

บทที่ 2

การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและหลักการออกแบบด้วยระบบประสานทางฟิสิกส์

2.1.1 วิวัฒนาการของระบบประสานทางฟิสิกส์

ปัญหาด้านการก่อสร้างมีมาตั้งแต่ครั้งโบราณ เป็นเรื่องที่มนุษย์พยายามแก้ไขหรือเสาะหาวิธีการก่อสร้างที่สนองความต้องการที่เกิดขึ้นให้มากที่สุด การก่อสร้างในอดีตการทำงานความคิดและการสร้างสรรค์ยังอยู่ในวงแคบ วัสดุก่อสร้างมีไม่กี่ชนิด ความต้องการที่ไม่ซับซ้อน ปัญหาต่างๆ จึงมีสภาพแตกต่างจากสภาพปัญหาปัจจุบัน นับตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นต้นมา งานก่อสร้างได้ทวีความสำคัญขึ้น ทุกประเทศต้องบูรณะซ่อมแซมและจัดหาที่อยู่อาศัยใหม่ให้ประชากรของตนนักวิชาการจึงเร่งหันมาพัฒนาเทคนิคต่างๆ ให้ก้าวทันต่อการแก้ปัญหาเหล่านี้ เช่น เสาะหาวัสดุก่อสร้างให้มีมากขึ้นตามความต้องการในด้านต่างๆ ที่ซับซ้อนและเพิ่มมากขึ้น เพื่อแข่งกับเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัด ต่อมาปัญหาเรื่องการขาดแคลนที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นทุกประเทศทั่วโลกโดยเฉพาะประเทศที่มีอัตราการเพิ่มของประชากรอย่างรวดเร็ว ความต้องการที่อยู่อาศัยจึงเพิ่มขึ้นตามจำนวนของประชากร เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความขาดแคลนที่อยู่อาศัยขึ้น อุตสาหกรรมด้านการก่อสร้างแม้จะได้รับความสนใจและสนับสนุนจากวงการต่างๆ มีการปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา ก็ยังไม่สามารถก้าวไปทันความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้ การแก้ปัญหาส่วนนี้ จึงตกเป็นภาระหน้าที่ของสถาปนิก วิศวกรและผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างที่พยายามค้นหาวิธีการใหม่ๆ เพื่อช่วยให้การก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัยทำได้รวดเร็วและประหยัด ดังจะเห็นได้จากการกำหนดระบบใหม่ๆ ขึ้น เพื่อช่วยทั้งในด้านการออกแบบ การผลิตและการก่อสร้าง เช่น การก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป เป็นต้น

ปัจจุบันการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้พัฒนาและแก้ปัญหาได้ในหลายๆ ประเทศในภาคพื้นยุโรป และประเทศกำลังพัฒนาอย่างได้ผล ในสมัยก่อนการผลิตส่วนประกอบของอาคารให้สำเร็จมาจากโรงงานได้เคยใช้กันมาบ้าง แต่เป็นเพียงบางส่วนของอาคาร เช่น ส่วนประกอบประตูหน้าต่าง ซึ่งมีข้อบกพร่องมากจนไม่ช่วยให้การก่อสร้างดำเนินไปได้รวดเร็วตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด เพราะส่วนประกอบเหล่านั้น ไม่มีการกำหนดการประสานทางฟิสิกส์ ส่วนประกอบที่ผลิตขึ้นจึงไม่พอดีกับวัสดุชิ้นอื่นที่เตรียมไว้ หรือแม้กับส่วนประกอบชิ้นเดียวกัน ซึ่งผลิตจากโรงงานอื่นๆ ความยุ่งยากจึงเกิดขึ้นเสมอ ต่อมาจึงมีการพิจารณากำหนดระบบประสานทางฟิสิกส์ในอาคารขึ้น เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เคยมี ช่วยให้การก่อสร้างดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นก่อสร้างด้วยระบบดั้งเดิมหรือระบบสำเร็จรูป ในด้านการจัดทำวัสดุก่อสร้างประมาณปี 1950 เราอาจมีวัสดุและวิธีการ table top เพียง 20 วิธี แต่ปัจจุบันเรามีไม่น้อยกว่า 100 วิธี การมี

วัสดุที่เพิ่มมากขึ้น อาจไม่ช่วยแก้ปัญหามากนัก ถ้าวัสดุเหล่านั้นไม่มีระบบประสานทางฟักัด ดังนั้นจึงได้กำหนดให้ใช้ระบบนี้กับวัสดุก่อสร้างด้วยนอกจากนี้การออกแบบเพื่อการก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป ก็จำเป็นที่จะต้องใช้ระบบการประสานทางฟักัดด้วยเช่นกัน

ในระดับนานาชาติ International Organization for Standardization (ISO) ในฐานะองค์การระหว่างประเทศเพื่อการวางมาตรฐาน ได้ตั้งกรมวิชาการขึ้นโดยเฉพาะ สำหรับงานด้านการประสานทางฟักัดในงานก่อสร้างอาคาร ทำหน้าที่ค้นคว้ารวบรวมเอกสารในเรื่องนี้ เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานโลก โดยมีประเทศต่างๆ ที่ยอมรับความสำคัญของการประสานทางฟักัดมาตั้งแต่อดีต เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างต่อไปในอนาคตตัวอย่างเช่น

ทวีปเอเชีย	อินเดีย ญี่ปุ่น อิรัก อิหร่าน อิสราเอล เกาหลี ตุรกี ไทย
ทวีปอเมริกา	สหรัฐอเมริกา แคนาดา โคลัมเบีย คิวบา บราซิล เปรู
ทวีปออสเตรเลีย	ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์
ทวีปแอฟริกา	อียิปต์ แอฟริกากลาง แอฟริกาใต้
ทวีปยุโรป	เยอรมัน นอร์เวย์ สหราชอาณาจักร โรมาเนีย ออสเตรีย สเปน โปรตุเกส เบลเยียม สวีเดน ฝรั่งเศส รัสเซีย ฮังการี เดนมาร์ก ยูโกสลาเวีย อิตาลี สวิตเซอร์แลนด์ เนเธอร์แลนด์ ฟินแลนด์



รูปที่ 2.1 แสดงสถานภาพการใช้ระบบประสานทางฟักัดในประเทศต่าง ๆ (ค.ศ. 1965)

วิวัฒนาการของระบบประสานทางพิคัดในประเทศต่างๆ

- 1930 Albert Farwell Bemis ชาวอเมริกันริเริ่มกำหนดระบบ Cubical Modular Method โดยใช้ 4 นิ้ว เป็นพิคัดมาตรฐาน
- 1942 ฝรั่งเศสเป็นประเทศแรกในยุโรปที่ใช้ 100 มม. เป็นพิคัดมาตรฐาน
- 1945 ASA (American Standards Association) ขอมรับ 4 นิ้ว เป็นพิคัดมาตรฐาน
- 1945 อังกฤษใช้ 4 นิ้ว ในระบบประสานทางพิคัด
- 1953 EPA (European Productivity Agency) จัดสัมมนาเรื่องระบบประสานทางพิคัด มี 11 ประเทศเข้าร่วม Ernest Neufert ชาวเยอรมันใช้ระบบ Octametric กำหนดให้ 125 มม. เป็นพิคัดมาตรฐาน

หลังจากนั้น องค์การมาตรฐานโลก (ISO) ได้จัดตั้งคณะกรรมการขึ้น 1 ชุด จัดการศึกษาเรื่องนี้และระบบประสานทางพิคัดมี พิกัดมาตรฐาน = 100 มม.

สหรัฐอเมริกา

ค.ศ. 1920 – 1930 ในอเมริกา เริ่มมีการใช้ระบบประสานทางพิคัดโดยนักอุตสาหกรรมชื่อ Albert Farwell Bemis เป็นผู้ริเริ่มระบบประสานทางพิคัดขึ้น เรียกว่า The Cubical Modular Method โดยกำหนดเกณฑ์ให้ลูกบาศก์ที่มีด้านแต่ละด้านยาว 4 นิ้ว

ค.ศ. 1938 American Standards Association ได้จัดให้มีการสัมมนาเรื่องนี้และเป็นผลให้ในปีต่อมาได้มีการวางขอบข่ายของเรื่องระบบประสานทางพิคัดขึ้น ในหัวข้อต่อไปนี้

1. การพัฒนาด้านมาตรฐานสำหรับประสานทางพิคัดของอาคารวัสดุก่อสร้างและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง
2. การควบคุมกันไปของผังอาคาร และรายละเอียดแต่ละมิติที่จะใช้ในการประสาน
3. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับขนาดและมิติที่เป็นมาตรฐานอันเหมาะสมสำหรับการประสานกันในมิติของอาคารและชิ้นส่วนประกอบอาคาร

ค.ศ. 1945 ASA ขอมรับ 4 นิ้ว เป็นขนาดมิติที่เหมาะสมที่จะใช้ในการประสานงานได้มีการพิมพ์สมุดคู่มือเป็นครั้งแรกแนะนำแนวทางที่ใช้ประสานทางพิคัดใช้ชื่อ A 62 Guide for Modular Coordination

ค.ศ. 1949 American Institute of Architects ได้ตั้งสำนักงานเกี่ยวกับเรื่องนี้ โดยเฉพาะเพื่อค้นคว้าต่อไป

ค.ศ. 1953 อเมริกาได้เข้าเป็นสมาชิก European Productivity Agency

ค.ศ. 1956 มีการจัดพิมพ์หนังสือเรื่อง Modular Coordination in Building ขึ้นโดยองค์การสหประชาชาติ

ค.ศ. 1958 MBSA ในนาม A 62 Committee ได้ทำการศึกษาค้นคว้าและนำเรื่องนี้เสนอต่อสาธารณะ โดยให้การศึกษาทางด้านนี้ทั้งในสำนักงานและโรงเรียน ในการนี้ Education Facilities Laboratories (EFL) ที่ตั้งขึ้นโดยมูลนิธิฟอร์ดได้มีส่วนช่วยเป็นอย่างมาก

ในเวลาต่อมา เมื่อประเทศส่วนใหญ่ในยุโรปได้ยอมรับขนาด 100 มม. เป็นมิติที่ใช้เป็นมาตรฐานทางอเมริกา จึงได้ปรับพิกต์มาตรฐานให้เป็นไปตาม iso ก็ขนาด 100 มม. เช่นเดียวกัน

เยอรมัน

ระบบการประสานทางพิกต์ในเยอรมันเป็นการพัฒนามาจากระบบ Octametric ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้กำหนดระบบ optometric โดยถือเอาพิกต์มาตรฐานที่ระยะ $1/8$ ของเมตร โดย Prof. ERNEST NEUFERT เป็นผู้กำหนดภายหลัง ได้มีการใช้ระบบ Decimeter เพราะประเทศต่างๆ ในยุโรปได้ยอมรับ 100 มม. เป็นพิกต์มาตรฐาน จึงทำให้มี 2 ระบบขึ้นทุกวันนี้ระบบ Octametric มีเปอร์เซ็นต์การใช้ น้อยลงกว่าระบบประสานทางพิกต์ ที่มีพิกต์มาตรฐาน 100 มม. มาก

อังกฤษ

เริ่มศึกษาระบบการประสานทางพิกต์ตั้งแต่ ค.ศ. 1945 โดยได้เชิญผู้ใช้และผู้ผลิตในวงการอุตสาหกรรมก่อสร้าง เข้าร่วมพิจารณารายงานเรื่องนี้ หลังจากนั้นได้พิมพ์เอกสารวิชาการ แล้วเสนอต่อผู้ผลิตอุตสาหกรรมด้านนี้ เพื่อขอข้อเสนอแนะและแก้ไข แต่เนื่องมาจากมาตรการของประเทศต่างๆ ในยุโรป ได้กำหนด 100 มม. เป็นพิกต์มาตรฐาน ส่วนอังกฤษเองกลับใช้มาตรฐานอังกฤษอยู่ ซึ่งกำหนด 4 นิ้ว ปัจจุบันอังกฤษได้เปลี่ยนมาตราชั่ง ตวง วัด จากระบบ Imperial มาเป็นระบบเมตริก และได้ใช้ 100 มม. เป็นพิกต์มาตรฐาน จึงไม่พอดีกับขนาด 100 มม. เป็นพิกต์มาตรฐานแล้ว การใช้ระบบประสานทางพิกต์จึงไม่มีปัญหา

ฝรั่งเศส

ค.ศ. 1942 ฝรั่งเศสเป็นประเทศแรกในยุโรปที่ประกาศใช้พิกต์มาตรฐาน 100 มม. และเป็นประเทศหนึ่งในยุโรปที่มีการใช้ระบบประสานทางพิกต์อย่างกว้างขวางในอาคารสำเร็จรูป ถึงแม้ส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานแบบระบบปิดเฉพาะโครงการ ในระยะหลังวงการก่อสร้างเหล่านี้ ได้ประสบปัญหา แต่สามารถแก้ไขได้จนเป็นผลสำเร็จ ทำให้ระบบประสานทางพิกต์ยังได้รับความนิยมใช้อยู่ถึงปัจจุบัน

ญี่ปุ่น

เป็นระยะเวลาประมาณ 40 กว่าปีมาแล้วที่ญี่ปุ่นสนใจศึกษาเรื่องการประสานทางพิกต์ในงานก่อสร้างอาคาร ปัจจุบันได้กำหนดขนาดทางพิกต์มาตรฐานขึ้นและนำมาใช้อย่างจริงจังโดยวิศวกรและผู้ก่อสร้าง ได้ทำงานอย่างใกล้ชิดกับองค์การระดับโลกทั้งหลาย ญี่ปุ่นมีขนบธรรมเนียมประจำชาติ ลักษณะ

สำคัญที่แตกต่างจากประเทศต่างๆ ในยุโรป ทำให้ญี่ปุ่นมีความเห็นว่าพิคัดของญี่ปุ่นมีหลักการที่ก้าวหน้า และเหมาะที่จะใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างได้ดีกว่ายุโรป

สถาปัตยกรรมญี่ปุ่นเป็นแบบ Frame – Type Structure การประสานทางพิคัดในการก่อสร้างอาคารของญี่ปุ่น ใช้ขนาดของ เลื้อตตามิ เป็นพิคัดมูลฐานมาแต่โบราณ วัสดุก่อสร้างมีมาตรฐานและลักษณะนิยมเป็นยุคเป็นสมัยไม่เหมือนกัน เมื่อมีวัสดุใหม่เกิดขึ้นการนำไปใช้ก็ไม่ได้ ปรับปรุงแก้ไขจากมาตรฐานเดิมนั้น แม้จะเป็นการง่ายในงานอุตสาหกรรมก็จริง แต่ไม่เป็นผลที่น่าพอใจนัก ประจวบกับได้ทราบและมีการรู้จักระบบประสานทางพิคัดในความคิดเห็นสมัยใหม่มากยิ่งขึ้น ญี่ปุ่นจึงเริ่มศึกษาระบบนี้ เพื่อใช้ประโยชน์อย่างจริงจังในระยะหลัง ค.ศ. 1950 โดยก่อนหน้าปี 1950 การประสานทางพิคัดเป็นที่รู้จักบ้าง ในหมู่วิศวกรและผู้เชี่ยวชาญญี่ปุ่น ซึ่งภายหลังแม้ทางราชการได้เปลี่ยนเป็นเมตริกแล้ว ระบบการวัดแบบ shaku และ kan ก็ยังใช้กันอยู่เมื่อญี่ปุ่นได้เปลี่ยนระบบมาตราชั่ง ตวง วัด มาเป็นเมตริกแล้ว Building Module จึงได้ตั้งขึ้น

ญี่ปุ่นล้ำหลังกว่าประเทศต่างๆ ในยุโรปในเรื่องระบบประสานทางพิคัด เพราะญี่ปุ่นไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนช่างฝีมือเหมือนประเทศทางยุโรป ทำให้เริ่มอุตสาหกรรมด้านนี้ช้าไป ค.ศ. 1963 การประสานทางพิคัดสำหรับอาคาร คำศัพท์ที่ใช้และการกำหนดส่วนประกอบอาคารเบื้องต้น ได้ตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1964 หลักสำคัญของระบบประสานทางพิคัดตั้งขึ้น และรายงานให้ทาง ISO ทราบวิศวกรชาวญี่ปุ่นต่างทดลองหาวิธีใช้ระบบประสานทางพิคัดในงานสถาปัตยกรรม และนำผลการทดลองเหล่านั้นมาตั้งเป็นมาตรฐานขึ้น เป็นที่น่าสังเกตว่า ในสมัยก่อนระบบการวัดแบบโบราณ ได้ถูกนำมาใช้ในระบบอุตสาหกรรมด้วย แต่ได้พบว่ามิชอบพอมากถ้าจะใช้จริง ๆ จัง ๆ

การพัฒนาการประสานทางพิคัดในญี่ปุ่นได้วางหลักการต่างๆ ดังนี้

1. ส่งเสริมและเผยแพร่ให้นำระบบประสานทางพิคัดไปใช้จริงและกว้างขวาง
2. สนับสนุนให้มีการทดลองด้านอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอาคาร
3. ปี ค.ศ. 1960 ได้ร่วมเป็นสมาชิก ISO โดยพิคัดในงานก่อสร้างอาคารของญี่ปุ่นแตกต่างกับยุโรปบ้าง และญี่ปุ่นยังมั่นใจว่าพิคัดในงานก่อสร้างของญี่ปุ่นดี มีเหตุผล และประหยัดกว่ายุโรป
4. การกำหนดมิติของพิคัด ได้ถือตามขนาดพิคัดมูลฐาน 100 มม. ขององค์การ ISO

ประเทศไทย

ประเทศไทยได้มีการใช้ระบบประสานทางพิคัดมาแต่โบราณ ได้แก่การใช้มิติมูลฐานคือกระเบื้องนี้ สอกและวา บ้านไทยโบราณที่สร้างขึ้นในอดีต ใช้มิติมูลฐานนี้กำหนดขนาดของตัวบ้านเพื่อให้เกิดการประสานกันในเรื่องมิติและสัดส่วนทางสถาปัตยกรรม

สถาปนิกในสมัยโบราณได้รับแรงบันดาลใจที่สลับซับซ้อนหลายด้าน เช่น โสยศาสตร์ลักษณะภูมิประเทศ การขนส่งและวัตถุดิบในท้องถิ่น ระบบการก่อสร้างบ้านไทยโบราณ จึงเป็นระบบขึ้นส่วนสำเร็จรูปมีขนาดประสานกันในเรื่องพิคัด แล้วนำมาประกอบกันเป็นตัวบ้าน การประสานทางพิคัดจึงเป็นประโยชน์ต่อ

การก่อสร้างของไทยมาแต่อดีต แต่ต่อมาราชการได้กำหนดให้ใช้มาตราเมตริกตามหลักสากลเป็นหน่วยวัดของราชการ สำหรับหน่วยวัดที่ใช้มีมูลฐานจากกิบ สอกและวานันท์ยังมีใช้กันอยู่บ้าง ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานก่อสร้างเฉพาะนั้นๆ

พ.ศ. 2512 ศูนย์กำหนดรายการมาตรฐานแห่งประเทศไทย (สกม.) ได้เริ่มกำหนดให้พิกัดมูลฐาน (พ) 100 มม. ตามข้อเสนอแนะของ ISO ในระยะแรกของการนำระบบนี้มาใช้ ยังไม่อาจเรียกได้ว่าเป็นการนำไปใช้อย่างจริงจัง เชื่อว่ายังอยู่ในขั้นทดลองค้นคว้าและนำเอาข้อปัญหาขัดแย้งต่างๆ มาพิจารณาแก้ไข

พ.ศ. 2513 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทยจัดทำรายงานเรื่อง การประสานพิภคในงานก่อสร้างอาคารสำหรับประเทศไทย เพื่อเสนอให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้ออกแบบ ผู้กำหนดโครงสร้าง ผู้สร้าง ผู้ผลิตวัสดุก่อสร้าง ตลอดจนผู้กำหนดและควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้พิจารณาและหาทางให้ได้มีการกำหนดขึ้นเป็นมาตรฐาน และริเริ่มนำไปปฏิบัติโดยทั่วกัน

พ.ศ. 2515 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทยจัดการสัมมนาวิชาการเรื่อง “การมาตรฐาน และการประสานทางพิภคในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง” โดยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญของกรมการเศรษฐกิจเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ECAFE) องค์การสหประชาชาติ และรัฐบาลประเทศเดนมาร์ก เพื่อให้ผู้บริหาร สถาปนิก วิศวกร และผู้ก่อสร้าง ได้ทราบถึงคุณประโยชน์และวิชาการเทคนิคใหม่ๆ เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงแก้ไขปัญหาการก่อสร้าง และหาทางส่งเสริมและสร้างให้มีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ จัดทำรายงานเรื่อง “การมาตรฐาน และการประสานทางพิภคในงานก่อสร้างอาคาร” ขึ้นในปี พ.ศ.2516 เพื่อเผยแพร่เนื้อหาของการสัมมนาสู่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างทั้งหลาย

พ.ศ.2517 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย ได้จัดการสัมมนาขึ้นอีกครั้งหนึ่ง โดยความร่วมมือจาก ECAFE และรัฐบาลประเทศเดนมาร์กเช่นเดิม เพื่อติดตามผลและกล่าวถึงรายละเอียดที่ก้าวหน้าขึ้น ซึ่งผลจากการสัมมนาได้มีมติร่วมกันจัดทำข้อเสนอแนะต่อรัฐบาลรวม 8 ข้อ เพื่อการสนับสนุนให้เกิดระบบนี้ขึ้นอย่างจริงจังในประเทศ

พ.ศ.2520 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย จัดการอบรมและเผยแพร่เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง “ระบบประสานงานพิภคในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ” ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการสัมมนาเมื่อปี พ.ศ.2517 โดยมีสาระสำคัญ ดังตัวอย่างหัวข้อเรื่องของเอกสารการสัมมนาต่อไปนี้

- Modular Design & Structural System (เรื่องศักดิ์ กันตะบุตร, 2520ก)
- รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง (เรื่องศักดิ์ กันตะบุตร, 2520ข)
- รอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต (พิบูลย์ จินาวัฒน์, 2520)
- ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับรายการของรอยต่อสำหรับอาคารสำเร็จรูป (ทวี สีนุญเรือ, 2520ก)
- ระยะเพื่อความคลาดเคลื่อน (ทวี สีนุญเรือ, 2520ข)

- รายการสอบทานเกี่ยวกับระยะเพื่อความปลอดภัย สำหรับการสร้างด้วยวิธีอุตสาหกรรม (ทวี สีนุญเรือง, 2520ค)

พ.ศ.2523 มีการเสนอเอกสารทางวิชาการเรื่อง “การใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบอาคาร” โดย อ.ตรึงใจ บุณสมภพ เพื่อชี้ให้เห็นประโยชน์ของการใช้ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร ทั้งในวิธีการแบบดั้งเดิมและระบบอุตสาหกรรม

เอกสารทางวิชาการอีกเรื่อง คือ การวางแผนอาคารด้วยตารางพิกัด (Modular Planning) โดย อ.เรืองศักดิ์ กันตะบุตร มีสาระมูลฐานที่มุ่งให้เข้าใจและสามารถออกแบบอาคารด้วยตารางพิกัดได้ถูกต้องในทางสถาปัตยกรรม วิศวกรรมโครงสร้าง และเข้าใจระบบการก่อสร้างได้โดยง่าย

พ.ศ.2531-2539 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เริ่มประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษเรื่องมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : การประสานทางพิกัด โดยมีหัวข้อเรื่องดังนี้

- เล่ม 1-2531 ประมวลศัพท์
- เล่ม 2-2531 หน่วยพิกัดมาตรฐาน
- เล่ม 3-2531 หน่วยพิกัดคูณสำหรับมิติประสานในแนวระดับ
- เล่ม 4-2531 ความสูงชั้นและความสูงห้อง
- เล่ม 5-2534 หลักการและกฎ
- เล่ม 6-2534 อนุกรมของขนาดหน่วยพิกัดคูณนิยมสำหรับมิติในแนวระดับ
- เล่ม 7-2534 ส่วนเพิ่มหน่วยอนุพิกัด
- เล่ม 8-2539 บันได-ประมวลศัพท์
- เล่ม 9-2539 มิติประสานของบันไดและพื้นที่บันได
- เล่ม 10-2539 ขนาดประสานของประตูที่ใช้ภายนอกและภายในอาคาร

พ.ศ.2533-2538 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) โดยสาขาวิจัยอุตสาหกรรมก่อสร้าง ได้ดำเนินการโครงการวิจัยและพัฒนาวัสดุก่อสร้างและระบบขึ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อกระตุ้นและสนับสนุนธุรกิจการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ระดับผู้มีรายได้น้อย-ปานกลาง ที่อยู่ในเขตเมือง-ชนบท ให้มีการดำเนินการในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุหลักร่วมกับวัสดุเหลือใช้และทรัพยากรท้องถิ่น และมีเป้าหมายหลัก ดังนี้

1. ขึ้นส่วนผนังจะต้องเป็นระบบเปิด (Open System) ใช้ได้ทั่วไป
2. ขนาดของขึ้นส่วนต้องออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด
3. เป็นขึ้นส่วนขนาดเล็กที่มีน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้าย ประกอบติดตั้งได้ด้วย 2 แรง (คน)

4. ไม่ต้องการเครื่องจักรกลใดๆ ในการขนย้ายเข้าที่ประกอบติดตั้ง นอกจากเครื่องช่วย
ง่ายๆ ที่สามารถจัดทำขึ้นได้ที่โรงงาน
5. เป็นชิ้นส่วนที่ผลิตโดยใช้ซีเมนต์เป็นวัตถุดิบหลัก

ระบบการประสานทางพิคัดในไทย ได้เกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 2510 ถึงช่วงต้นทศวรรษ 2520 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการตื่นตัวในการพัฒนาการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอาคารประเภทที่พักอาศัย ซึ่งได้มีการคาดคะเนว่าการขาดแคลนจะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ระบบการประสานทางพิคัดในอาคารที่มีอยู่จำนวนไม่มากนักในช่วงเวลาดังกล่าว ก็ไม่ได้รับการสืบสานต่อในช่วงเวลาต่อมาพร้อมกับ การถดถอยของการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเต็มรูปแบบ โดยทั่วไปคงมีแต่การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป ขนาดใหญ่เฉพาะชิ้นส่วนสำเร็จรูป การก่อสร้างโดยรวมยังคงอาศัยการก่อสร้างระบบดั้งเดิมเป็นหลัก การใช้ ผนังสำเร็จรูปสำหรับการก่อสร้างผนังด้านนอกของอาคารคงเป็นกรณีเฉพาะของแต่ละ โครงการ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุก่อสร้างได้มีความก้าวหน้าไปมาก ในด้านการผลิตวัสดุที่เป็นไปตาม มาตรฐานหน่วยพิคัดมูลฐานเป็นความพยายามให้เกิดการประสานทางพิคัด ทั้งนี้รวมไปถึงการผลิต เฟอร์นิเจอร์สำเร็จรูป ผนังกันห้องสำเร็จรูป เป็นต้น

2.1.2 หน่วยพิคัดประเภทต่าง ๆ

มิติในระบบประสานทางพิคัดในอาคารประกอบไปด้วยเรื่องต่างๆ ดังนี้

1. มิติ หมายถึง ระยะระหว่างจุด 2 จุด
2. มิติอาศัยซึ่งกันและกัน คือ มิติที่ใช้ในการทำงานตามความสัมพันธ์โดยตรงกับมิติที่อยู่ก่อน
3. ความเบี่ยงเบน คือ ความแตกต่างในการวัดระยะของส่วนประกอบ กับขนาดทางพิคัดของ ส่วนประกอบนั้น
4. ความคลาดเคลื่อน คือ ค่าของความแตกต่างของขนาดตามขนาดที่ยินยอมให้ใหญ่ที่สุด กับขนาด ที่ยินยอมให้เล็กที่สุด
5. มิติประสาน คือ มิติ หรือระยะที่เตรียมไว้เพื่อก่อสร้างส่วนประกอบ หรือกลุ่มของส่วนประกอบ (หรือส่วนมูล)

มิติ (Dimension)

ในขั้นตอนการวางแผน และการออกแบบอาคาร มิติเป็นเรื่องเกี่ยวข้องที่มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะ ถ้าหากเป็นการวางแผนและการออกแบบอาคารในระบบอุตสาหกรรมด้วยแล้ว มิติของส่วนประกอบสำเร็จรูป กับเนื้อที่ที่เตรียมไว้สำหรับติดตั้งส่วนประกอบนั้น ควรกำหนดให้แน่ชัดและมีการประสานกันอย่างพอดี เรียกว่าเป็น มิติประสาน เพื่อแสดงถึงขนาดเนื้อที่ความต้องการของส่วนประกอบ เมื่อรวมรอยต่อของ

ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นเข้าด้วยกัน มิติประสานนี้จะใช้ได้ผลดี เมื่องานชิ้นต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับมิติประสานนี้มี ความถูกต้องแน่นอน (Accuracy) อย่างดี

