เอกสารประกอบการฝึกอบรม

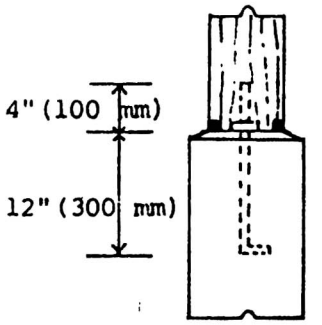
เรื่อง

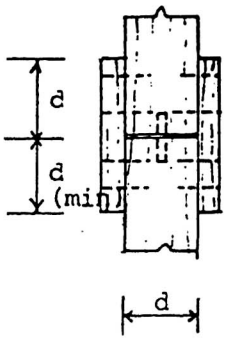
เทคนิคการก่อสร้างอาคารราคาถูก

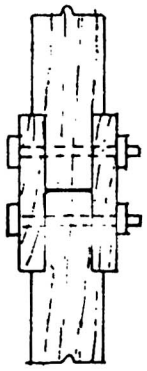
วันที่ 16 – 18 ธันวาคม 2529

โดย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

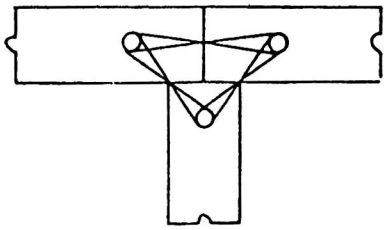
สนับสนุนทางการเงินโดย UNESCO







เทคนิคการใช้ไม้ในการก่อสร้าง



โดย ค. เรืองศักดิ์ กันตะบุตร

บทนำ

ที่อยู่อาศัยสำหรับประชาชนเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่งในทุก ๆ ประเทศ การเพิ่มโตของจำนวนประชากร การอพยพประชาชนระหว่างประเทศ เนื่องด้วยเหตุการณ์ทางการเมือง ราคาที่ดินและราคาวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง มีราคาสูงเกินกำลังซื้อของประชาชนส่วนใหญ่ และระบบเศรษฐกิจของแต่ละสังคมล้วนเป็นปัญหาที่รัฐบาลต้องยอมรับว่าเป็นภาระกิจที่กำลังเผชิญและเป็นความรับผิดชอบที่จะต้องดำเนินการให้ได้ผลแก่ประชาชนส่วนใหญ่มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีระบบการปกครองแบบเสรีประชาธิปไตย ฉะนั้นระบบเศรษฐกิจในประเทศในกลุ่มค่ายเสรี จะไม่เอื้ออำนวยประโยชน์ให้แก่ประชาชนส่วนใหญ่ได้อย่างเต็มที่ ฉะนั้นการใช้สติปัญญาเพิ่มพูนเทคนิควิทยาการ เพื่อต่อสู้กับอุปสรรคนา ๆ ประการ โดยเฉพาะเรื่องราคาที่ดินและราคาวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง จึงเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อความเป็นไปได้ในการดำเนินโครงการที่อยู่อาศัยสำหรับประชาชน

เทคนิควิทยาการที่มีส่วนช่วยความเป็นไปได้จะต้องมีความสัมพันธ์กับหลักการทางเศรษฐกิจ และสภาพการณ์ของแต่ละท้องถิ่น การออกแบบอาคารพักอาศัยด้วยหลักการประหยัดวัสดุและแรงงาน และมีความเป็นไปได้ต่อการปฏิบัติงาน

การประหยัดวัสดุและแรงงานมิได้หมายถึง การปฏิบัติงานอย่างหยาบ ๆ อย่างไม่มีหลักการ ซึ่งทำให้ผลงานมีลักษณะไร้คุณภาพทางสถาปัตยกรรมท้องถิ่น

ที่อยู่อาศัยของประชาชน ราคาประหยัด ทำได้ด้วยวัสดุ ดังต่อไปนี้

1. วัสดุก่อ ผลิต ณ ท้องถิ่น
2. ไม้แปรรูป ผลิตจากเลื่อยมือ
3. ไม้แปรรูป ที่ผลิตทางอุตสาหกรรม
4. ไม้ไผ่ ไม้รวก
5. ไม้เบญจพรรณ
6. ไม้อัดและใยสังเคราะห์อัดอื่น ๆ

วัสดุก่อสร้างแต่ละประเภท มีเทคนิควิทยาการแตกต่างกัน ซึ่งต้องการความเข้าใจในธรรมชาติของวัสดุอย่างลึกซึ้ง จึงจะเข้าใจวิธีการก่อสร้างที่มีคุณลักษณะและคุณสมบัติ ถึงระดับเทคนิควิทยาการ

ในการบรรยายทางวิชาการครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นเฉพาะเทคนิควิทยาการของการใช้ไม้แปรรูปในการก่อสร้างอาคารที่มีการประหยัดวัสดุและแรงงาน และเน้นถึงการออกแบบด้วยหลักการของตารางพิกัดแผนผัง (Modular Planning) ซึ่งเป็นเสมือนเครื่องมือที่สำคัญในการออกแบบอาคารแบบประหยัดได้ตามเป้าหมาย

ไม้แปรรูปกับการก่อสร้างอาคารราคาถูกในประเทศไทย

1. คุณลักษณะของไม้แปรรูปโดยย่อ

ไม้แปรรูปผลิตให้ได้ตามขนาดที่ต้องการจากเครื่องจักร มีขนาดหน้าตัดเป็นมาตรฐานตามมาตรการของแต่ละประเทศ ไม้แปรรูปไม่ได้เป็นวัสดุจากกรรมวิธีผลิต แต่เป็นวัสดุจากธรรมชาติซึ่งคุณสมบัติและคุณลักษณะของไม้จะเป็นไปตามธรรมชาติ คือ มีลักษณะของการผันแปรตามพันธุ์ไม้ของแต่ละพันธุ์ อายุของไม้ สภาวะสิ่งแวดล้อม ความไม่สมบูรณ์ของเนื้อไม้ เช่น กะพี้และตาไม้ ความเสื่อมของเนื้อไม้จากเชื้อราในเนื้อไม้ และธรรมลักษณะตามชนิดของต้นไม้ เหล่านี้ทำให้ค่าของความแข็งแรงของไม้มีความแตกต่างกันมาก จึงทำให้การกำหนดค่าหน่วยของแรงเพื่อใช้งาน (working stress) ไม่สามารถให้ได้ใกล้เคียงความจริง เช่น คอนกรีตหรือเหล็ก ฉะนั้นค่าของความปลอดภัย (safety factor) ที่ใช้ในงานวิศวกรรมไม้ จะมีค่าสูงกว่าค่าของความปลอดภัยที่ใช้ในงานวิศวกรรมคอนกรีตและเหล็ก

ไม้ที่นำมาใช้ในงานโครงสร้าง แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง ซึ่งแต่ละประเภทก็จำแนกออกอีกมากชนิดด้วยกัน ไม้เหล่านี้ได้ถูกนำมาเลื่อยใช้เป็นไม้แปรรูป

ขนาดของหน้าตัดไม้ที่เลื่อย ถ้าจะถือตาม American Lumber Standard System เป็นแนวพิจารณาก็จะได้เป็น 3 ประเภท คือ

- ประเภทที่ใช้กันในอาคารทั่วไปซึ่งมีขายทั่วไปตามร้านค้าไม้แปรรูป (yard lumber) คือ ประเภทที่มีความหนาน้อยกว่า 5" ลงมาได้แก่ ไม้ทำพื้น ฝา ที่มีขนาดความหนาตั้งแต่ 2" ลงมา ได้แก่ ไม้เคร่า รวมทั้ง ตง จันทัน ขนาดธรรมดาที่ใช้กับช่วงสั้นก็รวมอยู่ด้วย ซึ่งไม้ที่มีขนาดในประเภทนี้ความจริงก็ใช้กับชิ้นส่วนโครงสร้างขนาดเบาได้ (structural material)

- ประเภทที่ใช้กับโครงสร้างโดยตรง (structural material) ขนาดที่มีความหนาตั้งแต่ 5" ขึ้นไป ใช้ทำเสา คาน ตง ช่วงกว้าง เช่น ไม้พื้นที่หนาตั้งแต่ 2" ขึ้นไป ตงที่มีหน้ากว้างหรือหนาตั้งแต่ 4" ขึ้นไป คานที่มีความกว้างตั้งแต่ 5" ขึ้นไป และเสาขนาด 6"x6" และที่ใหญ่กว่า 6"x6"

- อีกประเภทหนึ่งที่เรียกว่าไม้ผลิตภัณฑ์ (factory or shop lumber) เป็นไม้ขนาดเบาและเล็กตามขนาดต่าง ๆ ที่ต้องการ ใช้กับงานประดู หน้าต่าง ไม้คิ้ว ไม้มอบ (trimmer) ใช้ในงานผลิตชิ้นส่วนที่ไม่ได้รับน้ำหนัก ได้แก่ งานตกแต่งชิ้นสำเร็จในงานสถาปัตยกรรมและงานตกแต่งภายใน ซึ่งบางทีก็เรียกว่า Finish Lumber

ประเภทของขนาดหน้าตัดตามมาตรฐานของอเมริกัน เราอาจถือเป็นบรรทัดฐานได้ ถึงแม้ในประเทศไทยได้มีการผลิตไม้แปรรูปนับตั้งแต่มีโรงเลื่อยจักรเข้ามาในประเทศ ซึ่งขนาดหน้าตัดไม้ของเราจะมีขนาดเบากว่ามาตรฐานอเมริกัน ในส่วนของหน้าตัดประเภทแรกคือประเภท Yard Lumber เช่น ไม้เคร่า เรานิยมใช้ขนาด $1\frac{1}{2}$"x3" แต่อเมริกันใช้ 2"x4" และความหนาไม่น้อยกว่า 2"

2. <u>หน่วยแรง (Unit stress)</u>

สำหรับไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งที่ผลิตเป็นไม้แปรรูปในประเทศไทย เป็นความจำเป็นที่ผู้ออกแบบอาคารไม้ต้องรู้ เพื่อการพิจารณาใช้ให้ถูกหน้าที่ หน่วยของแรงใช้งาน (unit working stress) ไม่ควรยึดถือมาตรฐานต่างประเทศเป็นเกณฑ์การออกแบบ ควรใช้มาตรฐานของเราที่ผ่านการทดสอบแล้วกำหนดโดยแผนกวิศวกรรมของกรมป่าไม้ หรือสถาบันการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ สมาคมควบคุมวิชาชีพวิศวกรรมหรือเทศบาล

ในเรื่องนี้ ผู้บรรยายมีประสบการณ์บางอย่างที่ต้องการแจ้งให้ทราบในวงการวิชาการด้วยคือ

- ค่าความแข็งแรงของไม้เนื้อแข็งบางชนิดในป่ายังไม่มีการกำหนด ความแข็งของไม้ที่ได้มีการกำหนดโดยกรมป่าไม้และเทศบาล เข้าใจว่าได้กำหนดจากการทดสอบไม้ที่มีอายุถึงขนาดเกณฑ์ตามหลักวิชาการป่าไม้ แต่ในปัจจุบันไม้แปรรูปที่จำหน่ายในท้องตลาด มีไม้ที่ไม่ได้กำหนดอายุตามหลักวิชาการป่าไม้ คือ มีการรีบตัดก่อนถึงเกณฑ์กำหนด เนื่องจากจำนวนป่าไม้ในประเทศไทยมีจำนวนน้อยลงทุกวันตามที่ทราบกันดี ไม้ดังกล่าวมีคุณสมบัติด้านความแข็งแรง (strength) ต่ำลง เชื่อว่าสถาปนิกและวิศวกรหลายท่านได้เคยประสบจากการปฏิบัติจริง คือ ขนาดไม้ขนาดเดียวกันในปัจจุบันทำหน้าที่เป็นองค์โครงสร้าง (structural members) ประเภทเดียวกัน โดยมีความยาวขององค์คือช่วงโครงสร้าง (span) เท่ากัน

ผลจากการใช้งานคือ ไม้แปรรูปในปัจจุบันส่วนใหญ่ไม่สามารถรับแรงได้เท่ากับไม้แปรรูปเมื่อ 20 ปี ก่อนที่แล้วมา ปรากฏความเสียหายในองค์โครงสร้างอยู่เสมอ เช่น มีการหย่อนหรือตกจากระดับ (deflection) มีการอ่อนตัว (bending) การบิดตัว (torsion or twisting) และการห่อหรือย่นตัว (buckling) สูงกว่าที่เคยปรากฏแต่ก่อน เช่น ตาน ดง เป็นต้น

๓. <u>ความเสื่อมโทรมเนื่องจากดินฟ้าอากาศ</u>

ความเสื่อมโทรมเนื่องจากดินฟ้าอากาศ ทำให้โครงสร้างไม้มีสภาพถึงการผุพังได้ ไม้แปรรูปที่เป็นองค์โครงสร้างถ้าอยู่ในที่แห้งตลอด ได้แก่ สิ่งปกคลุมไม่ให้มีการเปียกน้ำ ถึงแม้จะเปียกก็ต้องจมอยู่ใต้ระดับน้ำอยู่ตลอดเวลา ไม้จะไม่มีการเสื่อมสภาพ สำหรับองค์โครงสร้างและองค์ประกอบอาคารที่จำเป็นต้องเปียกฝน เช่น เสาและฝาของอาคารไม้ซึ่งเปลือยกับดินฟ้าอากาศ ก็มีโอกาสเสื่อมสภาพได้ก่อนที่ปลายสุดที่หน้าตัดของไม้ เพราะความเปียกชื้นจะดูดเข้าตามเสี้ยนของไม้ที่หน้าตัดของไม้แปรรูป

ความเสื่อมสภาพดังกล่าวจะเห็นได้ทั่วไป เช่น ที่ปลายแป่หัวเสา ปลายแปลาน ปลายอกไก่ ในงานโครงสร้างไม้ของงานสถาปัตยกรรมไทยเดิม โดยเฉพาะนับตั้งแต่ยุคสุโขทัยลงมา เราไม่รู้จักใช้วัสดุหุ้มปลายองค์ หรือชิ้นส่วนโครงสร้างให้พ้นภัยจากน้ำฝนและปั้นลม ซึ่งเป็นชิ้นส่วนตกแต่งทางสถาปัตยกรรม ต่างก็ได้รับความเสียหายจนเสื่อมสภาพถึงแก่ผุพังไปด้วยกัน

หมายเหตุ : หลักฐานที่มีการหุ้มปลายองค์โครงสร้าง คือ ปลอกดีน เผาหุ้มหัวแป่หัวเสาจากอำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ได้เก็บไว้เพื่อเป็นหลักฐานทางโบราณคดี โดย รองศาสตราจารย์เสนอ นิลเดช อาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

