

การออกแบบอาคารเพื่อการก่อสร้าง ในระบบอุตสาหกรรม

ตรึงใจ บุณยสมบัติ

การก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม (Industrialized System) คือการผลิตชิ้นส่วนประกอบอาคารจากโรงงาน แล้วนำชิ้นส่วนเหล่านั้นทั้งที่เป็นส่วนประกอบโครงสร้างและส่วนประกอบที่ไม่ใช่โครงสร้าง มาประกอบกันเข้าเป็นตัวอาคารด้วยอุปกรณ์เครื่องจักร ณ ที่ก่อสร้าง ต่างกับการก่อสร้างอาคารแบบดั้งเดิมซึ่งเริ่มสร้างและประกอบทุกส่วนของอาคารสำเร็จในที่ก่อสร้าง

การออกแบบอาคารระบบอุตสาหกรรมมีข้อกำหนดในการเลือก ระยะ ขนาด โครงสร้าง วัสดุและรูปแบบอาคาร โดยอาศัยหลักการของการประสานทางมิติ (dimensional coordination) ซึ่งเป็นการออกแบบที่ต้องใช้มาตรฐาน (standardize) นอกจากการออกแบบแล้ว การผลิตต้องมีคุณภาพและการก่อสร้างต้องอาศัยนายช่างและคนงานที่มีความรู้ความชำนาญในการประกอบติดตั้งมากกว่าการก่อสร้างแบบสำเร็จในที่

จุดมุ่งหมายของการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมโดยนำเอามาตรฐานและการประสานทางมิติมาใช้ เพื่อลดขั้นตอนของความยุ่งยากใน

ขณะที่ทำการก่อสร้าง สามารถทำการก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดเวลา แรงงาน และ ความสูญเสียของวัสดุ โดยสามารถเพิ่มคุณภาพ ประสิทธิภาพของการผลิต และขบวนการก่อสร้างได้มากขึ้น

สิ่งสำคัญในการออกแบบก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม คือ การวางแผนการดำเนินงานให้ถูกต้องตามขั้นตอน และการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากการก่อสร้างในระบบนี้ต้องอาศัยเทคนิควิทยาการและอุปกรณ์เครื่องจักรมากกว่าการก่อสร้างแบบสำเร็จในที่ ผู้ออกแบบอาคารซึ่งเป็นสถาปนิก จึงควรที่จะทำงานควบคู่ไปกับวิศวกรผู้ออกแบบโครงสร้าง และวางแผนดำเนินงานการก่อสร้าง รวมทั้งวิศวกร นายช่างผู้ควบคุมการ ปฏิบัติงาน การก่อสร้าง ทั้งนี้เพื่อขจัดปัญหาต่าง ๆ อันจะเกิดขึ้นได้เนื่องจากความไม่เข้าใจในงาน ซึ่งต่างก็มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันเป็นลูกโซ่ อาจทำให้การทำงานต้องประสบกับปัญหาต้องแก้ไขเพิ่มเติมงานที่ควรจะง่ายอาจกลายเป็นยากและเกิดการเสียหายขึ้นได้

การออกแบบก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม สามารถแบ่งการทำงานออกเป็นหลายระดับ คือ การออกแบบชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบอาคาร การออกแบบรอยต่อเพื่อการติดตั้งซึ่งอาจจะรวมไปกับแบบของส่วนประกอบอาคาร และการออกแบบตัวอาคารทางสถาปัตยกรรม

การออกแบบตัวอาคารนี้ สถาปนิกจะไม่แสดงเพียงระยะหรือขนาดของตัวอาคารเท่านั้น แต่จะต้องให้รายละเอียดของส่วนประกอบอาคาร ตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละชั้นแต่ละหน่วย ระยะที่เป็นพิภักดิ์ หรือระยะของส่วนประกอบ และแสดงการติดตั้งประกอบกันเข้าเป็นตัวอาคาร ด้วยภาพ 3 มิติด้วย

ขั้นตอนของการออกแบบก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม¹

1. ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (General Research)
2. กำหนดความต้องการ (Definition)
3. ตัดสินใจ (Decisions)
4. ออกแบบอาคาร ระบบการก่อสร้าง ชิ้นส่วน เทคนิคการประกอบ ขนส่ง
5. วางแผนและอำนวยความสะดวกการผลิต
6. การประกอบ (Fabrication)

1. ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (General Research)

มีข้อมูลที่จะต้องศึกษาค้นคว้าเพื่อเตรียมการออกแบบ ดังต่อไปนี้

- 1.1 สถานที่ก่อสร้างและสภาพแวดล้อม
- 1.2 ประโยชน์ใช้สอย
- 1.3 หลักการออกแบบ
- 1.4 ระบบโครงสร้างและวิธีการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม
- 1.5 การขนส่ง
- 1.6 การประสานทางมิติและการประสานทางพิภักดิ์
- 1.7 การดำเนินการตามขั้นตอน

1.1 สถานที่ก่อสร้างและสภาพแวดล้อม

ในการออกแบบอาคาร สิ่งแรกที่ต้องพิจารณาคือสถานที่ก่อสร้างและสิ่งแวดล้อม เพราะจะมีผลที่ทำให้งานก่อสร้างยากหรือง่าย และทำให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนก่อสร้างถูกหรือแพงขึ้นจากที่ควรจะเป็นไปได้ มีหัวข้อที่ควรพิจารณาคือ²

- Material Resource
- Technical Resource
- Material Storage
- Access & Utilities
- Site & Climate Condition
- Building Code & Local Law
- Time Limitation
- Social Impact
- Economic Condition & Escalation

สำรวจดูว่าสถานที่นั้นตั้งอยู่ ณ ที่ใด มีแหล่งที่ผลิตวัสดุก่อสร้าง หรือวัสดุที่จะ

นำมาผลิตอะไรบ้างสามารถจัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องจักรได้ขนาดไหน มีที่เก็บวัสดุก่อสร้างหรือไม่ ที่ตั้งใกล้หรือไกลจากโรงงานที่ผลิตหรือที่เก็บส่วนประกอบ การก่อสร้าง การขนส่งทำได้สะดวกหรือไม่ ทางรถเข้าออกแคบหรือกว้าง ทั้งนี้เพื่อพิจารณาถึงการใช้นิดและขนาดของส่วนประกอบอาคาร ตัวอย่างเช่น ถ้าทางเข้าออกของสถานที่นั้นเล็กและแคบ ก็ไม่สามารถที่จะใช้ส่วนประกอบขนาดใหญ่ หรือเสาเข็มขนาดยาว เพราะไม่สามารถเข้าไปยังที่ก่อสร้างได้ อาจต้องหาทางแก้ไขโดยการตั้งโรงงานผลิตในที่ก่อสร้าง ถ้าในที่ก่อสร้างมีขนาดเนื้อที่กว้างใหญ่ และมีการก่อสร้างเป็นจำนวนมากพอ มีการสาธารณูปการ เช่น ประปา ไฟฟ้า โทรศัพท์ พร้อม

Site & Climate Condition

ลักษณะดิน ต้องสำรวจพื้นผิวและดินชั้นล่างว่าเป็นดินชนิดใด เหมาะสมกับโครงสร้างประเภทไหน ต้องตอกเสาเข็มหรือไม่และขนาดสั้นยาวอย่างไร เช่น ถ้าสถานที่ที่ก่อสร้างอยู่ในที่ที่เป็นหิน หรือทรายก็ไม่มีควมจำเป็นที่จะต้องตอกเข็มเป็นต้น

สภาพแวดล้อมข้างเคียง ถ้าที่ตั้งอยู่ในเมือง ให้สำรวจดูว่ามีอาคารข้างเคียงที่อยู่ติดกับที่ก่อสร้างหรือไม่ และเป็น

อาคารเดี่ยวหรือสูง มีกิจกรรมภายในอาคารอย่างไร เวลาใด ทั้งนี้เพื่อกำหนดรูปแบบอาคาร ระบบและวิธีการก่อสร้าง รวมทั้งการติดตั้งส่วนประกอบอาคาร ตัวอย่างเช่น ถ้ามีอาคารอยู่ติดกับที่ก่อสร้าง เสาเข็มที่ใช้จะต้องเป็นเข็มเจาะ (Bored Pile) แทนการตอกเข็ม เพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนและเสียงที่เกิดจากการตอกเข็ม มิให้เป็นที่ยอมรับแก่อาคารข้างเคียง ถ้ามีอาคารสูงอยู่ติดที่ก่อสร้าง จะต้องร่นส่วนที่เป็นอาคารสูงในที่ก่อสร้างถอยห่างออกมาเพื่อความสะดวกในการใช้เครื่องมือยกชิ้นส่วน และป้องกันอุบัติเหตุซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในขณะที่ทำการก่อสร้าง