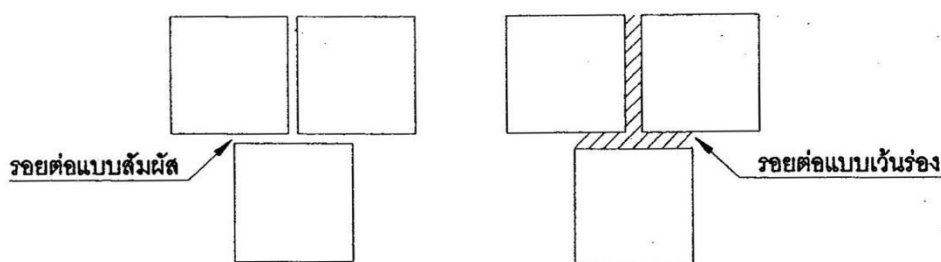
เมื่อกำหนดระบบมิติประสานขึ้นมาแล้ว การนำไปใช้ในขั้นตอนต่างๆ ของงาน อาจนำไปใช้ได้ ในต่างสถานที่ ต่างวาระ หลายครั้ง หลายตอนได้ เช่น การออกแบบโดยสถาปนิก วิศวกร สามารถนำไปใช้ได้ทั้ง ในขั้นตอนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม หรือใช้ในขั้นตอนการติดตั้งโดยคนงาน เป็นต้น การวัดหรือการใช้ มิติในลักษณะที่แตกต่างกัน จะทำให้เกิดปัญหาในการวัดขึ้น ซึ่งสาเหตุอาจมาจากสาเหตุอื่นๆ จนทำให้ ส่วนประกอบมีขนาดที่ผิดไปจากที่คำนวณไว้ ดังนั้นค่าความเบี่ยงเบน (Deviation) และความคลาดเคลื่อน (Tolerance) จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องกำหนดให้มีขึ้นให้แน่นอน ในเรื่องของมิติที่อาศัยซึ่งกันและกันโดย กำหนดว่าความเบี่ยงเบนควรที่จะมีค่าเท่าไรจึงจะเหมาะสม

มิติอาศัยซึ่งกันและกัน (Inter – dependence Dimension)

ในงานก่อสร้างอาคารย่อมประกอบด้วยงานหลายชนิดหลายประเภทที่เกี่ยวข้องกัน ปัญหาหนึ่งที่ทำให้เกิดผลเสียในการก่อสร้าง คือ การทำงานต้องมีการรอกัน โดยคนงานบางกลุ่มไม่สามารถที่จะทำงาน ต่อเนื่องได้ ต้องรอให้คนงานกลุ่มอื่นทำงานในส่วนนั้นๆ ให้เสร็จก่อน ปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากการที่ งานส่วนต่างๆ จำเป็นต้องอาศัยมิติอาศัยซึ่งกันและกัน เช่น การสามารถติดตั้งหน้าต่างได้เนื่องจากพื้น ผนัง หรือเพดานยังติดตั้งไม่เสร็จ งานออกแบบก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปพบว่า การจัดลำดับของงานที่ เตรียมไว้จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องเวลาที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์จากการรอกันออกไป แต่อาจจะเกิด ปัญหาในเรื่องของความแม่นยำขึ้นมาแทน เนื่องจากการที่จะผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้มีขนาดที่แม่นยำจาก ความต้องการนั้น ทำได้ยาก และทำให้ต้นทุนการผลิต รวมถึงค่าแรงสูงขึ้นไปด้วย โดยเฉพาะในการก่อสร้าง อาคารขนาดใหญ่ที่มีชิ้นส่วนจำนวนมากๆ ก็ยังไม่สามารถกำหนดขนาดให้มีความแม่นยำได้โดยทั่วทุกจุด ในการออกแบบจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้มิติอาศัยซึ่งกันและกันในส่วนที่ไม่มีความจำเป็น

วิธีหลีกเลี่ยงมิติอาศัยซึ่งกันและกันที่ไม่จำเป็นในการก่อสร้าง จำเป็นที่จะต้องมีความเรียบง่ายและ รวดเร็ว โดยมีหลักการในการหลีกเลี่ยงมิติอาศัยซึ่งกันและกันที่ไม่จำเป็นดังต่อไปนี้

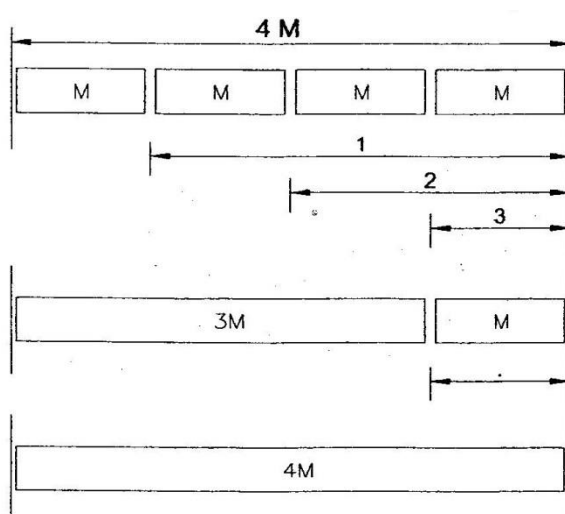
1. การใช้รอยต่อแบบสัมผัส หรือเว้นร่อง ควรใช้ให้น้อยแห่งที่สุด เพราะยังมีรอยต่อหลายแห่งก็จะ ยิ่งทำให้เกิดมิติอาศัยซึ่งกันและกันหลายครั้ง ซึ่งเป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่มากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.2 แสดงรอยต่อแบบสัมผัส และรอยต่อแบบเว้นร่อง

ในการติดตั้งชิ้นส่วนตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปเข้าด้วยกัน จะนิยมเว้นเนื้อที่รอยต่อเอาไว้ด้วย และถ้ารอยต่อที่ใช้เป็นรอยต่อแบบสัมผัส การทำงานอาจเกิดปัญหา เนื่องจากการยึดหดตัวของวัสดุได้ โดยเฉพาะถ้าขนาดชิ้นส่วนไม่มีความแม่นยำพอ รวมถึงถ้าหากการติดตั้งไม่มีความชำนาญ ก็จะทำให้การทำงานเป็นไปได้ยาก ในทางตรงกันข้าม ถ้ารอยต่อที่ใช้เป็นรอยต่อประเภทเว้นร่อง การทำงานก็จะสะดวกขึ้น สามารถที่จะเตรียมเนื้อที่ที่ต้องการได้ง่ายกว่า แต่เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะเห็นรอยต่อได้อย่างชัดเจน

การใช้รอยต่อประเภทนี้จะใช้เฉพาะที่เป็นงานพิเศษซึ่งจะแสดงให้เห็นความชำนาญของช่างก่อสร้างออกมาได้



รูปที่ 2.3 แสดงมิติอาศัยซึ่งกันและกันแบบต่าง ๆ

2. ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งแบบผิวสัมผัส เปลี่ยนมาใช้ในการติดตั้งแบบขอบต่อขอบ หรือขอบต่อผิวแทน

3. ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งชิ้นส่วนที่มีรอยต่อหลายแบบในเวลาเดียวกัน เพราะจะทำให้เกิดความลำบากในการทำงาน เนื่องจากการยึดหดตัวของวัสดุ และความไม่แม่นยำในการผลิต

ความเบี่ยงเบน (Deviation)

ความเบี่ยงเบน คือ ความแตกต่างในการวัดระยะส่วนประกอบ กับขนาดทางฟิสิกส์ของส่วนประกอบนั้นในการออกแบบ และก่อสร้าง โดยทั้งไปจะทำงานด้วยขนาดที่กำหนดแน่นอน แต่การที่มีความแม่นยำในการปฏิบัติ จึงต้องมีการคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนและความเบี่ยงเบนด้วยเสมอ ความเบี่ยงเบนนี้อาจเกิดขึ้นในระยะใดระยะหนึ่งของการทำงานก็ได้ เช่น การควบคุมขนาดที่ไม่มีความละเอียดเพียงพอ ในขั้นตอนการผลิต การยึดหดตัว หรือการสูญเสียรูปร่าง เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุในขั้นตอนการขนส่ง หรือการเก็บรักษาในพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ

ก. ความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในโรงงาน ในขั้นตอนของการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ความเบี่ยงเบนอาจเกิดขึ้นได้จากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. ความไม่แม่นยำในการวัด และการควบคุมขนาดระหว่างการผลิต
2. คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้
3. วิธีการผลิตชิ้นส่วนวัสดุต่างๆ

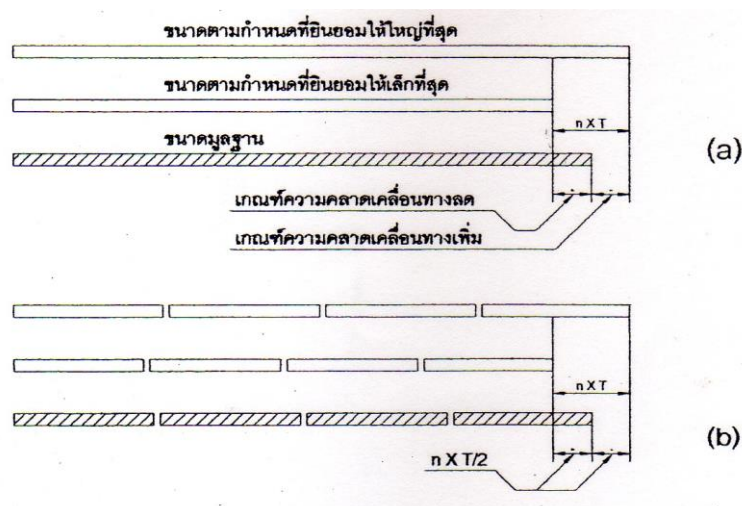
ข. ความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจากการติดตั้ง ในขั้นตอนของการติดตั้งที่หน่วยงาน ความเบี่ยงเบนอาจเกิดขึ้นได้จากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. ความไม่แม่นยำในการวัด และการควบคุมขนาดระหว่างการติดตั้ง
2. ขนาดและประเภทของวัสดุที่ใช้
3. วิธีการในการทำงาน และการติดตั้ง

ขนาดของอาคารที่จะติดตั้ง ส่วนประกอบอาจมีขนาดที่ผิดไปจากเดิม ซึ่งนับเป็นปัญหาที่พบได้มากที่สุด เมื่อส่วนประกอบแต่ละชิ้นและการทำงานในแต่ละขั้นตอน ไม่มีความถูกต้องแม่นยำมากพอ จึงเกิดความเบี่ยงเบนขึ้น เป็นผลให้เกิดความยากลำบากในการผลิตติดตั้งส่วนประกอบในที่สุด การคิดตำแหน่งของส่วนประกอบ ควรที่จะคิดจากระยะที่เหลือ หลังจากการติดตั้งส่วนประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว โดยควรพิจารณาแก้ไขในทุกๆ จุด ทุกๆ ปัญหาอย่างใกล้ชิด และยึดหลักความเบี่ยงเบนที่แท้จริงเป็นสำคัญ

ความคลาดเคลื่อน (Tolerance)

ความคลาดเคลื่อน คือ ค่าความแตกต่างของขนาดตามกำหนด ที่ยินยอมให้ขนาดใหญ่ที่สุด กับที่ยินยอมให้มีขนาดเล็กที่สุด โดยมีรูปแบบของความคลาดเคลื่อนอยู่ 2 ประการ คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิต และความคลาดเคลื่อนที่เกิด ณ สถานที่ก่อสร้าง ในการก่อสร้างความเบี่ยงเบนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยาก การกำหนดความคลาดเคลื่อนจึงถือหลักที่ว่า จะยอมให้เกิดระยะเบี่ยงเบนได้มากที่สุดเท่าใด โดยการกำหนดความคลาดเคลื่อนให้ง่ายและมีความสะดวกมากที่สุด ควรจะกำหนดให้ ค่าความเบี่ยงเบนของขนาดมูลฐานในทางลด (Negative) มีค่าเท่ากับ ค่าความเบี่ยงเบนของขนาดมูลฐานในทางเพิ่ม (Positive) และถ้างานนั้นๆ มีความจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (เนื่องจากงานไม่มีความต้องการความแม่นยำ) ก็สามารถใช้ขนาดมูลฐานได้



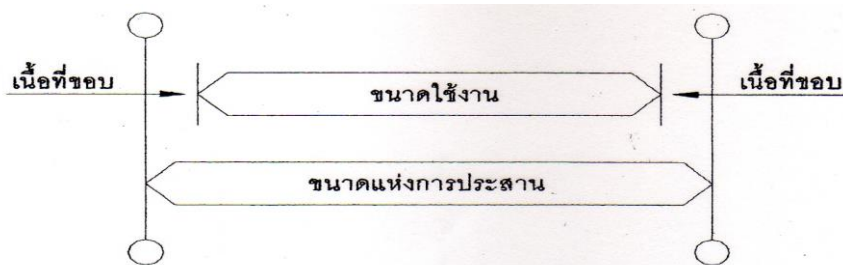
รูปที่ 2.4 แสดง การกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนในชิ้นส่วนอาคาร

- (a) ขนาดตามกำหนดในชั้นแบบร่าง เรียกว่า ขนาดมาตรฐาน (Basic Size)
- (b) ขนาดตามกำหนดในชั้นการผลิต เรียกว่า ขนาดใช้งาน (Work Size)

ในการติดตั้งชิ้นส่วนประกอบหลายๆ ชิ้นเข้าด้วยกัน ระยะที่วัดได้ (Actual Measurement) หลังการติดตั้งนั้นจะมีขนาดอยู่ในระหว่าง ผลรวมของขนาดเล็กที่สุดที่ยอมให้ กับขนาดใหญ่ที่สุดที่ยอมให้ และการวัดค่าความคลาดเคลื่อนรวม ให้ใช้การบวกความคลาดเคลื่อนของชิ้นส่วนที่ติดต่อกันเข้าด้วยกัน ซึ่งจะสามารถทราบความคลาดเคลื่อนรวมของชิ้นส่วนทั้งหมดได้อย่างชัดเจนในทางปฏิบัติอาจมีความเบี่ยงเบนเกิดขึ้นในทางลด หรือทางเพิ่ม หรืออาจเกิดขึ้นในด้านใดด้านหนึ่งทางเดียวก็ได้ แต่จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก ผลรวมของความคลาดเคลื่อนทั้งหมด อาจจะมีค่าน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนของส่วนประกอบแต่ละชิ้นรวมกัน

มิติประสาน (Coordinating Dimension)

คือ มิติหรือระยะที่เตรียมไว้เพื่อติดตั้งส่วนประกอบ หรือกลุ่มของส่วนประกอบ หรือส่วนมูล (Element)



รูปที่ 2.5 แสดงขนาดของการประสาน

การเลือกมิติประสานสำหรับส่วนประกอบสำเร็จรูป จะขึ้นอยู่กับ การตัดสินใจจากประสบการณ์ที่พบบ่อยในการติดตั้ง และขนาดของส่วนประกอบ ที่จะกำหนดเป็นขนาดใช้งาน ที่ควรจะสามารถวัดได้อย่างแน่นอนและมีการกำหนดตายตัวในการออกแบบ ขนาดประสานจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเนื้อที่รอยต่อทั้งสองข้าง ซึ่งจะมีขนาดไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับ การออกแบบและปัจจัยอีกหลายอย่าง ในการประกอบชิ้นส่วนประกอบอาคารหลายๆ ชิ้นเข้าด้วยกัน มิติประสานของส่วนประกอบเหล่านี้ จะไม่มีความแน่นอน เหมือนกับที่กำหนดไว้ในชิ้นส่วนประกอบชิ้นเดียว ในกรณีนี้มิติประสานที่กำหนด ควรที่จะกำหนดตามประสบการณ์ที่พบบ่อยๆ ในปัญหาที่เกิดขึ้น สำหรับผู้ออกแบบทั้งสถาปนิกและวิศวกร มิติประสานมีความสำคัญมากในการก่อสร้างอาคาร ถ้ามิติมีความแน่นอน ก็จะไม่ค่อยมีข้อยุ่งยากเกิดขึ้น แต่ถ้ามิติมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาปัญหาอย่างใกล้ชิดในทุกๆ จุด เพื่อตรวจสอบว่า มิติที่เปลี่ยนแปลงจนเป็นเหตุให้เกิดความกระทบกระเทือนต่อส่วนประกอบที่มีมิติอาศัยซึ่งกันและกันหรือไม่ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก 2 ประเภทดังต่อไปนี้

ก. มิติประสานที่แน่นอน คือมิติประสานของส่วนประกอบที่มีความเปี่ยงเบนเกิดขึ้นน้อยมาก จนสามารถที่จะถูกกลืนหายไป ในรอยต่อที่กำหนดให้ จึงไม่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงต่อขนาดประสานของส่วนประกอบ ซึ่งจะทำให้การทำงานในขั้นตอนต่อไป สามารถดำเนินการได้อย่างสะดวก เช่น การติดตั้งส่วนประกอบของโครงสร้างขนาดใหญ่บางชนิด จำเป็นที่จะต้องมีความขนาดประสานที่แน่นอน เมื่อติดตั้งส่วนประกอบปลีกย่อย เช่น ประตู หน้าต่าง ก็จะถือมิติประสานของโครงสร้างเป็นหลักอ้างอิง ในบางกรณีส่วนประกอบของโครงสร้าง ก็มีรอยต่อที่ไม่แน่นอน เช่น พนักก่อดู ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการทำงานตามลำดับขั้นตอน จึงมีการกำหนดขอบเขตของเนื้อที่โครงสร้างไว้ให้แน่นอนและดำเนินการติดตั้งส่วนประกอบโครงสร้างไปภายในขอบเขตนั้นๆ เพื่อถือเป็นมิติประสานหลักในการดำเนินงานชนิดอื่นต่อไป

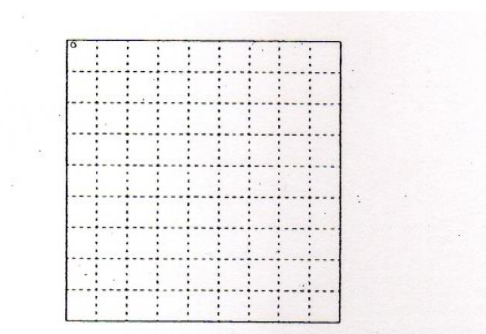
ข. มิติประสานที่ไม่แน่นอน คือ ค่าความเบี่ยงเบนของส่วนประกอบเกิดขึ้นมากกว่าที่จะอยู่ในรอยต่อได้ มิติประสานก็จะเปลี่ยนแปลงได้ในทันที การทำงานจะต้องดำเนินไปโดยอาศัยประสบการณ์และการตัดสินใจด้วยสามัญสำนึก โดยพิจารณาถึงธรรมชาติและลักษณะของส่วนประกอบที่นำมาใช้ เช่น ครุภัณฑ์ในห้องครัว ที่จำเป็นต้องติดตั้งด้วยวิธีการต่อแบบสัมผัส จำเป็นที่จะต้องผลิตขนาดของส่วนประกอบให้มีความเบี่ยงเบนไปในทางลด เพื่อการติดตั้งจะสามารถทำได้อย่างสะดวกในพื้นที่ที่มีเนื้อที่ไม่พอดี และอาจจะใช้บัวไม้ปิดเพื่อให้เกิดความเรียบร้อยก็ได้ แต่ถ้าเป็นผนังเบาภายในห้อง ควรอย่างยิ่งที่จะต้องผลิตชิ้นส่วนให้มีความเบี่ยงเบนของส่วนประกอบไปในทางเพิ่ม เพื่อให้สามารถตัดส่วนเกินออกได้โดยง่าย

2.1.3 การใช้ระบบประสานทางฟักัด

การใช้ระบบประสานทางฟักัด คือการใช้ ตารางฟักัดแผนผังระบบทางฟักัด ที่มีลักษณะการใช้วัสดุระบบโครงสร้าง และระบบการก่อสร้างต่างกันย่อหมายถึง ลักษณะทางสถาปัตยกรรม จะให้ผลที่แตกต่างกันไปด้วย ฟักัดแผนผังใช้งานได้ดีที่สุด จะต้องมีความสัมพันธ์กับฟักัดมูลฐานที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้กับการผลิตวัสดุก่อสร้างตามมาตรฐานของการประสานทางฟักัด

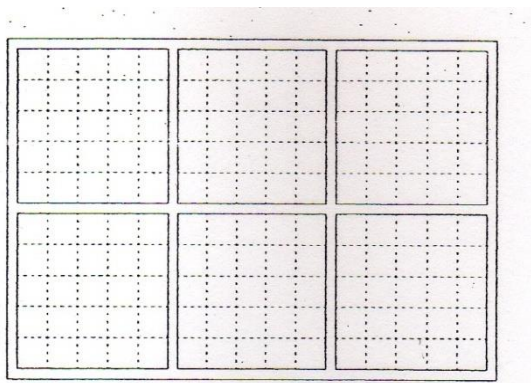
ตารางฟักัดมูลฐาน หมายถึง การออกแบบอาคารจำเป็นต้องใช้ตารางตามฟักัดเป็นกรอบ โดยให้ส่วนประกอบต่างๆ ประสานกันได้พอดีในเนื้อที่ๆ กำหนด ตารางฟักัดแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

ก. ตารางฟักัดแบบต่อเนื่อง หมายถึง ตารางที่ต่อเนื่องเป็นตารางเดียวตลอด



รูปที่ 2.6 แสดงตารางฟักัดแบบต่อเนื่อง

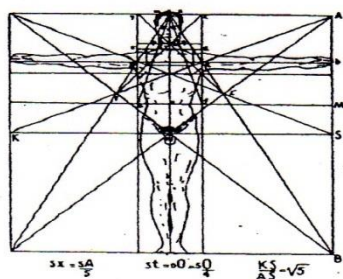
ข. ตารางพิกัดแบบไม่ต่อเนื่อง หมายถึง ตารางที่แยกเป็นส่วนๆ โดยมีเขตเป็นกลางของขนาด ส่วนประกอบอาคารที่ไม่ลงพิกัดกันขวางอยู่เป็นระยะๆ หรือมีมิติของพิกัดที่แตกต่างกันมากระหว่างแยก ตารางแบบต่อเนื่องออกจากกัน



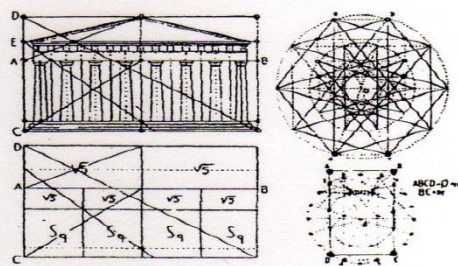
รูปที่ 2.7 แสดงตารางพิกัดแบบไม่ต่อเนื่อง

การประสานทางพิกัด ระบบการสั่งการผลิตจำนวนมากๆ สิ่งที่เหมาะสมกันคือ มิติของผิวสัมผัส (รูปร่าง) วัสดุ และที่ว่าง จากข้างต้น ทำให้เกิดแนวคิดในการประสานทางพิกัด ที่มีความแม่นยำและใช้ได้จริง วิธีการวัด การกำหนดสัดส่วน เพื่อนำไปสู่ความสมบูรณ์ของสิ่งก่อสร้าง ระบบประสานทางพิกัดไม่ได้สำเร็จแค่ตัวมันเองเท่านั้น แต่ยังต้องสัมพันธ์กับที่ว่าง เครื่องมือ วิธีการติดตั้งเกณฑ์สำคัญของการประสานทางพิกัด คือ การใช้เทคโนโลยีระดับสูง สร้างความเป็นในการลดคลาดเคลื่อนให้เกิดขึ้นกับระบบ และเกิดความแม่นยำสูง การควบคุมการคลาดเคลื่อนเป็นจุดเริ่มต้นอย่างหนึ่งในการวิพากษ์วิจารณ์ ปัญหาของการทำให้เกิดระบบอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม มันเป็นเรื่องยากต่อการควบคุม เมื่อวัสดุพิกัดติดตั้งไปยังสถานที่ก่อสร้าง มันมีความสำคัญมากที่จะเป็นการสืบหาความอดทน ถึงความเปลี่ยนแปลงของวัสดุที่นำมาใช้ ต่อ สาเหตุของธรรมชาติ อันได้แก่การทำงานของลม การสั่นสะเทือน อุณหภูมิและอื่น ๆ

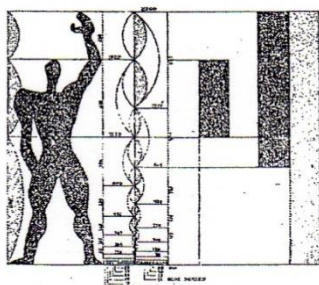
พิกัด ในทางทฤษฎีพื้นฐานพิกัดเป็นหน่วยของการวัด ซึ่งจำเป็นต้องมีความเข้าใจในมิติต่างๆ ทั้ง 2 และ 3 มิติ และพิกัดมีความสัมพันธ์กันในสเกลหรือขนาดสัดส่วนเดียวกัน ยกตัวอย่างได้จากสถาปนิกและช่างก่อสร้างได้ใช้หลักการเป็นมูลฐาน ในการใช้ประสานทางพิกัดของสัดส่วนอยู่แล้วมาตั้งแต่โบราณ จะเห็นว่าการกำหนดขนาดหรือระยะส่วนประกอบของอาคารให้มีความสัมพันธ์กันทุกๆ ส่วนหรือมีความสัมพันธ์กันระหว่าง ส่วนย่อยกับส่วนใหญ่ ทั้งนี้จะได้จากการสังเกตรูปร่างตามธรรมชาติ หรือรูปความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กับทางเรขาคณิต รูปร่างต่าง ๆ แม้แต่สัดส่วนของมนุษย์เองก็ตาม



รูปที่ 2.8 สัดส่วนของร่างกาย
มนุษย์ Golden section, ลีโอนาร์โด

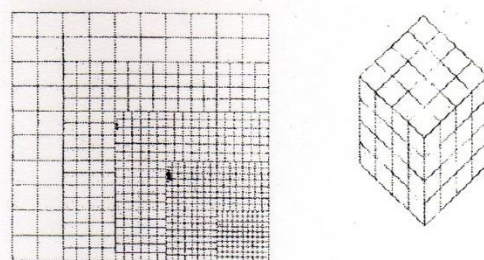


รูปที่ 2.9 การนำ The golden
section มาใช้ในงานสถาปัตยกรรม



มิติ

รูปที่ 2.10 การแสดงสัดส่วน
ของ Le modular



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ตารางตามพิกัด
โดยถือตามอนุกรมเรขาคณิต และนำมาใช้ได้ทั้งทาง 2

และ 3 มิติ ที่เป็นรูปลูกบาศก์

หน่วยพิกัดต่าง ๆ ตามประมวลศัพท์ หน่วยพิกัด คือหน่วยของขนาดซึ่งใช้เป็นตัวเพิ่มในการประสานทางมิติ หน่วยขนาดดังกล่าว อาจเป็นหน่วยที่ใช้วัดขนาดโดยการทวิคูณ โดยการลบออกหรือโดยการแบ่งออกก็ได้ ในการก่อสร้างได้มีการใช้ระบบประสานทางพิกัดและมีการพิจารณาใช้หน่วยพิกัดประเภทต่างๆ ออกเป็น 12 ประเภท

2.1.4 วิธีการออกแบบโดยใช้ระบบประสานทางพิกัด

ปัจจุบันในระบบการก่อสร้างได้หันมานิยมการสร้างในระบบอุตสาหกรรมมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาอุตสาหกรรมด้านการก่อสร้าง การดำเนินการวางแผนและออกแบบส่วนประกอบของอาคารเพื่อนำไปใช้ในระบบนี้ มีวิธีการที่ต่างออกไปจากวิธีการทำงานแบบเดิม กล่าวคือ การออกแบบส่วนต่าง ๆ ของอาคาร จำเป็นต้องใช้ระบบการประสานทางพิกัดเข้ามาช่วยให้มากที่สุดที่จะทำได้ เพื่อให้ผู้ก่อสร้างจะสามารถนำส่วนประกอบต่าง ๆ ไปใช้ได้อย่างกว้างขวางและสะดวก โดยไม่ต้องเสียเวลาอยู่กับการทำงานในลำดับขั้นต่าง ๆ

การผลิตส่วนประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ เดิมบริษัทผู้ผลิตได้เป็นผู้กำหนดขึ้นก่อนจากความจำเป็นการใช้เครื่องจักรและวิธีการเดิม เพื่อผลในการลดต้นทุนการผลิตในระยะแรก ซึ่งมีบริษัทกล้าผลิตในระยะนี้น้อยมาก ยกเว้นบริษัทที่ผลิตส่วนประกอบเล็ก ๆ เช่น อุปกรณ์ประตูลูกบิด หน้าต่าง น็อต สกรู เท่านั้นที่ผลิตจำนวนมาก เพราะมีตลาดกว้างขวางกว่าส่วนประกอบอาคารชนิดอื่น ๆ

