โอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาการออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ในการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม: กรณีศึกษาโครงการเพอร์เฟค พาร์ค จังหวัดนนทบุรี

นายวิชัญโญ สุขประสพโภคา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเคหพัฒนศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคหการ ภาควิชาเคหการ
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE FEASIBILITY OF APPLYING A MODULAR COORDINATION SYSTEM FOR THE DEVELOPMENT ON TWO-STORY HOUSE DESIGN OF AN INDUSTRIALIZED CONSTRUCTION SYSTEM: A CASE STUDY OF PERFECT PARK PROJECT, NONTHABURI PROVINCE

Mr.Vichanyo Sukprasopphokha

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Housing Development Program in Housing
Department of Housing
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาการออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ในการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม : กรณีศึกษาโครงการเพอร์เฟค พาร์ค จังหวัดนนทบุรี
โดย	นายวิชัญโญ สุขประสพโภคา
สาขาวิชา	เคหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ไตรรัตน์ จารุทัศน์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุณฑลทิพย พานิชภักดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ไตรรัตน์ จารุทัศน์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุปรีชา หิรัญโร, ศาสตราภิชาน)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต นิตยะ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ธีรธร ธาราไชย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิชัญโญ สุขประสพโภคา : โอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาการออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ในการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม: กรณีศึกษาโครงการเพอร์เฟค พาร์ค จังหวัดนนทบุรี. (THE FEASIBILITY OF APPLYING A MODULAR COORDINATION SYSTEM FOR THE DEVELOPMENT ON TWO-STORY HOUSE DESIGN OF AN INDUSTRIALIZED CONSTRUCTION SYSTEM: A CASE STUDY OF PERFECT PARK PROJECT, NONTHABURI PROVINCE)อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:รศ.ไตรรัตน์ จารุทัศน์, 233 หน้า.

ปัจจุบันระบบการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปในแบบอุตสาหกรรม มีลักษณะเด่นคือมีการก่อสร้างให้ได้หน่วยทีละมากๆ และก่อสร้างได้รวดเร็ว ซึ่งส่วนใหญ่จากการศึกษาพบว่า ผู้ประกอบการรายใหญ่เท่านั้นที่จะสามารถลงทุน สร้างโรงงานผลิตชิ้นส่วน ซึ่งออกแบบมาให้ใช้ได้แบบเดียวไม่มีความยืดหยุ่นที่จะสามารถปรับใช้ได้กับแบบอื่นได้ ซึ่งเป็นการออกแบบไว้เป็นรูปแบบที่ตายตัวเป็นระบบที่เรียกตามทฤษฎีว่าระบบปิด (Close System) และไม่ได้มีการใช้ระบบประสานทางพิกัด

ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่มีข้อเสนอแนะว่าควรใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบ เพราะเกิดจากปัญหาในการก่อสร้างที่ต้องเป็นมาตรฐาน (Standardization) ได้มีข้อกำหนดเกี่ยวกับระบบประสานทางพิกัด ที่หน่วยวัดเล็กที่สุดเท่ากับ 1M=(100 มม.)ข้อกำหนดในแนวระดับที่ 3Mx3M=(300x300 มม.) แนวดิ่งที่ 2Mx3M=(200x300 มม.) งานวิจัยนี้เป็นการหาโอกาสเป็นการตั้งสมมุติฐานว่าระบบประสานทางพิกัด เป็นระบบที่เอื้อประโยชน์ในการผลิต ความรวดเร็ว และสามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างได้ วัตถุประสงค์เพื่อหาโอกาสในการใช้ระบบประสานทางพิกัดในบ้านเดี่ยว 2 ชั้น หาข้อจำกัดอื่นๆที่สามารถพัฒนาให้เป็นระบบเปิด (Open System) ซึ่งขอบเขตและวิธีการวิจัยโดยจะเลือกกลุ่มตัวอย่างของแบบบ้านจากโครงการฯ ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้อยู่อาศัยจากอันดับยอดขายที่ดีมาทั้งหมด 3 แบบบ้าน มาศึกษาถึงความเป็นไปได้ในงานวิจัย

ผลการศึกษาจะเป็นคำตอบให้กับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งจะสามารถสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้ คือ ด้านระบบโครงสร้างจะได้แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่เป็นแบบมาตรฐานของทั้ง 3 แบบบ้าน จำนวน 15 ชิ้นส่วนที่สามารถใช้ซ้ำกันได้และมีความยืดหยุ่นในการออกแบบ จากแบบเดิมที่ไม่สามารถใช้ซ้ำกันได้ ด้านต้นทุนและพื้นที่ไม่ได้มีความแตกต่าง ข้อสรุปของโอกาสของระบบประสานทางพิกัดเป็นกระบวนการที่ควรเริ่มต้นตั้งแต่การออกแบบเป็นศาสตร์ 2 แขนงร่วมกัน ระหว่างสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม ผู้ออกแบบควรมีความรู้ทั้ง 2 ด้าน จะสามารถทำให้เกิดประโยชน์และพัฒนาให้เป็นระบบเปิดได้โดยใช้ระยะและขนาดที่เป็นมาตรฐาน ข้อเสนอแนะในงานวิจัย ด้านผู้ผลิตวัสดุ ด้านผู้ออกแบบ ควรใช้ขนาดร่วมกัน เพราะระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมควรเป็นระบบประสานทางพิกัดเพื่อเป็นมาตรฐานเดียวกัน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมมี 12 รูปแบบตามทฤษฎี จะสมบูรณ์ได้เมื่อศึกษาครบถ้วนตามกระบวนการ งานวิจัยนี้เป็นรูปแบบของการออกแบบด้วยแนวคิดของระบบประสานทางพิกัดเพื่อให้เกิดขอบเขตที่เป็นมาตรฐานเท่านั้น

ภาควิชา เคหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เคหการ ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ไตรรัตน์

ปีการศึกษา 2552

##517 42750 25 : MAJOR HOUSING

KEYWORDS: CONSTRUCTION/ MODULAR COORDINATION SYSTEM/ PRECAST

VICHANYO SUKPRASOPPHOKHA: THE FEASIBILITY OF APPLYING A MODULAR COORDINATION SYSTEM FOR THE DEVELOPMENT ON TWO-STORY HOUSE DESIGN OF AN INDUSTRIALIZED CONSTRUCTION SYSTEM: A CASE STUDY OF PERFECT PARK PROJECT, NONTHABURI PROVINCE. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. TRIRAT JARUTAT, 233 pp.

The distinctive features of industrialized construction systems are mass production and a short construction period. However, only a large company can build a factory to produce prefabricated construction materials to serve specific purposes. This is called the closed system.

According to the literature review, the modular coordination system is better for housing design because of the standardization of the modular coordination system which specifies that the smallest unit is 1M

(= 100 mm.), the horizontal level is 3M x 3M (300 mm. x 300 mm.) and the vertical level is 2M x 3M (= 200 mm. x 300 mm.). This study hypothesized that the modular coordination system benefited production and speed of construction while reducing construction costs. The objectives of this study were to find an opportunity to apply the modular coordination system for a two-story house, to compare this system with other systems, and to determine which other systems could be developed into the open system. The subjects were the top three house designs widely accepted among residents in the case study project.

It was found that 15 standardized prefabricated pieces used in the housing structure could be used in the three designs and the pieces could be adapted to fit other purposes. There were no differences in costs and areas, and the modular coordination system can be used in both architectural and engineering designs. The designer should know both fields so that he can develop this system into the open system with a standardized period of production and standardized sizes. As for suggestions, the material manufacturer should jointly work with the designer because the industrialization construction system should utilize a coordinated system to create a construction standard.

As for further research, there are theoretically 12 aspects of the modular coordination system for an industrialized construction system. The other aspects should be studied to complete the whole system. This study only deals with the design based on modular coordination to bring about a standardized framework.

Department : Housing Student's Signature .....

Field of Study : Housing Principal Advisor's Signature .....

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดจากผู้วิจัยมีความสนใจอยากจะค้นคว้าถึงโอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาก่อสร้างของบ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดยการศึกษาเปรียบเทียบจากบ้านเดี่ยวที่มีการก่อสร้างไปแล้ว จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ ต้นทุน และกระบวนการการก่อสร้าง โดยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ไตรรัตน์ จารุทัศน์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและแนวคิดที่เป็นประโยชน์อย่างมากมาย รวมทั้งการเอาใจใส่ติดตามงานอย่างใกล้ชิด

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุณฑลทิพย พานิชภักดิ์ ผู้เป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต นิตยะ, ดร.ธีรธร ธาราไชยและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำอย่างดียิ่งเพื่อทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือ และอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆทุกท่าน ของโครงการเพอร์เฟค พาร์ค จังหวัดนนทบุรี ที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการให้ข้อมูลในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณบิดา มารดา อาจารย์ ผู้ประสิทธิประสาทความรู้ทุกท่าน และเพื่อนๆเคหการ ที่ให้กำลังใจ และให้ความสนับสนุนตลอดมาตั้งแต่เริ่มทำวิทยานิพนธ์จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตารางประกอบ ..... ญ

สารบัญแผนผังประกอบ ..... ฎ

สารบัญรูปภาพประกอบ ..... ฒ

บทที่ บทนำ 1 ..... **1**

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 งานวิจัยด้านเอกสาร 3

1.4 ขอบเขตในงานวิจัย 5

1.5 ข้อจำกัดของงานวิจัย 5

1.6 คำจำกัดความของงานวิจัย 6

1.7 ประโยนช์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

1.8 วิธีดำเนินงานวิจัย 7

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **9**

2.1 วิวัฒนาการของระบบประสานทางพิกัด 9

2.2 การประสานทางพิกัด 17

2.3 การออกแบบโดยใช้ระบบประสานทางพิกัด 32

2.4 วัสดุก่อสร้างในระบบประสานทางพิกัด 50

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.5 ระบบโครงสร้างรูปแบบต่างๆ 55
2.6 รอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป 58
2.7 การศึกษาอาคารตัวอย่างของระบบประสานทางพิกัด 75
2.8 สรุปแนวคิดทฤษฎีและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 84
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 97
3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 97
3.2 การเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย 98
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 99
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 101
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 102
3.6 สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ 103
บทที่ 4 รายละเอียดโครงการ 109
4.1 รายละเอียดทั่วไปของโครงการ 109
4.2 รูปแบบและลักษณะพื้นที่ใช้สอย 114
4.3 รายละเอียดประกอบการก่อสร้างอาคาร 144
4.4 ลักษณะการดำเนินการก่อสร้าง 151
บทที่ 5 กระบวนการวิเคราะห์และหาแนวทางการออกแบบ 153
5.1 การวิเคราะห์วัสดุก่อสร้างให้เข้ากับระบบประสานทางพิกัด 153
5.2 การวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้าง 168
5.3 แนวทางการออกแบบบ้านในระบบประสานทางพิกัด 177
5.4 การเปรียบเทียบรูปแบบบ้านในระบบประสานทางพิกัด.....196
5.5 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้างและความเป็นไปได้ 212

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 213

6.1 บทสรุปของแนวทางการออกแบบ 213

6.2 ข้อเสนอแนะ 221

รายการอ้างอิง.....225

ภาคผนวก.....227

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 233

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่ 1.1: แสดงจำนวนหน่วย การก่อสร้างแนวราบ ที่ผลิตจากเทคโนโลยี การก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมจากผู้ประกอบการ.....1
ตารางที่ 2.1: แสดงตารางแนวทางปฏิบัติการวางแปลนและออกแบบ.....36
ตารางที่ 2.2: แสดงการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังแบบที่ 1 43
ตารางที่ 2.3: แสดงการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังแบบที่ 2.....44
ตารางที่ 2.4: แสดงการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังแบบที่ 3.....45
ตารางที่ 2.5: แสดงการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังแบบที่ 4.....46
ตารางที่ 2.6: แสดงวัสดุก่อสร้างที่ใช้เป็นวัสดุโครงสร้างในระบบประสานทางพิกัด 51
ตารางที่ 2.7: แสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อด้อยของรอยต่อทั้ง 2 ระบบ 70
ตารางที่ 2.8: เปรียบเทียบวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ศึกษา 96
ตารางที่ 3.1: การแบ่งกลุ่มการสัมภาษณ์ 100
ตารางที่ 3.2: แสดงกรอบแนวคิดวิธีดำเนินงานวิจัย 107
ตารางที่ 4.1: แสดงการเลือกจำนวนแบบบ้านของโครงการ.....112
ตารางที่ 4.2: รายละเอียดประกอบการก่อสร้างแบบบ้าน A,B,C 144
ตารางที่ 4.3: รายละเอียดประตู-หน้าต่าง แบบบ้าน A 145
ตารางที่ 4.4: รายละเอียดประตู-หน้าต่าง แบบบ้าน B 147
ตารางที่ 4.5: รายละเอียดประตู-หน้าต่าง แบบบ้าน C 149
ตารางที่ 5.1: แสดงการเปรียบเทียบวัสดุตกแต่งในระบบผนัง.....153
ตารางที่ 5.2: แสดงการเปรียบเทียบวัสดุแผ่นใหญ่ในระบบผนัง 154
ตารางที่ 5.3: แสดงการเปรียบเทียบวัสดุตกแต่ง (วัสดุบุผนัง) ในระบบผนัง 155
ตารางที่ 5.4: แสดงการเปรียบเทียบวัสดุวงกบและกรอบบานประตู-หน้าต่าง 156
ตารางที่ 5.5: แสดงการเปรียบเทียบวัสดุโครงสร้างพื้น 157

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ 5.6: แสดงการเปรียบเทียบวัสดุตกแต่งพื้น 158
ตารางที่ 5.7: แสดงการเปรียบเทียบวัสดุตกแต่งพื้น 159
ตารางที่ 5.8: แสดงการเปรียบเทียบวัสดุตกแต่งพื้น 161
ตารางที่ 5.9: แสดงการเปรียบเทียบวัสดุมุงหลังคา 163
ตารางที่ 5.10: แสดงการเปรียบเทียบวัสดุฝ้าชายคาและวัสดุเชิงชาย 164
ตารางที่ 5.11: แสดงการเปรียบเทียบขนาดพิกัดร่วมของชิ้นส่วนวัสดุสำเร็จรูป 166
ตารางที่ 5.12: แสดงการเปรียบเทียบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระบบผนังรับน้ำหนัก.....168
ตารางที่ 5.13: แสดงการเปรียบเทียบรูปแบบผนัง 171
ตารางที่ 5.14: แสดงการเปรียบเทียบ ข้อดี-ข้อเสีย ของรูปแบบโครงสร้าง 172
ตารางที่ 5.15: แสดงการสรุปจำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูปของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 แบบบ้าน 196
ตารางที่ 5.16: แสดงชิ้นส่วนสำเร็จรูปของกลุ่มตัวอย่าง แบบบ้าน A.....197
ตารางที่ 5.17: แสดงชิ้นส่วนสำเร็จรูปของกลุ่มตัวอย่าง แบบบ้าน B.....198
ตารางที่ 5.18: แสดงชิ้นส่วนสำเร็จรูปของกลุ่มตัวอย่าง แบบบ้าน C.....199
ตารางที่ 5.19: แสดงการสรุปจำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูปของระบบประสานทางพิกัด.....200
ตารางที่ 5.20: แสดงการสรุปจำนวนแบบชิ้นส่วนของแบบบ้าน A 207
ตารางที่ 5.21: แสดงการสรุปจำนวนแบบชิ้นส่วนของแบบบ้าน B 208
ตารางที่ 5.22: แสดงการสรุปจำนวนแบบชิ้นส่วนของแบบบ้าน C 209
ตารางที่ 5.23: แสดงการสรุปจำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูปของระบบประสานทางพิกัด 210
ตารางที่ 5.24: แสดงการเปรียบเทียบของระยะช่วงเสา.....210
ตารางที่ 5.25: แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในแต่ละแบบบ้าน.....212
ตารางที่ 6.1: แสดงวัสดุที่เลือกใช้ในระบบประสานทางพิกัด.....216
ตารางที่ 6.2: แสดงการเปรียบเทียบแบบบ้าน A, B และ C.....218

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนผังประกอบ

หน้า

แผนผังที่ 4.1: แสดงที่ตั้งโครงการ 110
แผนผังที่ 4.2: แสดงที่ตั้งโครงการ 111
แผนผังที่ 4.3: แสดงผังโครงการ.....111
แผนผังที่ 4.4: แสดงผังโครงการ แยกตามแบบบ้าน 112
แผนผังที่ 4.5: แสดงแปลนพื้นชั้นล่างแบบบ้าน A (กรณีศึกษา).....115
แผนผังที่ 4.6: แสดงแปลนพื้นชั้นบนแบบบ้าน A (กรณีศึกษา) 116
แผนผังที่ 4.7: แสดงรูปด้านแบบบ้าน A (กรณีศึกษา) 117
แผนผังที่ 4.8: แสดงรูปด้านแบบบ้าน A (กรณีศึกษา) 118
แผนผังที่ 4.9: แสดงรูปด้านแบบบ้าน A (กรณีศึกษา) 119
แผนผังที่ 4.10: แสดงรูปด้านแบบบ้าน A (กรณีศึกษา) 120
แผนผังที่ 4.11: แสดงรูปตัดแบบบ้าน A (กรณีศึกษา) 121
แผนผังที่ 4.12: แสดงรูปตัดแบบบ้าน A (กรณีศึกษา).....122
แผนผังที่ 4.13: แสดงแปลนพื้นชั้นล่างแบบบ้าน B (กรณีศึกษา).....125
แผนผังที่ 4.14: แสดงแปลนพื้นชั้นบนแบบบ้าน B (กรณีศึกษา) 126
แผนผังที่ 4.15: แสดงรูปด้านแบบบ้าน B (กรณีศึกษา).....127
แผนผังที่ 4.16 : แสดงรูปด้านแบบบ้าน B (กรณีศึกษา).....128
แผนผังที่ 4.17: แสดงรูปด้านแบบบ้าน B (กรณีศึกษา) 129
แผนผังที่ 4.18: แสดงรูปด้านแบบบ้าน B (กรณีศึกษา) 130
แผนผังที่ 4.19: แสดงรูปตัดแบบบ้าน B (กรณีศึกษา) 131
แผนผังที่ 4.20: แสดงรูปตัดแบบบ้าน B (กรณีศึกษา) 132
แผนผังที่ 4.21: แสดงแปลนพื้นชั้นล่างแบบบ้าน C (กรณีศึกษา).....135

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

แผนผังที่ 4.22: แสดงแปลนพื้นชั้นบนแบบบ้าน C (กรณีศึกษา).....136
แผนผังที่ 4.23: แสดงรูปด้านแบบบ้าน C (กรณีศึกษา).....137
แผนผังที่ 4.24: แสดงรูปด้านแบบบ้าน C (กรณีศึกษา).....138
แผนผังที่ 4.25: แสดงรูปด้านแบบบ้าน C (กรณีศึกษา).....139
แผนผังที่ 4.26: แสดงรูปด้านแบบบ้าน C (กรณีศึกษา).....140
แผนผังที่ 4.27: แสดงรูปตัดแบบบ้าน C (กรณีศึกษา).....141
แผนผังที่ 4.28: แสดงรูปตัดแบบบ้าน C (กรณีศึกษา).....142
แผนผังที่ 5.1: แสดงกระบวนการวิเคราะห์แนวทางการออกแบบ.....152
แผนผังที่ 5.2: แสดงแนวทางแบบแปลนชั้นที่ 1 ของแบบบ้าน A.....178
แผนผังที่ 5.3: แสดงแนวทางแบบแปลนชั้นที่ 2 ของแบบบ้าน A.....179
แผนผังที่ 5.4: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 1 ของแบบบ้าน A.....180
แผนผังที่ 5.5: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 2 ของแบบบ้าน A.....181
แผนผังที่ 5.6: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 3 ของแบบบ้าน A.....182
แผนผังที่ 5.7: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 4 ของแบบบ้าน A.....183
แผนผังที่ 5.8: แสดงแนวทางแบบแปลนชั้นที่ 1 ของแบบบ้าน B.....184
แผนผังที่ 5.9: แสดงแนวทางแบบแปลนชั้นที่ 2 ของแบบบ้าน B.....185
แผนผังที่ 5.10: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 1 ของแบบบ้าน B.....186
แผนผังที่ 5.11: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 2 ของแบบบ้าน B.....187
แผนผังที่ 5.12: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 3 ของแบบบ้าน B.....188
แผนผังที่ 5.13: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 4 ของแบบบ้าน B.....189
แผนผังที่ 5.14: แสดงแนวทางแบบแปลนชั้นที่ 1 ของแบบบ้าน C.....190

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

แผนผังที่ 5.15: แสดงแนวทางแบบแปลนชั้นที่ 2 ของแบบบ้าน C 191
แผนผังที่ 5.16: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 1 ของแบบบ้าน C 192
แผนผังที่ 5.17: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 2 ของแบบบ้าน C 193
แผนผังที่ 5.18: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 3 ของแบบบ้าน C 194
แผนผังที่ 5.19: แสดงแนวทางรูปด้านที่ 4 ของแบบบ้าน C 195
แผนผังที่ 5.20: แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 1 ของแบบบ้าน A 201
แผนผังที่ 5.21: แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 2 ของแบบบ้าน A 202
แผนผังที่ 5.22: แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 1 ของแบบบ้าน B 203
แผนผังที่ 5.23: แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 2 ของแบบบ้าน B 204
แผนผังที่ 5.24: แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 1 ของแบบบ้าน C 205
แผนผังที่ 5.25: แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 2 ของแบบบ้าน C 206
แผนผังที่ 6.1 : แสดงแบบอาคารพักอาศัย 8 ชั้น ของงานวิจัย อินทิรา บางภิภพ (2551) 222

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพประกอบ

หน้า

รูปภาพที่ 2.1: แสดงรอยต่อแบบสัมผัสและรอยต่อแบบเว้นร่อง 20
รูปภาพที่ 2.2: แสดงมิติอาศัยซึ่งกันและกันแบบต่างๆ 21
รูปภาพที่ 2.3: แสดง การกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนในชิ้นส่วนอาคาร 23
รูปภาพที่ 2.4: แสดงขนาดของการประสาน 24
รูปภาพที่ 2.5: แสดงสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ 26
รูปภาพที่ 2.6: แสดงการนำ The Golden Section 26
รูปภาพที่ 2.7: แสดงสัดส่วนของ Le Modular 26
รูปภาพที่ 2.8: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตารางตามพิกัด 26
รูปภาพที่ 2.9: แสดงส่วนมูลเป็นสัญลักษณ์รูปร่างที่แตกต่างกันไว้ 9 ประเภทด้วยกัน 29
รูปภาพที่ 2.10: แสดงขนาดของส่วนมูลที่เกี่ยวข้องกันด้วยระบบ Module order 29
รูปภาพที่ 2.11: แสดงบันไดซึ่งเป็นหน่วยพิกัดประกอบอาคาร 30
รูปภาพที่ 2.12: แสดงความสัมพันธ์ของ Core Lift กับรูปแบบตัวอาคาร 30
รูปภาพที่ 2.13: ตารางพิกัดที่มีขนาดเท่ากันทั้ง 2 ทิศทาง 33
รูปภาพที่ 2.14: ตารางพิกัดที่มีขนาดในแต่ละทิศทางไม่เท่ากัน 33
รูปภาพที่ 2.15: ตารางพิกัดผสมหลายขนาด 34
รูปภาพที่ 2.16: แสดงตารางพิกัดแบบต่อเนื่อง 34
รูปภาพที่ 2.17: แสดงตารางพิกัดแบบไม่ต่อเนื่อง 35
รูปภาพที่ 2.18: แสดงการจัดวางของส่วนประกอบของรูปทรงอาคาร 38
รูปภาพที่ 2.19: แสดงรอยต่อของชิ้นส่วนผนัง กับชิ้นส่วนผนัง 39
รูปภาพที่ 2.20: แสดงรอยต่อของสิ้นส่วนผนังกับกำแพงอิฐ 39
รูปภาพที่ 2.21: แสดงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับ Light-Weight Concrete Block 40
รูปภาพที่ 2.22: แสดงขนาดชิ้นส่วนผนังกับคอนกรีต 40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปภาพที่ 2.23: แสดงขนาดชิ้นส่วนผนังรับน้ำหนัก 41
รูปภาพที่ 2.24: แสดงแผ่นยิปซัมบอร์ดลักษณะต่างๆ กัน มีความหนา 9 และ 12 มม. 53
รูปภาพที่ 2.25: แสดงกระเบื้องหลังคาคอนกรีต ซีแพคโมเนีย 54
รูปภาพที่ 2.26: แสดงแผ่นพื้นสำเร็จรูป 54
รูปภาพที่ 2.27: แสดงระบบโครงสร้างแบบ Long-wall 55
รูปภาพที่ 2.28: แสดงระบบโครงสร้างรับน้ำหนักแบบ Cross-wall 56
รูปภาพที่ 2.29: แสดงระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก แบบ Two-way Span 56
รูปภาพที่ 2.30: แสดงตัวอย่างรอยต่อแบบปิด (Closed joints) ระบบแห้ง (Dry joints) 59
รูปภาพที่ 2.31: แสดงตัวอย่างรอยต่อแบบเปิด (Open-drained joints) 60
รูปภาพที่ 2.32: แสดงรอยต่อแบบใช้ปะเก็น (Gasket-Sealed joints) 61
รูปภาพที่ 2.33: แสดงตัวอย่างรอยต่อแบบกลไก 62
รูปภาพที่ 2.34: แสดงลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จะทำการเก็บด้วยระบบแห้ง 64
รูปภาพที่ 2.35: แสดงลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จะทำการเก็บด้วยระบบเปียก 64
รูปภาพที่ 2.36: แสดงลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ 66
รูปภาพที่ 2.37: แสดงลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จรูป 67
รูปภาพที่ 2.38: แสดงชิ้นส่วนผนังสำเร็จ 2 ชิ้น ที่มีความคลาดเคลื่อน 68
รูปภาพที่ 2.39: แสดงลักษณะของชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูป 74
รูปภาพที่ 2.40: แสดงลักษณะของชิ้นส่วนผนังสำเร็จที่ลบมุม 74
รูปภาพที่ 2.41: แสดงลักษณะปลายด้านบนของผนังชั้นล่างที่มีหูช้าง (คานขนาดเล็ก) 75
รูปภาพที่ 2.42: แสดงแบบแปลนชั้นล่าง 76
รูปภาพที่ 2.43: แสดงแบบแปลนชั้นบน 76
รูปภาพที่ 2.44: แสดงทัศนียภาพภายนอก 77

หน้า

รูปภาพที่ 2.45: แสดงรูปแบบของ “ เสื่อตาตามิ ” 78
รูปภาพที่ 2.46: แสดงการวางผังอาคารตัวอย่างชั้นล่าง 79
รูปภาพที่ 2.47: แสดงการวางผังอาคารตัวอย่างชั้นบน 79
รูปภาพที่ 2.48: แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง 80
รูปภาพที่ 2.49: แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง 81
รูปภาพที่ 2.50: แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง 81
รูปภาพที่ 2.51: แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง 82
รูปภาพที่ 2.52: แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง 82
รูปภาพที่ 2.53: แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง 83
รูปภาพที่ 2.54: แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง 83
รูปภาพที่ 2.55: แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง 84
รูปภาพที่ 2.56: แสดงรายละเอียดของอาคารตัวอย่าง 84
รูปภาพที่ 2.57: แสดงรายละเอียดของอาคารตัวอย่าง 85
รูปภาพที่ 2.58: แสดงรายละเอียดของอาคารตัวอย่าง 85
รูปภาพที่ 2.59: แสดงระบบหมุนเวียนอากาศภายในอาคาร 86
รูปภาพที่ 2.60: แสดงช่องระบายอากาศภายในและภายนอกอาคาร 86
รูปภาพที่ 4.1: สภาพแวดล้อมโครงการ 86
รูปภาพที่ 4.2: สภาพแวดล้อมโครงการ 86
รูปภาพที่ 4.3: สภาพงานก่อสร้าง เฟส 3 และ เฟส 4 86
รูปภาพที่ 4.4: แสดงทัศนียภาพแบบบ้าน A กรณีศึกษา 123
รูปภาพที่ 4.5: แสดงทัศนียภาพแบบบ้าน B กรณีศึกษา 133
รูปภาพที่ 4.6: แสดงทัศนียภาพแบบบ้าน C กรณีศึกษา 143

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปภาพที่ 5.1: แสดงรูปแบบตารางพิกัดในลักษณะของผนังก่ออิฐ 170
รูปภาพที่ 5.2: แสดงรูปแบบตารางพิกัดในลักษณะของผนังรูปแบบอื่นๆ 171
รูปภาพที่ 5.3: แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างพื้นกับผนัง 173
รูปภาพที่ 5.4: แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างผนัง 3 ด้าน 174
รูปภาพที่ 5.5: แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างพื้นภายในอาคาร 174
รูปภาพที่ 5.6: แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างผนังต่อผนังภายนอกและภายใน 175
รูปภาพที่ 5.7: แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างผนังต่อผนังด้านภายนอกอาคาร 176
รูปภาพที่ 5.8: แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างผนังต่อผนังทางมุมมองด้านสกัด 176
รูปภาพที่ 5.9: แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างผนังต่อผนังทางมุมมองด้านบน 177
รูปภาพที่ 5.10: แสดงการระบุตำแหน่งของกล่องสวิทซ์-ปลั๊ก 211

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสภาวะทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน มีความไม่แน่นอน มีผลกระทบที่จะกำหนดทิศทางและกลไกของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ ซึ่งระบบการก่อสร้างอาคาร จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึงหลักเศรษฐศาสตร์ ในการลงทุนของโครงการ มีความต้องการใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำ แต่ต้องได้ผลตอบแทนที่สูง แต่เนื่องจากระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยมีการผันแปรไม่ชัดเจน มีผลทำให้ราคาวัสดุปรับตัวขึ้นลงไม่แน่นอน ธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ ต้องปรับตัวตามไปด้วย บ้านพักอาศัย 2 ชั้น ก็ยังคงเป็นสินค้าหลักในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ แต่ก็ต้องเป็นสินค้าที่สามารถลงทุนได้ ผ่านเกณฑ์การยื่นกู้ของสินเชื่อได้ซึ่งผู้ประกอบการต้องดูจากรายได้ต่อครัวเรือนของผู้บริโภคที่สามารถลงทุนได้ในระยะยาวเป็นเกณฑ์สำคัญในการตั้งระดับราคาของสินค้า

ปัจจุบันการนำเทคโนโลยีการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปจากต่างประเทศ โดยที่นำมาใช้กับที่อยู่อาศัย ซึ่งปัจจุบันระบบสำเร็จรูปเข้ามามีบทบาทอย่างมากในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของประเทศไทย ในรูปแบบที่เรียกว่าโครงการบ้านจัดสรร มีลักษณะเด่นคือ มีการก่อสร้างให้ได้จำนวนหน่วยทีละมากๆ และก่อสร้างได้รวดเร็ว มีรูปแบบที่เหมือนกัน มีการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงาน และนำมาติดตั้งในสถานที่ก่อสร้าง เพื่อควบคุมคุณภาพให้ได้มาตรฐานและ ระยะเวลาการก่อสร้าง ซึ่งมีผลในการควบคุมราคาการก่อสร้างเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 1.1 แสดงจำนวนหน่วย การก่อสร้างแนวราบ ที่ผลิตจากเทคโนโลยีการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม จากผู้ประกอบการ

ลำดับที่	ผู้ประกอบการ	ยอดโอนแนวราบ ทั้งหมด ปี 2550	ยูนิตที่ผลิตจาก ระบบอุตสาหกรรม	สัดส่วนที่ผลิตจาก ระบบอุตสาหกรรม	Structure System
1	พฤกษา เรียลเอสเตท	7,031	7,031	100%	Wall Bearing
2	แลนด์ แอนด์ เฮาส์	3,461	2,423	70%	Wall Bearing
3	แสนสิริ	1,905	857	45%	Wall Bearing/Skeleton
4	Q-HOUSE	1,393	0	0	-
5	พร็อพเพอร์ตี้ เพอร์เฟค	1,052	92	9%	Wall Bearing/Skeleton
Total		14,842	10,403		

ที่มา : ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, อ้างถึงใน พร็อพเพอร์ตี้ เพอร์เฟค จำกัด มหาชน, สถาบันวิจัยและพัฒนาธุรกิจ

จากตารางพอจะทราบถึงจำนวนหน่วยการก่อสร้าง ที่ผลิตจากเทคโนโลยีการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม ที่มีมากถึง 10,403 หน่วย โดยส่วนใหญ่จะมาจากผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มีอยู่ในตลาดหลักทรัพย์ ซึ่งมีศักยภาพเพียงพอที่จะสามารถลงทุนสร้างโรงงานผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ที่ถูกออกแบบมาเพื่อประกอบติดตั้งตามรูปแบบที่กำหนดไว้ตายตัวทุกชิ้นส่วนมักจะผลิตมาจากโรงงานแล้วเท่านั้น ซึ่งระบบการก่อสร้างเป็นระบบปิด (Close System) ซึ่งส่วนใหญ่การออกแบบชิ้นส่วนมาเพื่อใช้ได้แบบเดียวยังไม่ได้คำนึงถึงขนาดมาตรฐานที่เหมาะสมที่สามารถปรับให้กับวัสดุอื่นได้

ความสามารถในการผลิตได้อย่างรวดเร็วและการติดตั้งที่ได้มาตรฐาน[1] เกิดจากการใช้ระบบการออกแบบทางพิกัด คือ กำหนดระยะพื้นฐานเป็นสัดส่วนลงตัว เมื่อมีการความจำเป็นต้องขยายขนาดก็จะเป็นการขยายในลักษณะทวีคูณจากระยะขั้นต่ำนี้ออกไป เช่นระยะขั้นต่ำคือ 0.30 ม. จะขยายขนาดออกไปได้เป็น 0.60 ม., 0.90 ม., 1.20 ม.

มาตรการดังกล่าวได้แก่การกำหนดให้ระบุบ่งชี้[2] ระยะ หรือ มิติ ของส่วนประกอบหลักที่ทำหน้าที่เป็นโครงร่างปลอกเปลือกห่อหุ้มภายนอกและแบ่งซอยพื้นที่ภายในของอาคาร รวมถึงการกำหนด ขนาดของความต้องการพื้นที่เพื่อใช้สอยต่างๆ เป็นค่าทวีคูณของ “พิกัดหลักเพื่อการแผนแบบ” ดังนี้ 300 มม. สำหรับมิติตามระนาบทางนอน และ 200 มม. สำหรับระนาบทางตั้ง เป็นเกณฑ์ ส่วนในกรณีที่จะระบุกำหนดส่วนรายละเอียดที่จะมีมิติไม่เต็มขนาดของพิกัดมูลฐานหรือ 100 มม. ให้ใช้มิติในกลุ่ม “อนุพิกัด” คือ 1/2 หรือ 1/4 หรือ 1/5 ของพิกัดมูลฐานมาเสริม

ดังนั้นประเด็นปัญหาหลักๆก็คือต้นทุนการก่อสร้างที่สูง ระบบประสานทางพิกัด (Modular System) ในงานก่อสร้างอาคาร จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการออกแบบก่อสร้างของระบบดั้งเดิม (Conventional System) ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Concrete) ระบบผนังสำเร็จรูปรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall System) และระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป (Prefabrication)ที่ตอบรับกับหลักการที่ต้องประหยัดโครงสร้างและวัสดุ มีการออกแบบตามมาตรฐานของวัสดุที่ชัดเจน ไม่เสียเศษไม่สิ้นเปลืองงบประมาณในการหาวัสดุใหม่ ซึ่งการออกแบบ โดยระบบเดิมตามจินตนาการของสถาปนิกไม่ได้คิดถึงวัสดุที่จะใช้ตั้งแต่เริ่มต้น จึงต้องใช้แรงงานเพิ่มขึ้นค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และงานก็ล่าช้าไม่ตรงเป้าหมายที่วางไว้ของผู้ประกอบการและผู้บริหารงาน

---

[1] ทวี สีบุญเรือง,"ลู่ทางการพัฒนาการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม, "เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมกับการแก้วิกฤตของประเทศ, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2545. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

[2] พิชัย โอภานุกิจ,"ลู่ทางการพัฒนาการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม, "เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมกับการแก้วิกฤตของประเทศ, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2545. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

โครงการ ดังนั้นจึงเป็นปัญหาด้านเทคนิคที่สถาปนิกวิศวกร และผู้รับเหมางานก่อสร้างสามารถแก้ไขโดยอาศัยระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบงานก่อสร้างได้

การวิจัยในเรื่องนี้เป็นการหาโอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาการออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น เพื่อการพัฒนาระบบการก่อสร้างเชิงอุตสาหกรรมให้เป็นระบบเปิดและเป็นมาตรฐานเดียวกันให้มากขึ้น ดังนั้นคำตอบการทำวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ เปรียบเทียบและหาข้อจำกัดอื่นๆ ที่จะสามารถพัฒนาและหามาตรฐานของระบบการก่อสร้างเชิงอุตสาหกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการก่อสร้างของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ในระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมที่เป็นระบบปิดและไม่ได้ใช้แนวคิดของระบบการประสานทางพิกัด โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่มีการก่อสร้างไปแล้ว
2. เพื่อหาแนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ด้วยแนวคิดระบบการประสานทางพิกัด เพื่อรองรับการผลิตและการก่อสร้างเชิงอุตสาหกรรม
3. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้าง เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย โอกาสและข้อจำกัดอื่นๆ เพื่อที่จะพัฒนาระบบการก่อสร้างให้เป็นระบบเปิดในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ด้วยแนวคิดระบบการประสานทางพิกัด

1.3 การวิจัยทางด้านเอกสาร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ไตรรัตน์ จารุทัศน์ (2535)[3] ได้ศึกษาระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม ทั้งที่เป็นระบบสำเร็จรูปและกึ่งสำเร็จรูป สำหรับผู้พักอาศัยของผู้มีรายได้ปานกลางในเขตกรุงเทพและปริมณฑล โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสังคม เช่นพฤติกรรมการรอยู่อาศัย ของครอบครัวที่มีรายได้ปานกลาง, ลักษณะการใช้พื้นที่ใช้สอยที่ต้องการ, การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งผลของการศึกษาออกมาเป็น ทาวน์เฮาส์ 22 ตารางวา และคอนโดมิเนียม 58-65 ตารางเมตร

สิงหราช มีทิพย์ (2542)[4] ได้ศึกษาการประเมินการก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยบล็อกดินซีเมนต์ บล็อกดินซีเมนต์แบบประสาน การศึกษามีความเกี่ยวข้องกับระบบประสานทางพิกัด แต่

---

[3] ไตรรัตน์ จารุทัศน์,"ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมสำหรับที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้ปานกลางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล,"(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2535).

[4] สิงหราช มีทิพย์,"ประเมินการก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยบล็อกดินซีเมนต์, "(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2542).

ผลของการศึกษาเป็นบ้านพักอาศัย 1 ชั้น ไม่ใช่ระบบการก่อสร้างแบบผนังรับน้ำหนักและระบบการก่อสร้างที่ใช้กันทั่วไปในรูปแบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม

ชนินทร์ แซ่เตียว (2545)[5] ได้ศึกษาแนวทางการออกแบบงานก่อสร้างบ้านแถวด้วยระบบประสานทางพิกัดมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหลักการออกแบบอาคารด้วยระบบประสานทางพิกัด ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลชิ้นส่วน สำเร็จรูปของ วท. และวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปอื่น ๆ ตลอดจนวิเคราะห์หาแนวทางการออกแบบงานก่อสร้างบ้านแถวด้วยระบบประสานงานทางพิกัด ซึ่งมีข้อสรุปเป็นบ้านแถว 1 คูหาขนาดเล็กที่สุดคือ 4พ x 60พ สูง 60พ และมีพื้นที่น้อยที่สุด 24 ม^2 ด้านขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคาร สามารถสรุปได้ถึงหน่วยพิกัด 1M = 100 มม. คือหน่วยที่เล็กที่สุดที่ใช้ในการออกแบบ หน่วยแนวระดับ = 3M (300 มม.) หน่วยแนวดิ่งที่ 2M (200 มม.)

รุ่งรัตน์ ลิ่มทองแท่ง (2548)[6] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบสำเร็จรูป กับระบบปกติ : กรณีศึกษาโครงการซื่อตรงรังสิต คลอง 3 จังหวัดปทุมธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยในระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก โดยการนำแบบบ้านชั้นเดียว พื้นที่ใช้สอย 82 ตรม. มาเป็นกรณีศึกษา การดำเนินวิธีวิจัยใช้วิธีการเฝ้าสังเกต จดบันทึก และถ่ายภาพกระบวนการผลิต การติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการก่อสร้าง โดยรูปแบบเป็นระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมในแบบบ้านชั้นเดียว

นรินทร์ พุทธอารักษ์วงศ์ (2549)[7] การเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป เสา-คาน กับการก่อสร้างระบบเดิม โดยตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยบ้านเดี่ยว 2 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 270 ตารางเมตรในโครงการบ้านจัดสรรที่มีการก่อสร้างทั้งสองระบบในรูปแบบเดียวกัน แต่ไม่ได้มีการศึกษาในระบบผนังรับน้ำหนัก

คเชนท์ สุริยาวงศ์ (2550) [8] ระบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก โดยผู้ประกอบการธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการผลิต เทคนิคการผลิตชิ้นส่วนและขั้นตอนของการก่อสร้างของทั้งสองโครงการ รวมถึงศึกษาเรื่อง ต้นทุน ระยะเวลา คุณภาพ และข้อจำกัดต่างๆของการก่อสร้าง โดย

---

[5]ชนินทร์ แซ่เตียว,"แนวทางการออกแบบก่อสร้างบ้านแถวด้วยระบบประสานทางพิกัด,"(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2545).

[6]รุ่งรัตน์ ลิ่มทองแท่ง,"ศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบสำเร็จรูป กับระบบปกติ: กรณีศึกษาโครงการซื่อตรงรังสิต คลอง 3 จังหวัดปทุมธานี," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2548).

[7]นรินทร์ พุทธอารักษ์วงศ์,"การเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป เสา-คาน กับการก่อสร้างระบบเดิม,"(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2549).

[8]คเชนท์ สุริยาวงศ์,"ระบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก ในกลุ่มผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2550).

การนำรูปแบบที่อยู่อาศัยบ้านเดี่ยว 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 149 ตารางเมตร และแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 134 ตารางเมตร เป็นกรณีศึกษา เป็นการศึกษาเปรียบในระบบผนังรับน้ำหนักที่เหมือนกันและเป็นบ้าน เดี่ยว 2 ชั้น แต่ไม่ได้ทำการศึกษาถึงความแตกต่างของรูปแบบ จำนวนชิ้นส่วนการผลิต ซึ่งทั้งสองโครงการมีรูปแบบของบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ไม่ความเกี่ยวข้องในเรื่องของระบบประสานพิกัด

อินทิรา บางภิภพ (2551)[9] การเปรียบเทียบอาคารชุด 8 ชั้นที่นำระบบผนังรับน้ำหนักเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายนอก กับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายในร่วมกับ ระบบผนังค.ส.ล.สำเร็จรูป เป็นผนังภายนอก เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง 2 โครงการ ที่เป็นอาคารชุด 8 ชั้น ที่เหมือนกัน ในประเด็นเรื่องของต้นทุน คุณภาพ และเวลา

1.4 ขอบเขตในงานวิจัย

1. ด้านทฤษฎีและแนวคิด

- ศึกษาหลักการออกแบบอาคารด้วยระบบประสานทางพิกัดสำหรับประเทศไทย
- ข้อมูลวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป จะเลือกพิจารณาให้เข้ากับระบบประสานทางพิกัดได้

2. ด้านการสำรวจและเก็บข้อมูล

- โดยการเลือกกลุ่มประชากรจาก โครงการเพอร์เฟค พาร์ค จังหวัด นนทบุรีของบริษัท พร็อพเพอร์ตี้ เพอร์เฟค จำกัด (มหาชน) ที่มีการก่อสร้างแล้วทั้งหมด 567 หลัง ; ข้อมูล วันที่ 13 กรกฎาคม 2552

- โดยการเลือกจากกลุ่มตัวอย่าง จากการศึกษาเปรียบเทียบ 3 แบบบ้าน ที่มียอดขายเป็นที่นิยมของลูกค้า ของบริษัทฯ และจะทำการศึกษารูปแบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม โดยใช้ระบบสำเร็จรูปหรือกึ่งสำเร็จรูป

1.5 ข้อจำกัดของงานวิจัย

เนื่องจากการเปิดเผยชื่อของผู้ให้ข้อมูลและรายชื่อบริษัทและที่ตั้งโครงการที่เป็นกรณีศึกษา อาจส่งผลกระทบต่อผลการดำเนินธุรกิจและผลประโยชน์ของบริษัท ผู้วิจัยจึงขอสงวนการเปิดเผยข้อมูลที่เป็นความลับของบริษัทและละเว้นการเปิดเผยแหล่งที่มาของข้อมูล เพื่อรักษา

[9]อินทิรา บางภิภพ, "การเปรียบเทียบอาคารชุด 8 ชั้นที่นำระบบผนังรับน้ำหนักเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายนอก กับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังค.ส.ล.สำเร็จรูป เป็นผนังภายนอก," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2551).

ผลประโยชน์ของแหล่งข้อมูลนั้น โดยจะใช้นามแทนชื่อแบบบ้าน คือ “แบบ A”และ “แบบ B” ไม่เอ่ยนามจริงของผู้ให้สัมภาษณ์ นอกจากตำแหน่งหน้าที่ในการทำงานเท่านั้น

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. การประสานทางพิกัด (Modular Coordination)[10] หมายถึง การประสานทางมิติโดยใช้หน่วยพิกัดมูลฐาน หรือหน่วยคูณพิกัด
2. การประสานทางมิติ (Dimensional Coordination)[10] หมายถึง ข้อตกลงในเรื่องขนาดที่สัมพันธ์กัน เพื่อการประสานมิติของส่วนประกอบอาคารกับตัวอาคารเข้าด้วยกัน สำหรับใช้ในการออกแบบ การผลิตและการประกอบติดตั้ง
3. หน่วยพิกัดมูลฐาน (Basic Module)[11] หมายถึง หน่วยพิกัดซึ่งใช้เป็นรากฐานในการประสานทางพิกัด เป็นขนาดซึ่งเลือกมาใช้ทั่วๆไปกับอาคารและส่วนประกอบ
4. หน่วยคูณพิกัด หรือหน่วยพิกัดทวีคูณ (Multi Module)[12] หมายถึง หน่วยพิกัดซึ่งมีขนาดเป็นผลคูณที่เลือกแล้วของหน่วยพิกัดมูลฐาน
5. หน่วยพิกัดแผนผัง (Planning Module)[13] หมายถึง หน่วยคูณพิกัดซึ่งกำหนดให้ใช้เฉพาะงาน
6. การออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด (Modular Design)[14] หมายถึง ระบบที่สามารถกำหนดอนุกรมที่เล็กที่สุดได้ตามวัสดุหรือกฎเกณฑ์ที่เรากำหนดขึ้นตามความเหมาะสมของการใช้งาน และมีความหมายของข้อกำหนดกฎเกณฑ์มาตรฐานให้ได้ประโยชน์สูงสุด การใช้จำนวนซ้ำๆกันเป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ลดต้นทุนในการผลิตได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[10] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ,”ประมวลศัพท์,”เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด ในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ (กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520), หน้า 2. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

[11] ชนินทร์ แซ่เตียว,”แนวทางการออกแบบก่อสร้างบ้านแถวด้วยระบบประสานทางพิกัด,”(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2545),หน้า 5.

[12] ชวลิต นิตยะ,”การก่อสร้างอาคารระบบูตสาหกรรม,” เอกสารประกอบการสอน Housing Construction Technology, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย 2550. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

[13] David A Sheppard, William R Phillips, “Plant-cast Precast&Prestressed Concrete: A Design Guide,” (USA : McGraw-Hill Publishing Company,1989).

[14] Baldwin and clark,2000 (http://en.wikipedia.org/wiki/Modular_design)

7. ผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall)[15] หมายถึง ผนังที่ใช้เป็นตัวโครงสร้างรับน้ำหนักของอาคารในการศึกษาครั้งนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะผนังรับน้ำหนักที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กเท่านั้น
8. ชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Concrete)[11] หมายถึง การหล่อชิ้นส่วนงานก่อสร้างในสถานที่ใดๆก่อนแล้วจึงนำไปประกอบเป็นโครงสร้างอาคาร
9. ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป (Prefabrication)[11] หมายถึง อุตสาหกรรมการก่อสร้างอันเป็นวิธีการผลิตชิ้นส่วนประกอบจำนวนมาก เพื่อการก่อสร้างโดยอาศัยเครื่องมือเครื่องจักรอุปกรณ์ ยกสำหรับปฏิบัติงาน
10. ระบบเปิด (Open System)[16] เป็นระบบที่ชิ้นส่วนต่าง ๆ สามารถสับเปลี่ยน ประกอบเป็นรูปแบบใหม่ได้ตามต้องการ มีความยืดหยุ่นในการออกแบบและประกอบติดตั้งมาก
11. ระบบปิด (Closed System)[15] เป็นระบบที่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ถูกออกแบบมาเพื่อประกอบติดตั้งตามรูปแบบที่กำหนดไว้ตายตัว ทุกชิ้นส่วนมักจะผลิตมาจากโรงงานแล้วเท่านั้น

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจศึกษาที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นโครงการของภาครัฐบาล หรือภาคเอกชน เพื่อที่จะเป็นการพัฒนาระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม
2. ใช้เป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการก่อสร้างให้เหมาะสมกับโครงการ
3. เป็นการสร้างองค์ความรู้ในการออกแบบ การเลือกใช้และลดการสิ้นเปลืองวัสดุ ที่คำนึงถึงการใช้สอย ความรวดเร็ว ปลอดภัยในการก่อสร้าง
4. เพื่อได้แนวทางการปรับลดต้นทุนค่าก่อสร้างของบ้านเดี่ยว 2 ชั้น มีผลต่อผู้บริโภคที่มีความต้องการของที่อยู่อาศัย

1.8 วิธีดำเนินงานวิจัย

1.การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

1.1 การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ ศึกษาจากข้อมูลจากบทความและวารสาร ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นการอ้างอิงแนวความคิดที่น่าเชื่อถือ ได้แก่

---

[15] Gmbh, Wiesbaden and Berlin, "Precast Concrete,"3rd ed.(USA:Michigan, 1968).

[16] ไตรรัตน์ จารุทัศน์, "การก่อสร้างอาคารระบบบุตสาหกรรม," เอกสารประกอบการสอน ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2550. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

- ทฤษฎีและแนวคิดด้านระบบประสานทางพิกัด
- การศึกษาข้อมูลด้านการก่อสร้างและความเป็นมาของงานก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม
- การศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของบ้านเดี่ยว 2 ชั้นในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์
- การศึกษาระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมในระบบอุตสาหกรรม

1.2 การศึกษาข้อมูลขั้นปฐมภูมิ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้นที่เป็นระบบอุตสาหกรรม จากการสังเกตการณ์จริง, การบันทึกภาพและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น เพื่อหาข้อเท็จจริงในการพัฒนาระบบการก่อสร้างให้บรรลุตามวัตถุระสงค์ของงานวิจัย

2.เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล การสัมภาษณ์ การถ่ายรูปแสดงขั้นตอนงานที่สำคัญ รวมถึงการเก็บข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบและก่อสร้าง

3.การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการค้นคว้า มาตรฐานระบบประสานทางพิกัด และระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลของวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป โดยแบ่งประเภทของงานก่อสร้าง

4.การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ระบบก่อสร้างที่เหมาะสมในบ้านพักอาศัย 2 ชั้นด้วยระบบประสานทางพิกัด

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป โดยเสนอเป็นตารางเปรียบเทียบ

4.3 วิเคราะห์แนวทางเพื่อการออกแบบ เพื่อทดสอบข้อมูลต่างๆของระบบการก่อสร้างและวัสดุที่เลือกใช้

5.การสรุปผลและการนำเสนอ

5.1 นำเสนอแนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัย 2 ชั้นด้วยระบบประสานทางทางพิกัดจากการค้นคว้าข้อมูล

- รวบรวมข้อมูลการเปรียบเทียบราคาต้นทุนการก่อสร้าง
- รวบรวมข้อมูลรายการวัสดุที่ใช้เพื่อนำเสนอ
- รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ผู้บริหารโครงการ, นักวิชาการ, ผู้รับเหมา มาประกอบผลเพื่อปรับปรุง

5.2 สรุปผลข้อมูล นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาทำการสรุปผลการวิจัยเพื่อแสดงประเด็นสำคัญต่างๆที่ได้จากผลการวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการเสนอข้อเสนอแนะต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในหัวข้อเรื่องที่เกี่ยวกับระบบประสานทางพิกัดนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารทางทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ โดยนำเสนอในบทนี้เฉพาะเรื่องที่สำคัญเท่านั้น ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ เรียงลำดับความสำคัญของเรื่อง ดังนี้

2.1 วิวัฒนาการของระบบประสานทางพิกัด
2.2 การประสานทางพิกัด
2.3 การออกแบบโดยใช้ระบบประสานทางพิกัด
2.4 วัสดุก่อสร้างในระบบประสานทางพิกัด
2.5 ระบบโครงสร้างรูปแบบต่างๆ
2.6 รอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป
2.7 การศึกษาอาคารตัวอย่างของระบบประสานทางพิกัด
2.8 สรุปแนวคิดทฤษฎีและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิวัฒนาการของระบบประสานทางพิกัด[1]

ปัญหาด้านก่อสร้างมีมาตั้งแต่ครั้งโบราณ เป็นเรื่องที่มนุษย์พยายามแก้ไข หรือเสาะหาวิธีการก่อสร้างที่สนองความต้องการที่เกิดขึ้นให้มากที่สุด การก่อสร้างในอดีต การทำงาน ความคิดและการสร้างสรรค์ยังอยู่ในวงแคบ วัสดุก่อสร้างมีไม่มีชนิด ความต้องการที่ไม่ซับซ้อน ปัญหาต่างๆ จึงมีสภาพแตกต่างกับสภาพปัญหาในปัจจุบัน

นับตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นต้นมา งานก่อสร้างได้ทวีความสำคัญขึ้น ทุกประเทศต้องบูรณะซ่อมแซม และจัดหาที่อยู่อาศัยใหม่ให้ประชากรของตน นักวิชาการจึงเร่งหันมาพัฒนาเทคนิคต่างๆ ให้ก้าวหน้าทันต่อการแก้ปัญหาเหล่านี้ เช่น เสาะหาวัสดุก่อสร้างให้มีมากชนิดขึ้น ความต้องการในด้านต่างๆ ที่ซับซ้อน และเพิ่มมากขึ้น เพื่อแข่งกับเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัด

ต่อมาปัญหาเรื่องการขาดแคลนที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นทุกประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศที่มีอัตราการเพิ่มประชากรอย่างรวดเร็ว ความต้องการที่อยู่อาศัยจึงเพิ่มขึ้น

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, การมาตรฐานและการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร, (กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2516), หน้า 1.

ตามจำนวนของประชากรเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความขาดแคลนที่อยู่อาศัยขึ้น อุตสาหกรรมด้านการก่อสร้างแม้จะได้รับความสนใจและสนับสนุนจากวงการต่างๆ มีการปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา ก็ยังไม่สามารถก้าวไปทันความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้ การแก้ปัญหาส่วนนี้จึงตกเป็นภาระหน้าที่ของสถาปนิก วิศวกร และผู้ผลิตวัสดุก่อสร้าง

สถาปนิก วิศวกร และผู้ผลิต จึงได้พยายามค้นหาวิธีการใหม่ๆ เพื่อช่วยให้การก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัยทำได้รวดเร็วและประหยัด ดังจะเห็นได้จากการกำหนดระบบใหม่ๆ ขึ้น เพื่อช่วยทั้งในด้านการออกแบบ การผลิต และการก่อสร้าง เช่น การก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป เป็นต้น

ปัจจุบันการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ได้พัฒนาและแก้ปัญหาได้ในหลายๆ ประเทศในภาคพื้นยุโรป และประเทศกำลังพัฒนาอย่างได้ผล ในสมัยก่อน การผลิตส่วนประกอบอาคารให้สำเร็จมาจากโรงงานได้เคยใช้กันมาบ้าง แต่เป็นเพียงบางส่วนของอาคาร เช่น ส่วนประกอบประตูหน้าต่าง ซึ่งมีข้อบกพร่องมากจนไม่ช่วยให้การก่อสร้างดำเนินไปได้รวดเร็วตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด เพราะส่วนประกอบเหล่านั้นไม่มีการกำหนดการประสานทางพิกัด ส่วนประกอบที่ผลิตขึ้นจึงพอดีกับวัสดุชิ้นอื่นที่ทำเตรียมไว้ หรือแม้กับส่วนประกอบชิ้นเดียวกันซึ่งผลิตจากโรงงานอื่นๆ ความยุ่งยากจึงเกิดขึ้นเสมอ

ต่อมาจึงมีการพิจารณากำหนดระบบประสานทางพิกัดในอาคารขึ้น เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เคยมี ช่วยให้การก่อสร้างดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะก่อสร้างด้วยระบบดั้งเดิม หรือระบบสำเร็จรูป ในด้านการจัดทำวัสดุก่อสร้าง ประมาณปี 1950 เราอาจมีวัสดุและวิธีการทำ Table Top เพียง 20 วิธี แต่ปัจจุบันเรามีไม่น้อยกว่า 100 วิธี การมีวัสดุที่เพิ่มมากขึ้นอาจไม่ช่วยแก้ปัญหามากนัก ถ้าวัสดุเหล่านั้นไม่มีระบบประสานทางพิกัด ดังนั้นจึงได้กำหนดให้ใช้ระบบนี้กับวัสดุก่อสร้างด้วย นอกจากนี้ การออกแบบเพื่อการก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป ก็จำเป็นที่จะต้องใช้ระบบประสานทางพิกัดด้วยเช่นกัน

ในระดับนานาชาติ International Organization for Standardization (ISO) ในฐานะองค์การระหว่างประเทศเพื่อการวางมาตรฐาน ได้ตั้งกรรมาธิการวิชาการขึ้นโดยเฉพาะ สำหรับงานด้านการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร ทำหน้าที่ค้นคว้า รวบรวมเอกสารในเรื่องนี้เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานโลก

โดยมีประเทศต่างๆ ที่ยอมรับความสำคัญของการประสานทางพิกัดมาตั้งแต่อดีต เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมการก่อสร้างต่อไปในอนาคต ตัวอย่างเช่น

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 เบลเยี่ยม สวีเดน ฝรั่งเศส รัสเซีย ฮังการี เดนมาร์ค ยูโกสลาเวีย อิตาลี สวิตเซอร์แลนด์ เนเธอร์แลนด์ ฟินแลนด์

วิวัฒนาการของระบบประสานทางพิกัดในประเทศต่าง ๆ[2]

ค.ศ. 1930	Albert Farwell Bemis ชาวอเมริการิเริ่มกำหนดระบบ Cubical Modular Method โดยใช้ 4 นิ้ว เป็นพิกัดมูลฐาน
ค.ศ. 1942	ฝรั่งเศสเป็นประเทศแรกในยุโรปที่ใช้ 100 มม. เป็นพิกัดมูลฐาน
ค.ศ. 1945	ASA (American Standards Association) ยอมรับ 4 นิ้ว เป็นพิกัดมูลฐาน
ค.ศ. 1945	อังกฤษใช้ 4 นิ้ว ในระบบประสานทางพิกัด
ค.ศ. 1953	EPA (European Productivity Agency) จัดสัมมนาเรื่องระบบประสานทางพิกัด มี 11 ประเทศเข้าร่วม Ernest Neufert ชาวเยอรมันใช้ระบบ Optometric กำหนดให้ 125 มม. เป็นพิกัดมูลฐาน

หลังจากนั้น องค์การมาตรฐานโลก ได้จัดตั้งคณะกรรมการขึ้น 1 จุด จัดการศึกษาเรื่องนี้และกำหนดให้ระบบประสานทางพิกัดมีพิกัดมูลฐาน = 100 มม.