ถ้าที่ตั้งอยู่นอกเมือง ต้องดูว่าอยู่ริมน้ำ อยู่ในป่าหรือภูเขา อยู่ชายทะเลที่มีลมแรง หรืออยู่ในบึงโคลนที่มีระดับต่ำซึ่งทำให้ต้องยกอาคารขึ้นสูงด้วยเสาถอยหรือทำม่นรับน้ำหนักเป็นห้องใต้ดิน สิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดโครงสร้างและส่วนประกอบ ซึ่งจะมีผลกับรูปแบบอาคาร

ดินฟ้าอากาศ ลม ฝน อุณหภูมิ และความชื้น มีอิทธิพลกับโครงสร้างและส่วนประกอบอาคาร โดยเฉพาะแนวรอยต่อ ตัวอย่างเช่น อาคารในภาคกลางของประเทศไทย ที่มีอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิในช่วงกลางวันและกลางคืนไม่แตกต่างกันนัก

ต้องการอาคารที่มีลักษณะโปร่ง เบา ใช้วัสดุที่ไม่เก็บสะสมความร้อน โครงสร้างแบบ frame จึงเหมาะสมกว่าแบบอื่น ๆ แต่ต้องแก้ปัญหาตรงแนวต่อรอยของผนังภายนอก เพราะวัสดุจะมีการยืดหดตัวมาก เมื่อได้รับความร้อนและความชื้นที่แตกต่างกัน อาจเกิดเป็นรอยแยกหรือรอยร้าว เมื่อมีฝนตกหนักก็จะเกิดการรั่วซึม ได้ง่าย

ศึกษาเทคโนโลยีดีและข้อบังคับการปลูกสร้างอาคารเฉพาะที่ เพื่อที่จะไม่ออกแบบผิดพลาดอื่น จะทำให้เสียหายและเสียเวลาในการแก้ไข ศึกษาช่วงระยะเวลาที่สามารถทำการก่อสร้างได้โดยไม่มีอุปสรรคปัญหาทางด้านสังคม เศรษฐกิจ เช่น การปล่อยเงินกู้จากธนาคาร ปัญหา inflation และราคาที่ดินของวัสดุก่อสร้าง

1.2 ประโยชน์ใช้สอย (Functional Requirement)

รวบรวมข้อมูลความต้องการทางด้านประโยชน์ใช้สอยว่าต้องการใช้อาคารนี้เพื่อกิจกรรมอะไร ขนาดเนื้อที่เท่าใด ถ้าเป็นบ้านพักอาศัยจะเป็นบ้านกี่ห้องนอน มีส่วนใช้สอยและการติดต่อภายในอย่างไร การเจาะช่องประตูหน้าต่างตรงไหน ทั้งนี้เพราะขนาดห้อง ขนาดอาคาร ความสูงจำนวนชั้น และการทำช่องประตูหน้าต่างจะเกี่ยวพัน กับระบบ โครงสร้างส่วนประกอบอาคาร และการประกอบติดตั้ง

1.3 หลักการออกแบบ (Design Concept)

เมื่อทราบประเภทของอาคาร แล้วต้องดูว่าอาคารที่จะออกแบบก่อสร้างนี้มีแนวทางหลักการออกแบบอย่างไร อาคารบางประเภทจะเน้นที่รูปลักษณะอันเด่นสะดุดตาสง่างาม ถึงแม้จะทำให้ราคาก่อสร้างสูง บางประเภทจะเน้นทางด้านประโยชน์ใช้สอยและความสะดวกสบายเป็นสิ่งสำคัญ ประกอบด้วยอุปกรณ์อำนวยความสะดวก บางประเภทจะเน้นทางด้านความประหยัดเป็นสิ่งแรก โดยที่ลักษณะเด่นสะดุดตาและสิ่งที่จะอำนวยความสะดวกสบายอาจจะลดลงไปบ้าง แต่ไม่ว่าจะมีหลักการออกแบบอาคารหลังนั้นเป็นไปในแนวทางใดการออกแบบในระบบอุตสาหกรรมจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของโครงสร้าง ความยากง่ายในขั้นตอนการผลิต (ถ้าผลิตขึ้นส่วนเอง) ความสามารถในการขนส่งและขนยก ความสะดวกและรวดเร็วในการติดตั้งและการประกอบ ความสุขความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัย และรูปลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่หน้าดู

1.4 ระบบโครงสร้างและวิธีการก่อสร้าง

ระบบโครงสร้างในการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมมีแตกต่างกันมากมายและ

สามารถทำได้ในระดับต่าง ๆ แต่หลักการใหญ่อยู่ที่การแยกชิ้นส่วนเป็นโครงสร้างว่าจะแยกกันในลักษณะใด และจะนำมาประกอบยึดติดกันเป็นตัวอาคารด้วยวิธีใด อาจแยกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้คือ ระบบกล่อง ระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก ระบบ frame (เสาและคาน, เสาและแผ่นพื้น)

1.4.1 ระบบกล่อง (Box System)

เป็นระบบที่ประกอบส่วนโครงสร้างทั้งหมดขึ้นเป็นกล่อง 3 มิติ มีขนาดเท่ากับห้อง 1 ห้อง ประกอบด้วย พื้น ผนัง หลังคาหรือเพดาน อาจมีการตกแต่งภายใน ติดอุปกรณ์ไฟฟ้า ประปาต่าง ๆ เสร็จเรียบร้อยแล้วจึงยกติดตั้งยึดให้เข้ากับที่เตรียมไว้ในที่ก่อสร้าง นับว่าเป็นระบบที่เข้าถึงระดับงานอุตสาหกรรมขั้นสูงสุด เพราะงานส่วนใหญ่ทำสำเร็จจากโรงงาน ทั้งสิ้น ข้อเสียของระบบนี้อยู่ตรงที่ แต่ละหน่วยมีขนาดใหญ่ หนัก ทำให้การขนส่งลำบาก ต้องใช้อุปกรณ์ยกขนขนาดใหญ่และใช้ได้กับอาคารบางประเภทที่มีขนาดของหน่วยเท่า ๆ กัน เช่น โรงรณหอพัก เป็นต้น

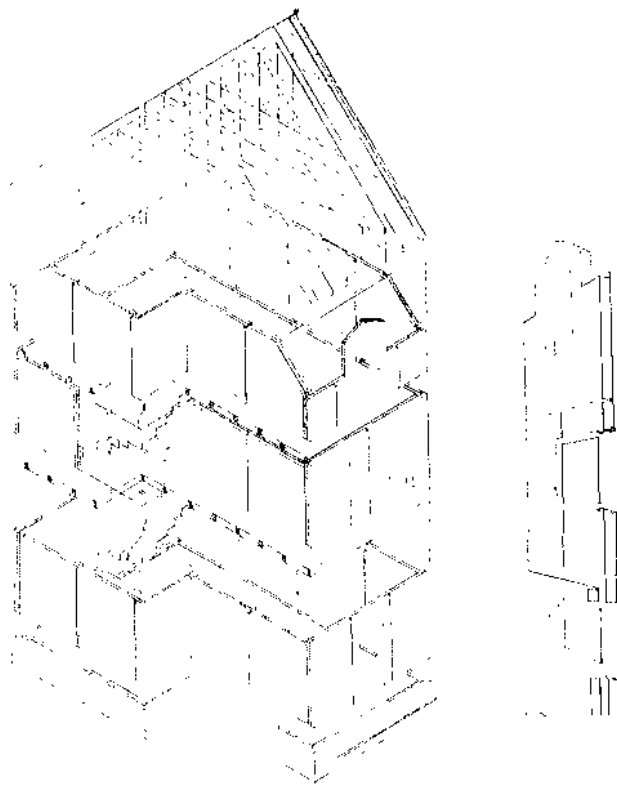
1.4.2 ระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก

