติบนพื้นเป็นอันดับแรก, หากเป็นไปได้
2. เลือกทำงานบนพื้นยกกระดานถาวร (Permanent Platform) เป็นลำดับที่สอง, หากเป็นไปได้หรือไม่หรือไม่มีพื้นยกกระดานถาวร
3. เลือกการทำงานโดยใช้รถกระเช้าหรือนั่งร้าน, หากเป็นไปได้
4. เลือกใช้อุปกรณ์รั้งดิ่งจำกัดพื้นที่ผู้ปฏิบัติงาน, หากเป็นไปได้
5. เลือกใช้อุปกรณ์ลดความรุนแรงเนื่องจากการตก, หากเป็นไปได้

6. หยุดปฏิบัติงานและขอคำแนะนำจากหัวหน้างานหรือวิศวกรควบคุมงาน

ลำดับการเลือกปฏิบัติการทำงานที่สูง โดยเลือกลำดับที่ปลอดภัยมากที่สุดก่อนและหากเป็นไปได้จึงพิจารณาและเลือกลำดับปฏิบัติการทำงานที่ยากกว่ามีภาวะเสี่ยงๆ มากกว่า เราเรียกว่า Hierarchy of Control, เพื่อให้เข้าใจมากขึ้น จะอธิบายขยายความดังนี้

พื้นยกระดับถาวร (Permanent Platform)-คือที่ซึ่งสร้างไว้เป็นการถาวร สูงจากพื้นดินหรือพื้นอาคารเท่ากับหรือมากกว่า 2 เมตร ทั้งนี้วิศวกร กว. สามัญสาขาเครื่องกล หรือ กว.สามัญสาขาโยธา เป็นผู้ลงนามรับรอง ทั้งนี้ต้องมีเงื่อนไขขั้นต่ำดังต่อไปนี้ :

- โครงสร้างทั้งหมดต้องรับแรงได้และมีค่าพิกัดความเค้นในการรับแรงมากพอ
- ต้องมีรั้วบน รั้วกลางและแผ่นกันของตกยึดตรงชิดพื้นยื่น ทั้งนี้รั้วบนต้องมีความสูง 90-100 เซนติเมตร, รั้วกลางความสูง 45-55 เซนติเมตรและแผ่นกันของตกสูงไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร



Platform ถาวรต้องประกอบด้วยรั้วบน-รั้วกลาง-และแผ่นกันของตก

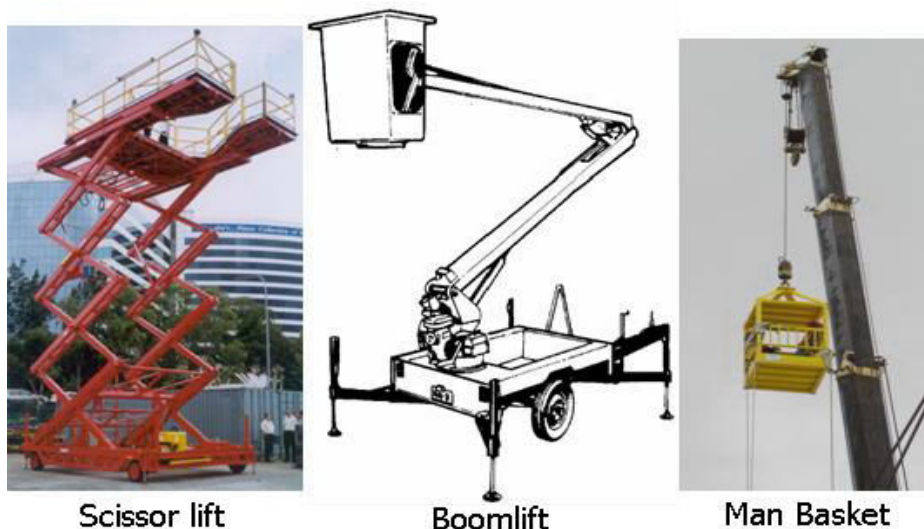
รถกระเช้าและนั่งร้าน (Elevated Work Platform-Scaffolds)