สำหรับเสาไม้ที่สัมผัสดินก็มีการผุกร่อนที่แนวระดับดิน หรือที่แนวระหว่างเปียกกับแห้ง ในปัจจุบันมีการต่อเสาไม้กับตอม่อ คสล. ก็มีการผุกร่อนได้ที่ดินหรือโคนเสาไม้ ที่สัมผัสกับตอม่อ คสล. โดยเฉพาะเสาแถวนอกที่ต้องโดนฝน น้ำฝนจะขังได้ดีนเสาและถูกดูดเข้าไปตามเสี้ยนไม้ เนื่องจากผู้ออกแบบส่วนใหญ่ไม่มีความรู้ หรือไม่สนใจต่อความเปียกชื้นและการดูดซึมน้ำของไม้ที่หน้าตัดที่เปลือยต่อดินฟ้าอากาศ

ความเสื่อมโทรมดังกล่าว ลดความแข็งแรงขององค์อาคารนั้น ๆ ในทุก ๆ ด้าน ตามสภาพของการเสื่อมโทรมจนกระทั่งถึงขั้นร้ายแรง คือ พังในที่สุด

ฉะนั้น การออกแบบอาคารไม้แปรรูปให้มีความคงทนถาวร ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจในธรรมชาติของไม้ที่มีรูปลักษณะ (round timber) ในคุณลักษณะของธรรมชาติแห่งการกำเนิด (organic material) และรูปลักษณะเหลี่ยมที่ถูกเลื่อยตัดเอาส่วนเปลือกออกของไม้แปรรูป โดยเฉพาะคุณสมบัติของความแข็งแรงในด้านต่าง ๆ

สำหรับไม้แปรรูปที่ทำหน้าที่ในงานตกแต่งภายใน ย่อมได้รับการพิจารณาในเรื่องความงดงามของลายไม้ตามธรรมชาติของไม้แต่ละพันธุ์ (species) และการตากแห้งให้มีการยืดหดน้อยที่สุด รวมทั้งการอาบน้ำยารักษาเนื้อไม้ (preservative treatment) ซึ่งพิจารณาใช้กับไม้ภายในสิ่งปกคลุมและไม้ที่เปลือยกับดินฟ้าอากาศ

4. <u>โครงสร้างไม้ในความเห็นของผู้บรรยาย</u> อาจจำแนกเป็นประเภทใหญ่ ๆ คือ

- โครงสร้างไม้ขนาดเบาและโครงสร้างไม้ขนาดหนัก

- โครงสร้างไม้ขนาดเบาได้แก่ โครงสร้างที่ใช้ไม้เบญจพรรณ ซึ่งมีลำต้นขนาดเล็กและไม้ไผ่ ซึ่งมีหน้าตัดกลมตามธรรมชาติ

- ไม้แปรรูปที่มีขนาดหน้าตัดที่จำกัดอยู่ในประเภท yard lumber ซึ่งมีความหนาน้อยกว่า ๕" ลงมา

- โครงสร้างไม้ขนาดหนัก ได้แก่ โครงสร้างที่ใช้ไม้ลำต้นกลมขนาดใหญ่ (round timber) ซึ่งเป็นประเภท ไม้หน้าตัดขนาดหนัก (heavy timber) ได้แก่ อาคารที่พักอาศัยบางประเภทและศาสนสถาน ที่ก่อสร้างด้วยไม้ทั้งหลายในสมัยโบราณ แสดงออกในคุณค่าของงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมไม้ขนาดหนัก

- โครงสร้างไม้ขนาดหนักที่ใช้ไม้แปรรูป ที่มีขนาดหน้าตัดอย่างน้อยอยู่ในประเภท structural material ของมาตรฐานอเมริกัน

โครงสร้างไม้ที่ได้แยกประเภทในข้อนี้ เป็นการจำแนกตามขนาดหน้าตัด และรูปลักษณะของหน้าตัดไม้ซึ่งย่อมหมายถึง แต่ละประเภทมีเทคนิควิทยาการในการก่อสร้างแตกต่างกันเป็นลักษณะเฉพาะ

5. ไม้แปรรูปในประเทศไทย

ได้มีการผลิตขนาดหน้าตัดของไม้แปรรูปขนาดต่าง ๆ ทั้ง 3 ประเภท ตามที่ได้จำแนกไว้ข้อ 1 ซึ่งเป็นการผลิตจากเครื่องเลื่อยจักรกล สิ่งที่แปลกก็คือ เป็นการผลิตโดยใช้มาตราการวัด 2 ระบบผสมกัน คือ หน้าตัดจริงให้มีขนาดเป็นนิ้ว ให้ความยาวเป็นเมตร และคิดปริมาตรเป็นลูกบาศก์ฟุต ใช้กับการผลิตไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง นอกจากไม้สักที่ผลิตโดยใช้มาตราการวัดระบบเดียวคือ หน้าวัดเป็นนิ้ว ความยาวเป็นฟุต ปริมาตรเป็นลูกบาศก์ฟุต

การผลิตไม้โดยใช้ระบบการวัด 2 ระบบผสมกัน ย่อมก่อให้เกิดความยุ่งยากสับสนในการออกแบบอาคารด้วยหลักการประสานทางสิกัด (modular co-ordination) และเป็นอุปสรรคต่อการที่จะวางมาตรฐานใหม่ให้ถูกต้องและเหมาะสมในวงการอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตาม ถ้าประเทศไทยมีความตั้งใจจะพัฒนาการผลิตวัสดุทางอุตสาหกรรมให้เข้าสู่มาตรฐานสากล ก็จำเป็นต้องเริ่มเปลี่ยนแปลง แก้ไขข้อเสียเปรียบ (dis-advantage) ในเชิงวิชาการให้หมดไป จะปฏิบัติในลักษณะอย่างไรก็คงขึ้นอยู่กับความพร้อมในด้านเศรษฐกิจ

สำหรับในเรื่องขนาดหน้าตัดที่เป็นมาตรฐานในระบบการวัดเดิม หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 การผลิตไม้แปรรูปในประเทศไทยมีมาตรฐานการผลิตต่ำลง ขาดความแน่นอนและความสม่ำเสมอในขนาดของการผลิต และมีการผลิตที่ไม่ได้ขนาดตามที่กำหนดเพื่อการใช้ด้วย ทั้งนี้เพราะเราขาดการควบคุมมาตรฐานไม้แปรรูป ซึ่งผลิตโดยโรงเลื่อยเอกชน

ขนาดหน้าตัดที่ผลิตกันในประเทศไทย เป็นขนาดที่วัดจากไม้ที่ยังมิได้มีการไสในสหรัฐอเมริกาไม้แปรรูปที่จำหน่ายในท้องตลาด เป็นไม้ที่ได้ถูกไสแล้ว มีขนาดตามที่ได้กำหนดเป็นมาตรฐาน ทำให้การปฏิบัติงานได้ความแม่นยำ เที่ยงตรง ไม่มีปัญหาเรื่องการไม่ได้ขนาด และต้องเสียเวลาในการไสก่อนการประกอบและติดตั้ง

ไม้แปรรูปที่ใช้กันทั่วไปทั้งอาคารพักอาศัยและอาคารพาณิชย์ประเภทห้องแถวไม้นิยมใช้ไม้แปรรูปขนาดตามการผลิตในประเภทหนึ่ง คือ ประเภท yard lumber หน้าตัดไม้ 4"x4", 5"x5", 6"x6" นิยมทำเสา ส่วนหกตาม ๆ จันทัน จะผลิตขนาดที่มีความหนา $1\frac{1}{2}$" และ 2" สำหรับความลึกขนาด 4", 5", 6", 8" และ 10" ส่วนขนาดอื่น จะต้องมีการสั่งเลื่อยเป็นพิเศษ ไม้เคร่านิยมผลิตขนาด $1\frac{1}{2}$"x3" การผลิตตามที่กล่าวนี้ เป็นตัวกำหนดขอบข่ายและค่านิยมในการออกแบบอาคารโครงสร้างไม้ในประเทศของเรา

จากประสบการณ์ของผู้บรรยายในเรื่องขนาดหน้าตัด ขอให้สังเกตว่าการผลิตขนาดหน้าตัดไม้ในประเทศไทยปัจจุบันนี้ มิได้มีการพิจารณาถึงหน้าที่ทางด้านโครงสร้างของไม้เท่าที่ควร ตัวอย่างเช่น ในการออกแบบโครงถัก (truss) ไม้ที่นำมาใช้เป็นองค์โครงสร้าง (structural member) มักจะนิยมใช้ไม้ที่มีความหนา $1\frac{1}{2}$" และ ๒" เหมือนกันทั้งองค์โครงสร้างแรงดึงและองค์โครงสร้างแรงอัด ผู้บรรยายได้พบเห็นอยู่บ่อย ๆ ในเรื่องการโก่งงอหรือย่น (buckling) ขององค์โครงสร้างแรงอัด ทั้งนี้เป็นเพราะวิศวกรผู้ออกแบบอาจพบอุปสรรคบางประการในการที่จะต้องสั่งไม้ที่มีขนาดหน้าตัดพิเศษนอกเหนือไปจากที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

๒. <u>โครงสร้างไม้ในประเทศไทย</u>

ไม้ในอดีตได้เคยมีบทบาทในการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยที่เป็นไม้ล้วนทั้งโครงสร้างและส่วนอื่น ๆ ทั้งหมด สำหรับศาสนสถานที่เป็นงานก่อสร้างแบบเรียงอิฐ ไม้ก็มีบทบาทในการทำหน้าที่เป็นคานทับหลังเหนือประตู หน้าต่าง (wood lintel) เป็นองค์โครงสร้างของโครงหลังคาไม้และชิ้นส่วนต่าง ๆ ทางสถาปัตยกรรมที่เป็นไม้ สำหรับระบบโครงสร้างของโครงสร้างอาคารในอดีต เป็นระบบโครงสร้างแบบเสาและคาน (post & lintel) ทั้งสิ้น แม้แต่โครงหลังคาก็ใช้ระบบถ่ายน้ำหนักลงตามคานเสาตั้งเอก โท ตรี มาสู่ชื่อเอก โท ตรี เช่นเดียวกันตามลำดับ มีแต่โครงหลังคาบ้านไทยเดิมภาคกลาง (เท่าที่พบเห็น) เท่านั้น ที่มีลักษณะเป็นโครงถัก (truss) หลักการเกี่ยวกับในสมัยที่วิศวกรรมศาสตร์ได้มีการพัฒนาทางด้านการคำนวณ (mathematic) แล้ว โครงถักดังกล่าวคือ โครงถักที่ออกแบบด้วยหลักการสมดุลในโครงสร้างด้วยสูตรของ Statics ซึ่งเราศึกษาและเข้าใจได้จากการวิเคราะห์โครงหลังคาบ้านไทยเดิมภาคกลางด้วยการวิเคราะห์ทางทฤษฎีโครงสร้าง

อย่างไรก็ตาม ความเข้าใจในทางทฤษฎีโครงสร้างของชาวไทยโบราณ สำหรับในเรื่องโครงถัก ผู้บรรยายคิดว่าจะเข้าใจในทฤษฎีเสาและคานที่มีการถ่ายน้ำหนักตามธรรมชาติของแรงในไม้ต่าง ๆ ซึ่งได้แสดงออกในงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมของนานาชาติในอดีต สำหรับโครงสร้างโครงถักที่ใช้หลักการสมดุลด้วยสูตรของ Statics อาจเป็นความบังเอิญที่ได้พบจากประสบการณ์หรือความบังเอิญที่มีผู้หนึ่งผู้ใดมีคุณสมบัติในด้านโครงสร้างสำนึก (structural sense) สูง ได้มีการออกแบบโดยสัญชาติญาณ (intuitive design)

พลังสัญชาติญาณ (intuitive power) ดังกล่าวสามารถสร้างความเป็นเลิศในด้านเทคนิควิทยาการทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมตามที่ได้ปรากฏมาแล้วในประวัติศาสตร์ของการก่อสร้าง

สำหรับงานโครงสร้างหลังคาไม้ในปัจจุบันส่วนใหญ่สถาปนิกวิศวกร มีความเข้าใจ.. แต่เพียงทฤษฎีขาดความสนใจใน Method of Joints ผลปรากฏว่าได้มีการออกแบบผิดพลาดอยู่ทั่วไป (ดูหนังสือผลงานการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารของ เรืองศักดิ์ กันตะบุตร เล่มที่ 2 เดือนมกราคม 2519)

บ้านพักอาศัยและอาคารสาธารณะ เช่น โรงเรียนที่เป็นไม้ล้วน โครงสร้างหลักทั่วไปใช้ระบบเสาและคานเหมือนในอดีต ซึ่งตัวไม้ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นไม้แปรรูปทั้งหมดโดยเฉพาะเป็นไม้ประเภท Yard Lumber ซึ่งมีขนาดหน้าตัดเล็กกว่าที่ได้เคยใช้ในอดีต วิธีการก่อสร้างและการปฏิบัติ การติดต่อหรือรอยต่อ ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาไปในลักษณะของความไม่เข้าใจแจ้งในลักษณะและคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้แปรรูปประเภท Yard Lumber และStructural Lumber จึงทำให้งานออกแบบทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมไม่ได้ผลสำเร็จเท่าที่ควร

อาคารโรงงานโครงสร้างไม้ที่มีผนังโปร่ง มีการออกแบบโครงถักที่ใช้กับหลังคา (roof truss) เฉพาะในแนวขวาง (transverse direction) ไม่มีการยึดยันหรือมีโครงถักในแนวตามยาวของอาคารและระหว่างเสากับคานหลังคาก็ไม่มีการยึดยันหรือค้ำยัน (bacing) อาคารลักษณะนี้ได้พังพินาศเนื่องจากแรงลมแล้วมากแห่ง โดยเฉพาะอาคารที่ตั้งอยู่กลางแจ้งที่ปราศจากมวลที่ขวางหรือกั้นลมไม่ให้กระทบอาคารโดยตรง การที่ไม่สามารถต้านทานแรงกระทำภายนอกได้นี้เพราะ

- เหลือวิสัยที่จะต้านทานได้ (เกินกำลัง)
- ระบบโครงสร้างไม่ถูกต้อง
- รายละเอียดการยึดข้อต่อตามรอยต่อต่าง ๆ มีคุณสมบัติต่ำ
- อุปกรณ์ยึดไร้คุณภาพและไร้คุณสมบัติ
- การก่อสร้างมีคุณภาพต่ำทั้งวัสดุและการปฏิบัติทางการช่าง

- ระบบโครงสร้างถูกต้องในแบบ แต่การก่อสร้างมีส่วนที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากความไม่รู้ของผู้ก่อสร้าง

- มิได้มีการออกแบบให้โครงสร้างต้านทานแรงลมได้

- ไม้หย่อนคุณสมบัติในการรับแรง เนื่องจากมีการตัดมาใช้งานเร็วกว่ากำหนด

- ขาดการบำรุงรักษา อุปกรณ์ยึดต่าง ๆ และองค์โครงสร้างมีการผุพัง เสื่อมคุณภาพ เนื่องจากดินฟ้าอากาศ