(Panel System, Load Bearing Struc-

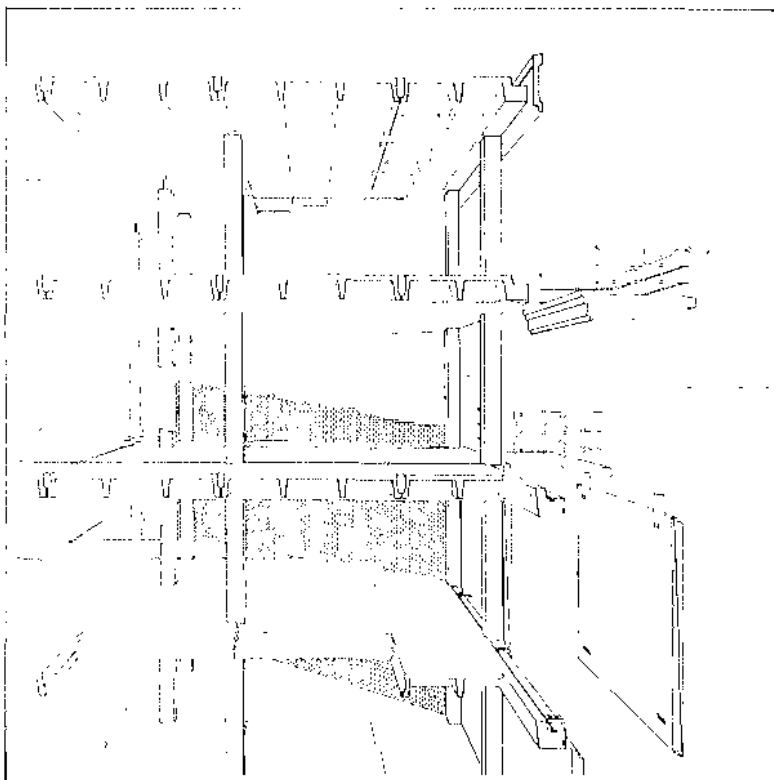
ture) เป็นระบบที่นิยมทำกันมากในยุโรป วัสดุก่อสร้างหลักเป็น คอนกรีตหล่อเป็นแผ่น การขนยกทำได้สะดวกและใช้กับอาคารประเภทต่าง ๆ ได้กว้างกว่า Box System สำหรับการก่อสร้างนั้นจะยกผนังสำเร็จรูปที่มีขนาดเท่าความสูงของชั้นมาติดตั้งบนพื้นสำเร็จรูป ต่อจากนั้น ก็นำแผ่นพื้นสำเร็จรูปวางบนผนังเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป

1.4.3 Frame System เป็นระบบ

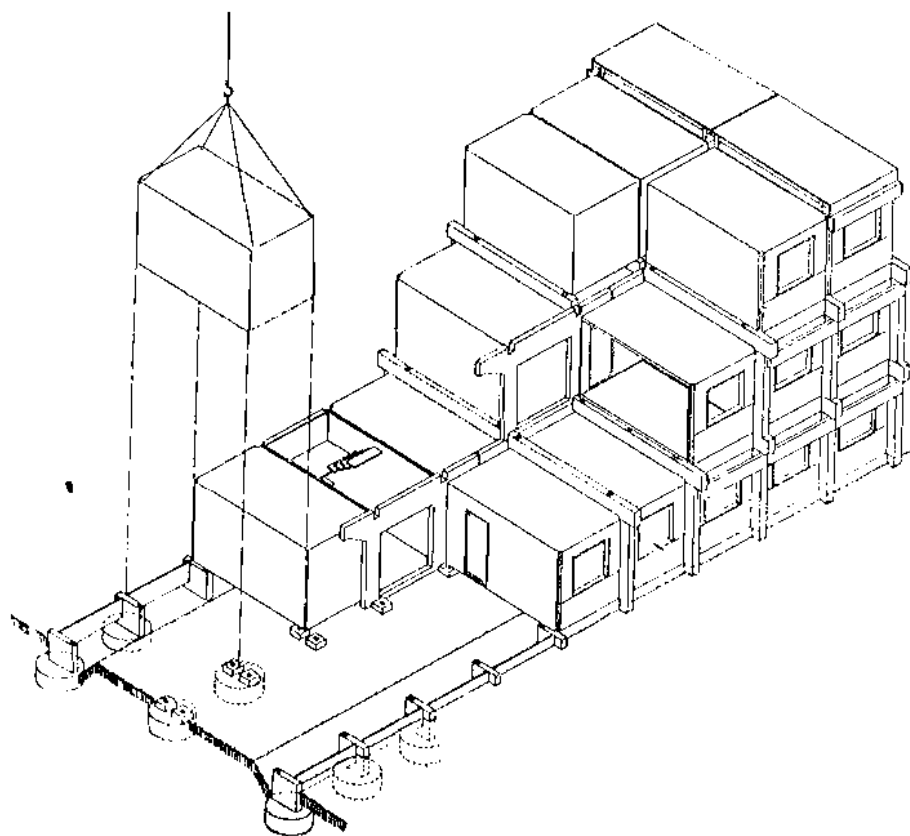
ที่แยกโครงสร้างออกเป็น เสา คานและพื้น โดยตัดแยกเสา คาน พื้นออกมาทำสำเร็จรูปเป็นส่วน ๆ หรือเป็นโครงสร้างเฉพาะเสาและพื้น ผนังกันห้องอาจใช้โครงผนังเบาที่ทำด้วยวัสดุใด ๆ ก็ได้เพราะไม่ได้ใช้เป็นส่วนรับน้ำหนักแผ่นพื้นก็อาจแยกออกเป็นผืนเล็ก ๆ เช่น ประเภท Hollow Core หรือแบบ T-Section แบบนี้นิยมทำในเมืองไทย เพราะขนาดของชิ้นส่วนเล็กมีน้ำหนักเบาขนยกง่าย อาจใช้อุปกรณ์ขนยกเล็กลง และทำการขนส่งได้ไกล ข้อเสียของระบบนี้อยู่ตรงที่จำนวนรอยต่อมีมาก ทำให้เสียเวลาในการติดตั้งและต้องออกแบบรอยต่อบางตำแหน่งเป็นพิเศษเพื่อความต่อเนื่องและความแข็งแรง



การก่อสร้างด้วยแผ่นผนังรับน้ำหนัก



U Frame



การก่อสร้างด้วยระบบ Box และ Frame

การเลือกระบบโครงสร้างจึงขึ้นอยู่กับประเภทอาคาร การขนส่ง การประกอบติดตั้ง เงินทุนและเวลา

นอกจากระบบดังกล่าวแล้ว ยังมีเทคนิคการก่อสร้างบางวิธีที่จัดเข้าเป็นการสร้างในระบบอุตสาหกรรมได้ เพราะมีการนำเครื่องมืออุปกรณ์พิเศษมาร่วมทำงานกับวิธีการก่อสร้างแบบเก่า โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะประหยัดเวลา แรงงาน และวัสดุก่อสร้างเหมือนกัน แต่แทนที่จะผลิตจากโรงงานที่จัดเตรียมไว้โดยเฉพาะ กลับทำ

การผลิตขึ้นโดยตรง ณ ที่ก่อสร้างนั้นเลย เทคนิคก่อสร้างพิเศษเหล่านี้ได้แก่³

-- *Lift-Slab System* คือ ระบบที่ใช้วิธีหล่อแผ่นพื้นของอาคารทั้งหลังติดต่อกันตลอดเป็นพื้นเดียวกัน และหล่อซ้อนกันไว้ที่ระดับดินพร้อมกับขั้วต่อเหล็กที่จะเชื่อมติดกับเสาเหล็กตรงตำแหน่งเสาที่จัดเตรียมไว้ หลังจากบ่มและทิ้งเวลาให้คอนกรีต set ตัวแล้ว จึงใช้แม่แรงระบบไฮดรอลิกชั้ยยกแผ่นพื้นให้เลื่อนขึ้นจนถึงระดับที่ต้องการ แล้วจึงเชื่อมปลอกข้อต่อ

ที่ฝังติดไว้กับพื้นติดเข้ากับแกนเสา ระบบนี้จะตัดปัญหาเรื่องงานไม้แบบและส่วนโครงค้ำยันแบบหล่อต่าง ๆ ออกหมด การหล่อคอนกรีตทั้งหมดกระทำที่ระดับดิน จึงปฏิบัติงานได้สะดวก และการควบคุมคุณภาพคอนกรีตทำได้ดีขึ้น