สหรัฐอเมิรกา

ค.ศ.1920–1930	ในอเมิรกา เริ่มมีการใช้ระบบประสานทางพิกัด โดยนักอุตสาหกรรม ชื่อ Albert Farwell Bemis เป็นผู้ริเริ่มวางรากฐานการประสานทางมิติขึ้น เรียกว่า “The Cubical Modular Method” โดยกำหนดเกณฑ์ให้ลูกบาศก์ที่มีด้านแต่ละด้านยาว 4 นิ้ว

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, “สถาบันวิจัยและวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย,” การมาตรฐานและการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร, (กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2516), หน้า 2.

ค.ศ. 1938 ASA (American Standards Association) ได้จัดให้มีการสัมมนาเรื่องนี้ และเป็นผลให้ในปีต่อมาได้มีการวางขอบข่ายของเรื่องระบบประสานทางพิกัดขึ้นในหัวข้อต่อไปนี้

1. การพัฒนาด้านมูลฐานสำหรับการประสานทางพิกัดของอาคาร วัสดุก่อสร้าง และเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

2. การควบคู่กันไปของผังอาคาร และรายละเอียดของแต่ละมิติที่จะใช้ในการประสาน

3. ข้อแนะนำเกี่ยวกับขนาดและมิติที่เป็นมาตรฐาน อันเหมาะสำหรับการประสานกันในมิติของอาคารและชิ้นส่วนประกอบอาคาร

ค.ศ. 1945 ASA ยอมรับ 4 นิ้ว เป็นขนาดมิติที่เหมาะสมที่จะใช้ในการประสาน ได้มีการพิมพ์สมุดคู่มือเป็นครั้งแรก แนะนำแนวทางที่ใช้การประสานทางพิกัด ใช้ชื่อ A 62 Guide for Modular Coordination

ค.ศ. 1949 American Institute of Architects (AIA) ได้ตั้งสำนักงานเกี่ยวกับเรื่องนี้โดยเฉพาะเพื่อค้นคว้าต่อไป

ค.ศ. 1953 อเมริกันได้เข้าเป็นสมาชิก European Productivity Agency (EPA)

ค.ศ. 1956 มีการจัดพิมพ์หนังสือเรื่อง Modular Coordination in Building ขึ้นโดยองค์การสหประชาชาติ

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

ในเวลาต่อมา เมื่อประเทศส่วนใหญ่ในยุโรป ได้ยอมรับขนาด 100 มม. เป็นมิติที่ใช้เป็นมูลฐาน ทางอเมริกาจึงได้ปรับพิกัดมูลฐานให้เป็นไปตาม ISO คือขนาด 100 มม. เช่นเดียวกัน

เยอรมัน

ระบบการประสานทางพิกัดในเยอรมัน เป็นการพัฒนามาจากระบบ Optometric ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้กำหนดระบบ Optometric โดยถือเอาพิกัดมูลฐานที่ระยะ 1/8 ของเมตร โดย Prof. Ernest Neufert เป็นผู้กำหนด ภายหลังได้มีการใช้ระบบ Decimeter เพราะ

ประเทศต่างๆ ในยุโรปได้ยอมรับ 100 มม. เป็นพิกัดมูลฐาน จึงทำให้มี 2 ระบบขึ้น ทุกวันนี้ระบบ Optometric มีเปอร์เซ็นต์การใช้น้อยลงกว่าระบบประสานทางพิกัดที่มีพิกัดมูลฐาน 100 มม. มาก

อังกฤษ

เริ่มศึกษาระบบการประสานทางพิกัดตั้งแต่ ค.ศ.1945 โดยได้เชิญผู้ใช้ และผู้ผลิตในวงการอุตสาหกรรม ก่อสร้างเข้าร่วมพิจารณารายงานเรื่องนี้ หลังจากนั้นได้พิมพ์เอกสารวิชาการแล้วเสนอต่อผู้ผลิตอุตสาหกรรมด้านนี้ เพื่อขอข้อเสนอแนะและแก้ไข แต่เนื่องมาจากมาตรการของประเทศต่างๆ ในยุโรปได้กำหนด 100 มม. เป็นพิกัดมูลฐาน ส่วนอังกฤษเองกลับใช้มาตรฐานอังกฤษอยู่ ซึ่งกำหนด 4 นิ้ว เป็นพิกัดมูลฐาน จึงไม่พอดีกับขนาด 100 มม. ปัจจุบันอังกฤษได้เปลี่ยนมาตราชั่ง ตวง วัด จากระบบ Imperial มาเป็นระบบเมตริก และได้ใช้ 100 มม. เป็นพิกัดมูลฐานแล้ว การใช้ระบบประสานทางพิกัดจึงไม่มีปัญหา

ฝรั่งเศส

ค.ศ.1942 ฝรั่งเศสเป็นประเทศแรกในยุโรปที่ประกาศใช้พิกัดมูลฐาน 100 มม. และเป็นประเทศหนึ่งในยุโรปที่มีการใช้ระบบประสานทางพิกัดอย่างกว้างขวางในอาคารสำเร็จรูป ถึงแม้ส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานแบบระบบปิดเฉพาะโครงการ ในระยะหลังวงการก่อสร้างเหล่านี้ได้ประสบปัญหา แต่สามารถแก้ไขได้จนเป็นผลสำเร็จ ทำให้ระบบประสานทางพิกัดยังได้รับความนิยมใช้อยู่ถึงปัจจุบัน

ญี่ปุ่น

เป็นระยะเวลาประมาณ 40 กว่าปีมาแล้ว ที่ญี่ปุ่นสนใจศึกษาเรื่องการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร และปัจจุบันได้กำหนดขนาดของพิกัดมูลฐานขึ้น และนำมาใช้อย่างจริงจังโดยวิศวกร และผู้ก่อสร้างได้ทำงานอย่างใกล้ชิดกับองค์การระดับโลกทั้งหลาย ญี่ปุ่นมีขนบธรรมเนียมประจำชาติ ลักษณะสำคัญที่แตกต่างจากประเทศต่างๆ ในยุโรป ทำให้ญี่ปุ่นมีความเห็นว่าพิกัดของญี่ปุ่นมีหลักการที่ก้าวหน้า และเหมาะที่จะใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างได้ดีกว่าของยุโรป

สถาปัตยกรรมของญี่ปุ่นเป็นแบบ Frame – Type Structure ประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคารของญี่ปุ่นใช้ขนาดของ “เสื่อตาตามิ” เป็นพิกัดมูลฐานมาแต่โบราณ วัสดุก่อสร้างมีมาตรฐานและลักษณะนิยมเป็นยุคเป็นสมัยไม่เหมือนกัน เมื่อมีวัสดุใหม่เกิดขึ้น การนำไปใช้ก็ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไขไปจากมาตรฐานเดิม ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของมาตรฐานที่แตกต่างกันและมาตรฐานเดิมนั้น แม้จะเป็นการง่ายในงานอุตสาหกรรมก็จริง แต่ไม่เป็นผลที่น่าพอใจนัก ประจวบ

กับได้ทราบและมีการรู้จักระบบประสานทางพิกัดในความคิดเห็นสมัยใหม่มากขึ้น ญี่ปุ่นจึงเริ่มศึกษาระบบนี้เพื่อใช้ประโยชน์อย่างจริงจังในระยะหลัง ค.ศ.1950 โดยก่อนหน้าปี 1950 การประสานทางพิกัดเป็นที่รู้จักบ้างในวิศวกรและผู้เชี่ยวชาญชาวญี่ปุ่น ซึ่งภายหลังแม้ทางราชการได้เปลี่ยนเป็นเมตริกแล้ว ระบบการวัดแบบ Shaku และ Kan ก็ยังใช้กันอยู่ เมื่อญี่ปุ่นได้เปลี่ยนระบบมาตราชั่ง ตวง วัด มาเป็นเมตริกแล้ว Building Module จึงได้ตั้งขึ้น

ญี่ปุ่นล้าหลังกว่าประเทศต่างๆ ในยุโรปในเรื่องระบบการประสานทางพิกัด เพราะญี่ปุ่นไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนช่างฝีมือเหมือนประเทศในยุโรป ทำให้เริ่มระบบอุตสาหกรรมด้านนี้ช้าไป ค.ศ.1963 การประสานทางพิกัดสำหรับอาคาร คำศัพท์ที่ใช้ และการกำหนดส่วนประกอบอาคารเบื้องต้นได้ตั้งขึ้น ในปี ค.ศ.1964 หลักสำคัญของการประสานทางพิกัดตั้งขึ้น และรายงานให้ทาง ISO ทราบ วิศวกรชาวญี่ปุ่นต่างพยายามทดลองหาวิธีใช้การประสานทางพิกัดในงานสถาปัตยกรรม และนำผลการทดลองเหล่านั้นมาตั้งเป็นมาตรฐานขึ้น เป็นที่น่าสังเกตว่า ในสมัยก่อน ระบบการวัดแบบโบราณได้ถูกนำมาใช้ในระบบอุตสาหกรรมรวมด้วย แต่ได้พบว่ามีข้อบกพร่องมาก

การพัฒนาการประสานทางพิกัดในญี่ปุ่น ได้วางหลักการต่างๆ ดังนี้

1. ส่งเสริมและเผยแพร่ให้นำระบบประสานทางพิกัดไปใช้จริงและกว้างขวาง
2. สนับสนุนให้มีการทดลองด้านอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอาคาร
3. ปี ค.ศ.1960 ได้เข้าร่วมเป็นสมาชิก ISO (TC 5) โดยพิกัดในงานก่อสร้างอาคารของญี่ปุ่นแตกต่างกับยุโรปบ้าง และญี่ปุ่นยังมั่นใจว่าพิกัดในงานก่อสร้างของญี่ปุ่นดี มีเหตุผล และประหยัดกว่าของยุโรป
4. การกำหนดมิติของพิกัด ได้ถือตามขนาดพิกัดมูลฐาน 100 มม. ขององค์การ ISO

ประเทศไทย

ประเทศไทยได้มีการใช้ระบบการประสานทางพิกัดมาแต่โบราณ ได้แก่ การใช้มิติมูลฐาน คือ กระเบียด นิ้ว คืบ ศอก และวา บ้านไทยโบราณที่สร้างขึ้นในอดีต ใช้มิติมูลฐานนี้กำหนดขนาดของตัวบ้าน เพื่อให้เกิดการประสานกันในเชิงมิติ และสัดส่วนทางสถาปัตยกรรม

สถาปนิกไทยสมัยโบราณได้รับแรงบันดาลใจที่สลับซับซ้อนหลายด้าน เช่น ไสยศาสตร์ ลักษณะภูมิประเทศ การขนส่ง และวัตถุดิบในท้องถิ่น ระบบการก่อสร้างบ้านไทยโบราณจึงเป็นระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป มีขนาดประสานกันในเชิงพิกัด แล้วนำมาประกอบกันเป็นตัวบ้าน การประสานทางพิกัดจึงเป็นประโยชน์ต่องานก่อสร้างของไทยมาแต่อดีต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แต่ต่อมาทางราชการได้กำหนดให้ใช้มาตราเมตริกตามหลักสากลเป็นหน่วยวัดของราชการ สำหรับหน่วยวัดที่ใช้มิติมูลฐานจากคืบ ศอก และวานั้น ก็ยังมีใช้กันอยู่บ้างขึ้นอยู่กับลักษณะของงานก่อสร้างเฉพาะนั้นๆ

พ.ศ. 2512	ศูนย์กำหนดรายการมาตรฐานแห่งประเทศไทย (ศกม.) ได้เริ่มกำหนดให้พิกัดมูลฐาน (M) = 100 มม. ตามข้อเสนอแนะของ ISO ในระยะแรกของการนำระบบนี้มาใช้นั้นยังไม่อาจเรียกได้ว่า มีการนำไปใช้อย่างจริงจัง จึงเชื่อว่ายังอยู่ในขั้นทดลอง ค้นคว้า และนำเอาปัญหาข้อขัดข้องต่างๆ มาพิจารณาแก้ไข
พ.ศ. 2513	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย จัดทำรายงานเรื่อง “การประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคารสำหรับประเทศไทย” เพื่อเสนอให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้ออกแบบ ผู้กำหนดโครงสร้าง ผู้สร้าง ผู้ผลิตวัสดุก่อสร้าง ตลอดจนผู้กำหนดและควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้พิจารณาและหาทางให้ได้มีการกำหนดขึ้นเป็นมาตรฐาน และริเริ่มนำไปปฏิบัติโดยทั่วกัน
พ.ศ. 2515	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย จัดการสัมมนาวิชาการเรื่อง “การมาตรฐาน และการประสานทางพิกัดในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง” โดยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญของกรรมาธิการเศรษฐกิจเอเชียตะวันออกไกล (ECAFE) องค์การสหประชาชาติ และรัฐบาลประเทศเดนมาร์ค เพื่อให้นักบริหาร สถาปนิก วิศวกร และผู้ก่อสร้าง ได้ทราบถึงคุณประโยชน์และวิชาการเทคนิคใหม่ๆ เพื่อนำมาใช่ปรับปรุงแก้ไขปัญหาการก่อสร้าง และหาทางส่งเสริมและสร้างให้มีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม
พ.ศ.2516	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ จัดทำรายงานเรื่อง “การมาตรฐาน และการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร” เพื่อเผยแพรเนื้อหาของการสัมมนาสู่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างทั้งหลาย
พ.ศ. 2517	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย ได้จัดการสัมมนาขึ้นอีกครั้งหนึ่ง โดยความร่วมมือจาก ECAFE และรัฐบาลประเทศเดนมาร์ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เช่นเดิม เพื่อติดตามผลและกล่าวถึงรายละเอียดที่ก้าวหน้าขึ้น ซึ่งผลจากการสัมมนา ได้มีมติร่วมกันจัดทำข้อเสนอแนะต่อรัฐบาลรวม 8 ข้อ เพื่อการสนับสนุนให้เกิดระบบขึ้นอย่างจริงจังในประเทศ

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

- Modular Design & Structural System โดย เรืองศักดิ์ กันตะบุตร
- รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง โดย เรืองศักดิ์ กันตะบุตร
- รอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต โดย พิบูลย์ จินาวัฒน์
- ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับเรขการของรอยต่อสำหรับอาคารสำเร็จรูป โดย ทวี สีบุญเรือง
- ระยะเผื่อความคลาดเคลื่อน โดย ทวี สีบุญเรือง
- รายการสอบทานเกี่ยวกับระยะเผื่อความคลาดเคลื่อน สำหรับการสร้างด้วยวิธีอุตสาหกรรม โดย ทวี สีบุญเรือง

พ.ศ. 2523 มีการเสนอเอกสารทางวิชาการเรื่อง “การใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบอาคาร” โดย อ.ตรึงใจ บูรณสมภพ เพื่อชี้ให้เห็นประโยชน์ของการใช้ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร ทั้งในวิธีการแบบดั้งเดิม และระบบอุตสาหกรรม

เอกสารทางวิชาการอีกเรื่อง คือ การวางผังอาคารด้วยตารางพิกัด โดย อ.เรืองศักดิ์ กันตะบุตร มีสาระมูลฐานที่มุ่งให้เข้าใจและสามารถออกแบบอาคารด้วยตารางพิกัดได้ถูกต้องในทางสถาปัตยกรรม วิศวกรรมโครงสร้าง และเข้าใจระบบการก่อสร้างได้โดยง่าย

พ.ศ. 2531 – 2539 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เริ่มประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เรื่อง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : การประสานทางพิกัด โดยมีหัวข้อเรื่อง ดังนี้ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เล่ม 1-2531 ประมวลศัพท์

เล่ม 2-2531 หน่วยพิกัดมูลฐาน

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 ได้ดำเนินการโครงการวิจัยและพัฒนาวัสดุก่อสร้าง และระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป เพื่อกระตุ้นและสนับสนุนธุรกิจการก่อสร้างที่อยู่อาศัยระดับผู้มีรายได้น้อย – ปานกลาง ที่อยู่ในเขตเมือง – ชนบท ให้มีการดำเนินการในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุหลักร่วมกับวัสดุเหลือใช้และทรัพยากรท้องถิ่น และมีเป้าหมายหลัก ดังนี้

1. ชิ้นส่วนผนังจะต้องเป็นระบบเปิด ใช้ได้ทั่วไป
2. ขนาดของชิ้นส่วนต้องออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด
3. เป็นชิ้นส่วนขนาดเล็กที่มีน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้าย ประกอบติดตั้งได้ด้วย 2 แรง (คน)
5. ไม่ต้องการเครื่องจักรกลใดๆ ในการขนย้ายเข้าที่ประกอบติดตั้ง นอกจากเครื่องช่วยง่ายๆ ที่สามารถจัดทำขึ้นได้ที่หน้างาน
5. เป็นชิ้นส่วนที่ผลิตโดยใช้ซีเมนต์เป็นวัตถุดิบหลัก

2.2 การประสานทางพิกัด

แนวคิดในการออกแบบอาคารในระบบประสานทางพิกัดถูกใช้มาตั้งแต่ในสมัยกรีกและโรมัน หน่วยพิกัด ถูกนำมาใช้เพื่อก่อให้เกิดความสัมพันธ์ทางด้านมิติ (Dimension) และสัดส่วน (Proportion) ที่สอดคล้องจนเกิดความงดงามที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป แต่การออกแบบในระบบ

ประสานทางพิกัดได้ถูกพัฒนาอย่างจริงจังในช่วงสมัยเริ่มต้นของสงครามโลกครั้งที่ 2 เพื่ออุตสาหกรรมการก่อสร้าง

การประสานทางพิกัด (Modular Coordination)[3] คือ การประสานทางมิติที่ใช้หน่วยพิกัดมูลฐาน (Basic Module) หรือหน่วยคูณพิกัด (Multi module)เหตุที่ต้องมีการใช้ระบบประสานทางพิกัดในการก่อสร้าง เนื่องจากงานก่อสร้างอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดหลายประเภทซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน การนำวัสดุต่างขนาดเข้ามาประกอบใช้ร่วมกันในอาคารเดียวกันนั้น โดยทั่วไปมักเกิดปัญหาว่าขนาดของวัสดุประสานกันไม่พอดี ต้องมีการตัดเพื่อปรับขนาดให้เหมาะแต่การติดตั้ง ซึ่งทำให้เสียทั้งวัสดุ แรงงาน และเวลา ดังนั้น ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคารจึงช่วยให้วัสดุที่ต่างชนิด ต่างขนาดสามารถประกอบกัน และใช้ร่วมกันได้อย่างพอดี โดยไม่ต้องมีการตัดแต่ง ทำให้เกิดความรวดเร็ว และความประหยัดในการก่อสร้าง

การประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร (Modular Coordination in Building) คือ การนำระบบการประสานทางพิกัดมาใช้ในงานก่อสร้าง โดยใช้ในทุกขั้นตอนของการทำงานตั้งแต่การออกแบบ การผลิตวัสดุก่อสร้างหรือชิ้นส่วนอาคาร การใช้วัสดุก่อสร้าง ตลอดจนถึงการติดตั้ง ซึ่งช่วยให้งานก่อสร้างมีความสะดวกรวดเร็ว และประหยัด

วัตถุประสงค์หลักของระบบการประสานทางพิกัด คือ ต้องการให้ขนาดของชิ้นส่วนอาคารต่างๆ ที่ผลิตขึ้น มีการประสานสอดคล้องซึ่งกันและกันระหว่างแต่ละชิ้นส่วน และมีการประสานที่เหมาะสมกับขนาด หรือระยะต่างๆ ของตัวอาคารที่สร้างขึ้นในสถานที่ก่อสร้างด้วย ทำให้การประกอบติดตั้งชิ้นส่วนหรือการก่อสร้างสะดวก รวดเร็ว และสวยงาม โดยสามารถสรุปวัตถุประสงค์ของการประสานทางพิกัดได้ดังนี้

1. อำนวยความสะดวกต่อการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างผู้ออกแบบอาคาร ผู้ผลิตวัสดุก่อสร้าง ผู้จำหน่ายวัสดุก่อสร้าง ผู้ก่อสร้างอาคาร และผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ
2. ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนดมิติในขั้นตอนการออกแบบอาคารให้สามารถนำชิ้นส่วนประกอบอาคารที่เป็นมาตรฐานมาใช้กับส่วนต่างๆ ของอาคารได้อย่างอิสระ
3. จำกัดแบบของชิ้นส่วนประกอบที่เป็นมาตรฐาน ให้สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างอาคารได้หลายประเภท

---

[3]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ,"ประมวลศัพท์," เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด ในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ, (กรุงเทพฯ :สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520), หน้า 2.

4. ทำให้ขนาดมาตรฐานของชิ้นส่วนประกอบของอาคารมีจำนวนน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น
5. ส่งเสริมให้มีการใช้ชิ้นส่วนประกอบของอาคารที่สับเปลี่ยนใช้แทนกันได้ ไม่ว่าจะต่างกันด้านวัสดุ รูปร่าง หรือกรรมวิธีผลิต
6. ช่วยให้การปฏิบัติงานก่อสร้างอาคารที่จะประกอบชิ้นส่วนประกอบของอาคารในสถานที่ก่อสร้างทำได้ง่าย และสะดวกขึ้น
7. ทำให้เกิดการประสานกันในเรื่องขนาดของอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในอาคาร เช่น เครื่องเรือน กับขนาดส่วนต่างๆ ของอาคาร

ในการออกแบบอาคารในระบบประสานทางพิกัด สิ่งที่มีความจำเป็นเบื้องต้น คือ การกำหนดมิติ และหน่วยพิกัด เนื่องจากทั้งสองสิ่งดังกล่าวเป็นส่วนเกี่ยวที่ก่อให้เกิดระบบการประสานทางพิกัด และช่วยกำหนดให้ขนาด ระยะ สัดส่วนของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอาคารมีความสัมพันธ์และสอดคล้องซึ่งกันและกัน

2.2.1 การกำหนดมิติ (Dimension)

การผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ในระบบอุตสาหกรรม การกำหนดมิติของพื้นผิวของวัตถุและที่ว่างนั้นมีความสำคัญ มิติที่ใช้ต้องมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกับชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่จะประกอบเข้าด้วยกันในภายหลัง และต้องมีค่าความสัมพันธ์กับการใช้งานหรือส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ได้เป็นชิ้นส่วนของอาคารโดยตรง การกำหนดมิติในระบบประสานทางพิกัดในอาคารประกอบด้วย

- มิติ (Dimension)[4]

มิติ หมายถึง ระยะระหว่างจุด 2 จุด

มิติเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างมากในขั้นตอนการวางผังและการออกแบบอาคารในระบบอุตสาหกรรม มิติของชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับเนื้อที่ที่เตรียมไว้สำหรับติดตั้งส่วนประกอบจำเป็นจะต้องมีการประสานกันอย่างพอดี เรียกว่า มิติประสานซึ่งแสดงถึงขนาดเนื้อที่ความต้องการของส่วนประกอบเมื่อรวมรอยต่อของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นเข้าแล้ว มิติประสานนี้จะใช้ได้ผลดีเมื่องานขั้นต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับมิติประสานมีความถูกต้อง แน่นอน

เมื่อกำหนดระบบมิติประสานแล้วการนำไปใช้ ในขั้นต่าง ๆ ของงานอาจนำไปใช้ได้ในหลายขั้นตอน เช่น ใช้กับการออกแบบโดยสถาปนิก วิศวกร ใช้ในการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้ในขั้นตอนการติดตั้งโดยคนงาน เป็นต้น

---

[4]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, การมาตรฐานและการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร, (กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2516), หน้า 3.

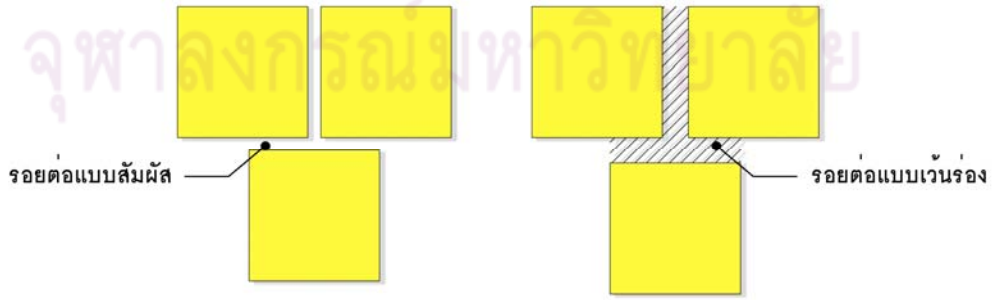
การวัดหรือการใช้มิติในลักษณะที่แตกต่างกันทำให้เกิดปัญหาในการวัดขึ้น จนทำให้ส่วนประกอบที่มีขนาดผิดไปจากที่คำนวณไว้ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดค่าความเบี่ยงเบนและความคลอดเคลื่อนที่แน่นอนในเรื่องของมิติที่อาศัยซึ่งกันและกัน โดยกำหนดว่าความเบี่ยงเบนควรมีเท่าใดจึงจะมีความเหมาะสม

- มิติอาศัยซึ่งกันและกัน (Inter – dependence Dimension)[5]

มิติอาศัยซึ่งกันและกัน หมายถึง มิติที่ใช้ทำงานตามที่ความสัมพันธ์ โดยตรงกับมิติที่มีอยู่ก่อนสำหรับในงานก่อสร้างอาคารย่อมจะประกอบไปด้วยงานหลายประเภทที่เกี่ยวข้องกัน ปัญหาอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อการก่อสร้าง คือ งานที่จะต้องรอกันคนงานบางกลุ่มไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง ต้องรอให้คนงานอีกกลุ่มหนึ่งทำงานส่วนนั้นให้เสร็จก่อน ปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเพราะงานส่วนต่าง ๆ จำเป็นต้องอาศัยมิติซึ่งกันและกัน เช่น งานหน้าต่างจะไม่สามารถเริ่มติดตั้งได้ถ้าพื้น ผนัง หรือฝ้าเพดานติดตั้งยังไม่เสร็จ เป็นต้น

งานออกแบบก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป พบว่า การจัดลำดับของงานที่เตรียมไว้จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องเวลาที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์จากการรอกันออกไปได้แต่อาจจะเกิดปัญหาในเรื่องของความแม่นยำขึ้นมาแทน เนื่องจากการที่จะผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้มีขนาดที่แม่นยำตามความต้องการนั้นทำได้ยากและทำให้ต้นทุนการผลิต รวมถึงค่าแรงสูงขึ้นไปด้วย โดยเฉพาะในการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ที่มีชิ้นส่วนจำนวนมาก ๆ ยิ่งไม่สามารถกำหนดขนาดให้มีความแม่นยำได้โดยทั่วทุกจุด ในการออกแบบจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้มิติอาศัยซึ่งกันและกันในส่วนที่ไม่มีความจำเป็น โดยมีหลักการดังนี้

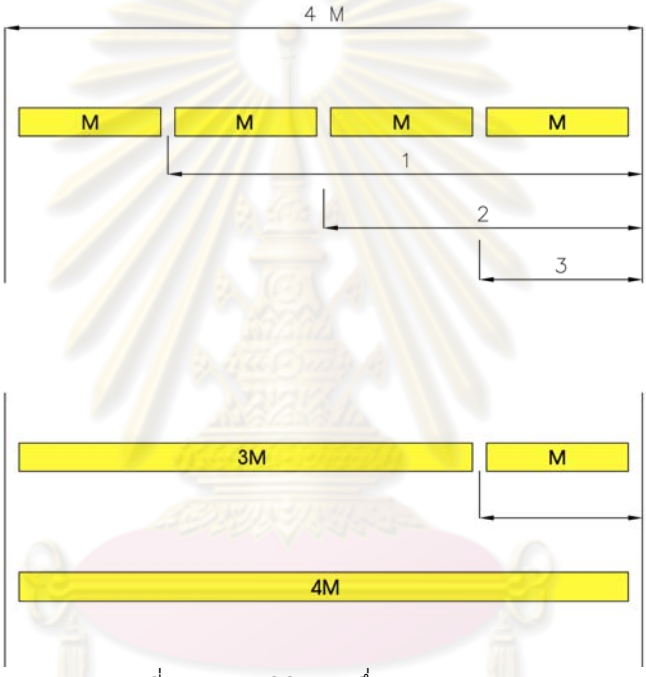
1). การใช้รอยต่อแบบสัมผัส หรือเว้นร่อง ควรใช้ให้น้อยแห่งที่สุด เพราะถ้ามีรอยต่อหลายแห่งก็จะทำให้เกิดมิติอาศัยซึ่งกันและกันหลายครั้ง ซึ่งเป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่มากขึ้น



รูปภาพที่ 2.1 แสดงรอยต่อแบบสัมผัสและรอยต่อแบบเว้นร่อง

[4] บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, โครงการศึกษาวิจัยและออกแบบ อาคารพักอาศัย 5 ชั้น ในระบบประสานทางพิกัดและชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อรองรับการผลิตเชิงอุตสาหกรรม, (กรุงเทพฯ: บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551), หน้า 2-1.

ในการติดตั้งชิ้นส่วนตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปเข้าด้วยกัน จะนิยมเว้นเนื้อที่รอยต่อเอาไว้ด้วย และถ้ารอยต่อที่ใช้เป็นรอยต่อแบบสัมผัส การทำงานอาจเกิดปัญหาเนื่องจากการยืดหดตัวของวัสดุได้ โดยเฉพาะถ้าขนาดชิ้นส่วนมีความแม่นยำไม่เพียงพอ รวมถึงถ้าหากการติดตั้งไม่มีความชำนาญก็จะทำให้การทำงานเป็นไปได้ยาก ในทางตรงกันข้ามถ้ารอยต่อที่ใช้เป็นรอยต่อประเภทเว้นร่อง การทำงานก็จะสะดวกขึ้นสามารถที่จะเตรียมเนื้อที่ที่ต้องการได้ง่ายกว่า แต่เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะเห็นรอยต่อได้อย่างชัดเจน การใช้รอยต่อประเภทนี้จะใช้เฉพาะที่เป็นงานพิเศษซึ่งจะแสดงให้เห็นความชำนาญของช่างก่อสร้างออกมาได้



รูปภาพที่ 2.2 แสดงมิติอาศัยซึ่งกันและกันแบบต่างๆ

2). ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งแบบผิวสัมผัสและเปลี่ยนมาใช้การติดตั้งแบบขอบต่อขอบหรือขอบผิวต่อผิวแทน

3). ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งชิ้นส่วนที่มีรอยต่อหลายแบบในเวลาเดียวกันเพราะ ทำให้เกิดความลำบากในการทำงาน เนื่องจากการยืดหดตัวของวัสดุและความไม่แม่นยำในการผลิต

- ความเบี่ยงเบน (Deviation)[6]

ความเบี่ยงเบน คือ ความแตกต่างในการวัดระยะส่วนประกอบกับขนาดทางพิกัดของส่วนประกอบนั้น

[6]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, การมาตรฐานและการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร, (กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2516), หน้า 7.

ในการออกแบบและการก่อสร้าง โดยทั่วไปจะทำงานด้วยขนาดที่กำหนดแน่นอนแต่การที่มีความแม่นยำในการปฏิบัติจึงต้องมีการคำนึงถึงความคลอดเคลื่อนและความเบี่ยงเบนด้วยเสมอ ความเบี่ยงเบนนี้อาจเกิดขึ้นในระยะใดระยะหนึ่งของการทำงานก็ได้ เช่น การควบคุมขนาดที่ไม่มีความละเอียดเพียงพอในขั้นตอนการผลิต การยืดหดตัว การสูญเสียรูปร่างเนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุในขั้นตอนการขนส่ง หรือการเก็บรักษาในพื้นที่ก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของความเบี่ยงเบน ได้ดังนี้

1). ความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีสาเหตุจาก

1.1 ความไม่แม่นยำในการวัด และการควบคุมขนาดระหว่างการผลิต

คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้

วิธีการผลิตชิ้นส่วนวัสดุต่าง ๆ

2). ความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจากการติดตั้ง

1.1 ความไม่แม่นยำในการวัด และการควบคุมขนาดระหว่างการติดตั้ง

1.2 ขนาดและประเภทของวัสดุที่ใช้

1.3 วิธีการในการทำการงาน และการติดตั้ง

1.4 ขนาดของอาคารที่จะติดตั้งส่วนประกอบอาจมีขนาดที่ผิดไปจากเดิม ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้มากที่สุด

การคิดตำแหน่งของส่วนประกอบ ควรคิดจากระยะที่เหลือหลังจากการติดตั้งส่วนประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว โดยควรพิจารณาแก้ไขในทุก ๆ จุด ทุก ๆ ปัญหาอย่างใกล้ชิด และยึดหลักความเบี่ยงเบนที่แท้จริงเป็นสำคัญ

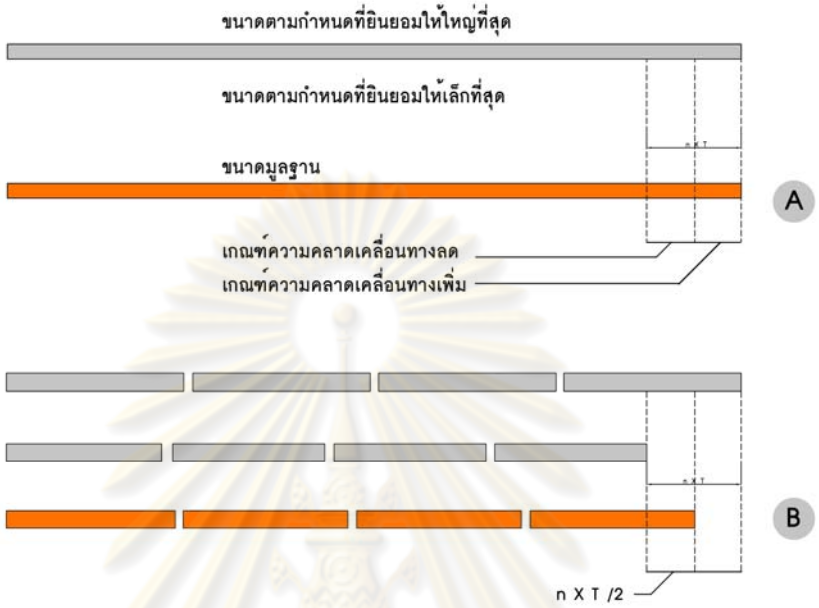
- ความคลาดเคลื่อน (Tolerance)[7]

ความคลาดเคลื่อน คือ ค่าความแตกต่างของขนาดตามขนาดที่ยินยอมให้ใหญ่ที่สุดกับขนาดที่ยินยอมให้เล็กที่สุด

ความคลาดเคลื่อนมี 2 รูปแบบ คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิต และความคลาดเคลื่อนที่เกิด ณ สถานที่ก่อสร้าง ในการก่อสร้างความเบี่ยงเบนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยาก การกำหนดความคลาดเคลื่อนจึงถือหลักที่ว่า จะยอมให้เกิดระยะเบี่ยงเบนได้มากที่สุดเท่าใด โดยการกำหนดความคลาดเคลื่อนให้ง่ายและมีความสะดวกมากที่สุด ควรจะกำหนดให้ ค่าความเบี่ยงเบนของขนาดมูลฐานในทางลด (Negative) มีค่าเท่ากับค่าความเบี่ยงเบนของขนาดมูลฐาน

[7]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, การมาตรฐานและการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร, (กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2516), หน้า 8.

ในทางเพิ่ม (Positive) และถ้างานนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (เนื่องจากงานไม่มีความต้องการความแม่นยำ) ก็สามารถใช้ขนาดมูลฐานได้



รูปภาพที่ 2.3 แสดง การกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนในชิ้นส่วนอาคาร

(a) ขนาดตามกำหนดในขั้นแบบร่าง เรียกว่า ขนาดมูลฐาน (Basic Size)

(b) ขนาดตามกำหนดในขั้นการผลิต เรียกว่า ขนาดใช้งาน (Work Size)

ในการติดตั้งชิ้นส่วนประกอบหลาย ๆ ชิ้นเข้าด้วยกัน ระยะที่วัดได้ (Actual Measurement) หลังการติดตั้งนั้นจะมีขนาดอยู่ระหว่างผลรวมของขนาดเล็กที่สุดที่ยอมให้กับขนาดใหญ่ที่สุดที่ยอมให้และการวัดค่าความคลาดเคลื่อนรวมให้ใช้การบวกความคลาดเคลื่อนของชิ้นส่วนที่ติดต่อเข้าด้วยกัน ซึ่งจะสามารถทราบความคลาดเคลื่อนรวมของชิ้นส่วนทั้งหมดได้อย่างชัดเจน

ในทางปฏิบัติอาจมีความเบี่ยงเบนเกิดขึ้นในทางลดหรือทางเพิ่ม หรืออาจเกิดขึ้นในด้านใดด้านหนึ่งทางเดียวก็ได้ แต่จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก ผลรวมของความคลาดเคลื่อนทั้งหมดอาจจะมีค่าน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนของส่วนประกอบแต่ละชิ้นรวมกัน

- มิติประสาน (Coordinating Dimension)[8]

มิติประสาน คือ มิติหรือระยะที่เตรียมไว้เพื่อติดตั้งส่วนประกอบ หรือกลุ่มของส่วนประกอบ หรือส่วนมูล (Element)

ขนาดประสาน = ขนาดใช้งาน + เนื้อที่บริเวณขอบทั้งสองด้าน

รูปภาพที่ 2.4 แสดงขนาดของการประสาน

การเลือกมิติประสานสำหรับส่วนประกอบสำเร็จรูปขึ้นอยู่กับการตัดสินใจจากประสบการณ์ที่พบบ่อยในการติดตั้ง และขนาดของส่วนประกอบที่จะกำหนดเป็นขนาดใช้งานที่ควรสามารถวัดได้อย่างแน่นอนและมีการกำหนดตายตัวในการออกแบบ ขนาดประสานจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเนื้อที่รอยต่อทั้งสองข้างซึ่งจะมีขนาดไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการออกแบบและปัจจัยอีกหลายอย่าง ในการประกอบชิ้นส่วนประกอบอาคารหลาย ๆ ชิ้นเข้าด้วยกันมิติประสานของส่วนประกอบเหล่านี้จะไม่มีความแน่นอน เหมือนกับที่กำหนดไว้ในชิ้นส่วนประกอบชิ้นเดียว ในกรณีนี้มิติประสานที่กำหนดควรที่จะกำหนดตามประสบการณ์ที่พบบ่อย ๆ ในปัญหาที่เกิดขึ้น

สำหรับการออกแบบ มิติประสานมีความสำคัญมากในการก่อสร้าง ถ้ามิติมีความแน่นอนก็จะไม่มีข้อยุ่งยากเกิดขึ้น แต่ถ้ามิตินั้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาปัญหาอย่างใกล้ชิดในทุก ๆ จุด เพื่อตรวจสอบว่ามิตินั้นเปลี่ยนแปลงจนเป็นเหตุให้เกิดความกระทบกระเทือนต่อส่วนประกอบที่มีมิติอาศัยซึ่งกันและกันหรือไม่

มิติประสานสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) **มิติประสานที่แน่นอน** คือ มิติประสานของส่วนประกอบที่มีความเบี่ยงเบนเกิดขึ้นน้อยมาก จนสามารถที่จะถูกกลืนหายไปในรอยต่อที่กำหนดให้ จึงไม่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงต่อขนาดประสานของส่วนประกอบ ซึ่งจะทำให้การทำงานในขั้นตอนต่อไปสามารถดำเนินการได้อย่างสะดวก เช่น การติดตั้งส่วนประกอบของโครงสร้างขนาดใหญ่บางชนิดจำเป็นที่จะต้องมีขนาด

[8]บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, โครงการศึกษาวิจัยและออกแบบ อาคารพักอาศัย 5 ชั้น ในระบบประสานทางพิกัดและชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อรองรับการผลิตเชิงอุตสาหกรรม , (กรุงเทพฯ: บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551), หน้า 2-6.

ประสานที่แน่นอนเมื่อติดตั้งส่วนประกอบปลีกย่อย เช่น ประตู หน้าต่าง ก็จะถือมิติประสานของโครงสร้างเป็นหลักอ้างอิง

ในบางกรณีส่วนประกอบของโครงสร้างก็มีรอยต่อที่ไม่แน่นอน เช่น ผนังก่ออิฐ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการทำงานตามลำดับขั้นตอน จึงมีการกำหนดของเขตของเนื้อที่โครงสร้างไว้ให้แน่นอนและดำเนินการติดตั้งส่วนประกอบโครงสร้างไปภายในของเขตนั้น ๆ เพื่อถือเป็นมิติประสานหลักในการดำเนินงานชนิดอื่นต่อไป

2) **มิติประสานที่ไม่แน่นอน** คือ ค่าความเบี่ยงเบนของส่วนประกอบเกิดขึ้นมากกว่าที่จะอยู่ในรอยต่อได้ มิติประสานก็จะเปลี่ยนแปลงได้ในทันที การทำงานจะต้องดำเนินไปโดยอาศัยประสบการณ์และการตัดสินใจด้วยสามัญสำนึกโดยพิจารณาถึงธรรมชาติและลักษณะของส่วนประกอบที่นำมาใช้ เช่น ครุภัณฑ์ในห้องครัวที่จำเป็นต้องติดตั้งด้วยวิธีการต่อแบบสัมผัสจำเป็นที่จะต้องผลิตขนาดของส่วนประกอบให้มีความเบี่ยงเบนไปในทางลดเพื่อการติดตั้งจะสามารถทำได้อย่างสะดวกในพื้นที่ที่มีเนื้อที่ไม่พอดี และอาจจะใช้บัวไม้ปิดเพื่อให้เกิดความเรียบร้อยก็ได้ แต่ถ้าเป็นผนังเบากั้นภายในห้องควรอย่างยิ่งที่จะต้องผลิตชิ้นส่วนให้มีความเบี่ยงเบนของส่วนประกอบไปในทางเพิ่ม เพื่อให้สามารถตัดส่วนเกินออกได้โดยง่าย

การออกแบบอาคาร โดยใช้ระบบประสานทางพิกัด ไม่ได้มีข้อบังคับตายตัว แต่อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามลักษณะอาคาร วัสดุก่อสร้าง ระบบโครงการ ฯลฯ ทั้งนี้ มีข้อควรพิจารณาอยู่ 2 ประการ คือ

ประการที่ 1 มิติพิกัด[9]

เพื่อให้อาคารที่ออกแบบได้ขนาดพอดีกับส่วนประกอบอาคารที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน เช่น อิฐ บล็อก ผนังสำเร็จรูป ฯลฯ การออกแบบจึงต้องใช้ตารางตามพิกัดเป็นหลัก การใช้ตารางพิกัดนี้อาจใช้ตลอดอาคาร เช่น ใช้ในการวางผัง กำหนดรูปด้าน หรืออาจใช้เฉพาะส่วนก็ได้ ขนาดของช่องตาราง ซึ่งเรียกว่า มิติพิกัด อาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม

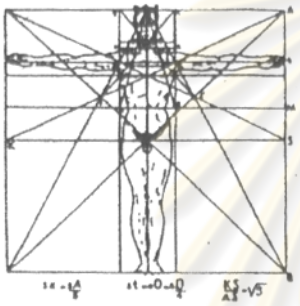
มิติพิกัด หมายถึง เนื้อที่สำหรับบรรจุส่วนประกอบอาคาร หรือเมื่อทำการก่อสร้างจะบรรจุชิ้นส่วนสำเร็จรูปในเนื้อที่นั้น ดังนั้น โดยทั่วไปขนาดที่แท้จริงของส่วนประกอบอาคาร หรือชิ้นส่วนวัสดุก่อสร้างจึงมักจะเล็กกว่ามิติพิกัดเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทวัสดุ และรอยต่อที่ใช้ ซึ่งในการผลิต ผู้ผลิตจะต้องเผื่อระยะดังกล่าวไว้ด้วย

---

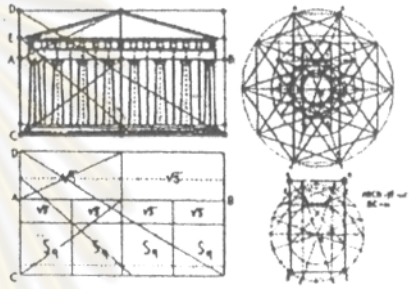
[9]เฉลิม สุจริต,"หน่วยพิกัดต่างๆ," เอกสารการอบรมเรื่อง ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ, (กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520), หน้า 1-3.

ประการที่ 2 หน่วยพิกัด[9]

ในทางทฤษฎี “พื้นฐานพิกัดเป็นหน่วยของการวัด” ซึ่งจำเป็นจะต้องมีความเข้าใจใน มิติต่าง ๆ ทั้ง 2 และ 3 มิติ และพิกัดจะมีความสัมพันธ์กันในสเกลหรือขนาดสัดส่วนเดียวกัน ยกตัวอย่างได้จากสถาปนิก และช่างก่อสร้างได้ใช้หลักการเป็นมูลฐาน ในการใช้การประสานทางพิกัด ของสัดส่วนอยู่แล้วมาตั้งแต่สมัยโบราณ จะเห็นว่ามีการกำหนดหรือระยะส่วนประกอบอาคารให้มีความสัมพันธ์กันทุก ๆ ส่วนหรือมีความสัมพันธ์กันระหว่างส่วนย่อยกับส่วนใหญ่ ทั้งนี้อาจจะได้จากการสังเกตรูปร่างตามธรรมชาติ หรือรูปความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กับทางเรขาคณิตรูปต่าง ๆ แม้แต่สัดส่วนของมนุษย์เองก็ตาม

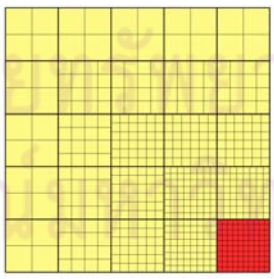


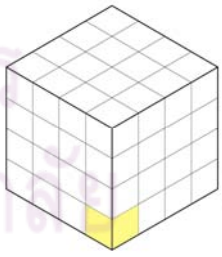
รูปภาพที่ 2.5 แสดงสัดส่วนของร่างกายมนุษย์



รูปภาพที่ 2.6 แสดงการนำ The Golden Section Golden Section ลีโอนาโด ดาวินชี มาใช้ในงานสถาปัตยกรรม Parthenon Le Corbusier เป็นสถาปนิกอีกผู้หนึ่งที่ได้คิดเกี่ยวกับ The Golden Section รู้จักกันดีในชื่อว่า Le Modular

รูปภาพที่ 2.7 แสดงสัดส่วนของ Le Modular





รูปภาพที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตารางตามพิกัด ซึ่งมีให้เลือกใช้ได้มากมาย โดยถือตามอนุกรมเรขาคณิต และ นำมาใช้ได้ทั้งทาง 2 มิติ และ 3 มิติเป็นรูปลูกบาศก์

ตามประมวลศัพท์ “หน่วยพิกัด” คือ หน่วยของขนาดซึ่งใช้เป็นตัวเพิ่มในการประสานทางมิติ หน่วยขนาดดังกล่าว อาจเป็นหน่วยที่ใช้วัดขนาดโดยการทวีคูณ โดยการลบออก หรือโดยการ

แบ่งออกก็ได้ ในการก่อสร้างได้มีการพิจารณาใช้หน่วยพิกัดประเภทต่าง ๆ สามารถแบ่งออกเป็น 12 ประเภท ดังนี้

- หน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้าง (Material Module)

หน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้าง เป็นสิ่งที่ต้องการจากขนาดและปริมาณทางวัตถุดิบและความต้องการทางด้านตลาด วิศวกรรม เห็นตัวอย่างได้ชัดเจนในกรณีไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการนำมาใช้โดยมีขบวนการในรูปแบบของธรรมชาติมากที่สุด ขนาดของหน่วยพิกัดในข้อนี้จะขึ้นอยู่กับ

1) ขนาดตามธรรมชาติของวัตถุดิบ
2) ความจำเป็นทางด้านเทคโนโลยีในการผลิต
3) คุณสมบัติได้จากด้านคุณภาพของวัตถุ
4) ความต้องการของตลาดและสภาวะการเศรษฐกิจของการผลิต

ในปัจจุบันของวัสดุก่อสร้างโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับวิธีการก่อสร้างแบบดั้งเดิม ใช้ได้กับเครื่องมือขนาดเล็กใช้แรงคน โดยมีการช่วยเหลืออาศัยเครื่องมืออื่นช่วยน้อย ในอนาคตแนวโน้มของหน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้างจะต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับเทคนิคการก่อสร้าง เทคนิคในการผลิตในระบบอุตสาหกรรม ทั้งจากโรงงานผลิตวัสดุและการประกอบเป็นตัวอาคารในสถานที่ก่อสร้าง

- หน่วยพิกัดในการใช้งาน (Performance Module)

หน่วยพิกัดในการใช้งานถูกกำหนดขึ้นมาเก็งประโยชน์มาก ข้อเสียน้อย เมื่อคำนึงการนำวัสดุไปใช้อย่างไร ในกรณีนี้ไม่เกี่ยวกับเรื่องทางกล ทางการป้องกันเสียงทางเคมี ทางไฟฟ้า หรือทางความร้อนเย็น แต่ไปเกี่ยวข้องกับด้านสุณสมบัติทางโครงสร้างและสภาวะทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า ตัวอย่างเช่น การใช้วัสดุอย่างหนึ่งมีความหนาอย่างหนึ่งกำลังอาจไม่พอ แต่ถ้าใช้ขนาดโตตามหน่วยพิกัดก็โตไป การนำมาใช้งานจำเป็นต้องเลือกขนาดที่โตซึ่งไม่ประหยัด หรือใช้ขนาดเล็กแต่ต้องมีการปรับปรุงให้กำลังมากขึ้นด้วยวิธีอื่น หรือถ้านำวัตถุมาใช้ก็เหมาะสมดีแล้ว แต่น้ำหนักตัววัสดุอาจมากเกินที่ยอมรับ เช่น ลักษณะของกำแพงก่ออิฐรับน้ำหนัก เมื่ออาคารมีความสูงขึ้นจำนวนก้อนอิฐที่รองรับก็ต้องเพิ่มขึ้น ความหนาเพิ่มขึ้นเพื่อที่จะได้สามารถรับแรงกระทำที่เพิ่มขึ้นของอาคารได้ เมื่อวัสดุก่อสร้างมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น ไม้ พลาสติก โลหะ แร่ จะเห็นว่า หน่วยพิกัดการใช้งานจะเกิดขึ้นจากการรวมกันขึ้นจากหน่วยพิกัดมูลฐาน เฉพาะวัสดุแต่ละชนิด

- หน่วยพิกัดทางเรขาคณิต (Geometry Module)

หน่วยพิกัดทางเรขาคณิต หมายถึง ระบบสัมผัสของสัดส่วนของทั้งโครงสร้างของส่วนมูลเฉพาะแห่งและของแผนผังทั่วไป ดังนั้น จึงคลุมไปถึงระเบียบการพิกัดที่ถูกเลือกมาใช้เพื่อให้เกิดการปรับตัวภายใน และให้ทำได้หลาย ๆ วิธีด้วยกัน สามารถกระทำได้โดยเพิ่มส่วนหรือลดส่วนลงก็ได้ โดยใช้ชุดพิกัดตัวเลขได้หลายชุดด้วย วิธีใช้หน่วยพิกัดทางเรขาคณิตจะเกี่ยวโยงไปไม่เพียงแต่เรื่องส่วนย่อยที่ได้สัดส่วนของขนาดกว้าง ยาว ใช้เป็นส่วนมูลอาคาร การใช้ผังเกี่ยวโยงไปถึงเรื่องโครงสร้าง เรื่องของส่วนประกอบชุดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทุกชนิดด้วย การพิจารณาหน่วยพิกัดนี้ ต้องคำนึงถึงทั้งพิกัดระหว่างจุดกับจุด เส้นกับเส้น พื้นที่กับพื้นที่ และปริมาตรกับปริมาตร

- หน่วยพิกัดการปฏิบัติการ การลำเลียง การขนส่ง (Handling Module)

หน่วยพิกัดการปฏิบัติการ ถูกบังคับโดยธรรมชาติทางกายภาพของหน่วยพิกัดนั้น โดยคำนึงถึงการขนส่ง การเก็บ และการติดตั้ง การยกเคลื่อนย้ายด้วยเครื่องจักร และด้วยแรงงานธรรมดา การบรรจุเคลื่อนย้ายด้วยพาหนะขนส่ง สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึง คือ ข้อจำกัดของมิติ ความกว้างยาวขององค์ประกอบอาคารเพื่อความสะดวกในระหว่างการก่อสร้าง จึงต้องคำนึงถึง หน่วยพิกัดการปฏิบัติการวัสดุชิ้นเล็กสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยแรงงานมนุษย์ 1-2 คน แต่การเคลื่อนย้ายโดยมนุษย์นี้จะถูกจำกัดโดยช่วงกว้างของแขน และหากวัตถุที่มีชิ้นใหญ่ก็จะถูกเคลื่อนย้ายโดยเครื่องจักร การเคลื่อนย้ายต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ระหว่างการก่อสร้างด้วย เช่น แรงลมระหว่างการนำวัสดุพิกัดไปทำการติดตั้ง เป็นต้น

ตัวอย่างของความยาวของพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง กำหนดตัวแปรของความยาวและขนาดของชิ้นงานที่ผลิต

- หน่วยพิกัดทางโครงสร้าง (Structure Module)

หน่วยพิกัดโครงสร้างสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับขนาดความโต และช่วงพาดขนาดตัววัสดุบรรจุระหว่างโครง หรือส่วนอื่นที่พาดอยู่ข้างบน ความลึก ความหนา ของคาน ของพื้น หน่วยพิกัดโครงสร้างมีความสำคัญไปถึงการวางรอยต่อ การใช้โครงองค์อาคารอื่น ๆ พาดอยู่อย่างไรบนโครงสร้างสำคัญ

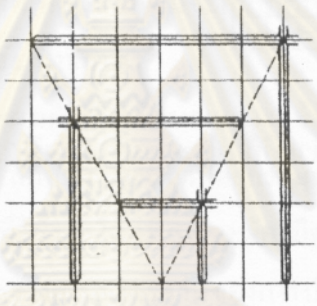
ตัวอย่างเช่น การใช้อาคารโครงสร้างเหล็กต้องคำนึงพิกัดที่มีความสัมพันธ์ของช่วงพาดระหว่างโครงสร้าง การออกแบบควรคำนึงถึงความยาวเหล็กรูปพรรณซึ่งอยู่ที่ 6.00 เมตร เป็นต้น

- หน่วยพิกัดส่วนมูล (Element Module)

เป็นหน่วยพิกัดทางขนาดกว้างยาว ถูกกำหนดโดยรูปร่างลักษณะซึ่งอาจจำแนกย่อยลงเป็นชนิดทางพื้นผิวโปร่งแสง โปร่งใส เป็นโครงกรอบ และอาจจำแนกเป็นลักษณะทางรูปร่าง เช่น เป็น

รูปโค้ง รูปหักมุม รูปส่วนมูลรับน้ำหนัก รูปส่วนมูลไม่รับน้ำหนัก ส่วนมูลเลื่อนได้ ส่วนมูลติดตาย ส่วนมูลทางตั้ง ส่วนมูลทางนอน ทำให้สะดวกในการจัดหมวดหมู่และทำการเลือกใช้ และยังสัมพันธ์กับวิธีการผลิตของโรงงาน และสร้างความเป็นสากลไม่ให้เกิดความแตกต่าง แบ่งแยกระหว่างรูปแบบองค์ประกอบแต่ละอันด้วย

รูปภาพที่ 2.9 แสดงส่วนมูลเป็นสัญลักษณ์รูปร่างที่แตกต่างกันไว้ 9 ประเภทด้วยกัน



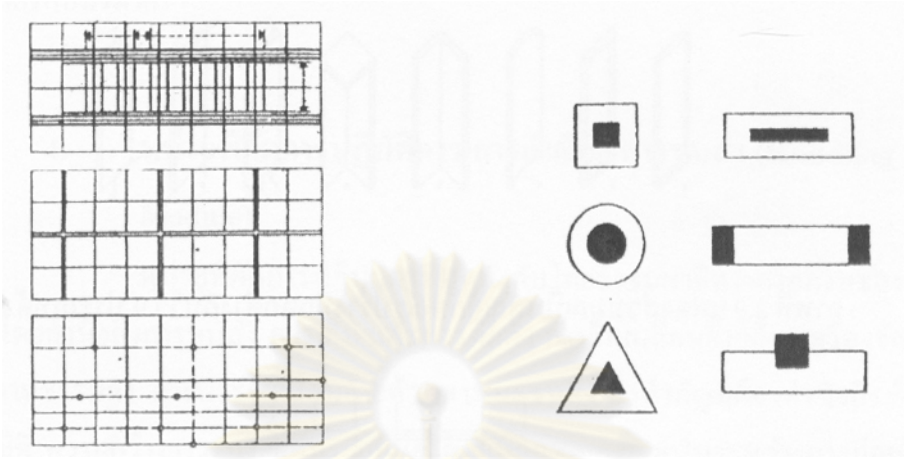
รูปภาพที่ 2.10 แสดงขนาดของส่วนมูลที่เกี่ยวข้องกันด้วยระบบ Module order

- หน่วยพิกัดรอยต่อ (Joint Module)

จุดที่ต้องยึดแข็งแรง ต่างจากแนวชนที่ชิดกันเพื่อความเรียบร้อย หน่วยพิกัดรอยต่อวงจำกัดไว้ตรงตำแหน่งต่าง ๆ นอกเหนือไปจากแนวที่ชิดกันระหว่างแผ่นส่วนมูลฐานดังกล่าว รอยต่อที่กล่าวถึงนี้ต้องต่อด้วยวิธีกล ใช้ง่ายสะดวกต่อการประกอบ ให้ติดตั้งแผ่นมูลฐานไว้ ได้ตามต้องการให้มีความมั่นคงแข็งแรงเพียงพอ และอาจใช้อุปกรณ์ต่อ ยึดติดตรงตำแหน่งกำหนดไว้ วางเป็นจังหวะพิกัดได้ หน่วยพิกัดรอยต่อดังกล่าวนี้ซับซ้อน ยุ่งยาก และสัมพันธ์กันต้องพิจารณาทั้ง 3 มิติ

- หน่วยพิกัดส่วนประกอบอาคาร (Component Module)

หน่วยพิกัดหน่วยนี้ พิสดารนอกเหนือไปจากที่จะจัดเข้าไว้ใน Structure Module หรือ Element Module ได้ อาจจะถูกยึดอยู่กับตัวอาคาร หรือจัดให้อยู่ในส่วนเสริมหรือส่วนต่อเติมก็ได้ ตัวอย่างเช่น ตัวบันได ตัวลิฟต์ เป็นต้น



รูปภาพที่ 2.11 แสดงบันไดซึ่งเป็นหน่วยพิกัดประกอบอาคาร

รูปภาพที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ของ Core Lift กับรูปแบบตัวอาคาร

- หน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อน (Tolerance Module)

หน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อน ซึ่งระบุตำแหน่งเป็นระยะ ๆ ตามความจำเป็นและคอยตรวจสอบดู เมื่อผิดพลาดทีละเล็กทีละน้อยมากเข้าก็จัดตำแหน่งที่จะเป็นหน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อนเสียก็จะลดความคลาดเคลื่อนลง

- หน่วยพิกัดการติดตั้งอุปกรณ์ (Installation Module)

หน่วยพิกัดการติดตั้งอุปกรณ์ครอบคลุมไปถึงทั้งความสัมพันธ์ระหว่างกัน ทั้งตำแหน่งที่ตั้งด้วยของพวกอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น 1.สายเคเบิ้ล 2.ช่องเดินท่อ 3. ช่องออก 4.ท่อที่มีอยู่ในระบบการก่อสร้างทั้งสิ้น หมวดใหญ่ ๆ ของอุปกรณ์จัดเป็น 4 หมวดใหญ่ ๆ ดังกล่าว และมีหมวดย่อยอีก เช่น อุปกรณ์ไฟ แสงสว่างกำลัง การติดต่อคมนาคม การปรับอากาศ การระบายอากาศ น้ำร้อนน้ำเย็น น้ำใช้ ท่อระบายอากาศ ท่อแก๊ส การรวบรวมสิ่งต่าง ๆ ตามที่กล่าวมานี้เป็นหน้าที่สำคัญในการสร้างความเป็นระบบที่เป็นระเบียบให้เกิดกับการประสานทางพิกัดทั่ว ๆ ไป และจะสำเร็จได้จากการทำการติดตั้งตามจุดต่าง ๆ อย่างถูกต้องมั่นคงและต้องทำการวางแผนการติดตั้ง ตั้งแต่เริ่มแรกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

- หน่วยพิกัดเครื่องใช้อาคาร (Fixture Module)

หน่วยพิกัดขนาดอุปกรณ์เครื่องใช้ เครื่องเรือน ติดกับที่ทั้งหลาย เช่น ตู้ โต๊ะ อ่างล้างหน้า เครื่องแต่งตัว ผลิตภัณฑ์ได้จากตลาดทั่วไป หรือจากห้องทดลองและอุปกรณ์ต่างๆ จะต้องมีความสัมพันธ์กับระบบอื่นๆ ตามที่กล่าวมาด้วย ในฐานะเป็นผู้ออกแบบจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ใน

ขนาดของสิ่งต่างๆ ซึ่งอยู่รอบตัวอย่างมากมาย เพื่อที่จะสามารถตัดสินใจใช้ขนาดที่เหมาะสม สำหรับหน่วยพิกัดเครื่องใช้อาคาร

- หน่วยพิกัดการออกแบบ (Planning Module)

หน่วยพิกัดการออกแบบเป็นผลรวมของหน่วยพิกัดทั้งหลายที่กล่าวแล้ว การปรับการนำมาใช้ร่วมกันได้ หน่วยพิกัดนี้จะควบคุมหัวข้อต่าง ๆ ของหน่วยพิกัดที่กล่าวถึงข้างต้นให้นำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตารางพิกัดแผนผัง ที่มีลักษณะการใช้วัสดุระบบโครงสร้าง และระบบการก่อสร้างที่ต่างกันย่อมหมายถึง ลักษณะทางสถาปัตยกรรมจะให้ผลที่แตกต่างกันไปด้วยพิกัดแผนผังที่ใช้งานได้ดีที่สุด จะต้องมีความสัมพันธ์กับพิกัดมูลฐานที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้กับการผลิตวัสดุก่อสร้างตามมาตรฐานของการประสานทางพิกัด

ตารางพิกัดแผนผังในแบบจะให้ความสะดวกรวดเร็วในการให้มาตราส่วน การกำหนดจุด ตำแหน่งและระยะ และในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลต่อมวล ที่ว่างต่อที่ว่าง หรือระหว่างที่ว่างกับมวล ได้โดยง่ายและมีความแน่นอนกว่าการทดลองบนกระดาษว่าง ซึ่งสัดส่วนของความสัมพันธ์ดังกล่าว จะได้ผลในลักษณะตัวเลขที่มองไม่เห็นชัดเจนและเข้าใจง่าย การหาพิกัดแผนผังได้มาจากการกำหนดขึ้นของผู้ออกแบบตามความเหมาะสม โดยพิจารณาจากหน่วยพิกัดมูลฐาน และขนาดมาตรฐานของวัสดุผลิตทางอุตสาหกรรม พิกัดแผนผังที่มีค่าเป็นผลคูณของหน่วยพิกัดมูลฐาน ในลักษณะของหน่วยคูณพิกัด ตารางพิกัดแผนผังที่นิยมใช้กันมีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square grid)

2.2.2 หลักการขั้นมูลฐานของการประสานทางพิกัด

หลักการขั้นมูลฐานของการประสานทางพิกัด[3] (Basic Principles of Modular Coordination)

1. การกำหนดขนาดหรือระยะของส่วนประกอบของอาคาร จะต้องมีความสัมพันธ์กันทุกๆส่วน เช่น ขนาดส่วนประกอบของพื้นจะต้องสัมพันธ์กับขนาดส่วนประกอบของหลังคา ของเพดาน และของผนัง เป็นต้น
2. ขนาดหรือระยะของส่วนประกอบ จะต้องเป็นขนาดหรือระยะที่เกิดจากผลคูณของหน่วยพิกัดมูลฐานเสมอ และขนาดพิกัดมูลฐานต้องมีขนาดเล็ก พอที่จะให้เกิดการยืดหยุ่นในการออกแบบได้
3. ขนาดของตารางตามพิกัด (Modular Grid) ให้ถือหน่วยวัดขนาด 100 มม. เป็นขนาดเล็กสุด

4. ขนาดของส่วนประกอบ (Component) ที่กำหนดไว้ในตารางตามพิกัด จะต้องเผื่อระยะรอยต่อไว้แล้ว คือ ขนาดของส่วนประกอบที่ผลิตจากโรงงานโดยทั่วไป ย่อมเล็กกว่าขนาดมิติตามพิกัด
5. ขนาดหรือระยะของส่วนประกอบในตารางตามพิกัด จะต้องเท่ากับขนาดหรือระยะของส่วนประกอบที่ผลิตจากโรงงาน รวมด้วยเกณฑ์คลาดเคลื่อนที่ยอมให้มี และรวมด้วยรอยต่อเชื่อมระหว่างก้อน
6. เนื่องจากการผลิตส่วนประกอบจากโรงงาน ไม่สามารถทำให้ตรงตามความเป็นจริงที่กำหนดได้เสมอไป จึงได้ตั้งเกณฑ์คลาดเคลื่อนไว้ว่าให้น้อยหรือมากได้เท่าใด
7. ระบบการประสานทางพิกัด เป็นระบบที่เพิ่มเข้าไป ไม่ใช่ระบบแบ่งย่อยลงไป

2.3 การออกแบบโดยใช้ระบบประสานทางพิกัด

ปัจจุบันวงการการก่อสร้างได้หันมานิยมการสร้างในระบบอุตสาหกรรมมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาอุตสาหกรรมด้านการก่อสร้าง การดำเนินการวางแปลนและออกแบบส่วนประกอบของอาคารเพื่อนำไปใช้ในระบบนี้ มีวิธีการที่แตกต่างออกไปจากวิธีการทำงานแบบเดิม กล่าวคือ การออกแบบส่วนต่างๆ ของอาคาร จำเป็นต้องใช้ระบบการประสานทางพิกัดเข้ามาช่วยให้มากที่สุดที่จะมากได้ เพื่อผู้ก่อสร้างจะสามารถนำส่วนประกอบต่างๆ ไปใช้ได้อย่างกว้างขวางและสะดวก โดยไม่ต้องเสียเวลาอยู่กับการทำงานในลำดับขั้นต่างๆ

การก่อสร้างอาคาร มีความจำเป็นมากขึ้นจนหันมาใช้ระบบอุตสาหกรรมอย่างจริงจัง อาคารที่สร้างทีละหลังมีผู้นิยมทำน้อยลง การทำงานเป็นกลุ่ม วางแผนเสร็จเรียบร้อยจากโรงงานตลอดจนการกำหนดขนาดส่วนประกอบอาคารให้มากพอสำหรับเลือกใช้ การประสานทางพิกัดและวิธีการออกแบบโดยใช้ระบบนี้จึงเป็นที่นิยมในการใช้จัดลำดับงานก่อสร้างและการประสานงาน

2.3.1 พิกัดแผนผังและตารางพิกัด (Modular Planning)[10]

ในการออกแบบระบบประสานทางพิกัด เราใช้ตารางที่มีขนาดผลคูณพิกัดเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบ โดยใช้อ้างอิงและกำหนดขนาดระยะและตำแหน่งของส่วนประกอบ ซึ่งเราเรียกว่า ตารางพิกัด โดยกำหนดขนาดของตารางตามขนาดของหน่วยคูณพิกัดที่เลือกใช้สำหรับการออกแบบ ในกรณีที่เลือกใช้ขนาดตารางพิกัดเท่ากับหน่วยพิกัดมูลฐาน (100 มิลลิเมตร) เราจะเรียกตารางนี้ว่า ตารางมาตรฐาน โดยตารางพิกัดที่เราเลือกใช้นั้น อาจเป็น

[10]เรืองศักดิ์ กันตะบุตร, การวางผังอาคารด้วยตารางพิกัด, (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต, 2529), หน้า 10.