อย่างไรก็ตาม ก็มีอาคารโครงสร้างไม้ที่ใช้ไม้แปรรูปที่คุณภาพอยู่ในขั้นมาตรฐาน ได้แก่ พระที่นั่งวิมานเมฆ วังเพชรบูรณ์ และส่วนที่เป็นโครงสร้างไม้ของบ้านมนังคศิลา เป็นต้น โดยที่งานไม้ดังกล่าวเป็นงานที่ใช้ความปราณีตในการทำรอยต่อ ซึ่งเป็นเทคนิควิทยาการของงานช่างไม้ว่าด้วยการเข้าปากเข้าเดือยตามรอยต่อ ทั้งงานสถาปัตยกรรม งานวิจิตรศิลป และงานวิศวกรรมโครงสร้าง ซึ่งต้องใช้ค่าแรงงานสูง และเวลาทำงานที่พอเพียงกับงานที่มีลักษณะปราณีต งานลักษณะนี้สนองประโยชน์ให้เฉพาะชนชั้นที่มีกำลังด้านปัจจัยการเงินสูงเท่านั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้กับโครงการจัดสรรที่พักอาศัยให้แก่ประชาชนส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นชนชั้นที่มีรายได้ปานกลางและรายได้ต่ำในปัจจุบันได้

อาคารพักอาศัยสำหรับประชาชนที่มีรายได้ต่ำ ควรเป็นเป้าหมายหลักในการพัฒนาบ้านพักอาศัยสำหรับประชาชนร่วมกับโครงการการปรับปรุงสลัม และการขจัดปัญหาของแหล่งสลัมเสื่อมโทรมให้หมดไปด้วย ดังนั้น ไม้แปรรูปขนาดเบาจึงมีบทบาทต่อโครงสร้างอาคารพักอาศัยประเภทนี้ นอกเหนือจากวัสดุอื่น ๆ ที่จะไม่กล่าวในการบรรยายครั้งนี้

7. <u>การออกแบบโครงสร้างไม้ของอาคารพักอาศัยสำหรับประชาชนที่มีรายได้ต่ำ</u>

ต้องมีหลักการดังต่อไปนี้

- ประหยัด วัสดุ แรงงาน และเวลาการก่อสร้าง

- ใช้วิธีการก่อสร้างที่เหมาะสมกับหลักการประหยัด

- สามารถต่อเติมได้โดยไม่เสียลักษณะทางสถาปัตยกรรมและหลักการทางวิศวกรรมโครงสร้าง

- คุณภาพงานอยู่ในระดับมาตรฐานของสภาพแต่ละท้องถิ่น

- วิธีการก่อสร้าง สามารถเรียกได้ว่า เป็นเทคนิควิทยาการระดับหนึ่งของงานมาตรฐานหรือเรียกว่าเป็นระบบการก่อสร้างแบบหนึ่งได้ คือไม่เป็นการก่อสร้างที่ไร้ระบบ

- ถ้ามีการสนองให้แก่ประชาชนจำนวนมาก ต้องผลิตในระบบอุตสาหกรรม ซึ่งต้องเกี่ยวข้องกับการวางแผนผังตามหลักการประสานทางพิกัดด้วย

- ข้อต่อ (connection joints) ต่าง ๆ ต้องเป็นข้อต่อที่มีลักษณะง่ายสะดวกต่อการปฏิบัติและใช้เวลาน้อยที่สุดที่จะเป็นไปได้ โดยข้อต่อเหล่านี้ต้องเป็นข้อต่อที่ถูกต้องตามหลักทฤษฎีด้วย ข้อต่อดังกล่าวคือข้อต่อแบบต่อชน (butt joint) และต่อทาบ (lap joint)

- การยึด (fastening) ระหว่างองค์โครงสร้างระหว่างชิ้นส่วนทางงานปราณีตสถาปัตยกรรม ต้องใช้วิธียึดที่มีความสะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติและเป็นวิธียึดที่ประหยัดด้วย

- อุปกรณ์ยึดที่ใช้ยึดไม้แปรรูปต้องมีลักษณะธรรมดา หาได้ง่าย เช่น ตะปู น็อตสกรู น็อตเกลียวปล่อย ตะปูเกลียว แผ่นเหล็กประดับรูปต่าง ๆ ไม้พุกสามเหลี่ยม ไม้พุกสอด เป็นต้น

- อุปกรณ์ยึดที่ใช้ยึดไม้อัด มีตะปูเกลียวแบบหัวกลมนูน (round head) และตะปูสำหรับไม้อัดที่บางและไม่ได้เป็นส่วนประกอบขององค์โครงสร้าง

- สำหรับการยึดองค์โครงสร้างที่เป็นไม้อัด จะต้องยึดด้วยกาวพิเศษจะได้ผลเต็มที่ ถ้าจะใช้ตะปูยึดไม้อัดจะต้องมีความหนามากกว่าระยะการถอนตัวของตะปู สำหรับในประเทศไทย การยึดด้วยกาวพิเศษมีราคาแพงกว่าการใช้ตะปู และตะปูเกลียว

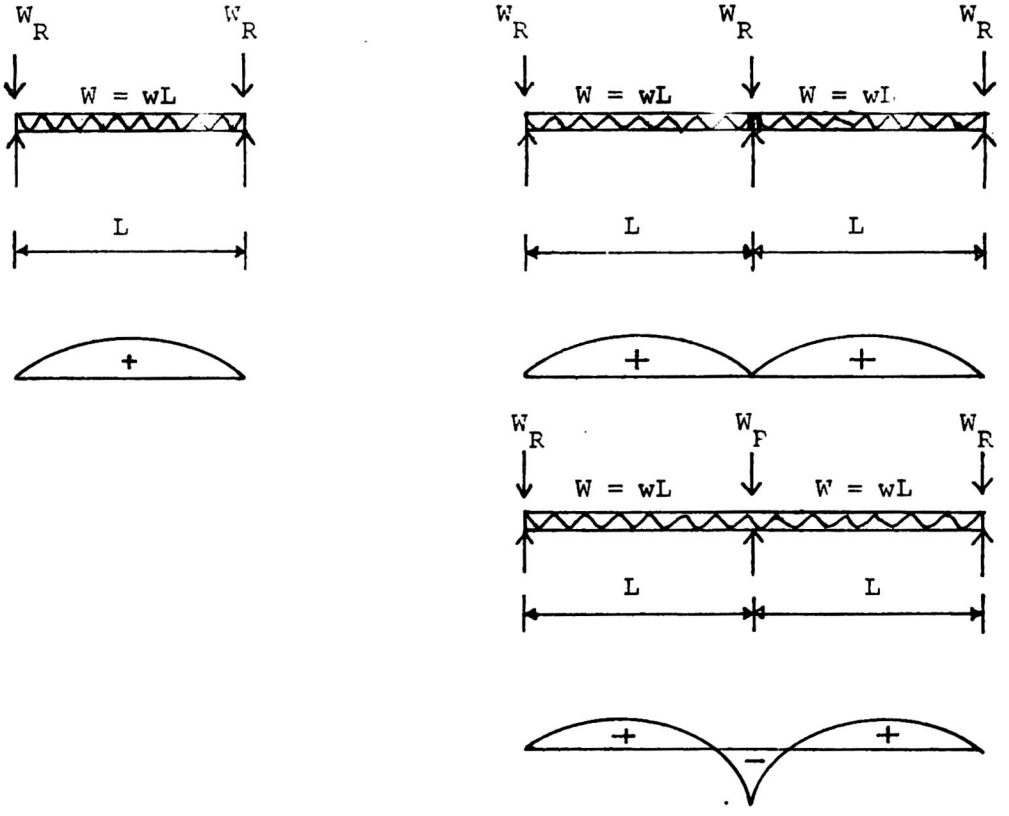
- สำหรับการใช้ตัวต่อพิเศษ เช่น ตัวต่อวงแหวนโลหะแบบ Split ring, Tcothed ring และ Shear plate ในประเทศไทยมิได้ผลิตขายทั่วไป จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการออกแบบกับรอยต่อหรือข้อต่อ (joint) แต่ถ้ามีความจำเป็นจะต้องใช้ในบางกรณี อาจนำท่อเหล็กมาตัดเป็นชิ้น ๆ ใช้แทนตัว Split ring ที่หาได้ทั่วไปในประเทศอุตสาหกรรมได้

๘. ไม้ที่ใช้ทำโครงสร้างขนาดเบา

มีไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อนและไม้สัก ในการปฏิบัติ การยึดด้วยตะปู ตะปูเกลียว และน็อตเกลียวปล่อย จะปฏิบัติได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว กับไม้สักและไม้เนื้ออ่อน สำหรับไม้เนื้ออ่อนที่ผ่านการอบด้วยกรรมวิธีของการรักษาเนื้อไม้ (preservative treatment) มีคุณสมบัติในการก่อสร้างอาคารไม้ได้ไม่ด้อยกว่าไม้เนื้อแข็งที่ด้อยกว่า ก็มีในเรื่องความแข็งแรง (strength) เท่านั้น

๙. ระบบโครงสร้าง (structural system)

โครงสร้างไม้แปรรูป สำหรับอาคารไม้ขนาดเบาลักษณะหนึ่งเป็นระบบโครงสร้างเสาและคาน (post & beam skeleton) การยึดระหว่างเสากับคาน หรือระหว่างองค์โครงสร้างรับแรงอัดกับองค์โครงสร้างรับแรงดึง เป็นลักษณะไม่ตรึงแน่น ถือว่าต่อกันโดยอิสระ โครงสร้าง เสาและคาน ที่มีช่วงระหว่างเสาแยกจากช่วงเคร่าหรือฝา คือให้เสารับน้ำหนักโดยตรง ซึ่งเป็นน้ำหนักประเภท Concentrated load เคร่าฝาไม่ทำหน้าที่รับน้ำหนัก ได้แก่ ระบบโครงสร้างบ้านไม้ในประเทศเราตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน



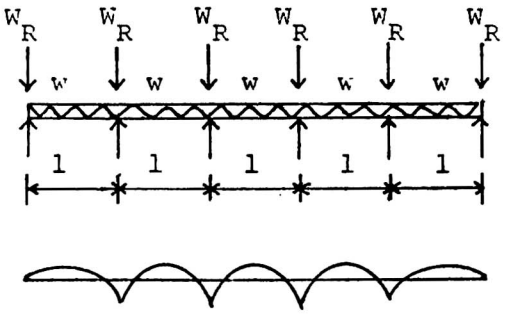
รูปดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า เราออกแบบคานไม้ได้ 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 เป็นคานช่วงเดียวมี Positive bending moment อย่างเดียว ซึ่ง Max $M = \frac{Wl}{8}$

แบบที่ 2 เป็นคาน 2 ช่วงเสา มีรอยต่ออิสระหรือมิได้ยึดกันในลักษณะที่ให้คานรับแรงต่อเนื่องกันได้ ย่อมมี Positive bending moment อย่างเดียวเช่นกัน ซึ่ง Max $M = \frac{Wl}{8}$

แบบที่ 3 เป็นคานยาวตลอด 2 ช่วงเสา คือ คานตัวเดียววางอยู่บนเสา 3 ต้น หรือคาน 2 ตัว มีการต่อกันในลักษณะที่แรงภายใน (internal stress) ที่เกิดขึ้นมีพฤติกรรมต่อเนื่องกันตลอด 2 ช่วงของเสา ย่อมมี Negative support เกิดขึ้นที่เสาตัวกลางหรือ Central support ซึ่ง Max bending positive moment จะน้อยลงถึง $\frac{Wl}{140}$ แต่ในการปฏิบัติควรใช้เท่ากับ $\frac{Wl}{8}$ ทั้ง M (+)และ M (-) ทั้งนี้เพราะไม้มีคุณสมบัติของการแปรเปลี่ยน (variation) มากในหลายประการ ซึ่งเป็นธรรมชาติของไม้โดยตรง

โครงสร้างไม้แปรรูปสำหรับอาคารไม้ขนาดเบาอีกลักษณะหนึ่ง คือ โครงสร้างแบบโครงผนัง (frame construction) แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ Balloon Frame และ Braced Frame เป็นระบบโครงสร้างที่นิยมปฏิบัติกันมากในสหรัฐอเมริกาจนกลายเป็นสกุลช่างได้สกุลหนึ่งของอาคารประเภท Light Construction โครงสร้างแบบโครงผนังนี้ ไม้เคร่าผนังทุกตัวทำหน้าที่เป็นองค์โครงสร้างรับแรงอัดทั้งหมด สำหรับแผ่นไม้ทับหลังเคร่าที่ระดับเพดาน (partition plate or top plate) ทำหนาที่เป็นองค์โครงสร้าง ยึดเคร่าทั้งหมดให้อยู่ในตำแหน่งด้วยกัน เคร่าผนังทุกตัวรับน้ำหนักเฉลี่ย (=w ต่อช่วงเคร่า) เป็นน้ำหนัก Uniformly distributed load



WR = น้ำหนักจากโครงหลังคา ซึ่งตั้งอยู่บนหัวเคร่าผนังทุกตัว

ระยะห่างระหว่างเคร่า (stud) มาตรฐานอเมริกันใช้ 60 ซม. หรือ 2 ฟุต ขนาดเคร่าผนังและองค์โครงสร้างหลังคาทุกตัว = 2"/4"

หมายเหตุ : Top plate ถ้าไม่มีน้ำหนักฝ้าเพดานถ่ายลง ก็ทำหน้าที่เป็น Tie แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีโมเม้นต์ดัด

Partition plate ยาวตลอดตามช่วงของการแบ่งเนื้อที่ใช้สอย แต่ต้องไม่ยาวเกินมาตรฐาน - ความยาวของการผลิตทางอุตสาหกรรมไม้แปรรูป

ตรงมุมอาคารตรงผนังห้องพบกันในลักษณะของ Junction หรือ Intersection จะต้องมีองค์โครงสร้างทางเฉียง เรียกยึดยันทางเฉียง (diagonal brace)

ฝาผนังทั้งหมดก็มีส่วนช่วยยึดโครงผนังให้มีความแข็งแรงมากขึ้น แต่ถ้าอาคารสร้างในบริเวณกลางแจ้งที่มีการรับลมเต็มที่ การยึดยันในทางราบ (horizontal bracing) ตามมุมและตาม Junction จะมีความจำเป็น การยึดยันในแนวราบนี้ทำหน้าที่ของ Sway bracing ช่วยป้องกันมิให้อาคารแกว่งตัว เนื่องจากองค์โครงสร้างเป็นไม้แปรรูปที่มีหน้าตัดเบาทั้งหมด (light section)

10. <u>ระบบการก่อสร้าง</u>

ทำได้ 5 ระบบ คือ

ระบบที่ 1 ประกอบหรือสร้างทุกชิ้นส่วนของอาคาร ณ ที่ทำการก่อสร้างอาคาร โดยตัดชิ้นส่วนกับที่ทั้งหมด