— *Slip-Form System* คือ แบบหล่อพิเศษที่ใช้สำหรับหล่อผนังคอนกรีตตามระบบสร้างในที่ แบบหล่อพิเศษนี้เลื่อนขึ้นได้ตามความสูงของผนังที่ต้องการด้วยระบบแม่แรงไฮดรอลิกซ์เช่นเดียวกัน นิยมใช้กันมากกับการสร้างผนังคอนกรีตของส่วนที่เป็น service core ของอาคารที่สูงหลายชั้น และใช้แม่แบบหล่อผนังคอนกรีตให้กับอาคารทั้งหลายก็มี ข้อดีคือลดราคาเรื่องแบบหล่อ สร้างได้เร็วเพราะไม่เสียเวลาถอดแบบติดตั้งแบบเหมือนงานแบบหล่อธรรมดา

1.5 การขนส่ง

การขนส่งจะมีผลสำคัญต่อการเลือกโครงสร้างและวิธีการก่อสร้าง จึงต้องศึกษาข้อมูลว่า ถ้าเลือกวิธีการก่อสร้างในระบบนี้ โดยเลือกผลิตหรือเลือกใช้ส่วนประกอบอาคารในรูปแบบนี้ ขนาดนี้ น้ำหนักเป็นเท่านี้ จะสามารถทำการขนยกและขนส่งไปยังที่ก่อสร้างได้สะดวกหรือไม่ ถ้าไม่สะดวกจะมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร จาก

การที่ตั้งใจจะเลือกส่วนประกอบขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก อาจจะต้องลดขนาดลง หรือแก้ไขระบบเป็นแบบหล่อสำเร็จรูปในที่ก่อสร้าง โดยการตั้งโรงงานในที่ข้าง ๆ ตัวอาคารที่จะทำการก่อสร้าง หรือจัดทำแบบหล่อขึ้นส่วนในบางส่วนของอาคารที่ยังไม่ได้ทำการก่อสร้างในกรณีที่มีเนื้อที่จำกัด

1.6 การประสานทางมิติและการประสานทางพิภัก

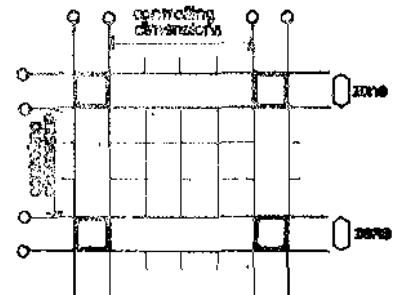
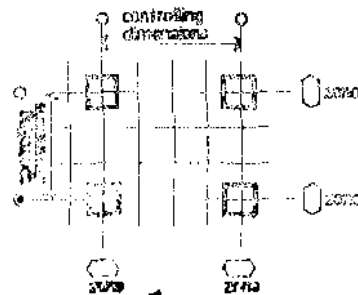
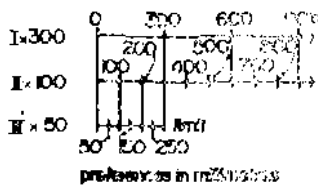
ข้อมูลนี้เป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการออกแบบระบบอุตสาหกรรม เพื่อสร้างมาตรฐาน หาขนาดที่สัมพันธ์กันระหว่างส่วนประกอบอาคารกับขนาดของอาคาร เพื่อที่จะประกอบส่วนต่าง ๆ ให้ประสานเข้าด้วยกัน โดยพยายามลดหรือไม่ให้มีการเสริมแต่งและการเสียเศษ ขนาดพิภักนี้จะต้องใช้ตั้งแต่การออกแบบส่วนประกอบอาคาร การออกแบบอาคาร การทำงานในที่ก่อสร้างเพื่อการประกอบและติดตั้งชิ้นส่วน ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ออกแบบ ซึ่งเป็นสถาปนิกและวิศวกร ผู้ผลิต และนายช่างเหมาก่อสร้าง การออกแบบโดยใช้ระบบประสานทางพิภัก (Modular Co-ordination)

การเลือกกระยะควบคุม (Controlling Dimensions) ทั้งทางด้าน vertical คือจากพื้นถึงฝ้าเพดานหรือหลังคา หรือ

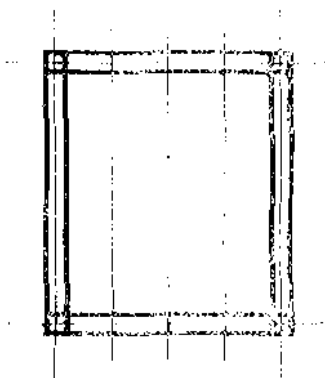
พื้นถึงพื้น กับส่วนสูงของหน้าต่าง ประตู และทางด้าน horizontal คือระยะระหว่างเสาถึงเสา หรือผนังถึงผนัง พิจารณาจากข้อมูลเหล่านี้ คือ

- ขนาดเนื้อที่ใช้สอยของอาคาร
- ขนาดโครงสร้าง ซึ่งจะเป็นระบบใดนั้น ขึ้นกับประเภทและขนาดของอาคาร
- ขนาดของส่วนประกอบอาคาร และอุปกรณ์อาคารสำเร็จรูปที่ต้องใช้ในอาคารเป็นจำนวนมากที่สุด

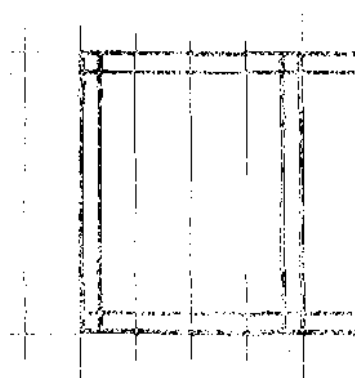
ในกรณีที่มีวัสดุหรือส่วนประกอบหลายชนิดหลายขนาดที่ไม่ประสานกัน เนื่องจากจำเป็นต้องใช้ชิ้นส่วนบางประเภทที่มีอยู่ในท้องตลาด เช่น พื้นเป็นขนาดหนึ่ง ประตูหน้าต่างและหลังคาเป็นอีกขนาดหนึ่ง ให้พิจารณาดูว่าในอาคารนั้น มีส่วนประกอบใดที่สำคัญและต้องใช้เป็นจำนวนมาก ก็ให้ขนาดของส่วนประกอบนั้นเป็นตัวกำหนดขนาดพิถีพิถันเพื่อใช้เป็นมิติประสานกับส่วนอื่น ๆ ต่อไป ตัวอย่างเช่น อาคารหลังนี้มีพื้นเป็นส่วน