ตารางพิกัดที่อยู่ในแนวระนาบราบ เช่น ตารางพิกัดที่ใช้ในการออกแบบผังพื้น หรืออาจอยู่ในแนวระนาบดิ่ง เช่น ตารางพิกัดของรูปด้าน หรืออาจจะเลือกใช้ทั้งสองแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระนาบที่อ้างอิง ปกติตารางพิกัดจะมีการประสานหรือสัมพันธ์สอดคล้องกันในทุกระนาบในลักษณะของ 3 มิติ แต่ก็ไม่จำเป็นเสมอไปที่จะต้องมีขนาดเท่ากัน ดังนั้น การเลือกใช้ตารางพิกัดในแนวระนาบราบและแนวระนาบดิ่งจึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีขนาดที่เท่ากัน

- ขนาดของหน่วยพิกัดแผนผัง

หน่วยพิกัดแผนผัง อาจใช้เท่ากับ 3M, 4M, 9M หรือ 12M แล้วแต่การพิจารณาของผู้ออกแบบ แต่ด้วยหลักการที่ถูกต้อง หน่วยพิกัดแผนผังจะต้องมีความสัมพันธ์กับมิติตามพิกัดของวัสดุผลิตทางอุตสาหกรรม ถ้าไม่มีความสัมพันธ์กันเราจะไม่สามารถออกแบบอาคารที่มีการประสาน

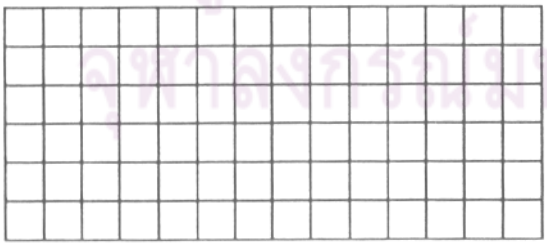
ตารางพิกัดสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่

1. ตารางพิกัดแผนผัง (Planning Modular Grid) เป็นตารางที่ใช้สำหรับการออกแบบทั่วๆ ไป เช่น ผังอาคารที่แสดงชิ้นส่วนผนังการกั้นห้อง การจัดวางเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ขนาดของพิกัดแผนผังได้มาจากการประสานหรือขนาดพิกัดอื่น ๆ เช่น พิกัดโครงสร้าง พิกัดวัสดุ ความต้องการการใช้สอย เป็นต้น

2. ตารางพิกัดโครงสร้าง (Structure Grid) เป็นตารางพิกัดที่แสดงตำแหน่ง ระยะต่างๆ ของโครงสร้างอาคาร เช่น ตารางที่เกิดจากเส้นแสดงแนวเสา หรือเส้นแสดงแนวคาน

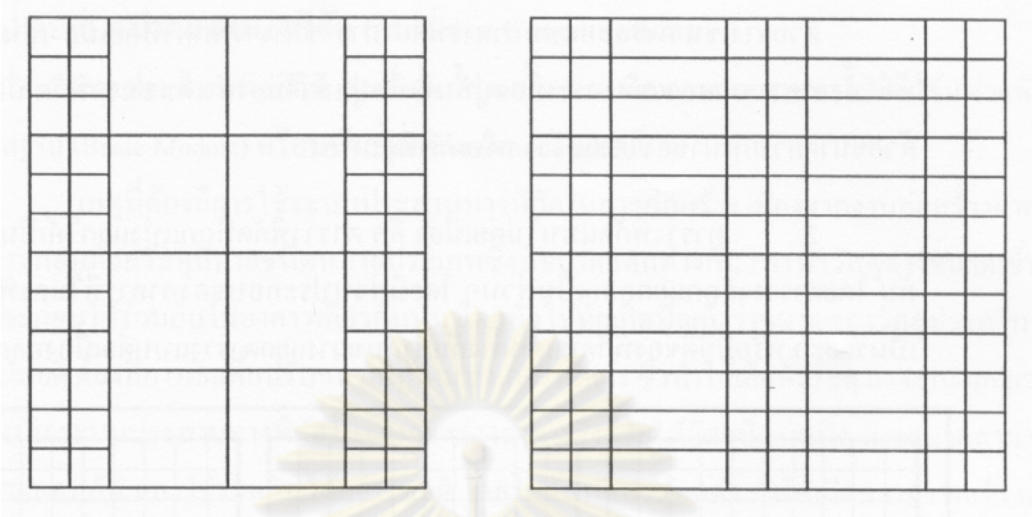
3. ตารางพิกัดอ้างอิง (Reference Grid) เป็นตารางที่ใช้แสดงขนาด ระยะ หรือตำแหน่งของเส้นสายต่างๆ ในแบบก่อสร้าง ใช้อ้างถึงเพื่อสื่อความหมายให้เข้าใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปภาพที่ 2.13 ตารางพิกัดที่มีขนาดเท่ากันทั้ง 2 ทิศทาง

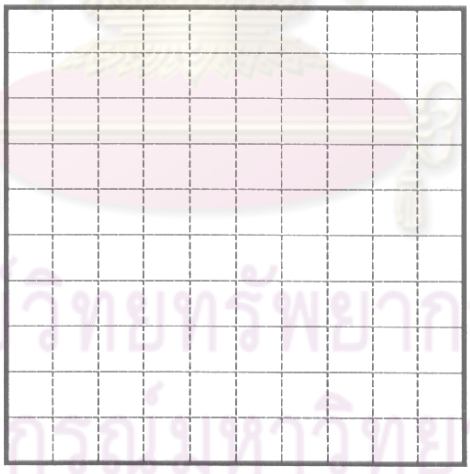
รูปภาพที่ 2.14 ตารางพิกัดที่มีขนาดในแต่ละทิศทางไม่เท่ากัน



รูปภาพที่ 2.15 ตารางพิกัดผสมหลายขนาด

สำหรับการออกแบบอาคารเราสามารถแบ่งลักษณะการใช้ตารางพิกัดออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. ตารางพิกัดแบบต่อเนื่อง คือ ตารางพิกัดที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันตลอด หรือต่อเนื่องเป็นตารางเดียวกันตลอด

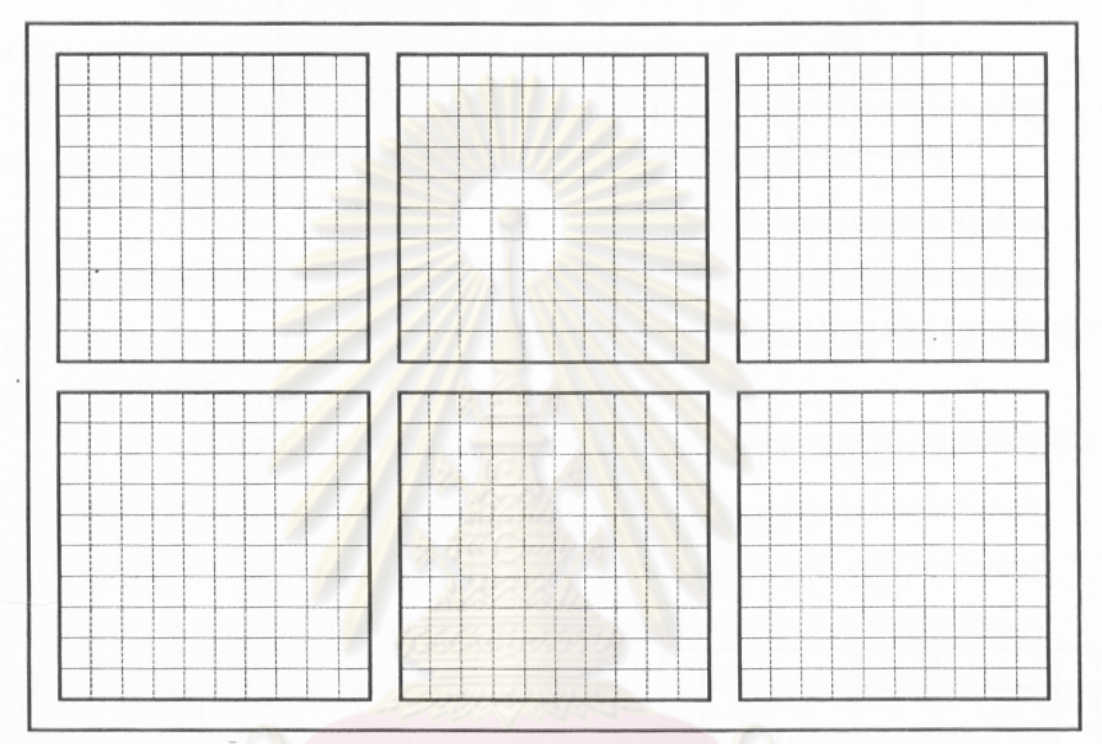


รูปภาพที่ 2.16 แสดงตารางพิกัดแบบต่อเนื่อง

ตัวอย่างเช่น : การออกแบบอาคารที่ต้องการใช้ตารางพิกัดให้ต่อเนื่องเป็นผืนเดียวกันทุกห้องทั้งอาคาร ลวดลายของกระเบื้องปูพื้นที่เมื่อปูแล้วไม่ลงตัวเต็มขนาดพิกัดเนื่องจากถูกเบียดด้วยขนาดความหนาของโครงสร้าง หรือผนังที่กั้นห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ตารางพิกัดแบบไม่ต่อเนื่อง คือ ตารางพิกัดที่ถูกแบ่งแยกให้เป็นอิสระออกจากกัน โดยตารางจะถูกแยกออกเป็นส่วนๆ โดยมีส่วนประกอบของอาคารที่ไม่ลงพิกัดกั้นขวางอยู่เป็นระยะๆ หรือมีมิติของพิกัดที่แตกต่างกันมากั้นขวางตารางแบบต่อเนื่องออกจากกัน



รูปภาพที่ 2.17 แสดงตารางพิกัดแบบไม่ต่อเนื่อง

ตัวอย่างเช่น : ลวดลายของกระเบื้องปูพื้น ซึ่งแสดงถึงตารางพิกัดที่ใช้ออกแบบ เราอาจออกแบบให้ลวดลายของพื้นมีมิติที่ลงตัวเฉพาะแต่ละห้องซึ่งถูกแบ่งด้วยผนังห้อง

ในการกำหนดตารางพิกัดเพื่อใช้ในการออกแบบนั้น เราสามารถใช้ตารางพิกัดแบบต่อเนื่องหรือแบบไม่เนื่องก็ได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น ลักษณะรูปทรงของอาคาร ขนาด หรือมิติของส่วนประกอบอาคาร วัสดุที่ใช้ตกแต่ง ขนาดของโครงสร้าง ความยากง่ายในการประกอบหรือก่อสร้าง เป็นต้น

2.3.2 การวางแปลนและการออกแบบในกรณีต่างๆ กัน[11]

วิธีปฏิบัติเมื่อวางแปลน โดยใช้ระบบประสานทางพิกัด ผันแปรไปตามชนิดของงาน งานก่อสร้างอาคารขนาดเล็ก ควรใช้ส่วนประกอบ ที่มีมิติทางพิกัดและหาได้ง่ายในท้องตลาด

[11]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, การมาตรฐานและการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร, (กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2516), หน้า 12.

สำหรับส่วนประกอบที่มีมิติไม่ตามพิกัดไม่ควรผลิตขึ้นมาใช้ นอกจากมั่นใจว่าจะแพร่หลายในวงการค้า และสามารถจะนำไปใช้ในงานก่อสร้างอาคารขนาดเล็กอื่นๆ ต่อไป สำหรับงานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ งานออกแบบขึ้นอยู่กับส่วนประกอบพิกัดที่มีอยู่แล้วเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามงานขนาดใหญ่เช่นนี้อาจต้องออกแบบส่วนประกอบพิกัดขึ้นใหม่หลายอย่าง ดังนั้น จึงต้องวางรากฐานให้มีการใช้งานออกแบบส่วนประกอบพิกัดเป็นส่วนใหญ่ การดัดแปลงส่วนประกอบต่างพิกัดที่จะนำมาใช้กับอาคารขนาดใหญ่จึงไม่มีความจำเป็น จากกรณีดังกล่าวสรุปได้ดังนี้ คือ

ตารางที่ 2.1 แสดงตารางแนวทางปฏิบัติการวางแปลนและออกแบบ

การวางแปลนและออกแบบ	ส่วนประกอบ	ซึ่งต้องมีมิติตามพิกัด	1
		ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีมิติตามพิกัด	2
	โดยใช้ส่วนประกอบ	ที่มีมิติตามพิกัด	3
		ที่มีมิติไม่ตามพิกัด	4

ในทางปฏิบัติ กรณีต่างๆ ดังกล่าว เป็นเรื่องของการออกแบบส่วนประกอบตามพิกัด ส่วนประกอบต่างพิกัด และการวางแปลนในงานก่อสร้างอาคารตามพิกัด

- การออกแบบส่วนประกอบพิกัด (DESIGNING OF MODULAR COMPONENTS)

การออกแบบส่วนประกอบพิกัดมีวัตถุประสงค์ที่จะผลิตส่วนประกอบขึ้นมาให้ใช้ได้แพร่หลายในงานก่อสร้างอาคารทั่วไปเท่าที่จะเป็นไปได้

ปัญหามีอยู่ว่า มิติและรายละเอียดของส่วนประกอบพิกัดจะต้องพิจารณาอย่างละเอียดและทั่วถึงก่อนนำไปใช้

การออกแบบส่วนประกอบพิกัดขึ้นใหม่ ซึ่งจะต้องนำไปใช้อย่างกว้างขวางต่อไปนั้น มีวิธีปฏิบัติดังต่อไปนี้คือ

ขั้นที่ 1. **การเลือกส่วนประกอบ** (CHOICE OF COMPONENT)

ก่อนอื่นต้องกำหนดมิติของส่วนประกอบพิกัดแบบต่างๆ กัน เลือกเอาส่วนประกอบที่สำคัญ โดยเฉพาะซึ่งจะต้องใช้เป็นจำนวนมากซ้ำๆ กัน ออกแบบส่วนประกอบเหล่านี้ก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นที่ 2. **ขอบเขตที่ใช้ได้** (RANGE OF APPLICABILITY)

จำนวนของงานที่ต้องทำสำหรับกำหนดมิติของส่วนประกอบพิกัดโดยทั่วไป เพิ่มขึ้นตามขอบเขตที่ใช้ได้ของส่วนประกอบที่ต้องการ

- การกำหนดรายละเอียดของส่วนประกอบพิกัด ขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของอาคารซึ่งจะนำเอาชิ้นส่วนประกอบอาคารไปใช้ เช่น ที่อยู่อาศัย สำนักงาน โรงเรียน ซึ่งประเภทของอาคารจะเป็นตัวกำหนดการออกแบบชิ้นส่วนประกอบ ทั้งในด้านขนาดของโครงสร้างและความแข็งแรง

- ความสลับซับซ้อนของแปลนอาคาร ซึ่งจะนำชิ้นส่วนประกอบไปใช้

- ความสูงของอาคารที่จะนำชิ้นส่วนไปใช้ ความสูงของอาคารจะเป็นตัวกำหนดการออกแบบชิ้นส่วน ในด้านการรับน้ำหนักและแรงลม

- ระบบโครงสร้างของอาคาร เป็นแบบเสากับคานหรือผนังรับน้ำหนัก

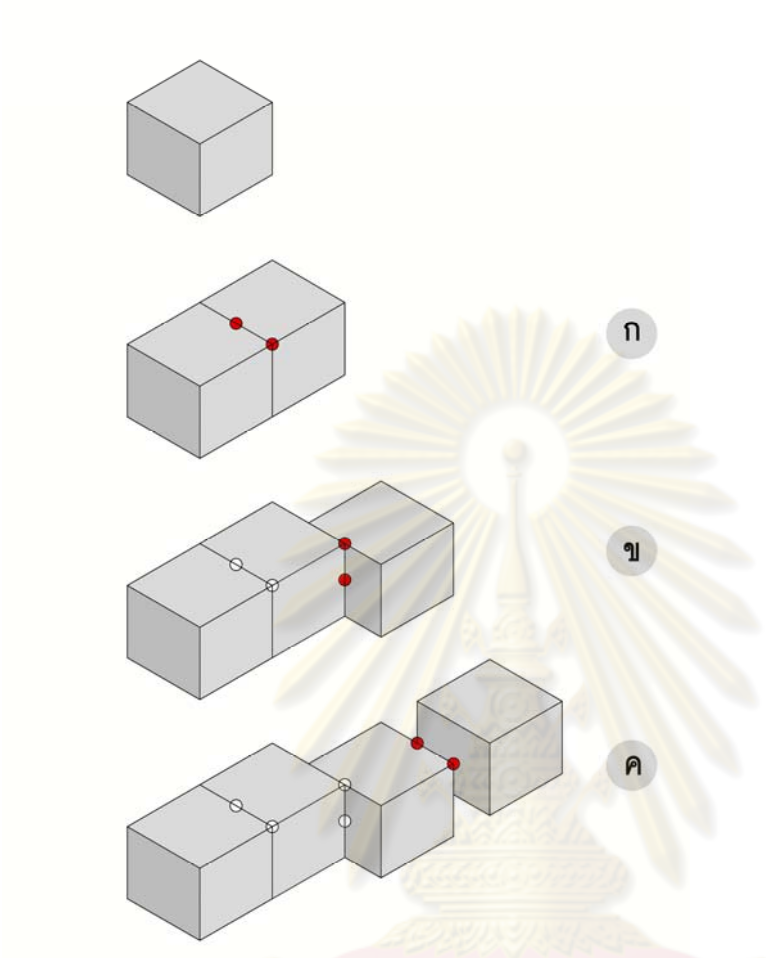
- วัสดุที่จะใช้ผลิตชิ้นส่วนประกอบของอาคาร จะช่วยในการกำหนดความเบี่ยงเบนของมิติและเกณฑ์คลาดเคลื่อน

วิธีปฏิบัติขั้นที่ 1 และ ขั้นที่ 2 นั้น เป็นการพิจารณาเพื่อกำหนดขนาดของชิ้นส่วนประกอบ

- การพิจารณา “ขอบเขตที่ใช้ได้” (DETERMINATION OF “RANGE OF APPLICABILITY”)

รูปทรงอาคารแบบธรรมดา มีรายละเอียดที่จะต้องออกแบบน้อยกว่ารูปทรงที่สลับซับซ้อน ดังแสดงให้เห็นในภาพข้างล่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปภาพที่ 2.18 แสดงการจัดวางของส่วนประกอบของรูปทรงอาคาร

ในกรณี ก. จัดส่วนประกอบที่ 2 ส่วนเข้าด้วยกันในแนวเดียว มีรายละเอียดที่ต้องออกแบบ 2 จุด

กรณี ข. จัดส่วนประกอบที่ 3 เพิ่มเข้าไปคนละแนวในทางราบ เพิ่มรายละเอียดขึ้นอีก 2 จุด

กรณี ค. จัดส่วนประกอบที่ 4 เพิ่มเข้าไปคนละแนวในทางราบและดิ่ง เพิ่มรายละเอียดขึ้นอีก 2 จุด

ขั้นที่ 3. **ขนาดมิติตามพิกัดของส่วนประกอบ** (NOMINAL MODULAR DIMENSION OF THE COMPONENT)

ตามขั้นที่ ๑ และ ขั้นที่ ๒ เมื่อได้เลือกชนิดและลักษณะของส่วนประกอบแล้ว อาจจะกำหนดมิติคร่าวๆ ได้ ทั้งนี้จะต้องรู้รายละเอียดโดยเฉพาะของส่วนประกอบ ตลอดจนความประสงค์ในด้านการใช้สอย ความรู้เกี่ยวกับวัสดุและกรรมวิธีในการผลิต เมื่อได้พิจารณามิติของ

ส่วนประกอบตามความประสงค์ในด้านการใช้สอยแล้ว ขั้นต่อไป คือพิจารณาขนาดมิติตามพิกัดของส่วนประกอบ

- การพิจารณารายละเอียดที่ออกแบบระหว่างรอยต่อ

โดยทั่วๆ ไป ถ้าเราจะต่อส่วนประกอบอันหนึ่งเข้ากันส่วนประกอบอื่น อาจทำได้หลายวิธีต่างๆ กันโดยการเลือกใช้รอยต่อที่เหมาะสม ความต้องการอันนี้จะมีส่วนเกี่ยวข้องไปถึงการทำรายละเอียดของส่วนประกอบ

ขั้นที่ 4. เมื่อกำหนดชิ้นส่วนประกอบของอาคารแล้ว

ขั้นต่อไป คือการพิจารณารายละเอียด (Details) ของรอยต่อต่างๆ ความเบี่ยงเบนทางพิกัด ความคลาดเคลื่อน เป็นต้น ข้อสำคัญการเลือกรายละเอียด จะต้องแก้ปัญหารอยต่อ และจะต้องเอาใจใส่พิเศษถึงรายละเอียด โดยเฉพาะของการต่อส่วนประกอบมี ๔ วิธี คือ

1. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ
   (แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนัง กับชิ้นส่วนผนัง)

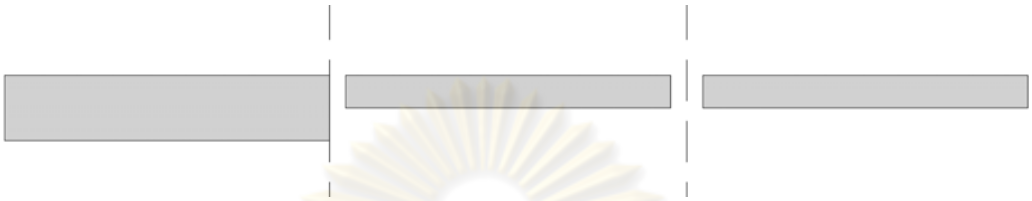
รูปภาพที่ 2.19 แสดงรอยต่อของชิ้นส่วนผนัง กับชิ้นส่วนผนัง

2. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งหนึ่งของรอยต่อ
   (แสดงถึงรอยต่อของสิ้นส่วนผนังกับกำแพงอิฐ)

รูปภาพที่ 2.20 แสดงรอยต่อของสิ้นส่วนผนังกับกำแพงอิฐ

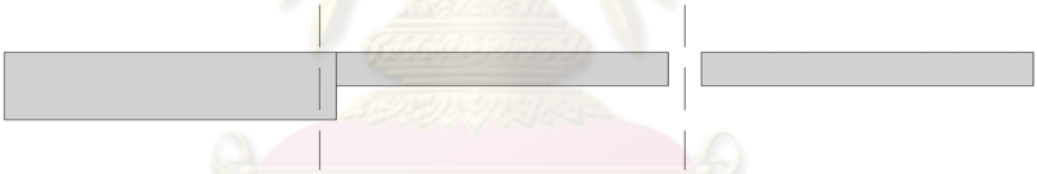
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ส่วนประกอบที่ต่อ โดยช่องว่างน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของรอยต่อ
(แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับ Light-Weight Concrete Block เชื่อมรอยต่อด้วย Adhesive)



รูปภาพที่ 2.21 แสดงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับ Light-Weight Concrete Block เชื่อมรอยต่อด้วย Adhesive

4. ส่วนประกอบที่ต่อกันโดยไม่มีช่องว่าง ต้องพิจารณามิติพิกัดใหม่
(แสดงถึงขนาดชิ้นส่วนผนังกับคอนกรีต)



รูปภาพที่ 2.22 แสดงขนาดชิ้นส่วนผนังกับคอนกรีต

ขั้นที่ 5. **ความแตกต่างของส่วนประกอบ** (VARIANTS OF COMPONENTS)

เมื่อส่วนประกอบพิกัดได้ออกแบบขึ้นมา ใช้ในงานก่อสร้างอาคารแล้ว ยังต้องหาส่วนประกอบที่แตกต่างออกไปอีก เช่นผนังรับน้ำหนัก ซึ่งจะต้องใช้หนากว่าผนังธรรมดา เป็นต้น นอกจากนั้นผนังหน้าอาจจะต้องทำพิเศษแตกต่างกันออกไป

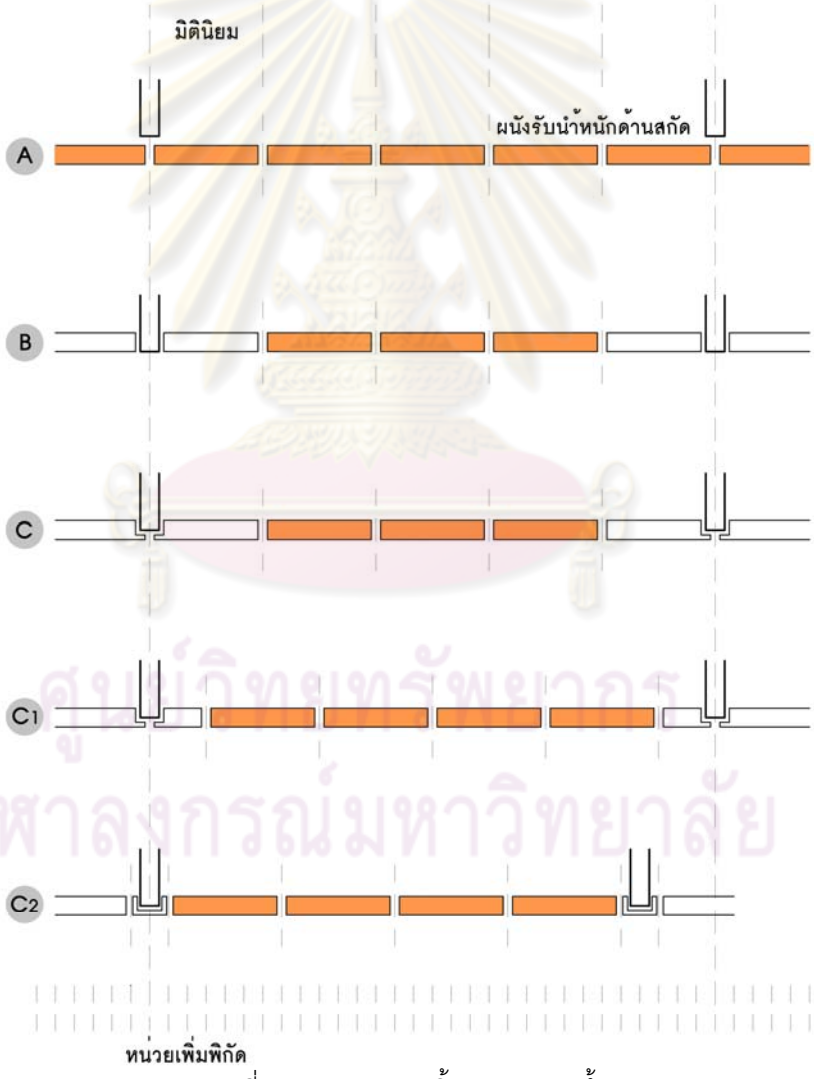
- การพิจารณาส่วนประกอบที่แตกต่างออกไป (DETERMINATION OF VARIANTS OF COMPONENT)

ถ้าต้องใช้ผนังรับน้ำหนักในอาคาร ส่วนประกอบของผนังหน้า จะต้องทำขึ้นเป็นพิเศษ

ก. ถ้าผนังหน้าอยู่ในแนวนอกของผนังรับน้ำหนัก อาจจะกำหนดมิติที่เหมาะสมได้ทั้งสองทางคือผนังด้านหน้า และ ผนังรับน้ำหนัก แต่มีปัญหาเรื่องขจัดเสียงที่ผ่านตรงรอยต่อระหว่างผนังด้านหน้าและผนังรับน้ำหนัก และในทางปฏิบัติไม่สามารถใช้วิธีการนี้ได้

ข. ผนังหน้าอยู่ระหว่างผนังรับน้ำหนัก จะมีรอยต่อระหว่างผนังหน้ากับผนังรับน้ำหนักและพื้น ซึ่งเป็นสื่ออากาศเย็น วิธีขจัดต้องทำผนังหน้าพิเศษ ส่วนประกอบตัวริมจะไม่ได้พิกัด

ค. ทำส่วนประกอบตัวริมทั้งสองด้านเป็นพิเศษ สำหรับให้เก็บเสียงและความอบอุ่นภายในห้อง เป็นวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด อาจใช้ C1 หรือ C2 แทนก็ได้



รูปภาพที่ 2.23 แสดงขนาดชิ้นส่วนผนังรับน้ำหนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.3 การวางแปลนอาคารทางพิกัด

- การวางแปลนโดยใช้ส่วนประกอบพิกัด

เมื่อเลือกส่วนประกอบพิกัดได้แล้ว ขั้นแรก ให้กำหนดลงในตารางพิกัด (รวมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ในกรณีที่จะเชื่อมต่อเนื่องกับส่วนประกอบพิกัดอื่นๆอย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบพิกัดที่เลือกแล้ว ไม่สามารถนำมาใช้ประกอบได้ทันที ทั้งนี้โดยเหตุผลทางการผลิตและทางเศรษฐกิจ ผู้ผลิตมักจะผลิตส่วนประกอบให้ใช้ได้แพร่หลายที่สุด ดังนั้นถ้าผู้ผลิตเป็นผู้ให้รายละเอียดในการใช้ส่วนประกอบพิกัด สถาปนิกจะต้องสอบถึงระบบและวิธีการในการผลิตเปรียบเทียบกับชนิดอื่นตลอดจนความเหมาะสมและความสะดวกในการนำมาใช้เสียก่อน

- วิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังที่ใช้ออกแบบ

การวิเคราะห์ในประเด็นนี้ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาผังตารางพิกัดที่จะใช้ในการออกแบบซึ่งเหมาะสมกับขนาดพิกัดชิ้นส่วนวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปอื่นๆโดยวิเคราะห์เปรียบเทียบจากผังตารางพิกัดรูปแบบต่างๆ

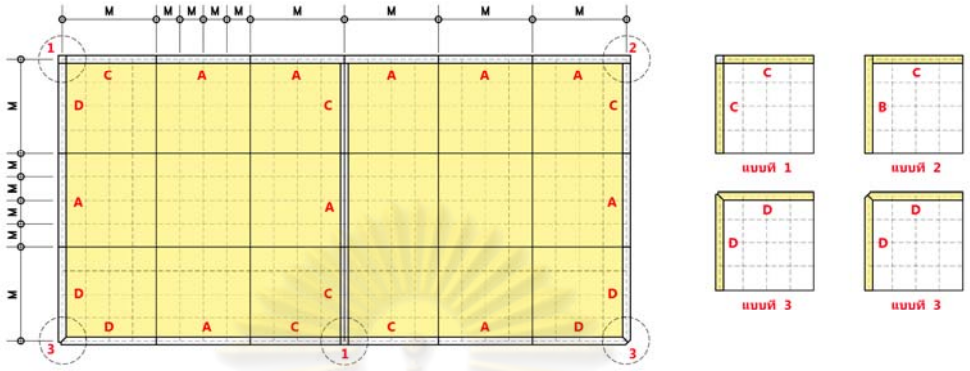
ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังนี้ อ้างอิงจากข้อมูลทุติยภูมิต่างๆ ได้แก่ หนังสือตำราวิชาการ[12] และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง[13] โดยแบ่งตารางพิกัดแผนผังออกเป็น 4 รูปแบบ และมีรายละเอียดการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ดังตารางต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[12]เรืองศักดิ์ กันตะบุตร, การวางผังอาคารด้วยตารางพิกัด, (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต, 2529), หน้า 17.

[13]ไตรรัตน์ จารุทัศน์,"ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมสำหรับที่พักอาศัยของผู้มีรายได้ปานกลางเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535), หน้า 103.

ตารางที่ 2.2 แสดงการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังแบบที่ 1

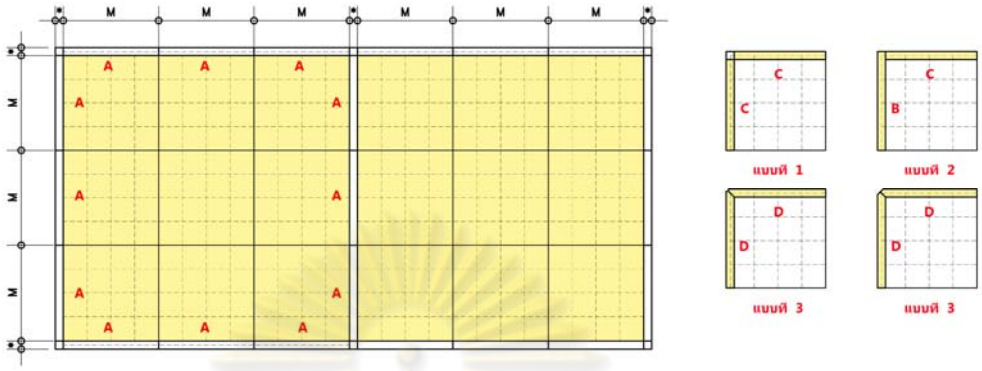
แผนผังตารางพิกัด		
วิเคราะห์	- ตารางพิกัดเป็นลักษณะตารางต่อเนื่อง - เส้นตารางพิกัดผ่านศูนย์กลางของชิ้นโครงสร้างทั้งหมด - ระบบโครงสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก - ขนาดวัสดุที่ใช้ประกอบกัน (เช่นฝ้าเพดาน วัสดุพื้น ผนัง) ถ้าใช้ขนาด = M' = A ต้องมีการตัดเสียเศษวัสดุโดยรอบตลอด	- ลักษณะการต่อของชิ้นส่วนมี 3 แบบ คือ - แบบ 1 มีคอนกรีตหล่อกับที่มุมผนัง (Concrete Fill) ต้องเทแบบหล่อกับที่ (Insitu Concrete) การผลิตชิ้นส่วนต้องผลิต 2 ขนาดคือ แบบ A และ C (ต้องหล่อกับที่ตั้งแบบ) - แบบ 2 ใช้ชิ้นส่วนเป็นส่วนหนึ่งของมุมผนังการผลิตชิ้นส่วนต้องผลิต 3 ขนาด คือ แบบ A,B และ C (ผลิตหลายชิ้น) - แบบ 3 ใช้การเข้ามุมโดยใช้ Connection Joint ของชิ้นส่วน การผลิตชิ้นส่วนต้องผลิต 2 ขนาด คือ แบบ A และ D

หมายเหตุ : M = หน่วยพิกัดมูลฐาน

M' = หน่วยพิกัดแผนผัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 แสดงการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังแบบที่ 2

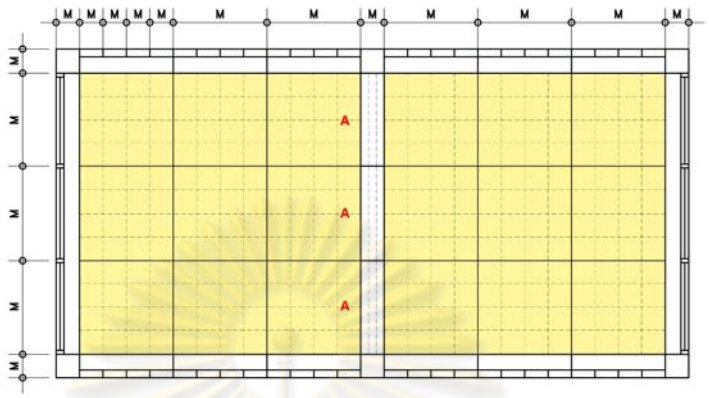
แผนผังตารางพิกัด		
วิเคราะห์	- ตารางพิกัดเป็นลักษณะตารางไม่ต่อเนื่อง - ตารางพิกัดอยู่ภายในกรอบของผนัง - ระบบโครงสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก - ขนาดวัสดุที่ใช้ประกอบกัน (เช่นฝ้าเพดาน วัสดุพื้น ผนัง) สามารถใช้ขนาดสอดคล้องกับพิกัดมาตรฐาน M’ = A ได้เลย ไม่เสียเศษวัสดุ	- ลักษณะการต่อของชิ้นส่วนมี 3 แบบ คือ - แบบ 1 มีคอนกรีตหล่อกับที่มุมผนัง (Concrete Fill) ต้องเทแบบหล่อกับที่ (Insitu Concrete) การผลิตชิ้นส่วนมีขนาดเดียว คือ แบบ A - แบบ 2 ใช้ชิ้นส่วนเป็นส่วนหนึ่งของมุมผนังการผลิตชิ้นส่วนต้องผลิต 2 ขนาด คือ แบบ A และ B - แบบ 3 ใช้การเข้ามุมโดยใช้ Connection Joint ของชิ้นส่วน การผลิตชิ้นส่วนต้องผลิต 2 ขนาด คือ แบบ A และ C

หมายเหตุ : M = หน่วยพิกัดมูลฐาน

M’ = หน่วยพิกัดแผนผัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

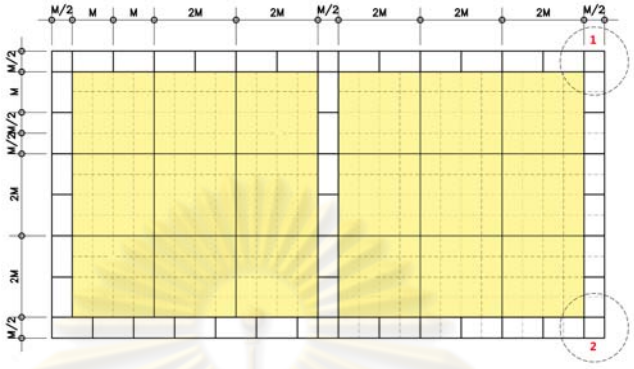
ตารางที่ 2.4 แสดงการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังแบบที่ 3

แผนผังตารางพิกัด		
วิเคราะห์	- ตารางพิกัดเป็นลักษณะตารางต่อเนื่องติดต่อกันทั้งอาคาร โดยให้ริมขอบรอบในเสาของอาคารโดยรอบเป็นเส้นรอบนอกของตารางพิกัด - ระบบโครงสร้างเป็นระบบรับน้ำหนักโดยเสา - คาน - การก่อผนังจะก่อเรียงเท่าๆกัน หรือก่อแบบเรียงต่อสลับครึ่ง (Stretching Bond) ก็ได้ - ขนาดตารางพิกัดมีเศษจากการตัด	- ขนาดของผนังกั้นห้องภายในและช่องหน้าต่างจะมีขนาดเท่ากับหน่วยพิกัดแผนผัง คือ M' - วัสดุก่อจะมีขนาดซ้อนกับตารางพิกัดพอดี และมีขนาดเท่ากับหน่วยพิกัดมูลฐาน คือ M2 x M

หมายเหตุ : M = หน่วยพิกัดมูลฐาน
M' = หน่วยพิกัดแผนผัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 แสดงการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังแบบที่ 4

แผนผังตารางพิกัด		
วิเคราะห์	- ตารางพิกัดเป็นลักษณะตารางต่อเนื่อง - ตารางพิกัดอยู่ภายในกรอบของผนัง - ระบบโครงสร้างเป็นวัสดุผนังรับน้ำหนัก (Wall Bearing Block) ขนาดด้านกว้าง x ยาว = 1 : 2 - ขนาดวัสดุที่ใช้ประกอบกัน (เช่น ฝ้าเพดาน วัสดุพื้น ผนัง) ถ้าใช้ขนาด 2M จะไม่เสียเศษวัสดุ - ขนาดตารางพิกัด มีขนาดสอดคล้องกับขนาดบล็อกรับน้ำหนัก คือ ขนาดบล็อก = M/2 x M	- ลักษณะการต่อของชิ้นส่วนมี 2 แบบ คือ - แบบ 1 การเชื่อมยึดติดกันด้วยการหล่อคอนกรีตกับที่ (Concrete Fill) หรืออาจใช้บล็อกรับน้ำหนักขนาดพิเศษ - แบบ 2 ใช้การเรียงวัสดุก่อเป็นแบบร่อยต่อสลับครึ่งต่อครึ่ง (Stretching Bond)

หมายเหตุ : M = หน่วยพิกัดมูลฐาน
M' = หน่วยพิกัดแผนผัง

สรุปผลการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังที่ใช้ออกแบบ

จากการวิเคราะห์ตารางพิกัดแผนผังทั้ง 4 รูปแบบตามลักษณะของระบบโครงสร้าง คือ

1. โครงสร้างผนังรับน้ำหนักชิ้นส่วนสำเร็จรูป ลักษณะตารางพิกัดต่อเนื่อง
2. โครงสร้างผนังรับน้ำหนักชิ้นส่วนสำเร็จรูป ลักษณะตารางพิกัดไม่ต่อเนื่อง
3. โครงสร้างผนังรับน้ำหนักวัสดุก่อ ลักษณะตารางพิกัดต่อเนื่อง
4. โครงสร้างเสา – คาน ลักษณะตารางพิกัดต่อเนื่อง

ทั้ง 4 รูปแบบของตารางพิกัดแผนผังแสดงให้เห็นถึงข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของตารางพิกัดแผนผังแต่ละรูปแบบ เพื่อใช้เป็นข้อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ด้วยระบบประสานทางพิกัดในแต่ละระบบของโครงสร้าง

ดังนั้นจึงสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้ โดยจะได้ตารางพิกัดแผนผังซึ่งมีหน่วยพิกัดแผนผัง (M') ที่สามารถปรับค่าของหน่วยพิกัดมูลฐาน (M) ให้เพิ่มขึ้นหรือน้อยลง ตามความสัมพันธ์กับมิติตามพิกัดของขนาดวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปอื่นๆ ที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรม

- การปรับปรุงแก้ไขส่วนประกอบต่างพิกัด

ในงานออกแบบทางพิกัด จะต้องพิจารณาถึงการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ไม่ตามพิกัดด้วย เพราะการนำเอาส่วนประกอบดังกล่าวมาใช้ อาจจะก่อให้เกิดปัญหาต่อเนื่องตามมาก็ได้

ปัญหาต่อเนื่องที่ตามมาอาจจะมีน้อย หรือไม่มีเลยถ้าใช้ส่วนประกอบดังกล่าวในส่วนที่ไม่สำคัญของอาคารถ้าใช้ในส่วนที่สำคัญ เช่น ผนังรับน้ำหนัก การวางแปลนของส่วนประกอบดังกล่าว จะต้องพิจารณาเป็นประการแรกการวางแปลนซึ่งใช้ส่วนประกอบต่างพิกัดจะเสียเวลาน้อย ถ้าส่วนประกอบเป็นชนิดชิ้นเล็กๆ เช่นอิฐ บล็อก ฯลฯ และจะเสียเวลามากที่สุด ถ้าเป็นส่วนประกอบใหญ่ๆ เช่นประตูหน้าต่าง ชิ้นส่วนพื้นผนังนอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงชิ้นส่วนที่ไม่ตามพิกัดขนาดใหญ่อื่นๆ เช่น พื้น ฝา ผนัง คาน เสา การใช้ชิ้นส่วนที่ไม่ได้พิกัด เป็นชิ้นส่วนรับน้ำหนัก ควรจะพิจารณาเป็นขั้นสุดท้ายในการวางแปลน

- เอกสารโครงการ (PROJECT DOCUMENT)

ในงานก่อสร้างแบบดั้งเดิม เอกสารโครงการจะประกอบด้วยแบบก่อสร้าง และแบบขยายรายละเอียดของอาคารที่จะก่อสร้าง เอกสารดังกล่าวจะแสดงให้เห็นลำดับของการทำงานของช่างฝีมือในแขนงต่างๆ อย่างชัดเจน

ในการก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม วิธีการจัดลำดับและเตรียมเอกสารโครงการจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เพราะงานส่วนใหญ่เป็นงานที่ทำเสร็จเรียบร้อยมาแล้วในโรงงาน งานที่มองเห็นคือ ประกอบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเข้าด้วยกันในบริเวณก่อสร้างซึ่งเป็นงานส่วนน้อย และใช้ช่างฝีมือระดับต่ำกว่ามาตรฐานจำนวนไม่มากนัก เอกสารโครงการจะต้องใช้เป็นคู่มือช่วยในการติดตั้งได้ด้วย

จุดมุ่งหมายของวิธีการวางแผนก็เพื่อให้ผลผลิตของส่วนประกอบใช้ได้แพร่หลายและกว้างขวางในงานก่อสร้างอาคาร ทั้งในระบบอุตสาหกรรม และงานพิเศษที่สร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป

- การทำแบบสำหรับก่อสร้างอาคารพิกัด (DRAWING FOR A MODULAR BUILDING JOB)

1. แบบร่างเบื้องต้น (FIRST ROUGH SKETCHES)

ในการออกแบบก่อสร้าง โดยใช้ระบบประสานทางพิกัดนั้น แบบร่างครั้งแรกของงานออกแบบขั้นนี้ จำเป็นต้องร่างบนตารางพิกัด (ตารางพิกัด คือ ระบบอ้างอิงประสานมุมฉาก ซึ่งระยะระหว่างระนาบที่ต่อเรียงกัน เท่ากับหน่วยพิกัดมูลฐาน หรือหน่วยคูณพิกัด หน่วยคูณพิกัดของมิติทั้งสองในตารางนี้อาจแตกต่างกันได้) ที่กำหนดใช้ก่อนการวางแปลน ในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อตรวจดูความเหมาะสมในการวางแปลนตามแบบนั้นๆ ว่าจะสามารถใช้สอยได้สมบูรณ์ตามความต้องการเพียงใด เช่นเนื้อที่สำหรับวางเครื่องตกแต่ง ในกรณีนี้ส่วนต่างๆ ของอาคารที่เห็นได้จากแบบร่าง จะอยู่ในรูปแบบร่างที่มีเส้นเดี่ยวๆ แต่เพียงอย่างเดียว หากได้สักเกตด้วยกฎเกณฑ์ต่างๆ ตามวิธีออกแบบทางพิกัดแล้วการเปลี่ยนแปลงของมิติจะมีผลมาจาก M. หรือผลคูณของ M.