ระบบที่ 2 สร้างสำเร็จรูปเป็นส่วน ๆ ของผนัง ณ ที่ทำการก่อสร้างอาคารแล้วประกอบเข้าด้วยกันเป็นอาคาร โดยตัดชิ้นส่วนกับที่ทั้งหมด

ระบบที่ 3 ตัดชิ้นทั้งหมดให้ได้ขนาดตามแบบ (precut) จากโรงงาน แล้วนำมาประกอบ ณ ที่ทำการก่อสร้าง

ระบบที่ 4 สร้างสำเร็จรูปเป็นส่วน ๆ ของผนังหรือขององค์โครงสร้างที่โรงงานแล้วขนส่งมาประกอบเป็นอาคาร ณ ที่ทำการก่อสร้าง

ระบบที่ 5 สร้างสำเร็จรูปทั้งอาคารในลักษณะทึบ (box shape) ระบบการผลิตเรียกว่า "Box System" ระบบนี้ตัวอาคารทั้งหมดต้องมีโครงเหล็กรัดตรึงอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวในขณะเคลื่อนย้ายและยกติดตั้ง เป็นระบบสำเร็จรูปจากโรงงาน

11. <u>ข้อต่อหรือรอยต่อชนและทาบ</u> (Butt Joint & Lap Joint)

ข้อต่อหรือรอยต่อชนหรือทาบ เป็นข้อต่อที่มีการต่อที่ปฏิบัติได้ง่ายและสะดวกที่สุดสำหรับอาคารราคาถูกอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรม ปฏิบัติได้ทั้งเครื่องมือ (hand tool) และเครื่องมือกล (machine tool) ข้อต่อแบบอื่น ๆ เช่น ข้อต่อแบบเข้าปาก

และเข้าเดือย ไม่เหมาะที่จะใช้กับอาคารราคาถูก ถึงแม้จะมีการปฏิบัติได้ด้วยเครื่องมือกลก็ตาม คงใช้ได้กับงานครุภัณฑ์เท่านั้น

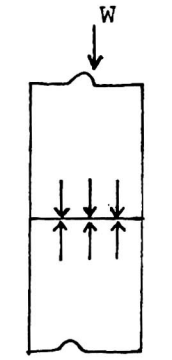
ข้อต่อดังกล่าวใช้ได้ทั้งในการก่อสร้างอาคารไม้ขนาดหนัก อาคารไม้ขนาดเบา และในงานครุภัณฑ์ที่ใช้ไม้แปรรูป (lumber) และไม้อัด (plywood)

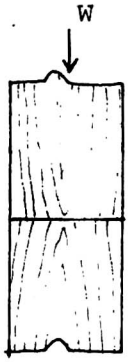
12. <u>ข้อต่อหรือรอยต่อชน</u> (Butt Joint)

ข้อต่อชนเป็นข้อต่อที่องค์โครงสร้าง 2 ชิ้นส่วนสัมผัสกัน มีการถ่ายน้ำหนักต่อกันบนผิวพื้นรับน้ำหนัก (bearing surface) อย่างเต็มพื้นที่ ซึ่งเรียกว่า พื้นที่หรือเนื้อที่รับน้ำหนัก (bearing area)

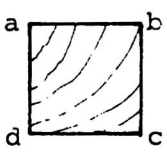
น้ำหนักหรือแรงที่ถ่ายเป็นแรงอัด (compressive stress) ถ่ายตามแนวขนานกับเสี้ยน (parallel to the grain) ขององค์โครงสร้างที่รับแรงอัด ซึ่งการออกแบบองค์โครงสร้างจะแปรไปตามค่าของ Slenderness ratio $\frac{l}{d}$

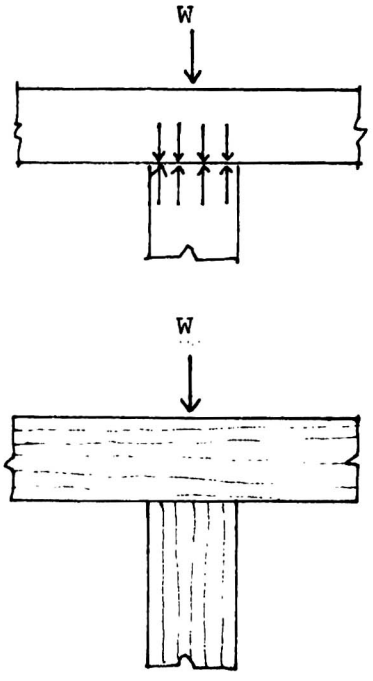
13. <u>ลักษณะของข้อต่อหรือรอยต่อชน</u>





เสาไม้ 2 ท่อน

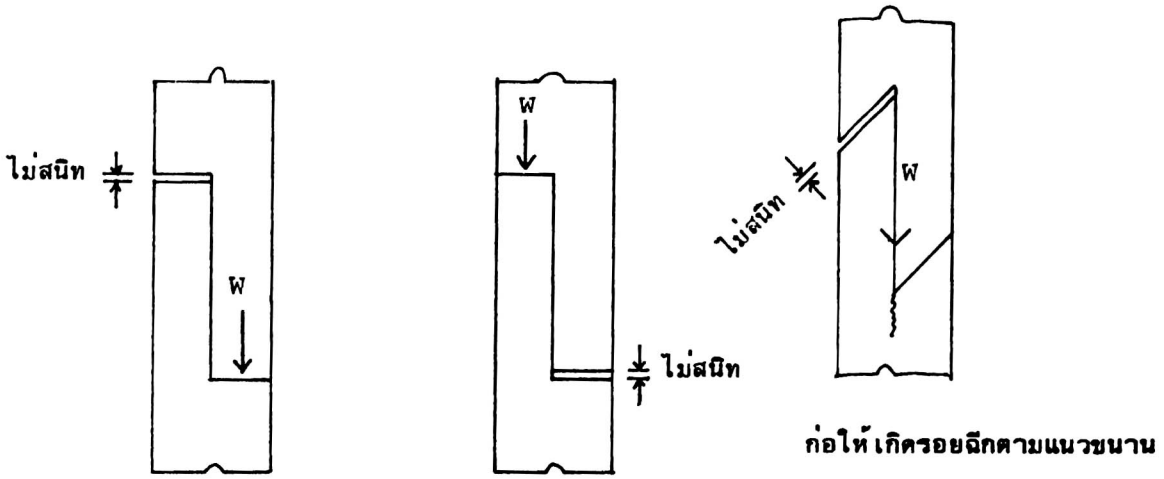




เสาไม้กับคานหรือทับหลัง กับเคร่าในโครง Balloon frame และBrace frame

a b c d = Bearing Area คือ Section Area ขององค์โครงสร้าง (structural member) การถ่ายของแรง W จะมีแนวในเขตศูนย์กลางความถ่วง (centric)

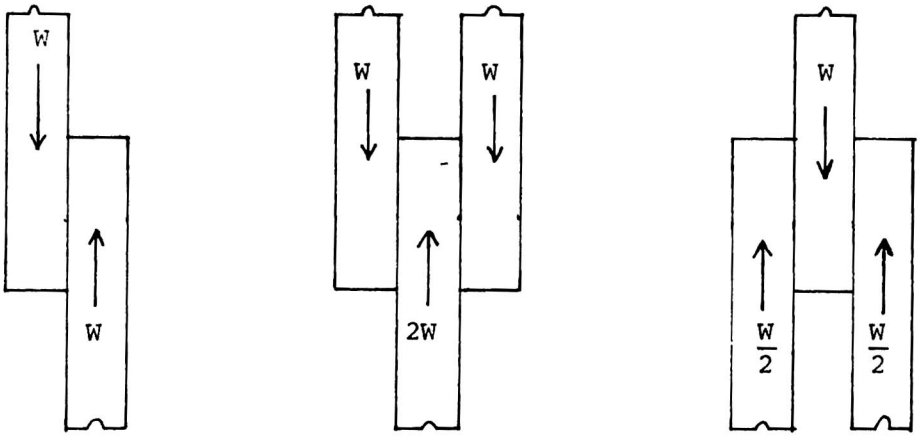
ลักษณะที่ไม่ควรปฏิบัติ คือ การทำปากไม้ให้มีพื้นที่รับน้ำหนัก 2 พื้นที่



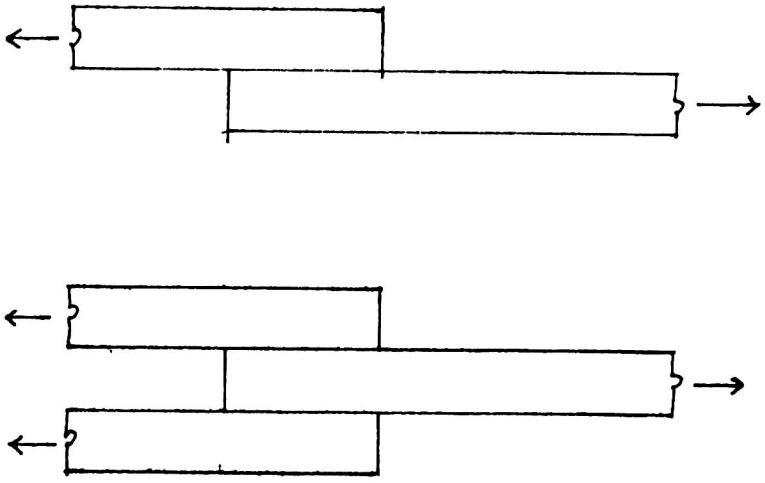
ก่อให้เกิดรอยฉีกตามแนวขนานกับแนวเสี้ยนที่ปลายมุมแหลมได้

ในงานก่อสร้างอาคารไม้ เครื่องมือช่างไม้ปลูกสร้าง มีลักษณะหยาบกว่าเครื่องมือช่างไม้ครุภัณฑ์ การต่อชนแบบแบ่งพื้นที่รับน้ำหนักออกเป็นสองส่วน (ตามแบบ) มักไม่ได้ผล เพราะมักจะไม่สัมผัสโดยสม่ำเสมอทั้งสองส่วนของพื้นที่รับน้ำหนัก การถ่ายของแรง W จะมีแนวในเขตของศูนย์กลางความถ่วง (centric)

14. <u>ลักษณะของข้อต่อทาบ</u> (Lap Joint)



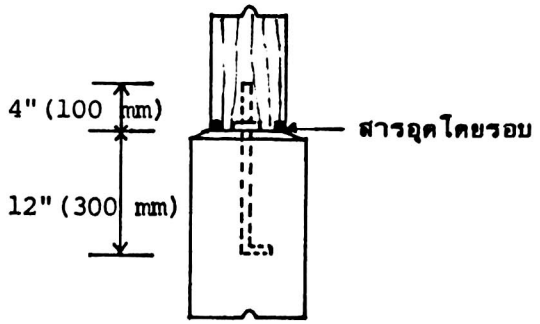
ข้อต่อทาบในลักษณะของ Compression joint ซึ่งมีแนวของแรงหรือน้ำหนัก W ขนานกับแนวเสี้ยนไม้ ก่อให้เกิดแรงเฉือนที่รอยต่อ



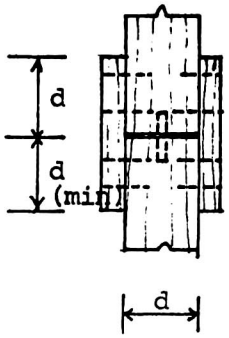
ข้อต่อทาบในลักษณะแรงของ Tension Joint แนวของแรงดึงขนานกับแนวเสี้ยนไม้ก่อให้เกิดแรงเฉือนที่รอยต่อ

หมายเหตุ : สำหรับข้อต่อที่ใช้กับอาคารไม้ขนาดหนักจะไม่กล่าวถึง

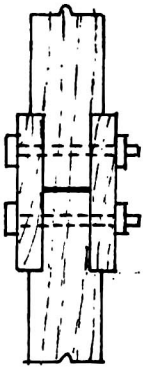
15. <u>การนำข้อต่อชนไปใช้ประโยชน์</u> (Application)



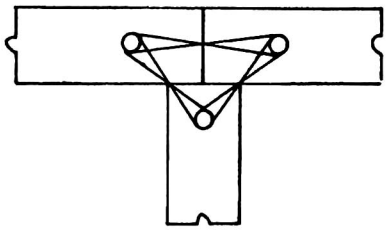
- ใช้เสาไม้ขนาดไม่เกิน 6"x6" ต่อกับตอม่อคอนกรีต เสริม เหล็กขนาด 8"x8" ใช้เหล็กเดือยร่วมกับแผ่นเหล็กด้านแรงเฉือน (dowel bar & shear plate)



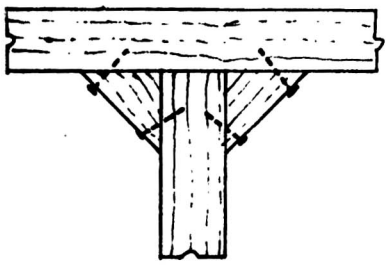
- ต่อเสาไม้เข้าด้วยกันด้วยแผ่นไม้ประกับ (wood splice plate) ยึดด้วยตะปู อาจใช้เหล็กเดือยร่วมด้วยก็ได้



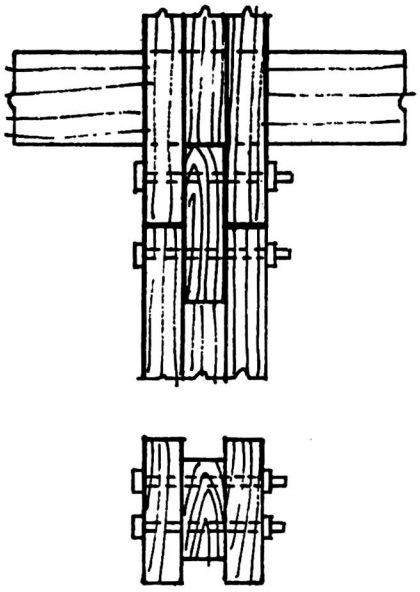
- ต่อเสาไม้เข้าด้วยกันที่แนวกลางคานไม้รับตงและพื้น ยึดด้วยน็อตสกรู



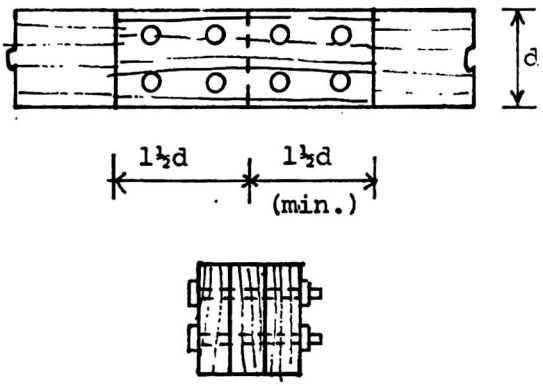
- ต่อเสากับคานที่มีหน้าตัดเท่าเสา เข้าด้วยกันด้วยลักษณะต่อชน 2 ทาง ใช้ลูกสลักเหล็กหรือไม้ ยึดเข้าด้วยกันด้วยเชือกเหนียวหวาย หรือปอทั้งสองด้าน