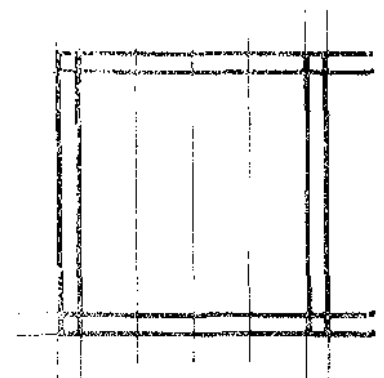
การออกแบบตามตารางมิติ



1. ระยะควบคุมอยู่กลางเสา



2. ระยะควบคุมอยู่ริมผนังของเสา



3. ระยะควบคุมอยู่ริมในของเสา

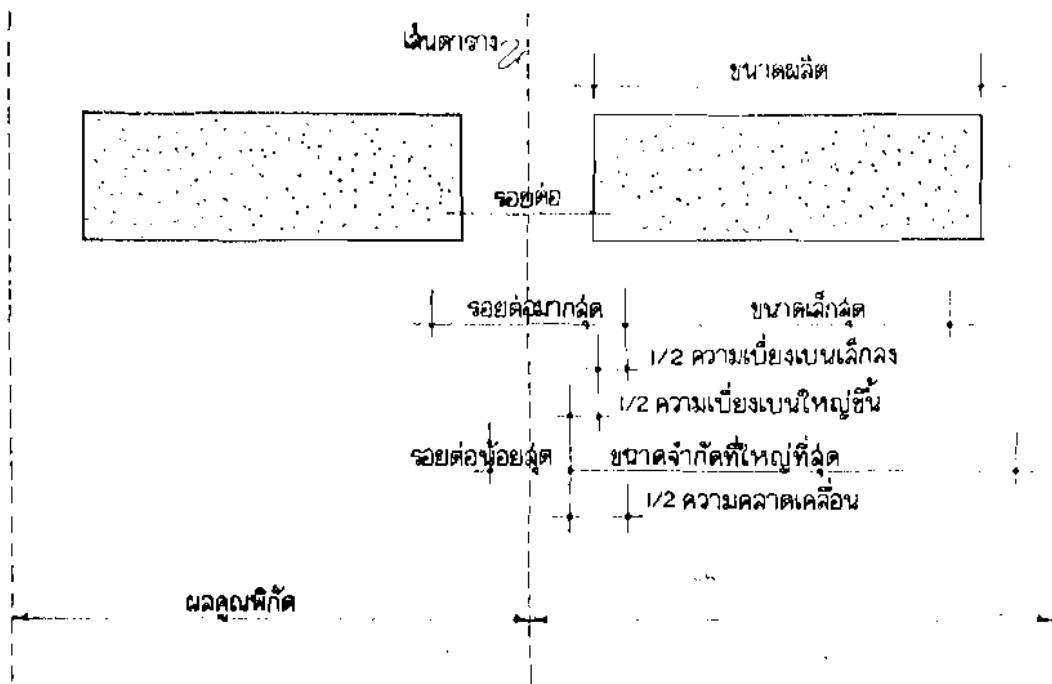
ที่สำคัญ และต้องใช้เป็นจำนวนมากที่สุด ขนาดความกว้างของพื้นเป็น 0.30 เมตร 3M เวก์สามารถกำหนดขนาดมิติของ ส่วนประกอบพิกัดโดยทั่วไปทางแนวนอน ให้ประสานกับ 3M ซึ่งระยะควบคุมจะ เท่ากับผลคูณของ 3M

ขนาดพิกัดดังกล่าว ซึ่งโดยมาตรฐานยุโรปนิยมใช้ 3M (300 mm.) เป็น หน่วยพิกัดตามแนวนอนและ 1M (100 mm.) เป็นหน่วยพิกัดตามแนวตั้ง ขนาด ดังกล่าวนั้นเป็นขนาดมูลฐาน (basic sizes) ไม่ใช่ขนาดที่ใช้งานจริง (working sizes)

เพราะขนาดใช้งานจะต้องเผื่อขนาดของ แนวนรอยต่อ (joints) หรือความคลาดเคลื่อน (tolerances) ไว้ด้วย

รอยต่อและความคลาดเคลื่อน (Joints and Tolerances)

รอยต่อคือจุดที่เชื่อมระหว่างส่วน ประกอบอาคารเข้าด้วยกันให้แน่นสนิท เพื่อความแข็งแรง ปลอดภัย งดงาม และ ป้องกันเสียง ความร้อน ความชื้น หรือน้ำที่มาจากฝน รอยต่อนี้อาจจะเป็นปูนก่อ mastic หรือวัสดุก่อสร้างอีก member



การกะขนาดชิ้นส่วนในระบบประสานทางพิกัด

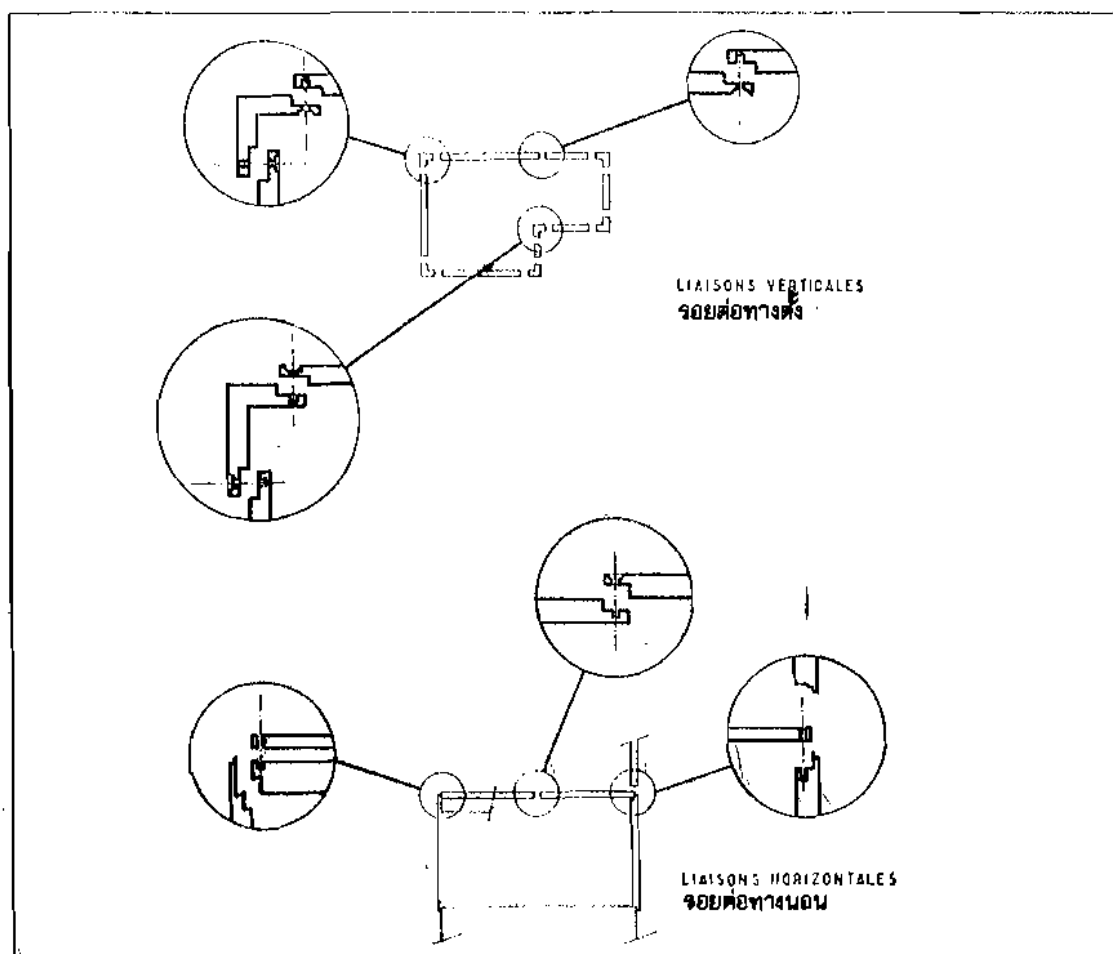
หนึ่งก็ได้ รอยต่อนี้ยังมีประโยชน์ในการปรับระยะที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนให้ลงตัวอยู่ในพิสัย ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้อาจเกิดขึ้นได้จาก

— ความคลาดเคลื่อนในการผลิตชิ้นส่วนที่ผลิตออกมาจากโรงงาน อาจมีขนาดที่คลาดเคลื่อนไปจากที่กำหนด อันเกิดจากการปรับอุณหภูมิ และความชื้นในเนื้อวัสดุ ทำให้วัสดุยืดหดตัวไม่เท่ากัน ต้องกำหนดระยะของความเบี่ยงเบนไว้