2. รายละเอียดทางพิกัด (MODULAR DETAILS)

เมื่อได้วางแบบร่างเบื้องต้นสำหรับงานโครงการขั้นต้นแล้ว (ซึ่งอาจจะร่างไว้หลายๆ แบบเพื่อนำมาพิจารณาเลือกแบบที่เหมาะสมที่สุดภายหลัง) งานต่อไปที่จะต้องทำคือแบบขยายรายละเอียดของส่วนประกอบอาคาร

วิธีออกแบบโดยใช้ระบบประสานทางพิกัดนั้น เมื่อได้วางแบบร่างเบื้องต้นเสร็จเรียบร้อยแล้วจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพิจารณาแบบรายละเอียดต่อไปอย่างรวดเร็ว และผลเหล่านี้หลังจากที่ได้นำไปผลิตตามขนาดขึ้นแล้วแบบรายละเอียด จะต้องเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับงานก่อสร้างอื่นต่อไป

ในสภาวะของอุตสาหกรรมใหม่ๆ ซึ่งจะต้องพัฒนาวิธีออกแบบ เป็นระบบประสานทางพิกัดจำเป็นต้องหาขอบเขตการใช้ส่วนประกอบว่ามีเพียงใด ดังนั้นการดำเนินงานขั้นรายละเอียดโครงการ ควรจะต้องมีการค้นคว้าตามต้องการทางด้านวิชาการด้วย และควรยึดถือผลของการแก้ปัญหาทางด้านวิชาการที่ถูกต้องอยู่แล้ว

รายละเอียดทางพิกัดประกอบด้วยเส้นตารางซึ่งใช้อ้างอิงรายละเอียดทางพิกัดของแบบร่างเบื้องต้น เมื่อทำรายละเอียดทางพิกัดทั้งหมดเสร็จแล้วจึงจะวางแปลนแบบร่างเบื้องต้นอีกครั้งหนึ่ง เพื่อแสดงส่วนต่างๆ ของอาคารตรงกับมิติ

รายละเอียดในการออกแบบจากเอกสารแสดงสินค้า จะใช้เป็นมูลฐานในการร่างรายละเอียดทางพิกัด และแบบรายละเอียดซึ่งใช้สำหรับผู้รับผิดชอบโครงการ รายละเอียดซึ่งจัดเป็นตารางไว้ในเอกสารแสดงสินค้าที่เกี่ยวข้องกับมิติทางพิกัด เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการแก้ไข

แบบจากแบบร่างเบื้องต้น ทั้งในด้านรายละเอียดและแบบก่อสร้าง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในเอกสารโครงการ

3. แบบขยายรายละเอียด แบบติดตั้ง

การเขียนแบบในขั้นนี้ไม่ใช้ตารางพิกัด การวัดระยะทางพิกัด ให้ใช้เส้นอุเทศ (Reference Lines) มิติเป็นมิลลิเมตร

มิตินิยม (Preferred Dimensions)

ในระบบการประสานทางพิกัด การใช้พิกัดทวีคูณที่แน่นอนในการออกแบบ เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า "มิตินิยมตามพิกัด" ในเวลาเดียวกัน การกำหนดมิตินิยมสำหรับการผลิตก็มีความสำคัญมาก เพราะจำเป็นจะต้องกำหนดให้ค่าของมิตินิยมสามารถนำไปใช้งานสะดวก ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ มิตินิยมที่จะนำไปใช้จึงควรกำหนดเป็นมาตรฐานไว้

โดยทั่วไปถ้ามิติที่ใช้มีค่าน้อยกว่า 1-2 เมตร มิตินิยมที่ใช้ คือ 2M, 3M, 4M, 5M และ 6M ซึ่งจะเห็นได้ว่า เป็นการเพิ่มโดยสม่ำเสมอทีละ 100 มม. หรือ 1M แต่ถ้ามิติที่ใช้มีค่ามากกว่า 2-3 เมตรขึ้นไป ควรมีการกำหนดมิติอีกแบบหนึ่ง โดยพิจารณารวมไปถึงประโยชน์ใช้สอยในอาคาร ติดตั้ง และแม้แต่วิธีการผลิตในโรงงาน การขนย้าย หรืออาจกล่าวได้ว่า มิตินิยมที่จะกำหนดสำหรับมิติที่มีค่ามากนี้ จำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงการยืดหยุ่นในงานวางผังและการออกแบบให้มากที่สุด และคำนึงถึงขนาดส่วนประกอบอาคารไม่ควรกำหนดให้มีมากขนาดเกินความจำเป็น เพราะจะไม่เป็นการประหยัด แต่ในบางกรณีมิตินิยมอาจพิจารณาจากเทศบัญญัติเป็นหลักก็ได้

ระบบมิตินิยม (System of Preferred Dimension)

เพื่อให้มิตินิยมที่กำหนดขึ้นใช้ในแต่ละงานมีความสัมพันธ์ จึงจำเป็นต้องกำหนดระบบขึ้นมาระบบหนึ่ง เรียกว่า ระบบมิตินิยม ซึ่งได้มีผู้กำหนดระบบขึ้นมาหลายระบบ แต่มีการกำหนดมิตินิยมที่มีค่ามาจากพิกัดทวีคูณ = 3M เพื่อช่วยในการกำหนดมิตินิยมขนาดใหญ่ในงานก่อสร้างอาคาร เช่น การใช้มิติทางนอนในโครงสร้างอาคาร และระบบมิตินิยมเป็นที่ยอมรับทั่วโลก เห็นว่าควรมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

1. มิติทุกมิติควรเป็นผลคูณของ 3M
2. ขนาดทั้งหมดที่ใช้สามารถแบ่งเป็นขนาดย่อยได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้
3. ขนาดต่างๆ เหล่านี้ จะต้องมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยขนาดที่ใหญ่กว่าอาจมาจากผลคูณหรือผลบวกของขนาดที่เล็กๆ หลายชิ้น เป็นต้น
4. ขนาดที่แบ่งย่อย ควรมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ระบบนี้มีหลักมาจากการเพิ่มทวีคูณอย่างง่าย เช่น 3M x 1, 3M x 3, 3M x 5, 3M x 7 เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. แบบสรุป

เพื่อความสะดวกในการพิจารณาขอบเขตการใช้ส่วนประกอบทางพิกัด จำเป็นต้องเขียนแบบขั้นแก้ไขปรับปรุงแบบร่าง เรียกว่าแบบสรุป และแบบสรุปนี้จะช่วยในการเตรียมงานเขียนก่อสร้างในขั้นต่อไป รวมทั้งเป็นหลักในการดำเนินงานก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามวิธีการออกแบบการประสานทางพิกัดด้วย

2.4 วัสดุก่อสร้างในระบบประสานทางพิกัด

2.4.1 วัสดุก่อสร้างที่ใช้เป็นวัสดุโครงสร้างในระบบประสานทางพิกัด[14]

วัสดุแต่ละชนิดมีขอบข่ายความสามารถในการรับน้ำหนัก และแรงประเภทต่างๆ แตกต่างกัน ฉะนั้นการใช้วัสดุกับอาคารขนาดใด จำนวนชั้นของอาคาร และระบบโครงสร้างอย่างใดจำเป็นต้องอยู่ในการพิจารณาขั้นพื้นฐานก่อน ก่อนที่จะเริ่มการออกแบบแผนผังอาคารทุกประเภทโดยเฉพาะในระบบการประสานทางพิกัดที่มีการออกแบบการก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป

วัสดุแต่ละชนิด มีธรรมชาติและคุณสมบัติแตกต่างกัน การออกแบบข้อต่อ หรือรอยต่อ (Connection Joint) และแนวต่อของการก่อสร้าง (Construction Joint) ผู้ออกแบบจำเป็นที่จะต้องมีความเข้าใจในธรรมชาติของวัสดุก่อสร้างนั้นๆ วิธีการก่อสร้างที่ถูกต้องของวัสดุนั้นๆ ตลอดจนอุปกรณ์ในการก่อสร้าง และเครื่องมือหรือเครื่องกล (Hand Tools or Machine Tools) ที่จะใช้ในการก่อสร้าง ผู้ออกแบบจึงสามารถออกแบบอาคารในระบบประสานทางพิกัดและสำเร็จรูปได้โดยสมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[14] เรืองศักดิ์ กันตะบุตร, “Modular Design & Structure System,” เอกสารการอบรมเรื่อง ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ (กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520) หน้า 13. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

ตารางที่ 2.6 แสดงวัสดุก่อสร้างที่ใช้เป็นวัสดุโครงสร้างในระบบประสานทางพิกัด

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	-	✓	✓	✓	✓

2.4.2 วัสดุสำเร็จรูปชนิดต่างๆ ในระบบประสานทางพิกัด

วัสดุสำเร็จรูปชนิดต่างๆ ในระบบประสานทางพิกัดในอาคาร สามารถแบ่งออกตามโครงสร้างอาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารดังนี้

1). วัสดุก่อผนัง

2). วัสดุปูพื้นและผนัง

3). วัสดุฝ้าเพดาน

4). วัสดุมุงหลังคา

5). พื้นสำเร็จรูปและผนังสำเร็จรูป

1). วัสดุก่อผนัง

หมายถึงวัสดุแท่งที่ใช้ก่อผนัง กำแพง วัสดุที่ใช้ในการผสมวัสดุก่ออาจเป็นทรายหรือทรายผสมกับหินย่อยเล็กๆ ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำ การรวมตัวของสารต่างๆ ดังกล่าวจะธเกิดปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นวัสดุประสานร่วมกับแรงอัดอย่างเดียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัสดุก่อผนังเป็นชิ้นส่วนที่ใช้มากที่สุดของวัสดุประกอบอาคาร เนื่องจากใช้กั้นเนื้อที่ใช้สอยภายในและภายนอกอาคาร วัสดุก่อมีหลายชนิดหลายขนาดแล้วแต่วัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตในท้องถิ่นนั้น เช่น อิฐ ดินซีเมนต์บล็อก คอนกรีตบล็อก ศิลาแลงบล็อก ดินบล็อก อิฐแก้ว อิฐมวลเบา และอินเตอร์ล็อคกิ้งบล็อก โดยขนาดของวัสดุก่อเมื่อเทียบกับระบบประสานทางพิกัดแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาเลือกใช้แต่วัสดุก่อผนังที่สามารถเข้าระบบได้เท่านั้น

2). วัสดุปูพื้นและผนัง

วัสดุปูพื้นเป็นผิวสุดท้ายของงานสถาปัตยกรรม ให้ความสวยงามแก่พื้นผิว วัสดุปูพื้นมีหลายชนิดด้วยกัน ทั้งที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติโดยตรง เช่น แผ่นหินอ่อน ซึ่งนิยมใช้มาตั้งแต่โบราณ หรือกระเบื้องปูพื้นดินเผา ไม้แผ่นเล็กๆ นำมาติดกาวเข้าด้วยกันซึ่งเรียกว่าไม้ปาร์เก้หรือพวกโมเสกไม้ นอกจากวัสดุจากธรรมชาติโดยตรงแล้ว ในปัจจุบันยังนิยมใช้วัสดุซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ทางเคมี เช่นกระเบื้องยาง ลิโนเลียม กระเบื้องไวนิล แอสเบสตอส วัสดุเหล่านี้เหมาะกับการใช้งานในสถานที่ต่างๆ กันไป แล้วแต่คุณสมบัติ ขนาดราคาที่เหมาะสม

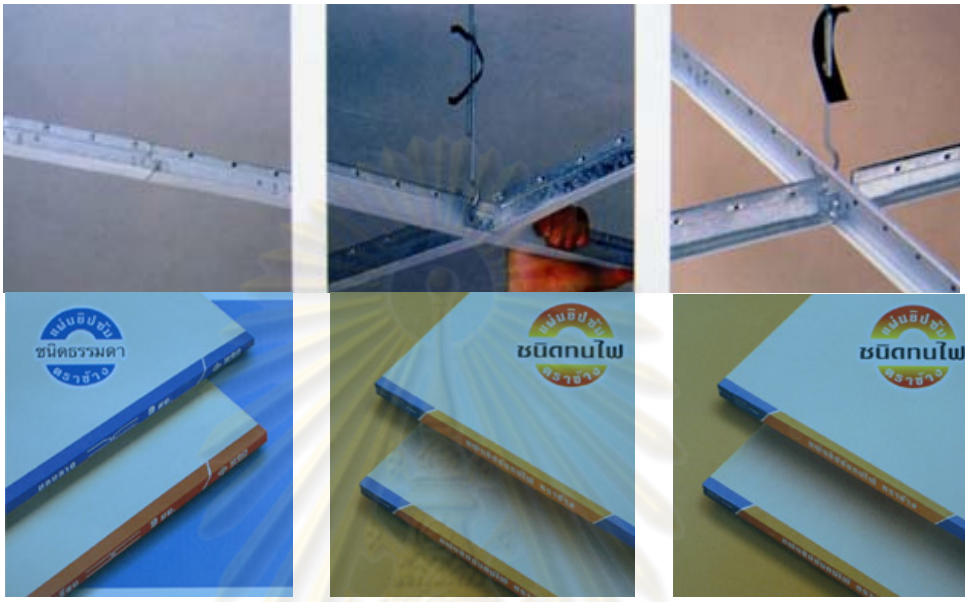
วัสดุปูพื้นที่นิยมมาใช้ในระบบประสานทางพิกัดมักเป็นวัสดุประเภทกระเบื้อง เนื่องจากมีขนาดที่เป็นชิ้นส่วนเล็กมีขนาดมูลฐานที่แน่นอน เช่น กระเบื้องเซรามิก เป็นกระเบื้องที่นำดินมาเผาด้วยความร้อนสูง โดยนำดินและส่วนผสมอัดแน่นเป็นแผ่นด้วยเครื่องอัด ผึ่งให้แห้งและเอาเข้าเตาเผา กระเบื้องเซรามิก นิยมใช้ในผนัง พื้นห้องน้ำ ห้องเตรียมอาหาร ห้องครัว

กระเบื้องเซรามิกชนิดนี้มีขนาดต่างๆ เช่น 100x100, 100x200, 200x200, 300x300, 400x400 มม. การเลือกใช้จำเป็นต้องคำนวณหาขนาดของพื้นที่ให้ลงตัวกับจำนวนกระเบื้องที่จะใช้ โดยเทียบขนาดเป็นระบบประสานทางพิกัดได้ คือ 1Mx1M, 1Mx2M, 2Mx2M, 3Mx3M, 4Mx4M

3). วัสดุฝ้าเพดาน

ส่วนใหญ่เป็นวัสดุแผ่นใหญ่ ใช้ทำฝ้าเพดาน ผนังภายใน ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนและดูดซับเสียง เช่น ไม้อัด กระเบื้องแผ่นเรียบ ซีโลเทกซ์ ทีโกบอร์ด แอคูสติกบร์อด เฟโนบอร์ด เซลโลกรีต เมชั้นไนต์ และยิปซั่มบอร์ด วัสดุเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีความกว้างประมาณ 1200 มม. และยาว 1200 มม. หรือ 2400 มม. เว้นผลิตภัณฑ์จำพวก ซีโลเทกซ์, ทีโกบอร์ด จะมีขนาด 4x8 ฟุต ซึ่งอาจมีขนาดไม่เท่ากับ 1200 มม. หรือ 2400 มม. พอดี โดยวัสดุแผ่นใหญ่นี้ มีหน่วยเล็กสุดที่ 600 มม. เป็นหน่วยมูลฐาน

มีขนาดในระบบประสานทางพิกัดดังนี้ คือ 6Mx6M, 12Mx12M, 12Mx24M

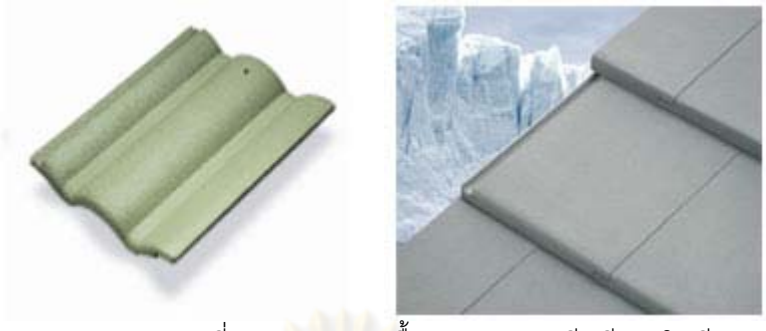


รูปภาพที่ 2.24 แสดงแผ่นยิปซัมบอร์ดลักษณะต่างๆ กัน มีความหนา 9 และ 12 มม.

4). วัสดุมุงหลังคา

หลังคาเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของอาคาร หลังคาทำหน้าที่กันแดดกันฝน พายุหิมะ แสงสว่าง และภัยจากธรรมชาติอีกหลายประการ การใช้วัสดุมุงหลังคาต่างย่อมทำให้เกิดความแตกต่างกันในโครงสร้างหลังคา มุมเอียงของหลังคา และวัสดุยึดหลังคาก็จะแตกต่างกันไปด้วย เช่น หลังคาที่ใช้กระเบื้องแผ่นเล็กๆ ความลาดเอียงของหลังคาก็ต้องมีมากขึ้นไปด้วย เพื่อให้น้ำฝนไหลลงไปได้สะดวก หรือในทางตรงกันข้าม ถ้าใช้กระเบื้องขนาดใหญ่ที่เป็นลอนก็ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ความลาดเอียงของหลังคามากเท่ากระเบื้องแผ่นเล็กๆ

วัสดุมุงในระบบอุตสาหกรรม เช่น กระเบื้องดินเผา กระเบื้องซีเมนต์ กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน กระเบื้องพลาสติก สังกะสีลูกฟูก แผ่นเหล็กลูกฟูกเคลือบ ขนาดของกระเบื้องแต่ละชนิดมีขนาดที่แน่นอน แต่แต่ละชนิดไม่ได้ลงตามระบบประสานพิกัด เนื่องจากหลังคามีความลาดชันไม่เท่ากัน การใช้ระบบประสานกับหลังคาจึงยังไม่เหมาะกับสภาพปัจจุบัน



รูปภาพที่ 2.25 แสดงกระเบื้องหลังคาคอนกรีต ซีแพคโมเนีย

5). พื้นสำเร็จรูปและผนังสำเร็จรูป

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

พื้นและผนังสำเร็จรูปนับว่ามีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ในการออกแบบอาคารระบบประสานทางพิกัด เพราะจะต้องออกแบบโครงสร้างเสาและคานให้มารับแผ่นสำเร็จนี้ ทำให้พื้นที่ภายในอาคารมีพิกัดจากหน่วย 300 และ 250 มม. (ผลคูณของ 250 มม. ตั้งแต่ 2500 มม. ขึ้นไป) ด้านใดด้านหนึ่ง

รูปภาพที่ 2.26 แสดงแผ่นพื้นสำเร็จรูป

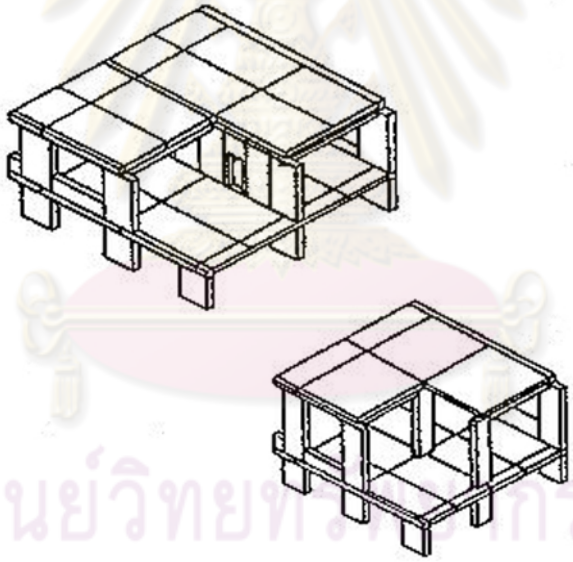
2.5 ระบบโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ

2.5.1 ระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก [15]

การรับแรงทางด้านโครงสร้างของระบบนี้ ก็คือการถ่ายเทแรงจากพื้นลงสู่แนวผนังรับน้ำหนักทั้งหมด ดังนั้นผนังจึงใช้ประโยชน์ไม่เฉพาะเพียงการเป็นผนังกั้นห้องเท่านั้น หากยังจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างแทนเสา และคานไปพร้อมๆ กันด้วย นอกจากนี้แผ่นผนังทำหน้าที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญของอาคารในการต้านทางแรงลมได้อย่างมีประสิทธิภาพดีมากกว่าโครงสร้างแบบเสาและคาน

ระบบการวางผนังรับน้ำหนัก มี 3 วิธี คือ

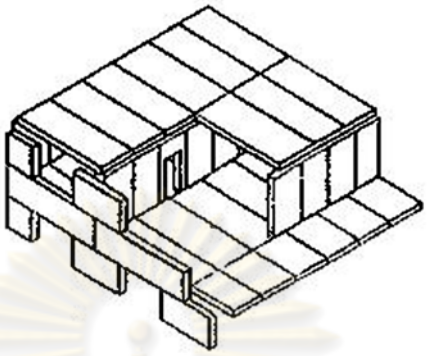
1.1 ระบบการวางแนวผนังรับน้ำหนักไปในทิศทางแนวเดียวกับความยาวของอาคารเรียกว่า Long-wall (ระบบผนังตามยาว)



รูปภาพที่ 2.27 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Long-wall

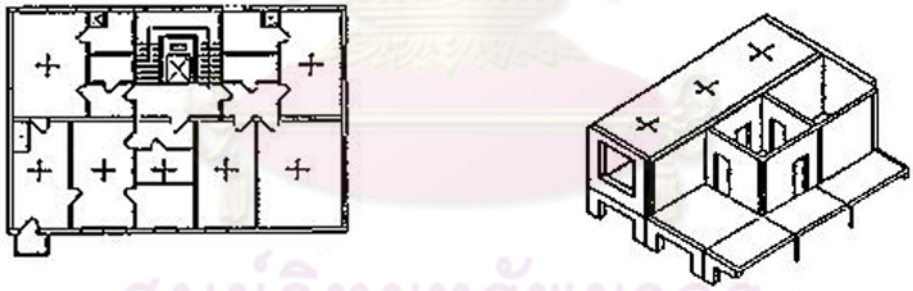
1.2 ระบบการวางแผ่นผนังรับน้ำหนักให้ขวางกับความยาวของอาคาร เรียกว่า Cross-wall System (ระบบผนังตามขวาง)

[15] ไตรรัตน์ จารุทัศน์,"ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมสำหรับที่พักอาศัยของผู้มีรายได้ปานกลางเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535).



รูปภาพที่ 2.28 แสดงระบบโครงสร้างรับน้ำหนักแบบ Cross-wall

1.3 ระบบที่วางผนังรับน้ำหนักให้รับน้ำหนักจากพื้นทั้ง 2 แนว เรียกว่า Two-way Span System (ระบบผนังสองทิศทาง)



รูปภาพที่ 2.29 แสดงระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก แบบ Two-way Span (ช่วงพาดสองทิศทาง) ซึ่งเป็นอาคารพักอาศัยในประเทศโปแลนด์

ข้อดีอีกประการหนึ่งนอกจากจะได้ระบบพื้นที่ประหยัดแล้ว ก็คือ ระบบนี้จะเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงมากกว่าระบบอื่นๆ เนื่องจากมีองค์ประกอบของอาคารที่เป็นโครงสร้างในทุกๆ แนว แต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญก็คือ สถาปนิกจะขาดความเป็นอิสระในการออกแบบมากกว่าปกติ เช่น ไม่สามารถจะเปิดห้องติดต่อกันโดยตลอดได้ วิธีการแก้ไขปัญหาก็คือ จำเป็นจะต้องใช้ระบบเสาและคานเข้ามาใช้ประกอบด้วย ในส่วนที่ต้องการจะเปิดโล่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.2 ระบบเสาและคาน (Skeleton Frame or Column and Beam)

ระบบนี้ก็คือระบบโครงสร้างที่รู้จักกันและใช้กันแพร่หลาย จนเกือบจะเป็นระบบแบบเดียวที่ใช้กันในประเทศไทย แม้กระทั่งในบางอาคารที่สามารถใช้โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนักได้ประหยัดกว่าระบบอื่น เช่น อาคารบ้านแถว ก็ยังคงใช้ระบบเสาและคานเป็นส่วนใหญ่ ระบบเสาและคานนิยมใช้สำหรับอาคารที่ไม่สามารถใช้ระบบผนังรับน้ำหนักได้ เนื่องจากความจำเป็นทางด้านการใช้สอย ที่ต้องการเปิดเนื้อที่ใช้สอยให้ผ่านถึงกันได้ตลอด เช่น อาคารโรงงาน สำนักงาน โรงเรียน เป็นต้น หลักกานของโครงสร้างแบบเสาและคาน ก็คือการรับน้ำหนักจากพื้นลงสู่คานจากคานลงสู่น้ำหนักลงสู่เสา

2.5.3 ระบบเสาและแผ่นพื้น (Beamless Skeleton)

ระบบโครงสร้างชนิดนี้ แผ่นพื้นจะวางไปบนเสาโดยตรงโดยไม่ต้องมีคาน เช่นเดียวกับโครงสร้างประเภท Flat Slab เสาจะต้องวางห่างกันไม่เกินขนาดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่จะวางบนเสาทั้ง 4 ได้ ตามหลักการแล้วแผ่นที่จะสามารถวางอยู่บนปลายของเสาเพียง 4 จุดนั้นจะต้องการความหนาและปริมาณเหล็กในคอนกรีตมากเป็นพิเศษกว่าแผ่นพื้นชนิดอื่นๆ ทั้งหมด แต่จะได้ประโยชน์ในด้านความสะดวกรวดเร็วในการประกอบติดตั้ง เนื่องจากสามารถตัดองค์ประกอบของโครงสร้างที่สำคัญไปได้ 1 ส่วน นั่นคือคาน โดยพื้นจะถูกใช้ให้ทำหน้าที่แทนคานเพื่อยึดเสาให้เป็นโครงสร้างต่อเนื่องทั้งอาคาร โครงสร้างแบบนี้ควรที่จะมีการคำนวณความต้านทางแรงลมเป็นพิเศษ

2.5.4 ระบบกล่อง (Box System)

ระบบนี้เป็นระบบที่ประเทศรัสเซียได้พัฒนาขึ้น และต่อมาได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในโครงการอาคารสงเคราะห์ของรัสเซียเอง ชิ้นส่วนต่างๆ จะถูกประกอบหรือหล่อขึ้นเป็นกล่อง 3 มิติ ขนาดเท่ากับห้อง 1 ห้อง จากนั้นก็จะมีการตกแต่งภายใน ติดอุปกรณ์ไฟฟ้าประปาต่างๆ เสร็จเรียบร้อยมากจากโรงงาน แล้วจึงนำไปวางประกอบเรียงกันเป็นชั้นๆ ในบริเวณสถานที่ก่อสร้าง นับว่าเป็นระบบที่สามารถลดแรงงานและเวลาที่ต้องใช้ในบริเวณก่อสร้างได้มากที่สุด มากกว่าระบบใดๆ ในปัจจุบัน

ระบบกล่อง ถือได้ว่าเป็นระบบที่เข้าถึงระดับงานอุตสาหกรรมชั้นสูงสุด เพราะงานส่วนใหญ่ทำสำเร็จจากโรงงานทั้งสิ้น แม้กระทั่งการปูพรมพื้น ประดับรูปภาพที่ผนัง ฯ ข้อเสียของระบบนี้อยู่ตรงที่แต่ละหน่วยมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมากขึ้น ทำให้ขนส่งลำบากมาก ต้องใช้อุปกรณ์ขนยกขนาดใหญ่พิเศษ และนำมาใช้ได้กับอาคารบางประเภทเท่านั้น

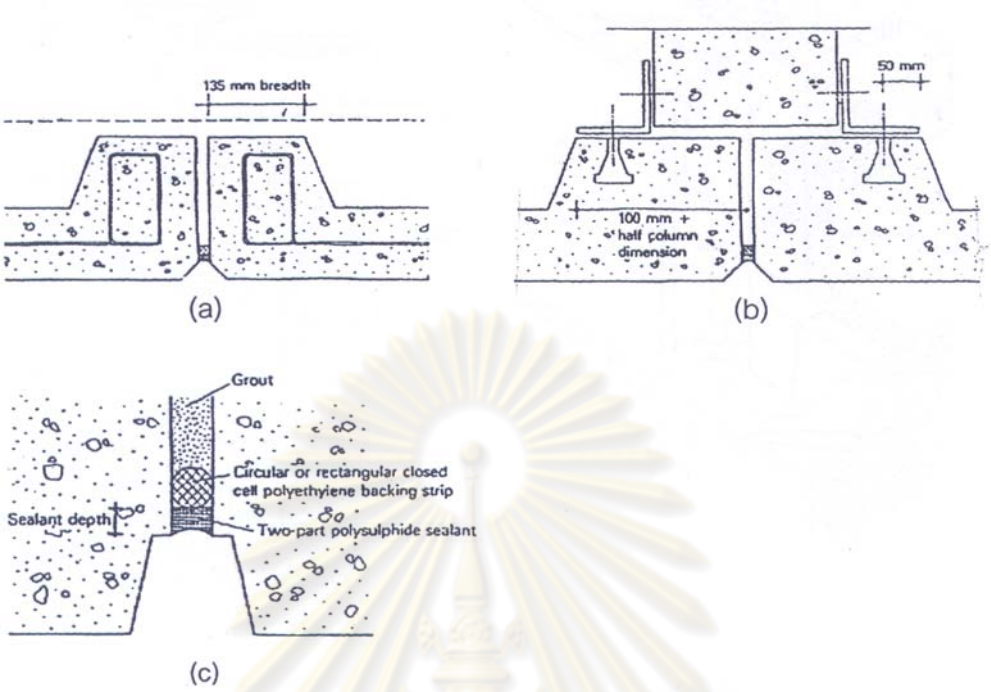
2.6 รอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2.5.4 รอยต่อระบบแห้ง (Dry Joints) เป็นรอยต่อที่เกิดจากการเชื่อมต่อวัสดุที่สามารถรับแรงต่างๆได้ทันที รอยต่อแบบนี้ได้แก่ รอยต่อแบบการใช่โบลท์ (Bolting) แบบการเชื่อม (Welding) รอยต่อแบบนี้หลังจากทำงานเสร็จแล้วก็จะทำการปิดรอยต่อด้วยวัสดุประเภทโพลียูรีเทน (Polyurethane) อีพอกซี่ (Epoxy) วัสดุกันซึมหรือวัสดุกันสนิมอย่างใดอย่างหนึ่งอีกทีขึ้นอยู่กับการออกแบบ ซึ่งสามารถแยกย่อยได้อีก 4 วิธีดังต่อไปนี้[16]

1). รอยต่อแบบปิด (Closed Joints) วิธีที่สะดวกที่สุดในการอุดรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนพิกัด 2 ชิ้น ก็คือการที่เราใส่ตัวประสานหรือตัวอุดช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองตัวอย่างการเก็บรอยต่อด้วยวิธีนี้ก็คือ การใช้วัสดุประเภทโพลียูลีเทน (Polyurethane) อุดช่องว่างระหว่างรอยต่อของชิ้นงาน อีกวิธีหนึ่งก็คือการออกแบบให้ผิวของชิ้นส่วนที่จะต่อเข้าด้วยกันให้มีหน้าตัด (Profile) ที่สามารถประกอบเข้าด้วยกันได้สนิท เช่น การเซาะร่องและการไสพื้นไม้ อย่างไรก็ดีรอยต่อแบบนี้มีข้อเสียตรงที่ว่า ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะเป็นชิ้นที่ออกแบบมาพิเศษ มีลักษณะของตัวเองและต้องประกอบเข้ากับ “ส่วนรับ” ของอีกชิ้นส่วนหนึ่งทำให้ขาดความคล่องตัวไม่สามารถใช้แทนชิ้นส่วนอื่นๆได้ นอกจากนี้ เนื่องจากครึ่งหนึ่งของรอยต่อออกแบบมาเป็น “ตัวผู้” และอีกครึ่งหนึ่งออกแบบมาเป็น “ตัวเมีย” ทำให้การประกอบติดตั้งเป็นไปตามลักษณะของรอยต่อ คือเรียงไปตามขวามือโดยตลอดหรือซ้ายมือโดยตลอด เป็นต้น เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ทำให้จำนวนชิ้นส่วนต้องมีชนิดเพิ่มขึ้น เป็นภาระต่อหน่วยผลิตและหน่วยวางแผนก่อสร้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[16]ตรึงใจ บูรณสมภพ, “การออกแบบอาคารเพื่อการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม,” วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปกร, 4 (เมษายน 2527): 258.



รูปภาพที่ 2.30 แสดงตัวอย่างรอยต่อแบบปิด ระบบแห้ง

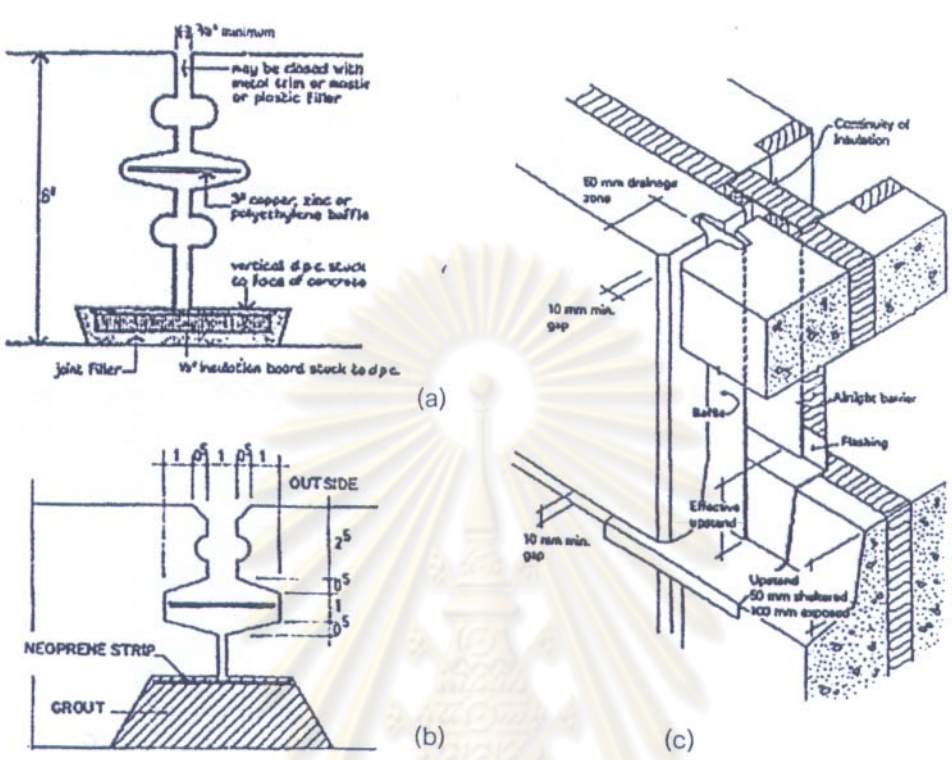
(a) รอยต่อระหว่างผนังกับผนัง

(b) รอยต่อระหว่างผนังกับเสา

(c) ตัวอย่างการใช้พลาสติกสังเคราะห์ (Polyethylene) กำหนดความหนาของวัสดุยาแนว (Sealants)

2). รอยต่อแบบเปิด (Opened Joints) รอยต่อชนิดนี้พัฒนาขึ้นมาสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป แบบชิ้นส่วนรับน้ำหนักขนาดใหญ่ (Large Precast Concrete Panels) แต่ไม่มีเหตุผลขัดแย้งประการใดที่จะนำรอยต่อชนิดนี้มาใช้กับชิ้นส่วนที่ทำด้วยวัสดุอื่นๆ เช่น ไม้ หรือโลหะ หรือรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนที่ทำขึ้นจากวัสดุก่อสร้างต่างชนิดกัน

ลักษณะตัวอย่างประกอบของรอยต่อของโครงสร้างชนิดต่างๆ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในยุโรปถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อให้ใช้กับลักษณะภูมิประเทศของท้องถิ่นนั้นๆ กฎบัญญัติ Building Lode ที่บังคับ ดังนั้น การที่แสดงไว้ให้ดูในที่นี้ ก็เพื่อเป็นตัวอย่างช่วยประกอบการออกแบบรอยต่อภายในประเทศไทย ซึ่งต้องมีการดัดแปลงแก้ไขให้เข้ากับวัสดุ เทคนิคการก่อสร้าง อุปกรณ์เครื่องมือตลอดจนฝีมือของช่างก่อสร้างของบ้านเรา การยกตัวอย่างรอยต่อจะแบ่งตามประเภทของการใช้งานซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ รอยต่อที่ใช้กับ Framed Structures กับรอยต่อที่ใช้กับ Panel Structures



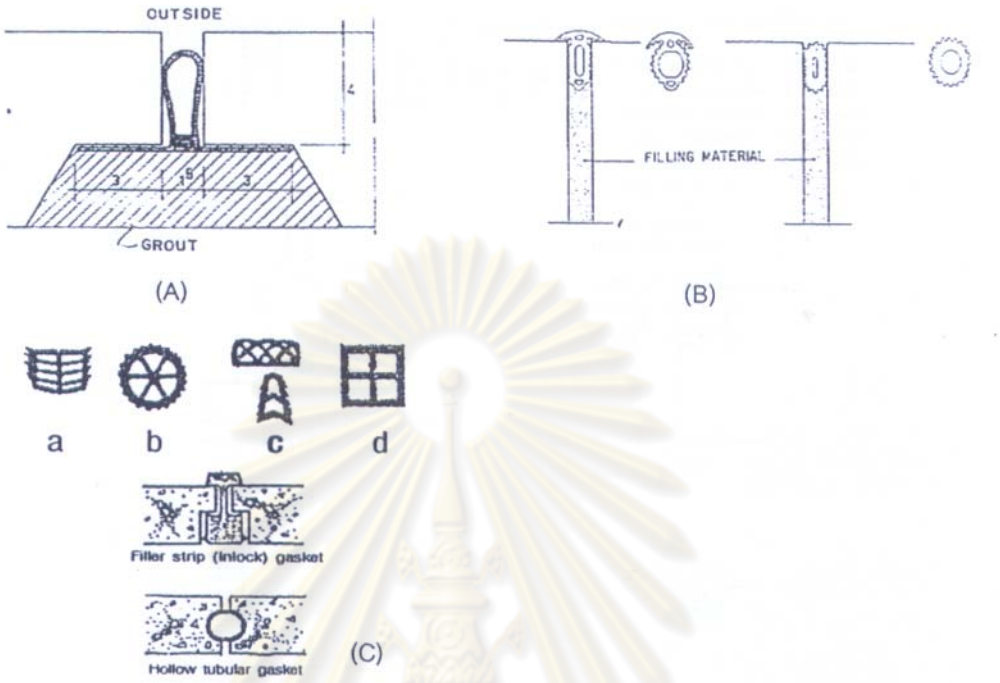
รูปภาพที่ 2.31 แสดงตัวอย่างรอยต่อแบบเปิด (Open-drained joints)

(a) แบบทดลองในยุคแรกของ Building Research Station

(b) ตัวอย่างอีกแบบหนึ่งของ Open-drained joints

(c) รายละเอียดและระยะต่างๆ ของ Open-drained joints ที่พัฒนาจากแบบทดลองในยุคแรกของ Building Research Station และนิยมใช้กันในตอนหลัง

3). รอยต่อแบบใช้ปะเก็น (Gasket-Sealed joints) รอยต่อแบบนี้เกิดมาจากความก้าวหน้าทางวัสดุเคมีที่สามารถผลิตและพัฒนาสารประกอบประเภทยางสังเคราะห์ขึ้นมาใช้งานในอุตสาหกรรมอย่างได้ผลดี โดยเฉพาะวัสดุที่เรียกว่า “นีโอพรีน” (Neoprene) สามารถนำเอามาเป็นปะเก็น (Gasket) รูปร่างต่างๆ กัน ใช้ในงานทำรอยต่อได้ดี ปะเก็นสามารถหล่อฝังในผนังหรือโครงสร้างคอนกรีตที่เตรียมไว้ก่อน แล้วใช้แรงดันอัดให้ชิ้นส่วนผนังติดกับปะเก็นแนบสนิท แล้วยึดผนังติดกับโครงสร้างให้แน่นต่อกันไปเรื่อยๆ ก็ได้ หรืออาจเว้นช่องว่างระหว่างผนังแล้วค่อยอัดปะเก็นเข้าไปภายหลังจากที่ติดตั้งผนังเสร็จเรียบร้อยแล้วก็ได้ ขนาดของรอยต่อวิธีการติดตั้งและคุณสมบัติในการรับแรงต่างๆ มีความแตกต่างกันมาก ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และบริษัทที่ผลิตจำหน่ายการใช้งานจึงต้องศึกษารายละเอียดและรับคำปรึกษาจากบริษัทผู้ผลิต



รูปภาพที่ 2.32 แสดงรอยต่อแบบใช้ปะเก็น (Gasket-Sealed joints) ในลักษณะต่างๆ

(a) แสดงลักษณะรอยต่อแบบใช้ปะเก็น (Gasket-Sealed joints)

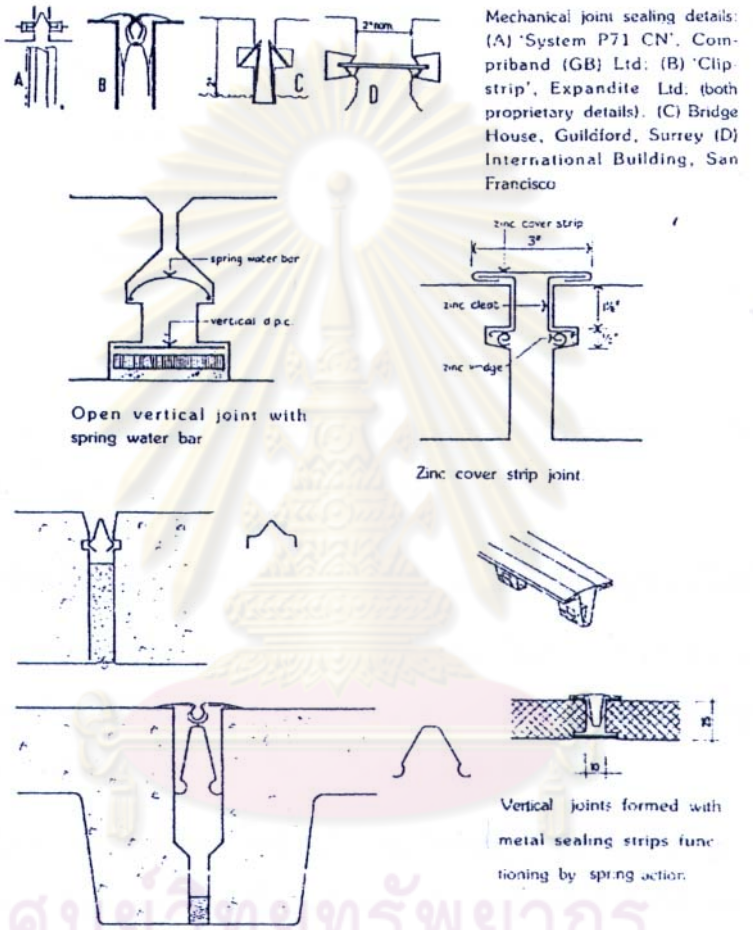
(b) แสดงลักษณะรอยต่อแบบใช้ปะเก็น (Gasket-Sealed joints)

(c) แสดงรูปแบบของปะเก็น (Gasket) ที่ใช้ในการทำรอยต่อทั่วไป

(a) Neoferma'neoprene gasket by Colebrand Ltd. London ; (b) Schlegel gasket, Schlegel (UK) Ltd ; (c) two Bostik ' Profile Seals' ,Bostik Ltd ; (d) 'Servicore rectangular section, Service Division of W.R. Grace Ltd;

4). รอยต่อแบบกลไก (Mechanically-Sealed joints) รอยต่อแบบนี้เป็นรอยต่อพิเศษที่ออกแบบหรือผลิตขึ้นใช้กับอาคารเฉพาะกรณี สถาปนิกมักจะใช้เพื่อเน้นรอยต่อให้อาคารมีรูปด้านที่สวยงามหรือแปลกตาเป็นพิเศษ หรือใช้กับรอยต่อของผนังในเขตที่มีการทรุดตัวของอาคารหรือการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวสูง รอยต่อแบบนี้ไม่เป็นที่นิยมแพร่หลาย อาจเป็นเพราะราคาแพง หรืออาจเป็นเพราะรอยต่อจะเด่นแลเห็นชัดเจนมาก ยากในการควบคุมรูปด้านถ้าไม่ได้ออกแบบไว้ล่วงหน้าให้ดีพอ ทั่วๆ ไปมักใช้โลหะที่สามารถบีบให้หดตัวและขยายตัวได้เหมือนกับสปริง ใส่อยู่ในช่องรอยต่อ (Spring Water Bar) หรือเป็นครอบรอยต่อที่ยึดติดกับผิวหรือแกนที่สอดอยู่ในช่องรอยต่อ (Fixed Cover - Strip) คล้ายๆ กับงานปิดรอยต่อของวงกบหน้าต่างอลูมิเนียม

การออกแบบทำได้หลายแบบ การติดตั้งก็คล้ายๆ กับรอยต่อประเภทใช้ปะเก็น คือกดอัดเข้าไปในช่องรอยต่อเมื่อติดตั้งผนังเสร็จแล้วหรืออาจติดตั้งตามลำดับขั้นตอนไปพร้อมๆกับการติดตั้งผนังก็ได้



รูปภาพที่ 2.33 แสดงตัวอย่างรอยต่อแบบกลไก (Mechanically – Sealed joints)

2.6.2 รอยต่อระบบเปียก (Wet Joints) เป็นรอยต่อที่เกิดจากการเกร๊าท์ (Grout) ด้วยวัสดุประเภทที่มีส่วนผสมของน้ำ เช่น คอนกรีตหรือปูนทราย (Mortar) เป็นต้น ตัวอย่างที่ง่ายที่สุดในกรณีนี้ ได้แก่ การใช้ปูนก่อ (Mortar) อุดช่องว่างระหว่างรอยต่อของชิ้นงาน รอยต่อแบบนี้จะไม่สามารถรับแรงต่างๆ ได้ทันทีจะต้องรอจนกว่าวัสดุที่ใช้ในการเกร๊าท์จะมีความแข็งแรงตามข้อกำหนดรอยต่อแบบนี้ได้แก่รอยต่อแบบการใช้เหล็กโดเวล (Dowel) เข้ามาช่วยเสริมในตำแหน่ง

ที่ต้องทำการเกร๊าท์ (Grout) ลักษณะของรอยต่อแบบเปียก (Wet joints) ตามมาตรฐานของเดนมาร์ค (Danish Standard System) มีวิธีการและข้อกำหนดที่สำคัญ 2 ประการคือ

1). ข้อกำหนดเกี่ยวกับเทคนิค กรรมวิธีของการติดตั้งและการออกแบบรอยต่อโครงสร้างต้องสอดคล้องกับปัญหาที่จะเกิดขึ้นดังนี้

- กรรมวิธีที่จะอุดรอยต่อด้วยปูนเหลวจะต้องทำได้ง่าย ในแง่ของการออกแบบจะต้องมีที่ว่างมากพอเพื่อที่จะให้การสอดแทรกของตัวปูนเหลวสามารถเกาะตัวอยู่ได้รอบเหล็ก

- ในส่วนของการติดตั้งจะต้องปรับชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องทั้งแนวดิ่งและแนวนอน ภายหลังการอุดปูนเหลวจะต้องหลีกเลี่ยงการเขยื้อนของชิ้นส่วนเพราะจะเป็นอันตรายต่อปูนเหลวของรอยต่อ

2). ข้อกำหนดเกี่ยวกับดินฟ้าอากาศ กรรมวิธีการติดตั้งและออกแบบรอยต่อโครงสร้างควรจะต้องสัมพันธ์กันเกี่ยวกับเรื่องต่อไปนี้

- การแข็งตัวของน้ำในอนาคต หรือปูนเหลว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองหนาวเพราะน้ำจะไปทำลายคุณสมบัติของคอนกรีตให้ลดลง

- แสงแดดและลม จะทำให้น้ำในคอนกรีตระเหยออกเร็วเกินไปก่อนที่จะได้รับการบ่มที่ดี ดังนั้นควรหาวิธีป้องกันทุกๆ จุดของรอยต่อ

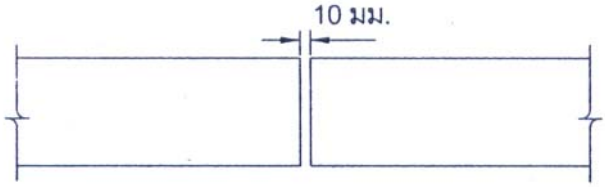
2.6.3 วิเคราะห์ลักษณะรอยต่อของทั้ง 2 ระบบ[17]

การวิเคราะห์ลักษณะรอยต่อผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้างานวิจัยของการศึกษาและเปรียบเทียบรอยต่อของทั้ง 2 ระบบมาแล้วโดยมีผลของการศึกษาเชิงเปรียบเทียบดั้งต่อไปนี้

- ลักษณะรอยต่อระบบแห้ง (Dry Joints)

การเลือกใช้ระบบรอยต่อระบบแห้ง จึงกำหนดระยะห่างระหว่างชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปในการเก็บรอยต่อที่ 10 มม. ความลึกที่ 1 : 1 ของความกว้างและกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 3-5 มม. โดยลักษณะของขอบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จะทำการเก็บรอยต่อมีลักษณะเรียบไม่ลบมุมและไม่มีร่องรับแรงเฉือน

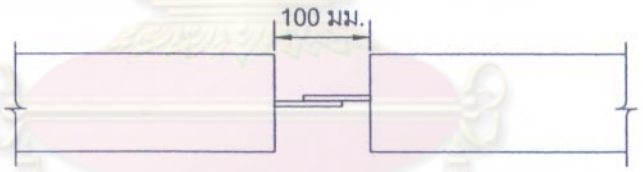
[17]ปรวิทย์ หิมาตวิน,"การเปรียบเทียบรอยต่อระบบแห้งและระบบเปียกของระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปสำหรับบ้านพักอาศัย 2 ชั้น กรณีศึกษาทาวน์เฮาส์โครงการกานดา บ้านริมคลอง 2 จังหวัดสมุทรสาคร," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545), หน้า 98.



รูปภาพที่ 2.34 แสดงลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จะทำการเก็บด้วยระบบแห้ง

- ลักษณะรอยต่อระบบเปียก (Wet Joints)

จากการที่บริษัทตัดสินใจเลือกใช้ระบบรอยต่อระบบเปียก จึงกำหนดระยะห่างระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการเก็บรอยต่อที่ 100 มม. และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 10 มม. โดยลักษณะที่ขอบชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปมีลักษณะเรียบไม่ลบมุมและไม่มีร่องรับแรงเฉือน แต่จะมีเหล็กหนวดกุ้งโผล่ยื่นออกมาจากผนังประมาณ 70 มม. เพื่อใช้สำหรับยึดระหว่างชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปด้วยกันในขั้นตอนของการติดตั้งและใช้เป็นตัวกลางในการยึดระหว่างชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปกับคอนกรีตที่จะนำมาเท



รูปภาพที่ 2.35 แสดงลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จะทำการเก็บด้วยระบบเปียก

- วิเคราะห์และสรุปลักษณะรอยต่อทั้ง 2 ระบบ

จากขนาดของร่องรอยต่อของทั้ง 2 ระบบ จะเห็นว่ามีขนาดที่แตกต่างกันอย่างมาก เรียกได้ว่ามีความแตกต่างกันถึง 10 เท่า ด้วยกัน ดังนั้นตรงนี้จึงเป็นจุดสำคัญเมื่อนำทั้ง 2 ระบบมาเปรียบเทียบกัน จากขนาดของร่องรอยต่อที่แตกต่างกันค่อนข้างมากดังนั้นผลกระทบจากความเคลื่อนที่เกิดในกระบวนการผลิต การติดตั้งและการกำหนดขนาดชิ้นส่วนสำเร็จรูปจึงมีผลกระทบต่อทั้ง 2 ระบบแตกต่างกัน อย่างกรณีของรอยต่อระบบแห้งที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ที่ 10 มม. ค่าความคลาดเคลื่อนที่ 3-5 มม. ตรงนี้แสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ทางบริษัทกำหนดไว้คิดเป็น 30 – 50 % ของขนาดร่องรอยต่อ แต่ในของรอยต่อระบบเปียกที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ที่ 100

มม. ค่าความคลาดเคลื่อนที่ 10 มม. ทั้งๆ ที่ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบเปียกนั้นมากกว่าระบบแห้ง แต่ก็คิดเป็นสัดส่วนแค่ 10 % ของขนาดร่องรอยต่อ จากที่อธิบายมาข้างต้นแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเมื่อนำสัดส่วนความคลาดเคลื่อนของทั้ง 2 ระบบ มาเปรียบเทียบกันต้องถือว่าลักษณะของรอยต่อระบบแห้งถูกออกแบบให้มีสัดส่วนสำหรับรองรับความคลาดเคลื่อนสูงกว่าระบบเปียกมาก ดังนั้นผลกระทบจากความเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการก่อสร้างจึงจะมีผลกระทบกับรอยต่อระบบแห้งมากกว่าระบบเปียก หรือจะสรุปในอีกมุมมองหนึ่งได้ว่ารอยต่อระบบเปียกจะมีความยืดหยุ่นและรองรับความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นได้มากกว่าระบบแห้ง

- การตัดสินใจเลือกใช้ประเภทรอยต่อสำหรับโครงการลักษณะเดียวกัน

การแบ่งประเภทของรอยต่อสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ ดังนั้นในการพิจารณาตัดสินใจที่เลือกใช้ระบบใดๆ นั้นสามารถอธิบายได้เป็น 2 ประเด็นหลัก ดังต่อไปนี้

- <u>รอยต่อส่วนที่ไม่จำเป็นต้องป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าสู่อาคาร</u>

รอยต่อประเภทที่ไม่จำเป็นต้องป้องกันน้ำหรือฝนจากภายนอกเข้าสู่อาคารโดยมากจะเป็นรอยต่อที่อยู่ภายในตัวอาคาร หรือถ้าเป็นภายนอกก็จะเป็นรอยต่อในตำแหน่งที่จะไม่โดนน้ำหรือฝนโดยตรง เช่นอยู่ใต้ชายคา หรือ มีบัวหรือวัสดุชนิดอื่นมาปิดคลุมทับอีกชั้นหนึ่ง **<u>ซึ่งวิธีที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรอยต่อประเภทนี้คือการเก็บด้วยระบบเปียกแบบปูนทราย</u>** (Wet joints **<u>โดยใช้ปูนทราย</u>** Mortar)

- <u>รอยต่อส่วนที่จำเป็นต้องป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าสู่อาคาร</u>

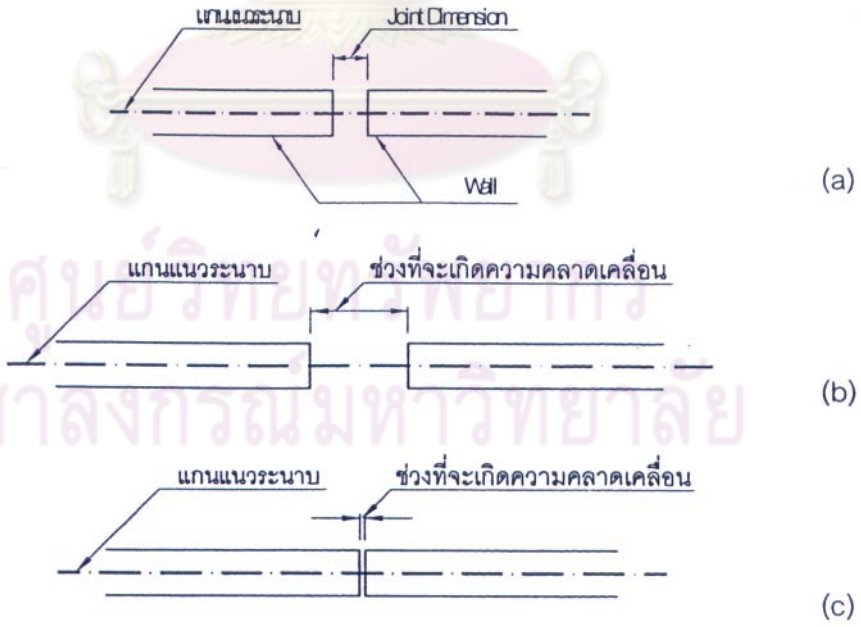
รอยต่อประเภทที่จำเป็นต้องป้องกันน้ำหรือฝนจากภายนอกเข้าสู่อาคารโดยมากจะเป็นรอยต่อในตำแหน่งริมรอบนอกอาคารที่มีโอกาสโดนน้ำหรือฝนโดยทางตรงซึ่งเป็นสาเหตุให้ความชื้นจากภายนอกสามารถเข้ามาสู่ภายในอาคารได้

วิธีที่เหมาะสมสำหรับรอยต่อประเภทนี้มีด้วยกัน 2 วิธี คือการใช้ระบบรอยต่อแบบแห้งและการใช้ระบบรอยต่อแบบเปียก ทั้งนี้จากการที่ผู้ที่เคยวิจัยไว้ได้ทำการศึกษาจากกรณีศึกษาทั้ง 2 ระบบ สามารถสรุปได้ว่า**การเก็บรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับอาคารในลักษณะเดียวกันกับที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (อาคารระดับเตี้ยที่สามารถตั้งนั่งร้านในการทำงานได้) ระบบเปียก มีความได้เปรียบและเหมาะสมกว่าระบบแห้ง**

- ความคลาดเคลื่อนที่มีผลกระทบกับรอยต่อทั้ง 2 ระบบ

ความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นในช่วงของระหว่างการก่อสร้างจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับระบบรอยต่อที่โครงการเลือกใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดไว้ตั้งแต่แรกในขั้นตอนของการออกแบบ ซึ่งในช่วงขั้นตอนของการออกแบบมีสิ่งที่จำเป็นที่จะต้องนำมาพิจารณาควบคู่ไปด้วยกันเพื่อใช้เป็นส่วนช่วยในการกำหนดขนาดของรอยต่อก็คือค่าความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นจากทั้ง 3 ปัจจัย (การผลิต Manufacturing Tolerances , การกำหนดระยะระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Setting-out Tolerance) และการติดตั้ง (Erection Tolerance)) ในช่วงทั้งหมดของการก่อสร้าง (หมายความถึงรวมตั้งแต่การผลิตจนแล้วเสร็จโครงการ) ซึ่งจากการที่ผู้ที่เคยได้วิจัยไว้ได้เข้าสังเกตการณ์และเก็บข้อมูลนำมาวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าความคลาดเคลื่อนจากการติดตั้ง เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบกับรอยต่อ มากที่สุด โดยเฉพาะกับรอยต่อระบบแห้ง ซึ่งผู้วิจัยสามารถแบ่งความคลาดเคลื่อนจากการติดตั้ง ออกเป็น 2 ประเภทย่อยๆ คือ

1. ความคลาดเคลื่อนตามแกนแนวระนาบ ซึ่งหมายถึงความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นตามแกนนอน (ด้านยาว) ของขนาดวัตถุ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อรอยต่อแบบแนวตั้ง (Vertical joints) เพียงแนวเดียว



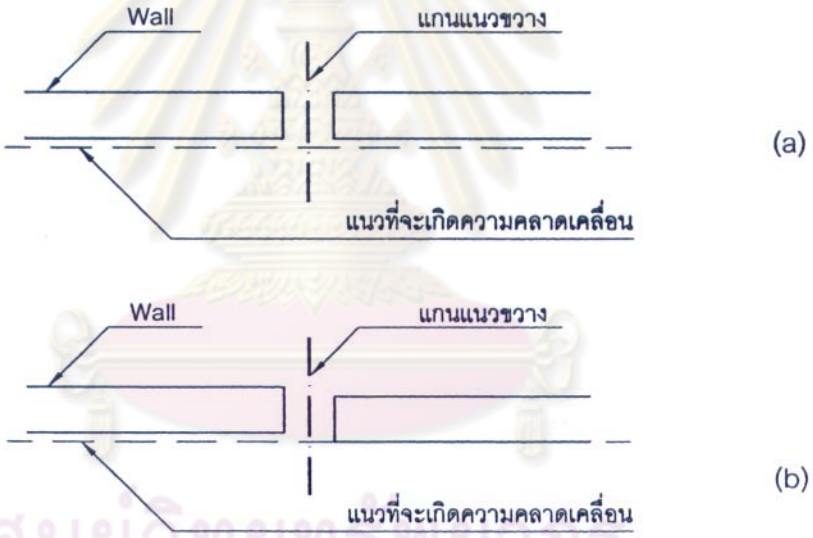
รูปภาพที่ 2.36 แสดงลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ

(a) ลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ

(b) ลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จที่มีความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ (ทำให้ร่องรอยต่อใหญ่ขึ้น)

(c) ลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จที่มีความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ (ทำให้ร่องรอยต่อเล็กลง)

2. ความคลาดเคลื่อนตามแกนแนวขวาง ซึ่งหมายถึงความคลาดเคลื่อนที่ที่จะเกิดขึ้นตามแกนขวาง (ด้านกว้าง) ของขนาดวัตถุ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อรอยต่อทั้งแบบแนวตั้ง (Vertical joints) และรอยต่อแบบแนวนอน (Horizontal joints)



รูปภาพที่ 2.37 แสดงลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับความคลาดเคลื่อนตามแนวขวาง

(a) ลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนตามแนวขวาง

(b) ลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จที่มีความคลาดเคลื่อนตามแนวขวาง (ทำให้ผนังเหลื่อมกัน)

- ความคลาดเคลื่อนที่มีผลกระทบกับรอยต่อระบบแห้ง

ขนาดของรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปที่ได้ทำการออกแบบไว้คือ 10 มม. ค่าความคลาดเคลื่อนแนวแกนตั้ง อยู่ที่ 3 - 5 มม. ค่าความคลาดเคลื่อนแนวแกนนอน อยู่ที่ 3 – 5 มม. ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวเกิดจากการผลิต การกำหนดระยะระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปและติดตั้ง

แต่ความคลาดเคลื่อนตามแนวนอนส่วนมากจะเกิดจากการติดตั้งที่มีสาเหตุมาจากความผิดพลาดของบุคคล (Human error) การแก้ไขความคลาดเคลื่อนของขนาดรอยต่อดังกล่าวจะใช้การเพิ่มขนาดของโฟม (Backing Rod) ให้มีขนาดที่เหมาะสมตามขนาดของร่องรอยต่อ ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนทำให้ร่องรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถใส่โฟม ได้ก็จะทำการแก้ไขด้วยการเจียด้วยลูกหมูเพื่อขยายให้ร่องรอยต่อมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นพอที่จะใส่โฟมได้

ในกรณีที่ที่ค่าความคลาดเคลื่อนทำให้ร่องรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีขนาดใหญ่มากจนไม่สามารถใส่โฟม ขนาดใหญ่ได้ (ขนาดใหญ่ที่สุดที่ใช้ในโครงการคือ 2.5 มม.) ก็จะต้องทำการเก็บแต่งขอบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้มีขนาดพอเหมาะจากนั้นจึงทำการใส่โฟม และทำตามขั้นตอนต่อไป

ความคลาดเคลื่อนที่ได้กล่าวแล้วในข้างต้นจะเป็นความคลาดเคลื่อนตามแกนแนวระนาบ (ที่มีผลต่อขนาดร่องรอยต่อ) แต่ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนตามแกนแนวขวางอีกลักษณะหนึ่งที่เป็นปัญหาต่อการเก็บรอยต่อด้วยระบบแห้ง เพราะความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้จะส่งผลให้ชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปที่อยู่ระหว่างรอยต่อนั้นๆ เกิดลักษณะเหลื่อมกัน ซึ่งการแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำได้โดยฉาบแต่งปรับระนาบของผิวชิ้นส่วนสำเร็จรูป (ขั้นตอนที่ 1 – 5) เป็นขั้นตอนที่ต้องทำเพื่อปรับระนาบของชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปทั้ง 2 ชิ้นให้ได้ระนาบ ในส่วนของขนาดที่จะต้องทำการฉาบปรับระนาบผนังนั้นจะขึ้นอยู่กับความคลาดเคลื่อนเป็นหลัก ถ้ากรณีที่ความคลาดเคลื่อนตามแกนแนวขวางเกิดขึ้นมาก็จะต้องใช้พื้นที่ในการเก็บระนาบที่มากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งขั้นตอนในการแต่งผิวดังกล่าวจะทำให้ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังไม่สามารถควบคุมเวลาในการทำงานได้ชัดเจน เพราะต้องขึ้นอยู่กับสภาพหน้างานเป็นหลัก

รูปภาพที่ 2.38 แสดงชิ้นส่วนผนังสำเร็จ 2 ชิ้น ที่มีความคลาดเคลื่อนตามแกนแนวขวางจากการติดตั้งซึ่งส่งผลให้ผนังไม่ได้แนวระนาบกัน

- สรุปขนาดที่เหมาะสมกับรอยต่อระบบแห้ง

ขนาดที่เหมาะสมของประเภทรอยต่อระบบแห้ง สำหรับโครงการประเภทเดียวกันกับที่ใช้เป็นกรณีศึกษาควรจะมีขนาดของความกว้าง ต่อ ความลึกในสัดส่วนอัตรา 1 ต่อ 1 และขนาดที่เหมาะสมสำหรับรอยต่อประเภทนี้คือขนาดความกว้าง 10 มม. และลึกเป็น 10 มม. ซึ่งเป็นสามารถแสดงข้อดีของขนาดดังกล่าวออกเป็นข้อๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. เป็นขนาดที่สัมพันธ์กับขนาดของโฟม ที่มีขายตามท้องตลาด (ขนาดของโฟม (Backing Rod) ที่มีขายตามท้องตลาดคือ 6, 10, 15, 20, 25 มม. ฯลฯ)

2. เป็นขนาดที่เหมาะสมสามารถรองรับความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดหรือออกแบบไว้ข้างต้นได้

3. ไม่สิ้นเปลืองวัสดุ

4. เป็นขนาดที่เหมาะสมต่อการทำงานเนื่องจากช่วงจังหวะของการยิง (บีบหรือกด) วัสดุด้วยอุปกรณ์การบีบอัด จะมีปริมาณของวัสดุออกมาในสัดส่วนที่เหมาะสม

5. เหมาะสมต่อการเซ็ต (Set) ตัวของวัสดุ (แห้งภายในเวลา 2 – 3 ชม. ตามข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ)

หมายเหตุ: ขนาดของร่องรอยต่อขนาดเล็กที่สุดที่สามารถทำได้คือ 6 มม. (เพราะเป็นขนาดเล็กที่สุดของที่มีขายในท้องตลาด) และถ้าจะใช้ร่องรอยต่อที่ใหญ่ก็จะสิ้นเปลืองวัสดุและเสียเวลาในการรอการเซ็ต (Set) ตัวของวัสดุอีกทั้งยังเห็นรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปชัดเจนมากขึ้นอีกด้วย

- ความคลาดเคลื่อนที่มีผลกระทบกับรอยต่อระบบเปียก

ขนาดของรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปที่บริษัทได้ทำการออกแบบไว้คือ 100 มม. ค่าความคลาดเคลื่อนแนวแกนตั้ง อยู่ที่ 10 มม. ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวเกิดจากการผลิต การกำหนดระยะระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปและติดตั้ง ซึ่งมีผลต่อขนาดของร่องรอยต่อโดยตรง แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเป็นเพียงแค่ 10% ของขนาดร่องรอยต่อ จึงทำให้แม้จะเกิดความคลาดเคลื่อนสูงสุดตามที่ออกแบบไว้ก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อการเก็บรอยต่อระบบเปียก มากนักจนส่งผลต่อค่าใช้จ่ายหรือเวลาในการทำงาน ส่วนความคลาดเคลื่อนที่ตามแกนแนวขวางที่เกิดขึ้นก็จะทำการปรับแก้ไปในขั้นตอนเดียวของการฉาบแต่งผิวหลังจากการเทคอนกรีตเก็บรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปแล้วเสร็จ ซึ่งจากขนาดของรอยต่อที่กำหนดไว้ 10 ซม. ถือเป็นขนาดที่ใหญ่พอสำหรับรองรับความคลาดเคลื่อนตามแกนแนวขวางจากการติดตั้งได้

- สรุปขนาดที่เหมาะสมกับรอยต่อระบบเปียก

ขนาดที่เหมาะสมของประเภทรอยต่อระบบเปียก สำหรับโครงการประเภทเดียวกันกับที่ใช้เป็นกรณีศึกษาควรจะมีขนาดของความกว้างเท่ากับหรือน้อยกว่าขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปซึ่งสามารถแสดงข้อดีของขนาดดังกล่าวได้ดังต่อไปนี้

1. เมื่อชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปมาชนกันแบบ 3 หรือ 4 แกน สามารถเก็บรอยต่อได้โดยไม่ต้องเข้าไม้แบบ
2. ไม่สิ้นเปลืองวัสดุเพราะเป็นขนาดเล็กที่สุดที่สามารถทำงานได้สะดวก
3. เป็นขนาดที่เพียงพอสำหรับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากการผลิตและการติดตั้ง

2.6.4 เปรียบเทียบข้อเด่นข้อด้อยของทั้ง 2 ระบบ

ตารางที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อด้อยของรอยต่อทั้ง 2 ระบบ

ลำดับ	ระบบรอยต่อแบบแห้ง	ระบบรอยต่อแบบเปียก
	ข้อดีของทั้ง 2 ระบบ	
1	วัสดุมีความยืดหยุ่นสูง	อายุการใช้งานพอๆ กับอายุของชิ้นส่วนสำเร็จรูป (นาน)
2	คุณภาพของวัสดุได้มาตรฐานสามารถนำมาใช้งานได้สะดวก	เมื่อทาสีแล้วดูกลมกลืนกับชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูป
3	คุณสมบัติของวัสดุสามารถป้องกันน้ำได้ดี	รองรับความคลาดเคลื่อนจากการผลิตและการติดตั้งได้มาก
4		เมื่อเกิดความคลาดเคลื่อนจะไม่กระทบต่อต้นทุนมากนัก
5		ไม่จำเป็นต้องใช้แบบเหล็กกั้นข้าง (Siding Mold) ที่มีคุณภาพสูง
	ข้อด้อยของทั้ง 2 ระบบ	
1	รับประกันอายุวัสดุ 5 ปี อายุการใช้งานเฉลี่ย 10 ปี (น้อย)	
2	เมื่อทาสีแล้วสีเพี้ยน (เข้มกว่า) ไม่กลมกลืนกับสีผนัง	คุณภาพของวัสดุไม่คงที่ การใช้งานค่อนข้างยุ่งยาก
3	รองรอบความคลาดเคลื่อนจากการผลิตและติดตั้งได้น้อย	
4	เมื่อเกิดความคลาดเคลื่อนจะกระทบต่อต้นทุนง่าย	
5	ใช้เวลาในการทำงานแต่ละจุดไม่แน่นอน เพราะชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการติดตั้งไม่เหมือนกัน	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับ	ระบบรอยต่อแบบแห้ง	ระบบรอยต่อแบบเปียก
	ข้อดีของทั้ง 2 ระบบ	
6	ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากการติดตั้งในแนวขวางผนังค่อนข้างยาก (เนื่องจากขนาดร่องรอยต่อมีขนาดเล็ก 0.01 ม.)	
7	การทำงานในแต่ละจุดมีความยุ่งยากซับซ้อนต่างกัน	
	ข้อจำกัดของทั้ง 2 ระบบ	
1	ต้องระวังขอบชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ให้เกิดเสียหายก่อนการเก็บรอยต่อ	คุณสมบัติวัสดุของรอยต่อและชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะหดตัวต่างกันและเป็นสาเหตุของการรั่วซึม
2	ต้องใช้วัสดุให้หมดภายในระยะเวลาที่กำหนด	วัสดุมีความยืดหยุ่นน้อย
3	ในช่วงของการกองเก็บต้องระวังเรื่องการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุที่มีผลจากอุณหภูมิ	ไม่เหมาะที่จะทำงานช่วงฤดูฝน
4	จำเป็นต้องใช้แบบเหล็กกั้นข้าง (Siding Mold) ที่มีคุณภาพสูงเพื่อควบคุมคุณภาพของบริเวณขอบด้านข้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป	
5	ไม่เหมาะที่จะทำงานช่วงฤดูฝน	

2.6.5 ผลกระทบของรอยต่อทั้ง 2 ระบบ

- ผลกระทบของรอยต่อระบบแห้ง

จากการที่ใช้ระบบรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปรอบนอกของอาคารเป็นแบบแห้ง ซึ่งมีผลต่อความเรียบร้อยและความกลมกลืนขั้นสุดท้ายของงานในหลายๆ ด้าน เนื่องจากความแตกต่างทางด้านคุณสมบัติของวัสดุระหว่างผนังชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปที่เป็นคอนกรีตกับวัสดุอุดรอยต่อประเภทโพลียูลีเทน (Polyurethane) จึงส่งผลให้สีของผนังตามแนวรอยต่อจะเข้มกว่าสีของผิวผนังคอนกรีต (หลังจากที่ทาสีภายนอกแล้ว) และมีความเรียบไม่เสมอกับแนวระนาบของผิวผนังโดยจะมีลักษณะบุ๋มเข้าหรือปูดนูนออกมาบ้าง (ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ประมาณ 2 มม.) อีกทั้งในบางกรณีที่ชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปมีขนาดคลาดเคลื่อนไปจากแบบก็จะส่งผลให้ขนาดของร่องยาแนวจะกว้างหรือแคบกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ± 10 มม. (ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของรอยต่อแนวแกนตั้งอยู่ที่ 5 มม. ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของรอยต่อแนวแหนนอนอยู่ที่ 10 มม.)