ต่อมาการก่อสร้างอาคารมีความจำเป็นมากขึ้น จนหันมาใช้ระบบอุตสาหกรรมอย่างจริงจัง อาคารที่สร้างทีละหลังมีผู้นิยมสร้างน้อยลง การทำงานเป็นกลุ่ม วางแผนเสร็จเรียบร้อยจากโรงงาน ตลอดจนการกำหนดขนาดส่วนประกอบอาคารให้มากพอสำหรับการเลือกใช้ การประสานทางฟิสิกส์และวิธีการออกแบบโดยใช้ระบบนี้ จึงเป็นที่นิยมในการใช้จัดลำดับงานก่อสร้างและประสานงาน

การวางแผนและการออกแบบในกรณีต่างๆ (Planning and design in different cases)

วิธีปฏิบัติเมื่อวางแผน (Planning) โดยใช้ระบบประสานทางฟิสิกส์ ผันแปรไปตามชนิดของงาน งานก่อสร้างอาคารขนาดเล็ก ควรใช้ส่วนประกอบ (Component) ที่มีมิติทางฟิสิกส์และหาได้ง่ายในท้องตลาด สำหรับส่วนประกอบที่มีมิติไม่ตามฟิสิกส์ไม่ควรผลิตขึ้นมาใช้ นอกจากนั้นใจว่าจะแพร่หลายในวงการค้า และสามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างอาคารขนาดเล็กอื่น ๆ ต่อไป

สำหรับงานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ งานออกแบบขึ้นอยู่กับส่วนประกอบฟิสิกส์ที่มีอยู่แล้ว เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม งานขนาดใหญ่เช่นนี้อาจต้องออกแบบส่วนประกอบฟิสิกส์ขึ้นใหม่หลายอย่าง ดังนั้นจึงต้องวางรากฐานให้มีการใช้งานออกแบบส่วนประกอบฟิสิกส์เป็นส่วนใหญ่ การดัดแปลงส่วนประกอบต่างฟิสิกส์ที่จะนำมาใช้กับอาคารขนาดใหญ่จึงไม่มีความจำเป็น

การออกแบบส่วนประกอบฟิสิกส์ การออกแบบส่วนประกอบฟิสิกส์ มีวัตถุประสงค์ที่จะผลิตส่วนประกอบขึ้นมาให้ใช้แพร่หลายในงานก่อสร้างอาคารทั่วไปเท่าที่จะเป็นไปได้ และต้องพิจารณามิติและรายละเอียดของส่วนประกอบฟิสิกส์อย่างละเอียดและทั่วถึงก่อนนำไปใช้ โดยมีการออกแบบดังชั้นต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การเลือกส่วนประกอบ ต้องกำหนดมิติของส่วนประกอบฟิสิกส์แบบต่างๆ กัน เลือกเอาส่วนประกอบที่สำคัญ โดยเฉพาะ ซึ่งจะต้องใช้เป็นจำนวนมากซ้ำๆ กัน โดยออกแบบส่วนประกอบเหล่านี้ก่อน

ขั้นที่ 2 จำนวนของงานที่ต้องทำสำหรับกำหนดมิติของส่วนประกอบฟิสิกส์โดยทั่วไป เพิ่มขึ้นตามขอบเขตที่ใช้ได้ของส่วนประกอบที่ต้องการ การกำหนดรายละเอียดของส่วนประกอบฟิสิกส์ ขึ้นอยู่กับ

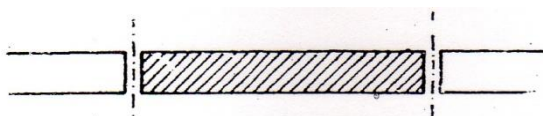
- ชนิดของอาคารที่จะนำเอาชิ้นส่วนประกอบอาคารไปใช้ เช่น ที่อยู่อาศัย สำนักงาน โรงเรียน ซึ่งประเภทของอาคารจะเป็นตัวกำหนดการออกแบบชิ้นส่วนประกอบ ทั้งในด้านขนาดของโครงสร้างและความแข็งแรง
- ความสลับซับซ้อนของแปลนอาคาร ซึ่งจะนำชิ้นส่วนประกอบไปใช้

- ความสูงของอาคารที่จะนำขึ้นส่วนไปใช้ ความสูงของอาคารจะเป็นตัวกำหนดการออกแบบขึ้นส่วน ในด้านการรับน้ำหนักและแรงลม
- ระบบโครงสร้างของอาคาร เป็นเสากับคาน หรือผนังรับน้ำหนัก
- วัสดุที่จะใช้ผลิตขึ้นส่วนประกอบของอาคาร จะช่วยในกำหนดความเบี่ยงเบนของมิติ และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

ขั้นที่ 3 ขนาดมิติตามพิภคของส่วนประกอบ ตามขั้นตอนที่ 1 และที่ 2 เมื่อเลือกชนิดและขนาดของสัดส่วนประกอบแล้ว อาจจะมีคร่าวๆ ได้ ทั้งนี้จะต้องรู้รายละเอียดโดยเฉพาะของส่วนประกอบตลอดจนความประสงค์ในด้านการใช้สอย ความรู้เกี่ยวกับวัสดุและกรรมวิธีการผลิต เมื่อพิจารณามิติของส่วนประกอบตามความต้องการใช้สอยแล้ว ขั้นต่อไปคือการพิจารณาขนาดมิติตามพิภคของส่วนประกอบ

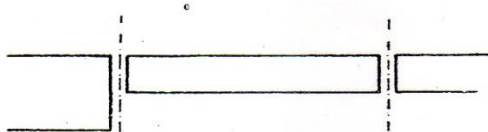
ขั้นที่ 4 กำหนดขึ้นส่วนของอาคาร โดยพิจารณารายละเอียด ของรอยต่อต่างๆ ความเบี่ยงเบนตามพิภค ความคลาดเคลื่อน เป็นต้น ซึ่งข้อสำคัญในการเลือกรายละเอียด จะต้องแก้ปัญหารอยต่อ และจะต้องเอาใจใส่ถึงรายละเอียด โดยเฉพาะการต่อส่วนประกอบ มี 4 วิธี

1. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ



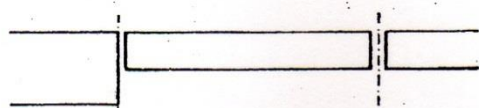
รูปที่ 2.12 แสดงถึงรอยต่อของขึ้นส่วนผนัง กับขึ้นส่วนผนัง

2. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ



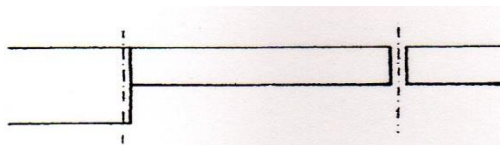
รูปที่ 2.13 แสดงถึงรอยต่อของขึ้นส่วนผนัง กับกำแพงก่ออิฐ

3. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ



รูปที่ 2.14 แสดงถึงรอยต่อของขึ้นส่วนผนัง กับ Light – weight Concrete Block

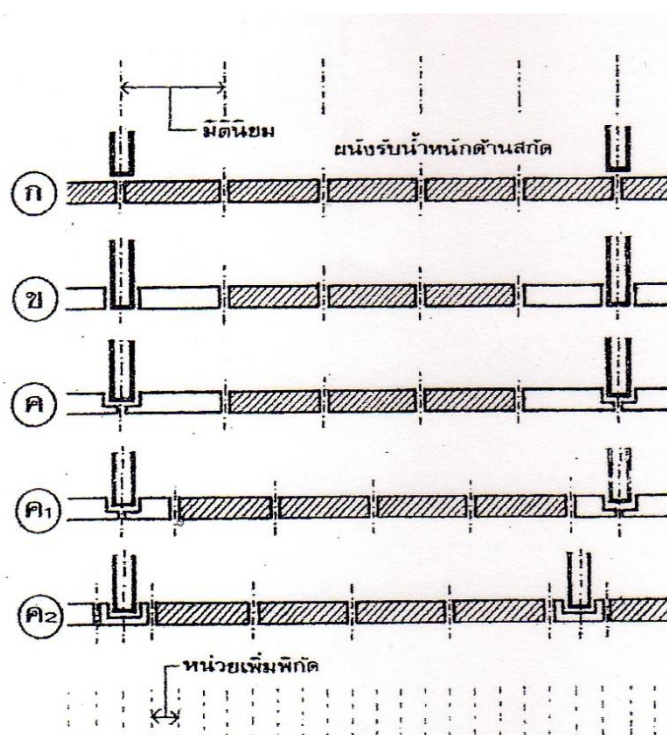
4. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยไม่มีช่องว่าง ต้องพิจารณามิติพิคัดใหม่



รูปที่ 2.15 แสดงถึงขนาดขึ้นส่วนผนัง กับคอนกรีต

ขั้นที่ 5 ความแตกต่างของส่วนประกอบ เมื่อส่วนประกอบพิคัดได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในโรงงานก่อสร้างอาคารแล้ว ยังต้องหาส่วนประกอบที่แตกต่างกันออกไปอีก เช่น ผนังรับน้ำหนัก ซึ่งจะต้องใช้หนากว่าผนังธรรมดา เป็นต้น นอกจากนั้นผนังหน้าอาจจะต้องทำพิเศษแตกต่างกันออกไป

การพิจารณาส่วนประกอบที่แตกต่างกันออกไป ถ้าต้องการใช้ผนังรับน้ำหนักในอาคาร ส่วนประกอบของผนังหน้าจะต้องทำขึ้นมาเป็นพิเศษ



รูปที่ 2.16 แสดงส่วนประกอบของผนังหน้ารูปแบบต่าง ๆ

- ก. ถ้าผนังหน้าอยู่ในแนวนอกของผนังรับน้ำหนัก อาจจะกำหนดมิติที่เหมาะสมได้ทั้งสองทาง คือ ด้านผนังหน้า และผนังรับน้ำหนัก แต่มีปัญหาเรื่องขจัดเสียงที่ผ่านตรงรอยต่อระหว่างผนังหน้า และผนังรับน้ำหนัก และในทางปฏิบัติไม่สามารถใช้วิธีนี้ได้

- ข. ผนังหน้าอยู่ระหว่างผนังรับน้ำหนัก จะมีรอยต่อระหว่างผนังหน้ากับผนังรับน้ำหนักและพื้น ซึ่ง
เป็นสื่ออากาศเย็น วิธีจัดต้องทำผนังหน้าพิเศษ ส่วนประกอบตัวริมจะไม่ได้พิกัด
- ค. ทำส่วนประกอบตัวริมทั้งสองด้านเป็นพิเศษ สำหรับให้เก็บเสียงและความอบอุ่นภายในห้อง
เป็นวิธีแก้ปัญหาคือดีที่สุด อาจใช้ ค1 หรือ ค2 แทนก็ได้

2.1.5 การวางผังโดยใช้ส่วนประกอบพิกัด

เมื่อเลือกส่วนประกอบพิกัดได้แล้ว ขั้นแรกให้กำหนดลงในตารางพิกัด รวมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ใน
กรณีเชื่อมต่อเนื่องกับส่วนประกอบพิกัดอื่น อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบพิกัดที่เลือกแล้ว ไม่สามารถนำมา
ประกอบได้ทันที ทั้งนี้โดยเหตุผลทางการผลิตและทางเศรษฐกิจ ผู้ผลิตมักจะผลิตส่วนประกอบให้ใช้ได้
แพร่หลายที่สุด ดังนั้นถ้าผู้ผลิตเป็นผู้ให้รายละเอียดในการใช้ ส่วนประกอบพิกัด สถาปนิกจะต้องตรวจสอบ
ถึงระบบและวิธีการในการผลิตเปรียบเทียบกับชนิดอื่น ตลอดจนความเหมาะสมและความสะดวกในการ
นำมาใช้เสียก่อน

การปรับปรุงแก้ไขส่วนประกอบต่างพิกัด ในการออกแบบทางพิกัด จะต้องพิจารณาถึงการให้
ชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ไม่เป็นตามพิกัดด้วย เพราะการนำเอาส่วนประกอบดังกล่าวมาใช้ อาจจะทำให้เกิดปัญหา
ต่อเนื่องตามมาได้ ปัญหาต่อเนื่องที่ตามมาอาจจะมีน้อยหรือไม่มีเลย ถ้าใช้ส่วนประกอบดังกล่าวในส่วนที่
ไม่สำคัญของอาคาร แต่ถ้าใช้ในส่วนที่สำคัญของอาคาร เช่น ผนังรับน้ำหนัก การวางผังของส่วนประกอบ
ดังกล่าว จะต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก

การวางผังซึ่งใช้ส่วนประกอบต่างพิกัดจะเสียเวลาน้อย ถ้าส่วนประกอบเป็นชนิดชิ้นเล็ก ๆ เช่น อิฐ
บล็อก และจะเสียเวลามากที่สุด ถ้าเป็นส่วนประกอบชิ้นใหญ่ ๆ เช่น ประตูหน้าต่าง ชิ้นส่วนพื้น ผนัง
นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงชิ้นส่วนที่ไม่ตามพิกัดขนาดใหญ่อื่น ๆ เช่น พื้น ฝา ผนัง คาน เสา ส่วนการใช้
ชิ้นส่วนที่ไม่ได้พิกัดเป็นชิ้นส่วนรับน้ำหนัก ควรจะพิจารณาเป็นขั้นสุดท้ายในการวางผัง

2.1.6 การทำแบบสำหรับก่อสร้างอาคารพิกัด (Drawing for a modular building job)

ก. แบบร่างขั้นต้น (First Rough Sketches)

ในการออกแบบก่อสร้างโดยใช้ระบบประสานทางพิกัดนั้น แบบร่างครั้งแรกของงานออกแบบขั้นนี้
จำเป็นต้องร่างบนตารางพิกัดที่กำหนดไว้ก่อนการวางผัง ในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญ เพื่อตรวจสอบความ
เหมาะสมในการวางผังตามแบบนั้น ๆ ว่าจะสามารถใช้สอยได้สมบูรณ์ตามความต้องการเพียงใด เช่น เนื้อหา
สำหรับวางเครื่องตกแต่ง ในกรณีนี้ ส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่เห็นได้จากแบบร่าง จะอยู่ในรูปแบบร่างที่มีเส้น
เดี่ยว ๆ แต่เพียงอย่างเดียว หากได้สังเกตด้วยกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ตามวิธีออกแบบทางพิกัดแล้ว การเปลี่ยนแปลง
ของมิติจะมีผลมาจาก พ. หรือผลคูณของ พ.

ข. แบบรายละเอียด (Modular Details)

เมื่อได้วางแบบร่างเบื้องต้นสำหรับงานโครงการขึ้นต้นแล้ว งานต่อไปที่จะต้องทำคือ แบบขยายรายละเอียดของส่วนประกอบอาคาร วิธีออกแบบโดยใช้ระบบประสานพิกัดนั้น เมื่อได้วางแบบร่างเบื้องต้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพิจารณาแบบรายละเอียดต่อไปอย่างรวดเร็ว และผลเหล่านี้หลังจากที่ได้นำไปผลิตตามขนาดขึ้นแล้ว แบบรายละเอียด (Details) จะต้องเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับงานก่อสร้างอื่น ๆ ต่อไป

ในสถานะของอุตสาหกรรมใหม่ ๆ ซึ่งต้องพัฒนาวิธีออกแบบเป็นระบบประสานทางพิกัด จำเป็นต้องหาขอบเขตการใช้ส่วนประกอบว่ามีเพียงใด ดังนั้นการดำเนินงานขึ้นรายละเอียดโครงการ ควรจะต้องมีการค้นคว้าความต้องการทางด้านวิชาการด้วย และควรยึดถือผลงานของการแก้ปัญหาทางด้านวิชาการที่ถูกต้องอยู่แล้ว

รายละเอียดทางพิกัดประกอบด้วยเส้นตาราง ซึ่งใช้อ้างอิงรายละเอียดทางพิกัดของแบบร่างเบื้องต้น เมื่อทำรายละเอียดทางพิกัดทั้งหมดเสร็จแล้ว จึงจะวางผังแบบร่างเบื้องต้นอีกครั้งหนึ่ง เพื่อแสดงส่วนต่าง ๆ ของอาคารตรงมิติ

ค. แบบสรุป

เพื่อความสะดวกในการพิจารณาขอบเขตการใช้ส่วนประกอบทางพิกัด จำเป็นต้องเขียนแบบขึ้นแก้ไขปรับปรุงแบบร่าง เรียกว่า แบบสรุป และแบบสรุปนี้จะช่วยในการเตรียมงานเขียนแบบก่อสร้างในขั้นต่อไป รวมทั้งเป็นหลักในการดำเนินงานก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามวิธีการออกแบบการประสานทางพิกัดด้วย

ง. แบบขยายรายละเอียด แบบติดตั้ง

การเขียนแบบในขั้นนี้ไม่ใช่ตารางพิกัด การวัดระยะทางพิกัด ให้ใช้เส้นอุเทศ (Reference Lines) มิติเป็นมิลลิเมตร

2.1.7 มิตินิยม

ในระบบประสานทางพิกัด การใช้พิกัดทวิคูณที่แน่นอนในการออกแบบ เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า “มิตินิยมตามพิกัด” การกำหนดมิตินิยมสำหรับการผลิตก็มีความสำคัญมาก เพราะจำเป็นจะต้องกำหนดให้ค่าของมิตินิยมสามารถนำไปใช้งานได้สะดวก โดยทั่วไปถ้ามิติที่ใช้มีค่าน้อยกว่า 1-2 เมตร มิตินิยมที่ใช้ คือ 2พ 3พ 4พ 5พ และ พ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นการเพิ่มทีละสามเท่าเสมอทีละ 100 มม. หรือ 1พ แต่ถ้ามิติที่ใช้มีค่ามากกว่า 2-3 เมตร ควรมีการกำหนดมิติอีกแบบหนึ่ง โดยพิจารณารวมไปถึงประโยชน์ใช้สอยของอาคาร การติดตั้ง และแม้แต่การผลิตในโรงงาน การขนย้ายหรืออาจจะกล่าวได้ว่า มิตินิยมที่จะกำหนดสำหรับมิติที่มีค่ามากนี้ จำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงการยืดหยุ่นในงานวางผัง และการออกแบบให้มากที่สุด และคำนึงถึงขนาดของส่วนประกอบอาคารไม่ควรกำหนดให้มีมากขนาดเกินความจำเป็น เพราะจะไม่เป็นการประหยัด แต่ในบางกรณี มิตินิยมอาจพิจารณาจากเทศบัญญัติเป็นหลักก็ได้

ระบบมิติ (System of Preferred Dimension)

เพื่อให้มิตินิยมที่กำหนดขึ้นใช้ในแต่ละงานมีความสัมพันธ์ จึงจำเป็นต้องกำหนดระบบขึ้นมาระบบหนึ่ง เรียกว่า ระบบมิตินิยม ซึ่งได้มีผู้กำหนดระบบขึ้นมาหลายระบบ แต่มีการกำหนดมิตินิยมที่มีค่ามาจากพิคตทวิคูณ = 3W เพื่อช่วยในการกำหนดมิตินิยมขนาดใหญ่ในงานก่อสร้างอาคาร เช่น การใช้มิติทางนอนในโครงสร้างอาคาร และระบบมิตินิยมเป็นที่ยอมรับทั่วโลก เป็นว่าควรมีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. มิติทุกมิติควรเป็นผลคูณของ 3W
2. ขนาดทั้งหมดที่ใช้สามารถแบ่งเป็นขนาดย่อยได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้
3. ขนาดต่าง ๆ เหล่านี้ จะต้องมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยขนาดที่ใหญ่กว่าอาจมาจากผลคูณหรือผลบวกของขนาดที่เล็ก ๆ หลายชิ้น เป็นต้น
4. ขนาดที่แบ่งย่อย ควรมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ระบบนี้มีหลักมาจากการเพิ่มทวิคูณอย่างง่าย เช่น $3W \times 1$, $3W \times 3$, $3W \times 5$, $3W \times 7$ เป็นต้น

2.1.8 วัสดุก่อสร้างในระบบประสานทางพิคต

ก. วัสดุก่อสร้างที่ใช้เป็นวัสดุโครงสร้างในระบบประสานทางพิคต

วัสดุแต่ละชนิดมีข้อบ่งชี้ความสามารถในการรับน้ำหนัก และแรงประเภทต่าง ๆ แตกต่างกัน ฉะนั้นการใช้วัสดุกับอาคารขนาดใด จำนวนชั้นของอาคาร และระบบโครงสร้างอย่างใดจำเป็นต้องอยู่ในการพิจารณาขั้นพื้นฐานก่อน ก่อนที่จะเริ่มการออกแบบแผนผังอาคารทุกประเภท โดยเฉพาะในระบบการประสานทางพิคตที่มีการออกแบบการก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป

วัสดุแต่ละชนิด มีธรรมชาติและคุณสมบัติแตกต่างกัน การออกแบบข้อต่อ หรือรอยต่อ (Connection Joint) และแนวต่อของการก่อสร้าง (Construction Joint) ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความเข้าใจในธรรมชาติของวัสดุก่อสร้างนั้น ๆ วิธีการก่อสร้างที่ถูกต้องของวัสดุนั้น ๆ ตลอดจนอุปกรณ์ในการก่อสร้าง และเครื่องมือหรือเครื่องกล (Hand Tools or Machine Tools) ที่จะใช้ในการก่อสร้าง ผู้ออกแบบจึงสามารถออกแบบอาคารในระบบประสานทางพิคต และสำเร็จรูปได้โดยสมบูรณ์

ตารางที่ 2.1 แสดงวัสดุก่อสร้างที่ใช้เป็นวัสดุโครงสร้างในระบบประสานทางพิคัด

Materials	Frames	Post & Lintel	Load Bearing	Light Construction	Heavy Construction
Wood	✓	✓	✓	✓	✓
Aluminum	✓	✓	-	✓	-
Steel	✓	✓	-	✓	✓
Bearing Brick	-	-	✓	-	✓
Bearing Hollow Block	-	-	✓	-	✓
Cut Stone	-	✓	✓	-	✓
Plain Concrete	-	✓	✓	-	✓
Reinforced Concrete	✓	✓	✓	✓	✓
Bearing Brick Combined with Other Materials	-	✓	✓	✓	✓
Bearing Hollow Block Combined with Other Materials	-	✓	✓	✓	✓

ข. วัสดุสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ ในระบบประสานทางพิคัด

วัสดุสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ ในระบบประสานทางพิคัดในอาคาร สามารถแบ่งออกตามโครงสร้างอาคารและส่วนต่าง ๆ ของอาคารดังนี้

1. วัสดุก่อผนัง

หมายถึง วัสดุแห่งที่ใช้ก่อผนัง กำแพง วัสดุที่ใช้ในการผสมวัสดุก่ออาจเป็นทรายหรือ ทรายผสมกับหินย่อยเล็ก ๆ ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำ การรวมตัวของสารต่างๆ ดังกล่าวจะเกิดปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นวัสดุประสานร่วมกับแรงอัดอย่างเดียว

วัสดุก่อผนังเป็นชิ้นส่วนที่ใช้มากที่สุดของวัสดุประกอบอาคาร เนื่องจากใช้กันเนื้อที่ใช้สอยภายในและภายนอกของอาคาร วัสดุก่อมีหลายชนิด หลายขนาดแล้วแต่วัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตในท้องถิ่นนั้น เช่น อิฐ ดินซีเมนต์บล็อก คอนกรีตบล็อก สีลาแลงบล็อก ดินบล็อก อิฐแก้ว อิฐมวลเบา และอินเตอร์ล็อกกิ้งบล็อก โดยขนาดของวัสดุก่อเมื่อเทียบกับระบบประสานทางพิคัดแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาเลือกใช้วัสดุก่อผนังที่สามารถเข้าระบบได้เท่านั้น

2. วัสดุปูพื้นและผนัง

วัสดุปูพื้นเป็นผลสุดท้ายของงานสถาปัตยกรรม ให้ความสวยงามแก่พื้นผิว วัสดุปูพื้นมีหลายชนิดด้วยกัน ทั้งที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติโดยตรง เช่น แผ่นหินอ่อน ซึ่งนิยมใช้มาตั้งแต่โบราณ หรือกระเบื้องปูพื้นดินเผา ไม้แผ่นเล็ก ๆ นามาคิดกวาเข้าด้วยกันซึ่งเรียกว่า ไม้ปาร์เก้ หรือพวงโมเสกไม้ นอกจากวัสดุจากธรรมชาติโดยตรงแล้ว ในปัจจุบันยังนิยมใช้วัสดุซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ทางเคมี เช่น กระเบื้องยาง ลิโนเลียม กระเบื้องไวนิล แอสเบสตอส วัสดุเหล่านี้เหมาะกับการใช้งานในสถานที่ต่างๆ กันไป แล้วแต่คุณสมบัติ ขนาดราคาที่เหมาะสม

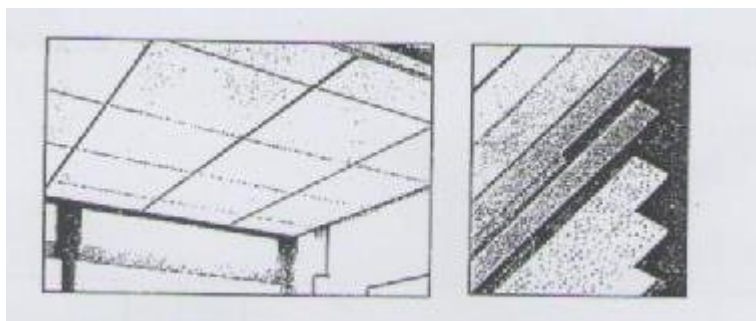
วัสดุปูพื้นที่นิยมมาใช้ในระบบประสานทางพิคคัมมักเป็นวัสดุประเภทกระเบื้อง เนื่องจากมีขนาดที่เป็นชิ้นส่วนเล็ก มีขนาดมูลฐานที่แน่นอน เช่น กระเบื้องเซรามิก เป็นกระเบื้องที่นำดินมาเผาด้วยความร้อนสูง โดยนำดินและส่วนผสมอัดแน่นเป็นแผ่นด้วยเครื่องอัด ผึ่งให้แห้งและเอาเข้าเตาเผา กระเบื้องเซรามิกนิยมใช้ในผนัง พื้นห้องน้ำ ห้องเตรียมอาหาร ห้องครัว

กระเบื้องเซรามิกชนิดนี้มีขนาดต่าง ๆ เช่น 100 x 100, 100 x 200, 200 x 200, 300 x 300, 400 x 400 มม. การเลือกใช้จำเป็นต้องคำนวณหาขนาดของพื้นที่ให้ลงตัวกับจำนวนกระเบื้องที่จะใช้ โดยเทียบขนาดเป็นระบบประสานทางพิคคัมได้ คือ 1พ x 1พ, 2พ x 2พ, 3พ x 3พ, 4พ x 4พ

3. วัสดุฝ้าเพดาน

ส่วนใหญ่เป็นวัสดุแผ่นใหญ่ ใช้ทำฝ้าเพดาน ผนังภายใน ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนและดูดซับเสียง เช่น ไม้อัด กระเบื้องแผ่นเรียบ ซีโลเทกซ์ ทีโกบอร์ด แอคูสติคบอร์ด เฟโนบอร์ด เซลโลกริต เมชั่นไนต์ และยิปซัมบอร์ด วัสดุเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีความกว้างประมาณ 1200 มม. และยาว 1200 มม. หรือ 2400 มม. เว้นผลิตภัณฑ์จำพวก ซีโลเทกซ์, ทีโกบอร์ด จะมีขนาด 4x8 ฟุต ซึ่งอาจมีขนาดไม่เท่ากับ 1200 มม. หรือ 2400 มม. พอดี โดยวัสดุแผ่นใหญ่นี้มีหน่วยเล็กสุดที่ 600 มม. เป็นหน่วยมูลฐาน

มีขนาดในระบบประสานทางพิคคัมดังนี้ คือ 6พ x 6พ, 12พ x 12พ, 12พ x 24พ

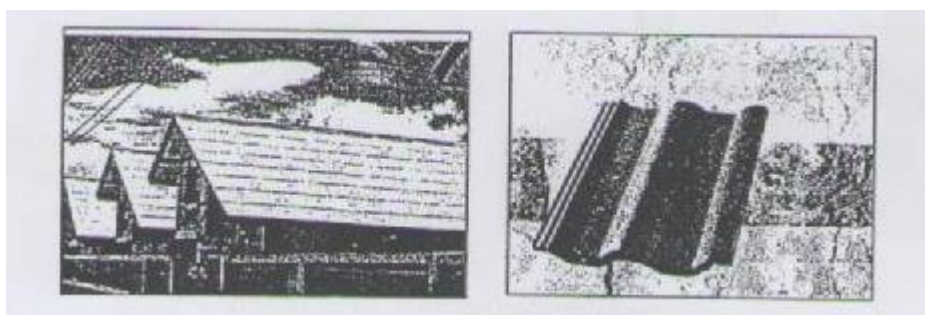


รูปที่ 2.17 แสดงแผ่นยิปซัมบอร์ดลักษณะต่าง ๆ กัน มีความหนา 9 และ 12 มม.