- รถกระเช้ายกคนแบบขากรรไกร (Scissor Lift) : ตำแหน่งลดต่ำสุดชุดกระเช้ายกคนจะวางลงแนบกับส่วนฐาน ขณะยกจากระดับต่ำสุดถึงระดับสูงสุด จุดศูนย์ถ่วงของกระเช้าจะไม่ออกนอกฐานรับแรง รถกระเช้าแบบนี้จะล้มคว่ำเมื่อพื้นรับแรงไม่มั่นคง ทดตัว
- รถกระเช้ายกคนแบบกระเช้าติดปลายคัมบูม (Boomlift) : อาจเป็นบูมท่อนเดียวหรือบูมหลายท่อนก็ได้, มีหลายแบบ ส่วนที่นิยมใช้กันมากจะเป็นแบบมีฐานติดล้อขับเคลื่อนที่ไปมาได้
- กระเช้ายกคน (Man Basket) : ใช้ร่วมกับรถเครน โดยใช้รถเครนยกขึ้นไปปฏิบัติงานบน

ที่สูง, กระเช้ายกคนต้องถูกออกแบบ-ลงนามรับรองแบบและกำกับดูแลการสร้างกระเช้า โดยวิศวกรผู้มีใบอนุญาตฯ กว. สามัญสาขาเครื่องกลหรือวิศวกรโครงสร้าง ทั้งนี้ต้องมี การตรวจสอบตรวจสอบสภาพก่อนใช้งานโดยหัวหน้างานและตรวจสอบตรวจสอบสภาพรอบ 12 เดือนโดยวิศวกร

- นั้้งร้าน (Scaffolds) : นั้้งร้านถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือขึ้นที่สูง ระดับการใช้งาน-ระดับเดียวกันกับรถกระเช้าและกระเช้ายกคน (Elevated Work Platform) ทั้งนี้ เนื่องจากการปฏิบัติการบนที่สูงมีลักษณะต่างกัน ฉะนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์, เครื่องมือ ก็ต้องแตกต่างกัน

คำแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ EWP และนั้้งร้าน : ผู้ใช้รถกระเช้าต้องผ่านการฝึกอบรม และได้รับใบอนุญาตให้ใช้ฯ จากหน่วยงาน ขณะอยู่ในกระเช้าต้องใช้ชุดลดความรุนแรง เนื่องจากการตกพร้อมด้วยเสมอ (ชุดลดความรุนแรงเนื่องจากการตกประกอบด้วย สายรัดลำตัว แบบเต็มตัว, Shock Absorber และแลนยาร์ด), ส่วนการใช้นั้้งร้านซึ่งผ่านการตรวจสอบตรวจสอบ สภาพหรือนั้้งร้านเทคเขียว (Green Tag) ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ดังกล่าวร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม นั้้งร้านและความปลอดภัยในงานนั้้งร้านจะอธิบายและให้ความรู้โดยละเอียดในเมนูนี้



Scissor lift

Boomlift

Man Basket

อุปกรณ์รั้งดึงจำกัดระยะผู้ปฏิบัติงาน (Fall Restraint System)-อุปกรณ์จำกัดระยะประกอบด้วยสายรัดแบบเต็มตัวและสายคล้องเกี่ยวแบบสายแผด ใช้เมื่อทำงานบนพื้นสูงขอบเปิด ตัวอย่างเช่นพื้นอาคารที่กำลังก่อสร้าง เพลทฟอร์มโรงงานซึ่งยังไม่สร้างรั้วกันตก งานปฏิบัติการบนพื้นสูงซึ่งเข้าใกล้ขอบตกต่างๆ ไป ฯลฯ, ใช้อุปกรณ์เพื่อบังคับระยะ รั้งดึงตัวผู้ปฏิบัติงานป้องกันไม่ให้ไปถึงขอบตก

เจตนารมณ์ในการใช้อุปกรณ์-เพื่อรั้งดึงบังคับระยะไม่ให้อาณัติของตัวผู้ปฏิบัติงานก้าวออกไปถึงขอบตก

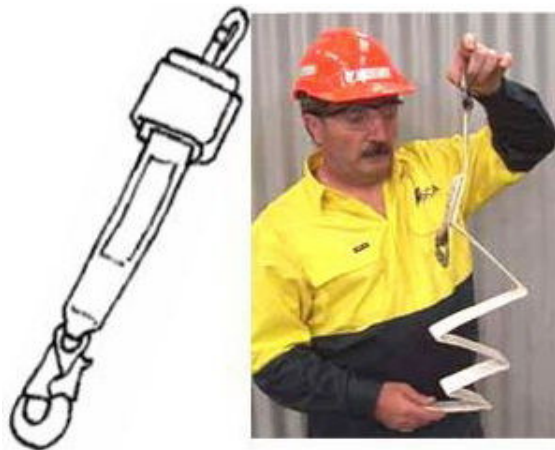


อุปกรณ์ลดความรุนแรงเนื่องจากการตก (Fall Arrest System)-จากลำดับการเลือกซึ่งกล่าวถึงข้างต้น งานปฏิบัติการบนที่สูงให้เลือกอุปกรณ์ลดความรุนแรงเนื่องจากการตกเป็น