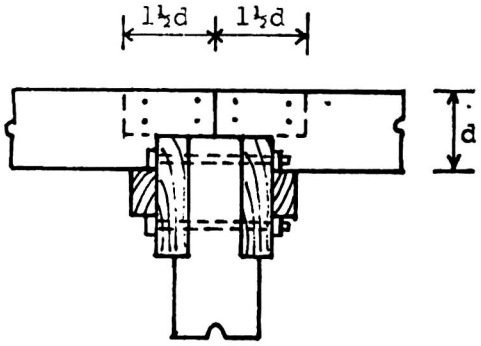
- ต่อเคร่าตั้ง (vertical stud) กับทับหลัง (top plate or partition plate) เข้าด้วยกันด้วยพุกไม้รูปสามเหลี่ยม อัดที่สองข้างของหัวเคร่า แล้วยึดด้วยตะปู



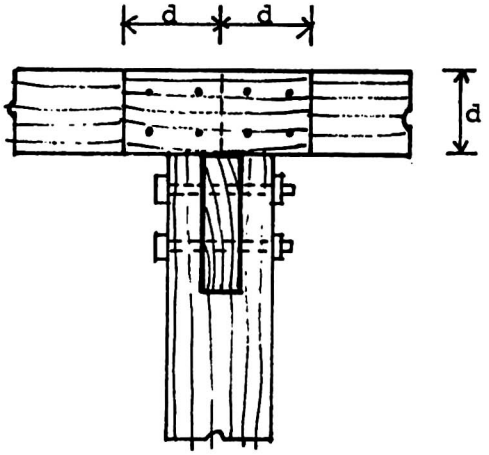
- เสาองค์ประกอบจากไม้ -"/6" (จำนวน 2 แผ่น) บวกด้วย 2"/4" (จำนวน 1 แผ่น) ตัดตัวกลางให้สั้นลงตามระยะคานไม้เดี่ยวรับตง ใช้คานไม้เป็นตัวต่อ (connector) ระหว่างเสาองค์ประกอบส่วนบนและส่วนล่าง ยึดด้วยน็อตสกรู



- คานหรือองค์โครงสร้างรับแรงดึง (tension member) ต่อชนเข้าด้วยกัน ใช้แผ่นไม้ประทับสองข้าง (wood splice plates) ยึดด้วยน็อตสกรู

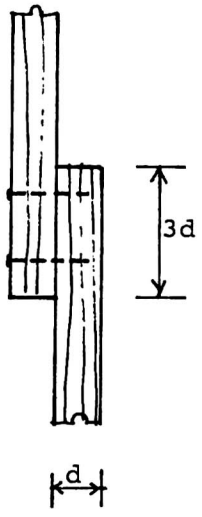


- ตงไม้ต่อชนที่กลางคานคู่ ใช้ไม้ยึดประกับปลายตงทั้งสอง มีการลดระดับต่ำกว่าหลังคาน ต้องใช้ไม้พุกยาวตลอดติดข้างคาน เพื่อรองรับตง

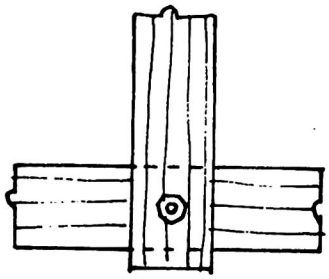


- ตงไม้ต่อชนที่กลางคาน เดี่ยว เพื่อที่รับน้ำหนัก (bearing area) ใน เขตรองรับ (support zone) ไม่พอปลายตงมีโอกาสหลุดออกจากคานได้ง่าย เมื่อ เกิดการอ่อนตัว จึงจำ เป็นต้องมีไม้ประกับ (wood splice plate) เดี่ยวหรือคู่ตามความจำ เป็น ทั้งนี้ เพิ่ม เนื้อที่รับน้ำหนักให้พอ เพียงและ เป็นการป้องกันการมิให้ปลายตงหลุดออกจากหลังคานได้

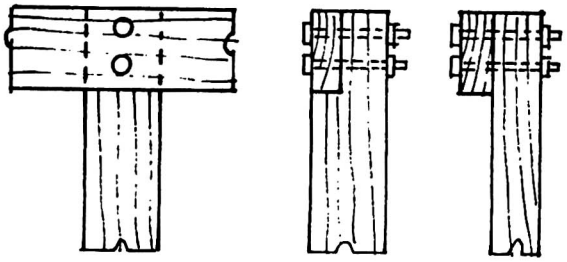
16. <u>การนำข้อต่อทาบไปใช้ประโยชน์</u> (Application)



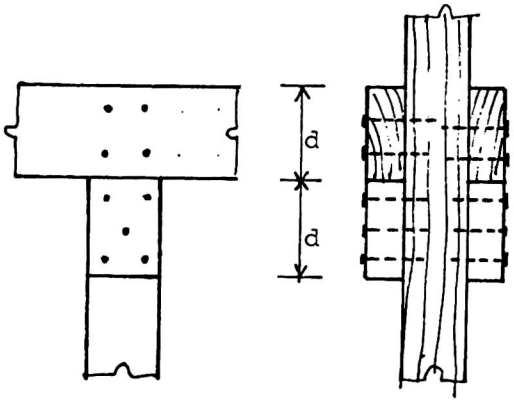
- ไม้ เคร่าสั้นไม่ได้ความยาวต่อกันแบบทาบกัน แล้วยึดด้วยตะปู เหมาะสำหรับ เป็น เคร่าผนังที่บุฝาสองชั้น ไม่ เห็นไม้ เคร่า เป็นการใช้วัสดุเหลือ เศษให้ เป็นประโยชน์ได้ ตะปูที่ยึดทำหน้าที่รับแรงโดยลำพังก่อนที่มีการตีฝาปิด เท่านั้น



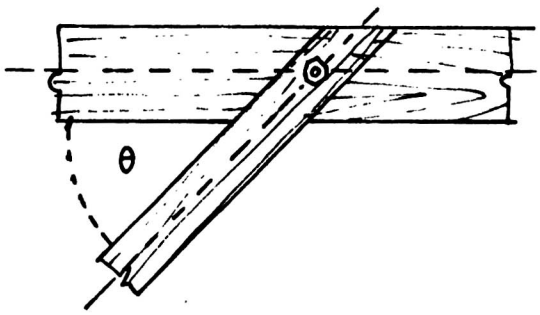
- ข้อต่อน็อตสกรู น้ำหนักหรือแรงในตั้งมีแนวขนานกับแนว เสี้ยน (parallel the grain) ของตั้งในการออกแบบตั้ง เอกหรือไท ระวัง เรื่อง Method of Joints องค์โครงสร้างตัวนี้อาจมีพฤติกรรม เป็นองค์โครงสร้างรับแรงอัดหรือรับแรงดึงก็ได้ ถ้าออกแบบข้อต่อผิด จะเป็นอันตรายได้สำหรับโครงหลังคาที่มีความสูง (riser) และช่วงกว้าง (span) มาก ข้อต่อที่ยึดด้วยน็อตสกรู เรา เรียก Bolt Joint ถ้ายึดด้วยน็อตสกรู เรียก Nail Joint



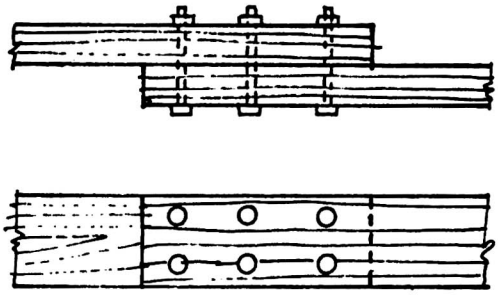
- อะ เสหรือคานยึดกับ เสาหรือ เคร่าผนังรับน้ำหนักในแนวตั้ง ยึดซึ่งกันและกันด้วยน็อตสกรู แรงถ่ายจากน็อตสกรูสู่องค์โครงสร้างรับแรงอัดมีแนวขนานกับแนว เสี้ยน paralled to the grain ขององค์รับแรงอัด



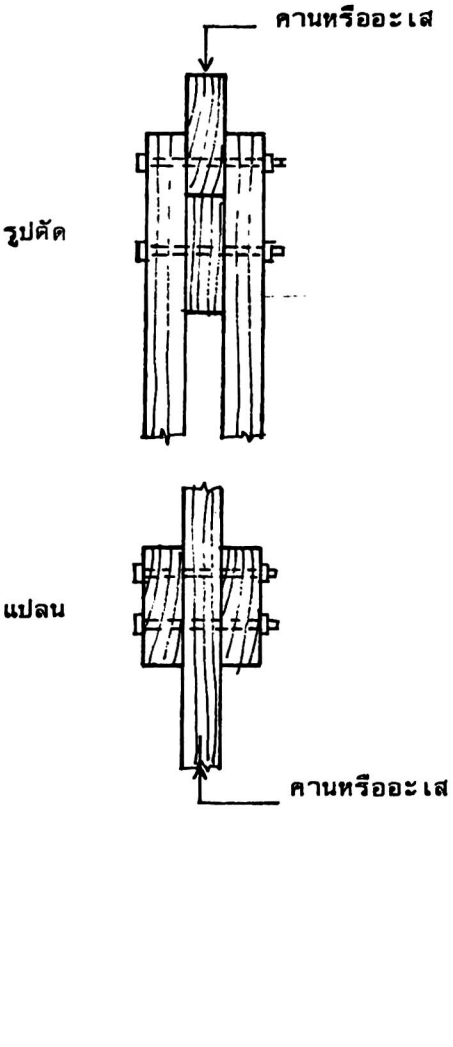
- ออกแบบด้วยการใช้ตะปูยึด และ เสริมบ่ารับได้ ตัวบ่ายึดด้วยตะปูติดกับองค์โครงสร้างรับแรงอัด



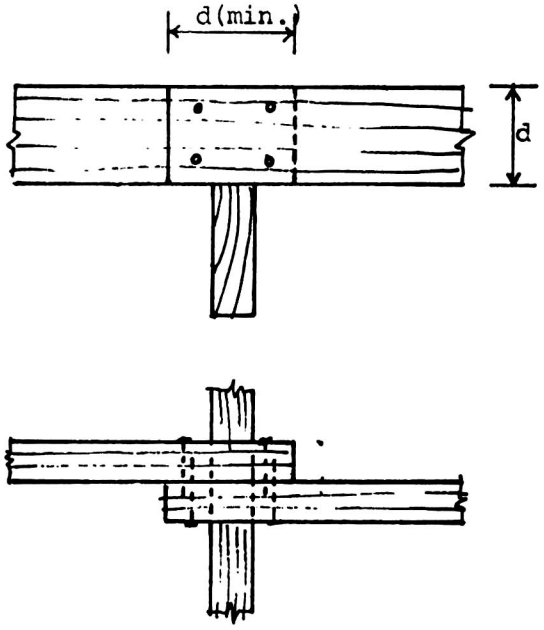
- องค์โครงสร้างรับแรงอัดทำมุม เฉียงกับแนวราบขององค์โครงสร้างรับแรงดึงยึดด้วยน็อตสกรูหรือตะปู การรับน้ำหนักหรือแรงที่เกิดในองค์โครงสร้างรับแรงที่เกิดในองค์โครงสร้างรับแรงอัดจะทำมุม θ กับแนวเสี้ยนในองค์โครงสร้างรับแรงดึง



- องค์โครงสร้างรับแรงดึงต่อทาบและยึดด้วยน็อตสกรูหรือตะปู แรงดึงขนานกับแนวเสี้ยนไม้

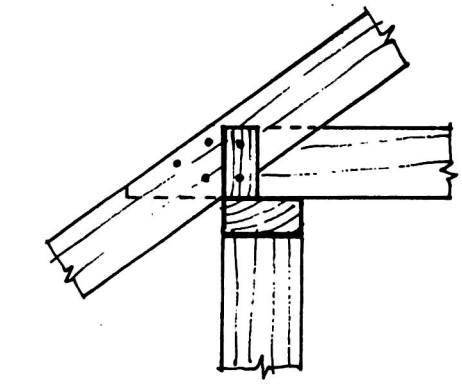


- เสาแบบ Spaced Column ใช้ตัว Spacer เป็นตัวหนุนไม้อะเสหรือคานรับจันทันพรางอาจใช้น็อตสกรูหรือตะปูยึด เป็นลักษณะการต่อทาบระหว่างองค์รับแรงอัดกับพุกสอดกลาง (spacer block)

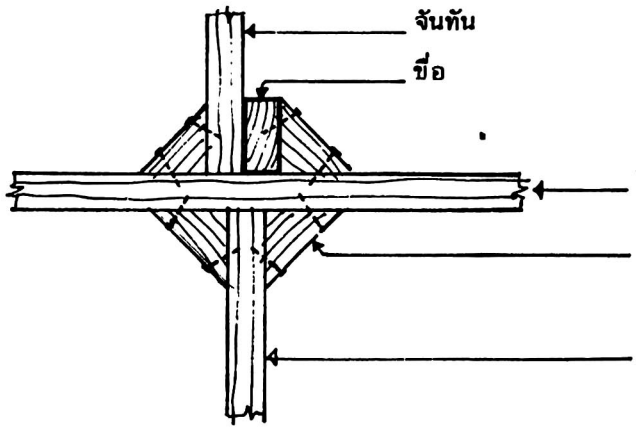


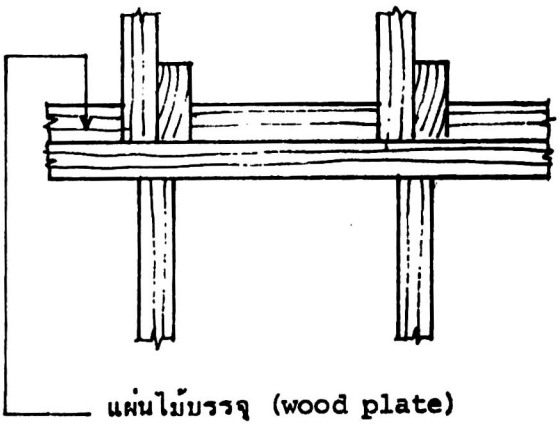
- ตงไม้ต่อตรง Support ค็อคานไม้ ช่วยให้เนื้อที่รับน้ำหนักที่หลังคาน เพิ่มขึ้น เป็นสอง เท่าของความกว้างของตงไม้