4. วัสดุผนังหลังคา

หลังคาเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของอาคาร หลังคาทำหน้าที่กันแดด กันฝน พายุหิมะ แสงสว่าง และกัฏจากธรรมชาติอีกหลายประการ การใช้วัสดุผนังหลังคาต่างย่อมทำให้เกิดความแตกต่างกันในโครงสร้างหลังคา มุมเอียงของหลังคา และวัสดุยึดหลังคาก็จะแตกต่างกันไปด้วย เช่นหลังคาที่ใช้กระเบื้องแผ่นเล็ก ๆ ความลาดเอียงของหลังคาก็ต้องมีมากขึ้นไปด้วย เพื่อให้น้ำฝนไหลลงไปได้สะดวก หรือในทางตรงกันข้าม ถ้าใช้กระเบื้องขนาดใหญ่ที่เป็นลอนก็ไม่จำเป็นต้องใช้ความลาดเอียงของหลังคาเท่ากระเบื้องแผ่นเล็ก ๆ

วัสดุผนังในระบบอุตสาหกรรม เช่น กระเบื้องดินเผา กระเบื้องซีเมนต์ กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน กระเบื้องพลาสติก สังกะสีลูกฟูก แผ่นเหล็กลูกฟูกเคลือบ ขนาดของกระเบื้องแต่ละชนิดมีขนาดที่แน่นอน แต่ละชนิดไม่ได้ลงตามระบบประสานพิคัด เนื่องจากหลังคามีความลาดชันไม่เท่ากัน การใช้ระบบประสานกับหลังคาจึงยังไม่เหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน

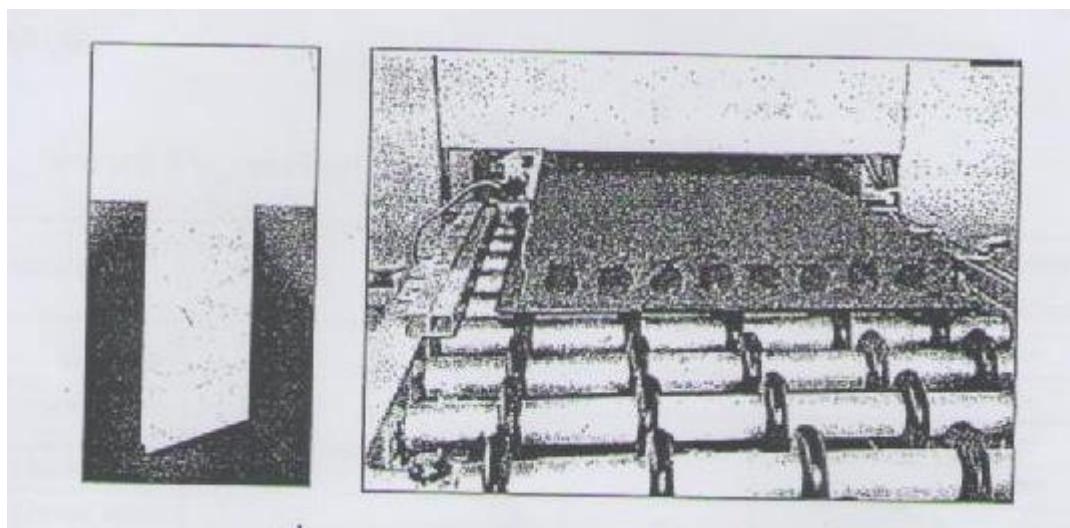


รูปที่ 2.18 แสดงหลังคาลูกฟูกลอนเล็ก และกระเบื้องหลังคาคอนกรีต ซีเมนต์ใยหิน

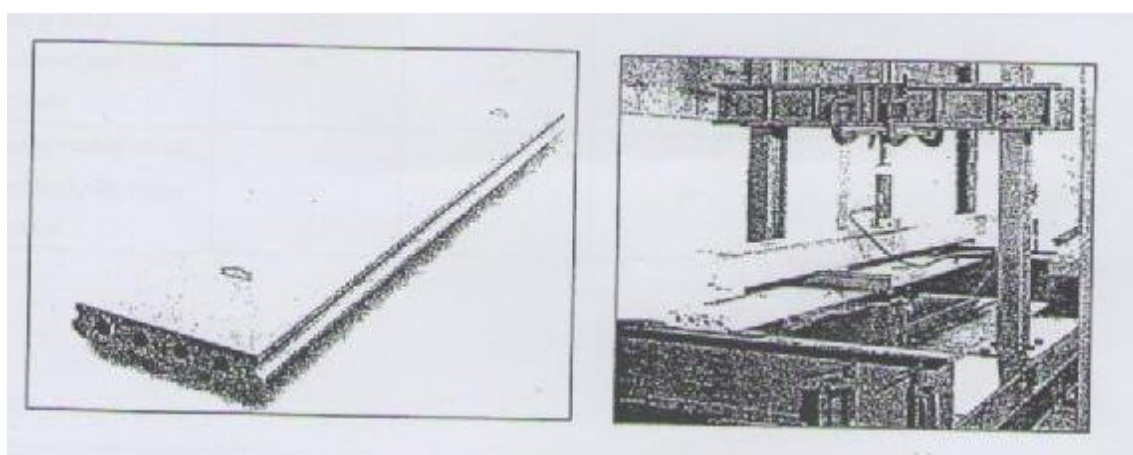
5. พื้นสำเร็จรูปและผนังสำเร็จรูป

เป็นชิ้นส่วนประกอบอาคารที่มีขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่ผลิตจากคอนกรีต ทั้งที่อัดแรงและไม่อัดแรง ทำให้งานก่อสร้างประหยัดเวลา ประหยัดไม้แบบ อีกทั้งงานที่ออกมายังมีมาตรฐานและความประณีตสวยงาม ขนาดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปมีความกว้างโดยเฉลี่ย 300 มม., 600 มม. และ 1200 มม. ความยาวมีตั้งแต่ 2500, 2750, 3000 -6000 มม. หรือมากกว่านี้ก็ได้แต่ต้องสั่งจากโรงงาน หรือขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปชนิดนั้น ๆ

พื้นและผนังสำเร็จรูปนับว่ามีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ในการออกแบบอาคารระบบประสานพิคัด เพราะจะต้องออกแบบโครงสร้างเสาและคานาให้มารับแผ่นสำเร็จนี้ ทำให้พื้นที่ภายในอาคารมีพิคัดจากหน่วย 300 และ 250 มม. (ผลคูณของ 250 มม. ตั้งแต่ 2500 มม. ขึ้นไป) ด้านใดด้านหนึ่ง



รูปที่ 2.19 แสดงผนังสำเร็จของเครื่องซีเมนต์ไทย



รูปที่ 2.20 แสดงแผ่นพื้นสำเร็จรูป

2.1.9 ความเป็นมาของการก่อสร้างบ้านพักอาศัยด้วยระบบขึ้นส่วนสำเร็จรูป

ระบบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยได้มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไประบบที่คุ้นเคยและได้รับความนิยม คือการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างและเสาคาน หรือระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก วัสดุที่นิยมส่วนใหญ่จะเป็นไม้ อิฐ หิน ปูน เพราะเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เทคนิคและวิธีการก่อสร้างไม่ยุ่งยาก และมีเวลาในการก่อสร้างไม่จำกัด ต่อมาเมื่อมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านทางด้านเทคโนโลยีต่างๆ รวมทั้งทางด้านการก่อสร้าง มีการพัฒนาทางด้านวัสดุขึ้นมาใหม่ มีการใช้เหล็กและคอนกรีต แทนไม้ และวัสดุดั้งเดิม หากพิจารณาทบทวนถึงสถานะปัจจุบันระบบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยสามารถแบ่งได้เป็น ระบบ 2 หลัก ตามสถานการณ์และกรรมวิธีในการก่อสร้าง

สำหรับในประเทศไทย ระบบการก่อสร้างโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูป ได้มีการนำมาใช้เป็นระยะเวลาประมาณ 40 ปี แต่ปริมาณงานยังน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณงานก่อสร้างทั้งหมด การก่อสร้างนี้เริ่มเป็นที่รู้จักในประเทศเพิ่มมากขึ้น ตั้งแต่บริษัทวิคอน จำกัด นำคานาและพื้น คอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร และเมื่อประมาณกว่า 10 ปีที่ผ่านมา บริษัทบางกอกแลนด์ จำกัด ได้นำระบบก่อสร้างนี้มาใช้ คอนโดมิเนียมอุตสาหกรรม ในโครงการเมืองทองธานี ถนนแจ้งวัฒนะ และเริ่มนิยมมากขึ้นเมื่อโครงการบ้านสวนชน จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2547 รัฐบาลมีโครงการบ้านเอื้ออาทร การเคหะแห่งชาติ ซึ่งเป็นโครงการจัดหาที่อยู่อาศัยราคาถูกให้ประชาชน ในโครงการนี้ (กคช) ซึ่งเป็นบริษัทเหมาก่อสร้างรายใหญ่ ได้นำระบบการก่อสร้างนี้มาใช้ในโครงการที่ประมูลได้ โดยส่วนใหญ่แล้วเป็นชั้น นอกจากนี้ยังมีโครงการบริษัท พกฯ 5 โครงการประเภทอาคารชุดเรียลเอสเตท จำกัด ก็ได้นำเทคโนโลยีนี้เข้ามามีใช้กับการก่อสร้างบ้านแถว และบ้านเดี่ยวในโครงการ และมีการตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปขึ้นที่จังหวัดปทุมธานีด้วย ซึ่งนับได้ว่าเป็นก้าวใหม่ของวงการอุตสาหกรรมการก่อสร้างสำหรับประเทศไทยที่มีการก่อสร้างโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ทันสมัยตามมาตรฐานสากล โดยเป็นการนำเข้าเทคโนโลยีจากประเทศเยอรมนีมาประยุกต์ใช้กับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

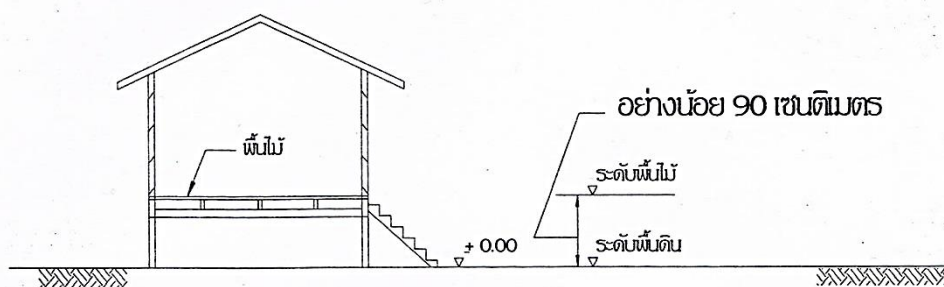
2.2 กฎหมายควบคุมการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับอาคารพักอาศัย

ข้อกำหนด

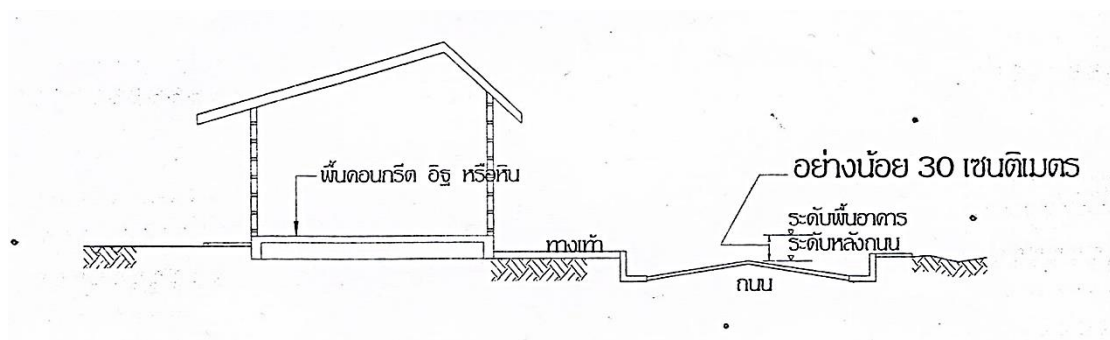
ในที่นี้จะอ้างอิงจากกฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ร่วมกับกฎหมายฉบับอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอาคารพักอาศัยโดยเฉพาะเท่านั้น

ระดับพื้นชั้นล่าง

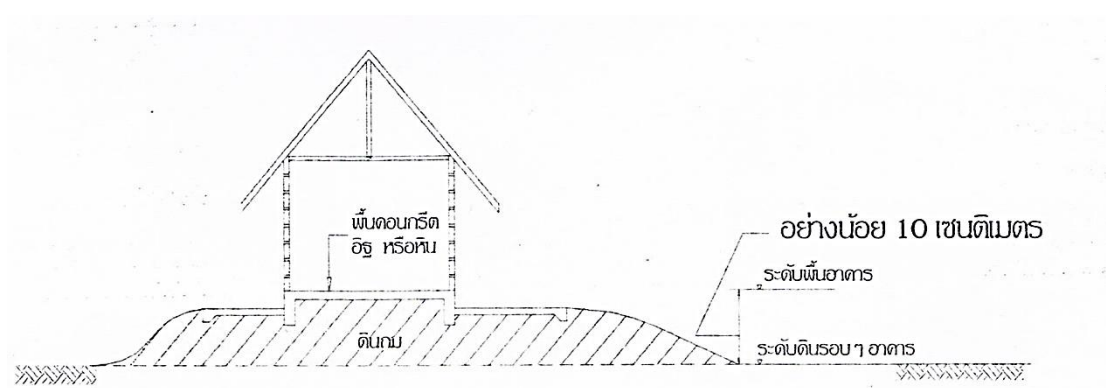
- พื้นอาคารทำด้วยไม้ ระดับพื้นชั้นล่างต้องสูงกว่าระดับที่จะสร้างอาคาร อย่างน้อย 90 เซนติเมตร
- พื้นอาคารทำด้วยคอนกรีต อิฐ หิน
 - ระดับพื้นชั้นล่าง ต้องสูงกว่าระดับกึ่งกลางถนน อย่างน้อย 30 เซนติเมตร
 - อาคารที่ไม่สร้างติดถนน ระดับพื้นชั้นล่างต้องสูงกว่าพื้นดินที่จะสร้างอาคาร อย่างน้อย 10 เซนติเมตร



รูปที่ 2.21 ตัดแสดงระดับพื้นชั้นล่างที่ทำด้วยไม้



รูปที่ 2.22 ตัดแสดงระดับพื้นชั้นล่างที่ทำด้วยคอนกรีต อิฐ หิน ที่อยู่ติดถนน



รูปที่ 2.23 ตัดแสดงระดับพื้นชั้นล่างที่ทำด้วยคอนกรีต อิฐ หิน ที่ไม่ได้อยู่ติดถนน

ขนาดตัวอาคาร

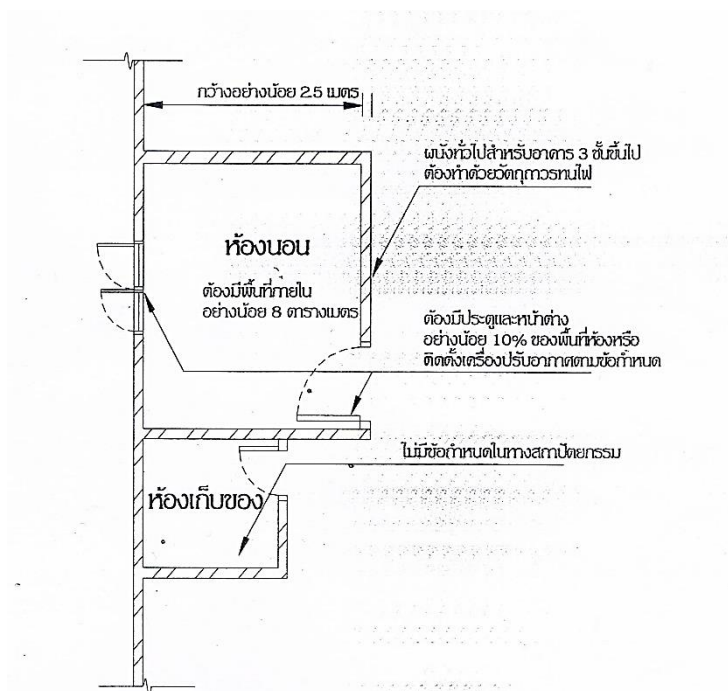
- ทุกหน่วย (ยูนิต) ที่ใช้เพื่อการอยู่อาศัย ต้องมีพื้นที่ภายใน อย่างน้อย 20 ตารางเมตร

ห้องนอน

- ต้องกว้างไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร
- ต้องมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 8 ตารางเมตร

ห้องเก็บของ

- ไม่มีข้อกำหนดใดๆ ตามกฎหมายในด้านสถาปัตยกรรม
- ต้องรับน้ำหนักบรรทุกทุกจรได้ตามที่ใช้งานจริง โดยไม่น้อยกว่า 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร



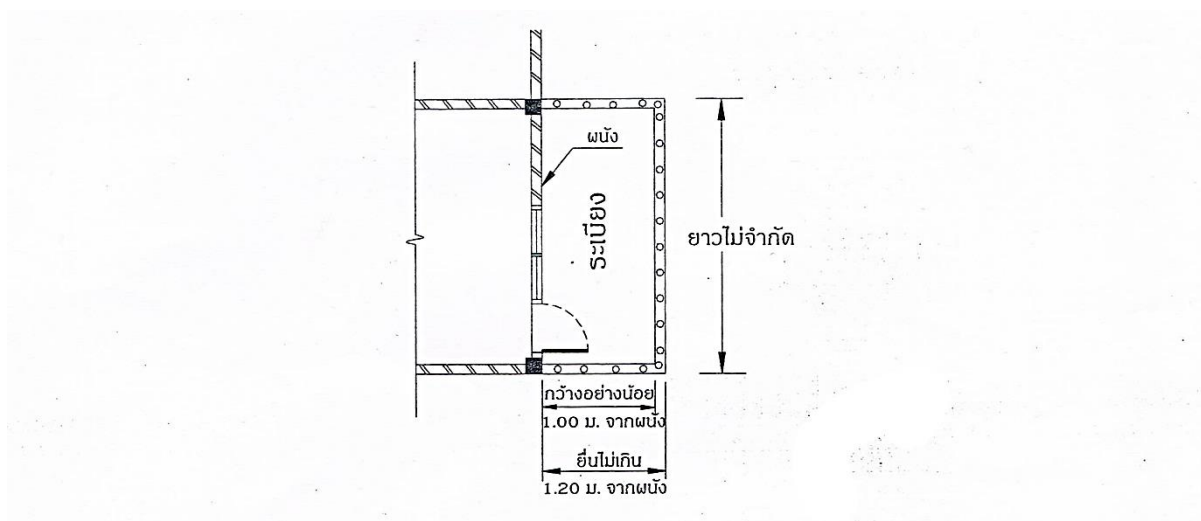
รูปที่ 2.24 แปลนแสดงลักษณะห้องนอนและห้องเก็บของ

ครัว(ถ้ามี)

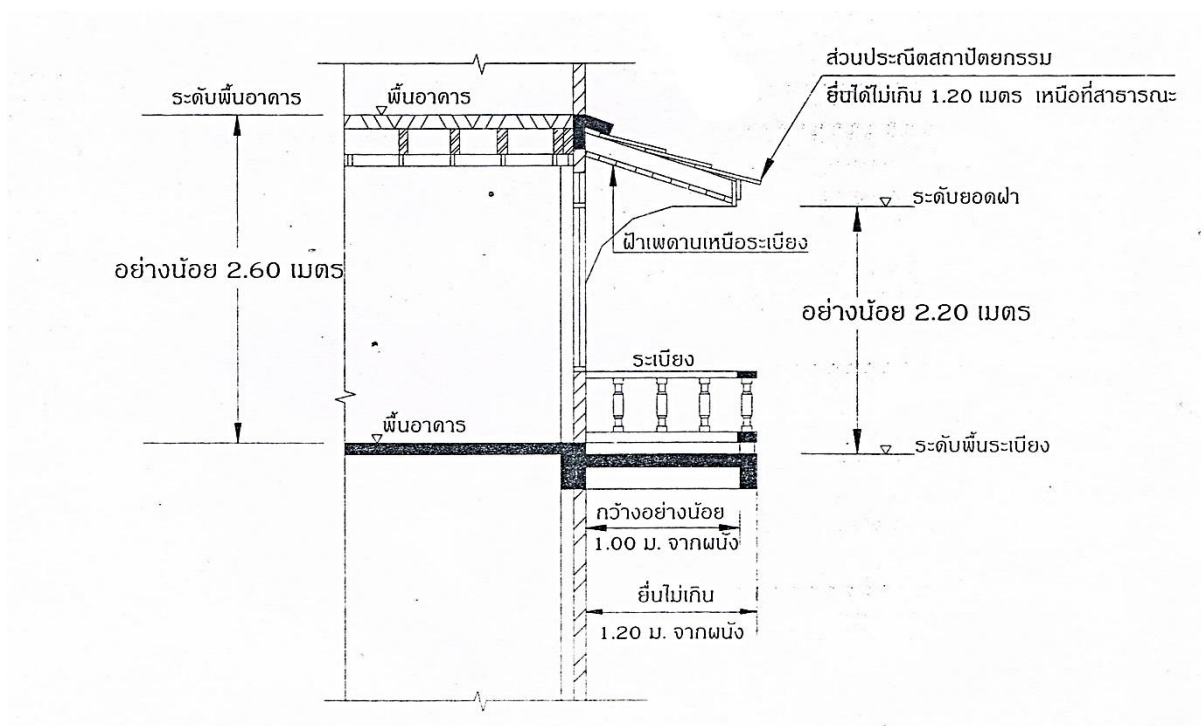
- ห้องครัวที่อยู่ติดกับห้องนอนหรือห้องส้วม ห้ามมีประตู หน้าต่าง หรือช่องลมในด้านที่ติดต่อกับห้องครัว
- พื้นและผนัง ของห้องครัวที่อยู่ภายในอาคาร ต้องทำด้วยวัสดุถาวรทนไฟ
- ฝาและเพดาน ของห้องครัวที่อยู่ภายในอาคาร หากไม่ได้ทำด้วยวัสดุถาวรทนไฟ ต้องบุด้วยวัสดุถาวรทนไฟ

ระเบียง

- ต้องกว้างอย่างน้อย 1 เมตร
- ยื่นเหนือทางเท้าได้ไม่เกิน 1.2 เมตร
- สำหรับอาคารที่สูงไม่เกิน 9 เมตร ปลายระเบียงต้องอยู่ห่างจากแนวเขตที่ดินไม่น้อยกว่า 2 เมตร
- สำหรับอาคารที่สูงเกิน 9 เมตร แต่ไม่ถึง 23 เมตร ปลายระเบียงต้องอยู่ห่างจากแนวเขตที่ดินไม่น้อยกว่า 3 เมตร
- ระยะตั้งระหว่างพื้นถึงขอบฝาหรือใต้โครงหลังคา ต้องไม่ต่ำกว่า 2.20 เมตร



รูปที่ 2.25 แปลนแสดงขนาดระเบียง



รูปที่ 2.26 ตัดแสดงค่าต่ำสุดของฝ้าเพดานบริเวณระเบียง และแสดงส่วนยื่นของระเบียงเหนือที่สาธารณะ

กันสาดที่อยู่ติดถนนสาธารณะ

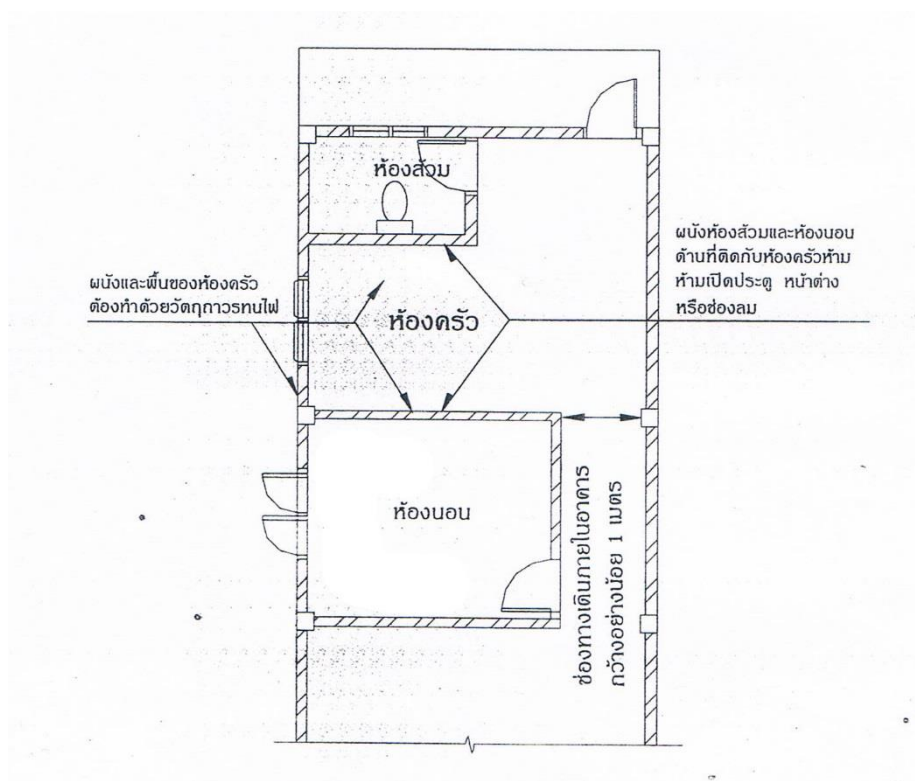
- ส่วนต่ำสุดของกันสาด ต้องสูงจากทางเท้าอย่างน้อย 3.25 เมตร โดยไม่นับส่วนตกแต่งที่ยื่นจากผนังไม่เกิน 50 เซนติเมตร

- ต้องมีท่อรับน้ำจากกันสาดหรือหลังคาต่อแนบ หรือฝังในผนังหรือเสาอาคาร ลงสู่บ่อพักหรือท่อสาธารณะ

ถนนสาธารณะ หมายถึง ถนนที่เปิดให้ประชาชนเข้าไปใช้เส้นทางสัญจรได้ ไม่ว่าจะเรียกเก็บค่าตอบแทนหรือไม่

ช่องทางเดินภายในอาคาร

- ต้องกว้างไม่น้อยกว่า 1 เมตร
- ต้องจัดให้มีแสงสว่างธรรมชาติ แทะเห็นหรือมองเห็นได้ในตอนกลางวัน

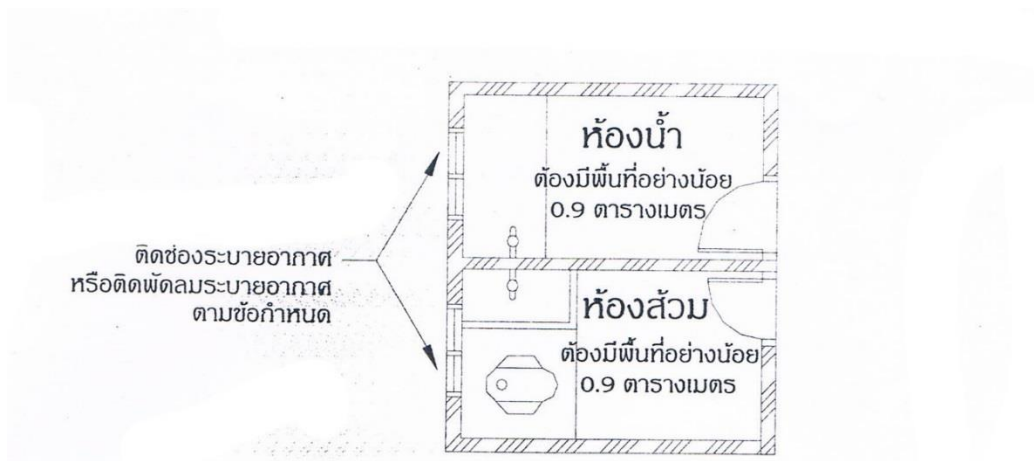


รูปที่ 2.27 ตัวอย่างแปลนแสดงตำแหน่งห้องครัว

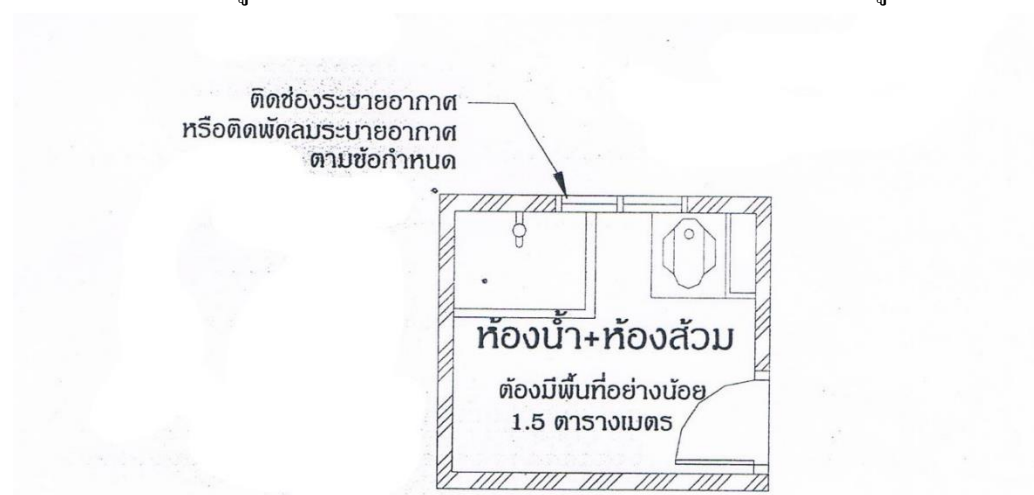
ห้องน้ำ ห้องส้วม

- ต้องมีห้องน้ำอย่างน้อย 1 ที่ และมีห้องส้วมที่มีที่ถ่ายอุจจาระอย่างน้อย 1 ที่
- ห้องน้ำ ห้องส้วมที่อยู่แยกกัน ต้องมีพื้นที่ไม่น้อยกว่าที่ละ 0.9 ตารางเมตร
- ห้องน้ำ ห้องส้วมที่อยู่รวมกัน ต้องมีพื้นที่รวมไม่น้อยกว่า 1.5 ตารางเมตร
- ระยะตั้งระหว่างพื้นถึงเพดานตอนที่ต่ำสุด ต้องไม่ต่ำกว่า 2 เมตร
- ต้องมีช่องระบายอากาศ อย่างน้อย 10 % ของพื้นที่ห้อง หรือมีพัดลมระบายอากาศได้เพียงพอ
- พื้นของห้องน้ำและห้องส้วม ต้องมีความลาดเอียงไม่น้อยกว่า 1 ต่อ 100