ลำดับสุดท้าย ชุดอุปกรณ์ประกอบด้วยสายรัดแบบเต็มตัว Shock Absorber และสายคล้องเกี่ยวแบบสายแฝด

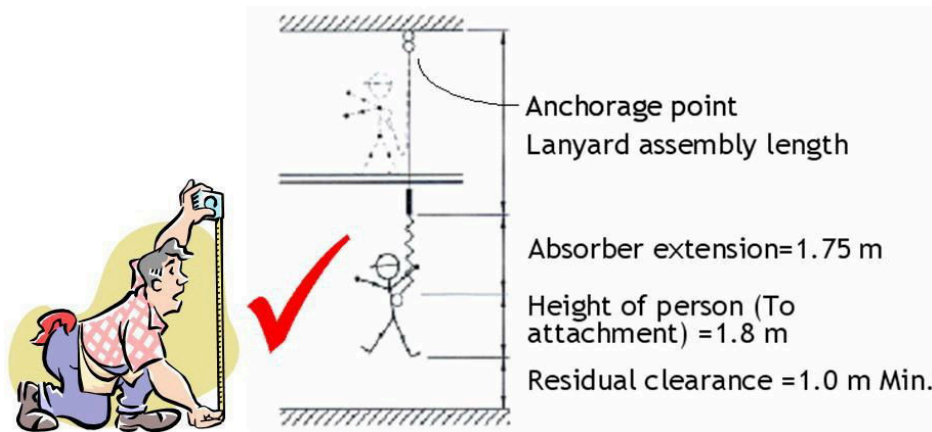
เจตนากรณีในการใช้อุปกรณ์-หากเกิดเหตุตกจากที่สูงผู้ปฏิบัติงานต้องไม่กระแทกกับโครงสร้าง ต้องไม่กระแทกพื้นและไม่กระตุกหยุดทันที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพิการหรือตายของผู้ปฏิบัติงานมักมาจากการตกกระแทกและการกระตุกหยุด

- หากเกิดเหตุทำอย่างไร คนจึงจะไม่กระแทกพื้น-เทคนิคง่ายๆ คือจุดคล้องเกี่ยวต้องอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 6.5 เมตร และจุดคล้องเกี่ยวต้องแข็งแรง
- หากระยะคล้องเกี่ยวต่ำกว่า 6.5 เมตร ใช้อุปกรณ์ชุดนี้ไม่ได้ใช้หรือเปล่า-คำตอบคือใช้ ใช้ไปก็ไม่เกิดประโยชน์เพราะหากเกิดเหตุตกจากที่สูงก็กระแทกพื้น ตายอยู่ดี และต้องไม่ลืมว่าการทำงานบนที่สูงให้เลือกทำงานบนพื้นเป็นอันดับแรก หากเป็นไปไม่ได้-ให้เลือกทำงานบนเพลทฟอร์มถาวร หากเป็นไปไม่ได้-ให้เลือกใช้รถกระเช้าหรือนั่งร้าน หากเป็นไปไม่ได้-จึงจะพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์รั้งดึงลำตัวและอุปกรณ์ลดความรุนแรงเนื่องจากการตก
- อุปกรณ์ชุดนี้ไม่กระตุกหยุดทันทีและลดความรุนแรงเนื่องจากการตกได้
อย่างไร-Shock Absorber จะถูกออกแบบให้ทบพับไปมา (ดูภาพประกอบ) หากเกิดเหตุทบพับจะค่อยๆ ขาดออกและคลายออกเป็นลำดับขั้น ไม่กระตุกหยุดทันที



ช็อคอัพชอฟเบอร์ (Shock Absorber) คืออุปกรณ์ดูดซับแรงกระแทก เมื่อเกิดการตก จะรั้งผ่อนแรงเป็นลำดับขั้นไม่กระตุกหยุดทันที

จุดคล้องเกี่ยวของอุปกรณ์ลดความรุนแรงเนื่องจากการตกต้องสูงไม่น้อยกว่า 6.5 เมตร ค่าที่อ้างถึงเอามาจากไหน : ความยาว lanyard 2 เมตร และรวมความยาวทั้งหมดที่เป็นระยะปลอดภัย=2.0+1.75+1.8+1.0=6.55 เมตร