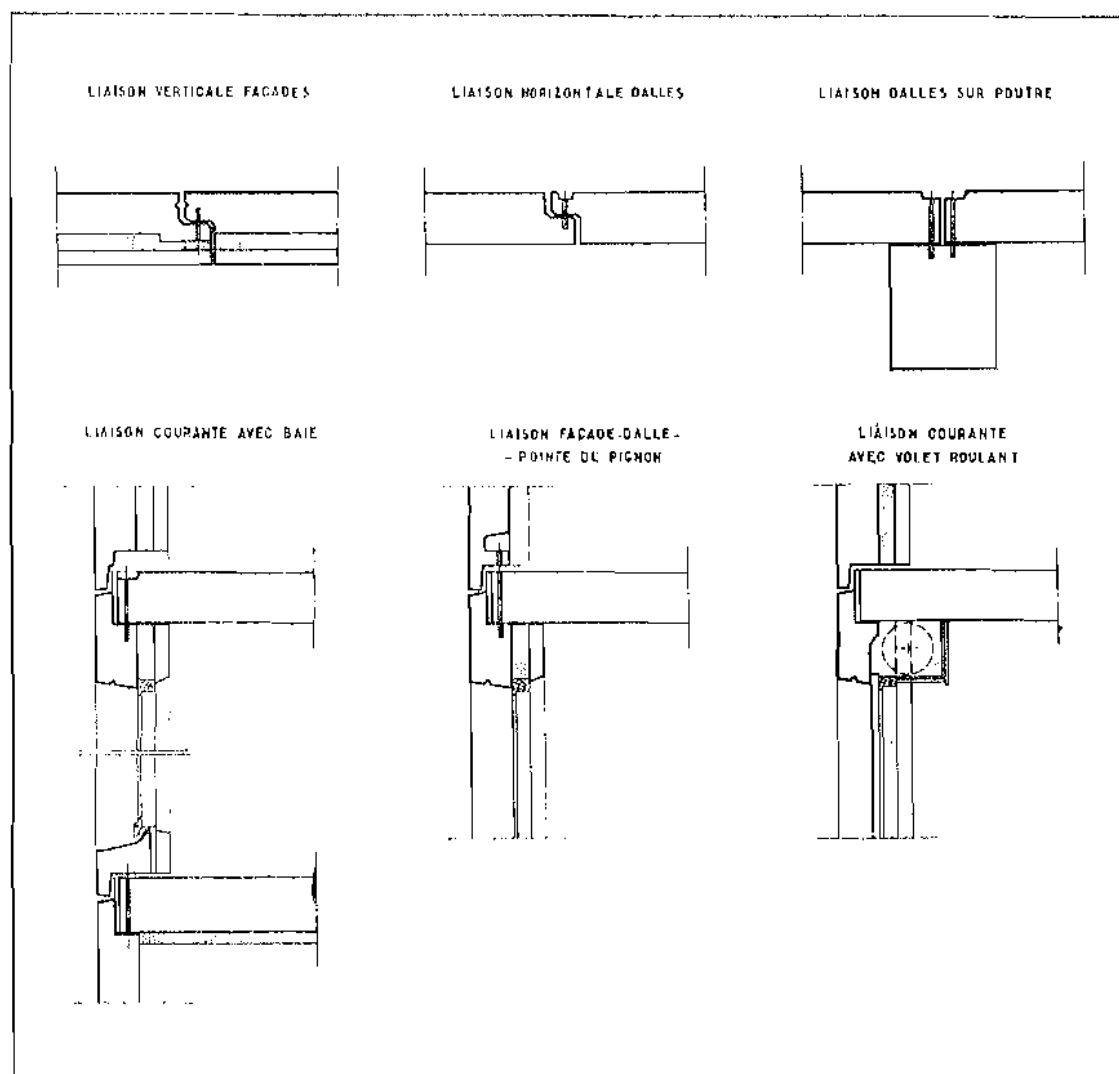
— ความคลาดเคลื่อนในการจัดทำแผนผังโครงสร้างอาคารในที่ก่อสร้าง

— ความคลาดเคลื่อนในการติดตั้งประกอบ

การเพื่อระยะความคลาดเคลื่อนกำหนดให้เผื่อไว้ในระยะของรอยต่อ เนื่องจากขนาดพิสัยที่ใช้ในการออกแบบเป็นระยะที่รวมรอยต่อเข้าไปกับขนาดใช้งานแล้ว ระยะควบคุมจึงไม่จำเป็นต้องเผื่อระยะของรอยต่อเข้าไปอีก



ตัวอย่างแนวรอยต่อ (แปลน)



ตัวอย่างแนวรอยต่อ (รูปตัด)

ตารางพิกัดและหน่วยคูณพิกัด (Modular Grid and Modular Components)

เครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบซึ่งบอกระยะแทนการวัด สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. ออกแบบบนตารางพิกัด
2. ออกแบบด้วยส่วนประกอบพิกัด

วิธีที่ 1 เมื่อส่วนประกอบอาคารทุกส่วนต้องใช้ระบบประสานทางมิติที่เป็นพิกัด การออกแบบขั้นแรกจึงง่ายและชัดเจนขึ้น ถ้าได้ใช้ตารางหน่วยพิกัดมูลฐานเป็นเครื่องบอกระยะระหว่างเส้นตารางนั้น

ขนาดพิกัดมูลฐานสากลมีขนาด 10 ซม. (IM.)

ในการคิดแบบขั้นแรก ควรมีตารางพิกัดไว้บนแผ่นกระดาษรองใต้กระดาษร่างหรือกระดาษเขียนแบบ เพื่อคิดแบบได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น

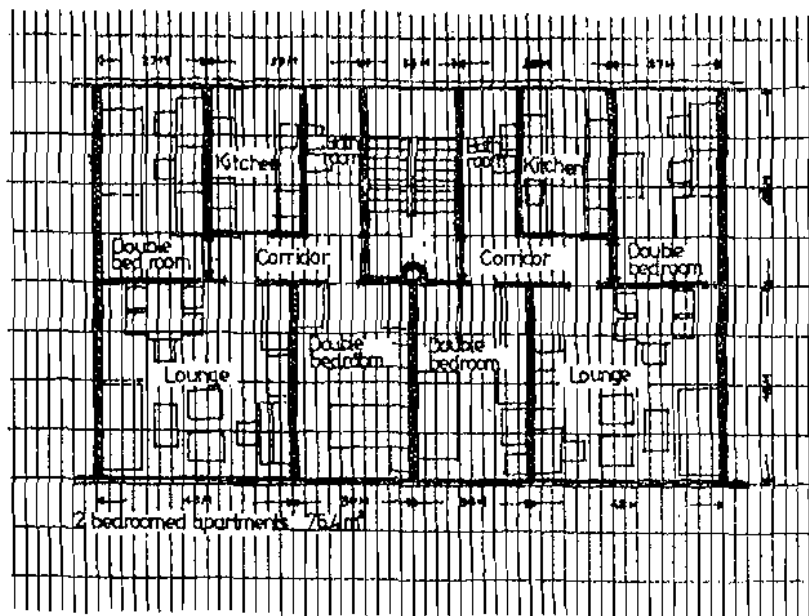
วิธีที่ 2 ในบางครั้งผู้ออกแบบได้ตกลงใจเลือกใช้หน่วยคูณพิกัดตามขนาดที่ต้องการ หรือกำหนดขึ้นส่วนมาตรฐานขึ้นมาแล้ว โดยขนาดและแบบของชิ้นส่วนเหล่านั้นไม่แตกต่างกันและไม่มีหลายประเภท จึงออกแบบโดยยึดถือตามขนาดชิ้นส่วนที่กำหนดขึ้นมาใช้ โดยจะจัดตารางตามขนาดชิ้นส่วน หรือไม่จำเป็นต้องใช้ตารางเลยก็ได้

1.7 การดำเนินการตามขั้นตอน

การดำเนินการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม ต้องมีการวางแผนงานการก่อสร้างล่วงหน้า การกำหนดขั้นตอนการทำงานและช่วงเวลาการทำงานที่เป็นไปได้ และควบคุมงานในการก่อสร้างจริงให้เป็นไปตามแผนงาน จะทำให้การทำงานนั้นสำเร็จตรงตามเวลาและตามเป้าหมาย สามารถกำหนดราคาค่าก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง แต่การวางแผนงานและดำเนินงานตามขั้นตอนนี้ จะต้องเป็นการทำงานกลุ่มร่วมปรึกษาหารือกันจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ทั้งฝ่ายสถาปนิก วิศวกร ฝ่ายก่อสร้าง ฝ่ายจัดซื้อและฝ่ายจัดการการก่อสร้างโดยตรง เพื่อที่จะมองเห็นปัญหาได้ทุกแง่ทุกมุม และสามารถจัดการดำเนินการตามขั้นตอนได้

2. กำหนดความต้องการ (Definitions)

หลังจากรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบและก่อสร้างได้แล้ว ก็สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาพิจารณาเพื่อกำหนดรูปแบบตามที่ต้องการได้ แต่ก่อนที่จะกำหนดรูปแบบตามต้องการ ก็ต้องศึกษาถึงความต้องการของอาคารแต่ละรูปแบบ พร้อมทั้งประเมินค่าความแตกต่างในการก่อสร้างอาคารแต่ละแบบ แต่ละระบบ ด้วยว่าแบบใด ระบบใด จะเป็นแบบที่เหมาะสมกับสภาพการณ์