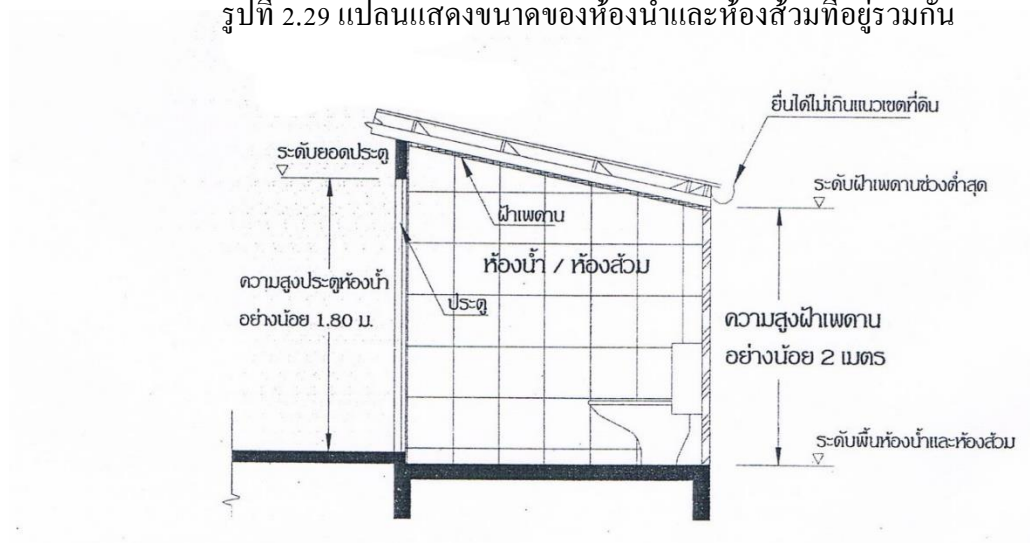
- สำหรับอาคารที่สูงไม่เกิน 9 เมตร แนวประตูต้องอยู่ห่างจากแนวเขตที่ดินไม่น้อยกว่า 3 เมตร
- สำหรับอาคารที่สูงเกิน 9 เมตร แต่ไม่ถึง 23 เมตร แนวประตูต้องอยู่ห่างจากแนวเขตที่ดินไม่น้อยกว่า 3 เมตร



รูปที่ 2.28 แผนแสดงขนาดของห้องน้ำและห้องส้วมที่อยู่แยกกัน



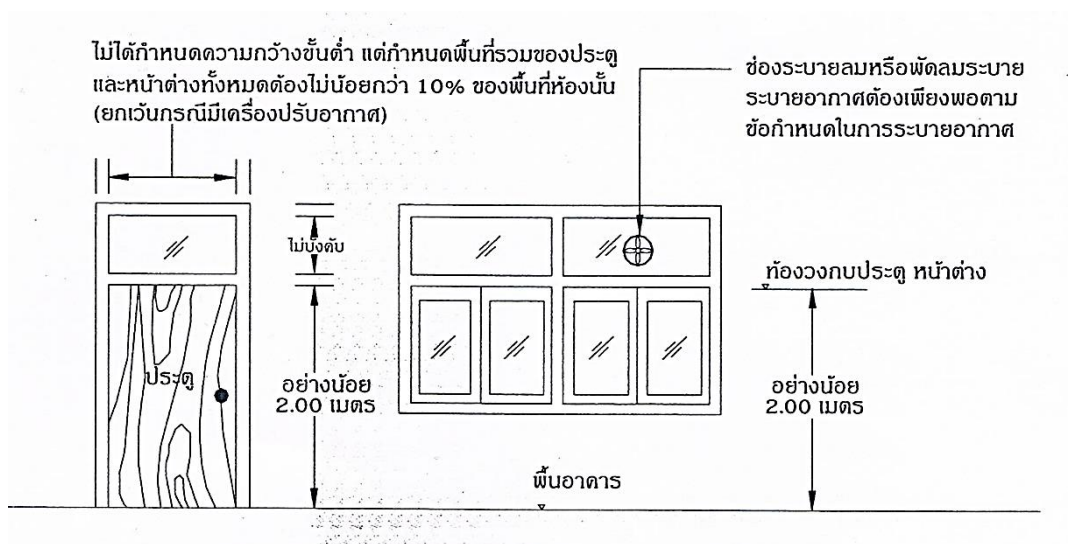
รูปที่ 2.29 แผนแสดงขนาดของห้องน้ำและห้องส้วมที่อยู่รวมกัน



รูปที่ 2.30 ตัดแสดงความสูงฝ้าเพดาน และประตูของห้องน้ำ-ห้องส้วม

ประตู, หน้าต่าง, ช่องแสง

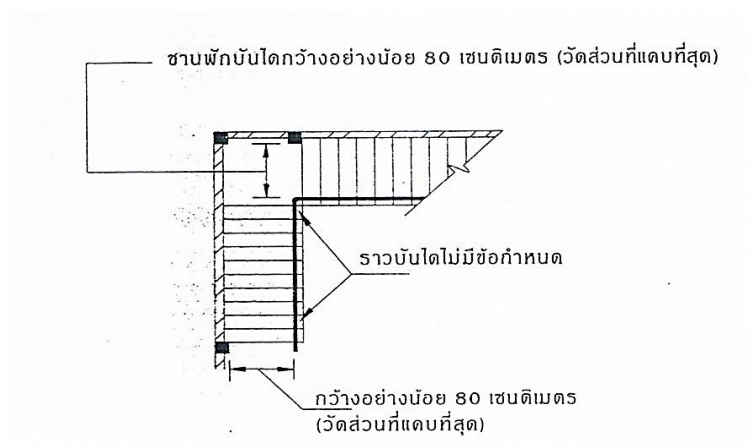
- ต้องมีพื้นที่ช่องประตู หน้าต่างและช่องระบายลมรวมกันไม่น้อยกว่า 10 % ของพื้นที่ห้องนั้น
- ต้องมีความสูงจากพื้นถึงยอด ไม่น้อยกว่า 2 เมตร
- สำหรับอาคารที่สูงไม่เกิน 9 เมตร ต้องห่างจากแนวเขตที่ดินไม่น้อยกว่า 2 เมตร
- สำหรับอาคารที่สูงเกิน 9 เมตร แต่ไม่ถึง 23 เมตร ต้องห่างจากแนวเขตที่ดินไม่น้อยกว่า 3 เมตร



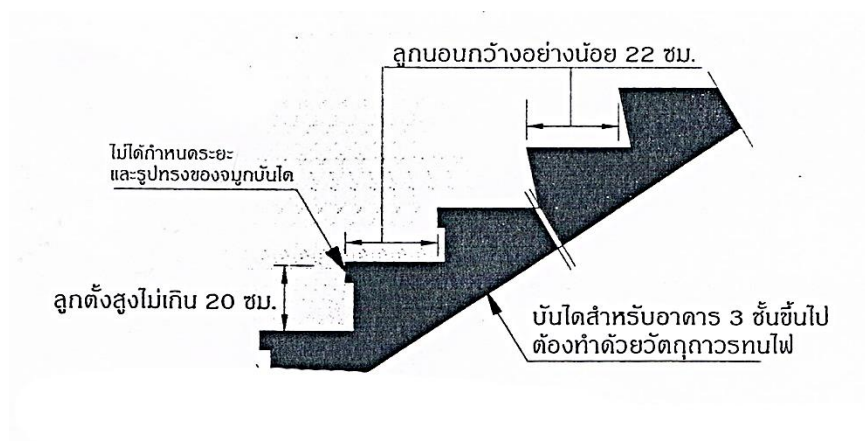
รูปที่ 2.31 ประตูและหน้าต่าง อาคารพักอาศัย

บันได

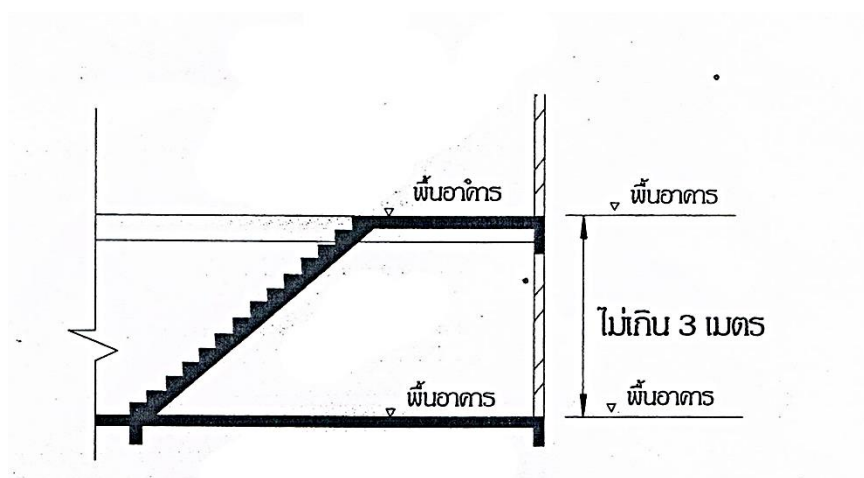
- ต้องมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร
- ชานพักบันได และพื้นหน้าบันได ต้องมีความกว้างและความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างสุทธิของบันได
- ลูกตั้ง ไม่สูงกว่า 20 เซนติเมตร
- ลูกนอน (หักส่วนที่ขึ้นบันไดเลื่อนกันออกแล้ว) ไม่แคบกว่า 22 เซนติเมตร
- บันไดช่วงหนึ่ง สูงไม่เกิน 3 เมตร
- ระยะตั้งจากขั้นบันไดหรือชานพัก ถึงส่วนต่ำสุดของอาคารที่อยู่เหนือขึ้นไป ต้องไม่น้อยกว่า 1.90 เมตร
- สำหรับบันไดเวียนโค้งเกิน 90 องศา จะไม่มีชานพักก็ได้ แต่ลูกนอนต้องมีความกว้างเฉลี่ย อย่างน้อย 22 เซนติเมตร



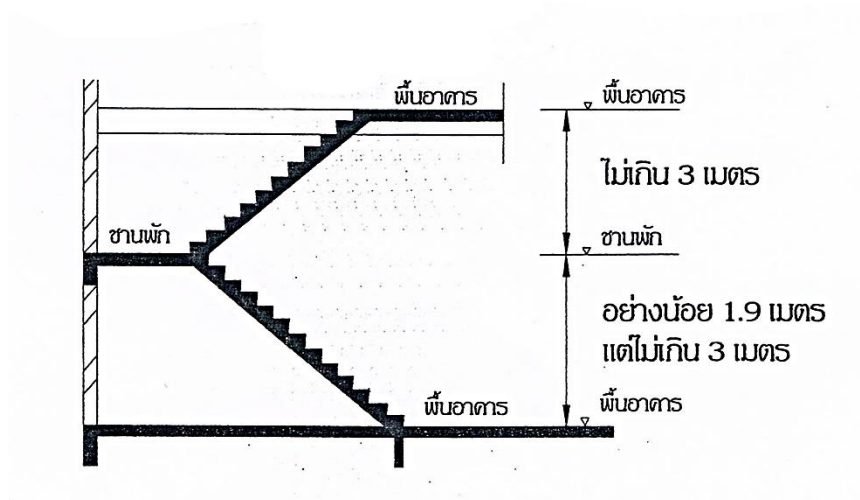
รูปที่ 2.32 แผนแสดงความกว้างบันไดอาคารพักอาศัย



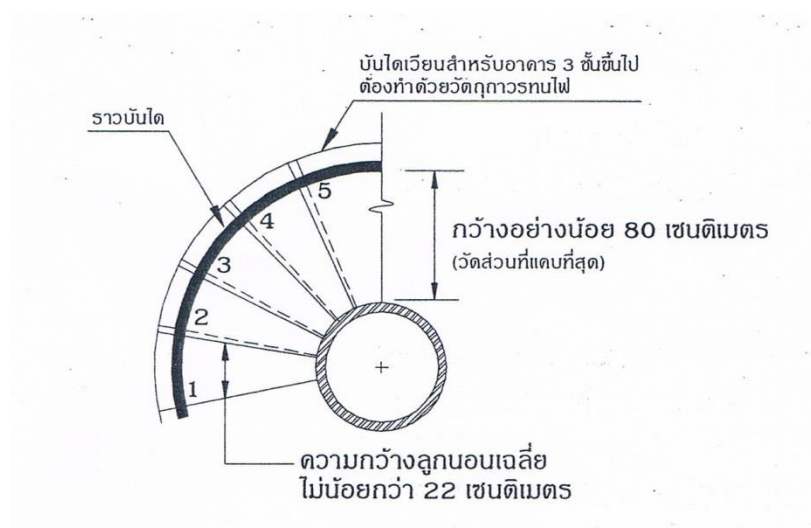
รูปที่ 2.33 ตัดแสดงขนาดของบันไดอาคารพักอาศัย



รูปที่ 2.34 ตัดแสดงความสูงของบันได (ไม่มีชานพัก)



รูปที่ 2.35 แสดงความสูงของชานพักบันได



รูปที่ 2.36 แสดงขนาดบันไดเวียนของอาคารพักอาศัย

ส่วนยื่นเหนือที่สาธารณะ

- โดยปกติจะต้องไม่มีส่วนของอาคารยื่นล้ำเข้าไปในที่สาธารณะ
ยกเว้น กรณีที่ได้รับอนุญาตจากเจ้าพนักงานที่มีอำนาจหน้าที่ในการอนุญาตนั้น

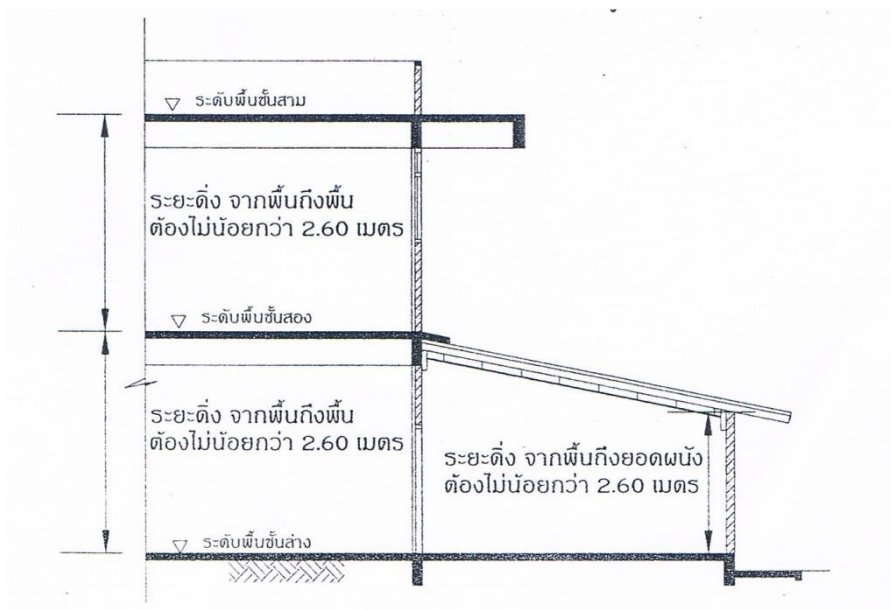
ความสูงของอาคาร

- ระยะตั้งจากระดับถนนหรือระดับพื้นดินก่อสร้าง ถึงส่วนที่สูงที่สุด (อาคารทรงจั่วหรือปั้นหยา ให้วัดถึงยอดผนังชั้นสูงสุด) ต้องมีความสูงไม่เกินสองเท่าของระยะราบ วัดจากจุดสูงสุดไปตั้งฉากกับแนวเขตถนนสาธารณะด้านตรงข้ามกับอาคารของสายที่กว้างกว่า

ความสูงของชั้น

- ห้องพักที่ใช้พักอาศัย, ช่องทางเดินในอาคาร ต้องมีระยะตั้งจากพื้นถึงพื้น หรือพื้นถึงใต้โครงหลังคา ไม่น้อยกว่า 2.60 เมตร

- ระเบียง ต้องมีระยะตั้งจากพื้นถึงยอดฝ้าย หรือพื้นถึงใต้โครงหลังคา อย่างน้อย 2.20 เมตร



รูปที่ 2.37 แสดงความสูงฝ้าเพดาน

2.3 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับเหล็ก

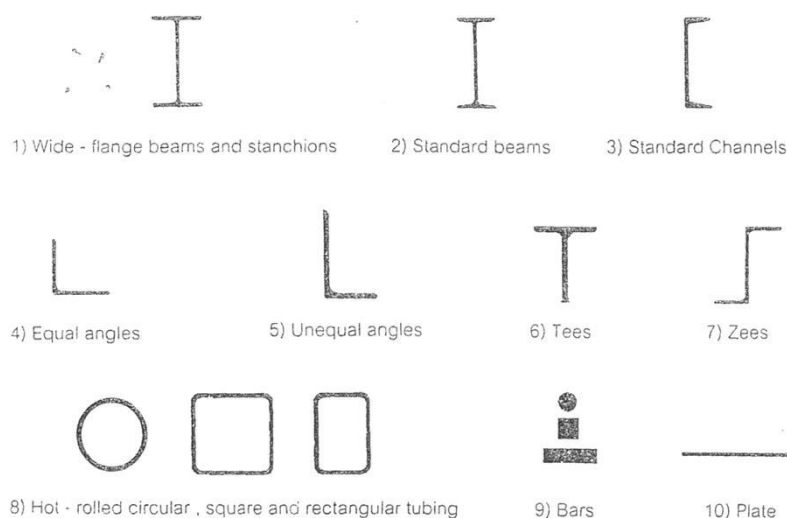
2.3.1 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณประเภทต่าง ๆ

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณในประเทศไทย มีอยู่หลายประเภท ได้แก่

1. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (Hot-rolled structural steel section) เป็นเหล็กโครงสร้างที่ทำมาจาก เหล็กกล้า หรือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) เป็นเหล็กที่มีรูปตัดแข็งแรงมาก ใช้ในงานโครงสร้างของอาคารอุตสาหกรรมและอาคารสาธารณะทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ซึ่งใช้ในการก่อสร้างทั่ว ๆ ไปนั้น เป็นเหล็กรีดร้อน (Hot-rolled structural steel) ที่มีรูปร่าง (Shape) หรือรูปตัด (Section) แตกต่างกันหลายชนิด ในแต่ละประเทศอาจจะมีมาตรฐานในการผลิตเหล็กรูปตัดชนิดต่าง ๆ ไม่เหมือนกันก็ได้ แต่มักจะมีระบบหรือขนาดที่คล้ายหรือใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ เพื่อความสะดวกในการจำหน่ายหรือนำไปใช้งานทดแทนกันได้

จึงสามารถแบ่งเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนออกได้เป็นหลายชนิด ตามรูปตัดหรือรูปร่างที่ผลิตออกจำหน่าย เพื่อนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป

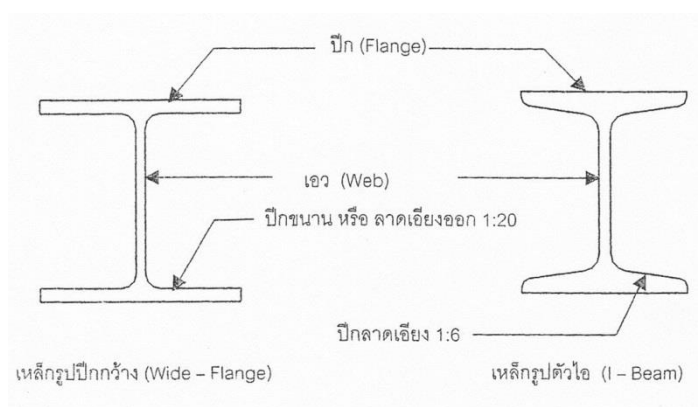


รูปที่ 2.38 ตัวอย่างเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน แบ่งตามมาตรฐานอเมริกัน

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน แบ่งตามมาตรฐานอเมริกัน ที่ใช้กันทั่วไปมีหลายรูปตัดได้แก่

เหล็กรูปปีกกว้าง (Wide-Flange Section หรือ W-Shape)

มีรูปลักษณะเหมือนตัว (H) จึงมีชื่อหนึ่งว่า “เหล็กรูปตัวเอช” (H-section Steel) ประกอบด้วย ปีก (Flanges) และ เอว (Web) การผลิตมี 2 แบบ คือ ผลิตให้เส้นขอบของปีกด้านในขนานกับเส้นขอบของปีกด้านนอก อย่างหนึ่งกับให้เส้นขอบของปีกด้านใดด้านเอียงออก ประมาณ 1:20 อีกอย่างหนึ่ง



รูปที่ 2.39 แสดงองค์ประกอบของรูปตัดที่แตกต่างกันระหว่างเหล็กรูปปีกกว้างกับเหล็กรูปตัวไอ

ขนาดที่ผลิตโดยทั่วไปมีความลึกประมาณ 4” – 36” น้ำหนักประมาณ 1 ½ - 730 ปอนด์/ฟุต เหล็กรูปปีกกว้างที่มีรูปตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ความกว้างเท่ากับความลึก) หรือใกล้เคียงจัตุรัส นิยมใช้ทำเสา เสาเข็ม หรือโครงสร้างที่รับแรงอัด แต่ถ้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือมีความลึกมาก มักนิยมใช้ทำคาน หรือ โครงสร้างรับโมเมนต์ดัด เหล็กชนิดนี้สามารถใช้งานก่อสร้างได้กว้างขวาง เช่น อาจใช้ทำเสาเข็ม เสา คาน และ โครงหลังคา เนื่องจากสามารถต่อประกอบได้ง่าย สามารถใช้แผ่นเหล็ก หรือเหล็กฉากยึดประกอบกัน

ปีกด้านในหรือด้านนอกได้แนบสนิท ทำให้โครงสร้างหรือชิ้นส่วนสถาปัตยกรรม ที่นำมาต่ออยู่ในแนวนาน หรือตั้งฉากกับปีกของรูปตัดได้ง่าย ซึ่งต่างจากเหล็กคานรูปตัวไป ที่มีผิวปีกด้านในลาดเอียงมากกว่า

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเหล็กรูปปีกกว้างคือ WF (ระบบเก่า) หรือ W (ระบบใหม่)

เหล็กรูปตัว ไอ (I-Beam หรือ S-Shape)

รูปร่างคล้ายคลึงกับเหล็กรูปปีกกว้าง แต่ผิวของปีกด้านในมีความลาดเอียงมากกว่า 1 : 6 และมีเนื้อเหล็กยึดระหว่างเวบ (Web) กับปีก (Fillet) มากกว่า สามารถรับแรงดัด (Bending stress) ได้ดี จึงนิยมใช้ทำคานมาตั้งแต่สมัยแรกเริ่มที่มีการผลิตเหล็กโครงสร้างแต่อาจนำไปใช้ทำ เสา แม่บันได หรือ โครงหลังคาได้ตามความเหมาะสม

ขนาดที่ผลิตมีความลึกประมาณ 3"-24" น้ำหนัก 5.7-120 ปอนด์/ฟุต

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเหล็กคานรูปตัวไอ คือ I (ระบบเก่า) และ S (ระบบใหม่)

เหล็กรูปรางน้ำ (Channel Section หรือ C-Shape)

มีรูปร่างเสมือนผ่าแบ่งครึ่งเหล็กรูปตัวไอ ปีกด้านในมีความลาดเอียง 1:6

ขนาดที่ผลิตโดยทั่วไปมีความลึก 3"-18" น้ำหนัก 4.1-5.8 ปอนด์/ฟุต

เหล็กรูปรางน้ำนำมาใช้ทำ ตง คาน หรือ ใช้ปิดขอบคาน (Edge Beam) และขอบพื้น ใช้ทำแม่บันไดเหล็ก โครงหลังคา แป ราวบันได รางน้ำ (ตะเฝือง) และปิดยอดผนัง (Coping) ขอบชายคาหรือเชิงชาย ฯลฯ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเหล็กรูปรางน้ำ คือ [(แบบเก่า) และ C (ระบบใหม่)

เหล็กฉาก (Angles Section หรือ L-Shape)

มีรูปร่างเป็นรูปตัวแอล ผลิตเป็น 2 แบบ คือ แบบมีขา 2 ข้างยาวเท่ากัน (Equal-Leg Angles) กับแบบมีขา 2 ข้างยาวไม่เท่ากัน (Unequal-Leg Angles) มีขนาดตั้งแต่ 1 ¼ "ถึง 8"

เหล็กฉากสามารถนำไปใช้ในงานได้กว้างขวาง เนื่องจากมีรูปตัดขนาดเล็ก หาซื้อในท้องตลาดได้ง่าย สามารถนำไปใช้กับงานก่อสร้างขนาดเล็ก และนำไปประกอบเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่ก็ได้ เช่น ใช้ทำ ตงพื้น โครงเคร่าผนัง แปหลังคา ราวบันได หรือราวระเบียง ประกอบเป็นโครงหลังคาแบบต่าง ๆ และใช้เป็นตัวต่อ (Connector) ในการทำรอยต่อ เช่น บ่า (Seating) หรือเหล็กประกอบ (Framing) ทั้งในงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเหล็กฉากคือ L (ทั้งแบบเก่า และระบบใหม่)

เหล็กรูปตัว T (Tees Section หรือ T-Shape)

เป็นเหล็กรูปพรรณโครงสร้างที่ได้จากการตัดแบ่งครึ่งเอว ของเหล็กปีกกว้าง (W) หรือเหล็กคานรูปตัว ไอ (S) ความลึก และน้ำหนักของเหล็กรูปตัวที่จึงเป็นครึ่งหนึ่งของเหล็กที่นำมาตัด เหล็กรูปตัวที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางสำหรับส่วนโครงสร้างที่รับแรงหรือน้ำหนักน้อยกว่าเสาหรือคานปีกกว้าง และคานรูปตัวไอ ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า จึงใช้ทำ ตง คาน และเสาเหล็กขนาดเล็ก ใช้ประกอบเป็น เสา คาน และโครงหลังคาขนาดใหญ่ก็ได้ อาจใช้ทำโครงคร่าวผนัง ทำราวบันได ราวระเบียง และใช้เป็นตัวยึดต่อเสา คานคานแทนเหล็กฉากหรืออาจใช้แทนเหล็กฉากสองตัวที่หันหลังชนกัน ก็ได้ ฯลฯ

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเหล็กรูปตัวที่ คือ T ถ้าตัดมาจากเหล็กรูปปีกกว้างใช้ WT แต่ถ้าตัดมาจากเหล็กคานรูปตัวไอ ก็ใช้สัญลักษณ์เป็น ST

เหล็กโครงสร้างรูปตัดเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous Section หรือ M-Shape)

เป็นเหล็กที่มีรูปร่างเหมือนกับเหล็กปีกกว้าง คานรูปตัวไอ เหล็กรูปร่างน้ำ และเหล็กรูปตัวที่ ที่ผลิตขายตามมาตรฐานปกติ แต่เหล็ก “M-Shape” นี้จะมีขนาดและน้ำหนักเป็นพิเศษแตกต่างออกไปจากเหล็กรูปตัดมาตรฐานดังกล่าว ส่วนใหญ่จะลดความหนา ความลึกหรือน้ำหนักของรูปตัดให้เล็กลงเพื่อนำไปใช้กับงานที่ต้องการความแข็งแรงน้อยกว่าได้ ทำให้ประหยัดราคาก่อสร้างลงได้

การใช้งานก็เหมือนกับเหล็กรูปร่างมาตรฐาน แต่ใช้กับงานที่ต้องการประหยัด หรือรับแรงน้อยกว่า

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเหล็กในกลุ่มนี้ คือ M ถ้ารูปร่างเหมือนเหล็กปีกกว้างใช้ MW ถ้าเหมือนกับเหล็กคานรูปตัวไอใช้ MS และใช้ MT สำหรับเหล็กที่มีรูปตัดเป็นตัวที่

เหล็กโครงสร้างรูปตัดกลวง (Tube หรือ Hollow Section หรือ Tubular Shape)