เอกสารอ้างอิง

1. ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง ว่าด้วยนั่งร้าน
2. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2525
3. กฎกระทรวงฉบับที่ 9 (พ.ศ.2528) ออกความตามในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2525
4. อันตรายจากนั่งร้าน,สำนักงานความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
5. รณรงค์ แสงตะเกียง,ประเภทของนั่งร้าน (Type of Scaffolds)
6. รณรงค์ แสงตะเกียง,โครงสร้างนั่งร้านแบบท่อประกอบและแบบโครงสำเร็จรูป (Main Structure of Tubular and Pre-fabricate Scaffolds)
7. รณรงค์ แสงตะเกียง,อุปกรณ์นั่งร้านและข้อกำหนดในงานนั่งร้าน (Scaffolding Elements and Regulations)
8. รณรงค์ แสงตะเกียง,การตรวจสอบตรวจสภาพและความปลอดภัยในงานนั่งร้าน (Inspection and Safe Access-Safe Working Scaffolds)
9. รณรงค์ แสงตะเกียง,ปฏิบัติการนั่งร้านและความปลอดภัยในงานนั่งร้าน (access and working scaffolds)
10. ความรู้เกี่ยวกับพื้คอนกรีตอัดแรง,บริษัท ซี-โพส จำกัด <http://www.c-post.co.th/www/c-post/thai/producta.php>
11. รองศาสตราจารย์ ดร.อมร พิมานมาศ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,แนวทางออกแบบและก่อสร้างเพื่อป้องกันตึกถล่มในพื้นที่ความ
12. ดร.ทยากร จันทรางศุ สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร,การออกแบบนั่งร้านเหล็กและความปลอดภัยในการติดตั้งใช้งาน วารสารกรมโยธาธิการและผังเมือง
13. อาจารย์เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก (วศม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี,การออกแบบนั่งร้าน
14. structural modelling of support scaffold systems
<http://www.slideshare.net/germanirwin/presentation-of-scaffolding?related=2>

15. ดร.ชัยชาญ สุทธิการ, การออกแบบเพื่อเสถียรภาพของโครงสร้าง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
16. ดร.เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, แบบหล่อคอนกรีต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื้อหารายงานส่วนที่ 3 ตอบคำถามตามหัวข้อที่กำหนดให้

1.การออกแบบนั่งร้านมีน้ำหนักอะไรบ้าง

ตอบ-น้ำหนักบรรทุกทุกในแนวดิ่ง

1. น้ำหนักบรรทุกทุกตายตัว ประกอบด้วย

- ของคอนกรีตสดและเหล็กเสริม = $2,400 \text{ กก./ม.}^3 \times \text{ความหนา ม. (กรณีคอนกรีตอัดแรง ใช้น้ำหนักของคอนกรีต 2,450 กก./ม.}^3)$
- ของวัสดุอื่นๆที่ฝังในคอนกรีต = 15 กก./ม.^2
- น้ำหนักของแบบนั่งร้านเองใช้ไม่น้อยกว่า 50 กก./ม.^2 (ANSI.)

2. น้ำหนักบรรทุกจรใช้ไม่น้อยกว่า 245 กก./ม.^2 (และ 365 กก./ม.^2 กรณีใช้รถเข็นสองล้อช่วยงาน) ประกอบด้วย ดังนี้ไม่เกี่ยวหรือเป็นคนละเรื่องกับน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับออกแบบ

โครงสร้าง ถ้าออกแบบแผ่นพื้นกรณีเป็นอาคารเรียนจะใช้ที่อย่างต่ำ 400 กก./ม.^2

- ของคนปฏิบัติงาน
- ของเครื่องจักรต่างๆ
- วัสดุงานที่ส่งมากองเก็บรวมถึงเศษขยะ-คอนกรีตที่เหลือ
- แรงกระแทกเนื่องจากการเท-เขย่าคอนกรีต การทำงานของเครื่องจักร

3. น้ำหนักบรรทุกรวม (ของน้ำหนักบรรทุกตายตัว + น้ำหนักบรรทุกจร) ใช้ไม่น้อยกว่า 450

กก./ม.^2 (และ 600 กก./ม.^2 กรณีใช้รถเข็นสองล้อช่วยงาน)