คือหน้าตัดที่ออกแบบโดยมาจากฐานสถาปัตย์

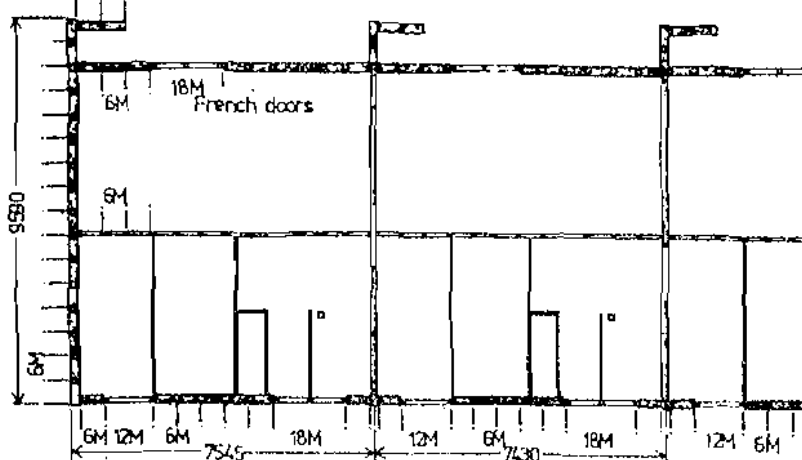


การออกแบบโดยให้ระบบขนส่งทางฟัคัด

หน่วยฟัคัด → หน่วยชุดฟัคัด → หน่วยชุดฟัคัดที่เลือกแล้ว



6M ภาพนี้แสดงการออกแบบจากมาตรฐานของส่วนประกอบฟัคัด



ภาพแสดงการออกแบบจากมาตรฐาน ของ :-

A. ตารางฟัคัด

B. ส่วนประกอบฟัคัด

ความต้งการทางด้านการก่อสร้างของอาคารแต่ละรูปแบบจะแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น แบบต่าง ๆ ของอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว townhouse ตึกแถว apartment จะมีโครงสร้างที่ต่างกัน บ้านเดี่ยวจะมีผนังที่เป็นผนังภายนอกทั้งสี่ทิศรอบด้าน ต้องการผนังที่มีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศและมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนความชื้นได้ โครงสร้างของบ้านเดี่ยว โดยทั่วไปจะเป็นบ้าน 2 ชั้น มีเนื้อที่ใช้สอยที่สามารถแยกเป็นสัดส่วนได้เต็มที่ townhouse เป็นอาคารพักอาศัยที่ compact กว่าบ้านเดี่ยว แต่ยังคงรักษาลักษณะของบ้านเดี่ยวไว้ คือมีที่จอดรถในบ้าน มีสวนหน้าบ้าน อาจจะมีลานซักล้างและตากผ้าหลังบ้าน แต่ผนังด้านสกัดของ townhouse จะเป็นผนังร่วมกับบ้านหลังอื่น จึงประหยัดผนังไปได้ 2 ด้าน ตึกแถวจัดเป็นอาคารพักอาศัยประเภทหนึ่งที่ใช้เนื้อที่ดินน้อย อำนวยความสะดวกสบายน้อยกว่า apartment และบ้านเดี่ยว ใช้ผนังร่วมเช่นเดียวกับ townhouse การก่อสร้างเรียบง่าย และประหยัดกว่า apartment เป็นอาคารพักอาศัยที่ใช้ส่วนประกอบอาคารได้ประหยัดที่สุด เพราะมีทั้งผนังพื้นและหลังคาาร่วมกับหน่วยอื่น

ก่อนที่จะเลือกรูปแบบอาคารและระบบการก่อสร้าง ควรจะประเมินค่าความแตกต่างระหว่างราคาค่าก่อสร้างกับเวลาทำการก่อสร้าง การลงทุนทำการก่อสร้างด้วยเงินกู้ต้องการการก่อสร้างที่รวดเร็ว อาจต้องเลือกแบบก่อสร้างที่ประหยัด และระบบการก่อสร้างที่สามารถทำได้ในระยะสั้น ถึงแม้ราคาค่าก่อสร้างจะสูงกว่าการก่อสร้างด้วยวิธีอื่น แต่เมื่อคิดถึงการประหยัดเวลา ประหยัดเงินกู้ สามารถเรียกเงินทุนคืนจากการเช่าหรือขายได้เร็วกว่า ก็จะเป็นการลงทุนที่เหมาะสมกว่าจะทำการก่อสร้างในระยะยาว

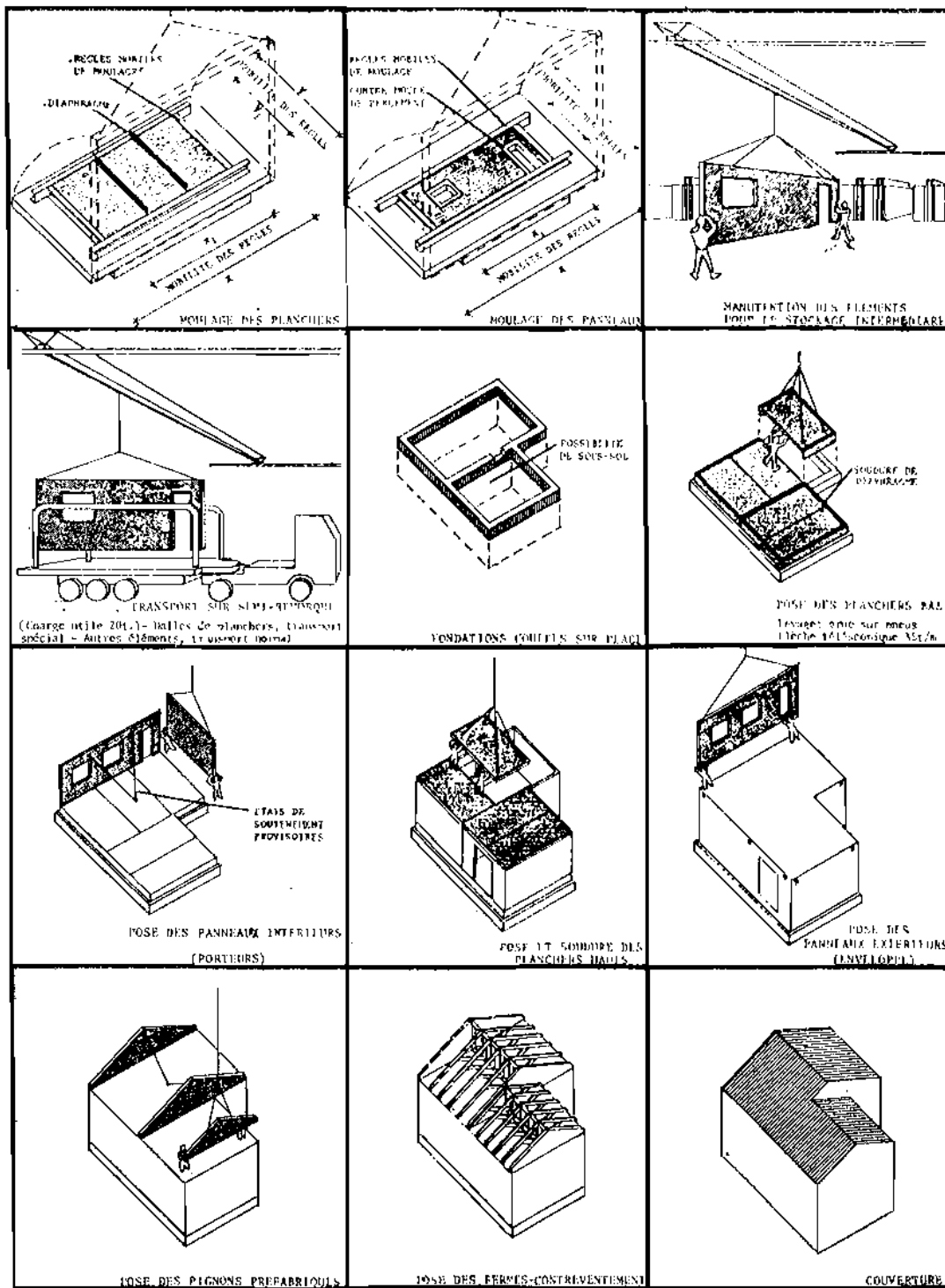
3. ตัดสินใจ (Diciisions)