เป็นเหล็กรูปตัดกลวง หรือ ท่อ มีหลายรูปแบบเช่น

- รูปตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสกลวง (Square Structural Tube) มีขนาดตั้งแต่ 2"x2" ถึง 10"x10" (วัดจากผิวนอก) หนา 3/16" หรือ 5/8"
- รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้ากลวง (Rectangular Structural Tube) มีขนาด 3"x2" ถึง 12"x18" หนาประมาณ 3/16" ถึง 1/2"
- ท่อ (Circular Structural Tube หรือ Pipe) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2" – 12" หนา 3/16" - 1/2"

เหล็กประเภทนี้สามารถนำไปใช้กับงานโครงสร้างหรืองานสถาปัตยกรรมได้หลากหลายเช่น ใช้ทำ เสา คาง ตง แป จันทัน หรือประกอบเป็นโครงหลังคารับพื้นขนาดใหญ่ได้โดยง่าย และนิยมใช้ทำราวบันได ราวระเบียง หรือส่วนตกแต่งทางสถาปัตยกรรมทั่ว ๆ ไป

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเหล็กรูปตัดกลวง คือ “Tube” และ “Pipe” ระบบใหม่ใช้

TS แท่น Square Tube

TR แท่น Rectangular Tube

TC แท่น Circular Tube

เหล็กรูปตัดตัน หรือเหล็กแท่ง (Structural Bar)

เป็นเหล็กรูปตัดทึบตันที่มีลักษณะเป็นท่อนยาว ๆ อาจมีรูปตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square bar) สี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular bar หรือ Flat bar) และเหล็กเส้นกลม (Round bar) ปกติการผลิต ถ้ามีความกว้างน้อยกว่า 8" จึงจะเรียกว่าเหล็กแท่ง (Bar หรือ Flat bar) แต่ถ้าความกว้างมากกว่า 8" จะเรียกว่าเหล็กแผ่น (Plate) แทน

เหล็กประเภทนี้มักนำไปใช้งานเบ็ดเตล็ดสำหรับโครงสร้าง หรืองาน-สถาปัตยกรรม เช่น ใช้เป็นโครงยึดกัน (Bracing) ใช้เป็นโครงแขวน หรือลวดรับแรงดึง (Ties rod Sag rod หรือ Hanger) อาจใช้เป็นเหล็กเสริมในงานคอนกรีต และใช้เป็นเสาเข็ม เสาอุกกรง ใช้ทำระเบียง ราวบันได ฯลฯ

สัญลักษณ์ที่ใช้คือ Bar  และ Bar  (ระบบเก่า) หรือ
สัญลักษณ์ที่ใช้คือ Bar  และ Bar  (ระบบใหม่)

เหล็กแผ่นโครงสร้าง (Structural Plate)

เป็นแผ่นเหล็กที่ใช้ในงานโครงสร้าง การผลิตจะมีความกว้างของแผ่น 8" ถึง 15 1/4" ความหนา 1/2" ถึง 2" ขนาดแผ่นมาตรฐานที่ผลิตขายทั่ว ๆ ไป คือ 3'x6' 4'x8' และ 5'x10' สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น ใช้เป็นแผ่นเหล็กรองเสาหรือคาน (Bearing plate) ใช้เสริมแรงให้โครงสร้าง ใช้เป็นเหล็กประกับหรือแผ่นเสริมแรง (Stiffener) ใช้เป็นตัวยึดต่อ (Connector) สำหรับชิ้นส่วนโครงสร้างหรืองานสถาปัตยกรรม และสามารถนำมาประกอบเป็นโครงสร้าง เสา คาน องค์กรประกอบต่าง ๆ ได้มากมาย ใช้เสริมปีกและลำตัวของ คานเหล็ก หรือเพิ่มความแข็งแรง ตลอดจนใช้ทำราวบันได ราวระเบียง หรือโครงผนัง และหลังคาได้ ฯลฯ

สัญลักษณ์ PL

หมายเหตุ สำหรับชื่อเรียก สัญลักษณ์ และ ขนาด ของเหล็กโครงสร้างที่ใช้ตามมาตรฐานของไทยจะแตกต่างออกไปจากที่กล่าวไว้แล้ว บ้างเล็กน้อย ให้ดูรายละเอียดจาก มอก. 122-2539 มอก. 107-2533 มอก. 1288-2537 และจากตาราง 2.2 และตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 แบบและรูปตัดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนตาม มอก. 1227-2539

แบบ		รูปภาคตัด
เหล็กฉาก (angle steel)	ขาเท่ากัน (equal leg)	
	ขาไม่เท่ากัน (unequal leg)	
เหล็กรูปรางน้ำ (channel steel)		
เหล็กรูปตัวเอช (H - section steel)		
เหล็กรูปตัวไอ (I - section steel)		
เหล็กรูปตัวที (T - section steel)		

นอกจากเหล็กรูปพรรณโครงสร้าง (Hot-rolled steel sections) ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีเหล็กโครงสร้างอีกกลุ่มหนึ่ง ที่นิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้างขนาดเล็ก หรือโครงสร้างของอาคารรับน้ำหนักเบา ปัจจุบันในประเทศไทยนิยมนำมาใช้แทนโครงสร้างไม้ ในท้องตลาดเรียกเหล็กที่โครงสร้างประเภทนี้ว่า “เหล็กไลท์เกจ (Light gage)” หรือ เหล็กขึ้นรูปเย็น (Cold formed steel sections) มีรูปตัดมากมายหลายชนิด และราคาประหยัด

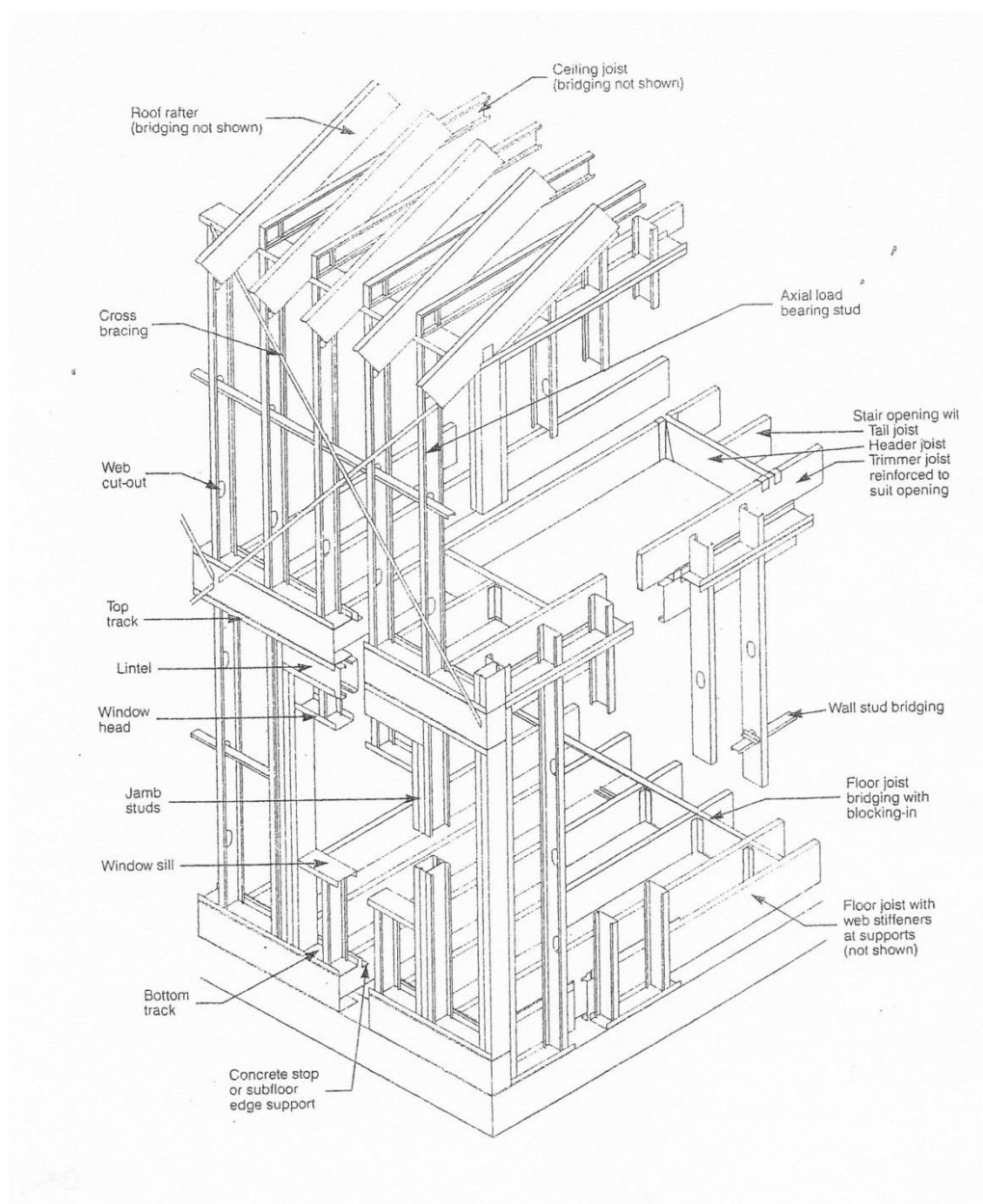
ปัจจุบันมีโรงงานผลิตในประเทศไทยหลายโรง ในต่างประเทศมักใช้ก่อสร้างอาคารพักอาศัยแทนโครงไม้ (Wood framing) หรือ อาคารสาธารณะที่มีความสูงน้อยชั้น แต่ผลิตจากแผ่นเหล็กรีดเย็น (Cold-rolled steel) ซึ่งหุบสังกะสีเพื่อการกันสนิมด้วย

2. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น (Cold formed structural steel sections) เป็นเหล็กโครงสร้างที่ทำมาจากเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) โดยการขึ้นรูปเย็น ซึ่งหมายถึงการแปรรูปโดยไม่ใช้ความร้อน (Cold forming) นิยมใช้ในงานโครงสร้างของอาคารที่มีขนาดเล็กหรือขนาดปานกลาง ซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกน้อย หรือไม่ต้องการความคงทนถาวรมากนัก มีรูปตัดขนาดเล็ก หาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด นิยมใช้แทนไม้แปรรูป หรือ มักใช้แทนเหล็กโครงสร้างรูปพรรณประเภทอื่น เพื่อความประหยัด

ตารางที่ 2.3 แบบและรูปตัดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็นตาม มอก. 1228-2537

แบบ		รูปภาคตัด
เหล็กฉาก (light angle steel)	ขาเท่ากัน (equal leg)	
	ขาไม่เท่ากัน (unequal leg)	
เหล็กูปร่างน้ำ (light channel steel)		
เหล็กูรูปตัวซี (lip channel steel)		
เหล็กูรูปตัวแซด (light Z steel)		
เหล็กูรูปตัวแซดมีขอบ (lip Z steel)		
เหล็กูรูปหมวก (hat steel)		

เป็นเหล็กโครงสร้างที่ได้จากการนำแผ่นเหล็กรีดร้อน (Hot-rolled steel plate) มาขึ้นรูป (ดัด งอ หรือ พับ) เป็นรูปต่าง ๆ กัน เช่น เหล็กดัดซี (Light lip channels) รูปร่างน้ำ (Light channel) และเหล็กฉาก หรือ รูปตัวแอล (Light Angle) แผ่นเหล็กขึ้นรูปอาจนำไปเชื่อมทำเป็นหลักโครงสร้างรูปพรรณกลวงได้ ซึ่งมีรูปต่าง ๆ กัน เช่น สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า และท่อกลม ซึ่งนำมาใช้กับโครงสร้างขนาดเล็กเช่นกัน ในท้องตลาดนิยมเรียกรวมกันว่าเหล็กไลท์เกจ



รูปที่ 2.40 ตัวอย่างโครงสร้างเหล็กแบบเพลทฟอร์ม

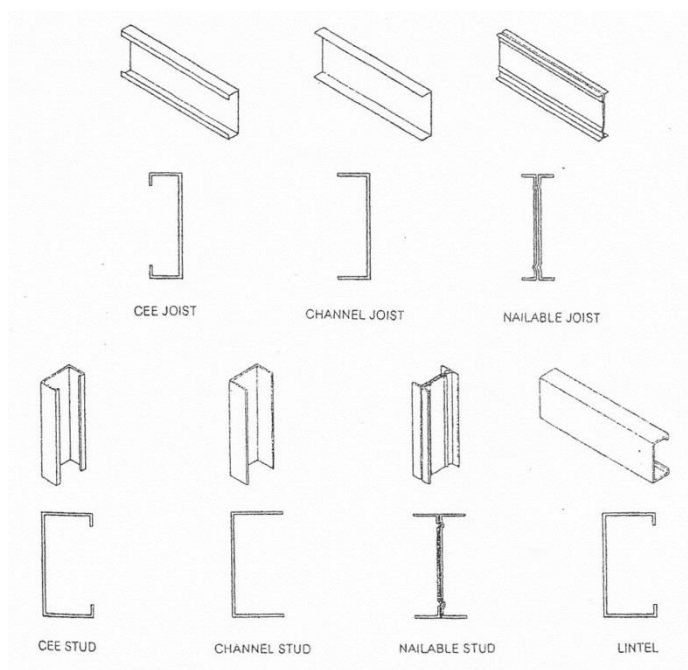
3. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณเชื่อมประกอบ (Welded structural steel sections) เป็นเหล็กโครงสร้างที่ผลิตให้มีรูปตัดต่าง ๆ (เช่นรูปตัวเอช) โดยใช้วิธีเชื่อมด้วยเครื่องจักรและระบบการผลิตแบบต่อเนื่องในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถนำมาใช้ในงานแทนเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนได้ แต่ปกติจะมีความแข็งแรงของรูปตัดน้อยกว่าโครงสร้างรูปพรรณในแต่ละประเภท สามารถแบ่งแยกได้ออกเป็นหลายชนิดตามรูปตัด หรือรูปร่างที่ผลิตขึ้นเพื่อนำไปใช้ในงานแตกต่างกัน

2.3.2 ประเภทของโครงสร้างเหล็ก

เราสามารถแบ่งโครงสร้างเหล็กที่นำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารออกได้เป็นหลาย-ประเภท แต่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่

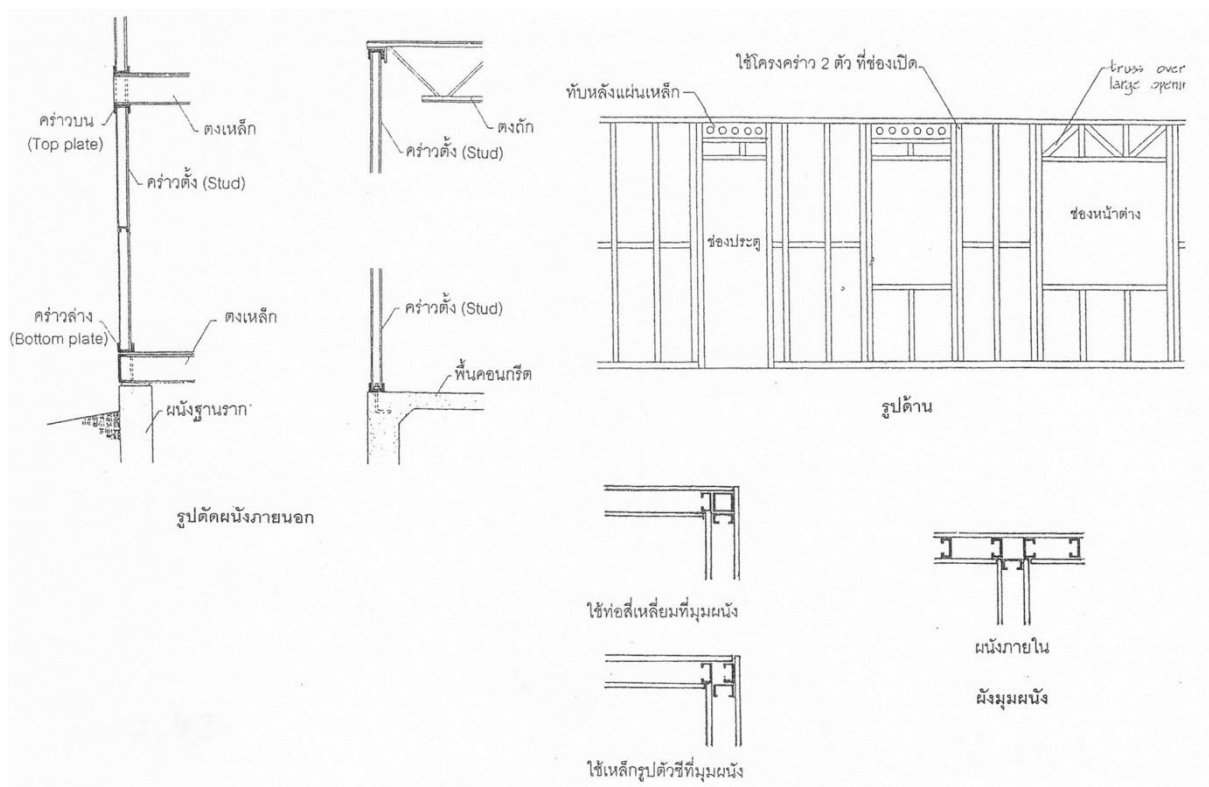
โครงเหล็กเบา (Lightweight Steel Frame)

เป็นโครงสร้างระบบเดียวกับโครงไม้ขนาดเล็ก (Wood frame) ที่รู้จักกันดีในนามของ “Balloon Frame” และ “Platform Frame” โครงสร้างระบบนี้ใช้โครงคร่าวผนัง (Stud) รับน้ำหนักพื้นและหลังคา โครงเหล็กน้ำหนักเบาประกอบขึ้นจากเหล็กไลท์เกจ (Light gage steel) หรือเหล็กขึ้นรูปเย็น (Cold-formed steel section) ซึ่งมีรูปตัดเป็นรูปตัวยู ตัวซี หรือ มีรูปตัดเฉพาะเป็นโครงคร่าวผนัง โครงสร้างพื้น และโครงหลังคา ในต่างประเทศ บางพื้นที่นิยมใช้แทนการก่อสร้างด้วยไม้



รูปที่ 2.41 ตัวอย่างเหล็กไลท์เกจของอเมริกัน ที่นำมาประกอบเป็นโครงเหล็กเบา

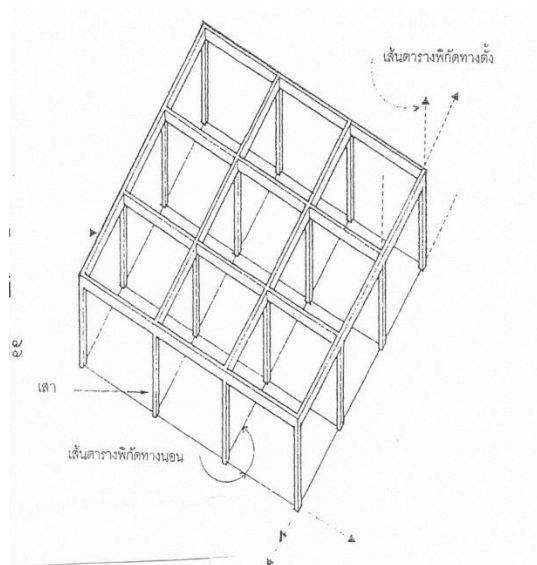
โครงสร้างประเภทนี้เหมาะที่จะใช้กับอาคารสาธารณะขนาดเล็ก หรือบ้านพักอาศัยความสูง 1 ถึง 4 ชั้น แต่อาจนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารสำนักงาน หรือศูนย์การค้าขนาดเล็กได้เช่นกัน เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบาจึงประหยัดฐานราก ช่วงพลาตปกติของดงเหล็ก หรือ โครงหลังคาสำหรับอาคารพักอาศัย ประมาณ 2.50 ถึง 6.00 เมตร ถ้าใช้ดง หรือ โครงหลังคา เป็นโครงถักขนาดเล็ก (Open web joist) จะสามารถพาดช่วงได้กว้างขึ้น จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารชนิดอื่น ๆ ได้เช่นกัน



รูปที่ 2.42 รายละเอียดโครงสร้างเหล็กเบา ซึ่งเหมือน โครงสร้างไม้แบบแพลทฟอร์ม

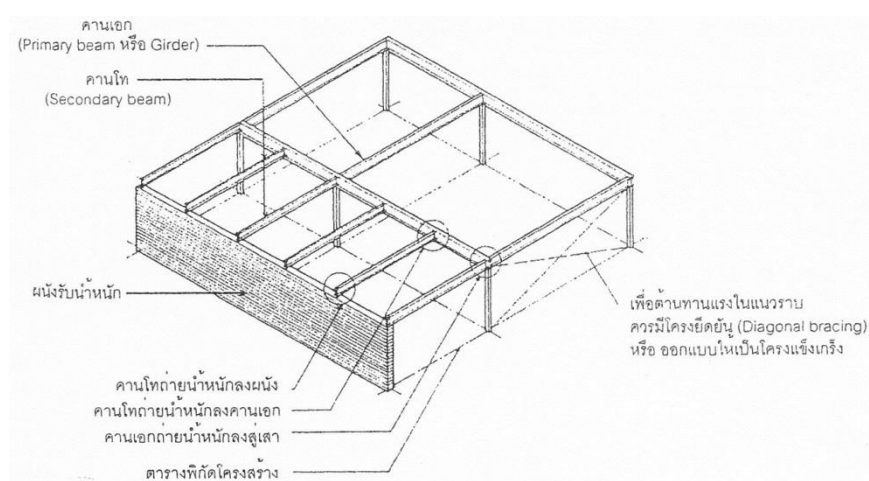
โครงเหล็กระบบเสาและคาน (Skeleton steel Frame)

ประกอบขึ้นจากเสาและคานเหล็ก เป็นโครงสร้างที่นิยมใช้กันทั่วไป เหมาะกับอาคารทุกประเภท เช่น อาคารสำนักงาน ศูนย์การค้า โรงงาน สามารถนำมาใช้งานกับอาคารหลาย ๆ ชั้นหรืออาคารสูง มักนิยมใช้กับอาคารพักอาศัยเนื่องจากมีราคาแพง

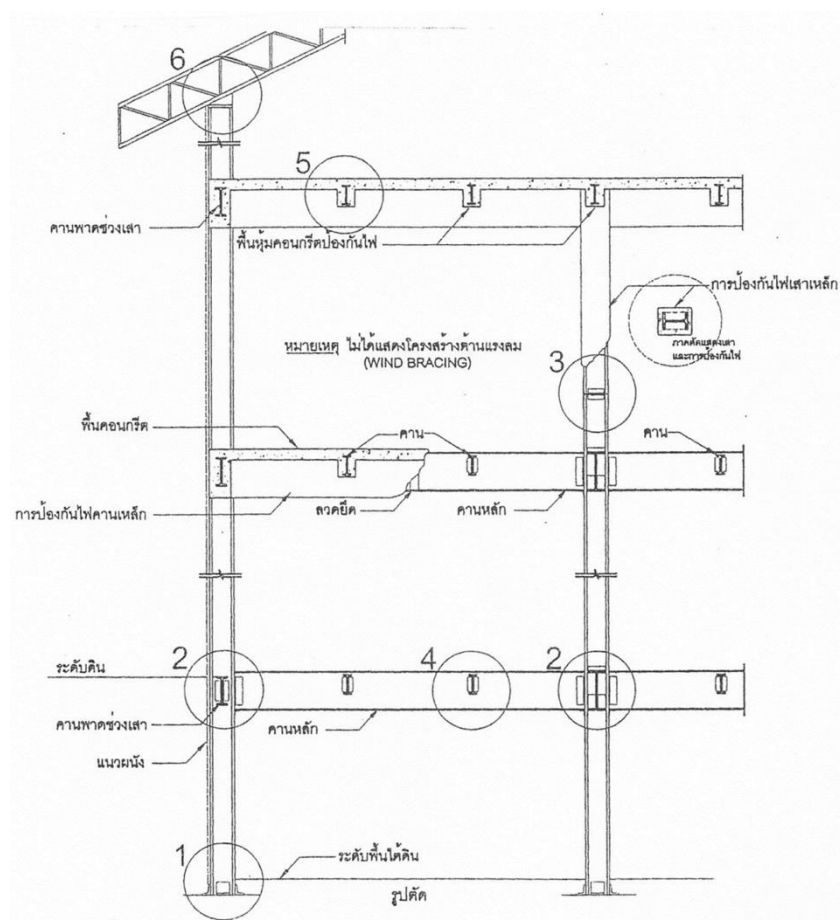


รูปที่ 2.43 การออกแบบอาคารโดยใช้ตารางพิกัดโครงสร้างที่มีขนาดคงที่ จะช่วยให้การก่อสร้างด้วยระบบเสาและคานหลักมีประสิทธิภาพสูง

เสาและคาน มักออกแบบโดยใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่มีขายในท้องตลาด ซึ่งมีขนาดรูปตัดมาตรฐาน เช่น เหล็กปีกกว้าง (Wide flange) คานรูปตัวไอ และเหล็กทรงประนา ในกรณีที่ได้รับน้ำหนักบรรทุกมากหรือพาดช่วงกว้างมาก ก็จะใช้โครงสร้างเหล็กประกอบ (Built-up sections) หรือ โครงสร้างเหล็กองค์ประกอบ (Built-up sections) หรือโครงสร้างเหล็กองค์ประกอบ (Composite section) ระยะห่างของเสาหรือช่วงพาดของคานปกติ 6.00 ถึง 12.00 เมตร



รูปที่ 4.44 ตัวอย่างโครงสร้างเหล็ก ซึ่งมีเสาและผนังรับน้ำหนักรองรับคาน



รูปที่ 4.45 ระบบ โครงสร้างเหล็ก และตำแหน่งรอยต่อ โครงสร้างที่สำคัญ

โครงข้อแข็ง (Rigid Frame)

เป็นระบบโครงสร้างที่ออกแบบให้ เสา และคาน (โครงสร้างหลักคา) มีรอยต่อยึดติดเช่นกัน เสมือนเป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อทำหน้าที่รับแรงร่วมกัน ทำให้สามารถลดโมเมนต์ตัดในคานลงได้ แต่จะเพิ่มโมเมนต์ตัดในเสามากขึ้นด้วย เป็นโครงสร้างที่ใช้พาหุช่วงได้กว้างมากขึ้นกว่าระบบโครงสร้างเสา คานปกติ มักใช้กับอาคารชั้นเดียวที่มีช่วงเสารั้วกว้าง (12.00 ถึง 45.00 เมตร) และมีความสูงมาก เช่นห้องประชุม โบสถ์ โกดัง และโรงงาน โครงสร้างส่วนหลังคาและเสาคือต่อเนื่องเป็นโครงสร้างชิ้นเดียวกัน เพื่อทำหน้าที่รับแรงร่วมกับ

โครงข้อแข็งมักประกอบขึ้นจากเหล็กกรู๊ปกว้าง คานเหล็กรูปตัวไอ และ เหล็กรูปดัดประกอบอาจมีรูปตัดเป็นกล่อง (Box Section) หรือเป็นแผ่นเหล็กเชื่อมประกอบ (Welded plate girder) ก็ได้

โครงข้อแข็งมีอยู่หลายชนิดใช้พาหุช่วงกว้างต่างกันไป ประมาณ 12.00 ถึง 45.00 เมตร

2.3.3 การทำรอยต่อโครงสร้างหลัก

ในการออกแบบและเขียนแบบโครงสร้างหลัก ถึงแม้ว่าปกติจะเป็นงานของวิศวกรโครงสร้างและช่างเขียนแบบวิศวกรรมก็ตาม แต่สถาปนิกควรที่มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถเขียนแบบมาตรฐาน หรือ ออกแบบรอยต่อแบบง่าย ๆ เพื่อใช้กับอาคารขนาดเล็ก หรืองานทั่ว ๆ ไปได้เองบ้าง ในบางกรณีอาจต้องเน้นรอยต่อโครงสร้างให้มีรูปแบบสวยงามเป็นกรณีพิเศษ ผู้ออกแบบจึงมีหน้าที่ที่ต้องควบคุมทั้งรูปแบบ ขนาด และ สัดส่วน ของรอยต่อทางโครงสร้างที่เกิดขึ้นให้มีความประณีตเรียบร้อย สถาปนิกควรประสานงาน และชี้แนวทางของรูปแบบรอยต่อที่ต้องการให้กับวิศวกรโครงสร้างได้ด้วย เพื่อให้งานที่ออกมา มีความถูกต้อง สมบูรณ์ และมีคุณค่าทั้งทางด้าน ความแข็งแรง และความสวยงาม

การทำรอยต่ออาคารมีอยู่หลายประเภท เช่น

- รอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสถาปัตยกรรม
- รอยต่อระหว่างชิ้นส่วนโครงสร้าง
- รอยต่อระหว่างชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรม กับชิ้นส่วนโครงสร้าง