-น้ำหนักบรรทุกทุกในแนวราบ

1. น้ำหนักกระทำต่อแบบพื้น (ต้องทำในสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน) ใช้จากค่ามากที่สุดต่อไปนี้ คือ (รับโดยเสาตึ้นหรือเสาค้ำยันและระบบค้ำยันด้านข้าง) 150 กก./ม. หรือ 2% ของน้ำหนักบรรทุกตายตัว

2. น้ำหนักกระทำต่อแบบผนัง ใช้ค่ามากที่สุดต่อไปนี้คือ 80 กก./ม.^2 หรือ 150 กก./ม. หรือแรงลมตามมาตรฐานของแต่ละพื้นที่

2. ขณะติดตั้งนั่งร้านจะตรวจสอบอย่างไร ว่านั่งร้านทำงานได้ตามการออกแบบ

ตอบ-กรณีส่วนของแบบนั่งร้านที่เป็นคาน (ทั้งตงและคานหลัก) หากมีช่วงยาวที่ต่อเนื่องกัน ตั้งแต่

3 ช่วงขึ้นไป ให้ทำการวิเคราะห์และออกแบบเป็นแบบคานต่อเนื่อง ดังนั้นสมการที่ใช้ในการออกแบบและตรวจสอบคือ

- $M = (WL^2)/10, V = (5WL)/8, \Delta = (WL^4)/(145IE) \leq L/360$... ใช้วิเคราะห์
- $Fb = Mc/I = (6M)/(bd^2), d = \sqrt[3]{(6M/bFb)}$... ใช้หาขนาดชิ้นส่วน
- $Fb = M/S = (WL^2)/(10S), L = 3.16 \sqrt{(SFb/W)}$... ใช้ตรวจสอบ
- $Fs = (VQ/Ib), L = [Fs/(0.625W)](Ib/Q)$... ใช้ตรวจสอบ
- $(WL^4)/(145IE) = L/360, L = 0.74 \sqrt[3]{(IE/W)}$... ใช้ตรวจสอบ

เมื่อ Fb = หน่วยแรงดัดที่ยอมให้, S = โมดูลัสของหน้าตัด, L = ช่วงระยะห่างระหว่างจุดรองรับ, b = ความกว้างของหน้าตัด, d = ความลึกของหน้าตัด

-หากมีช่วงยาวที่ต่อเนื่องกัน 2 ช่วงลงมา ให้ทำการวิเคราะห์และออกแบบเป็นแบบคานช่วงเดียวอย่างง่าย (Simple Support Beam) ดังนั้นสมการที่ใช้ในการออกแบบและตรวจสอบคือ

- $M = (WL^2)/8, V = (WL)/2, \Delta = (5WL^3)/(384IE) \leq L/360$... ใช้วิเคราะห์
- $Fb = Mc/I = (6M)/(bd^2), d = \sqrt[3]{(6M/bFb)}$... ใช้หาขนาดชิ้นส่วน
- $Fb = M/S = (WL^2)/(8S), L = 2.83 \sqrt{(SFb/W)}$... ใช้ตรวจสอบ
- $Fs = (VQ/Ib), L = [Fs/(0.50W)](Ib/Q)$... ใช้ตรวจสอบ
- $(5WL^4)/(384IE) = L/360, L = 0.60 \sqrt[3]{(IE/W)}$... ใช้ตรวจสอบ

-ในการออกแบบเสารับแบบนั่งร้าน (เสาตึ้มหรือเสาค้ำยัน) ออกแบบตามวิธีการออกแบบโครงสร้างรับแรงอัด (ทั้งกรณีเป็นไม้และเป็นเหล็กรูปพรรณ) แต่โดยทั่วไปแล้วเสามักจะมีขนาดเล็กและชะลูด ซึ่งอาจโก่งเดาะได้โดยง่าย ดังนั้นจะต้องมีการใส่ระบบค้ำยันเขาไปช่วยเสริมในส่วนนั้น

-การออกแบบเพื่อเสถียรภาพของโครงสร้างตาม ANSI/AISC 360-10, Chapter C ได้คำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อเสถียรภาพของโครงสร้าง และแต่ละองค์อาคารของโครงสร้างดังนี้