- ผลกระทบของรอยต่อระบบเปียก

จากการที่ใช้ระบบรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปรอบนอกของอาคารเป็นแบบเปียก ซึ่งผลให้พื้นผิวอาคารรอบนอกมีความเรียบร้อยสม่ำเสมอจึงทำให้สีของอาคารภายนอก

ระหว่างชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปกับรอยต่อระหว่างอาคารก็มีความกลมกลืนกัน เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุผนังชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับวัสดุที่ใช้อุดรอยต่อเป็นเนื้อเดียวกัน (ผิวหน้าเป็นวัสดุชนิดเดียวกันเพราะการฉาบทับอีกที) แต่ความเรียบของการฉาบหรือแต่งผิวคอนกรีตด้วยปูนแต่งผิวนั้นก็ยังให้ความเรียบแตกต่างไปจากผิวของคอนกรีตที่ทำการขัดมันในขั้นตอนของการผลิตอยู่บ้าง

2.6.6 เกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้ระบบรอยต่อ

จากการสังเกตการณ์ เก็บข้อมูลและวิเคราะห์เกี่ยวกับระบบรอยต่อ ของทั้ง 2 ระบบที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยสามารถสรุปเกณฑ์ที่จำเป็นจะต้องพิจารณาก่อนการตัดสินใจที่จะเลือกใช้ระบบใดๆ โดยจะแยกออกเป็น 3 ประเภทดังต่อไปนี้

1. เกณฑ์ในการพิจารณาสำหรับผู้ประกอบ (เจ้าของโครงการ)

จากผลของงานวิจัยตามที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาทั้งในด้านของต้นทุนเวลาและเทคนิคในการทำงาน ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ระหว่างการก่อสร้างรวมทั้งข้อดีและข้อเสียของทั้ง 2 ระบบผู้ที่วิจัยไว้จึงแนะนำให้พิจารณาเลือกรอยต่อระบบเปียกมาใช้กับโครงการจะเหมาะสมกว่าระบบแห้ง

2. เกณฑ์ในการพิจารณาสำหรับผู้รับเหมา

จากผลของงานวิจัยตามที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาทั้งในด้านของต้นทุน เวลาและเทคนิคในการทำงาน ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ระหว่างการก่อสร้างรวมทั้งข้อดีและข้อเสียของทั้ง 2 ระบบ ผู้วิจัยแนะนำให้พิจารณาเลือกใช้ระบบที่ตนเองมีความคุ้นเคย และมีพร้อมในการทำงานอีกทั้งความพร้อมในด้านของช่างฝีมือและวัสดุอุปกรณ์เป็นสำคัญ

3. เกณฑ์ในการพิจารณาสำหรับผู้ที่จะพัฒนาตนเองไปเป็นผู้รับเหมา

จากผลของงานวิจัยตามที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาทั้งในด้านของต้นทุน เวลาและเทคนิคในการทำงาน ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ระหว่างการก่อสร้างรวมทั้งข้อดีและข้อเสียของทั้ง 2 ระบบแสดงให้เห็นชัดว่าความแตกต่างทางด้านต้นทุนไม่ได้เป็นปัจจัยเดียวหรือเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการที่จะพิจารณาเลือกใช้ระบบรอยต่อประเภทใดๆ แต่ปัจจัยที่สำคัญก็คือความพร้อมในด้านต่างๆ อย่างที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ดังนั้นในส่วนของผู้ที่จะพัฒนาตนเองไปเป็นผู้รับเหมาควรพิจารณาเป็นสำคัญก็คือประเภทของอาคารที่ตนเองจะรับเหมาเป็นส่วนใหญ่เพราะถ้าประเภทอาคารที่จับเหมาแตกต่างจากประเภทอาคารที่ผู้วิจัยใช้เป็นกรณีศึกษา วิธีการเก็บรอยต่อระบบเปียกก็อาจจะไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมก็เป็นได้ แต่ถ้าประเภทอาคารที่จะรับเหมาส่วนใหญ่มีแนวโน้มเป็นประเภทเดียวกันกับที่

ผู้วิจัยใช้เป็นกรณีศึกษาผู้วิจัยก็แนะนำให้พิจารณาเลือกรอยต่อระบบเปียกน่าจะมีความเหมาะสมกว่า

ในกรณีที่ผู้ประกอบการสนใจที่จะใช้ระบบรอยต่อระบบแห้งกับรอยต่อที่ต้องป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ความประณีตในทุกๆ ขั้นตอนและพยายามลดหรือควบคุมความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นให้ได้เพื่อลดกระบวนการและขั้นตอนการปรับแต่งแก้ไขร่องรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่หน้างานให้ได้มากที่สุด ซึ่งสามารถแยกหัวข้อที่ควรให้ความสำคัญเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1). ใช้อุปกรณ์ดี หมายถึง จะต้องใช้แบบกั้นข้าง (Siding mold) ที่ดีเพื่อให้ได้ผิวด้านข้างของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ดี

2). ผลิตดี หมายถึง จะต้องมีกระบวนการระหว่างผลิตที่ดี เช่นการใช้คอนกรีตสดที่มีคุณภาพและมีกระบวนการทำงานที่ดี (จี้ปูน) เพื่อให้มวลของคอนกรีตไม่รวมตัวกันแน่นเกินไปจนเกิดตามดที่ผิวคอนกรีต

3). กองเก็บดี เพื่อลดปัญหาขอบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเกิดการแตกร้าวหรือบิ่น

4). ขนส่งดี เพื่อลดปัญหาขอบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเกิดการแตกร้าวหรือบิ่น

5). ติดตั้งดี เพื่อให้ผนังได้แนวได้ระนาบ

ในกระบวนการดังที่กล่าวมาข้างต้นขั้นตอนที่สำคัญและควรใส่ใจเป็นอย่างมากคือขั้นตอนของการติดตั้งเพื่อป้องกันความเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นในขั้นตอนดังกล่าว (ขั้นตอนที่ 1 – 5 ของกระบวนการผลิตตามที่ได้เสนอไว้ข้างต้น) โดยเฉพาะความคลาดเคลื่อนของชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปในแนวขวางแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จำทำให้ชิ้นส่วนมีลักษณะเหลื่อมกันและไม่เรียบ เพราะตรงจุดนี้จะแก้ไขได้ยากกว่าความคลาดเคลื่อนของขนาดร่องรอยต่อ อีกทั้งการแก้ไขความผิดพลาดในลักษณะดังกล่าวทำให้กระบวนการเก็บรอยต่อระบบแห้ง นั้นยุ่งยากเสียเวลาและค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอย่างไม่จำเป็น

2.6.7 ส่วนเสนอแนะ

- ข้อเสนอแนะด้านการออกแบบชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูป

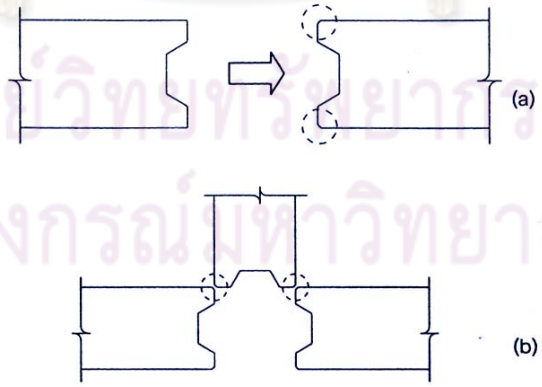
ในการออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับอาคารที่จะต้องใช้การก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนัก จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงรอยต่อ ระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้มากเนื่องจากบริเวณรอยต่อของอาคารเป็นตำแหน่งที่มีความเปราะบางและเสี่ยงต่อการรั่วซึมของน้ำจากภายนอกเข้าสู่ภายในตัวอาคาร อีกทั้งยังเป็นตัวแปรสำคัญในเรื่องค่าใช้จ่ายและเวลาในการก่อสร้าง ดังนั้นจากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตัวอย่างอาคาร (ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา) ที่ผู้รับเหมามีแนวคิดใน

การออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ต่างกัน จึงทำให้ได้เห็นข้อเด่นข้อด้อยของแต่ละแบบซึ่งพอจะสรุปเป็นแนวทางในการออกแบบได้เป็นข้อๆดังต่อไปนี้

1. ควรจะออกแบบให้คานชั้นล่างและผนังชั้นล่างเป็นชิ้นเดียวกัน
2. ควรออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ (ต้องพิจารณาขนาดของเครื่องจักรที่จะต้องใช้ในการติดตั้งควบคู่ไปด้วย)เพื่อลดจำนวนรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปลงให้ได้มากที่สุด
3. ควรออกแบบผนังให้มีส่วนเว้าเพื่อกันการไหลย้อนของน้ำจากภายนอกเข้าสู่ภายในตัวอาคาร

รูปภาพที่ 2.39 แสดงลักษณะของชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปที่มีส่วนเว้าเพื่อกันการไหลย้อนของน้ำ

4. ควรออกลบมุมชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปเพื่อลดการแตกบิ่น (หลีกเลี่ยง Sharp angle) และเพิ่มความคลาดเคลื่อนในกรณีที่ผนังเข้ามุมแบบ 3 – 4 ทาง



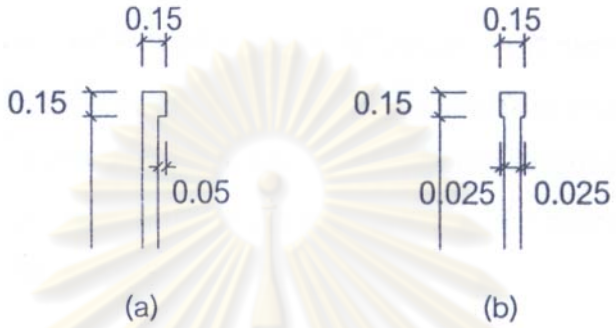
รูปภาพที่ 2.40 แสดงลักษณะของชิ้นส่วนผนังสำเร็จที่ลบมุม

(a) ลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ลบมุมเพื่อลดการแตกบิ่น

(b) ลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ลดมุมเพื่อเพิ่มความคลาดเคลื่อนในกรณีที่ผนังเข้ามุมแบบ 3 – 4 ทาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ในการออกแบบผนังชั้นล่างควรออกแบบให้ปลายด้านบน (ที่ใช้รับผนังชั้นบน) มีหูช้าง (คานขนาดเล็ก) สำหรับรับพื้นสำเร็จรูปชั้นบนด้วย (เพื่อช่วยเรื่องความคลาดเคลื่อนจากการติดตั้งพื้นชั้นบนได้)



รูปภาพที่ 2.41 แสดงลักษณะปลายด้านบนของผนังชั้นล่างที่มีหูช้าง (คานขนาดเล็ก) สำหรับรับพื้นสำเร็จรูปชั้นบน

(a) ลักษณะของผนังที่อยู่ในตำแหน่งแนวริมอาคาร

(b) ลักษณะของผนังที่อยู่ในตำแหน่งภายในทำหน้าที่กั้นระหว่างห้องต่าง

2.7 การศึกษาอาคารตัวอย่างของระบบประสานทางพิกัด

ชื่อเจ้าของโครงการ	: บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ; SCG ร่วมกับ เซกิซุย เคมิคอล จำกัด ; Sekizui Chemical co.,ltd.
ประเภทโครงการ	: Housing Business
ขนาดโครงการ	: บ้านเดี่ยว 2 ชั้น 350 ตร.ม.
ระยะเวลาการก่อสร้าง	: 3 เดือน
ระบบการก่อสร้าง	: Technology Modular Box
	: การก่อสร้างระบบเสา-คานเหล็กสำเร็จรูป
ระดับราคาขาย	: 25,000-35,000 บาท/ตร.ม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปภาพที่ 2.42 แสดงแบบแปลนชั้นล่าง

ที่มา: จากการสำรวจ

รูปภาพที่ 2.43 แสดงแบบแปลนชั้นบน

ที่มา: จากการสำรวจ

รูปภาพที่ 2.44 แสดงทัศนียภาพภายนอก

ที่มา: จากการสำรวจ

2.7.1 ลักษณะและรูปแบบการวางผังอาคาร

รูปแบบของอาคารตัวอย่างนี้ได้นำเทคโนโลยีการก่อสร้างและวัสดุการก่อสร้างทั้งหมดมาจากประเทศญี่ปุ่น ยกเว้นวัสดุการตกแต่งภายใน เช่น กระเบื้อง, ฝ้าเพดาน, ดวงโคม และงานเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

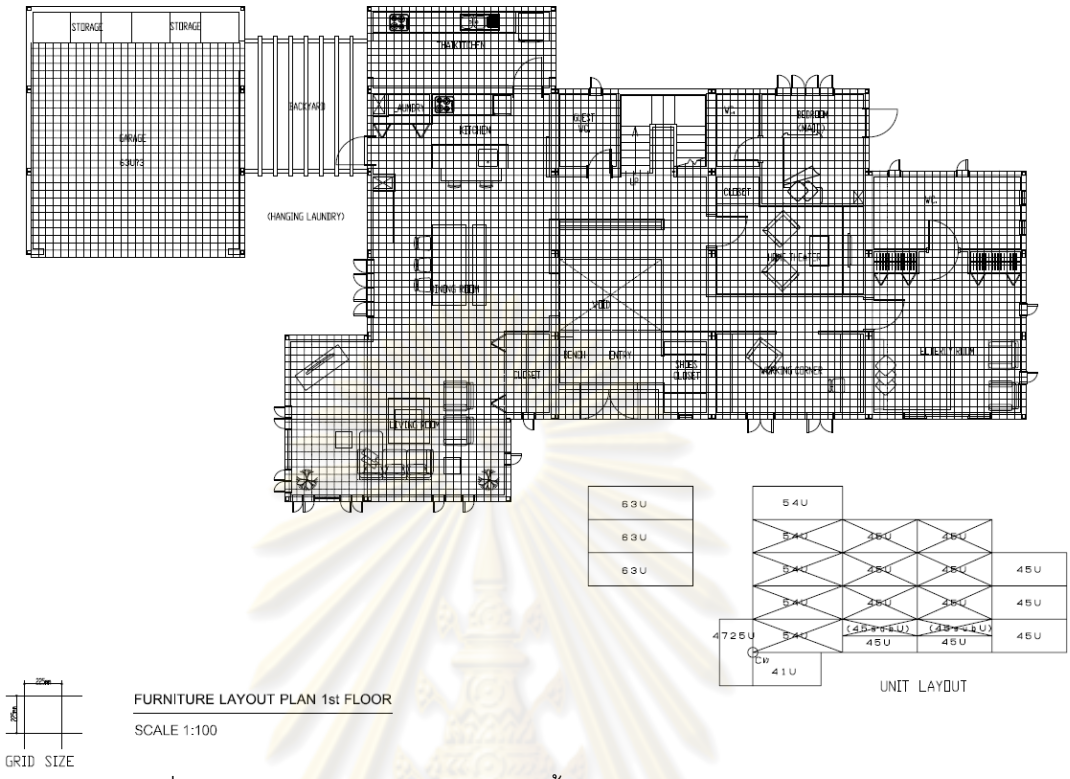
การวางผังอาคารของอาคารตัวอย่างนี้เป็นการวางผังอาคารโดยใช้ตารางพิกัดแบบต่อเนื่องตลอดทั้งตัวอาอาคาร โดยใช้หน่วยพิกัดมูลฐาน M = 450 มม. ซึ่งมาจากมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาแล้วข้างต้น ซึ่งมาตรฐานนี้ทางประเทศญี่ปุ่นกำหนดหน่วยพิกัดมูลฐานมาจากทาง พิกัดในงานก่อสร้างอาคารของญี่ปุ่นใช้ขนาดของ “เสื่อตาตามิ” เป็นพิกัดมูลฐานมาแต่โบราณ ซึ่งขนาดของ “เสื่อตาตามิ” มีขนาด 900 x 1800 มม. ซึ่งถ้าหารด้วย 450 มม. จะลงตัวพอดี เป็นวัสดุการใช้งานนำมากรุทั้ง พื้น ผนัง และฝ้าเพดาน

รูปภาพที่ 2.45 แสดงรูปแบบของ “ เสื่อตาตามิ ”

ซึ่งลักษณะและขนาดของ ของอาคารตัวอย่างนี้ ได้มีการกำหนดมาตรฐาน ด้านกว้างจะมีขนาดเท่ากันหมดที่ 2 เมตร ส่วนด้านยาวจะกำหนดขนาดเป็นมาตรฐานที่ 45U = 4.50 เมตร, 54U = 5.40 เมตร และ 63U = 6.30 เมตร ตามลำดับ จะมีขนาดย่อยเล็กรองลงมาก็จะให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนด แต่ทั้งนี้ก็จะมีข้อกำหนดที่บังคับที่

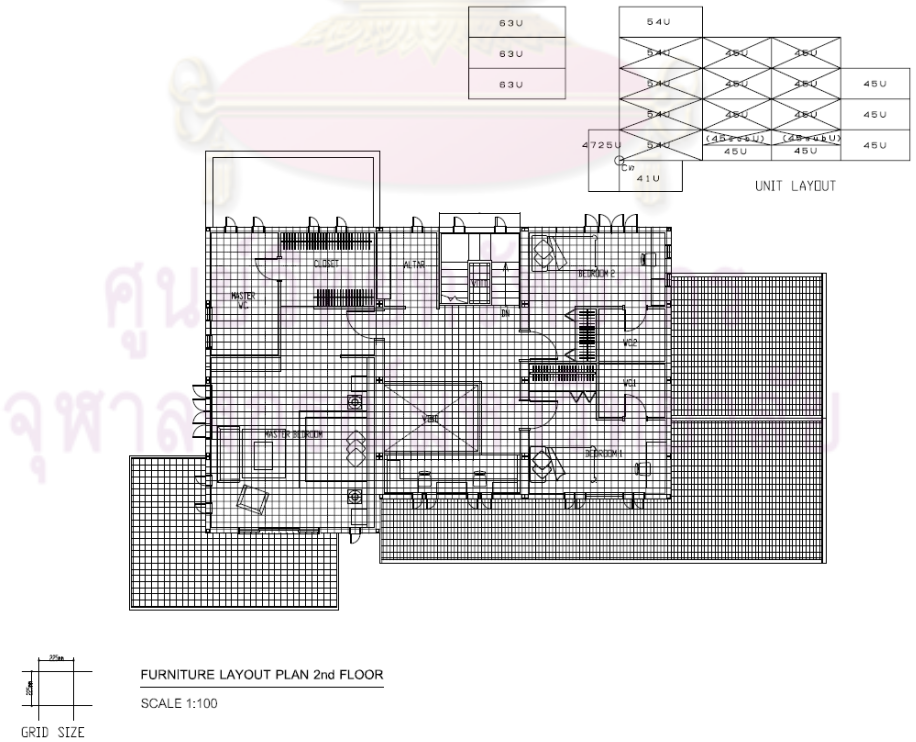
หน่วยพิกัดมูลฐาน = 450 มม. เป็นหลัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปภาพที่ 2.46 แสดงการวางผังอาคารตัวอย่างชั้นล่างโดยใช้หน่วยพิกัดมูลฐาน = 450 มม.

ที่มา: จากการสำรวจ



รูปภาพที่ 2.47 แสดงการวางผังอาคารตัวอย่างชั้นบนโดยใช้หน่วยพิกัดมูลฐาน = 450 มม.

ที่มา: จากการสำรวจ

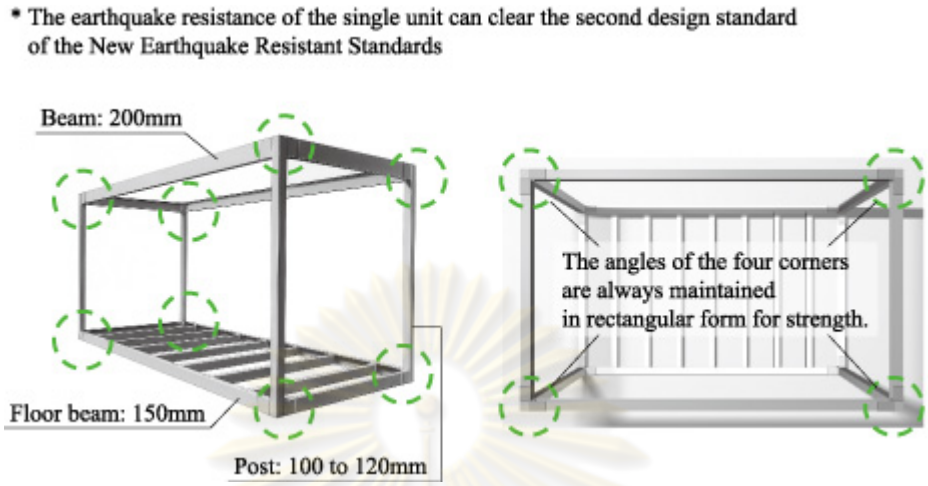
2.7.2 ลักษณะและรูปแบบการก่อสร้าง

ดังที่กล่าวมาข้างต้นว่ารูปแบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่างได้นำเทคโนโลยีการก่อสร้างมาจากญี่ปุ่นเป็นหลัก ซึ่งระบบการก่อสร้างเป็นระบบ เป็นโครงสร้างเหล็กประกอบกันในลักษณะเป็น Frame Box จากโรงงานกรุวัสดุกรุผนัง วัสดุประตู-หน้าต่าง วางระบบท่อภายในให้แล้วเสร็จจากโรงงาน แล้วจึงนำมาติดตั้งที่ตำแหน่งของตัวอาคาร คงเหลือเฉพาะแค่งานพื้นปูกระเบื้อง และงานเก็บขอบผนังเท่านั้น

ส่วนการเตรียมงานหน้างานก็จะตอกเข็ม วางตอม่อฐานรากอาคาร วางตำแหน่งการยึดด้วยเดือยเหล็ก ขั้นตอนนี้ต้องมีความละเอียดห้ามคลาดเคลื่อน เพราะมีค่าความคลาดเคลื่อนของเดือยยึด Frame Box แค่ 1 มม. เท่านั้น

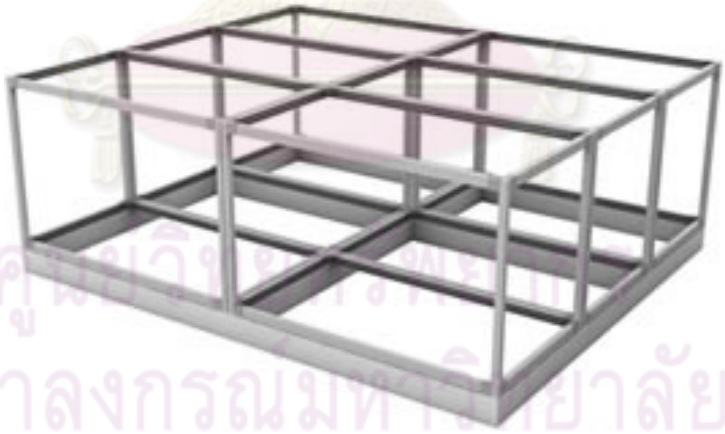
รูปภาพที่ 2.48 แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง

ที่มา: จากการสำรวจ



รูปภาพที่ 2.49 แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง

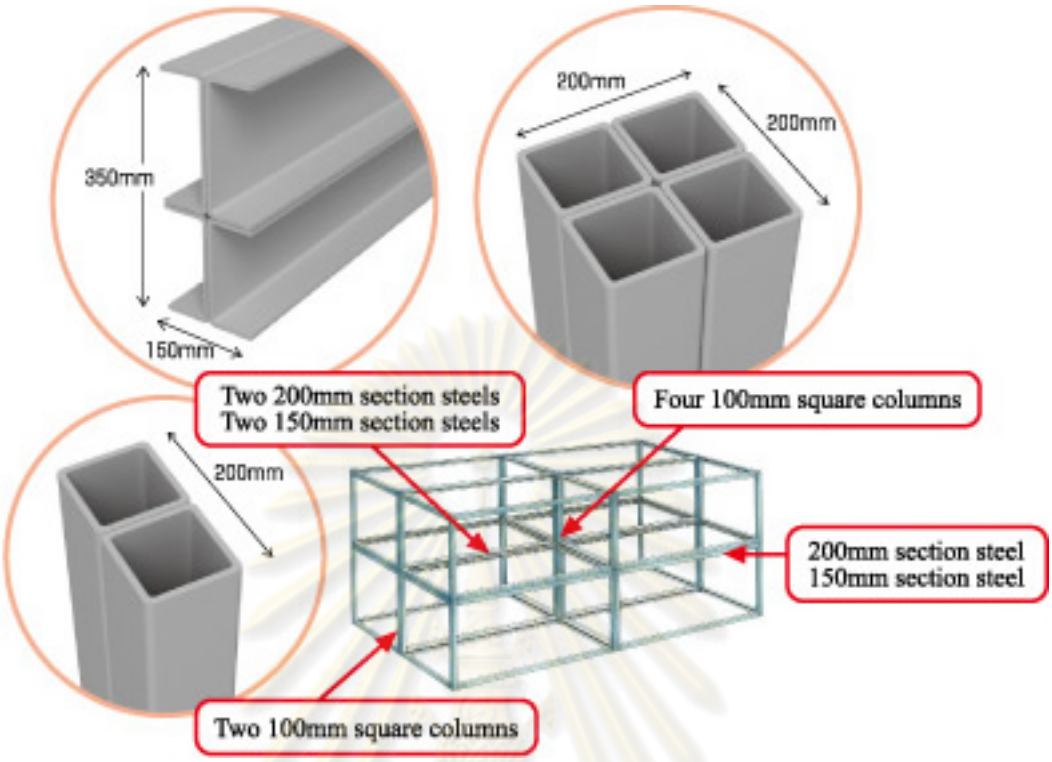
ที่มา: www.nrcan.gc.ca



รูปภาพที่ 2.50 แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง

ที่มา: www.nrcan.gc.ca

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปภาพที่ 2.51 แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง

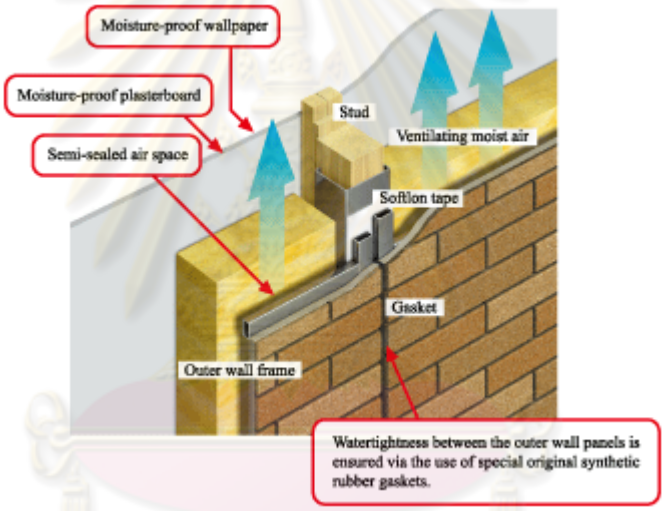
ที่มา: www.nrcan.gc.ca

รูปภาพที่ 2.52 แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง

ที่มา: จากการสำรวจ

รูปภาพที่ 2.53 แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง

ที่มา: จากการสำรวจ



รูปภาพที่ 2.54 แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง

ที่มา: www.nrcan.gc.ca

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปภาพที่ 2.55 แสดงระบบการก่อสร้างอาคารตัวอย่าง

ที่มา: จากการสำรวจ

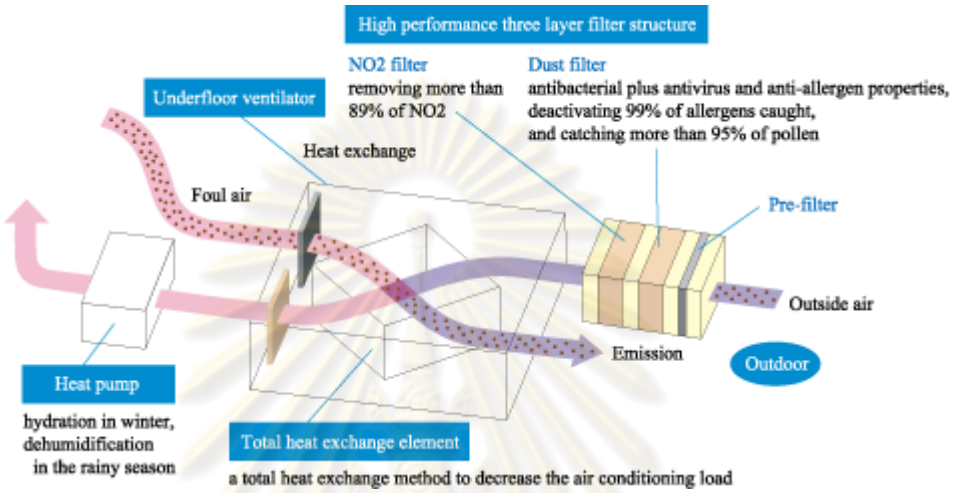
รูปภาพที่ 2.56 แสดงรายละเอียดของอาคารตัวอย่าง

ที่มา: จากการสำรวจ

รูปภาพที่ 2.57 แสดงรายละเอียดของอาคารตัวอย่าง
ที่มา: จากการสำรวจ

รูปภาพที่ 2.58 แสดงรายละเอียดของอาคารตัวอย่าง
ที่มา: จากการสำรวจ

นอกจากระบบการก่อสร้างที่นำมาจากประเทศญี่ปุ่นแล้ว ระบบที่น่าสนใจอีกอย่างก็คือ ระบบการหมุนเวียนอากาศภายในอาคาร (Air Factory) ซึ่งทำให้การหมุนเวียนภายในอาคารดีขึ้น แม้ว่าจะปิดหน้าต่างและประตู



รูปภาพที่ 2.59 แสดงระบบหมุนเวียนอากาศภายในอาคาร

รูปภาพที่ 2.60 แสดงช่องระบายอากาศภายในและภายนอกอาคาร

2.7.3 สรุปการศึกษาอาคารตัวอย่าง

เทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารเป็นรูปแบบใหม่และเป็นที่น่าสนใจมากสำหรับประเทศไทย ซึ่งยังไม่เคยมีการก่อสร้างที่ไหนมาก่อน สำหรับการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมนั้นผู้วิจัยคิดว่าการก่อสร้างต้องมีแนวคิดแบบอาคารตัวอย่างนี้เป็นหลักการใช้วัสดุซ้ำๆ ก่อให้เกิดประโยชน์มาก ประหยัดเวลาการก่อสร้างมากขึ้นซึ่งมีการก่อสร้าง 3 เดือน ความชัดเจนที่ผู้วิจัยเห็นชัดเจนที่สุดคือความเรียบร้อยของงานก่อสร้าง ซึ่งมีการผลิตจากโรงงานมีการตรวจความเรียบร้องของงานก่อนที่จะส่งมาติดตั้งหน้างาน

แนวคิดที่ว่าคือระบบการประสานทางพิกัดเป็นแนวคิดพื้นฐานของการก่อสร้างแบบระบบอุตสาหกรรมซึ่งในต่างประเทศนั้นใช้ระบบนี้มาก่อนอยู่แล้ว

แต่แนวคิดของระบบประสานทางพิกัดนั้นต้องคำนึงถึงมาตรฐานพื้นฐานของวัสดุเดิมเป็นหลัก ซึ่งหน่วยพิกัดมูลฐานของอาคารตัวอย่างนี้เป็นหน่วยพิกัดของทางประเทศญี่ปุ่นคือ 450 มม. แต่ของประเทศไทยนั้นมีการตั้งมาตรฐานที่ 300 มม. เป็นพิกัดมูลฐาน ซึ่งมีความแตกต่างกันในเรื่องของวัสดุ แต่อย่างไรก็ตามแนวคิดและรูปแบบการก่อสร้างเป็นที่น่าสนใจและปรับให้เข้ากับประเทศไทยได้เป็นประเด็นที่น่าจะนำมาคิดต่อไป

2.8 **สรุปแนวคิดทฤษฎีและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

2.8.1 <u>ด้านการออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด</u>

สามารถสรุปแนวคิดและข้อกำหนดพื้นฐานของระบบประสานทางพิกัดได้ดังต่อไปนี้

1. ข้อกำหนดพื้นฐาน โดยได้กำหนดจากศูนย์กำหนดรายการมาตรฐานแห่งประเทศไทย(ศกม.) ได้เริ่มกำหนดให้พิกัดมูลฐาน (M) = 100 มม. ตามข้อเสนอแนะของ ISO ในปี พ.ศ. 2512 และได้มีการพัฒนาต่อมาจนถึงปีพ.ศ. 2531 – 2539 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เริ่มประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ
เรื่อง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : การประสานทางพิกัด โดยมีการกำหนดเรื่องของหลักการและกฎ ข้อบังคับการออกแบบ

2. แนวคิดของระบบประสานทางพิกัด คือ เป็นการประสานทางมิติ ที่ใช้หน่วยพิกัดมูลฐาน หรือหน่วยคูณพิกัด เป็นแนวคิดที่ถูกใช้มาแล้วแต่โบราณ เรื่องของความสัมพันธ์ ด้านมิติ และสัดส่วนของตัวอาคารเป็นหลัก การประสานทางพิกัดนั้น เป็นการกำหนดให้ขนาดและระยะ สัดส่วนของชิ้นส่วนวัสดุต่างๆ ของอาคารมีความสอดคล้องซึ่งกันและกัน

3. วัตถุประสงค์ของการประสานทางพิกัด เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการปฏิบัติงานต่อ ผู้ผลิตวัสดุก่อสร้าง ผู้จำหน่าย ผู้ก่อสร้าง และเป็นการให้ผู้ออกแบบสามารถนำชิ้นส่วนประกอบอาคารอื่นๆที่เป็นมาตรฐานมาใช้กับส่วนอื่นของอาคารต่อไป

4. หลักการพื้นฐานของการประสานทางพิกัด

❖ การกำหนดขนาดหรือระยะของส่วนประกอบของอาคาร จะต้องมีความสัมพันธ์กันทุกๆส่วน เช่น ขนาดส่วนประกอบของพื้นจะต้องสัมพันธ์กับขนาดส่วนประกอบของหลังคา ของเพดาน และของผนัง เป็นต้น

❖ ขนาดหรือระยะของส่วนประกอบ จะต้องเป็นขนาดหรือระยะที่เกิดจากผลคูณของหน่วยพิกัดมูลฐานเสมอ และขนาดพิกัดมูลฐานต้องมีขนาดเล็ก พอที่จะให้เกิดการยืดหยุ่นในการออกแบบได้

❖ ขนาดของตารางตามพิกัด ให้ถือหน่วยวัดขนาด 100 มม. เป็นขนาดเล็กสุด

❖ ขนาดของส่วนประกอบ ที่กำหนดไว้ในตารางตามพิกัด จะต้องเผื่อระยะรอยต่อไว้แล้ว คือ ขนาดของส่วนประกอบที่ผลิตจากโรงงานโดยทั่วไป ย่อมเล็กกว่าขนาดมิติตามพิกัด

❖ ขนาดหรือระยะของส่วนประกอบในตารางตามพิกัด จะต้องเท่ากับขนาดหรือระยะของส่วนประกอบที่ผลิตจากโรงงาน รวมด้วยเกณฑ์คลาดเคลื่อนที่ยอมให้มี และรวมด้วยรอยต่อเชื่อมระหว่างก้อน

❖ เนื่องจากการผลิตส่วนประกอบจากโรงงาน ไม่สามารถทำให้ตรงตามความเป็นจริงที่กำหนดได้เสมอไป จึงได้ตั้งเกณฑ์คลาดเคลื่อนไว้ว่าให้น้อยหรือมากได้เท่าใด

❖ ระบบการประสานทางพิกัด เป็นระบบที่เพิ่มเข้าไป ไม่ใช่ระบบแบ่งย่อย

5. การออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด มีเกณฑ์ข้อกำหนดดังนี้

- การวางพิกัดแผนผังและตารางพิกัด โดยเลือกใช้พิกัดมูลฐานที่ (M) = 100 มม. โดยจะกำหนด ในแนวระดับที่ (3M) = 300 มม. และแนวดิ่งที่ (2M) = 200 มม. โดยจะกำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐาน และจากการวิเคราะห์ในเรื่องของความเหมาะสมที่จะใช้รูปแบบของตารางพิกัดคือ ตารางพิกัดแบบไม่ต่อเนื่องเพื่อความเหมาะสมของรูปแบบของโครงสร้างที่เลือกใช้

ด้านวัสดุที่กำหนดในขอบเขตของระบบประสานทางพิกัด

1). วัสดุก่อผนัง

2). วัสดุปูพื้นและผนัง

3). วัสดุฝ้าเพดาน

4). วัสดุมุงหลังคา

5). พื้นสำเร็จรูปและผนังสำเร็จรูป

2.8.2 ด้านระบบและรูปแบบของโครงสร้าง

ระบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและการก่อสร้างในรูปแบบอุตสาหกรรมที่เหมาะสมกับประเทศไทย คือ ระบบผนังรับน้ำหนัก และระบบเสา-คานสำเร็จรูป เพื่อให้ได้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ผู้วิจัยเลือกใช้แค่ 2 ระบบนี้เท่านั้น

2.8.3 ด้านข้อจำกัดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ข้อกำหนดจากงานวิจัยของที่เคยศึกษามาก่อนหน้านี้รอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป พอที่จะสรุปเป็นเหตุผลเพื่อที่จะทำการออกแบบต่อไปดังต่อไปนี้

1. รอยต่อของส่วนที่ไม่จำเป็นต้องโดนน้ำ เหมาะสมสำหรับการเก็บรอยต่อประเภทนี้คือ ระบบเปียกแบบปูนทราย (Wet Joints โดยใช้ปูนทราย Mortar)

2. รอยต่อส่วนที่จำเป็นต้องโดนน้ำ วิธีการใช้ที่เหมาะสมรอยต่อประเภทนี้มีด้วยกัน 2 วิธี คือการใช้ระบบรอยต่อแบบแห้ง และการใช้ระบบรอยต่อแบบเปียก ทั้งนี้จากการที่ผู้ที่เคยวิจัยไว้ได้ทำการศึกษาจากกรณีศึกษาทั้ง 2 ระบบ สามารถสรุปได้ว่าการเก็บรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับอาคารในลักษณะเดียวกันกับที่ใช้เป็นกรณีศึกษา อาคารระดับเตี้ยที่สามารถตั้งนั่งร้านในการทำงานได้ ระบบเปียก มีความได้เปรียบและเหมาะสมกว่าระบบแห้ง

2.8.4 ด้านงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไตรรัตน์ จารุทัศน์ (2535)[18] ได้ศึกษาระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม ทั้งที่เป็นระบบสำเร็จรูปและกึ่งสำเร็จรูป สำหรับผู้พักอาศัยของผู้มีรายได้ปานกลางในเขตกรุงเทพและปริมณฑล โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสังคม เช่นพฤติกรรมการรอยู่อาศัย ของครอบครัวที่มีรายได้ปานกลาง, ลักษณะการใช้พื้นที่ใช้สอยที่ต้องการ, การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์

ผลของการศึกษาพบว่าผู้มีรายได้ปานกลาง (มีรายได้ 15,001-24,000 บาท/ครัวเรือน/เดือน) ซึ่งมีความต้องการที่อยู่อาศัยถึง 117,951 หน่วย รูปแบบที่อยู่อาศัยเหมาะกับภาวะทางเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มนี้คือ ทาวน์เฮ้าส์ ชานเมือง 22 ตารางวาพื้นที่ใช้สอย 90-155 ตารางเมตรและคอนโดมิเนียม,แฟลต ชานเมือง 58-65 ตารางเมตร (ราคา 700,000-1,166,666 บาท) ในส่วนของ

[18] ไตรรัตน์ จารุทัศน์,"ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมสำหรับที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้ปานกลางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล,"(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2535).

ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม ที่เหมาะสมของระบบผนังรับน้ำหนัก เป็นแผ่นพื้น-ผนังคอนกรีตอัดแรง จะมีการออกแบบให้กับระบบประสานทางพิกัดได้ โดยเน้นใช้วัสดุที่มีอยู่ในท้องตลาด และมีการขนส่ง ประกอบติดตั้งที่สะดวกง่าย ไม่ต้องใช้เครื่องจักรหนักมาก

สิงหราช มีทิพย์ (2542)[19] ได้ศึกษาการประเมินการก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยบล็อกดินซีเมนต์ บล็อกดินซีเมนต์แบบประสาน คือ บล็อกที่ได้รับการออกแบบให้มีลักษณะพิเศษ ลักษณะมีรูร่องเดือยบนตัวบล็อก ที่สามารถนำไปประสานทั้งทางแนวตั้งและแนวนอนไม่ต้องก่อทีละก้อนแบบดั้งเดิม สามารถจับซ้อนกันสูงครั้งละ 10 แถว ใช้ผนังบล็อกรับน้ำหนักแทนเสา , คานตามแบบเดิม ปัจจุบันบ้านจัดสรรมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป การก่อสร้างด้วยบล็อกชนิดนี้ จัดว่าเป็นระบบการก่อสร้างกึ่งการก่อสร้างสำเร็จรูปที่มี ความประหยัด , สะดวก และมีความรวดเร็วในการก่อสร้าง โดยทำการศึกษาต้นทุนและระยะเวลาการก่อสร้างเปรียบเทียบกับระบบเดิม , ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะทำการก่อสร้างและเทคโนโลยีการก่อสร้าง ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นบ้านเดี่ยวชั้นเดียวขนาดพื้นที่ใช้สอย 88 ตารางเมตร ในโครงการบ้านจัดสรรที่มีการก่อสร้างอาคารรูปแบบเดียวกันในระบบเดิมอยู่ ใช้วิธีการเฝ้าสังเกตการณ์ , การจดบันทึกและถ่ายภาพขณะทำการก่อสร้างทุกวัน ตั้งแต่เริ่มโครงการจนกระทั่งแล้วเสร็จ

ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนค่าก่อสร้างของบ้านบล็อกชนิดนี้เท่ากับ 663,064 บาท ในขณะที่บ้านระบบเดิมมีต้นทุนเท่ากับ 727,926 บาท ปัญหาที่พบในขณะก่อสร้างได้แก่การเตรียมโครงสร้างและส่วนประกอบอื่นๆ เช่นปัญหาวงกบ ไม่พอดีกับระยะการก่อบล็อก , ปัญหาไม่มีบล็อก รูปแบบที่ต้องการใช้งาน และปัญหาผิวบล็อกสกปรกเนื่องจากน้ำปูนทรายที่ไหลออกมาจากรูของบล็อก ซึ่งทำการแก้ไขโดยการทาสี การออกแบบเกี่ยวข้องกับระบบประสานทางพิกัด การจัดผังอาคารต้องมีความเหมาะสมกับระบบ สร้างสูงไม่เดิน 2 ชั้น ตามพระราชบัญญัติ จะเห็นได้ว่าต้นทุนในการก่อสร้างมรต้นทุนถูกกว่าระบบเดิม 8.91% เป็นผลมาจากการลดเสาชั้นที่ 1 และคานอะเส ไม่ต้องฉาบปูนและทำเอ็นทับหลัง สัดส่วนค่าแรงงานต่อค่าวัสดุน้อยลง เป็นผลทำให้ระยะเวลาการก่อสร้างลดลง น้ำหนักผนังเพิ่มขึ้นแต่ไม่ทำให้น้ำหนักของอาคารโดยรวมเพิ่มขึ้น

[19]สิงหราช มีทิพย์,"ประเมินการก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยบล็อกดินซีเมนต์, " (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2542).

ชนินทร์ แซ่เตียว (2545)[20]ได้ศึกษาแนวทางการออกแบบงานก่อสร้างบ้านแถวด้วยระบบประสานทางพิกัดมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหลักการออกแบบอาคารด้วยระบบประสานทางพิกัด ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลชิ้นส่วน สำเร็จรูปของ วท. และวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปอื่น ๆ ตลอดจนวิเคราะห์หาแนวทางการออกแบบงานก่อสร้างบ้านแถวด้วยระบบประสานงานทางพิกัด ซึ่งมีขอบเขตของการวิจัยกำหนดว่าเป็นแนวทางการออกแบบสำหรับประเทศไทย ส่วนข้อมูลวัสดุก่อสร้างนั้นจะเลือกพิจารณาเฉพาะชนิดที่สามารถออกแบบให้เข้าระบบประสานทางพิกัดได้โดยแบ่งการเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มของระบบก่อสร้างอาคาร 4 ระบบ ได้แก่ ระบบโครงสร้าง ระบบพื้น ระบบผนังและระบบเพดาน

ผลการศึกษาแนวทางการออกแบบ จะเป็นคำตอบให้กับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีบทสรุปตามขั้นตอนการศึกษาในแต่ละบทตามลำดับ กล่าวคือ เริ่มจากศึกษาหลักการออกแบบเป็นเบื้องต้น จากนั้นจึงศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลชิ้นส่วนและวัสดุสำเร็จรูปตามระบบก่อสร้างที่กำหนดแล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาแนวทางการออกแบบ ซึ่งสามารถสรุปตามประเด็นที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้ คือ ด้านกฎหมาย จะได้พื้นที่บ้านแถว 1 คูหาขนาดเล็กที่สุดคือ 4พ x 60พ สูง 60พ และมีพื้นที่น้อยที่สุด 24 ม^2 ด้านขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคาร สามารถสรุปได้ถึงหน่วยพิกัดแผนผังร่วม คือ มีระยะของพื้นที่ใช้สอยทั้งความกว้างและความยาวเป็นอนุกรมพิกัดทวีคูณจากหน่วยคูณพิกัด 3พ และสามารถนำขนาดและรูปแบบ การจัดวางเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ไปใช้เป็นทางเลือกในการออกแบบพื้นที่ต่างๆ ภายในบ้านแถว โดยอ้างอิงจากเกณฑ์มาตรฐานพื้นที่ใช้สอยของการเคหะแห่งชาติ ซึ่งมีพื้นที่รวมเท่ากับขนาดต่ำสุดของกฎหมาย คือ 24 ม^2 ด้านขนาดชิ้นส่วน วัสดุสำเร็จรูป จะได้ตารางพิกัดแผนผังในแนวระดับ 1พ” = 3พ และตารางพิกัดแผนผังในแนวดิ่ง 1พ” = 2พ ซึ่งเป็นระยะน้อยสุดที่ใช้ในการออกแบบแผนผัง โดยเพิ่มขึ้นได้เป็นอนุกรมพิกัดทวีคูณ จากหน่วยที่กำหนดไว้ด้านตารางพิกัดแผนผังที่ใช้ออกแบบ สรุปได้ถึงตารางพิกัดแผนผัง 4 รูปแบบตามลักษณะของโครงสร้างทั้งตารางพิกัดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง โดยทั้งหมดที่กล่าวมานี้ จะนำไปใช้ในการออกแบบบ้านแถวด้วยระบบประสานทางพิกัด

รุ่งรัตน์ ลิ่มทองแท่ง (2548)[21] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบสำเร็จรูป กับระบบปกติ : กรณีศึกษาโครงการซื่อตรงรังสิต คลอง 3 จังหวัดปทุมธานี มี

[20] ชนินทร์ แซ่เตียว,”แนวทางการออกแบบก่อสร้างบ้านแถวด้วยระบบประสานทางพิกัด,” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2545).

[21] รุ่งรัตน์ ลิ่มทองแท่ง,”ศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบสำเร็จรูป กับระบบปกติ: กรณีศึกษาโครงการซื่อตรงรังสิต คลอง 3 จังหวัดปทุมธานี,” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2548).

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยในระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก ศึกษาเปรียบเทียบต้นทุน ระยะเวลา ก่อสร้างที่อยู่อาศัยในระบบเสา และคานโดยใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูน กับการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมโดยการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานชั่วคราวที่หน้างาน โดยการนำแบบบ้านชั้นเดียว พื้นที่ใช้สอย 82 ตรม. มาเป็นกรณีศึกษา การดำเนินวิธีวิจัยใช้วิธีการเฝ้าสังเกต จดบันทึก และถ่ายภาพเกี่ยวกับกระบวนการผลิต การติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการก่อสร้าง

ผลการศึกษาต้นทุนก่อสร้างแบบบ้านชั้นเดียว พื้นที่ใช้สอย 82 ตรม. ระบบเสาและคานโดยใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนเท่ากับ 7,431.87 บาท/ตารางเมตร สำหรับต้นทุนค่าก่อสร้างแบบบ้านชั้นเดียว พื้นที่ใช้สอย 82 ตรม.ระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก เท่ากับ 7,587.39 บาท/ตารางเมตร ระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักจะมีราคาสูงกว่า จะได้ราคาต้นทุนที่สร้างแบบบ้านชั้นเดียว พื้นที่ใช้สอย 82 ตรม. 12,753.30 บาทหรือราคาสูงขึ้น 155.53 บาท/ตารางเมตร ระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักใช้เวลาก่อสร้างทั้งหมดประมาณ 32 วันซึ่งเมื่อเทียบกับระบบเสาและคานโดยใช้ผนังก่ออิฐ-ฉาบปูน ใช้เวลา 92 วัน ใช้เวลาก่อสร้างบ้านชั้นเดียว พื้นที่ใช้สอย 82 ตรม. สร้างน้อยกว่า 60 วัน

<u>มีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ออกแบบอาคารในการทำวิจัยครั้งนี้ซึ่งผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ</u>

การออกแบบทางสถาปัตยกรรมของบ้านที่ต้องการนำการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมไปใช้นั้นต้องคิดทุกส่วน ตั้งแต่ ฐานราก ตัวอาคาร หลังคา ตลอดจนงานทางสถาปัตยกรรม ฯลฯ มิใช่การนำแบบบ้านทั่วไปมาดัดแปลงใช้ซึ่งจะพบข้อเสียมากมาย ถ้าสามารถออกแบบบ้านที่เป็นระบบอุตสาหกรรมได้ก็จะประสบความสำเร็จ จะทำให้ช่วยลดต้นทุน ได้งานที่มีมาตรฐานได้คุณภาพ เสร็จภายในเวลาที่กำหนด

- การปรับให้เป็น OPEN SYSTEM, DETAIL JOINT สามารถเลือกได้ การแก้ปัญหาแรง SHEAR
- การออกแบบให้เป็น MODULAR DIMENSION
- การปรับแบบผนังสำเร็จรูปหนาจาก 12 ซม. เหลือ 10 ซม. เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต เนื่องจากมีแรงจากโครงสร้างหลังคาถ่ายมายังผนังรับน้ำหนักน้อย

นรินทร์ พุทธอารักษ์วงศ์ (2549)[22] การเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป เสา-คาน กับการก่อสร้างระบบเดิมเปรียบเทียบกรรมวิธีและเทคนิคการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป ระบบชิ้นส่วนเสา-คานกับระบบการก่อสร้างแบบเดิม ซึ่งจะทำการศึกษาในด้านเทคนิค ปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการก่อสร้าง อุปสรรคที่ส่งผลต่อการก่อสร้าง และข้อดี – ข้อเสีย รวมถึงการเปรียบเทียบด้านต้นทุน และระยะเวลาของการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน กับการก่อสร้างระบบเดิม เมื่อมีการนำชิ้นส่วนสำเร็จรูป ระบบชิ้นส่วนเสา-คานที่ผลิตจากโรงงานมาใช้แทนการก่อสร้างด้วยวิธีการหล่อเสา-คานในที่ก่อสร้าง โดยตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยบ้านเดี่ยว 2 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 270 ตารางเมตรในโครงการบ้านจัดสรรที่มีการก่อสร้างทั้งสองระบบในรูปแบบเดียวกัน ทุนมีการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะหมวดโครงสร้างของระบบเสา-คานสำเร็จรูปมีราคาเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น เท่ากับ 77,956 บาท คิดเป็นร้อยละ 4.00 และในหมวดงานสุขาภิบาลของการก่อสร้างด้วยระบบเสา-คานสำเร็จรูปร่วมกับการก่อสร้างระบบเดิม ต้นทุนมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเท่ากับ 24,628 บาท คิดเป็นร้อยละ 1.27 ส่วน ในเรื่องของระยะเวลา พบว่าในการก่อสร้างระบบเดิมต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างเท่ากับ 178 วัน ระยะเวลาการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปเสา-คานร่วมกับระบบเดิมเท่ากับ 152 วัน ซึ่งการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปเสา-คานร่วมกับระบบเดิม ทำให้ก่อสร้างเร็วกว่าการก่อสร้างด้วยระบบเดิม 26 วัน

คเชนท์ สุริยาวงศ์[23] (2550) ระบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก โดยผู้ประกอบการธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่เรื่องของต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นเนื่องจากสภาพเศรษฐกิจที่ชะลอตัว และวิกฤติการณ์ราคาน้ำมันที่ปรับตัวสูงขึ้น และปัญหาด้านแรงงานในภาคธุรกิจก่อสร้างที่ขาดแคลน จึงเป็นเหตุผลให้ผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่บางรายได้นำเทคโนโลยีการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมมาใช้ ซึ่งมีวิธีการก่อสร้างที่เป็นทางเลือกหนึ่งคือระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก โดยผู้ประกอบการได้มีการลงทุนสร้างโรงงานสำหรับผลิตชิ้นส่วนขึ้นเป็นของตนเองเพื่อการผลิตชิ้นส่วนเป็นจำนวนมาก ศึกษากระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยใช้วิธีระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีการพัฒนาโดยผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ 2 ราย โดยโครงการแรก มีการตั้งโรงงานแบบถาวร ภายนอกสถานที่ก่อสร้าง โครงการที่สอง มีการตั้งโรงงานแบบชั่วคราวใกล้สถานที่ก่อสร้าง โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบ

---

[22]นรินทร์ พุทธอารักษ์วงศ์,"การเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป เสา-คาน กับการก่อสร้างระบบเดิม,"(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2549).