17. <u>การติดตั้งโครงจั่วบนหลังโครงผนัง</u>



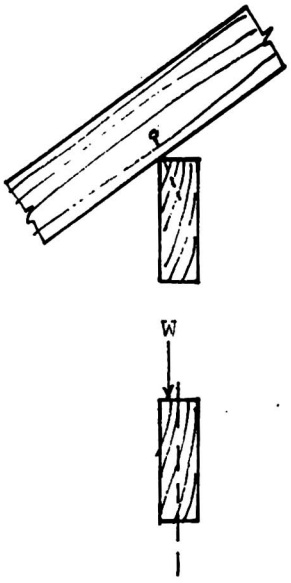
- จันทันกับขื่อต่อทาบยึดด้วยตะปูวางอยู่บนแผ่นไม้ยึดหัว เคร่า (top plate หรือ partition plate) ในโครงสร้างแบบ Balloon Frame เพื่อให้รอยต่อระหว่างโครงจั่วกับโครง เคร่าผนังมีประสิทธิภาพจะต้องใช้พุกไม้รูปสาม เหลี่ยมประดับสองข้างไม้โครงจั่วและที่รอยต่อระหว่าง เคร่ากับแผ่นไม้ยึดหัว เคร่า





- การวางโครงจั่วบนหลังโครงผนัง ถ้าไม่ใช่ทุกไม้สามเหลี่ยมก็ใช้แผ่นไม้ (wood plate) บรรจุระหว่างโครงจั่ว ซึ่งตั้งอยู่ที่แนวหัวไม้เคร่าทุกตัว การใช้ไม้แผ่นอัดบรรจุระหว่างโครงจั่วที่แนวองค์ชื่อนี้เป็นแบบฉบับมาตรฐานของโครงสร้าง Balloon Frame

18. <u>การติดตั้งไม้จันทันพราง</u> (Jack Rafter or Secondary Rafter)

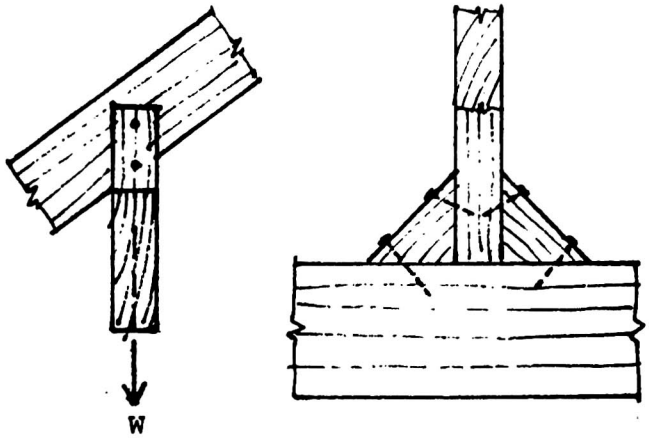


- แบบที่ปฏิบัติกันทั่ว ๆ ไป เป็นแบบที่ผิด ก่อให้เกิดการบิดตัว (twisting) และการแอ่นตัวทางด้านข้าง (side bending) เนื่องจากแรงเสี่ยงแนวศูนย์กลางความถ่วงจะปรากฏผลเสียหายสำหรับอาคารที่ไม่มีฝ้าเพดาน ถ้ามีฝ้าเพดานเคร่าเพดานที่ระดับอะเสจะช่วยต้านการบิดตัว จึงมองไม่เห็นความเสียหาย

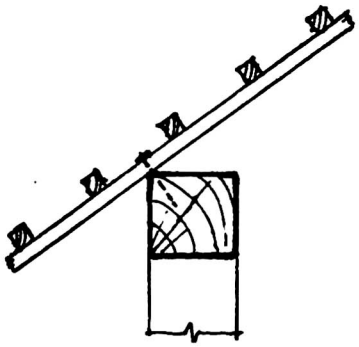
W = Ex-centric Load ถ่ายลงที่ขอบคาน โดยไม่มีพื้นที่รับน้ำหนัก (bearing surface or area)

หมายเหตุ: แป (purlin) มี 2 ลักษณะคือ

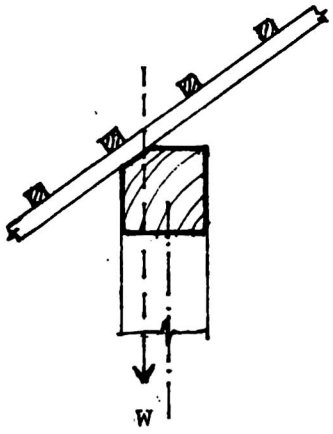
- แปรับกระเบื้องมุงโดยตรง นิยมปฏิบัติในปัจจุบัน
- แปรับจันทันพราง โดยแปจะอยู่ในตำแหน่งของข้อต่อ (joints) ของโครงถักหลังคา (roof truss)
- แปรับไม้กลอน ซึ่งมีพฤติกรรมของแรงคล้ายจันทัน ซึ่งทำหน้าที่รับระแนงและกระเบื้องมุงนิยมปฏิบัติในอาคารแบบไทยเดิม



- ใช้ทุกไม้รูปสามเหลี่ยมประทับสองด้านของจันทัน เป็นการสร้างพื้นที่หรือเนื้อที่รับน้ำหนักขึ้นที่หลังคาน จะบังคับให้น้ำหนัก W ถ่ายลงตามแนวศูนย์กลางความถ่วง

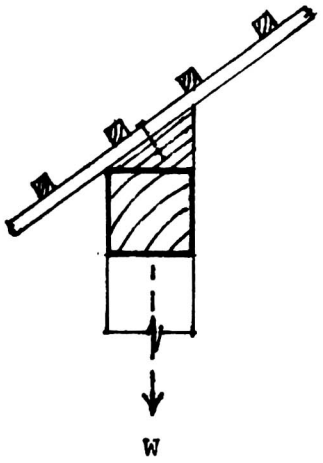


- สถาปัตยกรรมประเภทศาสนสถานของไทยลานนาเดิม (อดีต) ส่วนใหญ่ วางกลอนพาดที่มุมแป ซึ่งตั้งอยู่บนหัวเสาหลักและหัวเสาดั้งตุรีและไท (ตุ๊กตา) การยึดระหว่างไม้กลอนกับไม้แปไม่ถูกต้อง (ยึดด้วยลูกสลักไม้) น้ำหนักที่ถ่วงลงที่ขอบแป เป็นน้ำหนักนอกแนวศูนย์กลางความถ่วง โดยไม่มีเนื้อที่รับน้ำหนักที่หลังแปเลย แต่ไม่ปรากฏให้เห็นเพราะไทยลานนารู้จักใช้แปหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสช่วยต้านทานการบิดตัวด้วยขนาดและน้ำหนักของตัวเอง



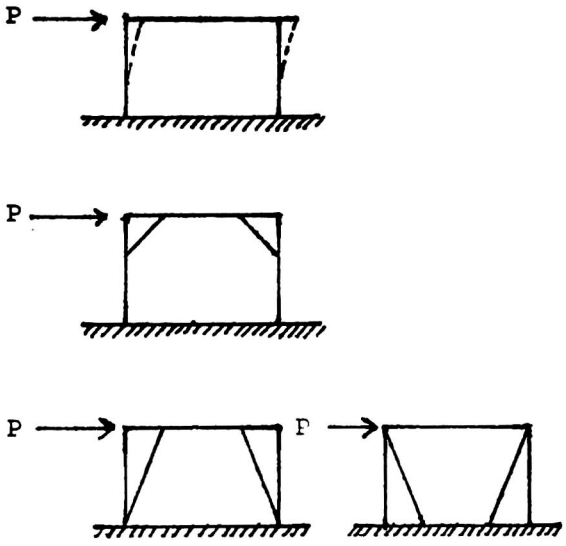
- การออกแบบให้แปรับไม้กลอนมีเนื้อที่รับน้ำหนักใต้ท้องไม้กลอน ช่วยให้น้ำหนัก W อยู่ใกล้แนวศูนย์กลางความถ่วงของหน้าตัดแป ทำให้แรงบิดตัวภายในแปน้อยลงและการยึดระหว่างไม้กลอนกับไม้แปถูกหลักงานช่างไม้ (carpentry work) โดยมีการยึดด้วยลูกสลักไม้ (ปัจจุบันใช้ตะปู) ผ่านเนื้อที่รับน้ำหนัก เป็นแบบที่ถูกต้อง แต่เป็นส่วนน้อยที่มีการปฏิบัติเยี่ยงนี้

หมายเหตุ : พบที่โครงหลังคาวัดเชียงมั่น จังหวัดเชียงใหม่ สร้างสมัยพระเจ้ามังรายหรือเม็งราย

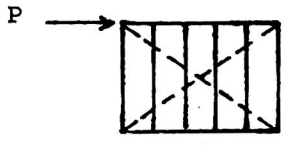


- ถ้าไม่ถากไม้แป่ เราอาจเสริมพุกไม้รูปสามเหลี่ยมสอดหนุนใต้ไม้กลอนทุกตัว ก็สามารถสร้างความถูกต้องและความสมบูรณ์แบบของงานก่อสร้างไม้ได้

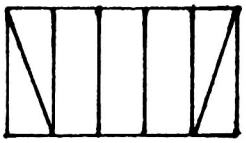
19. การยังคับฉากของโครงอาคาร

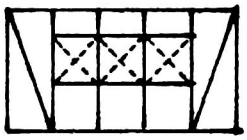


- แบบเสาและคาน สำหรับอาคารที่ไม่มีฝาผนัง คือ เห็นแต่โครงเสาและคาน มีโอกาสโย้และเอนอ่อนที่ปลายได้ เมื่อได้รับแรงกระทำภายนอก (external force) โดยเฉพาะสำหรับอาคารที่ใช้ไม้แปรรูปหน้าตัดเบาคุณสมบัติ การทรงตัวในตำแหน่งจะด้อยกว่าอาคารไม้ขนาดหนัก (heavy timber) ดังเช่นอาคารไม้สมัยโบราณ การใช้ไม้ยึดยันแบบ Knee Brace หรือ Diagonal Brace จะช่วยให้โครงเสาและคานมีความสามารถในการต้านทานแรงกระทำภายนอกได้

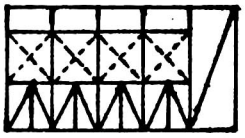


- ในกรณีที่มีเคร่าผนังและตีฝาไม้หรือวัสดุแผ่นทึบผืนหรือมีการเว้นสำหรับช่องประตู หน้าต่างบ้าง โครงเสาและคานก็มีความสามารถต้านทานแรงภายนอกได้ดีกว่าโครงที่ไม่มีฝาผนัง แต่ถ้ามีทั้งฝาผนังและมีการยึดยัน (bracing) ด้วย จะมีความแข็งแรงที่สมบูรณ์แบบ

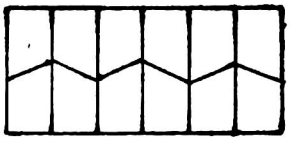




- แบบ Balloon Frame หรือ Brace Frame การยึดยัน (bracing) ในโครงผนังทุกผนังมีความสำคัญและมีความจำเป็นต่อความแข็งแรงมั่นคงของอาคารประเภทนี้ เพราะองค์โครงสร้างผนัง (structural members) ทั้ง Compression Members และ Tension Members เป็นไม้แปรรูปที่มีหน้าตัดขนาดเบาและขนาดเดียวกันทั้งหมด

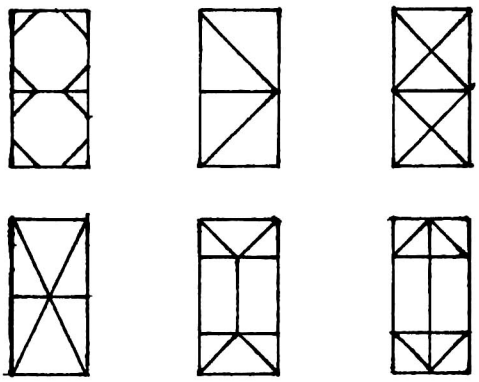


- โครงผนังมีช่องหน้าต่างได้โดยไม่เสียความแข็งแรง มีการออกแบบการยึดยัน (bracing) ในลักษณะต่าง ๆ ได้



- โครงผนังภายใน (interior partition) มีฝายึดตลอดผนัง โดยเฉพาะฝาที่มีลักษณะเบาและบาง ควรใช้ตัวยึดประสานความแข็งแรงให้แก่โครงเคร่าด้วยเคร่าเฉียงสลับ (bridging) ทั้งนี้จะช่วยให้ค่าของ Slenderness Ratio $\frac{l}{d}$ ของไม้เคร่าน้อยลง

หมายเหตุ : เคร่าชอยตามแนวราบ ไม่ได้ทำหน้าที่รับน้ำหนัก ทำหน้าที่เป็นเคร่าผนังแต่อย่างเดียว มิได้แสดงในรูป



- กรอบผนังที่ผลิตเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป ตัวโครงเป็นไม้แปรรูปขนาดเบาจะต้องมีการบังคับฉากของกรอบผนังตามตัวอย่าง ทั้งนี้จะต้องพิจารณาขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปและความหนาของวัสดุที่ทำฝาผนังและความสะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติงาน

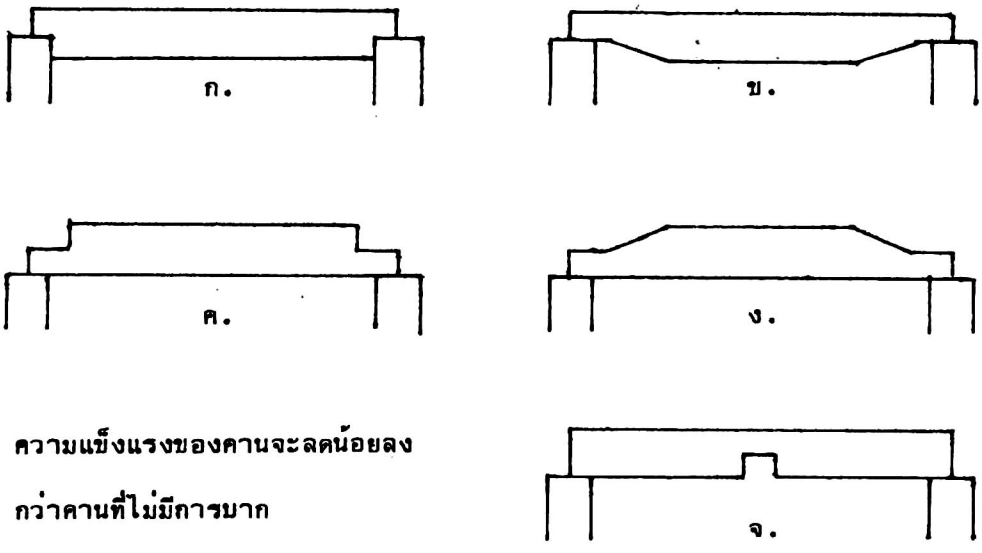
20. <u>ขนาดของเคร่าฝาและเคร่าในโครงผนัง</u>