บทบาทของสถาปนิกในการออกแบบ เขียนแบบ และให้รายละเอียดการทำรอยต่อต่าง ๆ จึงมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของรอยต่อ และ มาตรฐานของงานก่อสร้าง ถ้าผู้ออกแบบมีความเข้าใจในวัตถุประสงค์ของรอยต่อ และ ได้พิจารณาในองค์ประกอบ หรือรายละเอียดต่าง ๆ ให้รอบคอบแล้ว ก็จะออกแบบรอยต่อได้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อาจช่วยให้ได้โครงสร้างหรือตัวอาคารที่มีความประณีตเพียงพอ โดยที่ไม่ต้องนำชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรมหรือวัสดุตกแต่งอื่น ๆ มาใช้ห่อหุ้ม หรือปกปิดงานที่ไม่ประณีตเรียบร้อยนั้น เป็นการช่วยไม่ให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายโดยใช่เหตุ

รอยต่อโครงสร้างหลักที่ควรให้ความสนใจในเบื้องต้นนี้ คือรอยต่อของอาคาร โครงสร้างหลักแบบง่าย ๆ ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบขึ้นจากหลักโครงสร้างรูปพรรณฉลุร้อน และเหล็กขึ้นรูปเย็น ซึ่งนิยมใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไป

จุดรอยต่อของโครงสร้างหลักที่สำคัญ ก็เป็นเช่นเดียวกันกับโครงสร้างไม้ หรือ โครงสร้างอาคารประเภทอื่นได้แก่

- รอยต่อระหว่างเสากับฐานราก หรือค่อม่อ
- รอยต่อระหว่างเสากับคาน
- การต่อเสา และ การลดขนาดเสา
- การต่อคานกับคาน หรือ คานใหญ่กับคานชอย
- การทำรอยต่อคานกับพื้น
- การทำรอยต่อระหว่างโครงหลังคา กับหัวเสา

รอยต่อในจุดสำคัญที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น จะมีวิธีการทำรอยต่อได้หลายแบบแตกต่างกันไป การนำเอาแบบมาตรฐานในหนังสือต่าง ๆ มาใช้ในงานเขียนแบบ และงานก่อสร้างจริงนั้น จำเป็นต้องปรับใช้ให้เหมาะสม

อนึ่ง ช่วงเขียนแบบโครงสร้าง หรือวิศวกรผู้ออกแบบ ควรให้ความสนใจกับรูปแบบ ขนาด และสัดส่วนของรอยต่อโครงสร้างที่สามารถมองเห็นได้ด้วย เพราะความสวยงาม และความประณีต เป็นสิ่งทุกคนต้องการ และไม่จำเป็นต้องได้มาโดยการเพิ่มค่าใช้จ่ายเสมอไป

2.3.4 ระบบพื้นซึ่งใช้กับโครงสร้างหลัก

ปกติระบบพื้นที่ใช้กับโครงสร้างคอนกรีตทั่วไปก็สามารถนำมาใช้กับโครงสร้างหลักได้เช่นเดียวกัน แต่รายละเอียดของแบบ (Details) หรือรอยต่อระหว่างพื้นกับโครงสร้างและขั้นตอนการติดตั้งอาจแตกต่างกันออกไป พื้นบางระบบอาจมีความเหมาะสมที่จะใช้โครงสร้างคอนกรีต และ เหล็ก หรืออาจใช้ได้ดีเฉพาะกับโครงสร้างบางชนิดเท่านั้น การพิจารณาเลือกพื้นแต่ละชนิดมาใช้งาน นอกจากจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรง หรือช่วงพาดที่เหมาะสมแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงความยากง่ายในการก่อสร้าง ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง และราคาก่อสร้างที่เกิดขึ้นโดยรวม อีกทั้งยังต้องพิจารณาถึงความต้องการด้านอื่น ประกอบด้วย เช่น

- ความสูงของอาคาร ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ
- ความสูงระหว่างชั้นอาคาร ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับฝ้าเพดาน ช่องว่างเหนือฝ้า และความหนาของโครงสร้างพื้น โดยตรง
- การติดตั้ง หรือ การเดินท่อนานระบบอุปกรณ์อาคารในโครงสร้างพื้น หรือใต้พื้น
- ขนาด และ ตำแหน่งของช่องเปิดที่พื้น เช่น ช่องท่อทางดิ่ง ช่องบันได และช่องเปิดโล่ง
- ลักษณะแผ่นพื้น เช่น การลดหรือการเพิ่มระดับพื้น และความลาดเอียงของพื้น
- การถ่ายเทความร้อน
- การกันเสียง
- การป้องกันไฟ
- การทำพื้นผิวสำเร็จขั้นสุดท้ายที่ต้องการ
- ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับรูปด้านของอาคาร (ลักษณะ สัดส่วน และรูปแบบสถาปัตยกรรม)

การเขียนแบบแสดงรายละเอียดของพื้น จึงต้องพิจารณาถึงระบบโครงสร้างพื้นโดยรวมระดับของโครงสร้าง และรับพื้นผิวสำเร็จขั้นสุดท้าย ตลอดจนระยะเหนือฝ้าเพดานที่ต้องการสำหรับการเดินท่อ หรือเพื่อการติดตั้งงานระบบต่าง ๆ ด้วย

พื้น ที่ใช้กับโครงสร้างหลักมีอยู่หลายระบบ ได้แก่

ก. พื้นไม้บนตงเหล็ก

พื้นไม้แต่เดิมนิยมใช้กับโครงสร้างไม้เท่านั้น ต่อมาเมื่อนิยมใช้โครงสร้าง ค.ส.ล. แทนไม้ก็มีการนำพื้นไม้มาปูบนพื้นคอนกรีต โดยอาจมีตงไม้ หรือไม้คร่าววางบนพื้นคอนกรีตก่อนที่จะปูพื้นไม้ตามปกติ หรืออาจปูแผ่นไม้บนพื้นคอนกรีตโดยตรงโดยใช้ตะปูยึดติดกับทุกไม้ที่ฝังอยู่ในพื้นคอนกรีต หรืออาจยึดติดบนพื้นคอนกรีตด้วยกาวในลักษณะของพื้นไม้ปาเก้

การนำพื้นไม้มาใช้กับโครงสร้างเหล็ก สามารถใช้เหล็กไลท์เกจ หรือ เหล็กขึ้นรูปเย็นแทนตงไม้ได้โดยตรง แต่การยึดพื้นไม้เข้าลิ้นติดกับตงเหล็กไม่สามารถดกตะปูได้โดยตรงเหมือนกับตงไม้ จึงต้องมีไม้ขนาด $1\frac{1}{2} \times 3$ หรือ 2×4 รองเหนือตงเหล็ก หรือ ออกแบบเป็นตงองค์ประกอบระหว่างไม้กับเหล็ก เพื่อให้สามารถดกตะปูยึดไม้ได้ ในกรณีที่พื้นไม้ชนิดต่อชนหรือบังใบ ซึ่งไม่ต้องการความประณีตของพื้นผิวมากนัก ก็อาจใช้หมุดเกลียว หรือ สกรูชนิดพิเศษ (ควรใช้ชนิดที่กันสนิม) ยึดแผ่นไม้ติดกับตงเหล็กได้โดยตรง ถ้าเป็นพื้นระเบียงภายนอก ที่ใช้ไม้ขนาดใหญ่ (Wood plank) มีความหนามาก ก็อาจใช้สลักเกลียวที่ใช้กับงานไม้ (Agricultural bolts) ยึดติดกับตงเหล็กให้เป็นระเบียบเรียบร้อยก็ได้

ข. พื้นคอนกรีตรองรับด้วยคานเหล็ก หรือตงเหล็ก

แผ่นพื้นคอนกรีตปกติสามารถใช้คานเหล็ก หรือตงเหล็กรองรับ (Support) แผ่นพื้นได้โดยตรง แต่รายละเอียดการเสริมเหล็กของพื้น ค.ส.ล. และการทำรอยต่อระหว่างแผ่นพื้นกับโครงสร้างเหล็กจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับระบบโครงสร้าง ระดับพื้นของแผ่นพื้น และระบบพื้น ที่ออกแบบหรือนำมาใช้งานตามแต่กรณี

แผ่นพื้น ค.ส.ล. ปกติที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป จะมีการเสริมเหล็กเป็น 2 ระบบคือ แผ่นพื้นเสริมเหล็กรับแรงทางเดียว (One-way slab) และแผ่นพื้นเสริมเหล็กรับแรงทั้งสองทิศทาง (Two-way slab) ซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับระบบตงเหล็ก คานเหล็ก หรือโครงสร้างที่รองรับของแผ่นพื้น (support) ด้วยคานเหล็กจึงอาจออกแบบใช้รองรับแผ่นพื้นที่ขอบพื้นสองคาน หรือ ทั้งสี่ด้านก็ได้ ขึ้นอยู่กับระบบโครงสร้างโดยรวม และชนิดของแผ่นพื้นที่ใช้

การถ่ายแรงในระบบโครงสร้างอาคาร จึงอาจแตกต่างกันได้ ดังนี้

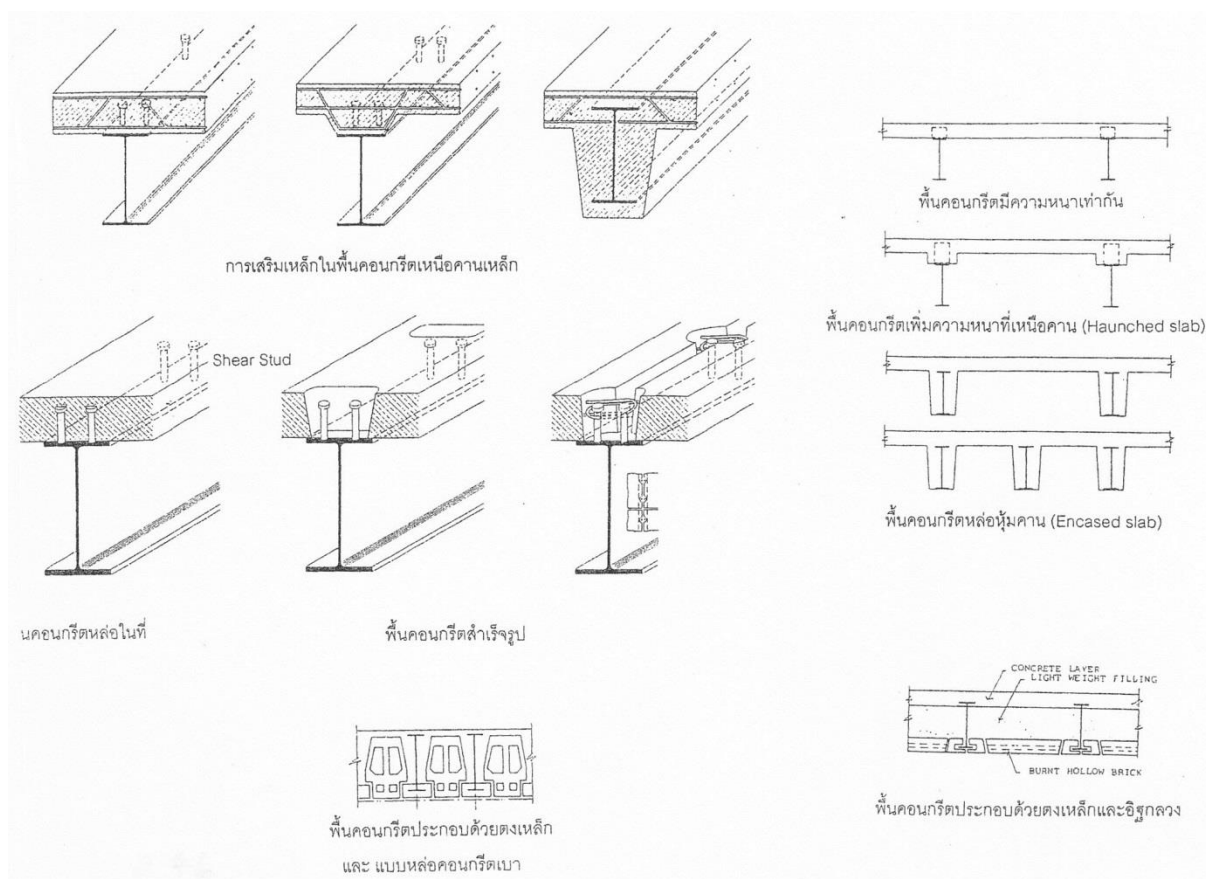
1. ถ่ายแรงหรือน้ำหนัก จากแผ่นพื้นคอนกรีตลงสู่ ตงเหล็ก คานเหล็ก และ เสาหรือผนังรับน้ำหนักตามลำดับ
2. ถ่ายแรง จากแผ่นพื้นคอนกรีตลงสู่ คานเหล็ก และเสาหรือผนังรับน้ำหนัก ตามลำดับ
3. ถ่ายแรงจากแผ่นพื้นคอนกรีตสู่เสาเหล็ก หรือ ผนังรับน้ำหนัก โดยตรง ฯลฯ

การออกแบบอาจให้แผ่นพื้นวางตั้งอยู่บนตงหรือบนคานแบบธรรมดา ซึ่งเรียกว่า “Simple Support” หรือ อาจออกแบบให้พื้นคอนกรีตรับแรงร่วมกับตง หรือคานเหล็กเพื่อให้เกิด “Composite Action” ก็ได้ คือเป็นระบบพื้นองค์ประกอบ (Composite floor) นั่นเอง

การทำรอยต่อระหว่างพื้นคอนกรีตกับคานเหล็ก หรือการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นคอนกรีตเหนือจุดรองรับ ในกรณีหลัง จะแตกต่างออกไปจากกรณีแรก เช่น มีการใช้ตัวรับแรงเฉือน (Shear Stud) ติดไว้เหนือคานเหล็ก เป็นต้น

ชนิดและระบบของพื้น ค.ส.ล. ที่นิยมใช้กับโครงสร้างเหล็ก

1. พื้นคอนกรีตรองรับด้วยคานเหล็ก ระบบพื้นที่ประหยัดคือ ใช้แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ทาง มีคานเหล็กรองรับทั้ง 2 คาน ช่วงพาดที่เหมาะสมอยู่ในช่วงประมาณ 2.5 ถึง 4.00 เมตร โดยมีสัดส่วนของแผ่นพื้นเป็นรูปใกล้เคียงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (สัดส่วนด้านกว้างต่อคานยาวไม่ควรเกิน 1 : 2) การทำรอยต่อระหว่างพื้นกับคานเหล็ก อาจมีการเสริมเหล็กพิเศษบริเวณเหนือคาน เพื่อรับโมเมนต์ และแรงเฉือนที่เกิดขึ้นเหนือจุดรองรับ (Support) ด้วยในต่างประเทศนิยมใช้ “Shear Stud” ยึดพื้นติดกับคาน



รูปที่ 2.46 ระบบพื้นคอนกรีต ที่ใช้ร่วมกับโครงสร้างเหล็ก

2. พื้นองค์ประกอบรูปตัวที (T-composite slab) พื้นระบบนี้จะออกแบบให้แผ่นพื้นคอนกรีตรับแรงกับตงเหล็ก (Composite floor) ในลักษณะรูปตัวที (T-slab) หรือพื้นตงถี่ (Rib slab) เป็นระบบพื้นทางเดียวที่ประหยัด

3. พื้นคอนกรีตสำเร็จวางบนคานเหล็กหรือตงเหล็ก แบ่งได้เป็น 2 ระบบได้แก่

ก. พื้นคอนกรีตบล็อก (อิฐกลวง หรือ แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปขนาดเล็ก) ใช้ร่วมกับตงเหล็ก รูปตัวที ระบบนี้ใช้กับอาคารพักอาศัย รับน้ำหนักเบาถึงปานกลาง แต่ในประเทศไทยนิยมใช้ตง คอนกรีตอัดแรง รูปตัวที แทนตงเหล็ก

ข. พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปวางบนคานเหล็ก แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปที่ผลิตขายในท้องตลาด มีอยู่หลายชนิดเช่น

- พื้นแผ่นเรียบ (Solid plank)
- พื้นรูปตัวที (T-slab)
- พื้นคอนกรีตกลวง (Hollow core slab)
- พื้นรูปตัวยู (U-slab)
- พื้นรูปตัวที 2 ตัว (Double tee slab)

พื้นสำเร็จรูปแต่ละชนิด จะมีขนาด และความลึกต่างกัน ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ที่ใช้กับอาคารทั่ว ๆ ไป หนาประมาณ 7 ถึง 45 ซม. ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับช่วงพาด และน้ำหนักบรรทุกของอาคาร ใช้ได้ดีทั้งกับอาคารพักอาศัย และอาคารสาธารณะ ซึ่งมีช่วงพาดประมาณ 3.00 ถึง 9.00 เมตร ถ้าเพิ่มความลึกก็สามารถพาดช่วงได้กว้างขึ้นอีก เช่น ระบบพื้นที่ใช้กับอาคารขนาดใหญ่ ท่าเรือ หรือโครงสร้างของทางด่วน และทางยกระดับ เป็นต้น

การวางแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปบนคานเหล็ก วิศวกรโครงสร้างอาจออกแบบให้วางไว้เฉย ๆ หรือยึดติดกับปีกของคาน โดยใช้สลักเกลียว ใช้ “Shear Stud” หรือใช้เหล็กเสริมยึดคานติดกับแผ่นพื้นที่ได้

พื้นระบบนี้นิยมใช้เป็นระบบพื้นพาดช่วงทางเดียว ตามแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ผลิตขายในท้องตลาด แต่อาจออกแบบให้เป็นระบบพื้นพาดช่วงสองทางก็ได้

2.3.5 ตงเหล็กที่ใช้รองรับพื้น

ตงเหล็กที่ใช้กับระบบพื้น มีรูปตัดหลายหลายชนิด ที่นิยมใช้กันทั่วไปได้แก่

- ตงเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ นิยมใช้เหล็กรูปตัดขนาดเล็ก (Light section, Light gages หรือ Cold formed steel section) ซึ่งผลิตขึ้นมาใช้ในอาคารเล็กทั่ว ๆ ไป แต่สำหรับอาคารสาธารณะควรใช้เหล็กปีกกว้าง คานรูปตัวไอ รูปรางน้ำ รูปตัวที หรือเหล็กฉากแทน

- ตงเหล็กประกอบ (Built-up section) และ ตงเหล็กองค์ประกอบ (Composite section)

- ตงเหล็กถัก (Open-web joist) เป็นตง หรือคานชอยที่ประกอบขึ้นจากเหล็กรูปพรรณขนาดเล็กในลักษณะของโครงถัก (Trusses) ใช้กับพื้นซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกเบา ถึงปานกลางแต่สามารถพาดช่วงได้กว้างกว่าตงเหล็กทั่ว ๆ ไป

2.3.6 คานเหล็ก

อาจใช้รองรับคอง หรืออาจรองรับแผ่นพื้นโดยตรง ขึ้นอยู่กับระบบโครงสร้างและชนิดของพื้นซึ่งเลือกใช้ โครงสร้างเหล็กที่ใช้ทำหน้าที่เป็นคาน (Beam) หรือคานเหล็ก (Girder) มีอยู่หลายชนิดด้วยกันเช่น

- เหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่มีขายในท้องตลาดทั่ว ๆ ไป ได้แก่ เหล็กปีกกว้าง เหล็กไอบีม เหล็กกรูปรางน้ำ และเหล็กรูปตัดอื่น ๆ ส่วนใหญ่ใช้พาดช่วง 6 ถึง 12 เมตร
- คานเหล็กประกอบ (Built-up section) และคานเหล็กประกอบ
- คานแผ่นเหล็กเชื่อมประกอบ (Welded plate girder) มีรูปร่างเหมือนปีกกว้าง โดยอาจมีแผ่นเหล็กเสริมทางด้านข้าง (Stiffener) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง
- โครงถัก (Trusses) ประกอบขึ้นจากเหล็กรูปพรรณ โครงสร้างปกติ เป็นโครงรูปสามเหลี่ยมพาดช่วงได้กว้างและรับน้ำหนักได้มาก ตงเหล็กถัก (Open web joist) หรือคานเหล็กประเภทโครงถัก (Trusses) มีความลึกมาก แต่มีช่องว่างตรงกลาง (ในส่วนเอว หรือลำตัวของคาน) ให้สามารถเดินท่อ หรือติดตั้งระบบอุปกรณ์อาคารได้ด้วย

2.3.7 บันไดเหล็ก

บันไดเหล็กโดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับบันไดไม้ ซึ่งประกอบด้วยแม่บันได ลูกบันได (ลูกตั้งและลูกนอน) และราวบันได อาจเป็นบันไดทึบ หรือ บันไดโปร่งที่ไม่มีลูกตั้งก็ได้ หลักการออกแบบและเขียนแบบบันไดเหล็ก จึงใกล้เคียงกับบันไดไม้มาก

เหล็กเป็นวัสดุที่มีกำลังสูง และสามารถทำรอยต่อโครงสร้างที่จุดต่าง ๆ ให้มั่นคงแข็งแรงได้ง่าย จึงสามารถนำมาใช้ทำบันไดได้หลากหลายรูปแบบมากกว่าไม้ มีขนาดใหญ่กว่า พาดช่วงได้กว้างกว่าและมีส่วนยื่น (Cantilever) ได้มากกว่า เป็นต้น

โครงสร้างของบันไดเหล็ก

1. มีแม่บันไดอยู่สองข้าง ถ่าน้ำหนักลงสู่โครงสร้างหลักของอาคาร (คาน เสา หรือผนังรับน้ำหนัก) และมีลูกบันได (ลูกนอน และ/หรือลูกตั้ง) พาดช่วงระหว่างแม่บันได
2. มีแม่บันไดอยู่ตรงกลาง ถ่าน้ำหนักลงสู่คาน เสา หรือผนังรับน้ำหนัก และมีลูกบันไดยื่นออกทั้งสองข้างของแม่บันได
3. ลูกบันไดเป็นเสมือนโครงสร้างที่ยื่นออกจากเสาที่อยู่ตรงกลาง (บันไดเวียน) หรือยื่นออกจากคานที่ซ่อนอยู่ในผนังคานข้าง หรือ ยื่นออกจากผนังรับน้ำหนัก

ลักษณะลูกตั้งลูกนอนบันไดเหล็ก มีหลายแบบ

1. ลูกตั้ง ลูกนอนเป็นแผ่นทึบ พาดช่วงอยู่ระหว่างบันได
2. ลูกตั้ง ลูกนอนเป็นแผ่นทึบ วางอยู่บนแม่บันได
3. ลูกนอนเป็นเสมือนแผ่นพื้นที่ยื่นออกจากเสาหรือคาน

บันไดเหล็กจึงสามารถออกแบบได้หลากหลายรูปแบบ เห็นบันไดที่แข็งแรงและราคาประหยัด จึงนิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม แต่อาจออกแบบให้เป็นบันไดที่ประณีต หูหรา และมีความสวยงาม เพื่อใช้กับอาคารพักอาศัย สำนักงาน และอาคารศูนย์การค้า ก็ได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เหล็ก หรือ โลหะพิเศษ และวัสดุอื่นที่มีผิวสำเร็จประณีตสวยงาม นำมาประกอบขึ้นเป็นส่วนโครงสร้าง พื้นบันไดและราบบันได หรือหน้าบันได ได้ทั้งหมด

2.3.8 โครงหลังคาเหล็ก

เหล็กที่นิยมใช้แทนโครงสร้างไม้ สำหรับบ้านพักอาศัยหรืออาคารขนาดเล็กในประเทศไทย ปัจจุบันคือ เหล็กฉาก และเหล็กโล่ท่เกจ โดยมีระบบโครงสร้างที่เลียนแบบหรือเหมือนกับโครงสร้างไม้นั้นเอง มักนิยมใช้เหล็กรูปตัวซี (Light lip channel หรือ Light channel) แทนจันทันไม้ อักไก่ไม้ และ อะเสไม้ ใช้เหล็กฉากหรือแปเหล็กชุบสังกะสีแทนแปไม้หรือระแนงไม้ เป็นต้น เนื่องจากเหล็กมีกำลังสูงกว่าไม้มาก ทำรอยต่อได้ง่ายและแข็งแรงกว่าไม้ จึงสามารถนำมาใช้แทนโครงสร้างไม้ได้ดี รับน้ำหนักได้มากกว่า มีส่วนอื่นและ สามารถสร้างรูปทรงหลังคาได้หลากหลายรูปแบบมากกว่า ในปัจจุบัน อาคารพักอาศัย หรือบ้านจัดสรรในเมืองแทบทุกโครงการได้ใช้เหล็กโล่ท่เกจแทนไม้แปรูปแทบทั้งสิ้น อนึ่งถ้าออกแบบโครงหลังคาเป็นระบบโครงถัก (Roof trusses) แทนการใช้จันทัน ก็สามารถใช้อีกฉาก ท่อเหล็กดำ หรือ เหล็กโล่ท่เกจประกอบเป็นโครงจั่วให้พาดช่วงได้กว้างกว่าระบบโครงสร้างไม้ที่เคยใช้กันทั่วไป

2.3.9 เหตุผลสำคัญที่ทำให้มีการใช้เหล็กก่อสร้างบ้านแทนคอนกรีต

จากการศึกษาและการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการและผู้ก่อสร้างที่เปลี่ยนไปใช้โครงสร้างเหล็กแทนคอนกรีตถึงข้อดีของระบบที่ตนเลือกใช้ สรุปได้ดังนี้

1. สร้างได้รวดเร็วกว่าประมาณ 1-3 เท่า ช่วยให้ส่งมอบบ้านได้ทันตามกำหนด
2. ราคาก่อสร้างบ้านใกล้เคียงกันหรือสามารถแข่งขันกับคอนกรีตได้
3. ไม่มีเสาโผล่จากผนัง (Lightweight steel framing) ทำให้ตกแต่งภายในได้ง่ายและดูเรียบร้อยกว่า
4. เดินท่อสายไฟ หรืองานท่อนอื่น ๆ ซ่อนในผนังได้ง่ายและเรียบร้อยกว่ามาก สำหรับระบบผนังกลวงหรือชนิดที่ไม่มีโครงคร่าว
5. ประหยัดพลังงานได้มากกว่าบ้านผนังก่ออิฐฉาบปูน (ผนังมีช่องอากาศ หรือมีฉนวนบรรจุอยู่ระหว่างโครงคร่าว

2.4 การศึกษาอาคารตัวอย่างประเภทเดียวกัน

(1) บ้าน Modular LYNN CABIN



รูปที่ 2.47 บ้าน MODULAR LYNN CABIN

บ้านสร้างเสร็จพร้อมประกอบในที่ที่ต้องการส่วนต่อขยาย เช่นห้องทำงาน ห้องพักผ่อน บ้านพักตากอากาศ ห้องจัดเลี้ยง โดยประกอบสำเร็จรูปจากโรงงาน ด้วยโครงสร้างที่แยกส่วน นำไปประกอบสำเร็จรูปจากโรงงานด้วยโครงสร้างที่แยกส่วน นำไปประกอบใหม่อย่างรวดเร็ว ด้วยการออกแบบใหม่ให้ดูทันสมัย แตกต่างจนดูเหมือนที่พักอาศัยอย่างแท้จริง

ใช้โครงสร้างหลักเป็นโลหะที่เชื่อมต่ออย่างแข็งแรงปลอดภัย มีรูปแบบสไตล์การตกแต่งให้เลือกหลากหลายบนโครงสร้างเดียวกันด้วยวัสดุตกแต่งคุณภาพสูง สามารถปรับเปลี่ยนต่อเติมได้เพียงการเตรียมหน้างานด้วยพื้นคอนกรีตเรียบที่แข็งแรง พร้อมทั้งระบบไฟฟ้าและสุขาภิบาล LYNN CABIN จะถูกนำมาประกอบบนพื้นที่ในเวลาที่รวดเร็ว

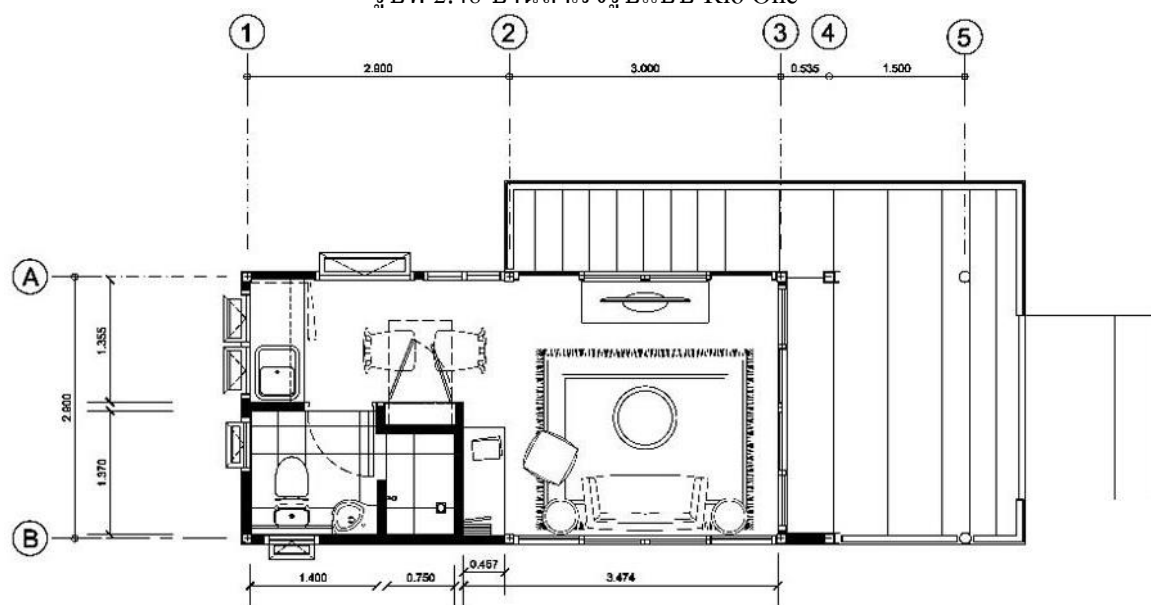
บ้านสำเร็จพร้อมประกอบในที่ของ LYNN CABIN มีพื้นที่ใช้สอยให้เลือก 3 แบบ คือ ขนาด 31, 41.5, และ 65 ตารางเมตร ตัวบ้านมี 3 ดีไซน์ให้เลือก โครงสร้างเหล็ก บานประตู-หน้าต่างอะลูมิเนียม พร้อมกระจกเขียวตัดแสงที่สามารถทำความสะดวกตัวเองได้ ภายในปูพื้นลามิเนต ส่วนงานระบบไฟฟ้าและประปา ฝังอยู่ในผนังเรียบร้อยพร้อมใช้งาน