[23]คเชนท์ สุริยาวงศ์,"ระบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก ในกลุ่มผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่,"(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2550).

กระบวนการผลิต เทคนิคการผลิตชิ้นส่วนและขั้นตอนของการก่อสร้างของทั้งสองโครงการ รวมถึงศึกษาเรื่อง ต้นทุน ระยะเวลา คุณภาพ และข้อจำกัดต่างๆของการก่อสร้าง โดยการนำรูปแบบที่อยู่อาศัยบ้านเดี่ยว 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 149 ตารางเมตร และแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 134 ตารางเมตร เป็นกรณีศึกษา

ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตชิ้นส่วนในโรงงาน โครงการแรก ข้อดี คือสามารถผลิตชิ้นส่วนได้จำนวนมากและมีคุณภาพ ทำให้ลดต้นทุนการผลิต ข้อด้อย คือ ต้องใช้เงินลงทุนในการตั้งโรงงานสูง ต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญในการควบคุมเครื่องจักร โครงการสอง ข้อดีคือ ใช้ต้นทุนต่ำกว่าในการตั้งโรงงาน มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง ข้อด้อย คือ ปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีคุณภาพ เทคนิคการผลิตชิ้นส่วนแตกต่างกันในการทำงานตามการออกแบบ ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตและประกอบชิ้นส่วนสำเร็จรูป โครงการแรก มีต้นทุนการผลิต 1,076.36 บาท/ตารางเมตร และโครงการสอง มีต้นทุนการผลิต 1,008.44บาท/ตารางเมตร

อินทิรา บางภิภพ[24] (2551) การเปรียบเทียบอาคารชุด 8 ชั้นที่นำระบบผนังรับน้ำหนักเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายนอก กับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังค.ส.ล.สำเร็จรูป เป็นผนังภายนอกจากช่วงเวลาที่ผู้ประกอบการนิยมสร้างอาคารชุดสูง 8 ชั้นแต่ต้องเผชิญกับปัญหาเรื่องต้นทุนการก่อสร้าง ภาวะการแข่งขันที่ปรับตัวสูง ผู้ประกอบการจึงนำเทคโนโลยีการก่อสร้างที่ทันสมัยจากต่างประเทศนำมาใช้ เช่น การใช้ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป(Prefabrication) ระบบผนังค.ส.ล.สำเร็จรูป(Precast R.C.Panel) และระบบผนังรับน้ำหนัก(Load Bearing Wall) โดยเชื่อว่าจะทำให้ประหยัดเวลา และ ได้ผลงานที่ได้มาตรฐาน ผู้วิจัยจึงศึกษาเปรียบเทียบอาคารชุด 8 ชั้นที่นำระบบผนังรับน้ำหนักเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายนอก กับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังค.ส.ล.สำเร็จรูปเป็นผนังภายนอก

จากผลการศึกษา พบว่า ราคาค่าก่อสร้างในส่วนงานผนังภายนอก โครงการ 1 ระบบผนังก่ออิฐ ที่มีค่าก่อสร้าง 765.29 บาท/ ตร.ม. โครงการ 2 ระบบผนังค.ส.ล. สำเร็จรูป มีค่าก่อสร้าง 1,360.00 บาท/ ตร.ม. งานผนังภายใน โครงการ 1 ระบบผนังรับน้ำหนัก มีค่าก่อสร้าง 1,748.74 บาท/ ตร.ม. โครงการ 2 ระบบผนังก่ออิฐ (คิดเฉพาะค่างานผนัง)

---

[24]**อินทิรา บางภิภพ**, "การเปรียบเทียบอาคารชุด 8 ชั้นที่นำระบบผนังรับน้ำหนักเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายนอก กับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังค.ส.ล.สำเร็จรูป เป็นผนังภายนอก," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2551).

มีค่าก่อสร้าง 629.17 บาท/ ตร.ม. และ ระบบผนังก่ออิฐ (คิดค่างานผนังและเสา) มีค่า 892.24 บาท/ ตร.ม. ดังนั้นต้นทุนงานผนังภายในรวมกับภายนอกเมื่อคิดต่อ 1 ตร.ม. ของโครงการ 1 สูงกว่า โครงการ 2 ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างของโครงการ 1 มีค่าเท่ากับ 275 วัน ซึ่งใช้ระยะเวลาก่อสร้างมากกว่า โครงการ 2 ที่ใช้ระยะเวลาก่อสร้างเพียง 238 วัน อีกทั้ง จำนวนบุคคลากรและแรงงานในการก่อสร้างโครงการ 1 ใช้รวม 121 คน มากกว่า โครงการ 2 ที่ใช้รวม 110 - 113 คน ปัญหาที่พบในการก่อสร้างงานผนังรับน้ำหนักเช่นผิวผนังไม่เรียบเสมอกัน งานผนัง ค.ส.ล.สำเร็จรูป เป็นเรื่องตำแหน่ง Insert Plate ที่ มีความคลาดเคลื่อนไปจากแบบ ทั้งระดับและแนว ซึ่งเกิดจากการขาดวิศวกรในการดูแลการติดตั้ง ส่งผลรุนแรงทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบโครงสร้าง งานผนังก่ออิฐ มักเป็นเรื่อง ใช้ระยะเวลามาก แตกร้าว และขาดแคลนช่าง

ผลการศึกษาโครงการ 2 มีความเหมาะสมกว่า โครงการ 1 สำหรับการก่อสร้างอาคารชุด 8 ชั้นในด้าน ความยืดหยุ่นทางการตลาดทักษะ และ ความแม่นยำในการก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้างรวม และ ต้นทุน ผู้ประกอบการเลือกการก่อสร้างงานผนังระบบผสมผสานเพื่อให้ต้นทุนในการก่อสร้างไม่สูงมากนัก และยังสามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้างลงได้เหมาะสม

มีข้อเสนอแนะเกี่ยวการใช้ระบบพิกัดในการก่อสร้างด้วยระบบผนัง ค.ส.ล.สำเร็จรูป เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของระยะต่างๆ ซึ่งเป็นปัญหาในการติดตั้ง ทำให้ต้องแก้ปัญหาด้วยการทุบหรือสกัดจะทำให้ชิ้นงานมีความเสียหายและการออกแบบอาคารไม่ควรมีความซับซ้อนเพราะจะก่อให้เกิดปัญหา ในการผลิตและการติดตั้งชิ้นส่วน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบการก่อสร้างระบบประสานทางพิกัดกับระบบก่อสร้างแบบดั้งเดิม

หัวข้อ	ไตรรัตน์ จารุทัศน์ (2535)	สิงหราช มีทิพย์ (2542)	ชนินทร์ แซ่เตียว (2545)	รุ่งรัตน์ ลิ่มทองแท่ง (2548)	นรินทร์ พุทธอารักษ์วงศ์ (2549)
ลักษณะอาคาร	ทาวน์เฮาส์และคอนโดมิเนียม	บ้านเดี่ยว 1 ชั้น	บ้านแถว 1 ชั้น	บ้านชั้นเดียว	บ้านเดี่ยว 2 ชั้น
ชื่อวิทยานิพนธ์	ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมสำหรับที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้ปานกลางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล	ประเมินการก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยบล็อกดินซีเมนต์	แนวทางการออกแบบงานก่อสร้างบ้านแถวด้วยระบบประสานทางพิกัด	ศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบสำเร็จรูป กับระบบปกติ: กรณีศึกษาโครงการซื่อตรงรังสิตคลอง 3 จังหวัดปทุมธานี	การเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป เสา-คาน กับการก่อสร้างระบบเดิม
ระบบที่ใช้เปรียบเทียบ	ระบบ Load Bearing Wall System t + Conventional	ระบบ Load Bearing Wall System t + Conventional	ระบบ Load Bearing Wall System t + Conventional	ระบบ Load Bearing Wall System t + Conventional	ระบบ Skeleton Frame , Column and Beam+ Conventional
ผลการศึกษา	พบว่าผู้มีรายได้ปานกลาง (มีรายได้ 15,001-24,000 บาท/ครัวเรือน/เดือน) ซึ่งมีความต้องการที่อยู่อาศัยถึง 117,951 หน่วย รูปแบบที่อยู่อาศัยเหมาะกับภาวะทางเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มนี้คือ ทาวน์เฮ้าส์ ชานเมือง 22 ตารางวาพื้นที่ใช้สอย 90-155 ตารางเมตร และคอนโดมิเนียม,แฟลต ชานเมือง 58-65 ตารางเมตร (ราคา 700,000-1,166,666 บาท) สรุปผลการศึกษา จะมีการออกแบบให้กับระบบประสานทางพิกัดได้ โดยเน้นใช้วัสดุที่มีอยู่ในท้องตลาด	ต้นทุนค่าก่อสร้างของบ้านบล็อกชนิดนี้เท่ากับ 663,064 บาท ในขณะที่บ้านระบบเดิมมีต้นทุนเท่ากับ 727,926 บาท สรุปผลการศึกษา - การออกแบบเกี่ยวข้องกับระบบประสานทางพิกัด การจัดผังอาคารต้องมีความเหมาะสมกับระบบ สร้างสูงไม่เกิน 2 ชั้น	ได้ศึกษาทฤษฎีของระบบประสานทางพิกัด กล่าวคือ เริ่มจากศึกษาหลักการออกแบบเป็นเบื้องต้น จากนั้นจึงศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลชิ้นส่วนและวัสดุสำเร็จรูปตามระบบก่อสร้างที่กำหนดแล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาแนวทางการออกแบบ สรุปผลการศึกษา ซึ่งสามารถสรุปตามประเด็นที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้ คือ ด้านกฎหมาย จะได้พื้นที่บ้านแถว 1 คูหาขนาดเล็กที่สุดคือ 4w x 60w สูง 60w และมีพื้นที่น้อยที่สุด 24 $ม^2$ ได้สรุปอนุกรมพิกัดทวีคูณจากหน่วยคูณพิกัด เป็น 3w	ค่าก่อสร้างระบบเสาและคานโดยใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนเท่ากับ 7,431.87บ/ตร.ม. ซึ่งต่ำกว่าระบบ สำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักที่ต้นทุนอยู่ที่ 7,587.39 บ/ตร.ม. ระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักใช้เวลาสร้างน้อยกว่าระบบเสาและคานโดยใช้ผนังก่ออิฐ-ฉาบปูน 60 วัน และ ใช้แรงงานน้อยกว่า 9 คน มีข้อเสนอแนะ - การปรับให้เป็น OPEN SYSTEM , DETAIL JOINT สรุปผลการศึกษา - การออกแบบให้เป็น MODULAR DIMENSION - การปรับแบบผนังสำเร็จรูปหนาจาก 12 ซม. เหลือ 10 ซม. เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต	ต้นทุนมีการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะหมวดโครงสร้างของระบบเสา-คาน สำเร็จรูปมีราคาเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 77,956 บาท คิดเป็นร้อยละ 4.00 และในหมวดงานสุขาภิบาลของการก่อสร้างด้วยระบบเสา-คาน สำเร็จรูปร่วมกับการก่อสร้างระบบเดิม ต้นทุนมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเท่ากับ 24,628 บาท คิดเป็นร้อยละ 1.27 สรุปผลการศึกษา ระบบเสาคานสำเร็จรูปเร็วกว่าการก่อสร้างแบบระบบเดิม 26 วัน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยในลักษณะเชิงคุณภาพ(Qualitative Research) โดยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาหาโอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดยจะศึกษาจาก โครงการเพอร์เฟค พาร์ค จังหวัด นนทบุรี ที่เป็นระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปและวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปอื่นๆ ที่ผลิตขายโดยทั่วไปในท้องตลาด ทำให้ทราบข้อดี ข้อจำกัด และ ปัญหา ในด้าน ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้าง เทคนิค แรงงาน ต้นทุน ระยะเวลา ในการก่อสร้าง จากการนั้นจะนำเสนอเป็นแบบก่อสร้างที่จะสามารถนำไปพัฒนาการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมต่อไป โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้ซึ่งมีรายละเอียดและวิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

3.2 การเลือกตัวอย่างทีใช้ในการดำเนินงานวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 การสรุปผลการวิจัย และเสนอแนะ

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

หลังจากการกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องและใช้ในการวิจัย โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ

เป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้นที่เป็นระบบอุตสาหกรรมชิ้นส่วนโดยการสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้องและศึกษาข้อมูลจากเอกสารของโครงการฯ โดยการสังเกตการณ์ การเก็บภาพถ่าย จดบันทึกและสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างผู้เกี่ยวข้องในการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น หัวหน้าโรงงาน ผู้ดูแลส่วนธุรการ ณ โรงงานผลิตที่ ตั้งอยู่ภายนอกสถานที่ก่อสร้าง และ จะศึกษาและเก็บข้อมูลจากงานภาคสนามโดยรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้น

ระหว่างที่ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ศึกษา ทำการศึกษาโดยการสังเกตการณ์, การเก็บภาพถ่าย, จดบันทึก และสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างผู้เกี่ยวข้องในการก่อสร้าง เช่น ผู้จัดการโครงการ วิศวกร ผู้ดูแลส่วนธุรการ ณ สถานที่ก่อสร้าง

ในการสัมภาษณ์บุคลากรนั้น จะเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่ร่วมรับผิดชอบโครงการพัฒนาชิ้นส่วนสำเร็จรูปนี้โดยตรง รวมทั้งผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อระบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูป และเหตุผลในการออกแบบขนาดชิ้นส่วนที่ต้องเป็น Modular Size และสามารถใช้ได้ทั่วไป เพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัย

2. การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ

ในการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ

2.1 ศึกษาข้อมูลทางด้านทฤษฎีและหลักการออกแบบอาคารด้วยระบบประสานทางพิกัด จากหนังสือ บทความ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลจากสื่อสิ่งพิมพ์อื่นๆ ที่น่าเชื่อถือและสามารถอ้างอิงได้ เป็นการศึกษาเพื่อนำข้อมูลมาใช้อ้างอิงในการดำเนินการวิจัย และใช้อ้างในบทสรุปเพื่อให้ผลการดำเนินการวิจัยน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2.2 ศึกษาข้อมูลวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป จากเอกสารแนะนำสินค้าของบริษัทผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างที่ได้มาตรฐานในการผลิต รวมถึงหนังสือและเอกสารต่างๆ ที่รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุก่อสร้าง ซึ่งจำเป็นจะต้องศึกษาข้อมูลวัสดุให้ครบในทุกระบบของการก่อสร้างที่กำหนดไว้ เพื่อนำข้อมูลในเรื่องของขนาดวัสดุและระยะที่ใช้ในการติดตั้ง มาใช้ในการออกแบบอาคารด้วยระบบประสานทางพิกัด

3.2 การเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้เลือก แบบบ้านของโครงการเพอร์เฟค พาร์ค จังหวัด นนทบุรี ซึ่งเป็นผู้ประกอบรายใหญ่ในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ มีความสามารถที่จะลงทุนระบบการก่อสร้างที่เป็นระบบสำเร็จรูป โดยผู้วิจัยจะเลือกจากแบบบ้านเป็นที่นิยมมาทั้งหมด 3 แบบ ในระดับราคา 3-5 ล้านบาท เพื่อนำมาศึกษาหาโอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาให้เป็นระบบเปิด ให้ได้มากที่สุด ซึ่งจากแบบบ้านที่เลือกเป็นระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมในลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูป ระบบการก่อสร้างเป็นระบบผนังรับน้ำหนัก มีข้อกำหนดเพื่อการพัฒนาให้ได้ประโยชน์มากที่สุดดังนี้

1. การศึกษาระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปครบตามระบบการก่อสร้างที่เกี่ยวข้อง ทั้งระบบโครงสร้าง ระบบพื้น ระบบผนัง และระบบเพดาน และการใช้ซ้ำกันให้ได้มากที่สุด
2. ขนาดของชิ้นส่วนออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด และสามารถปรับเปลี่ยนขนาดให้เข้ากับวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปอื่นๆ ที่ผลิตขายทั่วไปในท้องตลาด
3. ชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นระบบเปิด สามารถใช้ได้ทั่วไปกับโครงสร้างและวัสดุก่อสร้างอื่นๆ
4. พัฒนาให้เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปขนาดเล็กให้มากที่สุดเพื่อสามารถเคลื่อนย้ายและประกอบติดตั้งได้สะดวกรวดเร็ว
5. วิธีการติดตั้งระยะของรอยต่อขนาดของชิ้นส่วน เพื่อให้เข้ากับระบบประสานทางพิกัด

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบหาโอกาสในการพัฒนาของบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ด้วยระบบประสานทางพิกัด จากแบบบ้านที่มีการก่อสร้างไปแล้ว โดยเครื่องมือที่จะใช้ในการวิจัยนั้น จึงต้องตอบรับกับการเก็บข้อมูลโดยการสังเกต การการสัมภาษณ์จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงการ แล้วนำข้อมูลมาประกอบการวิเคราะห์ผล

การถ่ายรูปแสดงขั้นตอนงานที่สำคัญ การสเกตซ์ภาพแล้วนำกลับมาเขียนแบบเพื่อแสดงรายละเอียดชิ้นส่วนและรอยต่อที่สำคัญ รวมถึงการเก็บบันทึกข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ โดยแบ่งชัดเจนตามระบบการก่อสร้างที่กำหนดไว้ เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาร่วมกับวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปอื่นๆ ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลรายละเอียดที่ครบถ้วน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เครื่องมือหลัก 2 ชนิด คือ การสังเกต และการสัมภาษณ์

1. การสำรวจโดยใช้วิธีการสังเกต ผู้วิจัยได้แบ่งการสังเกตออกเป็น 3 ช่วงดังต่อไปนี้

- ช่วงระยะแรก เป็นการสังเกตทั่วๆไป (Descriptive) เป็นการสังเกตโดยรวมของ สภาพแวดล้อม ลักษณะสภาพทั่วไปของโรงงานและโครงการที่กำลังดำเนินการก่อสร้าง รวมถึงแนวทางและวิธีการบริหารจัดการงานก่อสร้างทั่วไปภายในโครงการ
- ช่วงระยะที่สอง เป็นการสังเกตแบบมีศูนย์กลาง (Focused) เป็นการการ

สังเกตในส่วนที่มีการเกี่ยวข้องและส่งผลต่องานวิจัยที่ต้องการศึกษา ซึ่งในช่วงระยะนี้เป็นการศึกษากลุ่มตัวอย่างบ้านพักอาศัยที่ใช้เป็นกรณีศึกษาทั้งสองโครงการ ซึ่งได้แก่รูปแบบและกระบวนการก่อสร้างโดยระบบชิ้นส่วนสำเร็จในภาพรวมของโครงการ

- ช่วงระยะที่สาม เป็นการสังเกตแบบเลือกเฟ้น (Selective) จากโครงการที่ทำการศึกษาช่วงนี้เป็นการสังเกตเฉพาะส่วนที่ต้องการศึกษาให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่เป็นจุดเฉพาะ คือ ทำการสังเกตรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนอย่างใกล้ชิดในด้านเทคนิค ลำดับขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนและก่อสร้าง รวมทั้งและปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการก่อสร้าง

2. การสัมภาษณ์

- แบบสัมภาษณ์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการให้คำอธิบายรายละเอียด การตอบปัญหาตลอดจนการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ร่วมกันระหว่างผู้วิจัยและผู้ให้สัมภาษณ์ ซึ่งจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับเขียนงานวิจัย

การสัมภาษณ์ในงานวิจัยนี้เป็นแบบการสัมภาษณ์แบบเจาะจง(Purposive Sampling) ผู้วิจัยได้ดำเนินการสัมภาษณ์ข้อมูลโดยแบ่งเป็นกลุ่มดังนี้

ตารางที่ 3.1 การแบ่งกลุ่มการสัมภาษณ์

สัมภาษณ์แบบเจาะจง (Purposive Sampling)	ตำแหน่ง
1. เจ้าของโครงการ	1. ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการ 2. ผู้ช่วยผู้อำนวยการ 3. ผู้จัดการโรงงาน 4. ผู้จัดการโครงการ
2. ผู้รับเหมา	1. วิศวกรโครงการ 2. เจ้าหน้าที่ควบคุมงานก่อสร้าง
3. ผู้มีความรู้เฉพาะทาง	1. อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การเก็บข้อมูลชิ้นส่วนสำเร็จรูปและระบบการก่อสร้างของโครงการฯ

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการสังเกต การถ่ายภาพ การสอบถาม และสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แสดงขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป รูปแบบและขนาดของชิ้นส่วน เครื่องมือที่ใช้ช่วยในการติดตั้ง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโดยมีรายละเอียดและขั้นตอนต่างๆดังนี้

1.1 การเตรียมการก่อนเข้าเก็บข้อมูล เริ่มต้นการทำงานโดยการขอหนังสือแนะนำตัวจากภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเข้าพบกับผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของโครงการ เพื่อขออนุญาตในการเข้าทำการวิจัยยังสถานที่ก่อสร้างของโครงการ

1.2 วิธีการดำเนินการเก็บข้อมูล เมื่อได้รับอนุญาตจากผู้บริหารโครงการแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการเข้าไปเก็บข้อมูลในช่วงการผลิตชิ้นส่วนและการก่อสร้าง โดยใช้วิธีบันทึกข้อมูลลงในใบบันทึกภาคสนาม เป็นการเก็บข้อมูลในการสำรวจลงในเอกสารการบันทึกโดย จดบันทึกข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลที่จำเป็น เช่น ระยะเวลาการทำงาน รวมถึงปัญหาของงานที่พบ นอกจากนี้ยังทำการบันทึกภาพ เป็นการเก็บรายละเอียดขั้นตอนและกระบวนการเป็นรูปภาพ เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล และสามารถใช้อธิบายรายละเอียดของงานได้อย่างชัดเจนมากขึ้น

1.3 ความถี่ของช่วงระยะเวลาในการสังเกต ผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลของแต่ละโครงการ โดยทำการสังเกตและศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนในโรงงานแต่ละโครงการเป็นระยะเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ ตลอดช่วงระยะเวลาการทำงานปกติของการทำงานคือ เริ่มต้น 8.00 น. ถึง 17.00 น. ในส่วนการประกอบและติดตั้งชิ้นงานผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มในแต่ละขั้นตอนการทำงานเพื่อเก็บข้อมูลเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาในการศึกษา โดยทำการสังเกตบ้านตัวอย่างที่มีรูปแบบเดียวกันภายในโครงการที่ก่อสร้างด้วยระบบผนังคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นกรณีศึกษา ซึ่งใช้ระยะเวลาในการสังเกตในแต่ละโครงการประมาณ 2 สัปดาห์ ในช่วงระยะเวลาการทำงานปกติของการทำงานคือ เริ่มต้น 8.00 น. ถึง 17.00 น

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลทฤษฎีระบบประสานทางพิกัดและวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป

ในส่วนของข้อมูลวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปอื่นๆ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทฤษฎีระบบประสานทางพิกัดและข้อมูลวัสดุ จากการสัมภาษณ์อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านและเอกสารแนะนำสินค้าของบริษัทผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างที่ได้มาตรฐาน หนังสือและเอกสารต่างๆ ที่

รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุก่อสร้าง รวมถึงการสอบถามข้อมูลต่างๆทั้งขนาดคุณสมบัติของวัสดุ ระยะที่ใช้ในการติดตั้ง และการดูตัวอย่างวัสดุกับตัวแทนของบริษัทผู้ผลิต โดยแบ่งประเภทของวัสดุตามระบบการก่อสร้างอาคารที่กำหนดไว้เช่นเดียวกัน คือ

ระบบผนัง แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- วัสดุโครงสร้าง ได้แก่ วัสดุก่อ
- วัสดุตกแต่ง ได้แก่ วัสดุแผ่นใหญ่ วัสดุบุผนัง

ระบบพื้น แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- วัสดุโครงสร้าง ได้แก่ แผ่นพื้นสำเร็จรูป
- วัสดุตกแต่ง ได้แก่ วัสดุปูพื้น

ระบบเพดาน คือ

- วัสดุตกแต่ง ได้แก่ วัสดุบุเพดาน

2.4 ระบบหลังคา

- วัสดุตกแต่ง ได้แก่ กระเบื้องมุงหลังคา
- วัสดุโครงสร้าง ได้แก่ โครงสร้างหลังคาสำเร็จรูป Smart Truss

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างและการก่อสร้างบ้านที่มีการผลิตจากระบบสำเร็จรูปจนแล้วเสร็จ จะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังนี้

1. การตรวจสอบและจำแนกข้อมูลเบื้องต้น เป็นการนำข้อมูลเบื้องต้นจากการศึกษาทฤษฎีและแนวคิดในระบบประสานทางพิกัด ข้อมูลทางด้านวัสดุก่อสร้างบ้านทั้งหมดที่นิยมเลือกใช้ในวงการก่อสร้างและจากการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นในการก่อสร้างบ้าน มาวิเคราะห์ จัดแยกเป็นประเด็นต่างๆตามหัวข้อเรื่องที่ทำการวิจัย และทำการตรวจสอบดูว่าข้อมูลใดที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วจึงทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมให้ครบสมบูรณ์

2. การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่จัดแยกไปเป็นประเด็นต่างๆไว้แล้ว มาแยกวิเคราะห์ผลออกเป็นเรื่องๆ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยมีรายละเอียดและลำดับต่างๆดังนี้

2.1 วิเคราะห์ด้านกระบวนการก่อสร้างอาคารของโครงการที่ก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก

2.2 วิเคราะห์ด้านเทคโนโลยีและเทคนิคการผลิตชิ้นส่วนผนังคอนกรีตสำเร็จรูปที่โรงงาน

2.3 การวิเคราะห์ขั้นตอน และวิธีการก่อสร้าง ของโครงการที่มีการก่อสร้างอาคารในโครงการเป็นจำนวนมาก

2.4 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้างโครงการ เป็นการวิเคราะห์ให้เห็นถึงต้นทุนรวมค่าก่อสร้างบ้านที่ก่อสร้างด้วยระบบผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

2.5 การวิเคราะห์ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคาร เป็นการวิเคราะห์ในเรื่องของระยะเวลาการก่อสร้างบ้านที่ก่อสร้างด้วยระบบผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

2.6 การวิเคราะห์คุณภาพ ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการก่อสร้าง เป็นการนำเอาผลที่ได้จากากรศึกษารายละเอียดโครงการว่ามีปัญหาที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการก่อสร้างอย่างไรบ้าง มาแยกออกเป็นประเด็นต่างๆโดยจะสรุปเป็นตาราง เรื่องของ กลุ่มปัญหา สาเหตุของปัญหา และวิธีการแก้ไข โดยพิจารณาถึงหลักการออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป รูปแบบและขนาดของชิ้นส่วน รายละเอียดของรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนประเภทต่างๆ และระยะในการติดตั้งเพื่อนำผลจากการวิเคราะห์นี้ไปใช้ในการออกแบบบ้านเดี่ยวในระบบประสานทางพิกัด

วิเคราะห์ข้อมูลวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุก่อสร้าง โดยเสนอเป็นตารางเปรียบเทียบวัสดุระหว่างขนาดในระบบ Metric และขนาดในระบบ Modular ซึ่งจะแบ่งการวิเคราะห์ตามระบบก่อสร้างที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งผลการวิเคราะห์นี้จะใช้ในบทวิเคราะห์แนวทางการออกแบบต่อไป

3.6 การสรุปผลการวิจัย และเสนอแนะ

หลังจากที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องและข้อมูลการก่อสร้างการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ของโครงการจนแล้วเสร็จ จะได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การสรุปผล

หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยแล้ว ต่อไปก็เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการออกแบบ ซึ่งจะสรุปผลการวิจัยโดยการใช้ผลการวิจัยเป็นประเด็นหลักในการสรุปผลและใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากทฤษฎี แนวความคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อให้น้ำหนักของการสรุปผลมีความน่าเชื่อถือ สุดท้ายแล้วบทสรุปจะได้แนวทางในการออกแบบงานก่อสร้างบ้านดี่ยวด้วยระบบประสานทางพิกัด และการหาโอกาสในการพัฒนา โดยเปรียบเทียบและวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้าง และนำเสนอข้อมูลจากความเห็นของผู้เชี่ยวจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการ, นักวิชาการ, ผู้รับเหมา มาประกอบผลของการวิจัย

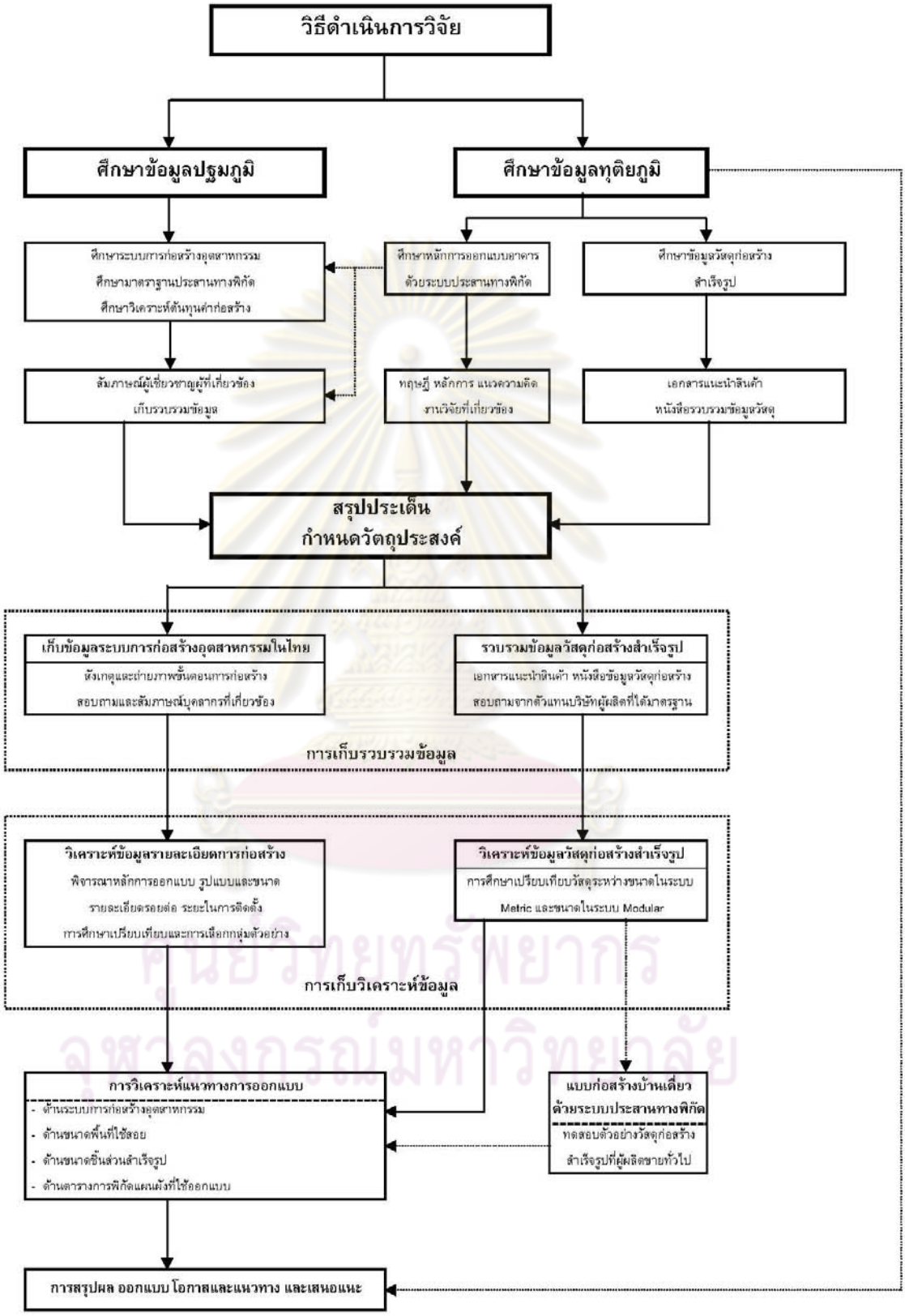
2. **การออกแบบ**

เมื่อได้มีการวิเคราะห์หาโอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้นแล้ว จึงนำแนวทางดังกล่าวมาพัฒนาเป็นแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ตามกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดมาแล้ว 3 แบบ เป็นแบบมาตรฐานตามหลักการและทฤษฎีของระบบประสานทางพิกัด

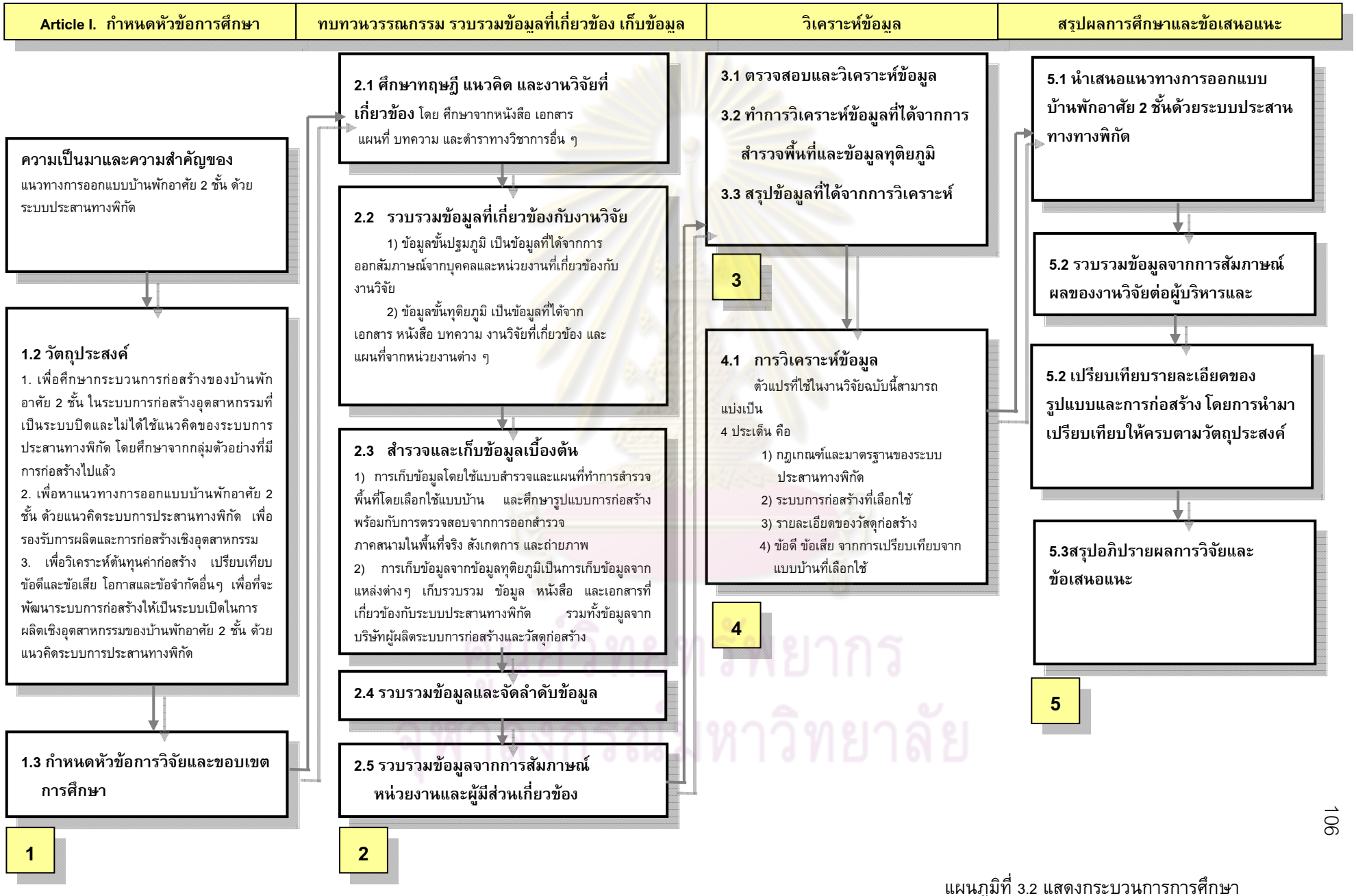
3. **ข้อเสนอแนะ**

ข้อเสนอแนะในที่นี้จะเป็นการเสนอแนะที่เกิดขึ้นจากการทำการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้ โดยแบ่งเป็นด้านต่างๆ ได้แก่ ข้อเสนอแนะสำหรับการออกแบบอาคารด้วยระบบประสานทางพิกัด ข้อเสนอแนะสำหรับการเผยแพร่ระบบประสานทางพิกัดแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง และข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงวิธีดำเนินการวิจัย



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงกระบวนการการศึกษา

ตารางที่ 3.2 แสดงกรอบแนวคิดวิธีดำเนินงานวิจัย: โอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น : กรณีศึกษาโครงการเพอร์เฟค พารค์ บางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี

วัตถุประสงค์	ตัวแปรหลัก	ตัวแปรรอง	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
1. เพื่อศึกษากระบวนการก่อสร้างของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ในระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมที่เป็นระบบปิดและไม่ได้ใช้แนวคิดของระบบการประสานทางพิกัดโดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่มีการก่อสร้าง	- ระบบการก่อสร้าง	- เทคโนโลยีการก่อสร้างที่เลือกใช้ - ขั้นตอนการขนส่ง - ขั้นตอนการติดตั้ง - ระยะเวลาการก่อสร้าง	- การศึกษาจากโครงการ เพอร์เฟค พารค์ บางใหญ่ - พระราม 5 จะศึกษาทั้งหมด 3 แบบบ้าน จากทั้งหมด 10 แบบ	การสังเกตการณ์
	- วัสดุก่อสร้าง	- วัสดุก่อสร้างที่เลือกใช้ - ขั้นตอนการประกอบและติดตั้ง		
2. เพื่อหาแนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ด้วยแนวคิดระบบการประสานทางพิกัดเพื่อรองรับการผลิตและการก่อสร้างเชิงอุตสาหกรรม	- กฎเกณฑ์และมาตรฐานระบบประสานทางพิกัด	- หลักการของระบบประสานทางพิกัด - หน่วยพิกัดประเภทต่างๆ - วิธีการออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด	- อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ - ผู้จัดการโครงการ - วิศวกรโครงการ - สถาปนิกโครงการ - ผู้รับเหมา รวม 10 คน	การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง
	- ระบบการก่อสร้างที่เลือกใช้	- ระบบที่สำคัญของงานก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม - ระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป - ระบบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น		
	- วัสดุก่อสร้างที่เลือกใช้	- วัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมกับระบบประสานทางพิกัด - รายละเอียดและขั้นตอนการติดตั้ง		

ที่มา:จากการกำหนดของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 แสดงกรอบแนวคิดวิธีดำเนินงานวิจัย: โอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น : กรณีศึกษาโครงการเพอร์เฟค พารค์ บางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ตัวแปรหลัก	ตัวแปรรอง	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้าง เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย โอกาสและข้อจำกัดอื่นๆ เพื่อที่จะพัฒนาระบบการก่อสร้างให้เป็นระบบเปิดในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ด้วยแนวคิดระบบการประสานทางพิกัด	- ข้อดี ข้อเสีย จากการเปรียบเทียบโอกาสและข้อจำกัดอื่นๆ	- เปรียบเทียบระบบการก่อสร้างเดิมจากกลุ่มตัวอย่าง - เปรียบเทียบรูปแบบการใช้สอย - เปรียบเทียบรูปแบบสถาปัตยกรรม - เปรียบเทียบงบประมาณการก่อสร้างเบื้องต้น - เปรียบเทียบผลกำไรต่อจำนวนหน่วยของการก่อสร้าง	- ผู้บริหารโครงการ - นักวิชาการผู้เชี่ยวชาญ - ผู้รับเหมา <u>รวม 5 คน</u>	การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง
	- ต้นทุนค่าก่อสร้าง	- ค่าก่อสร้างต่อหน่วยของงานโครงสร้าง - ค่าก่อสร้างของงานสถาปัตยกรรม		
	- การนำเสนอผลที่ได้จากการวิจัย	- ความเป็นไปได้กับผลของงานวิจัย - ข้อเสนอแนะของผลงานวิจัย		

ที่มา:จากการกำหนดของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
รายละเอียดโครงการ

ในการดำเนินการวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้เลือก แบบบ้านของโครงการเพอร์เฟค พารค์ จังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นผู้ประกอบรายใหญ่ในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ มีความสามารถที่จะลงทุนระบบการก่อสร้างที่เป็นระบบสำเร็จรูป โดยผู้วิจัยจะเลือกจากแบบบ้านเป็นที่นิยมมาทั้งหมด 3 แบบ จากทั้งหมด 10 แบบบ้าน ในเฟส 1 และ 2 ที่มีการก่อสร้างไปแล้ว 567 หลัง ในระดับราคา 3-5 ล้านบาท เพื่อนำมาศึกษาหาโอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาให้เป็นระบบเปิดให้ได้มากที่สุด ซึ่งจากแบบบ้านที่เลือกเป็นระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม ในลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูป ระบบการก่อสร้างเป็นระบบผนังรับน้ำหนัก มีหัวข้อของรายละเอียดโครงการที่จะทำการศึกษาดังนี้

4.1 รายละเอียดทั่วไปของโครงการ

4.2 รูปแบบและลักษณะพื้นที่ใช้สอย

4.3 รายละเอียดประกอบการก่อสร้างอาคาร

4.4 ลักษณะการดำเนินการก่อสร้าง

4.1 รายละเอียดทั่วไปของโครงการ

ชื่อโครงการ	:	เพอร์เฟค พารค์ จังหวัดนนทบุรี
เจ้าของโครงการ	:	ไม่เปิดเผย
ประเภทโครงการ	:	ที่ดินจัดสรรบ้านเดี่ยวและบ้านแฝด
ขนาดโครงการ	:	พื้นที่รวม 377-3-92.6 ไร่ (พื้นที่ส่วนกลาง 34 ไร่) แบ่งเป็นแปลงจัดสรรย่อยทั้งหมด 2,037 แปลง โดยแบ่งเฟสการขายทั้งหมด 5 เฟส
จำนวนแปลงขายทั้งหมดในโครงการ	:	1,945 แปลง
จำนวนแปลงขายที่สร้างเสร็จในโครงการ	:	567 หลัง (เฉพาะเฟส-1และเฟส-2)
ระยะเวลาดำเนินโครงการ	:	เริ่มต้น ปี 2549 สิ้นสุด ปี 2554
ระยะเวลาที่ทำการศึกษา	:	กรกฎาคม 2552 – มกราคม 2553
แบบบ้านที่ทำการศึกษา	:	<u>แบบบ้าน A</u> ประเภท บ้านเดี่ยว 2 ชั้น ขนาด 3 ห้องนอน 3 ห้องน้ำ ที่จอดรถ 2 คัน ก่อสร้างบนพื้นที่ 60-70 ตารางวา พื้นที่ใช้สอยรวม 148 ตารางเมตร

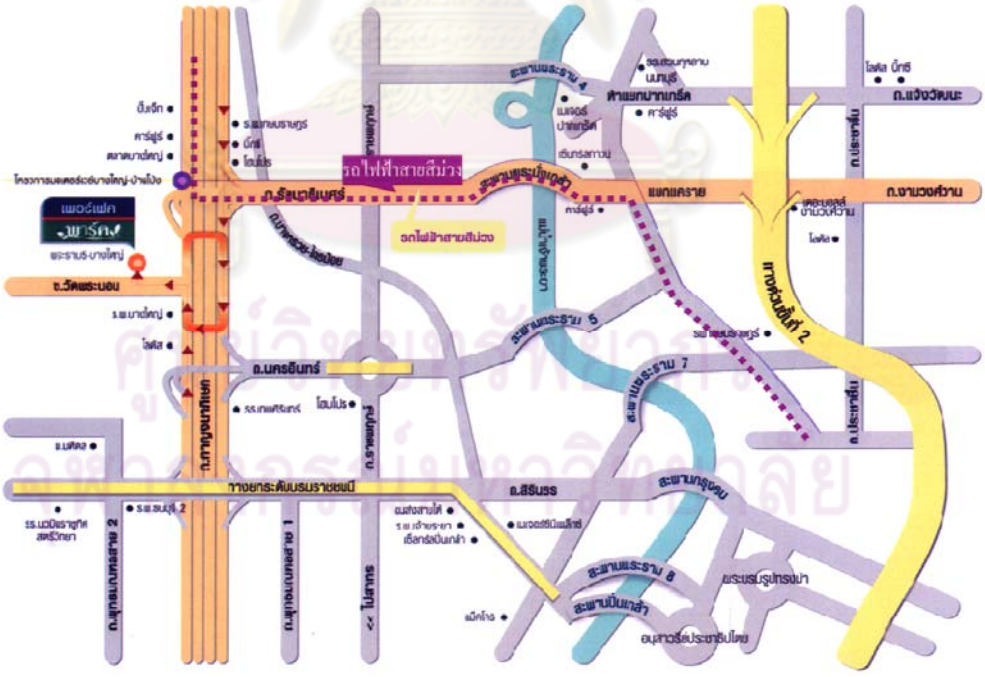
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

: <u>แบบบ้าน B</u> ประเภท บ้านดี่ยว 2 ชั้น
ขนาด 3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ ที่จอดรถ 2 คัน
ก่อสร้างบนพื้นที่ 60 ตารางวา
พื้นที่ใช้สอยรวม 135 ตารางเมตร

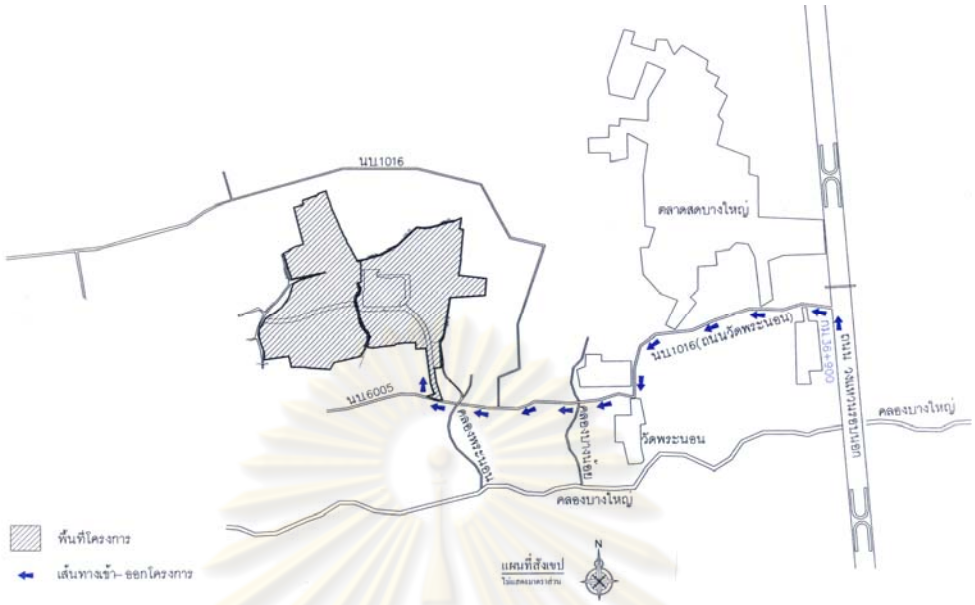
: <u>แบบบ้าน C</u> ประเภท บ้านดี่ยว 2 ชั้น
ขนาด 3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ ที่จอดรถ 2 คัน
ก่อสร้างบนพื้นที่ 50 ตารางวา
พื้นที่ใช้สอยรวม 130 ตารางเมตร

ระบบการก่อสร้าง : การก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป ระบบผนังรับน้ำหนัก (Load - Bearing wall System)
: การก่อสร้างระบบเสา-คานสำเร็จรูป (Skeleton System)

ระดับราคาขาย : 3,500,000-5,000,000 บาท

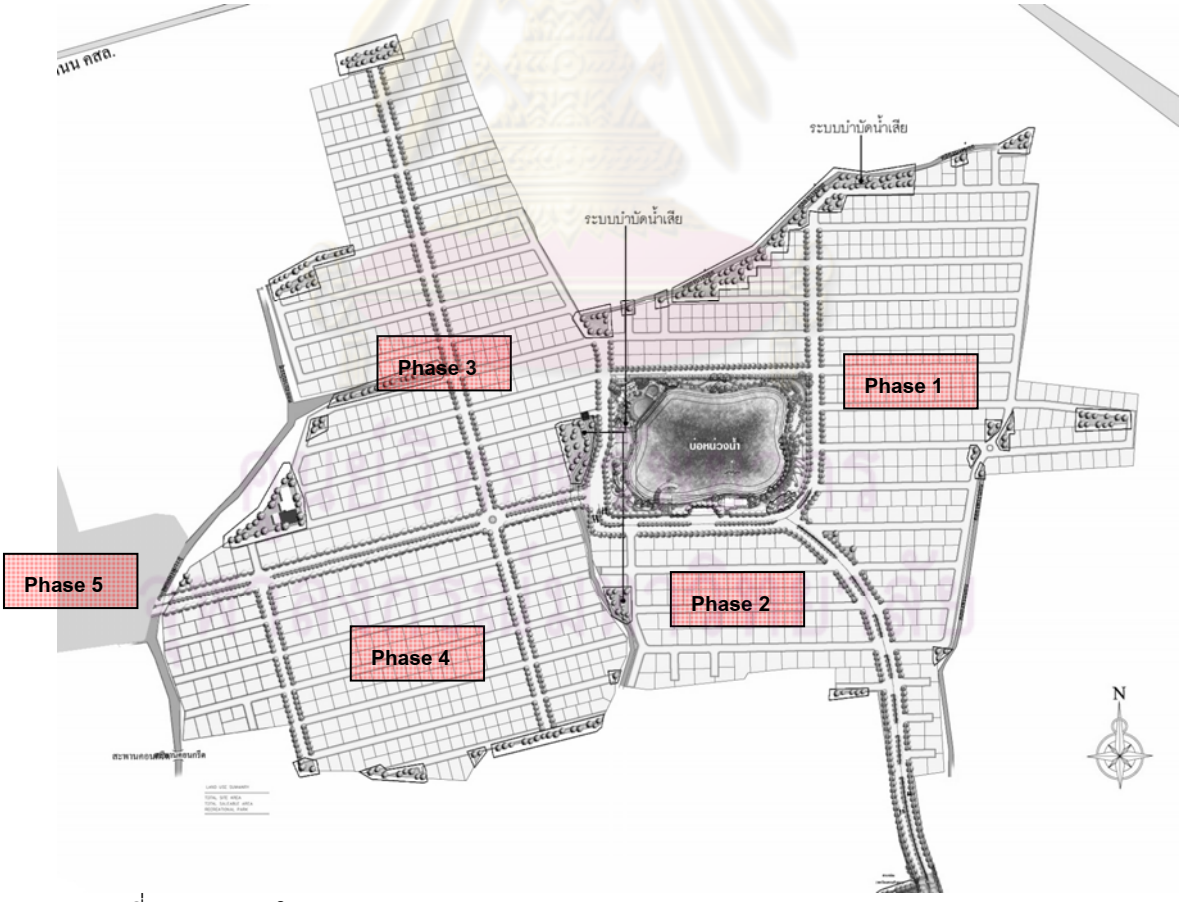


แผนผังที่ 4.1 แสดงที่ตั้งโครงการ
ที่มา: จากการสำรวจ



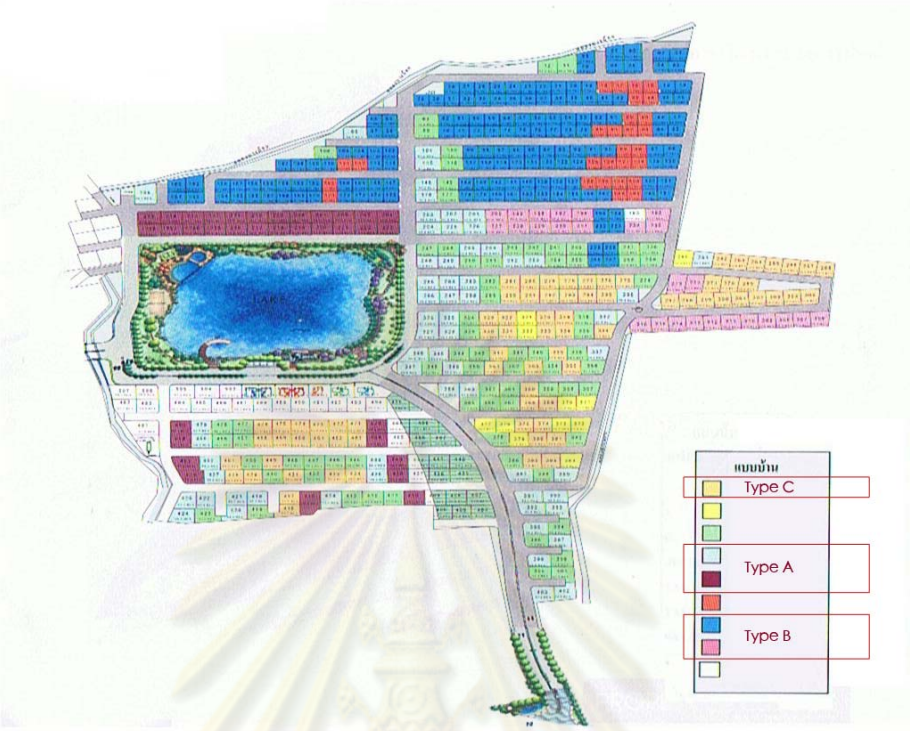
แผนผังที่ 4.2 แสดงที่ตั้งโครงการ

ที่มา: จากการสำรวจ



แผนผังที่ 4.3 แสดงผังโครงการ

ที่มา: ฝ่ายก่อสร้างโครงการฯ



แผนผังที่ 4.4 แสดงผังโครงการ แยกตามแบบบ้าน

ที่มา: ฝ่ายก่อสร้างโครงการฯ

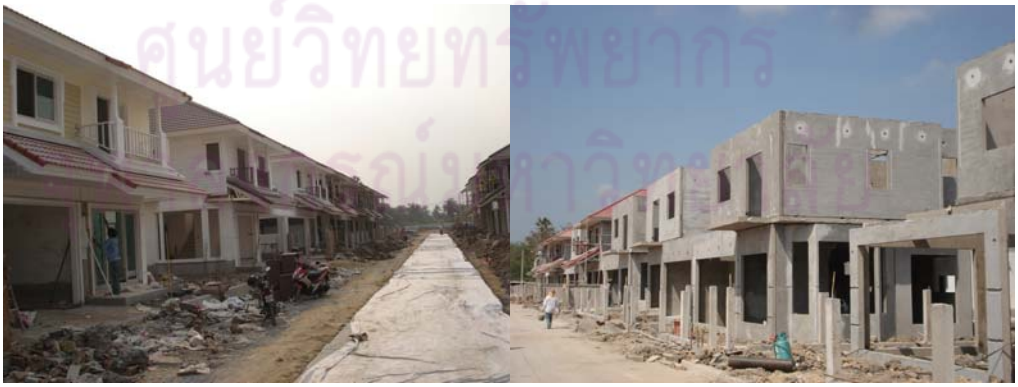
ตารางที่ 4.1 แสดงการเลือกจำนวนแบบบ้านของโครงการ

NO.	TYPE	UNIT
1.	TYPE-D	80
2.	TYPE-E	12
3.	TYPE-A	106
4.	TYPE-F	10
5.	TYPE-G	42
6.	TYPE-H	1
7.	TYPE-I	22
8.	TYPE-C	86
9.	TYPE-J	30
10.	TYPE-B	178
	Grand Total	567

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปภาพที่ 4.1 สภาพแวดล้อมโครงการ
ที่มา: จากการสำรวจ

รูปภาพที่ 4.2 สภาพแวดล้อมโครงการ
ที่มา: จากการสำรวจ



รูปภาพที่ 4.3 สภาพงานก่อสร้าง เฟส 3 และ เฟส 4 : 11 พฤศจิกายน 2552
ที่มา: จากการสำรวจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 รูปแบบและลักษณะพื้นที่ใช้สอย

- ลักษณะของรูปแบบบ้าน A (กรณีศึกษา) ประเภทบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ประกอบไปด้วย

<u>แปลนพื้นชั้นล่าง</u>

- ห้องรับแขก	ขนาด	3.60 x 3.80 ม.
- ห้องรับประทานอาหาร	ขนาด	3.60 x 2.50 ม.
- เฉลียงทางเข้า	ขนาด	1.30 x 5.20 ม.
- ห้องน้ำ 3	ขนาด	1.60 x 2.30 ม.
- ห้องครัวไทย	ขนาด	2.30 x 3.80 ม.
- ซักล้าง	ขนาด	3.20 x 2.00 ม.
- โถงบันได	ขนาด	2.00 x 4.30 ม.
- ที่จอดรถ	ขนาด	3.80 x 5.20 ม.

<u>แปลนพื้นชั้นบน</u>

- ห้องนอนใหญ่	ขนาด	4.00 x 3.50 ม.
- ห้องแต่งตัว	ขนาด	2.00 x 2.00 ม.
- ระเบียง	ขนาด	1.10 x 3.10 ม.
- ห้องน้ำ 1	ขนาด	1.90 x 1.90 ม.
- ห้องนอน 2	ขนาด	3.00 x 3.00 ม.
- ห้องนอน 3	ขนาด	3.00 x 3.00 ม.
- ห้องน้ำ 2	ขนาด	1.90 x 1.90 ม.
- โถงบันได	ขนาด	1.90 x 4.10 ม.