- Flexural, shear และ axial deformations ขององค์อาคาร และ deformations อื่นๆที่มีผลต่อ displacements ของโครงสร้าง
- Second-Order effects (ทั้ง $P-\Delta$ และ $P-\delta$ Effects)
- Geometry imperfections (โครงสร้างจริงไม่ได้ตั้งและแนวองค์อาคารไม่ตรงตามแนวแกน)
- การลดลงของ Stiffness เนื่องจาก inelasticity
- ความไม่แน่นอนของ stiffness และ strength (stiffness และ strength ขององค์อาคารจริงไม่ตรงตามค่าที่ใช้ออกแบบ)

-หน่วยแรงที่ยอมให้ของนั่งร้านและค้ำยัน ต้องพิจารณาถึงการโก่งดัด (Buckling) ของนั่งร้านและค้ำยัน

-การแอ่นตัว (Deflection) และการเปลี่ยนรูป (Deformation) ของระบบนั่งร้านและค้ำยัน ต้องพิจารณาการแอ่นตัวของคานและการหดตัวของเสาเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกมากกระทำ ซึ่งต้องคำนวณและจระดับเพื่อไว้ (Camber) โดยทั่วไปการแอ่นตัวที่ยอมให้ประมาณ 1 ต่อ 200 ของความยาวช่วงคาน หรือในกรณีที่เป็นโครงสร้างหลักที่มีความสำคัญ การแอ่นตัวที่ยอมให้ประมาณ 1 ต่อ 500 ถึง 1 ต่อ 1,000 ของความยาวช่วงคาน

-ในการออกแบบจะต้องมีการตรวจสอบการทรุดตัว (Settlement) ของจุดที่รองรับเสาของนั่งร้านและค้ำยันเพราะอาจทำให้ระดับของไม้แบบคลาดเคลื่อนจนทำให้ความหนาของโครงสร้างมากกว่าที่ต้องการ รวมถึงต้องพิจารณาป้องกันไม่ให้นั่งร้านและค้ำยันเกิดการกระทำกับพื้นที่รองรับจนเกิดการวิบัติในลักษณะของการเฉือนทะลุ (Punching Shear)

-สถิติของนั่งร้านและค้ำยันจะต้องเพียงพอต่อการต้านทานแรงกระทำด้านข้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่จะต้องพิจารณาแรงเสียดทานระหว่างไม้แบบกับคอนกรีตในขณะที่ยังสดอัดแรงอยู่ เนื่องจากคอนกรีตจะหดตัวและหลุดจากแบบหล่อ

3.ฐานที่นั่งร้านกต จะคำนวณอย่างไรว่ารับน้ำหนักได้หรือไม่

ตอบ –หลักการที่ควรพิจารณา ทฤษฎีการถ่ายแรง ตามเกณฑ์ของสมมุติฐานคือ

- ก. น้ำหนักจากการก่อสร้างถือเป็นน้ำหนักชั่วคราว ดังนั้นจะถือว่าโครงสร้างมีความสามารถในการรับน้ำหนักจรได้เพิ่มขึ้นอีก $1/3$ ของน้ำหนักจรถูกออกแบบไว้
- ข. การถ่ายแรงจากชั้นบนลงสู่ชั้นล่างผ่านเสาค้ำยัน ซึ่งโครงสร้างของชั้นที่รองรับทั้งหมดจะแอ่นตัวเท่ากันทุกชั้น
- ค. กำลังของโครงสร้างแต่ละชั้นที่รองรับและแปรตามค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตชั้นนั้น ซึ่งจะพัฒนาตามอายุ ชั้นที่เทไว้นานจะมีกำลังมากกว่าชั้นที่มีอายุน้อย
- ง. สัดส่วนของการรับแรงจะเทียบสัดส่วนกับกำลังที่ 28 วัน หรือกำลังที่ระบุไว้คุณกับน้ำหนักจร แต่ทั้งนี้จะต้องไม่เกินค่าน้ำหนักจรถูกออกแบบไว้

-การออกแบบฐานรองรับ สมมุติว่า Bearing ในกรุงเทพมหานครใช้ 2 ตันต่อตารางเมตร ในกรณีฐานแผ่ ไม่สามารถรับน้ำหนักนั่งร้าน เสาต้องออกแบบเป็นตั่งบนเข็ม ค่า $C=600$ กิโลกรัมต่อตารางเมตร สำหรับดินในกรุงเทพฯ ฯ