ระยะเวลาการผลิต : ประมาณ 30 วัน

ติดตั้งหน้างาน : ประมาณ 7 วัน

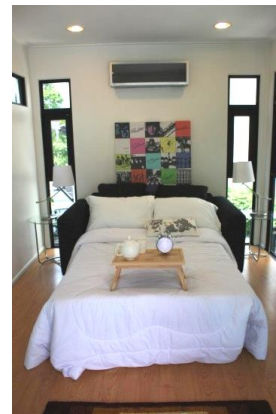
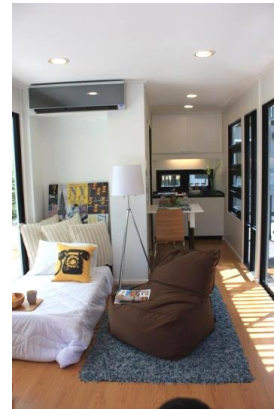


รูปที่ 2.48 บ้านสำเร็จรูปแบบ Rio One

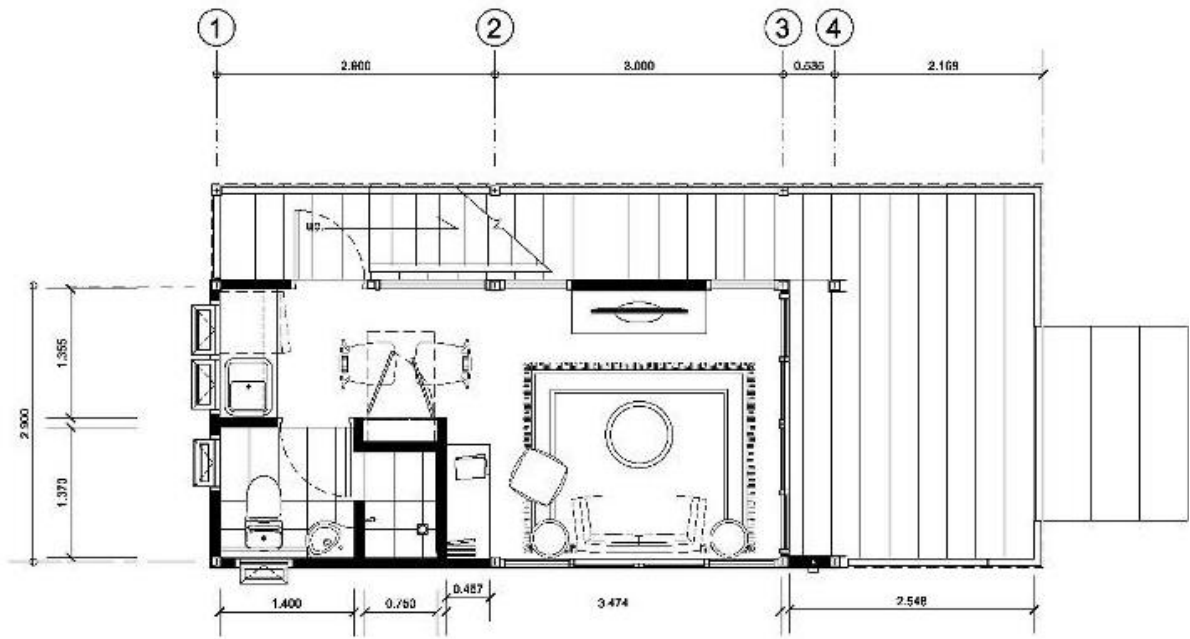


รูปที่ 2.49 แปลนบ้านสำเร็จรูปแบบ Rio One

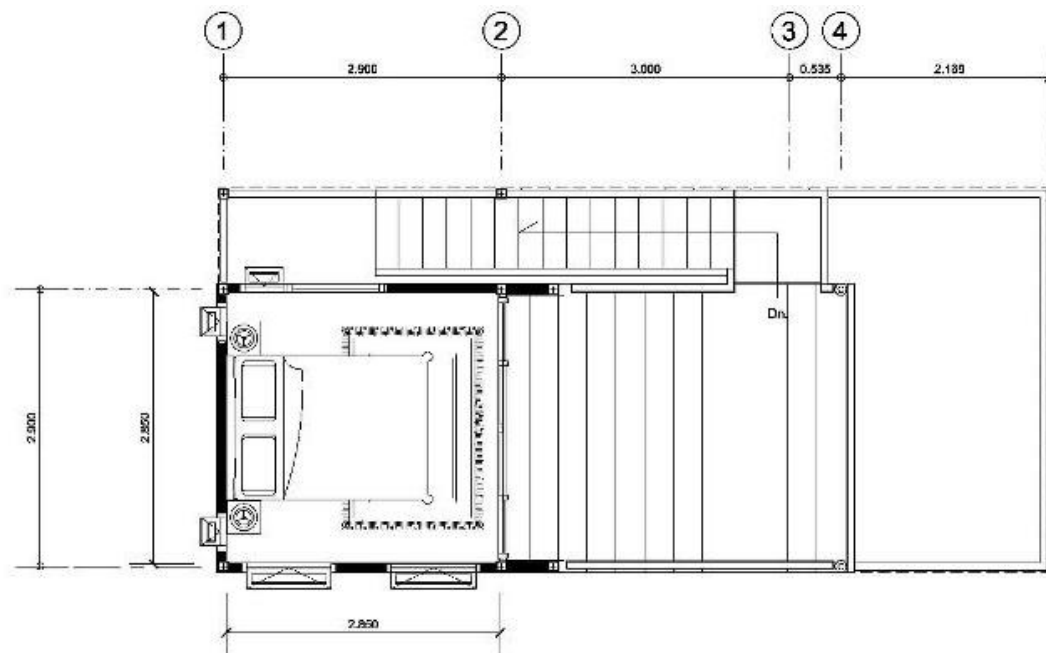
(2) บ้านสำเร็จรูปแบบ Rio Two



รูปที่ 2.50 แปลนบ้านสำเร็จรูปแบบ Rio Two



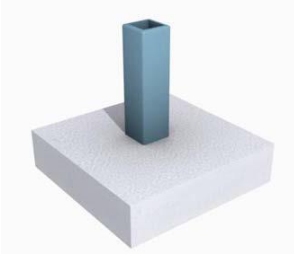
แปลนชั้น 1



แปลนชั้น 2

รูปที่ 2.51 แปลนชั้นล่างและชั้นบน บ้าน RIO TWO

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของอาคาร

รายการ	รูปภาพ	spec
ฐานราก		คอนกรีตเสริมเหล็ก
ต่อม่อ โครงสร้างอาคาร โครงสร้าง หลังคา โครงสร้าง ห้องน้ำ	 	เหล็กรูปพรรณ: (ลงสีกันสนิมชนิดกันน้ำทะเล) เหล็กรูปพรรณเกี่ยวกับงาน โครงสร้างเหล็กรูปพรรณมีความ ทนทาน และแข็งแรงมาตรฐาน มอก.วัสดุที่เลือกเป็นวัสดุ สำเร็จรูปที่มีความแข็งแรง และ ทนทาน ต่อสภาพอากาศ
หลังคาฉนวน ป้องกันความ ร้อน		หลังคาฉนวนป้องกันความร้อน และฝน : ฉนวนกันความ ร้อน cool wall กันความร้อน ไม่ ลามไฟ

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของอาคาร (ต่อ)

รายการ	รูปภาพ	spec
ผนังภายใน		ผนังภายใน fiber cement หนา 8 mm. สามารถเจาะแขวน อุปกรณ์ ต่างๆ ได้ รับน้ำหนัก ได้ถึง 100 kg.
ผนังภายนอก		ผนังภายนอก smart board / วีวบอร์ด
พื้น		พื้น ไม้ลามิเนต ด้านล่างปูด้วย flooring board รับน้ำหนักได้ถึง 250 kg/square meter.
ประตู-หน้าต่าง		ประตู-หน้าต่าง Aluminium กระจกตัดแสง ประตูห้องน้ำ PVC

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของอาคาร (ต่อ)

รายการ	รูปภาพ	spec
ไฟฟ้า		สาย TWH สาย TV/TELเมน ภายในเบอร์4/เบรกเกอร์1ตัว
ประปา		PVC.ตราช้าง (ภายใน) PVC 4 หุน
สุขภัณฑ์		American Standard/Cotto/ Nahm หรือเทียบเท่า

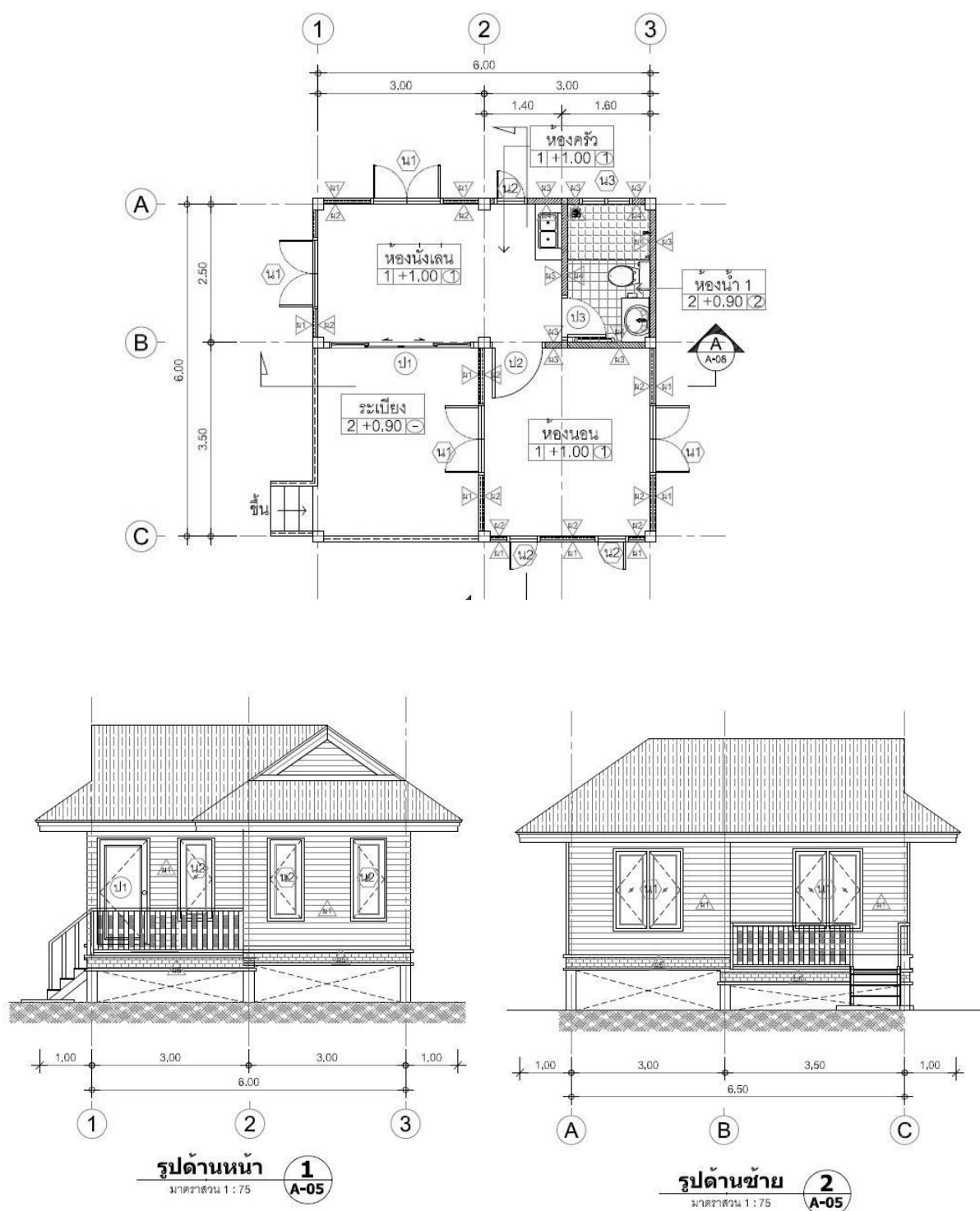
ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของอาคาร (ต่อ)

รายการ	รูปภาพ	spec
ระบบบำบัด		บ่อเกรอะ บ่อซึม /ถังแซก

(3) แบบบ้านสำเร็จรูป G-036

- แบบบ้านสวน ยกสูง พื้นคอนกรีต ผนัง โครงเหล็กปิดด้วยไม้ฝาฉลอร่า
- พื้นที่ใช้สอย 36 ตารางเมตร
- หน้ากว้าง 6.00เมตร x ลึก 6.00 เมตร
- 1 ห้องนอน 1 ห้องน้ำ

- ประมาณราคาก่อสร้าง 2.7-3 แสนบาท (ราคาก่อสร้างขึ้นอยู่กับราคาวัสดุก่อสร้างซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้และราคาค่าแรงรับเหมา)



รูปที่ 2.52 แปลนและรูปด้านบ้าน G-306



งานเตรียมฐานคอนกรีตเสริมเหล็ก



การผูกเหล็กสำหรับพื้น



ก่อนเทคอนกรีตวางระบบสุขาภิบาล



การขนส่งผนังอลูมิเนียมมายังพื้นที่ก่อสร้าง



ติดตั้งผนังอลูมิเนียม



ติดตั้งโครงหลังคา



รอยต่อระหว่างโครงเหล็กอลูมิเนียมใช้น็อตเชื่อมต่อ



ติดตั้งประตูหน้าต่าง

รูป 2.53 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้าน G-306



มุงหลังคา



ใส่ฉนวนกันความร้อน



ติดตั้งงานระบบต่างๆ



ติดตั้งผนังภายใน ซ่อนงานระบบไฟ



ติดตั้งผนังภายในด้วยยิปซัมบอร์ด โป้วปิดหัวน็อต



ติดตั้งฝ้าเพดาน



ซ่อนงานระบบไฟฟ้าไว้บนฝ้าเพดาน



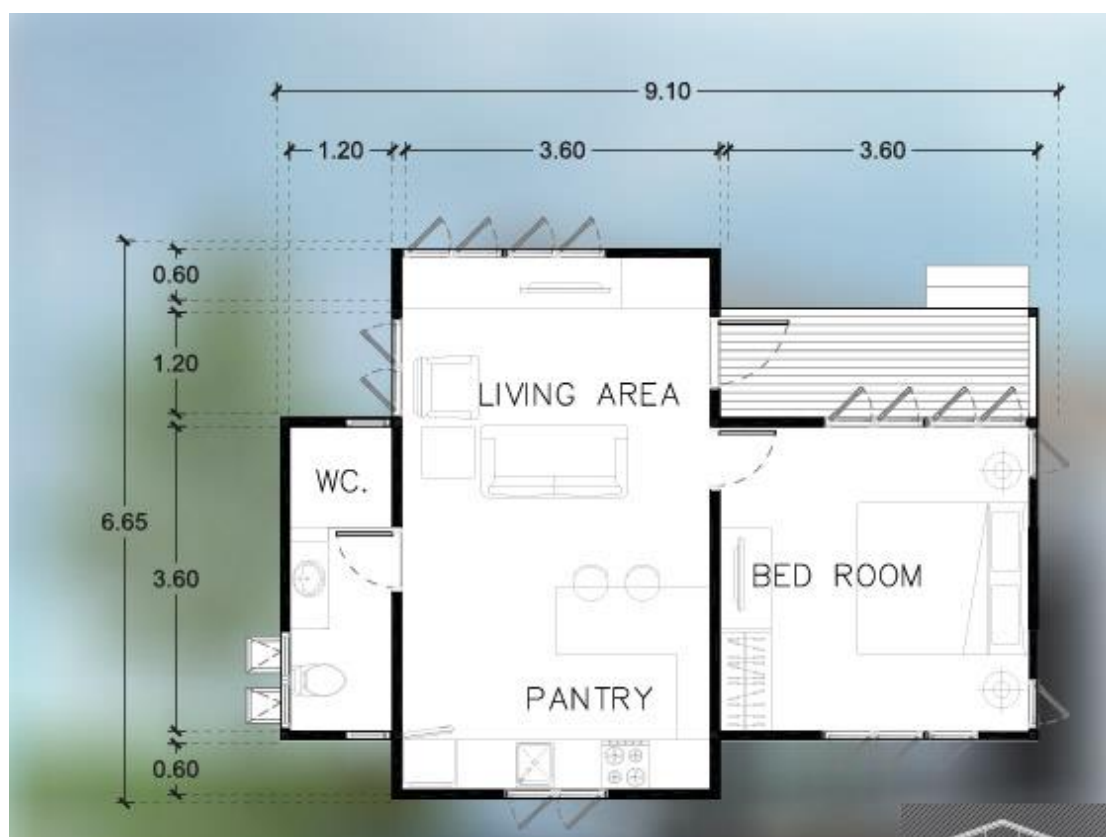
ทาสีผนังภายนอกบ้าน

รูป 2.53 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้าน G-306 (ต่อ)

(4) บ้านโครงสร้างสำเร็จรูป โมดูลาร์



แปลน



รูปที่ 2.54 แปลนและรูปทรงอาคารบ้านโมดูลาร์

โครงสร้างบ้านโมดูลาร์

“บ้านโครงสร้างเหล็ก” เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่น่าสนใจในการก่อสร้าง ถือเป็นการปฏิวัติรูปแบบเดิมๆ ที่มักจะสร้างบ้านด้วยโครงสร้างเสาคานคอนกรีตแบบเดิมๆ มาเป็น “บ้านโครงสร้างเหล็ก” นวัตกรรมใหม่ ที่เกิดขึ้นภายใต้การคิดค้นและพัฒนาของบริษัท เหล็กสยามยามาโตะ จำกัด บริษัทในเครือปูนซิเมนต์ไทย

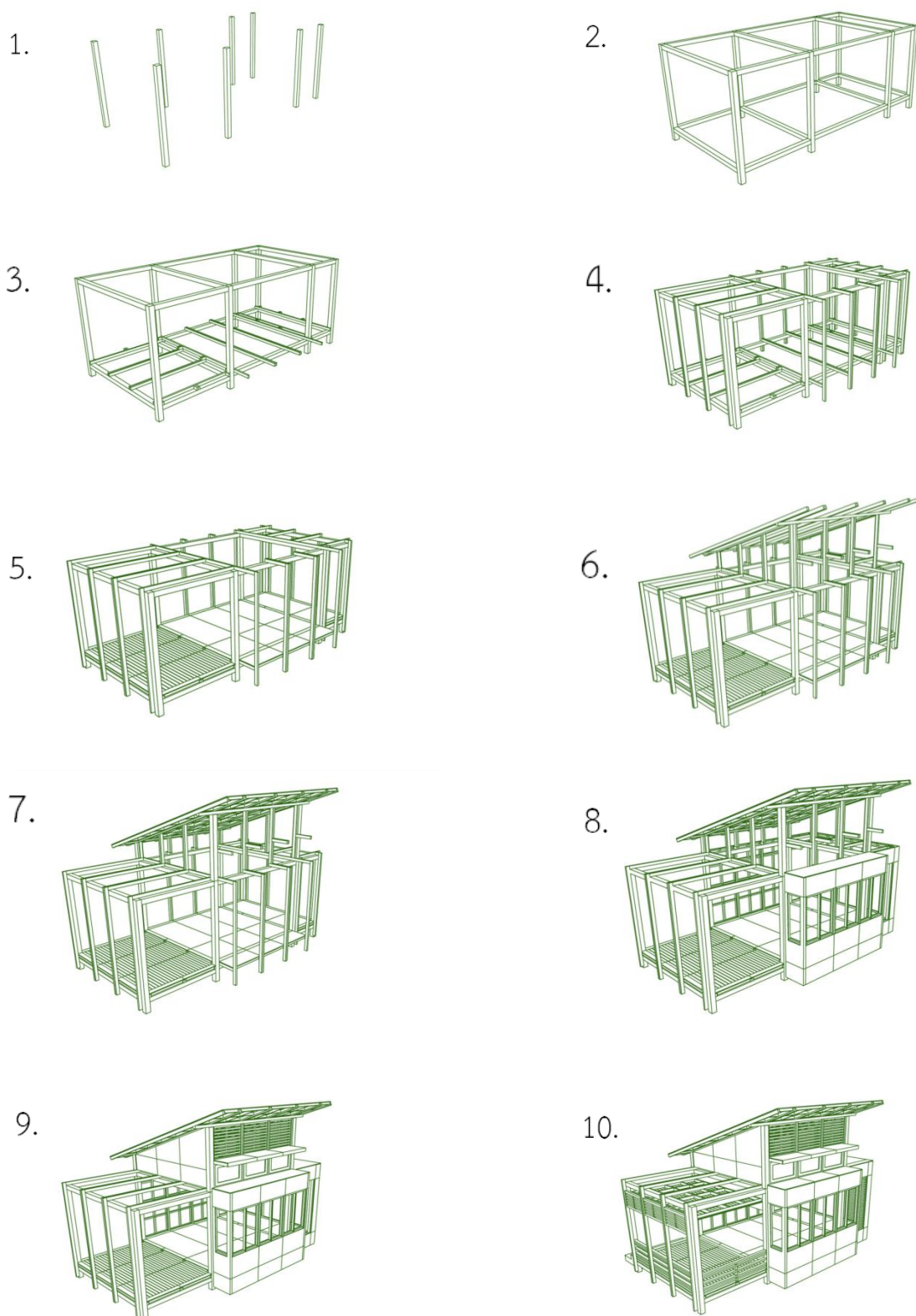
“บ้านโครงสร้างเหล็กด้วยระบบ Knock Down ของเรา จัดเป็นนวัตกรรมใหม่ที่เราทำเป็นรายแรกและรายเดียวของประเทศไทย เทคโนโลยีนี้เป็นการนำเทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารสูงมาสร้างเป็นบ้านพักอาศัย โดยใช้เหล็กที่มีคุณสมบัติพิเศษเป็นโครงสร้างหลักเสาและคาน เพื่อทดแทนการใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแบบเดิมๆ” คุณอัคริช ปทุมานนท์ ผู้จัดการฝ่ายการตลาด บริษัทเหล็กสยามยามาโตะ จำกัด เล่าถึงบ้านโครงสร้างเหล็กสยามยามาโตะ นวัตกรรมใหม่ที่สร้างความตื่นตัวให้กับวงการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ในเวลานี้

บ้านโครงสร้างเหล็ก Modular House เป็นระบบการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างเหล็กแบบ Knock Down โดยใช้เสาคานเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ซึ่งเจาะรูสำเร็จรูปยึดและต่อด้วยระบบสลักเกลียว (Bolt & Nut) และเหล็กฉาก Angle Joint โดยมีขนาดและความยาวมาตรฐานของเสาและคาน พร้อมทาสีมาจากโรงงาน

“ข้อดีของระบบการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างเหล็กแบบนี้ ที่สำคัญคือเป็นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่มีขนาดและความยาวมาตรฐาน สามารถหาซื้อได้ง่ายและนำไปประกอบได้ทันที”

บ้านสำเร็จรูปโครงสร้างเหล็ก ที่มีการวางแผนการก่อสร้างทั้งแบบและวัสดุมาจากโรงงานโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ออกแบบ ช่วยคำนวณขนาดชิ้นส่วนวัสดุและจำนวน เพื่อสร้างบ้านที่มีความแข็งแรงทนต่อสภาวะแผ่นดินไหว น้ำท่วม และภัยพิบัติต่างๆ สาเหตุที่เรียกบ้านนี้ออคดาวน์ ปัจจุบันในเมืองไทยยังไม่คุ้นกับคำว่าบ้านสำเร็จรูปโครงสร้างเหล็กหรือ บ้านระบบโมดูลาร์มากนักทำให้ฝ่ายการตลาดของเราต้องดึงคำว่าบ้านนี้ออคดาวน์มาใช้ข้อแตกต่างระหว่างบ้านนี้ออคดาวน์กับบ้านสำเร็จรูปโครงสร้างเหล็กคือ นี้ออคดาวน์นำไปขึ้นๆ ไปขันประกอบหน้างาน แต่บ้านสำเร็จรูปคือการสร้างบ้านใหม่ทั้งหลังโดยไปทำหน้างานทั้งหมด โครงสร้างทั้งหมดเชื่อมติดเป็นเนื้อเดียวกันยากแก่การถอดประกอบใหม่ โดยอายุการใช้งานนานเทียบเท่าบ้านสำเร็จรูปโครงสร้างปูน(บ้านปูน-บ้านจัดสรรทั่วไป)

ขั้นตอนการก่อสร้าง



รูปที่ 2.55 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้านโมดูลาร์

วัสดุงานก่อสร้างบ้านโมเดิร์น

- หลังคาลอนคู่/ไตรลอน (สามารถรองรับการเกิดพายุลูกเห็บได้)
- ผนังด้านนอก ใช้ไม้ฝาเฌอร์รา / แผ่นเรียบสำหรับบ้านทรง MODERN
- ผนังด้านใน ใช้สมาทบอร์ดหรือเฌอร์ราบอร์ด หนา 6mm.
- ผนังห้องน้ำ ปูกระเบื้องสูง 1.5m.
- พื้นใช้แผ่นพื้นสำเร็จพร้อมปูกระเบื้องขนาด 8x8 นิ้ว (ตารางเมตรละ 140 บาท)
- หน้าต่างไม้จริง/อลูมิเนียมขอบขาวบานเลื่อนรอบตัวบ้าน ขนาด 40x150cm./60x110cm. (ราคาบานขึ้นอยู่กั จำนวนและขนาดหน้าต่าง)
- ประตูหน้าประตูไม้จริง หรืออพสเปกเป็นบานสไลด์คู่ ขนาด มาตรฐาน 90x210cm.x2บาน(9000 บาท) หรือ ขนาดมาตรฐาน 90x210cm.x4บาน (15,000บาท)
- ฝ้าแผ่นฝ้ายิบซัมฉาบเรียบ
- เดินน้ำ-ไฟภายในบ้านพร้อม บ่อเกรอะบ่อน้ำเสีย
- โครงสร้างหลักเหล็กกล่องขนาด 4 นิ้ว ทาสีกันสนิมพร้อมสีน้ำมันเคลือบเพื่อยืดอายุการใช้งาน
- สุขภัณฑ์ มูลค่ารวม 1 ห้อง = 3-5000 บาท(ขึ้นอยู่กับขนาดบ้าน)

วัสดุหลักในการก่อสร้าง

1. โครงสร้างบ้านใช้เสาบ้านเหล็กกล่องขนาด 5 นิ้ว โครงบ้านหลักๆเหล็กกล่องขนาด 2x4นิ้ว และเหล็กตัวซีสำหรับตัวชอย โครงสร้างของเราได้ผ่านการตรวจสอบและรับรองจากสถาบันในต่างประเทศแล้ว สามารถรองรับการเกิดแผ่นดินไหวได้ในระดับ 5-6 ริกเตอร์ มีความแข็งแรงและคงทนต่อบ้านปูนทั่วไป (รับประกันโครงสร้าง 3 ปี)

2. หลังคากระเบื้องไตรลอน สามารถทนต่อลมพายุและฝนฟ้าคะนองได้มากกว่าบ้านไม้ทั่วไป เนื่องจากทางเราได้คิดค้นและออกแบบสันครอบซีเมนต์ที่เป็นเอกลักษณ์ สามารถเคลื่อนย้ายและขนส่งได้ โดยไม่ให้เกิดการร้าวซึม อีกทั้งยังทนต่อลมพายุได้ฝุ่นหรือพายุโซนร้อนได้เป็นอย่างดี รวมไปถึงช่องลมตามเขาต่างๆทั่วประเทศ เนื่องจากสันครอบซีเมนต์จะทำหน้าที่ล็อกกระเบื้องทุกแผ่นให้อยู่แน่นคงทนถาวร (รับประกันร้าวซึม 1 ปี)

3. ผนังด้านนอกใช้ไม้ฝาเฌอร์รา

4. ผนังด้านในใช้เฌอร์ราบอร์ดหนา 6 mm.