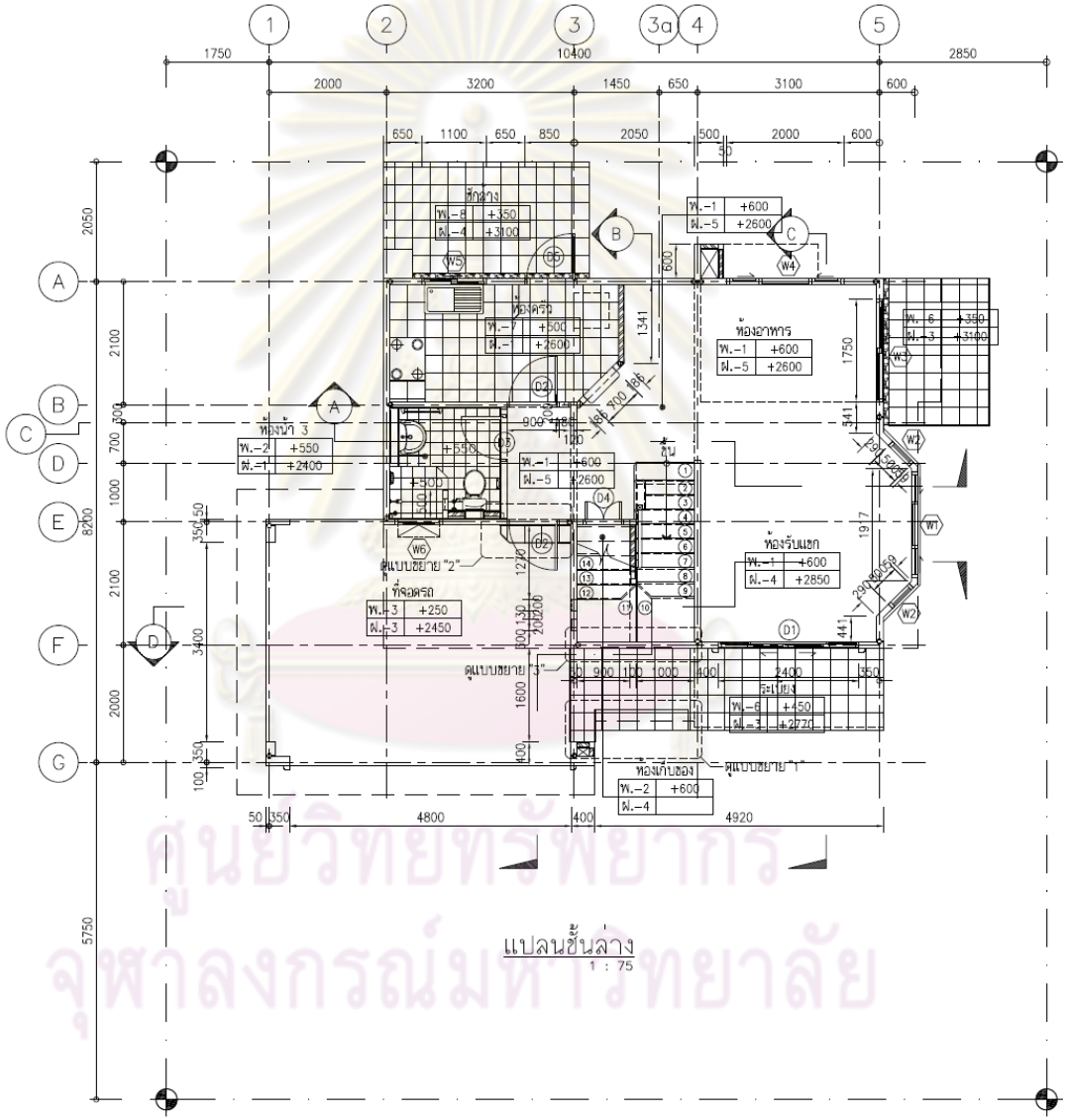
รวมพื้นที่ใช้สอย 148 ตารางเมตร

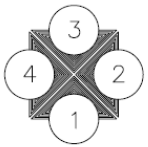
<u>ลักษณะของระยะช่วงเสา (Colum Span) ที่เลือกใช้</u>

- แนวแกนตั้ง มีระยะตั้งแต่ 0.70, 1.65, 2.10, 2.35, 3.05, 3.75, 4.10 ม.
- แนวแกนนอน มีระยะตั้งแต่ 0.70, 0.85, 1.25, 2.00, 3.00, 3.15 ม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(เครื่องหมายแสดงการตัดขวางแสดงในแบบแปลน A ตามรูปที่ 4.5 แสดงในรูปที่ 4.6)





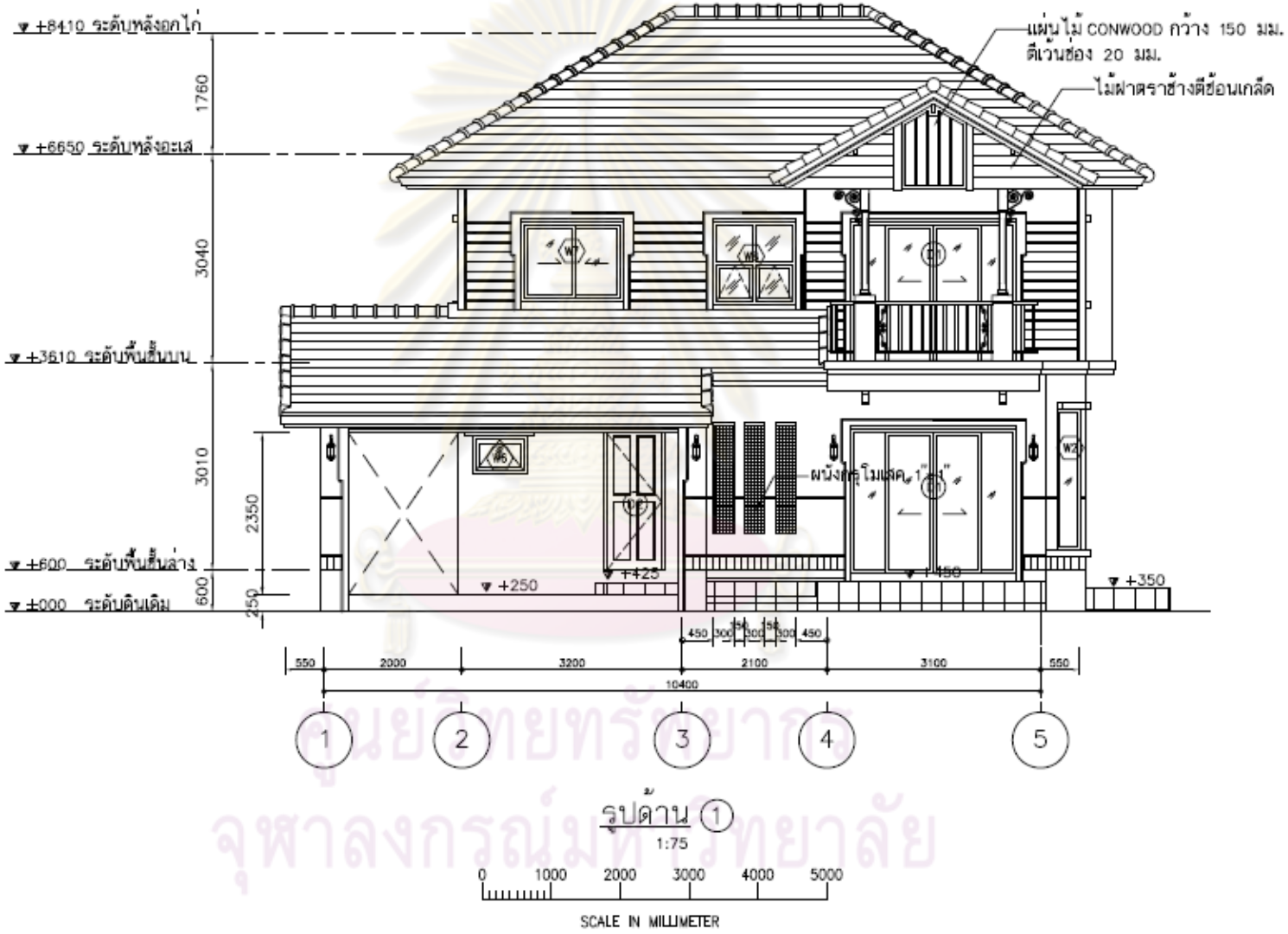
เลขแสดงรูปด้าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(แสดงผลการใช้งานของ A ในการเปรียบเทียบกับ ภาพที่ 4.6 ผลการใช้งานของ A ในการเปรียบเทียบกับ)

แปลนชั้นบน
1 : 75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปด้าน ①

1:75

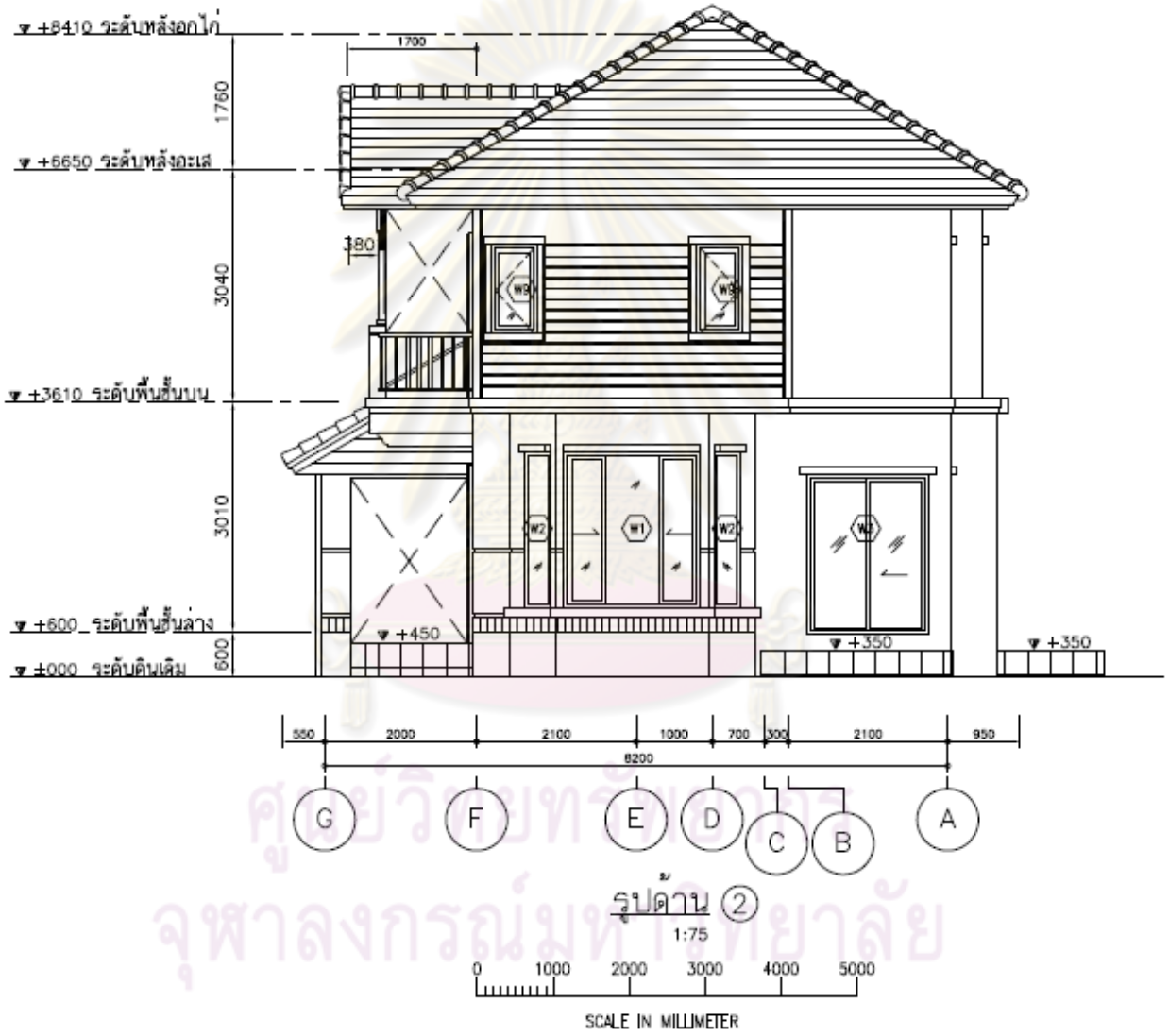
0 1000 2000 3000 4000 5000

SCALE IN MILLIMETER

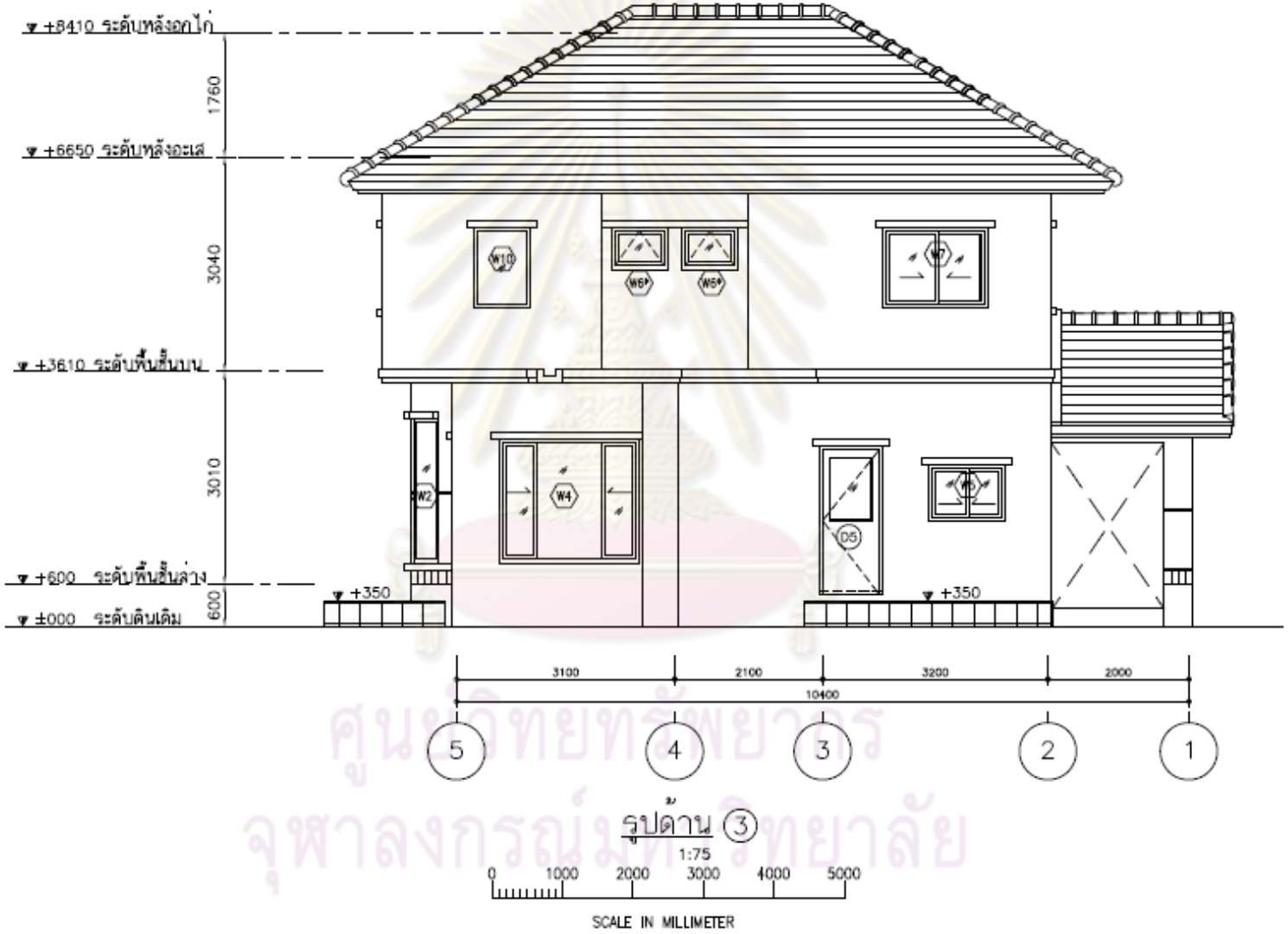
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(แสดงผลงาน) ภาคผนวก ก. 7 แสดงผลงานนักศึกษาชั้นปีที่ 4

แผนผังที่ 4.8 แสดงตำแหน่งที่ตั้งบ้านตัวอย่าง A (กรณีศึกษา)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปด้าน ③

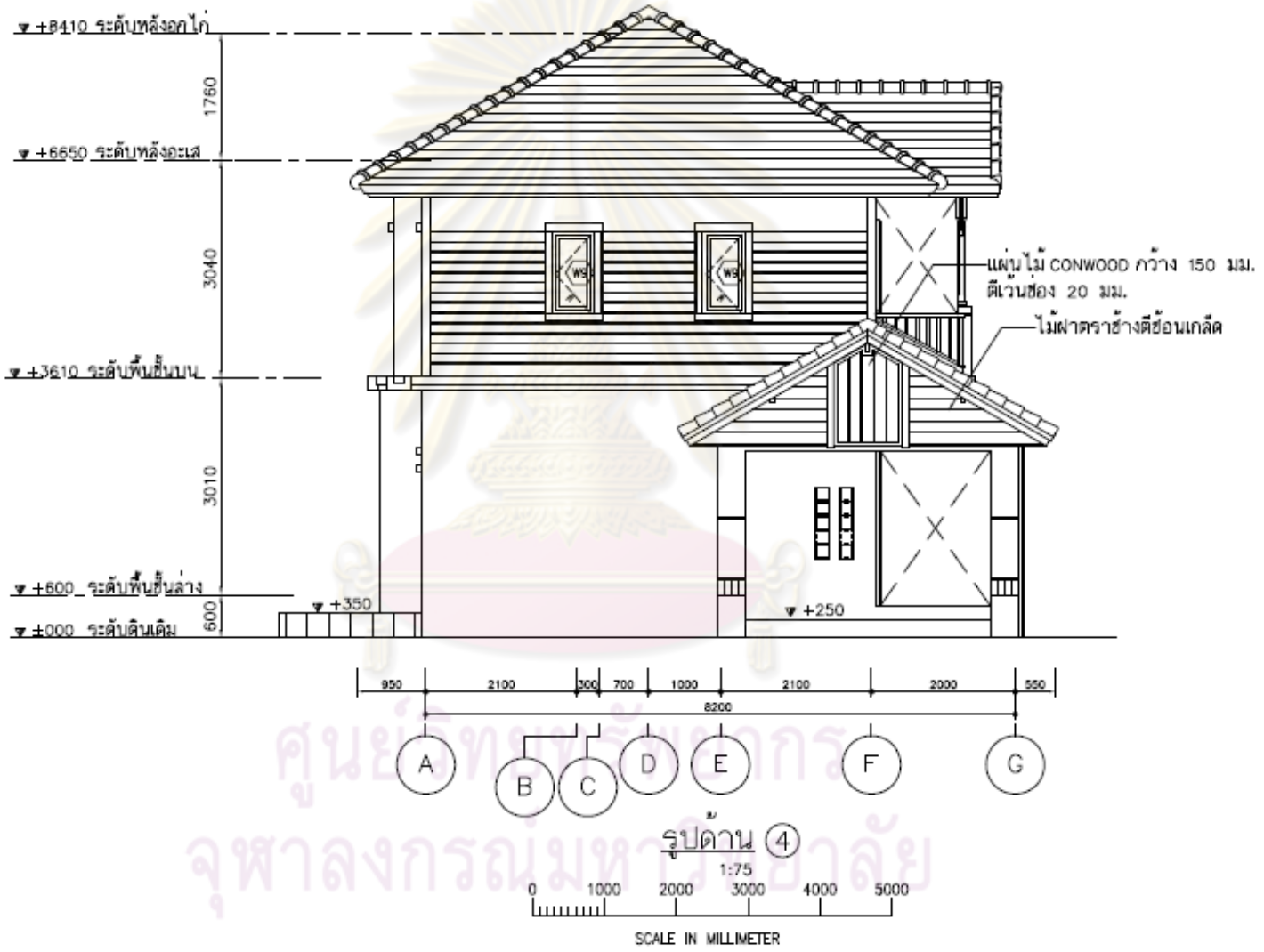
1:75

0 1000 2000 3000 4000 5000

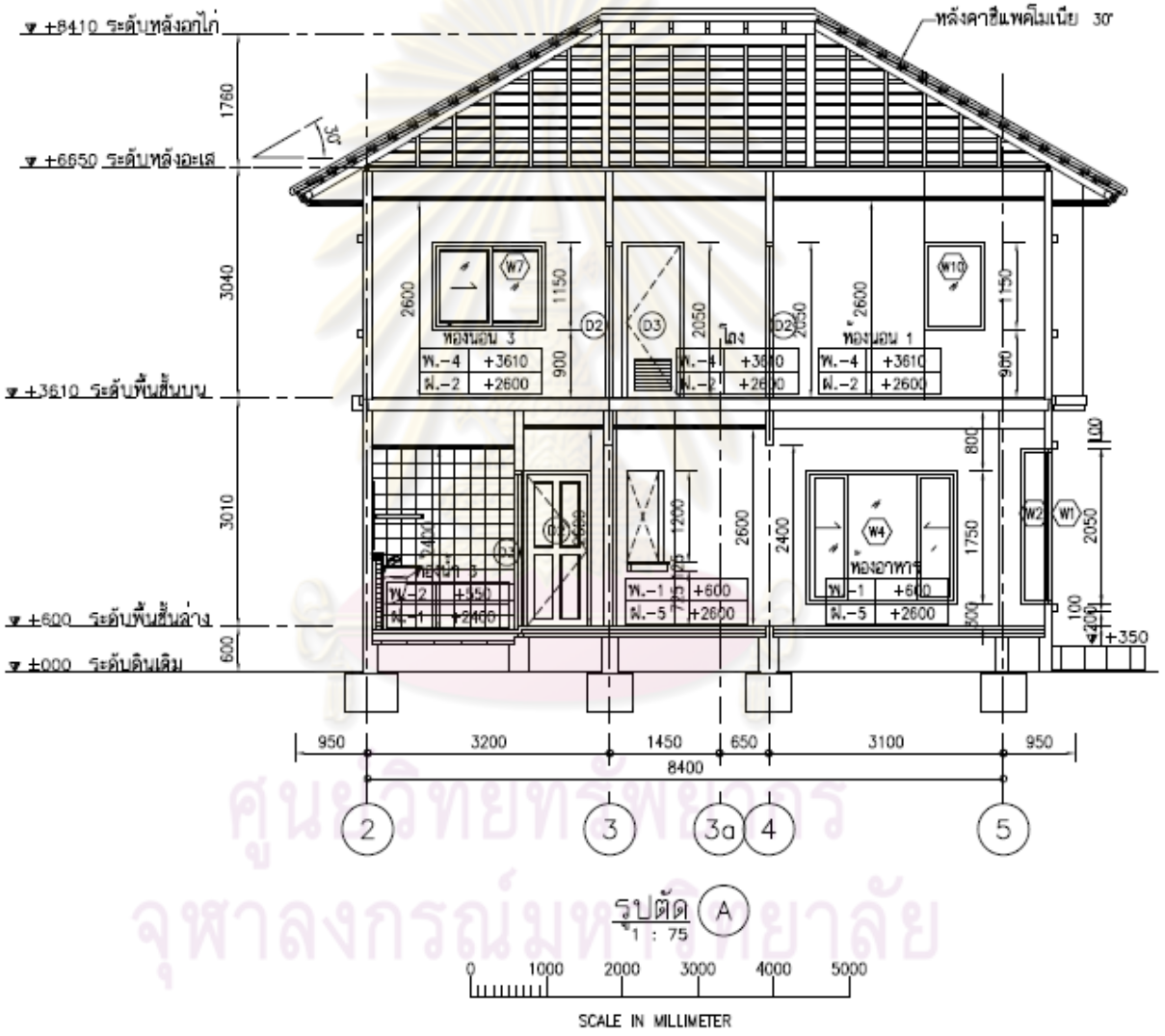
SCALE IN MILLIMETER

(แบบปรับปรุงจากแบบรูปรังวัดที่ดิน 4.9 แปลงที่ 1 ระวาง A)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



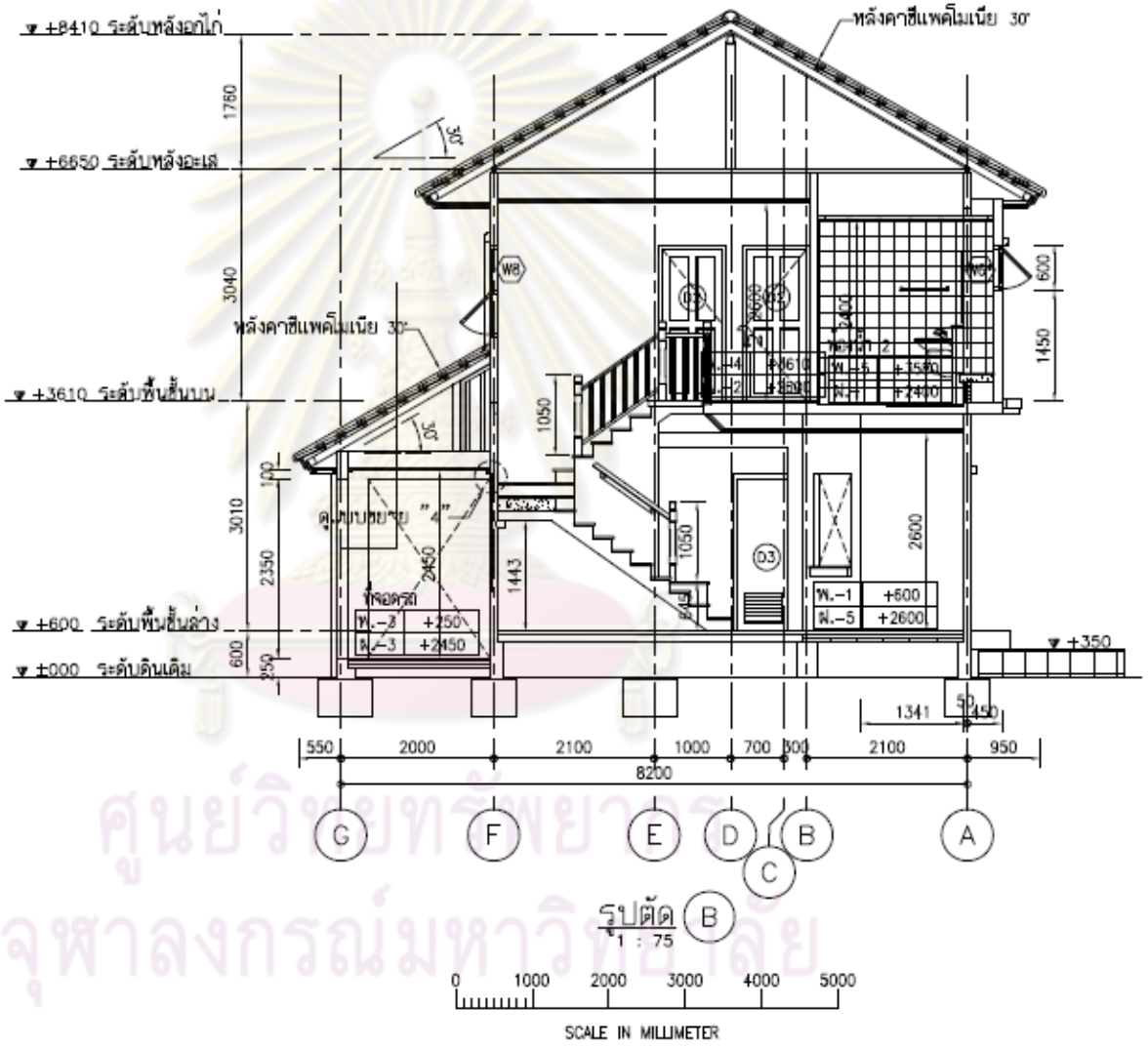
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปตัด A
1 : 75

แผนผังที่ 4.11 แสดงลักษณะรูปตัดของบ้านตัวอย่าง A (กรณีศึกษา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แสดงตำแหน่งรูปตัดในแบบแปลน ภาคผนวก ก (แบบแปลนชั้นล่าง) รูปที่ 4.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปภาพที่ 4.4 แสดงทัศนียภาพแบบบ้าน A (กรณีศึกษา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ลักษณะของรูปแบบบ้าน B (กรณีศึกษา) ประเภทบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ประกอบไปด้วย

<u>แปลนพื้นชั้นล่าง</u>

- ห้องรับแขก	ขนาด	3.90 x 5.30 ม.
- ห้องรับประทานอาหาร	ขนาด	3.00 x 3.00 ม.
- เฉลียงทางเข้า	ขนาด	1.30 x 4.10 ม.
- เฉลียง 2	ขนาด	1.30 x 3.00 ม.
- ห้องน้ำ 3	ขนาด	2.80 x 1.40 ม.
- ส่วนเตรียมอาหาร	ขนาด	2.20 x 2.90 ม.
- ซักล้างและส่วนครัวไทย	ขนาด	1.70 x 3.10 ม.
- โถงบันได	ขนาด	2.00 x 2.00 ม.
- ที่จอดรถ	ขนาด	4.00 x 5.00 ม.

<u>แปลนพื้นชั้นบน</u>

- ห้องนอนใหญ่	ขนาด	3.00 x 6.80 ม.
- ระเบียง	ขนาด	0.80 x 4.00 ม.
- ห้องน้ำ 1	ขนาด	1.90 x 1.90 ม.
- ห้องนอน 2	ขนาด	3.00 x 3.00 ม.
- ห้องนอน 3	ขนาด	3.00 x 3.00 ม.
- โถงบันได	ขนาด	2.00 x 5.00 ม.

รวมพื้นที่ใช้สอย 135 ตารางเมตร

<u>ลักษณะของระยะช่วงเสา (Colum Span) ที่เลือกใช้</u>

- แนวแกนตั้ง มีระยะตั้งแต่	2.20, 2.80, 3.00 ม.
- แนวแกนนอน มีระยะตั้งแต่	2.10, 2.90, 3.90 ม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 4.13 แบบแปลนชั้นล่าง B (กรณีศึกษา)

แปลนพื้นชั้นล่าง
1:75

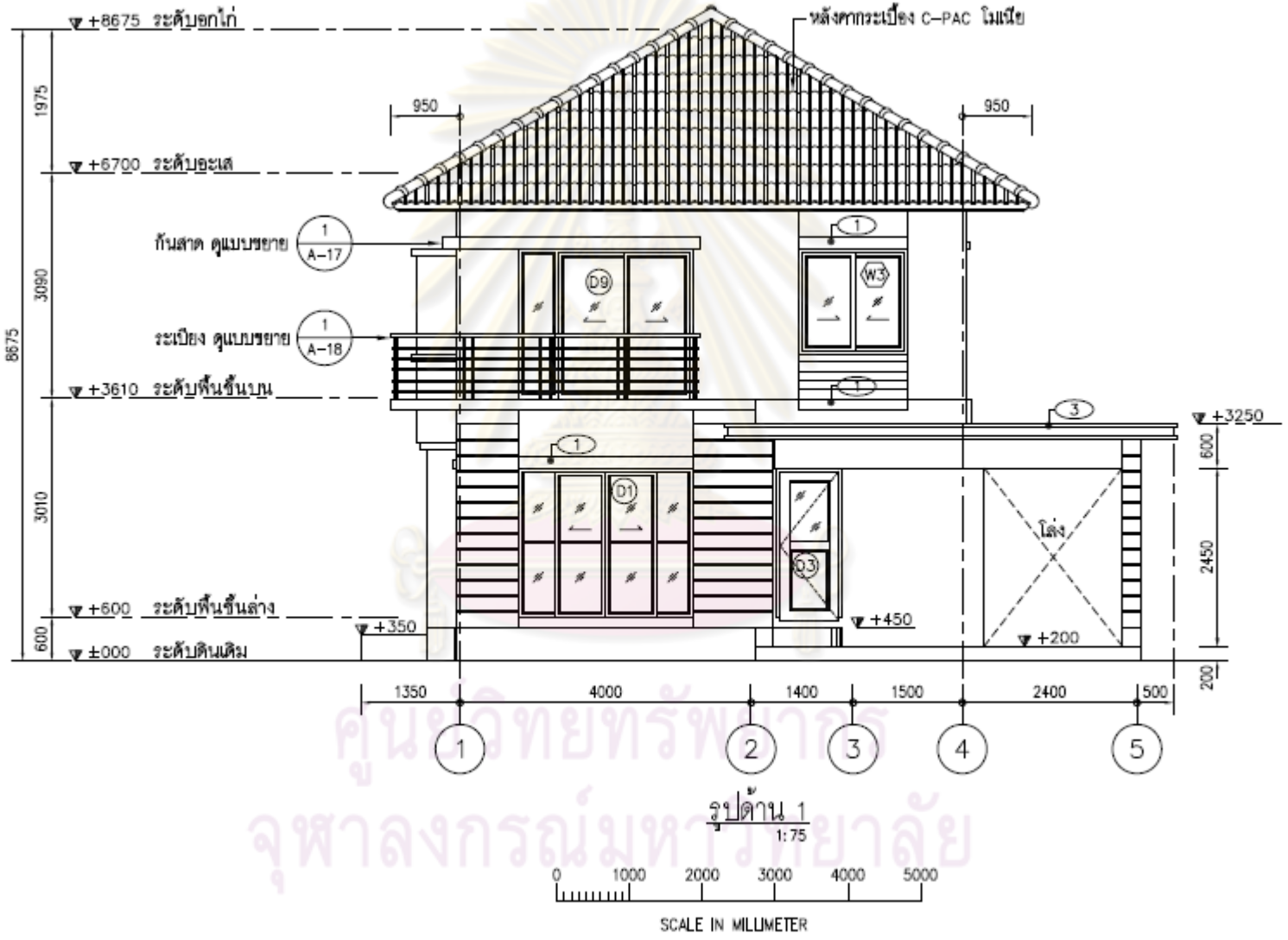
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบที่ 4.14 แบบแปลนพื้นชั้นบน B ของบ้านพักตากอากาศ (ต่อ)

แปลนพื้นชั้นบน
1:75

0 1000 2000 3000 4000 5000
SCALE IN MILLIMETER

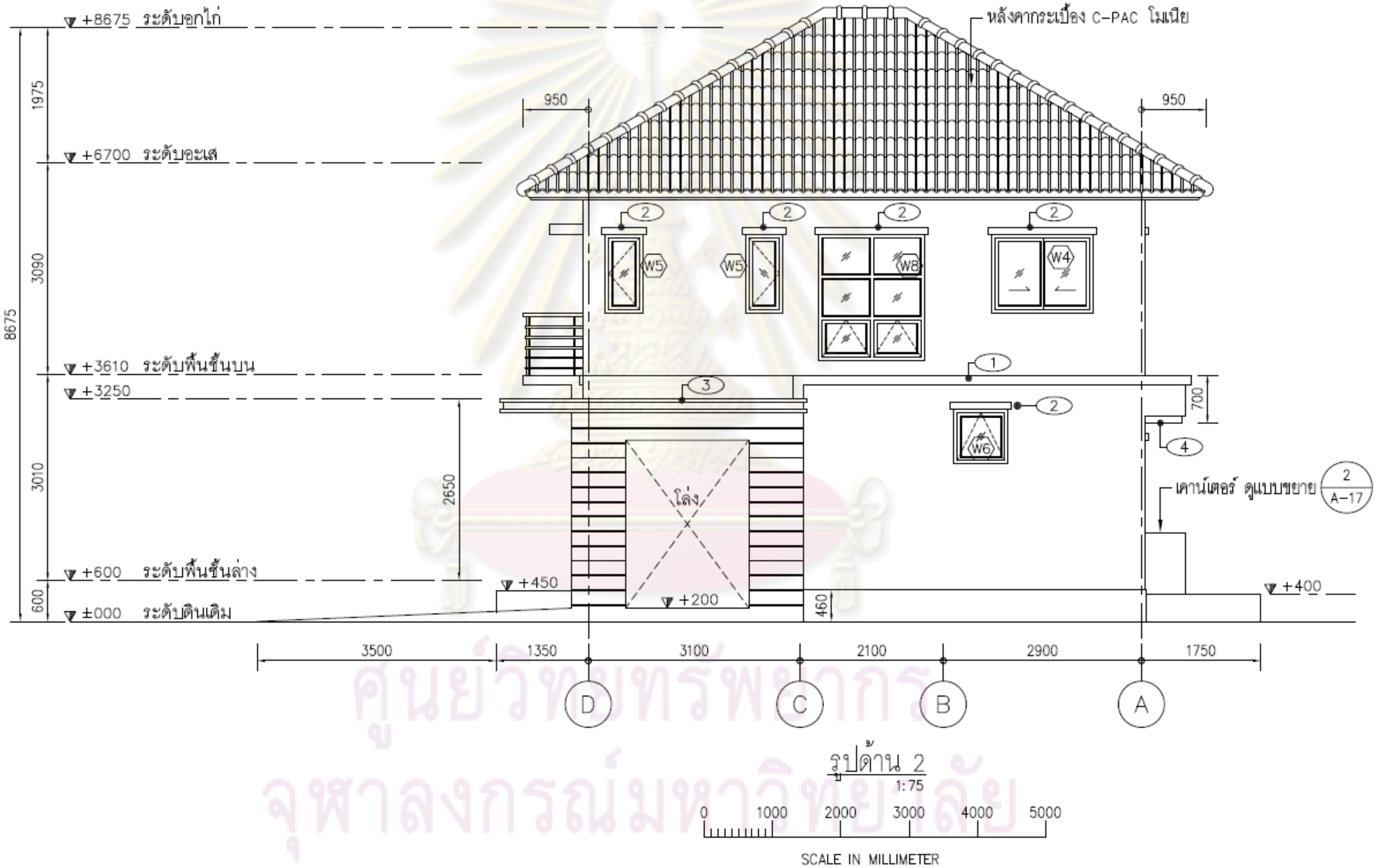
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปด้าน 1
1:75

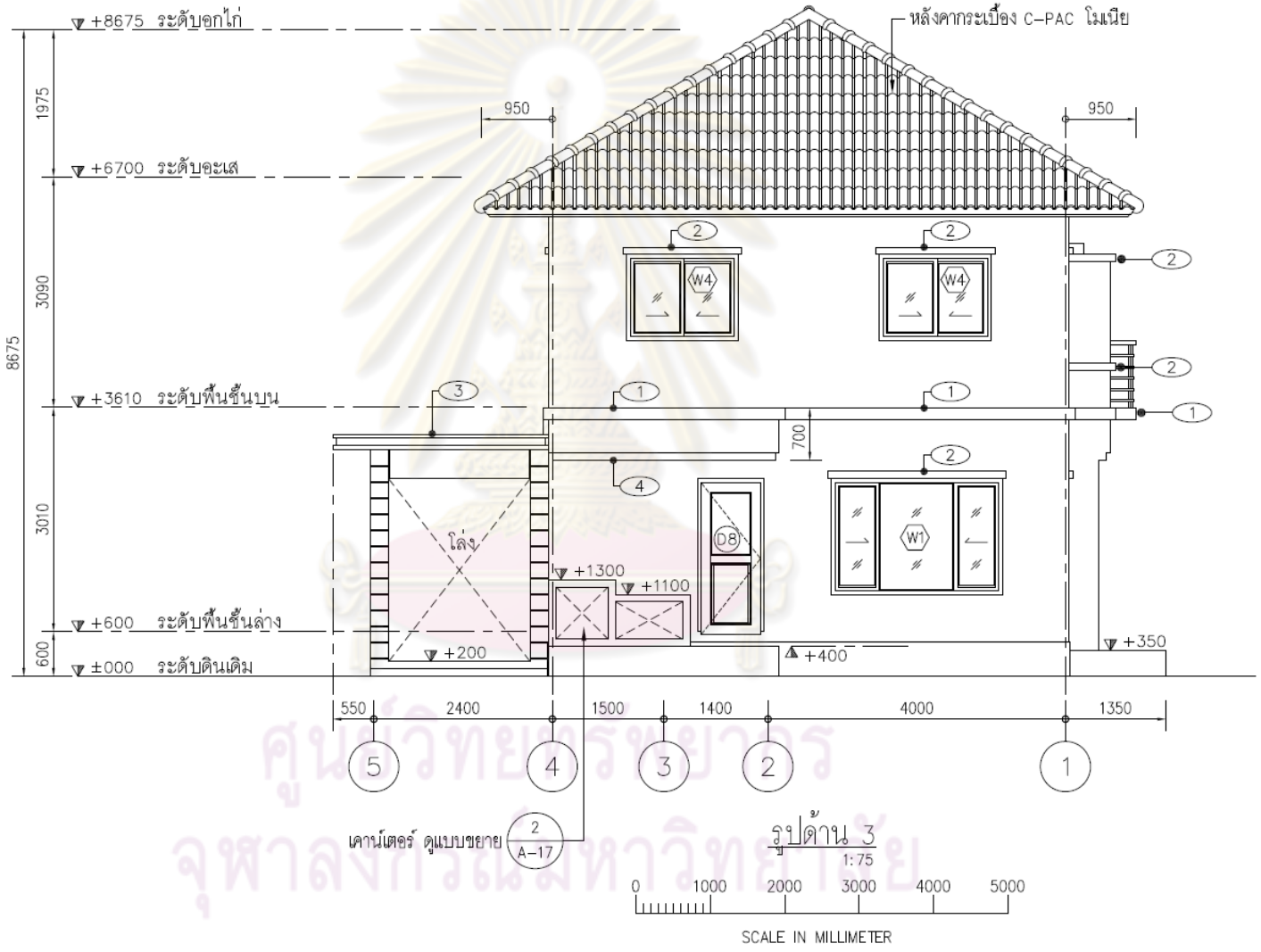
แสดงรูปด้านทางทิศตะวันตกของอาคารชุดพักอาศัย B ในโครงการ (กรณีศึกษา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



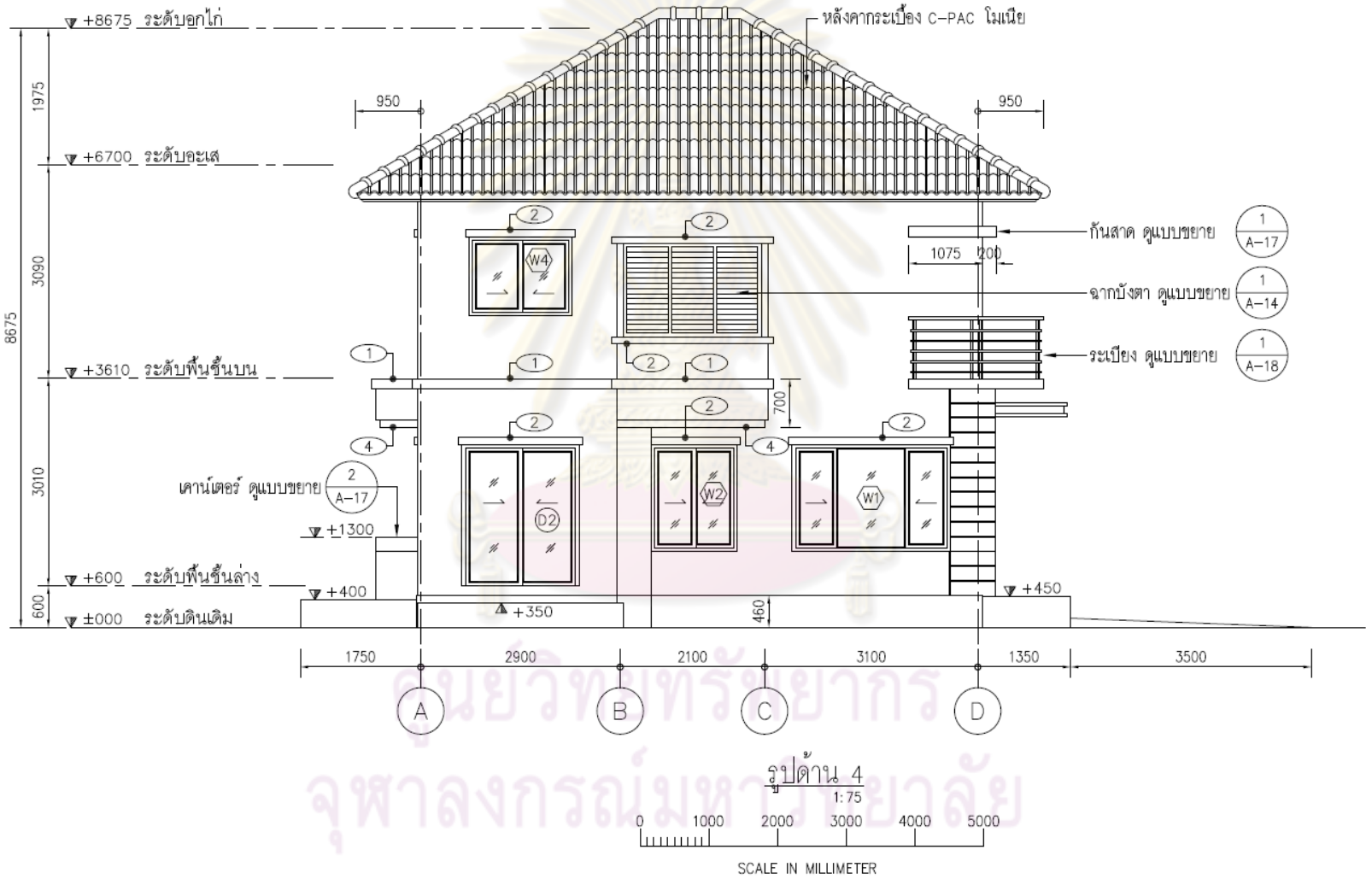
แผนผังที่ 4.16 แสดงรูปด้านแบบบ้าน B (กรณีศึกษา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แสดงผังพื้น 4.17 แสดงแบบรูปด้านบ้านหลังที่ B (ตัวอย่าง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



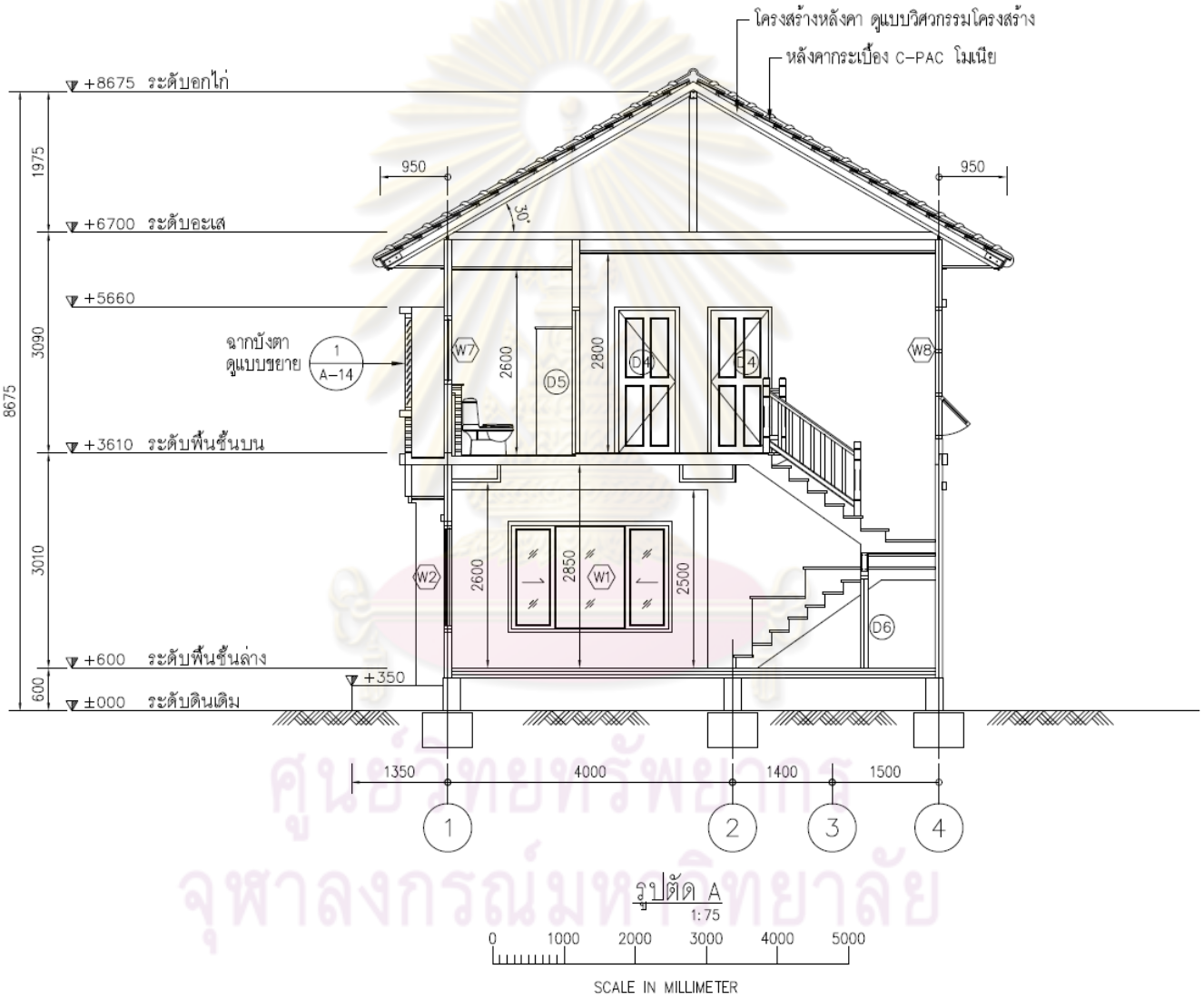
รูปด้าน 4
1:75

0 1000 2000 3000 4000 5000

SCALE IN MILLIMETER

แสดงผังที่ 4.18 แสดงรูปด้านทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ของอาคารประเภท B (เครื่องหมาย)

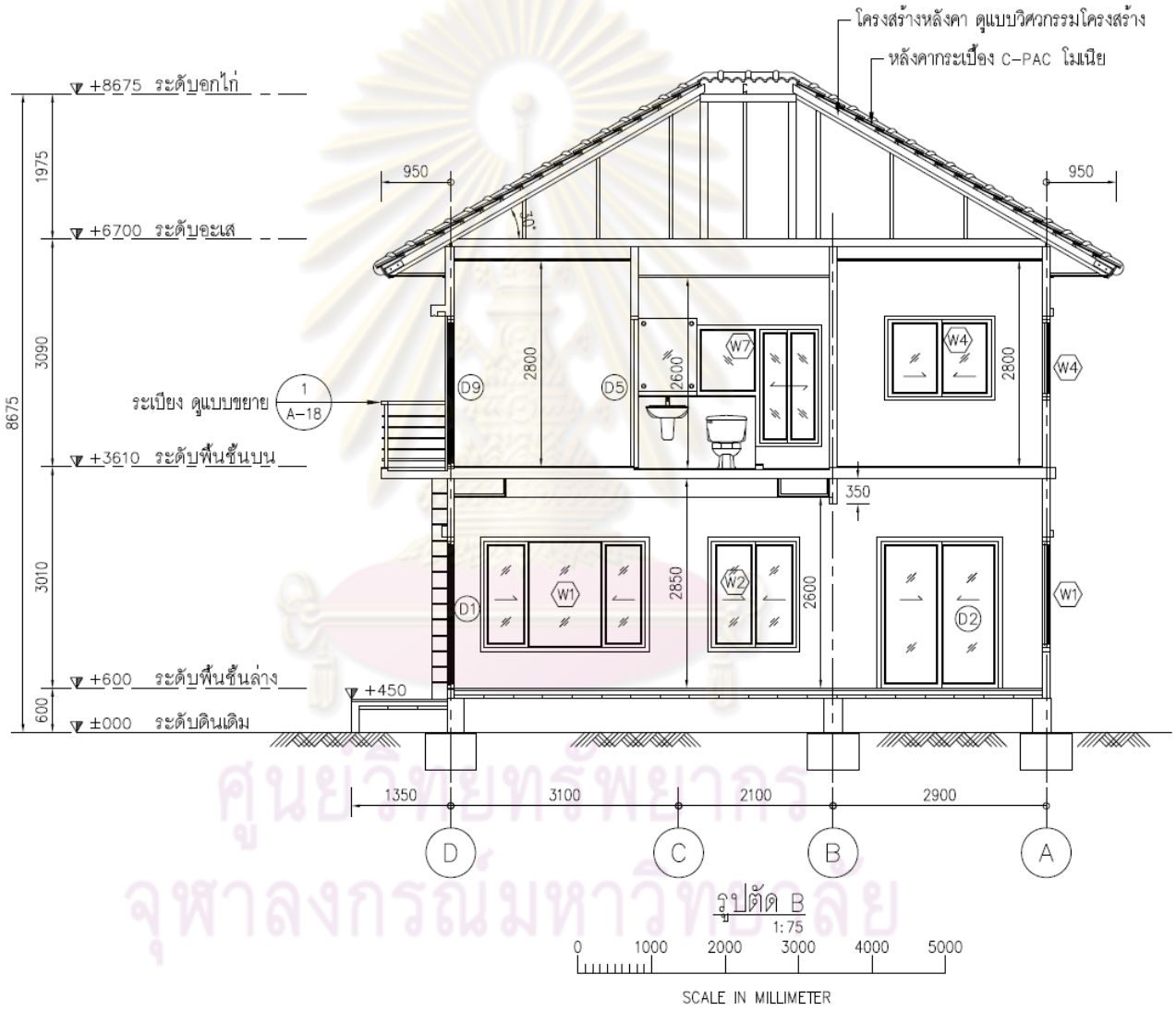
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(แสดงตำแหน่งรูปตัดบนผังพื้นชั้นที่ 1 : 19 แสดงแสดง B)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนผังที่ 4.20 แสดงรูปตัดแบบบ้านตัวอย่าง B (กรณีศึกษา)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปภาพที่ 4.5 แสดงทัศนียภาพแบบบ้าน B (กรณีศึกษา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ลักษณะของรูปแบบบ้าน C (กรณีศึกษา) ประเภทบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ประกอบไปด้วย

<u>แปลนพื้นชั้นล่าง</u>

- ห้องรับแขก	ขนาด	3.60 x 4.10 ม.
- ห้องรับประทานอาหาร	ขนาด	3.00 x 2.50 ม.
- เฉลียงทางเข้า	ขนาด	1.10 x 3.20 ม.
- ห้องน้ำ1	ขนาด	1.80 x 1.90 ม.
- ห้องครัวไทย	ขนาด	2.10 x 2.60 ม.
- ซักล้าง	ขนาด	3.00 x 2.00 ม.
- โถงบันได	ขนาด	1.00 x 2.10 ม.
- ที่จอดรถ	ขนาด	3.00 x 5.00 ม.

<u>แปลนพื้นชั้นบน</u>

- ห้องนอนใหญ่	ขนาด	3.60 x 5.10 ม.
- ระเบียง	ขนาด	0.90 x 3.00 ม.
- ห้องน้ำ 2	ขนาด	1.70 x 3.00 ม.
- ห้องนอน 2	ขนาด	3.00 x 3.00 ม.
- ห้องนอน 3	ขนาด	3.00 x 3.00 ม.
- โถงบันได	ขนาด	1.10 x 2.50 ม.