- ผนังในโครงสร้างเสาและคานในงานไม้ขนาดเบาในประเทศไทย เคร่าฝาใช้ขนาด $1\frac{1}{2}" \times 3"$

- โครงผนังในงานโครงสร้างแบบ Balloon Frame และ Brace Frame ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศที่กำเนิดโครงสร้างอาคารไม้ระบบนี้ กำหนดใช้ขนาดไม้เคร่า $2" \times 4"$ สำหรับไม้อ่อนทั่วไปที่ผลิตเป็นไม้แปรรูป

- สำหรับในประเทศไทย ผู้บรรยายไม้เคยออกแบบอาคารไม้สำเร็จรูปชั้นเดียวโดยไม้เคร่าขนาด $1\frac{1}{2}" \times 3"$ ที่เป็นไม้แปรรูปตามมาตรฐานท้องตลาดในประเทศได้ผลดี และได้เคยใช้ไม้ขนาด $2" \times 2"$ เป็นเคร่าตั้งและนอนเป็นองค์หลักให้แก่ชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูป

21. <u>การบากที่ตัวคานไม้</u> (Notch Beam)



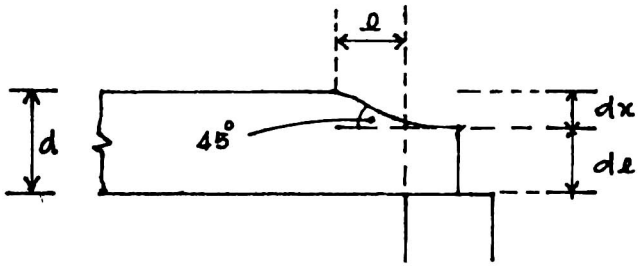
ความแข็งแรงของคานจะลดน้อยลงกว่าคานที่ไม่มีการบาก

จากการทดลองได้พบว่า

- การบากคานหรือตงที่ Supports หรือที่กลางช่วงก็ตาม ถ้ารับน้ำหนักเฉลี่ย (distributed load) จะมีการเสียหายน้อยกว่าการรับน้ำหนักเฉพาะพื้นที่ (concentrated load) ในเมื่อค่าของแรงเฉือน V เท่ากันทั้งสองลักษณะของแรงกระทำ

- การบากคานที่ส่วนหลักคานตามรูป ค และ ง จะมีการเสียหายเนื่องจาก Concentration stress น้อยกว่าการบากที่ส่วนท้องของคาน

- คานที่บากแล้วคงมีความแข็งแรงใกล้กับคานที่มิได้มีการบาก ก็คือคาน ง แต่ก็ต้องมีหลักเกณฑ์ของระยะของการบากตามรูป



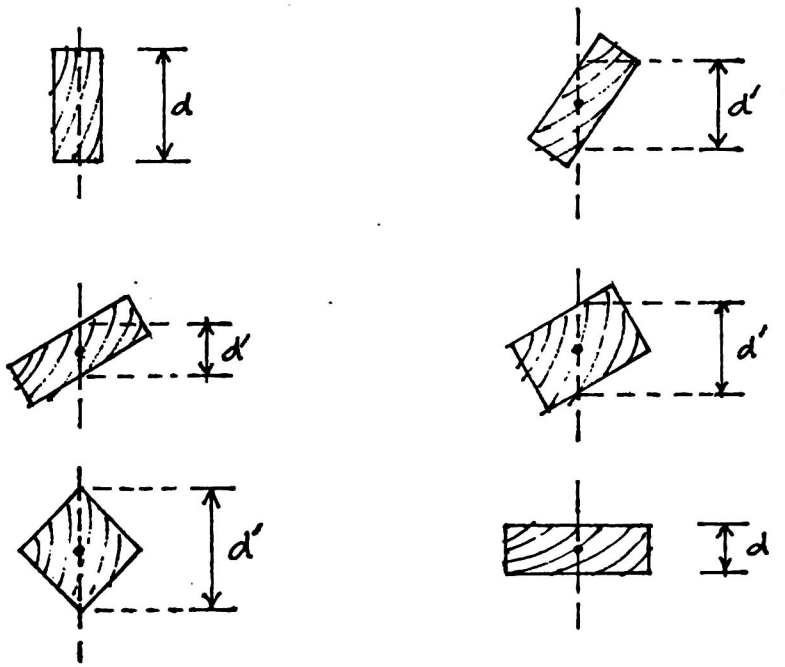
ระยะบาก dx จะต้องไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ของระยะความลึกของคาน d

- คานที่บากส่วนล่างที่ปลายสองข้างในลักษณะที่ค่อย ๆ เปลี่ยนขนาดของหน้าตัดโดยทำมุมกับระดับราบไม่มากกว่า 20 องศา จะช่วยลด Concentration of stress ภายในตัวคาน

- แรงเฉือน V คิดจากความลึกสุทธิ "de"

- ความแข็งแรงในการต่อต้านแรงดัดที่กลางคาน (bending strength) คิดจากความลึกสุทธิ "de" ได้แก่ คานในรูป จ ซึ่งมีการบากออกที่ส่วนล่างกลางช่วงคาน

22. <u>ความลึก d และ d' ในหน้าตัดไม้ตามระนาบต่าง ๆ</u> (Planes)

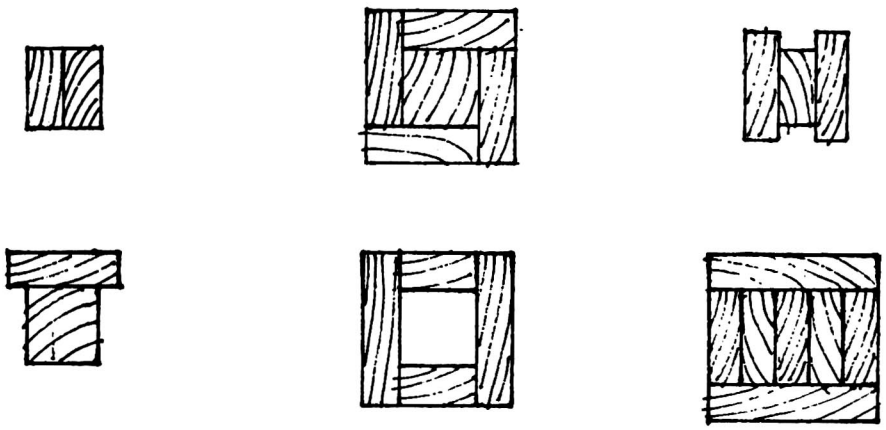


แนวศูนย์กลางความถ่วงของหน้าตัด จะกำหนดความลึกของหน้าตัด d และหน้าตัด d' ที่เกิดขึ้นจากการทำมุม (ที่มิใช่มุมฉาก) ระหว่างหน้าตัดกับแนวศูนย์กลางความถ่วง ถ้าไม่เข้าใจหน้าตัดโครงสร้างตามระนาบต่าง ๆ จะเกิดความเสียหายแก่อาคารได้

23. <u>หน้าตัดองค์ประกอบ</u> (Built-up Section)

ไม้แปรรูปประกอบกันเป็นเสาองค์ประกอบ (built-up column) และเป็นคานองค์ประกอบ (built-up beam) ได้

- เสาองค์ประกอบออกแบบให้เป็นหน้าตัดตัน (solid) และหน้าตัดกลวง (hollow) ได้ทั้งสองอย่าง

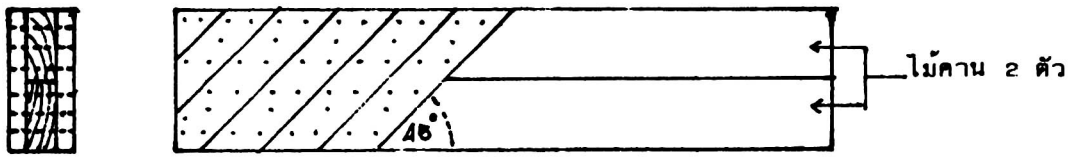


แผ่นไม้แปรรูปที่นำมาประกอบต้องมีความกว้างไม่มากกว่า 5 เท่าของความหนา

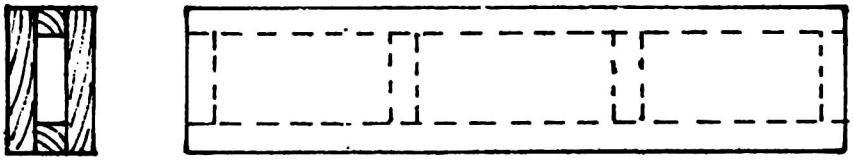
- คานองค์ประกอบออกแบบให้เป็นหน้าตัดตัน (solid) และหน้าตัดกลวง (hollow) ได้ทั้งสองอย่างเช่นเดียวกับเสาองค์ประกอบ

การทำคานองค์ประกอบมีจุดมุ่งหมายที่จะลดขนาดของหน้าตัดไม้แปรรูปให้มีขนาดเบาลงกว่าใช้ไม้ชิ้นเดียว

แผ่นไม้หนา 3/4" อย่างน้อยตีปะ 2 ด้าน



Solid built-up beam ใช้ไม้แปรรูปทั้งหมด

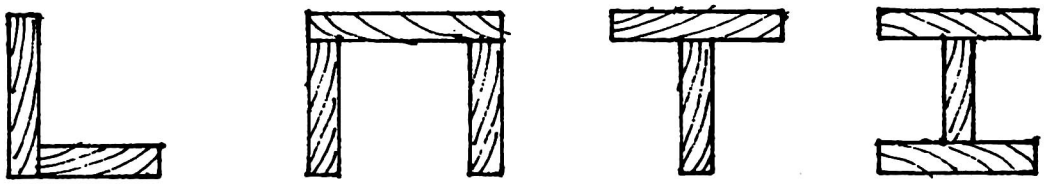


Box beam ใช้ไม้แปรรูปทั้งหมด

การยึดไม้แปรรูปหลายชิ้นเข้าด้วยกัน เป็นเสาและคานองค์ประกอบ ให้ยึดด้วยตะปู หรือน็อตเกลียวปล่อย เป็นการประหยัดที่สุด สำหรับในประเทศไทยในปัจจุบัน ถ้าจะใช้กาวพิเศษที่มีความยึดเหนี่ยวทางผิวสูง (high adhesive strength glue) เข้าใจว่าจะมีราคาแพงกว่ามากเพราะเป็นวัสดุผลิตในต่างประเทศ

24. <u>องค์โครงสร้างรับแรงอัด (compression members) ที่ประกอบด้วยไม้ 2 แผ่นขึ้นไป มีลักษณะที่ต้องหลีกเลี่ยงในการออกแบบ</u>

องค์โครงสร้างรับแรงอัดประกอบด้วยไม้แผ่นบาง ซึ่งมีความหนาน้อยกว่า $\frac{1}{5}$ ของความกว้างและประกอบชิ้งกันและกัน ตามรูปข้างล่างนี้ <u>ใช้ไม่ได้</u>

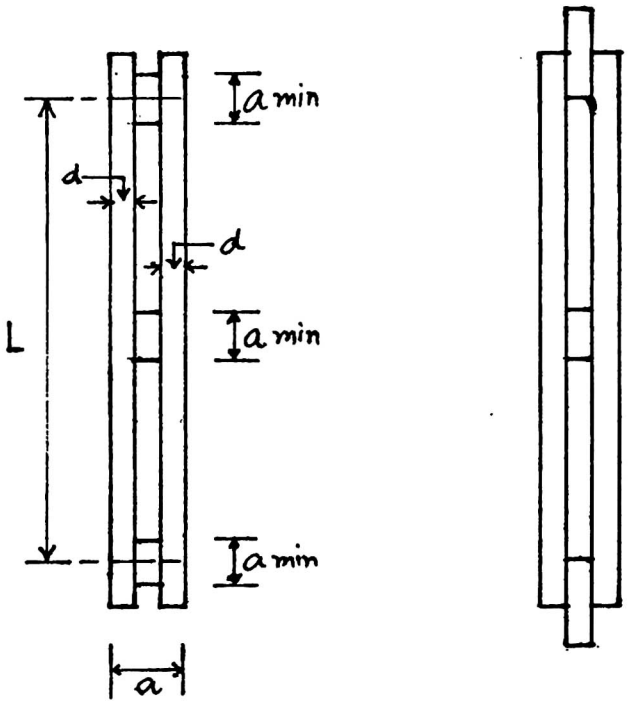


ก. ข. ค. ง.

การเสียหายขององค์โครงสร้างจะเกิดขึ้นแก่ส่วนใดส่วนหนึ่งจากแรงบิดและห่อตัว (wrinkling stress) ในแนวแกนตามความยาวของไม้ (longitudinal axis) ประการหนึ่ง และจากแรงบิด (torsion) ซึ่งจะเกิดแก่องค์โครงสร้างทั้งหมดอีกประการหนึ่ง เหล่านี้เป็นคุณสมบัติของการทรงตัวที่ไม่มีความแน่นอน (elastic instability)

25. <u>เสาเว้นช่องระหว่างกลาง</u> (Spaced Column)

ประกอบด้วยไม้สองแผ่นเว้นช่องว่างระหว่างกลาง ประกอบกับพุกสอดกลางระหว่างไม้สองแผ่นแต่ละแผ่นต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า $\frac{1}{4}$ ของความกว้าง ทั้งสองแผ่นขนานกันโดยตลอด พุกสอดกลาง (spacer blocks) ต้องมีความหนาอย่างน้อยเท่ากับความหนาของไม้องค์คู่ขนาน และต้องวางให้เสี้ยน (grain) ขนานกับเสี้ยนขององค์รับแรงอัด ไม้สองแผ่นคู่ขนานทำหน้าที่รับแรงอัด การยึดระหว่างไม้สองแผ่นกับพุกสอดสำหรับงานประหยัดทั่วไป ใช้ตะปูหรือน็อตสกรูยึด ถ้าเป็นงานที่ต้องการความเรียบร้อยและมีความสามารถในการรับน้ำหนักมากขึ้น ก็ต้องใช้ตัวต่อโลหะซึ่งมีหลายแบบที่ใช้กับข้อต่อไม้โดยเฉพาะ (timber connectors) เช่น Split Ring, Toothed Ring, Shear Plate, Claw Plate เป็นต้น ซึ่งตัวต่อเหล่านี้มิได้ผลิตในประเทศไทย ถ้าจะใช้จำเป็นต้องสั่งทำเป็นพิเศษหรือสั่งเข้ามาจากต่างประเทศ จึงไม่จำเป็นที่จะใช้กับอาคารราคาประหยัดสำหรับประชาชนผู้มีรายได้น้อยและรายได้ปานกลาง



Ratio $\frac{L}{d}$ ต้องไม่มากกว่า 80

จากประสบการณ์ของผู้เรียบเรียง ในการใช้จำนวนพุกสอด (spacer blocks) ให้ถือเป็นการประมาณในการออกแบบได้ดังต่อไปนี้