หลังจากที่ประเมินค่าความแตกต่างระหว่างราคาและเวลาแล้ว ก็สามารถตัดสินใจเลือกรูปแบบอาคารและวิธีการก่อสร้าง และเพื่อให้การลงทุนนี้ได้ผลที่แน่นอน จะต้องศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุน (Feasibility Study) โดยการคิดราคาค่าก่อสร้างจากรูปแบบคร่าว ๆ ที่ตัดสินใจเลือกแล้ว โดยอาจคิดราคาค่าก่อสร้างจากเนื้อที่เป็นตารางเมตรเพื่อที่จะได้ทราบ final cost แล้วจึงทำ cash flow แสดงรายจ่าย-รายรับแต่ละช่วงการดำเนินงานและช่วงเวลาเพื่อทราบจำนวนทุนหมุนเวียน และจำนวนเงินที่ต้อง control ไว้ ถ้าเป็นงานก่อสร้างที่ลงทุนเพื่อการค้า เช่น shopping center, condominium, office building, hotel ต้องศึกษาตลาดกำลังซื้อ เพื่อทราบจำนวนรายรับที่จะเข้ามาชดเชยกับรายจ่ายในแต่ละช่วงการดำเนินงานด้วย

3. ตัดสินใจ (Diciisions)

หลังจากที่ประเมินค่าความแตกต่างระหว่างราคาและเวลาแล้ว ก็สามารถตัดสินใจเลือกรูปแบบอาคารและวิธีการก่อสร้าง และเพื่อให้การลงทุนนี้ได้ผลที่แน่นอน จะต้องศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุน (Feasibility Study) โดยการคิดราคาค่าก่อสร้างจากรูปแบบคร่าว ๆ ที่ตัดสินใจเลือกแล้ว โดยอาจคิดราคาค่าก่อสร้างจากเนื้อที่เป็นตารางเมตรเพื่อที่จะได้ทราบ final cost แล้วจึงทำ cash flow แสดงรายจ่าย-รายรับแต่ละช่วงการดำเนินงานและช่วงเวลาเพื่อทราบจำนวนทุนหมุนเวียน และจำนวนเงินที่ต้อง control ไว้ ถ้าเป็นงานก่อสร้างที่ลงทุนเพื่อการค้า เช่น shopping center, condominium, office building, hotel ต้องศึกษาตลาดกำลังซื้อ เพื่อทราบจำนวนรายรับที่จะเข้ามาชดเชยกับรายจ่ายในแต่ละช่วงการดำเนินงานด้วย

Feasibility Study ที่ทำการเสร็จแล้วจะถูกส่งไปให้ผู้ลงทุนเพื่อรับการอนุมัติโครงการ จะได้ทำการออกแบบในขั้นต่อไป



ภาพแสดงขั้นตอนการก่อสร้างอาคาร
(ผลิต-เก็บ-ขนส่ง และประกอบติดตั้ง)

4. ออกแบบอาคาร ระบบ ส่วนประกอบ

เมื่อโครงการได้รับการอนุมัติจากผู้ลงทุนแล้ว สถาปนิกจะต้องร่วมปรึกษากับวิศวกรและทำการออกแบบร่าง (Preliminary Design) เสนอต่อผู้ลงทุน ต่อจากนั้นก็ทำการแก้ไขปรับปรุงให้เป็นแบบสมบูรณ์การพิจารณาในด้านการออกแบบอาคารต้องคำนึงถึง

- Plan, Shape & Size ของอาคาร
- Level จำนวนชั้นและความสูงของอาคาร
- Circulation System ทางเดิน ตำแหน่งบันได ลิฟท์ ห้องน้ำ ห้องเครื่อง
- Finishes การตกแต่งผนัง พื้น เพดาน และอื่น ๆ
- Structural System ระบบโครงสร้าง ระบบฐานราก
- Sanitary System ระบบประปา ท่อระบายน้ำ ระบบป้องกันเพลิงไหม้
- Mechanical System ระบบปรับอากาศ ระบบเครื่องทำน้ำร้อน
- Electrical System ระบบไฟฟ้า ระบบไฟฉุกเฉิน ระบบสัญญาณเตือนอันตราย

- Special System ระบบพิเศษเฉพาะอาคารแต่ละประเภท เช่น ระบบเสียง ระบบโทรทัศน์

แนวก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม นอกจากจะแสดงแบบทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมที่จำเป็นแล้วจะต้องแสดงถึงรายละเอียดของส่วนประกอบอาคาร วัสดุและลักษณะของส่วนประกอบ แสดงรอยต่อ รายละเอียดของแนวรอยต่อการติดตั้งและการประกอบชิ้นส่วนเหล่านั้นเข้าเป็นอาคารด้วย เพื่อให้การศึกษามีแบบได้อย่างชัดเจนและง่าย ควรจะต้องทำหุ่นจำลองของอาคารนั้น หรือสร้างอาคารต้นแบบเป็นตัวอย่างในกรณีที่มีการก่อสร้างซ้ำ ๆ กัน เพื่อที่จะปรับปรุงข้อบกพร่องอันอาจจะเกิดขึ้นได้ การสร้างอาคารต้นแบบจะทำให้ได้ศึกษาถึงการประกอบติดตั้งส่วนประกอบอาคารเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี

ขณะที่ดำเนินการออกแบบ ต้องเตรียมเอกสารสำหรับเสนอราคาก่อสร้าง การทำสัญญาก่อสร้างและวางแผนขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้าง (Schedule of Operation) เพื่อจะได้ทำการก่อสร้างต่อไป

เชิงอรรถ

1. “การจัดวางลำดับขั้นการผลิตและการประกอบชิ้นส่วนในการก่อสร้าง” ผศ.ดร. พินุสย์ จินาวัดน์, เอกสารการสอนหน่วยที่ 14 ชุดวิชาการวางแผนงานก่อสร้าง สาขาวิชาวิทยาการจัดการ เล่มที่ 2 : หน้า 71-85 มสธ. 2525
2. “การกำหนดและควบคุมงบประมาณการออกแบบก่อสร้าง” อัครวิน พิษณุโยธิน เอกสารประกอบการสอน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2523
3. “การสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม” ไสภณ แสงไพโรจน์ เอกสารประกอบการอบรมระบบประสานทางฟักัดในงานก่อสร้างอาคารสถานที่ราชการ จัดโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522

บรรณานุกรม

- ตริ่งใจ บุญเสมอภพ. “การใช้ระบบประสานทางฟักัดในงานก่อสร้างอาคารสถานที่ราชการ”, เอกสารประกอบการอบรม ระบบประสานทางฟักัดในงานก่อสร้างอาคารสถานที่ราชการ หมายเลข ร.ป.พ. 013/1 จัดโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522
- พินุสย์ จินาวัดน์. “การจัดวางลำดับขั้นการผลิตและการประกอบชิ้นส่วนในการก่อสร้าง”, เอกสารการสอนหน่วยที่ 14 ชุดวิชาการวางแผนงานก่อสร้าง สาขาวิชาวิทยาการจัดการ เล่มที่ 2 มสธ. 2525
- ไสภณ แสงไพโรจน์. “การสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม”, เอกสารประกอบการอบรม ระบบประสานทางฟักัดในงานก่อสร้างอาคารสถานที่ราชการ หมายเลข ร.ป.พ. 003/1 จัดโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522
- อัครวิน พิษณุโยธิน. “การกำหนดและควบคุมงบประมาณการออกแบบก่อสร้าง”, เอกสารประกอบการสอน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2523
- Darlington, Robert; Isenberg, Melvin and Pierce, David. *Modular Practice*. Modular Building Standards Association, U.S.A.
- Niesen, Henrik. *Industrialized Building and Modular Design*. แปลจากภาษาเดนมาร์กเป็นภาษาอังกฤษโดย Katborg, Pauline.

Vandenberg, Maritz. *A Handbook of Building Enclosure*. London : The Architectural Press, [n.d.].

————— . *Modular Co-ordination in Building, Asia, Europe and the Americas*. Newyork : United Nations, 1966.

————— . *Système Constructif, Guide de Présentation*. Ministère de l'Urbanisme et du Logement, 1981.