- สำหรับฐานรากแผ่แบบวางบนดิน

ถ้าให้ P = น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่กระทำ, A = พื้นที่ของฐานราก, q = หน่วยแรงดันขึ้นทั้งหมดของดิน, q_a = หน่วยแรงกดอัดหรือหน่วยแรงแบกทานของดินที่ยอมให้

$$\text{จะได้ } q = P / A \leq q_a$$

- สำหรับฐานรากแผ่แบบวางบนเสาเข็ม

ถ้าให้ R = น้ำหนักที่เสาเข็มแต่ละต้นต้องรับ, P = น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่กระทำ, n = จำนวนของเสาเข็ม, R_a = กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ยอมให้

$$\text{จะได้ } R = P / n \leq R_a$$

- สำหรับเหล็กหน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ตามมาตรฐานเหล็กรูปพรรณของ ว.ส.ท.
คำนวณได้จาก

เมื่อ F_p = หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ กก./ซม.², F_y = หน่วยแรงดึงที่จุดครากของเหล็ก กก./ซม.²,

P = แรงแบกทานที่ชิ้นส่วนจะรับได้, A_p = พื้นที่แบกทาน ซม.²

$$\text{จะได้ } P = A_p \cdot F_p \leq F_p = 0.90 F_y$$

- หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้สำหรับคอนกรีตตามมาตรฐานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของ ว.ส.ท. คำนวณได้จาก

เมื่อ F_p = หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้สำหรับคอนกรีต กก./ซม.², f'_{ci} = กำลังอัดของคอนกรีตใน

ขณะที่แบกรับ กก./ซม.²

$$\text{จะได้ } F_p = 0.25 f'_{ci}$$

- สำหรับการแบกทานของไม้ ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้อาจเลือกใช้ตามข้อกำหนดตามมาตรฐานอาคารไม้ของ ว.ส.ท.

4. ถ้าฐานรับน้ำหนักไม่ไหว มีวิธีแก้ไขอย่างไร

ตอบ -ฐานรากของนั่งร้านและค้ำยัน อาจใช้ฐานรากวางบนดินและฐานรากแผ่ หรือวางบนโครงสร้างก็ได้ ในกรณีที่ดินฐานรากสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ดี มีการทรุดตัวน้อย อาจวางนั่งร้านบนคานเหล็กรูปพรรณเพื่อกระจายน้ำหนักลงสู่ดินฐานราก และป้องกันไม่ให้นั่งร้านและค้ำยันกระทำกับพื้นที่รองรับจนเกิดการวิบัติในลักษณะของการเฉือนทะลุ (Punching Shear)

-ถ้าจำเป็นต้องใช้แผ่นเหล็กเป็นแผ่นแบกทานช่วย อาจพิจารณาคิดหน่วยแรงดัดในแผ่นแบกทานจาก $F_b = 0.75F_y$,เมื่อ F_b =หน่วยแรงดัดที่ยอมให้

-ฐานรองรับนั่งร้านควรพิจารณาถึงความมั่นคงแข็งแรงของดินที่จะรองรับนั่งร้านว่าแข็งแรงเพียงพอที่จะรองรับน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงมาจากเสานั่งร้าน โดยมีส่วนความปลอดภัยเพียงพอหรือไม่ ขนาดของฐานควรออกแบบให้สัมพันธ์กับความสามารถของดินที่จะรับน้ำหนัก เช่น ดินเหนียว ที่มีความสามารถในการรับน้ำหนัก 2 ตันต่อตารางเมตร โดยมีส่วนความปลอดภัย 2 ตัน หากน้ำหนักจากเสานั่งร้านรวมกันแล้วได้ 1 ตัน ก็ควรจัดขนาดฐานให้มีพื้นที่รวม 1 ตารางเมตรเป็นอย่างน้อย เพื่อให้ได้ส่วนความปลอดภัยในการรับน้ำหนัก 2 ตัน เป็นต้น หากไม่สามารถทำได้เนื่องจากเหตุผลใด เช่น สถานที่ไม่อำนวย หรือสภาพดินอ่อนก็ควรตอกเสาเข็มรองรับให้มีจำนวนเพียงพอ วัสดุที่ใช้รองรับเป็นฐานนั่งร้านควรออกแบบให้แรงเสียดทานได้พอเพียง และไม่แอ่นตัวเมื่อรับน้ำหนัก ในกรณีที่ใช้ฐานแผ่วางบนดิน ควรลอกหน้าดินออกเสียก่อน ความแข็งแรงของฐานรองรับควรออกแบบให้มีความแข็งแรงเท่า ๆ กัน หากจุดใดจุดหนึ่งมีความแข็งแรงน้อยกว่า อาจทำให้เกิดการทรุดตัวไม่เท่ากัน จนอาจเกิดการวิบัติได้