สำหรับ Ratio $\frac{L}{d}$ = 40 ใช้ spacer blocks 1 ตัว

Ratio $\frac{L}{d}$ = 60 ใช้ spacer blocks 2 ตัว

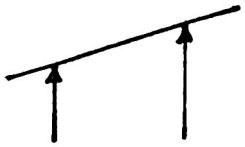
Ratio $\frac{L}{d}$ = 80 ใช้ spacer blocks 3 ตัว

การยึด Spacer blocks ตัวที่อยู่กลางช่วง เป็นการยึดองค์รับแรงอัดแต่เพียงให้อยู่ในตำแหน่งขนานกันโดยตลอด สำหรับตัวที่สอดอยู่ปลายสองข้าง เป็นตัวที่ต้องทำหน้าที่รับน้ำหนักหรือถ่ายน้ำหนักจากองค์โครงสร้างส่วนอื่นที่มีการต่อกัน จำเป็นต้องมีการออกแบบข้อต่อให้มีความมั่นคงแข็งแรงกับสภาพใช้งาน

26. <u>โครงสร้างหลังคา</u>

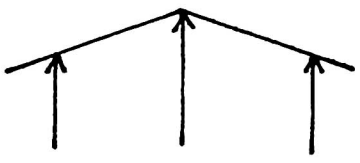
ในงานโครงสร้างไม้ขนาดเบาที่มีการออกแบบให้ประหยัดที่สุด ทำได้ 3 แบบ

แบบ ก เรียกแบบเพิง (Lean-to Roof)

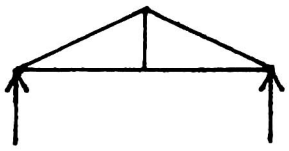


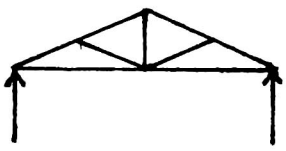
จันทันเสมือนคานธรรมดา (simple beam) วางบน Two supports

แบบ ข เรียก แบบทรงจั่ว แต่มีลักษณะเหมือนเพิงสองเพิงมาจดกันที่เสากลาง คือ วางอยู่บน Three supports



แบบ ค เรียก แบบโครงถักทรงจั่ว





ผู้ออกแบบจะต้องเข้าใจลักษณะของการต่อที่ถูกต้อง จะต้องเป็นข้อต่อที่ปฏิบัติการต่อได้สะดวก รวดเร็วและประหยัด การออกแบบรายละเอียดข้อต่อจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในการออกแบบโครงหลังคาที่ใช้ไม้แปรรูปหน้าตัดเบา

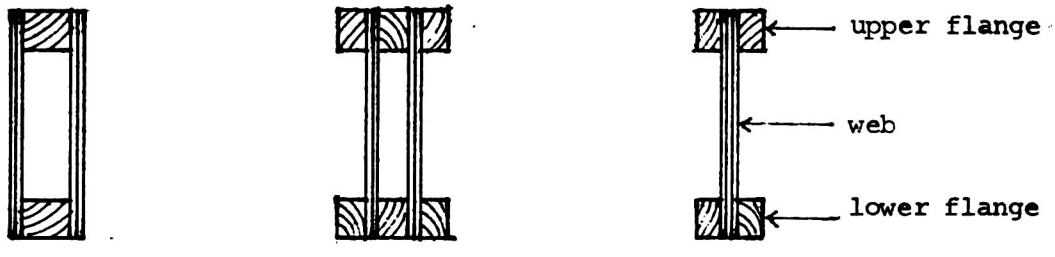
Ratio $\frac{L}{d}$ ขององค์รับแรงอัดและรับแรงดึงในโครงถักที่สร้างความสมดุลด้วยสูตรของ Statics เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาด้วย ถึงแม้ว่าจะเป็นโครงหลังคาของอาคารประเภทราคาประหยัดก็ตาม

ข้อต่อตะปู (nail joint) และข้อต่อน็อตสกรู (bolt joint) จะเหมาะสมในการปฏิบัติในประเทศไทย โดยเฉพาะในท้องถิ่นในปัจจุบัน

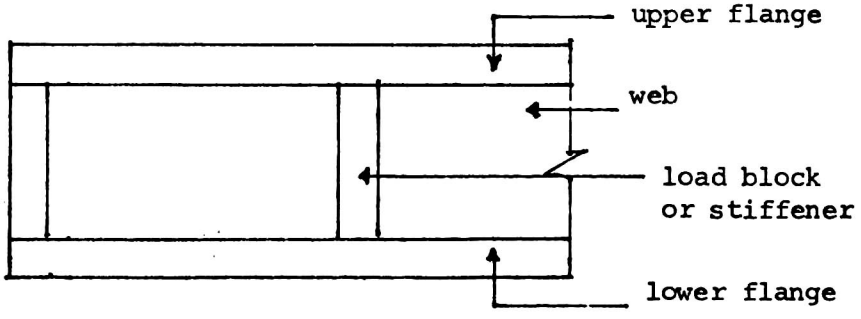
27. <u>คานองค์ประกอบใช้ไม้แปรรูปร่วมกับไม้อัด</u> (Wood-Plywood Beams)

ในปัจจุบันเรามีการผลิตไม้อัดทั้งไม้อัดที่ใช้กาวธรรมดาและไม้อัดกาวกันน้ำ ไม้อัดที่นำมาใช้ประกอบเป็นองค์โครงสร้าง (structural member) ที่สำคัญควรใช้ไม้อัดกาวทนน้ำ (marine plywood) เพื่อให้มีความคงทนต่อความเปียกชื้น

คานองค์ประกอบใช้ไม้อัดทนน้ำทำหน้าที่เป็นแผ่นหน้าตัดตามความลึกของคาน (web) และใช้ไม้แปรรูปทำหน้าที่เป็นส่วนของความกว้างของคาน (flanges) ดูตามรูป



ก. ข. ค.



ก. Box Beam

ข. Double I-Beam

ค. I-Beam

การออกแบบ Wood-Plywood Beam or Girder คล้ายคลึงกับการออกแบบ Steel-Plate Beam or Girder คือ

- ออกแบบให้ Flanges ซึ่งเป็นไม้แปรรูปต้านทาน Bending Moments

- ออกแบบให้ Webs ซึ่งเป็นไม้อัดต้านทานแรงเฉือน

- ข้อต่อ (joints) ระหว่าง Webs กับ Flanges ต้องออกแบบให้มีการถ่ายแรงต่าง ๆ จาก Web ไปสู่ Flanges ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ไม้ยึดตามความลึกของ Web (load blocks or stiffeners) จะต้องเป็นระยะ ๆ ตลอดความยาวของคาน เพื่อทำหน้าที่ช่วยเฉลี่ยน้ำหนักประเภท Concentrated load และช่วยเป็น supports ทางแนวตั้งให้แก่ Web เพราะตัว Web Plate จะมียึดจำกัดในระยะตามแนวนอน

- การยึดระหว่าง Webs กับ Flanges ตามปกติทั่วไปใช้กาวพิเศษ (high strength glue) เป็นตัวยึดทางผิวสัมผัส เนื่องจากกาวพิเศษมีราคาแพง เราอาจใช้ตะปูยึดได้ แต่ก็ควรผ่านการทดสอบก่อนนำไปใช้ และควรใช้กับช่วงไม่กว้างมาก ซึ่งใช้สำหรับช่วงห้องอาคารพักอาศัยธรรมดาทั่วไป

- การออกแบบคานลักษณะ box หรือ I ที่มีความกว้างของ Flange น้อย และมีความลึกของ Web มาก หน้าตัดจะมีลักษณะบางลึกลักษณะนี้ มีคุณสมบัติต่ำในการต้านทานแรงย่น (buckling) ของตัวคานในแนวด้านข้าง (latenal direction)

- แผ่นไม้อัดที่ออกแบบให้เป็นตัว Web Plate จะต้องให้แนวเสี้ยนของผิวไม้อัดขนานไปตามความยาวของคาน และควรมีความหนาไม่น้อยกว่า 10 มม.

2ธ. <u>ไม้แปรรูปกับความชื้นสัมพัทธ์ (moisture content) ในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย</u>

ไม้แปรรูปที่มีการตากแห้งหรืออบแห้ง โดยมีค่าของความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์กำหนดของไม้ที่นำไปใช้ได้ในการก่อสร้างอาคารไม้ ก็จะไม่มีการเสียหายหรืออาจมีแต่เพียงเล็กน้อย

ในเรื่องค่าของความชื้นสัมพัทธ์ของไม้แปรรูปในประเทศหนาวและประเทศร้อนจะมีความแตกต่างกัน ผู้ที่ทำโรงงานอบไม้ควรมีการทดลองและทดสอบหาค่าของความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมกับกระดูลของไม้และหน้าที่ใช้สอยของไม้ จึงจะได้ความถูกต้องตามสภาวะ เพราะความเสียหายของโครงสร้างไม้และองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมและการตกแต่ง (คือทั้งชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักและไม่ได้รับน้ำหนัก) จะปรากฏอยู่เสมอในงานก่อสร้างซึ่งได้แก่ตัวอย่างดังต่อไปนี้

- พื้นไม้มีการขยายตัวเพราะความชื้น แต่ละแผ่นโก่ง ระเบิดออกจนใช้ไม้ได้ ต้องรื้อออกทั้งหมดเพราะไม่มีการระบายอากาศและความชื้นพอเพียง

- พื้นไม้มีการหดตัวจนเห็นช่องว่าง สำหรับพื้นที่ไม่มีปัญหาเรื่องการขยายตัว แต่มีปัญหาเรื่องการหดตัว

- พื้นไม้ถึงแม้ได้รับการอบแห้งหรือตากแห้งแล้วก็ตาม ก็ยังคงมีการยืดหดตามสภาพความชื้นในอากาศอยู่บ้าง แต่ถ้าผู้ออกแบบไม่มีความรู้และความเข้าใจในเรื่องนี้ มิได้จัดให้มีระยะว่าง (space) ระหว่างผนังกับขอบพื้นไม้โดยรอบ เมื่อพื้นไม้มีการขยายตัวแม้แต่เพียงเล็กน้อยก็จะปรากฏให้เห็นความผิดปกติของพื้นไม้ได้ บางครั้งพื้นไม้สามารถดันให้กำแพงผนังอิฐแตกหักได้ ต้องรื้อออกบางส่วนแล้วปรับพื้นใหม่

- โครงผนังที่เป็นเคร่าไม้บรรจุด้วยการขัดแตะหรือกรุกาแกรง เหล็กฉาบปูน (lath and plaster) ปูนฉาบจะมีการแตกร้าว เนื่องจากการยืดหดตัวของไม้เคร่า

- ประตูหน้าต่างหลังจากปรับบานติดตั้งแล้ว ภายหลังจะมีอุปสรรคในการปิดเปิด เนื่องจากการขยายตัวของบาน

- กรอบบานประตูหน้าต่าง ภายหลังการติดตั้งแล้ว มีการบิดโก่งตัวได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศและความชื้น

- ไม้ที่ไม่แห้งสนิทนำไปใช้กับการต่อแบบข้อต่อตะปูหรือแบบเข้าเดือย เมื่อมีการหดตัวมากจะทำให้ข้อต่อหลวม ตะปูถอนออกหรือเคลื่อนจากตำแหน่ง

- รอยต่อของไม้คิ้ว ไม้บอบ (wood trimmer) จะห่างออกไม่สนิท เกิดความไม่เรียบร้อยในชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในด้าน Architectural finish

- กลอนและรูกลอนจะเคลื่อนจากกัน เมื่อบานประตูหน้าต่างมีการหดตัวมาก

เหล่านี้เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดในงานก่อสร้างอาคารไม้อยู่เสมอ ทั้งในอาคารราคาประหยัดและราคาสูง ฉะนั้นการอบไม้และการตากไม้ตามธรรมชาติสำหรับไม้แปรรูปจึงเป็นเทคนิควิทยาการ โดยเฉพาะตามสภาพอากาศและสภาวะความชื้นในแต่ละภาคท้องถิ่นของประเทศไทย มีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดลองและค้นคว้าให้ได้หลักเกณฑ์ เพื่อการออกแบบที่มีประสิทธิผลดีขึ้นกว่าเท่าที่เป็นอยู่ทุกวันนี้

29. <u>การออกแบบอาคารประหยัดด้วยหลักการประสานทางพิกัด</u>

ต้องวางแบ่งด้วยตารางพิกัดแผนผัง ขนาดของหน่วยพิกัดแผนผัง (planning module) ให้พิจารณาจากขนาดของฝาผนังที่ผลิตโดยระบบอุตสาหกรรม ถ้าเป็นฝาไม้ทั่วไปที่ตีทับแนวตามแนวนอน หรือตีทับแนวตามแนวตั้ง (ตีทับสายบัว) ก็ให้พิจารณาจากขนาดของไม้ฝาและความยาวของไม้ฝา

ตารางพิกัดอาจเป็นตารางพิกัดต่อเนื่องหรือตารางพิกัดไม่ต่อเนื่อง แล้วแต่ระบบโครงสร้างและระบบการก่อสร้างอาคาร

หน่วยพิกัดแผนผังที่เหมาะสมควรใช้ขนาด 5M และ 6M ส่วนหน่วยพิกัดทางแนวตั้งคงใช้ 2M ตามปกติทั่วไป

อาคารแบบประหยัดที่ออกแบบด้วยหลักการประสานทางพิกัด ถ้าสร้างจำนวนน้อยราคาก่อสร้างจะไม่ถูกกว่าอาคารที่สร้าง ณ ที่ทำการก่อสร้าง แต่จะถูกกว่าเมื่อมีการผลิตอาคารในลักษณะของระบบอุตสาหกรรม คือผลิตด้วยระบบสำเร็จรูปเป็นจำนวนมาก ๆ แต่ที่เป็นข้อได้เปรียบของการออกแบบในลักษณะของการประสานทางพิกัด ก็คือเป็นการขจัดการสูญเสียวัสดุที่เหลือเศษทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ และสามารถควบคุมการก่อสร้าง เวลาทำการก่อสร้างและราคาค่าก่อสร้างให้เป็นไปตามระบบได้

การออกแบบอาคารที่ประสานทางพิกัดด้วยไม้แปรรูป เป็นเทคนิควิทยาการของงานก่อสร้างแบบหนึ่ง ที่ต้องศึกษาธรรมชาติของวัสดุผลิตและวิธีการก่อสร้างให้เข้าใจอย่างแท้จริง จึงจะสามารถออกแบบงานประเภทนี้ให้มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมได้

ศ. เรืองศักดิ์ กันตะบุตร

ตุลาคม 2529

เอกสารอ้างอิง

ผลงานวิเคราะห์โครงสร้างของ เรืองศักดิ์ กันตะบุตร

Wood Handbook - U.S.Department of Agriculture