5.จะถอดนั่งร้านได้เมื่อไหร่

ตอบ

1. การถอดคอนกรีตในพื้นที่จะต้องกระจายคอนกรีตให้ทั่วบริเวณ อย่าให้คอนกรีตกองกระจุกตัวที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งมากเกินไป
2. เนื่องจากน้ำหนักคอนกรีตเหลวที่กำลังเทพื้นอยู่นั้น อาจมีน้ำหนักมากกว่าน้ำหนักจรรยาหลายเท่า ดังนั้นนั่งร้านค้ำยันพื้นที่จะเทจะต้องมีอย่างพอเพียงโดยอาจต้องค้ำยันได้พื้นมากกว่า 1 ชั้น ทั้งนี้วิศวกรต้องเป็นผู้กำหนด
3. พื้นที่เป็นฐานสำหรับการตั้งนั่งร้านค้ำยัน หากเป็นพื้นคอนกรีตอัดแรงจะต้องดึงลวดอัดแรงให้เรียบร้อย ก่อนตั้งนั่งร้านค้ำยัน หากเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก จะต้องรอให้ได้อายุเสียก่อนจึงตั้งนั่งร้านค้ำยันได้
4. การถอดนั่งร้านค้ำยัน จะต้องรอให้คอนกรีตได้อายุและได้กำลังรับน้ำหนักเสียก่อนจึงจะถอดค้ำยันได้ การรีบถอดค้ำยันเร็วเกินไปโดยที่คอนกรีตยังไม่ได้อายุ อาจทำให้พื้นถล่มลงมาได้
5. ในขั้นตอนการถอดคอนกรีต จะต้องมีการตรวจสอบจากสภาวิศวกรควบคุมการทำงานในทุกขั้นตอน รวมทั้งขั้นตอนการก่อสร้างที่สำคัญขั้นตอนอื่น

-การที่จะพิจารณาคงค้ำยันไว้ครบ 100% หรือเหลือเพียง 75% หรือ 50% นั้นจะต้องพิจารณาให้ชัดเจนจนถึงกำลังของโครงสร้างส่วนย่อย(Local effect) ที่จะมีต่อส่วนอื่นๆของโครงสร้าง ซึ่งจะต้องทำการวิเคราะห์โครงสร้างอย่างละเอียด โดยพิจารณากำลังของคอนกรีตขณะนั้นเป็นเกณฑ์ กำลังที่จะต้องวิเคราะห์จะต้องครอบคลุมทั้งแรงดัดแรงเฉือนและการแอนตัว จะพิจารณาเพียงอย่างหนึ่งอย่างใดเพียงกรณีเดียวไม่ได้

การถอดแบบพื้นและค้ำยันกลับ

หลังจากทำการ Stressing เสร็จเรียบร้อยแล้วทำการถอดแบบพื้นเพื่อนำไปใช้งานต่อไป ก่อนที่จะเทชั้นต่อไปจะต้องมีค้ำยันรับชั้นเดิม 50% ตามรูป A ทั้งนี้จะต้องเช็คน้ำหนักบรรทุกด้วย ดังนี้

พื้นหนา 20 ซม. นน.คอนกรีต	480	kg/m ²
นน.นั่งร้านและอื่น ๆ	120	kg/m ²
∴ นน.บรรทุกรวม	600	kg/m ²
นน.บรรทุกที่ออกแบบ	400	kg/m ²
∴ ต้องถ่าย นน.ลงพื้นชั้นล่าง	200	kg/m ²
ดังนั้นต้องค้ำยัน	$= \frac{200}{400} = 50\%$	

เนื่องจากพื้น Post tension ที่อัดแรงแล้ว ก็จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ ซึ่งเมื่อเทียบกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก จะต้องรอให้อายุคอนกรีตได้อย่างน้อย 15 วัน จึงจะเริ่มถอดแบบ ดังนั้นสำหรับพื้น Post tension จะสามารถถอดแบบได้เร็วกว่าพื้นระบบธรรมดา และการนำแบบไปใช้ในชั้นอื่น ๆ ก็จะสามารถเวียนได้มากกว่า

วันที่หล่อ



พื้นคอนกรีตอัดแรง
(Post Tensioned Slab)

วันที่หล่อ



พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก
(Reinforced Concrete Slab)

ภาพแสดงการค้ำยันเพื่อการเทคอนกรีตของพื้น 2 ระบบ