รวมพื้นที่ใช้สอย 130 ตารางเมตร

<u>ลักษณะของระยะช่วงเสา (Colum Span) ที่เลือกใช้</u>

- แนวแกนตั้ง มีระยะตั้งแต่ 0.85, 1.80, 2.55, 3.10 ม.
- แนวแกนนอน มีระยะตั้งแต่ 0.60, 2.50, 3.10 ม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

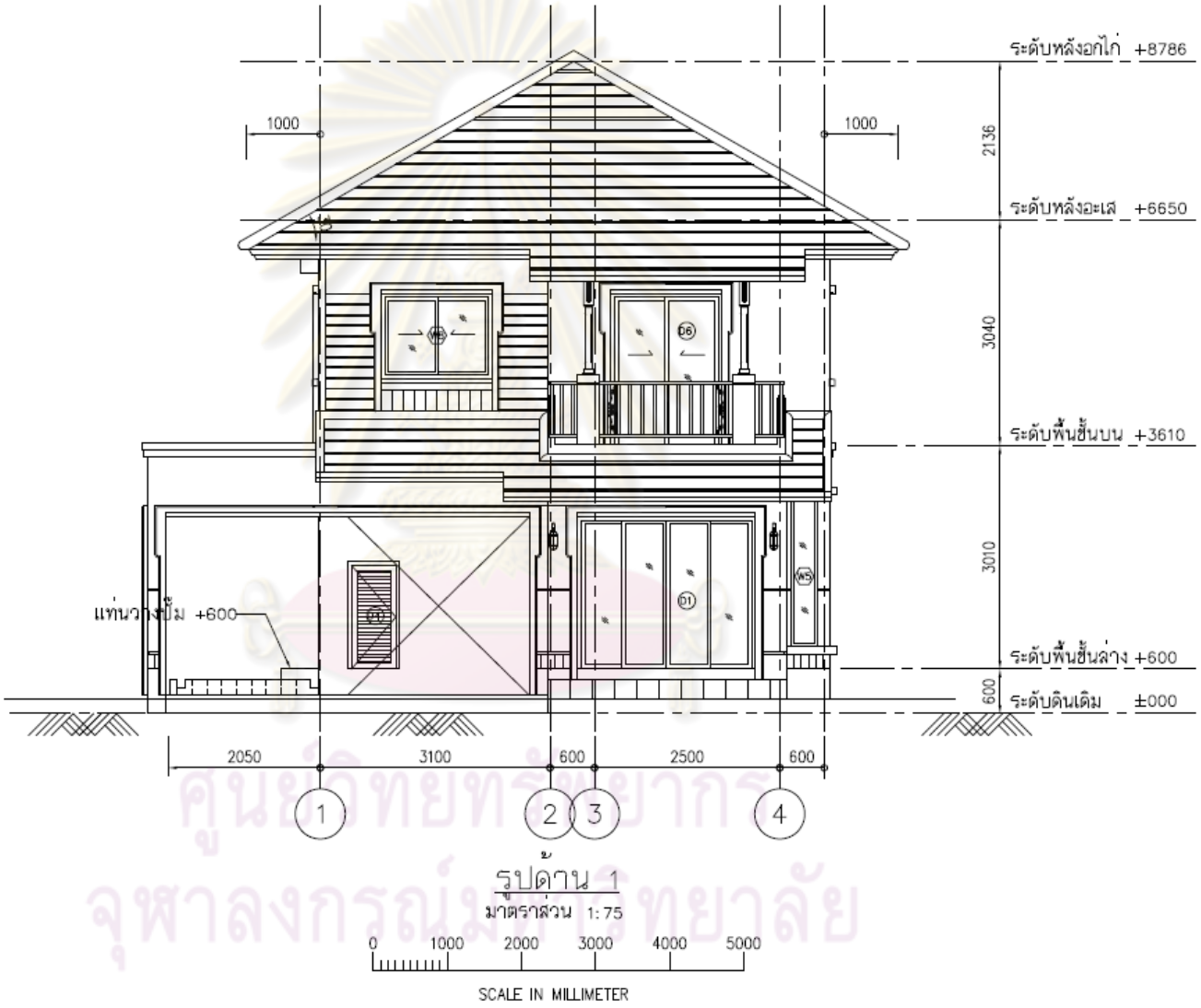
(แสดงผังชายคา C ทับแปลนชั้นล่าง) มาตราส่วน 1:75

135

(เครื่องหมายแสดงการอนุญาตให้ใช้งานตามสัญญาอนุญาต ครีเอทีฟคอมมอนส์ แบบแสดงที่มา 4.22 ประเทศไทย) ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แปลนชั้นบน
1 : 75

0 1000 2000 3000 4000 5000
SCALE IN MILLIMETER



รูปด้าน 1

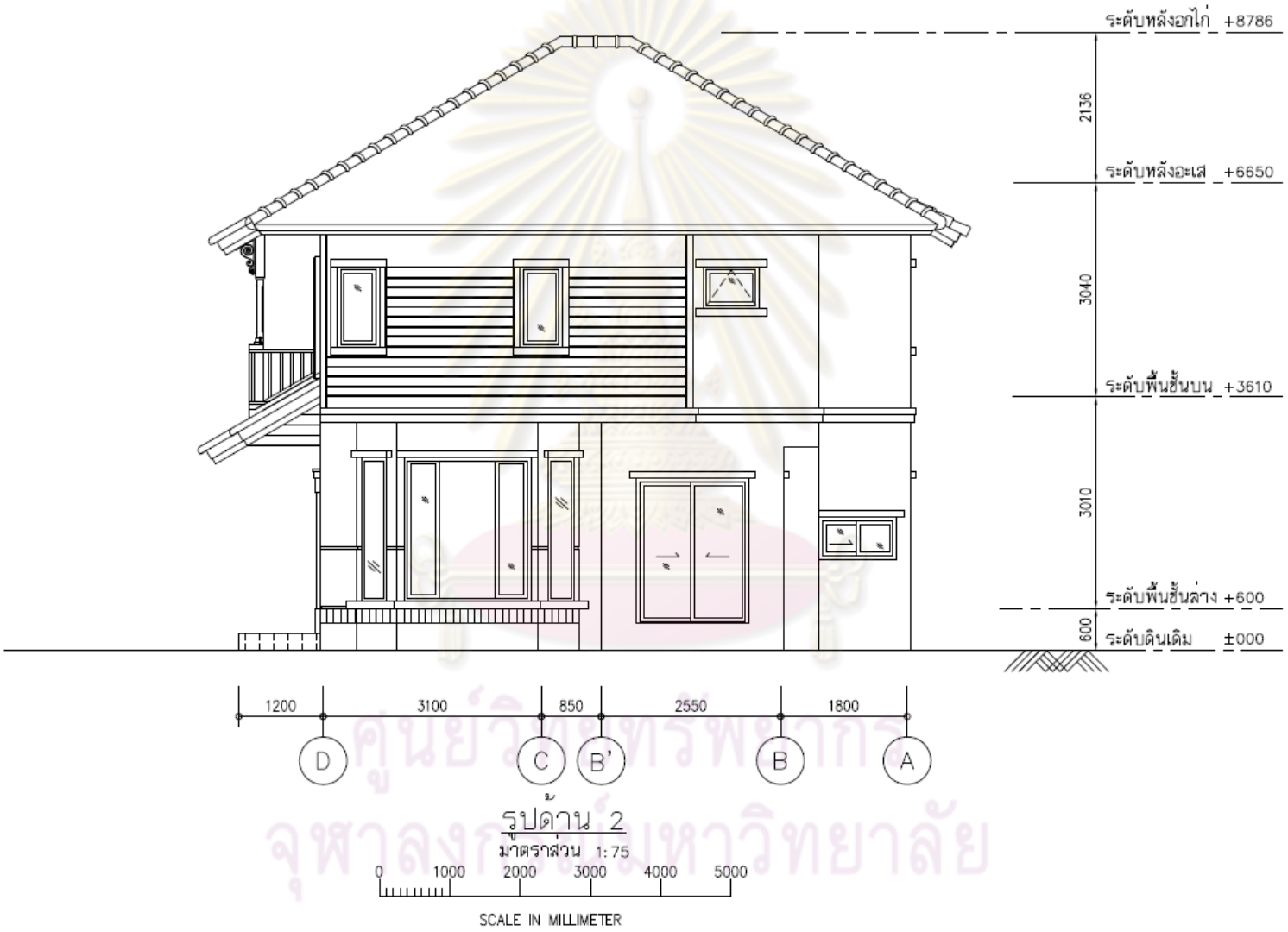
มาตราส่วน 1:75

0 1000 2000 3000 4000 5000

SCALE IN MILLIMETER

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

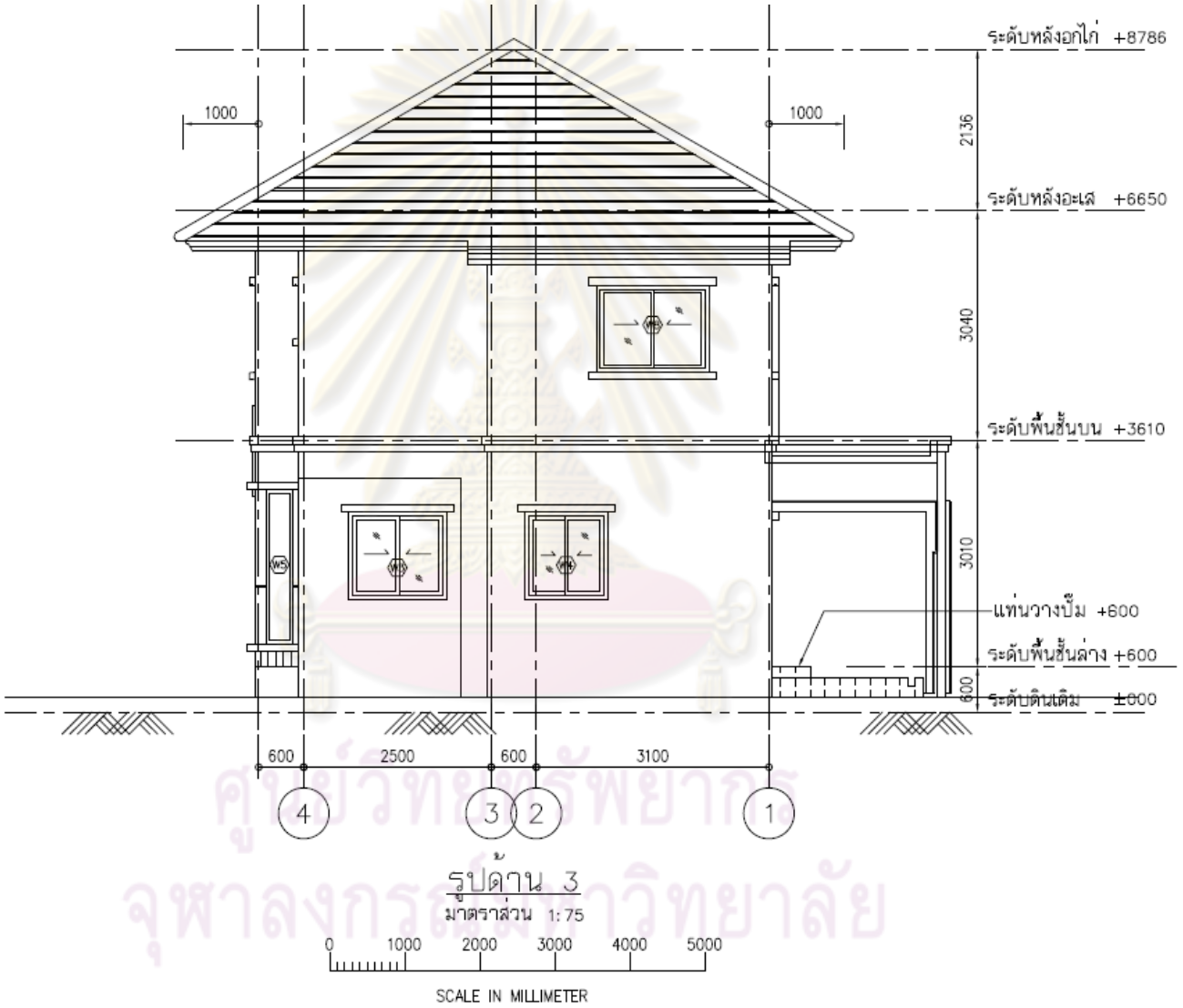
แบบสิ่งปลูกสร้างประเภทที่ 4 23 เตียงขึ้นไป C (แบบคงมั่นถาวร)



รูปด้าน 2
มาตราส่วน 1:75

(แบบสุขุมวิท) หมู่บ้านกรีนเนท ประเภทบ้านเดี่ยว 4.24 แบบที่ C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปด้าน 3

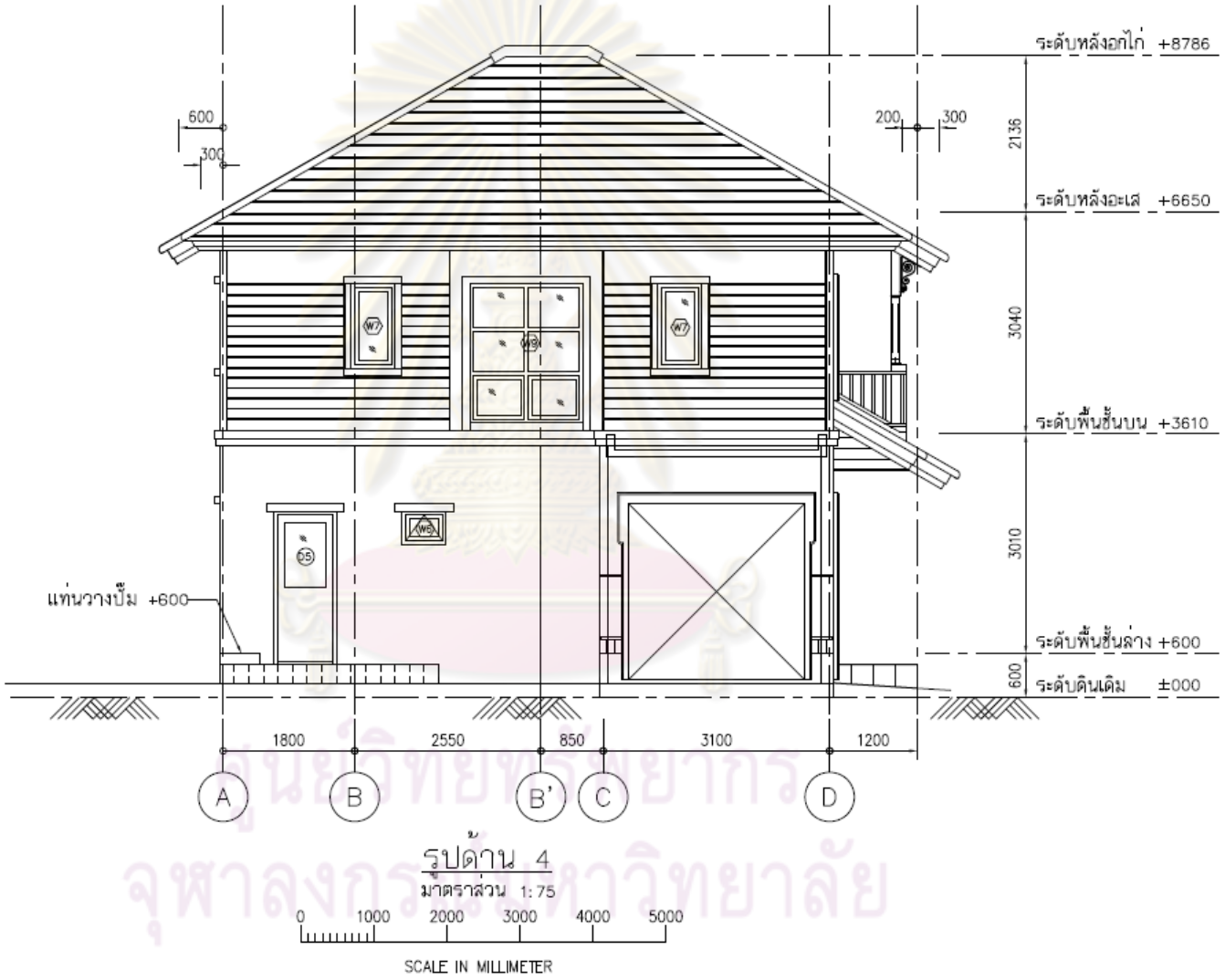
มาตราส่วน 1:75

0 1000 2000 3000 4000 5000

SCALE IN MILLIMETER

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงผังพื้นชั้นล่าง C ขนาดกว้าง 4.25 เมตร ยาว 7.00 เมตร (เฉพาะส่วนที่ 1)



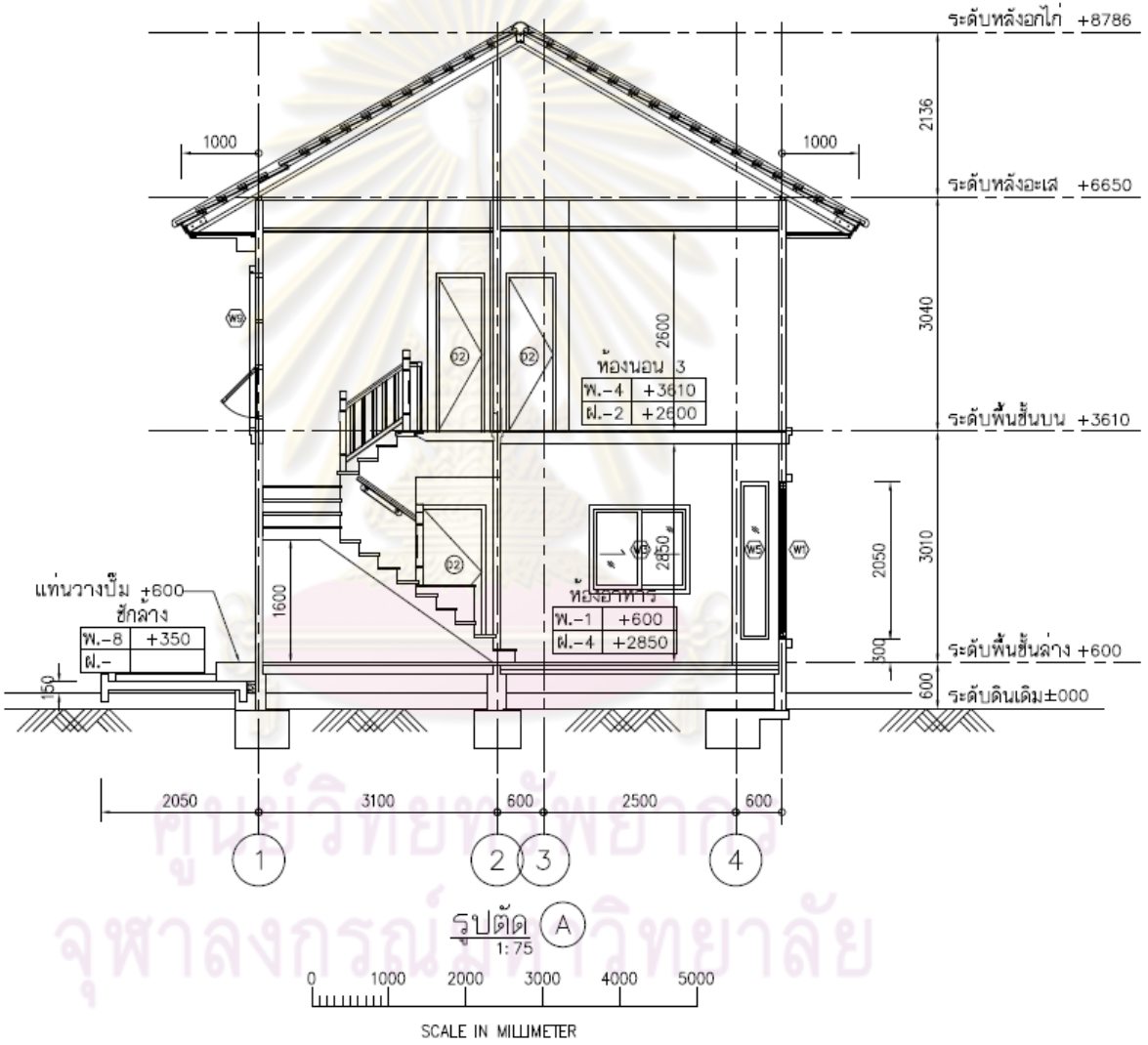
รูปด้าน 4

มาตราส่วน 1:75

0 1000 2000 3000 4000 5000

SCALE IN MILLIMETER

(เครื่องหมาย C คณะกรรมการนิสิตจุฬาฯ ปีการศึกษา 4.26 ห้ามมิให้ทำซ้ำ)



แบบขยายรายละเอียดผนังชั้นที่ 4.27 แสดงผนังรูปแบบที่ C (ผนังสีเขียว)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

141

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เสนอผลงานวันที่ 4:28 เมษายน 2548 (นายสุรเชษฐ์ ทนุถนอมศักดิ์)

142

รูปภาพที่ 4.6 แสดงทัศนียภาพแบบบ้าน C (กรณีศึกษา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 รายละเอียดประกอบการก่อสร้างอาคาร

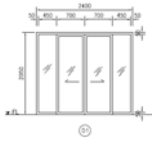
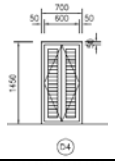
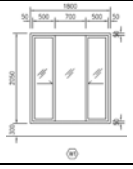
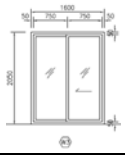
- รายละเอียดวัสดุก่อสร้างทั่วไปของแบบบ้าน A

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดประกอบการก่อสร้างแบบบ้าน A,B,C

ลำดับ	รายการ	รายละเอียด
1	งานเข็ม	เสาเข็ม I-0.22x0.22 ม.
2	โครงสร้างอาคาร	ระบบผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป (ผนังชั้นล่างวางบนฐานราก) - ฐานราก ตอม่อ ค.ส.ล.หล่อในที่
3	หลังคา	- โครงหลักคาเหล็กชุบ Galvanize - กระเบื้องซีแพคโมเนีย
4	ผนังอาคาร	ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป
5	พื้นภายในชั้นล่าง พื้นภายในชั้นสอง พื้นห้องน้ำ พื้นโรงจอดรถ,พื้นซักล้าง	- ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป - ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป - ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป - พื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ,พื้นหล่อในที่
6	วัสดุปูพื้น	บุกระเบื้องเซรามิค - พื้นชั้นล่างกระเบื้อง 12”x12” - พื้นชั้นบน พื้นไม้สำเร็จรูปลามิเนต หนา 8 มม. - พื้นห้องน้ำกระเบื้อง 8”x8”
7	ฝ้าเพดาน ภายใน(ชั้นบน) ภายใน (ชั้นล่าง) ภายใน(ห้องน้ำ)	ยิปซั่มฉาบเรียบทาสี - ยิปซั่ม 9 มม. ฉาบเรียบ บุฟรอยด์ - ท้องพื้น ค.ส.ล. แต่งผิว ทาสี - ยิปซั่ม 9 มม. ฉาบเรียบชนิดกันชื้น
8	ประตู-หน้าต่าง	- กรอบบานสำเร็จรูป อลูมิเนียม - วงกบไม้เนื้อแข็ง 2”x4” ,ไม้สังเคราะห์ไวนิล - กระจกเขียวตัดแสง
9	บันได	ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป กรุไม้เนื้อแข็ง
10	สี	ทาสีน้ำอะครีลิค

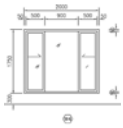
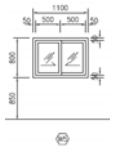
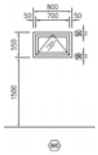
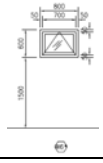
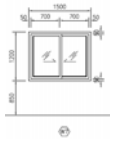
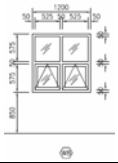
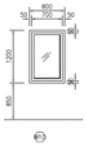
- รายละเอียดของขนาด ประตู-หน้าต่าง ของแบบบ้าน A

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดประตู-หน้าต่าง แบบบ้าน A

สัญลักษณ์	ขนาด(มม.)		วัสดุที่เลือกใช้	รูปภาพประกอบ
	กว้าง	สูง		
ประตู				
D-1	2400	2050	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
D-2	900	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-3	800	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-4	700	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-5	900	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
หน้าต่าง				
W-1	1800	2050	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-2	500	2050	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-3	1600	2050	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

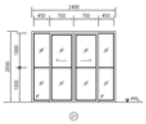
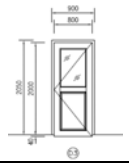
ตารางที่ 4.3 รายละเอียดประตู-หน้าต่าง แบบบ้าน A (ต่อ)

สัญลักษณ์	ขนาด(มม.)		วัสดุที่เลือกใช้	รูปภาพประกอบ
	กว้าง	สูง		
หน้าต่าง				
W-4	2000	1750	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-5	1100	800	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-6	800	550	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-6*	800	600	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-7	1500	1200	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-8	1200	1200	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-9	600	1200	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-10	800	1200	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

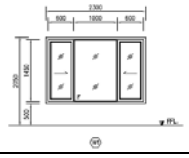
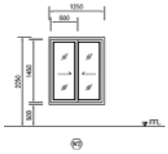
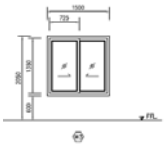
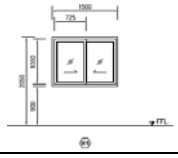
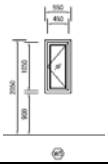
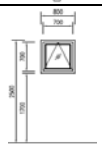
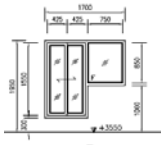
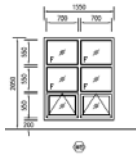
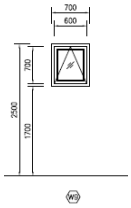
- รายละเอียดของขนาด ประตู-หน้าต่าง ของแบบบ้าน B

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดประตู-หน้าต่าง แบบบ้าน B

สัญลักษณ์	ขนาด(มม.)		วัสดุที่เลือกใช้	รูปภาพประกอบ
	กว้าง	สูง		
ประตู				
D-1	2400	2050	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
D-2	1700	2050	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
D-3	900	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-4	900	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-5	800	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-6	900	1300	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-7	2000	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-8	900	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-9	2400	2050	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

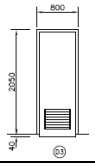
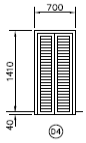
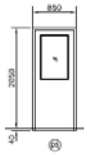
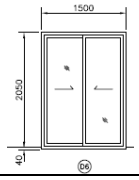
ตารางที่ 4.4 รายละเอียดประกอบการก่อสร้างแบบบ้าน B (ต่อ)

สัญลักษณ์	ขนาด(มม.)		วัสดุที่เลือกใช้	รูปภาพประกอบ
	กว้าง	สูง		
หน้าต่าง				
W-1	2300	1600	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-2	1250	1600	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-3	1500	1450	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-4	1500	1150	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-5	550	1150	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-6	800	800	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-7	1700	1650	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-8	1550	1750	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-9	700	800	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

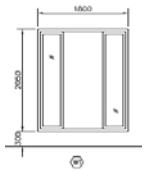
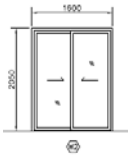
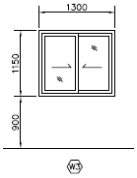
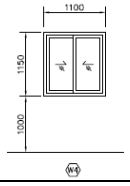
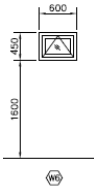
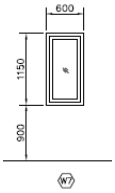
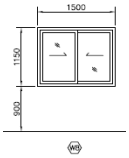
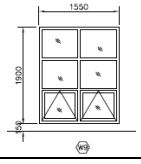
- รายละเอียดของขนาด ประตู-หน้าต่าง ของแบบบ้าน C

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดประตู-หน้าต่าง แบบบ้าน C

สัญลักษณ์	ขนาด(มม.)		วัสดุที่เลือกใช้	รูปภาพประกอบ
	กว้าง	สูง		
ประตู				
D-1	2300	2050	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
D-2	900	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-3	800	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-4	700	1450	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-5	850	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	
D-6	1500	2050	วงกบไม้ 2"x4" หน้าบานไม้สังเคราะห์	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดประกอบการก่อสร้างแบบบ้าน C (ต่อ)

สัญลักษณ์	ขนาด(มม.)		วัสดุที่เลือกใช้	รูปภาพประกอบ
	กว้าง	สูง		
หน้าต่าง				
W-1	1800	1600	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-2	1600	1600	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-3	1300	1450	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-4	1100	1150	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-5	500	2050	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-6	600	450	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-7	600	1150	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-8	1500	1150	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	
W-9	1150	1900	วงกบกรอบบานอลูมิเนียมอบขาว,กระจกเขียวตัดแสง	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ลักษณะการดำเนินการก่อสร้าง

ลักษณะเป็นโครงการบ้านเดี่ยวและบ้านแฝด 2 ชั้น จำนวน รวม 5 เฟส 1,945 หลัง สร้างไปแล้วเสร็จ จำนวน 567 หลัง (ข้อมูล ณ วันที่ 1 พฤศจิกายน 2552) เพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัย โดยมีบริษัทอสังหาริมทรัพย์รายใหญ่ที่เป็นเจ้าของโครงการและบริหารงานก่อสร้าง ทางบริษัทเป็นผู้ออกแบบอาคารและวางผังอาคารเอง แต่ได้จัดหาบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม , งานโครงสร้างและงานระบบประกอบอาคาร บริษัทผู้ควบคุมงานเอง โดยระบบการก่อสร้างมีทั้งระบบดั้งเดิม ระบบผนังรับน้ำหนัก และระบบเสาคานสำเร็จรูป โดยระบบผนังรับน้ำหนักได้มีโรงงานผลิตอยู่ที่โครงการฯเพื่อผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปงานต่อการขนส่ง ส่วนระบบเสาคานสำเร็จรูปได้ผลิตจากโรงงานอยู่นอกโครงการฯแล้วมาประกอบในที่แต่มีเฉพาะบางหลังเท่านั้นที่เลือกใช้ระบบนี้ ส่วนแบบบ้านที่ผู้วิจัยเลือกมา 3 แบบคือ แบบ A,B มีการก่อสร้างทั้ง 3 ระบบ ส่วนแบบ C มีระบบการก่อสร้างเป็นระบบผนังรับน้ำหนักเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
กระบวนการวิเคราะห์และการหาแนวทางการออกแบบ

รายละเอียดของบทนี้เป็นการหาแนวทางในการออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้นในระบบประสานทางพิกัดเพื่อให้ได้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเป็นกระบวนการที่ได้จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากการศึกษามาแล้วในบทก่อนหน้านี้ สามารถแบ่งหัวข้อประเด็นหลักๆของการวิเคราะห์ได้ดังนี้

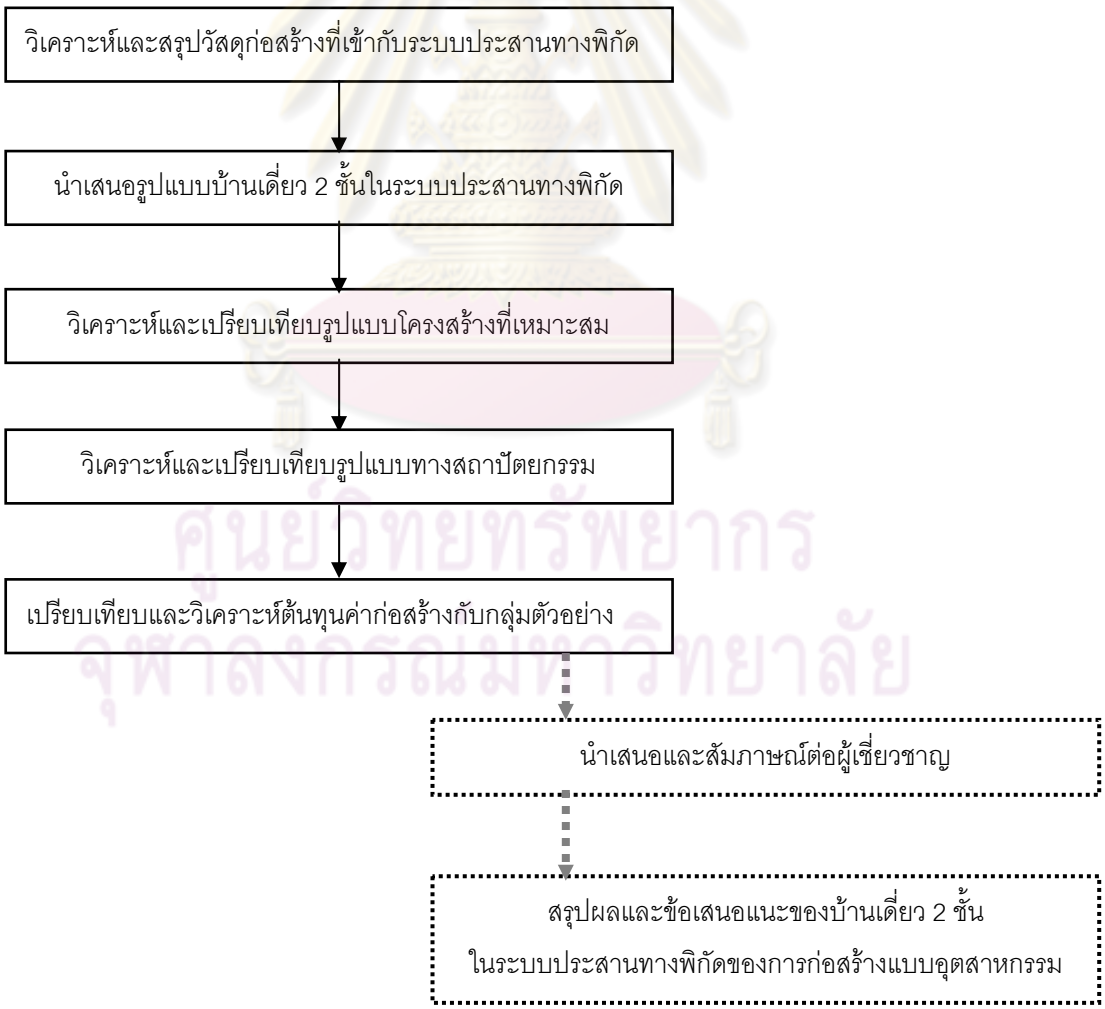
5.1 การวิเคราะห์วัสดุก่อสร้างให้เข้ากับระบบประสานทางพิกัด

5.2 การวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้าง

5.3 แนวทางการออกแบบบ้านในระบบประสานทางพิกัด

5.4 การเปรียบเทียบรูปแบบบ้านในระบบประสานทางพิกัด

5.5 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้างและความเป็นไปได้



แผนผังที่ 5.1 แสดงกระบวนการิเคราะห์แนวทางการออกแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1 การวิเคราะห์วัสดุก่อสร้างให้เข้ากับระบบประสานทางพิกัด

รายละเอียดเกี่ยวกับวัสดุก่อสร้างต่างๆ ในหัวข้อนี้ เป็นการสรุปขนาดของวัสดุก่อสร้างซึ่งจะเลือกพิจารณาเฉพาะวัสดุที่สามารถใช้ออกแบบและก่อสร้างในระบบประสานทางพิกัดได้ โดยแสดงเป็นตารางเปรียบเทียบที่บอกถึงประเภทของวัสดุ ขนาดในระบบ Metric และขนาดในระบบ Modular เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้นจากกลุ่มตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการประสานทางพิกัด และใช้ก่อสร้างอาคารในระบบเปิดได้ ในการวิจัยนี้สามารถแบ่งประเภทของวัสดุก่อสร้างตามระบบของการก่อสร้างได้ ดังนี้

5.1.1 ระบบผนัง

วัสดุก่อสร้างในระบบผนัง สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. วัสดุโครงสร้าง ได้แก่ วัสดุก่อ
2. วัสดุตกแต่ง ได้แก่ วัสดุแผ่นใหญ่ วัสดุบุผนัง วัสดุประตู -หน้าต่าง

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุตกแต่งในระบบผนัง

ระบบผนัง

ชนิดของวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดระบบ Modular (M)			รูปภาพประกอบ
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	
- วัสดุก่อ							
อิฐมวลเบา	200	600	75,100,125 150,200	2M	6M	1M รวมฉาบหนา 25 มม.	
คอนกรีตบล็อค	190	390	70,90,140, 190	2M	4M	1M รวมฉาบหนา 10 มม.	
ดินซีเมนต์บล็อค	90	290	145	1M	3M	-	
อิฐบล็อคแก้ว	190	190	80	2M	2M	-	

<u>สรุปวัสดุก่อสร้างของระบบผนัง-วัสดุก่อ ที่เข้ากับระบบประสานทางพิกัด</u>

1. อิฐมวลเบา มีขนาดทางพิกัด = (2M) x (6M) x (1M) (รวมความหนาของปูนฉาบ =25 มม.)
2. คอนกรีตบล็อก มีขนาดทางพิกัด = (2M) x (4M) x (1M) (รวมความหนาของปูนฉาบ =10 มม.)

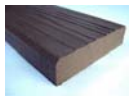
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะของวัสดุก่อสร้างระบบผนัง-วัสดุก่อ

ควรจะมีการปรับขนาดให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ทั้งความกว้าง, ยาว, หนา เพื่อให้ง่ายต่อการเลือกใช้และไม่สิ้นเปลืองวัสดุ

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุแผ่นใหญ่ในระบบผนัง

ระบบผนัง

ชนิดของวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดระบบ Modular (M)			รูปภาพประกอบ
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	
- วัสดุแผ่นใหญ่							
ไม้อัด	900 , 1200	1800 , 2400	3 - 20	9M,12M	18M,24M	1M รวมโครงเคร่า	
แผ่นซีเมนต์บอร์ดเสริมใยไม้ (Viva Board)	900 , 1200	1800 , 2400	8 - 24	9M,12M	18M,24M	1M รวมโครงเคร่า	
แผ่นแคลเซียมซิลิเกต	1200	1800 , 2400 3000	6 - 20	12M	18M,24M 30M	1M รวมโครงเคร่า	
แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์บอรด์ (Smart Board)	600,120	1200 , 2400 2800	3.5,4,6,8, 10,12	6M,12M	12M,24M	1M รวมโครงเคร่า	
แผ่นยิปซั่มบอร์ด	1200	1200 , 2400 3000	9 - 30	12M	12M,24M 30M	1M รวมโครงเคร่า	
ไม้สังเคราะห์หรือไม้เทียม	100,150,200	1800 , 3000 4000	8	1M,1.5M 2M	18M,30M 40M	1M รวมโครงเคร่า	
ระบบผนังหล่อ (Shera Infill Wall)	600 , 1200	2400	4,6	6M,12M	24M	1M รวมโครงเคร่า	

สรุปวัสดุก่อสร้างของระบบผนัง-วัสดุแผ่นใหญ่ ที่เข้ากับระบบประสานทางพิกัด

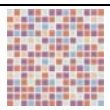
1. **ไม้อัด** มีขนาดทางพิกัด = (9M,12M) x (18M,24M) x (1M) (รวมความหนาของโครงเคร่า =70, 80 มม.โดยใช้ความหนาของวัสดุที่ 10, 15 มม.)
2. **แผ่นซีเมนต์บอรด์เสริมใยไม้** มีขนาดทางพิกัด = (9M,12M) x (18M,24M) x (1M)(รวมความหนาของโครงเคร่า 70, 80 มม.โดยใช้ความหนาของวัสดุที่ 10, 15 มม.)
3. **แผ่นแคลเซียมซิลิเกต** มีขนาดทางพิกัด = (12M) x (18M,24M,30M) x (1M) (รวมความหนาของโครงเคร่า 70, 80 มม.โดยใช้ความหนาของวัสดุที่ 10, 15 มม.)
4. **แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์บอรด์** มีขนาดทางพิกัด = (6M,12M) x (18M,24M) x (1M) (รวมความหนาของโครงเคร่า 70 มม.โดยใช้ความหนาของวัสดุที่ 10 มม.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. **แผ่นยิปซั่มบอร์ด** มีขนาดทางพิกัด = (12M) x (12M,24M) x (1M) รวมความหนาของโครงเคร่า 70 มม.โดยใช้ความหนาของวัสดุที่ 10 มม.
6. **ไม้สังเคราะห์หรือไม้เทียม** มีขนาดทางพิกัด = (1M,1.5M,2M) x (18M,30M,40M) x (1M) (รวมความหนาของโครงเคร่า 80 มม.โดยใช้ความหนาของวัสดุที่ 8 มม.)
7. **ระบบผนังหล่อ (Shera Infill Wall)** มีขนาดทางพิกัด = (6M,12M) x (24M) x (1M) รวมความหนาของโครงเคร่า 80 มม.โดยใช้ความหนาของวัสดุที่ 6 มม.

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุตกแต่ง (วัสดุบุผนัง) ในระบบผนัง

ระบบผนัง

ชนิดของวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดระบบ Modular (M)			รูปภาพประกอบ
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	
- วัสดุบุผนัง							
กระเบื้องเคลือบ	100,150,200 300,400,600	100,150,200 300,400,600	4 - 8	1M,1.5M, 2M,3M,6M	1M,1.5M,2M 3M,4M,6M	×	
กระเบื้องดินเผา	100,150,200	100,150,200	4 - 8	1M,1.5M 2M	1M,1.5M,2M	×	
กระเบื้องโมเสค	300	300	4 - 6	3M	3M	×	

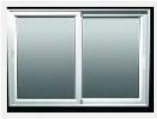
หมายเหตุ : * = ความหนาของกระเบื้องไม่มีผลกับระบบ Modular เพราะเป็นกรณีที่ใช้ปิดผิววัสดุก่อ ขนาดความกว้างและความยาวเท่านั้นที่มีผลกับระบบ Modular

สรุปวัสดุก่อสร้างของระบบผนัง-วัสดุบุผนัง ที่เข้ากับระบบประสานทางพิกัด

1. กระเบื้องเคลือบ มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (1M,3M,6M) x (1M,3M,6M) x (ความหนาไม่มีผล)
2. กระเบื้องดินเผา มีขนาดทางพิกัด (1M,1.5M) x (1M,1.5M) x (ความหนาไม่มีผล)
3. กระเบื้องโมเสค มีขนาดทางพิกัด (3M) x (3M) x (ความหนาไม่มีผล)

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุวงกบและกรอบบานประตู-หน้าต่าง

ระบบผนัง

ชนิดของวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดระบบ Modular (M)			รูปภาพประกอบ
	กว้าง	สูง	หนา	กว้าง	สูง	หนา	
- วัสดุวงกบ กรอบบาน ประตู - หน้าต่าง							
ชุดบานสวิง ประตู-หน้าต่าง Aluminum/UPVC (ขนาดรวมวงกบ)	500,800 1200	500,1100 1400,2000 2300	70 ,80,**100**	5M,8M 12M	5M,11M 14M,20M 23M	1M	
ชุดบานเลื่อนสลับประตู-หน้าต่าง Aluminum/UPVC (ขนาดรวมวงกบ)	850,1450 2050,2650 2950	500 , 1100 1400,2000 2300	70 ,80,**100**	8.5M,14.5M 20.5M,26.5M 29.5M	5M,11M 14M,20M 23M	1M	
ชุดวงกบและบานประตู-หน้าต่างไม้ (ขนาดรวมวงกบ)	700,800,900 1000,1100 1200	550,650 1150,2050	100,150,200	7M,8M,9M 10M,11M 12M	5.5M,6.5M, 11.5M 20.5M	1M,1.5M 2M	
ชุดวงกบและบานประตู-หน้าต่าง ไม้สังเคราะห์ (ขนาดรวมวงกบ)	700,800,900	2050	100	7M,8M,9M	20.5M	1M	

หมายเหตุ : ขนาดชุดบาน Aluminum/UPVC เป็นขนาดที่คิดจากพื้นฐานของขนาดของวัสดุกระจกเป็นหลักที่ไม่ให้ตัดเศษของกระจกที่มีหน่วยเป็น ฟุต = 30 ซม. รวมขนาดของกรอบ Aluminum/UPVC ซึ่งขนาดที่กำหนดนี้จะเป็นขนาดตามสัดส่วนของบ้านเดี่ยวอาศัย 2 ชั้น เท่านั้น

สรุปวัสดุก่อสร้างของระบบผนัง-วัสดุวงกบ กรอบบานประตู-หน้าต่าง ที่เข้ากับระบบประสานทางพิกัด

1. **ชุดบานสวิง ประตู-หน้าต่าง** Aluminum/UPVC มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (8M,12M) x (14M,20M) x (1M)
2. **ชุดบานเลื่อนสลับ ประตู-หน้าต่าง** Aluminum/UPVC มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (8.5M,20.5M,26.5M,29.5M) x (14M,20M) x (1M)
3. **ชุดวงกบและบานประตู-หน้าต่างไม้** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (8M,9M, 10M,12M) x (6.5M,20.5M) x (1M,1.5M,2M)(ขนาดของความหนาตามลักษณะของผนังที่เลือกใช้)
4. **ชุดวงกบและบานประตู-หน้าต่างไม้สังเคราะห์** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (8M,9M) x (20.5M) x (1M)

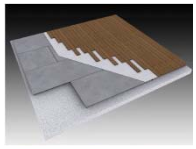
5.1.2 ระบบพื้น

วัสดุก่อสร้างในระบบพื้น สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. วัสดุโครงสร้าง ได้แก่ แผ่นพื้นสำเร็จรูป
2. วัสดุตกแต่ง ได้แก่ วัสดุปูพื้น

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุโครงสร้างพื้น

ระบบพื้น

ชนิดของวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดระบบ Modular (M)			รูปภาพประกอบ
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	
- แผ่นพื้นสำเร็จรูป							
แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบท้องเรียบ	300	500 - 5000	40-140	3M	5M –50M	8M –24M	
แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง "สามขา"	350	1000 - 5000	70	×	10M- 50M	1M	
แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบกลวง (Hallow Core)	300,600 1200	3000 - 6500	12	3M,6M, 12M	30M-65M	1.5M	
โครงสร้างเหล็ก กรุทับด้วยแผ่นซีเมนต์ผสมใยไม้ (Viva Board) (กรุทับด้วยวัสดุปิดผิวอื่นๆ)	1200	2400	8,10,12,16, 20,24	12M	24M	1M,2M	

หมายเหตุ : 1. เป็นความหนาของแผ่นพื้นสำเร็จรูปรวมความหนาของคอนกรีตเททับหน้า (หน่วย=มม.) เป็นขนาดที่ต้องใช้ในการออกแบบระยะแนวตั้งในรูปตัด ที่สัมพันธ์กับโครงสร้างอาคารและระบบผนังในระบบประสานทางพิกัด

<u>สรุปวัสดุก่อสร้างของระบบพื้นสำเร็จรูป ที่เข้ากับระบบประสานทางพิกัด</u>

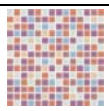
1. **แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบท้องเรียบ** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้
   = (3M) x (5M-50M) x (8M-24M)
2. **แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบกลวง** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้
   = (3M, 6M, 12M) x (30M-65M) x (1.5M)
3. **โครงสร้างเหล็ก กรุทับด้วยแผ่นซีเมนต์ผสมใยไม้** (Viva Board), **(กรุทับด้วยวัสดุปิดผิวอื่น ๆ)** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้
   = (12M) x (24M) x (1M,2M)

ข้อเสนอแนะของวัสดุก่อสร้างระบบพื้นสำเร็จรูป

ช่วงความยาวของแผ่นพื้นมีให้เลือกหลายขนาดแล้วแต่สั่งควรเลือกขนาดตามตารางพิกัดที่เลือกใช้ตามอนุกรมพิกัดตามแนวระนาบผลคูณที่ (3M) เป็นหลัก, ส่วนความหนาของแผ่นพื้นควรเลือกตามพิกัดแนวระดิ่งผลคูณที่ (1M, 2M) แต่ต้องเผื่อความหนาของคอนกรีตเททับหน้าและวัสดุกรุผิวด้วย

ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุตกแต่งพื้น

ระบบพื้น

ชนิดของวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดระบบ Modular (M)			รูปภาพประกอบ
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	
- วัสดุปูพื้น							
กระเบื้องเคลือบ	100,150,200, 250,300,400	100,150,200 250,300,400	4-12	1M,1.5M,2M 2.5M,3M,4M	1M,1.5M,2M 2.5M,3M,4M	×	
กระเบื้องดินเผา	100,150,200 300,400	100,150,200 300,400	8-15	1M,1.5M,2M 3M,4M	1M,1.5M,2M 3M,4M	×	
กระเบื้องโมเสก	300	300	4-6	3M	3M	×	
กระเบื้องหินแกรนิต	150,200,300 400,500,600	150,200,300 400,500,600	19-25	1.5M,2M,3M, 4M,5M,6M	1.5M,2M,3M, 4M,5M,6M	×	
กระเบื้องหินอ่อน	150,200,300	150,200,300	19-25	1.5M,2M,3M	1.5M,2M,3M	×	
กระเบื้องหินควอตซ์	150,200,250	150,200,250	15	1.5M,2M, 2.5M	1.5M,2M, 2.5M	×	
กระเบื้องหินชนวน	300,600,900 500,600	300,600,900 500,600	25-37	3M,6M,9M	3M,6M,9M	×	
หินแกรนิต	150,200,300	300,400,500	19-25	1.5M,2M,3M	3M,4M,5M	×	
หินอ่อน	100-600	200-1200	20	1M-6M	2M-12M	×	
หินอ่อนเทียม	200,250,300	200,250,300	15-25	2M,2.5M,3M	2M,2.5M,3M	×	
กระเบื้องคอนกรีต	150,200,300	150,200,300	15-25	1.5M,2M,3M	1.5M,2M,3M	×	

ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุตกแต่งพื้น

ระบบพื้น

ชนิดของวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดระบบ Modular (M)			รูปภาพประกอบ
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	
- วัสดุปูพื้น							
กระเบื้องซีเมนต์	400	400	30	4M	4M	×	
กระเบื้องยาง	150,200,300	150,200,300	3-5	1.5M,2M, 3M	1.5M,2M, 3M	×	
กระเบื้องยางลายไม้	125,450	450,900	1-2	ไม่เข้ากับระบบ Modular			
ไม้พื้นลามิเนต (Laminate Floor)	200	1200	8,12	2M	12M	×	
พื้นไม้จริง (Solid Wood)	100	900	20	1M	9M	×	
พื้นไม้ปาร์เก้	50,75,100,125 200	250,300,350 400-2500	25	1M,2M	3M, 4M-25M	×	
กระเบื้องยางไวนิล	200,300	200,300	12-20	2M,3M	2M,3M	×	
กระเบื้องแก้ว	50	50	8	0.5M	0.5M	×	
พรมแผ่น	500	500	5	5M	5M	×	

หมายเหตุ : * = ความหนาของกระเบื้องไม่มีผลกับระบบ Modular เพราะเป็นกรณีที่ใช้ปิดผิววัสดุก่อ ขนาดความกว้างและความยาวเท่านั้นที่มีผลกับระบบ Modular

สรุปวัสดุก่อสร้างของระบบพื้น-วัสดุปูพื้น ที่เข้ากับระบบประสานทางพิกัด

1. **กระเบื้องเคลือบ** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (1M,1.5M,2M,3M,4M) x (1M,1.5M,2M,3M,4M) x (ความหนาไม่มีผล)
2. **กระเบื้องดินเผา** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (1M,1.5M,2M,3M,4M) x (1M,1.5M,2M,3M,4M) x (ความหนาไม่มีผล)
3. **กระเบื้องโมเสค** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (3M) x (3M) x (ความหนาไม่มีผล)
4. **กระเบื้องหินแกรนิต** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (1.5M,2M,3M,6M) x (1.5M,2M,3M,6M) x (ความหนาไม่มีผล)

5. **กระเบื้องหินอ่อน** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (1.5M,2M,3M) x (1.5M,2M,3M) x (ความหนาไม่มีผล)
6. **กระเบื้องหินควอตซ์** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (1.5M,2M) x (1.5M,2M) x (ความหนาไม่มีผล)
7. **กระเบื้องหินชนวน** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (3M,6M,9M) x (3M,6M,9M) x (ความหนาไม่มีผล)
8. **หินแกรนิต** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (1.5M,2M,3M) x (3M,4M,5M) x (ความหนาไม่มีผล)
9. **หินอ่อน** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (1M-6M) x (2M-12M) x (ความหนาไม่มีผล) ช่วงกว้างและยาวของหินอ่อนมีหลายขนาด ขนาดที่แนะนำควรให้อยู่ในหน่วยพิกัดที่เลือกใช้ 1M,3M,6M เป็นต้น
10. **หินอ่อนเทียม** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (2M,3M) x (2M,3M) x (ความหนาไม่มีผล)
11. **กระเบื้องคอนกรีต** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (1.5,2M,3M) x (1.5,2M,3M) x (ความหนาไม่มีผล)
12. **กระเบื้องซีเมนต์** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (4M) x (4M) x (ความหนาไม่มีผล)
13. **กระเบื้องยาง** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (1.5M,2M,3M) x (1.5M,2M,3M) x (ความหนาไม่มีผล)
14. **ไม้พื้นลามิเนต (Laminate Floor)** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (2M) x (12M) x (ความหนาไม่มีผล)
15. **พื้นไม้จริง (Solid Wood)** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (1M) x (9M) x (ความหนาไม่มีผล)
16. **พื้นไม้ปาร์เก้** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (1M,2M) x (3M,4M-25M) x (ความหนาไม่มีผล)
17. **กระเบื้องยางไวนิล** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (2M,3M) x (2M,3M) x (ความหนาไม่มีผล)
18. **กระเบื้องแก้ว** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (0.5M) x (0.5M) x (ความหนาไม่มีผล) จะเห็นว่ากระเบื้องชนิดนี้มีขนาดเล็กกว่าหน่วยพิกัดที่กำหนดแต่สามารถเลือกใช้ได้ เพราะปูต่อเนื่องได้หลายแผ่น
19. **พรมแผ่น** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ (5M) x (5M) x (ความหนาไม่มีผล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ข้อเสนอแนะของวัสดุก่อสร้างระบบพื้น-วัสดุปูพื้น</u>

จากตารางวิเคราะห์ที่ 5.6 และ 5.7 พอจะเห็นได้ว่าขนาดของวัสดุปูพื้นมีค่อนข้างหลากหลาย และมีหลายหน่วยวัดที่เลือกใช้ เช่นเป็น หน่วยนิ้ว, หน่วยเซนติเมตร ข้อเสนอแนะข้อผู้วิจัยมีความเห็นว่าน่าจะควรปรับขนาดหรือ หน่วยวัดให้เป็น เกณฑ์เดียวกัน โดยใช้มาตรฐานหนึ่งเดียวกันทั้งหมด เพื่อง่ายต่อการเลือกใช้วัสดุ

5.1.3 ระบบเพดาน

วัสดุก่อสร้างในระบบเพดาน คือ วัสดุตกแต่ง ได้แก่ วัสดุบุเพดาน

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุตกแต่งพื้น

ระบบฝ้าเพดาน

ชนิดของวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดระบบ Modular (M)			รูปภาพประกอบ
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	
- วัสดุบุเพดาน							
ไม้อัด	900,1200	1800 , 2400	3-20	9M,12M	18M,24M	×	
ใยไม้อัดแข็งแผ่นเรียบ	600,1200	2400	3-19	6M,12M	24M	×	
ไม้ไผ่อัด	1200	2400	2-5	12M	24M	×	
แผ่นซีเมนต์บอร์ดเสริมเส้นใยไม้ (Viva Board)	600,900, 1200	1200,1800, 2400	12	6M,9M 12M	12M,18M 24M	×	
แผ่นซีเมนต์บอร์ดเสริมเส้นใยไม้เซลลูโลส	900 ,1200	1800,2100, 2400	4-12	9M,12M	18M,21M 24M	×	
แผ่นแคลเซียมซิลิเกต	600 ,1200	1200,1800, 2400	6-15	6M,12M	12M,18M 24M	×	
แผ่นยิบซั่มบอร์ด	600 ,1200	600,1200, 2400	9-15	6M,12M	6M,12M 24M	×	
แผ่นยิบซั่มไฟเบอร์บอร์ด	600 ,1200	600,1200, 2400	6-12	6M,12M	6M,12M 24M	×	
กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	1200	1200 ,2400	4	12M	12M,24M	×	
แผ่นซีเมนต์เสริมใยแก้ว	600 ,1200	600,1200, 2400	6-15	6M,12M	6M,12M 24M	×	
แผ่นพลาสติกอะคริลิก	600 ,1200	600,1200, 2400	3-15	6M,12M	6M,12M 24M	×	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ : * = ความหนาของวัสดุบุเพดานที่ไม่เข้าระบบ Modular แต่ระบุไว้ในระบบ Metric เพราะกรณีที่ใช้ยึดติดกับโครงคร่าวเพดาน แต่ไม่มีผลกับระบบ Modular ขนาดความกว้างและความยาวเท่านั้นที่มีผลกับระบบ Modular

<u>สรุปวัสดุก่อสร้างของระบบฝ้าเพดาน,วัสดุบุฝ้าเพดาน ที่เข้ากับระบบประสานทางพิกัด</u>

1. **ไม้อัด** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (9M,12M) x (18M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)
2. **ใยไม้อัดแข็งแผ่นเรียบ** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (9M,12M) x (24M) x (ความหนาไม่มีผล)
3. **ไม้ไผ่อัด** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (12M) x (24M) x (ความหนาไม่มีผล)
4. **แผ่นซีเมนต์บอร์ดเสริมเส้นใยไม้** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (6M,9M,12M) x (12M,18M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)
5. **แผ่นซีเมนต์บอร์ดเสริมเส้นใยไม้เซลลูโลส** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (9M,12M) x (18M,21M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)
6. **แผ่นแคลเซียมซิลิเกต** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (6M,12M) x (12M,18M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)
7. **แผ่นยิบซั่มบอร์ด** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (6M,12M) x (6M,12M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)
8. **แผ่นยิบซั่มไฟเบอร์บอร์ด** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (6M,12M) x (6M,12M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)
9. **กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (12M) x (12M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)
10. **แผ่นซีเมนต์เสริมใยแก้ว** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (6M,12M) x (6M,12M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)
11. **แผ่นพลาสติกอะครีลิก** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (6M,12M) x (6M,12M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)

<u>ข้อเสนอแนะของวัสดุก่อสร้างระบบฝ้าเพดาน,วัสดุบุฝ้าเพดาน</u>

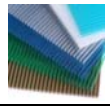
ความหนาของระบบฝ้าเพดาน-วัสดุบุฝ้าเพดาน เป็นขนาดที่ต้องรวมระยะของขนาดของโครงสร้างที่เลือกใช้ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้โครงคร่างเหล็กชุบสังกะสีซึ่งมีความหนาอยู่ที่ 20-25 มม. เป็นส่วนใหญ่ซึ่งถ้ารวมระยะของความหนาของวัสดุบุฝ้าเพดานซึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 8-20 มม. ซึ่งเป็นขนาดที่นิยม ซึ่งถ้ารวมขนาดของโครงเคร่าก็ยังไม่ถึง 50 มม. มีผลค่อนข้างน้อยกับระบบประสานทางพิกัดเพราะระยะยังไม่ถึงหน่วยพิกัดคือ M =100 มม

5.1.4 ระบบหลังคา

วัสดุก่อสร้างในระบบหลังคา คือ วัสดุโครงสร้าง วัสดุมุงหลังคา วัสดุฝ้าชายคา และเชิงชายปิดปลายจันทันโดยโครงสร้างของหลังคาในปัจจุบันที่ผู้วิจัยได้ศึกษา มีทั้งระบบโครงสร้างไม้ และ โครงสร้างเหล็ก ที่ใช้กันทั่วไป แต่ระบบโครงสร้างที่ผู้ประกอบการหันมาใช้ในปัจจุบันคือระบบโครงสร้างหลังคาสำเร็จรูป Smart Truss หรือ CPAC Monier Truss ซึ่งรวดเร็ว น้ำหนักเบา และเลือกใช้วัสดุกันสนิมเพราะผลิตจากเหล็กชุบสังกะสี ดังนั้นความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบประสานทางพิกัด เกี่ยวกับวัสดุมุงหลังคาเป็นหลัก และการเลือกใช้ความลาดเอียงของหลังคาให้เข้ากับระบบประสานทางพิกัดได้

ตารางที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุมุงหลังคา

ระบบหลังคา

ชนิดของวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดระบบ Modular (M)			รูปภาพประกอบ
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	
- วัสดุมุงหลังคา							
กระเบื้องลอนคู่	500	1,200	5.5	5M	12M	×	
กระเบื้องซีแพคโมเนีย (ชนิดลอน)	330	420	7	3M	4M	×	
กระเบื้องซีแพคโมเนีย (ชนิดแผ่นเรียบ)	330	420	7	3M	4M	×	
แผ่นมุงหลังคายางมอตอย (Shingles Roof)	336	1000	6	3M	10M	×	
แผ่นมุงหลังคาไม้สน (Cedar Roof)	200	300	6	2M	3M	×	
แผ่นมุงหลังคา Polycarbonate	1,200	2400	6,8,10	12M	24M	×	

หมายเหตุ : * = ความหนาของวัสดุมุงหลังที่ไม่เข้าระบบ Modular แต่ระบุไว้ในระบบ Metric เพราะกรณีที่ใช้ยึดติดกับโครงหลังคาที่มีขนาดและระยะในการติดตั้งที่แตกต่างกัน เพื่อทราบระดับและระยะรวมแนวตั้งใน Detail รูปตัดที่สัมพันธ์กับโครงสร้างอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สรุปวัสดุก่อสร้างของระบบหลัง,วัสดุมุงหลังคา ที่เข้ากับระบบประสานทางพิกัด</u>

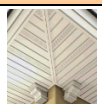
1. **กระเบื้องซีแพคโมเนีย (ชนิดลอน)** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (3M) x (4M) x (ความหนาไม่มีผล) ควรมีความลาดเอียงที่ 30°
2. **กระเบื้องซีแพคโมเนีย (ชนิดแผ่นเรียบ)** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (3M) x (4M) x (ความหนาไม่มีผล) ควรมีความลาดเอียงที่ 30°
3. **แผ่นมุงหลังคายางมอตอย (Shingles Roof)** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (3M) x (10M) x (ความหนาไม่มีผล) ควรมีความลาดเอียงที่ 26-27°
4. **แผ่นมุงหลังคาไม้สน (Cedar Roof)** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (2M) x (3M) x (ความหนาไม่มีผล) ควรมีความลาดเอียงที่ 26-27°
5. **แผ่นมุงหลังคา Polycarbonate** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (12M) x (24M) x (ความหนาไม่มีผล)

<u>ข้อเสนอแนะของวัสดุก่อสร้างระบบหลัง,วัสดุมุงหลังคา</u>

วัสดุมุงหลังคาเป็นขนาดที่มีความเข้ากันกับระบบประสานทางพิกัดที่ค่อนข้างซับซ้อนเป็นระยะที่ต้องคำนึงถึงการซ้อนทับและความลาดเอียงของวัสดุมุงหลังคาเป็นหลักเป็นระยะที่ใกล้เคียงไม่พอดีกับระยะการประสานทางพิกัด ข้อเสนอแนะข้อผู้วิจัยคือความต้องการให้ผู้ผลิตวัสดุมุงหลังคานั้นใช้เกณฑ์การผลิตของระบบการประสานทางพิกัดที่คิดคำนึงถึงระยะซ้อนทับและความลาดเอียงของหลังคาเพื่อที่เป็นมาตรฐานเดียวกันลดการสิ้นเปลืองของวัสดุ

ตารางที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุฝ้าชายคาและวัสดุเชิงชาย

ระบบหลังคา

ชนิดของวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดระบบ Modular (M)			รูปภาพประกอบ
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	
- วัสดุกรุฝ้าชายคา							
ฝ้าชายคาไม้เนื้อแข็ง,ไม้สังเคราะห์	100	1000,1200 2400	12.5	1M	10M,12M 24M	×	
ฝ้าชายคาไวนิล (Vinly)	330	3800	1.27	3M	38M	×	
ฝ้าชายคาซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	1200	1200,2400	4	12M	12M,24M	×	
- วัสดุกรุเชิงชายหลังคา							
เชิงชายไม้เนื้อแข็ง,ไม้สังเคราะห์	150,200	3000	17	1.5M,2M	30M	×	

หมายเหตุ : * = ความหนาของวัสดุกรุฝ้าชายคาและวัสดุเชิงชาย ไม่มีผลกับระบบ Modular แต่ระบุไว้ในระบบ Metric เพราะกรณีที่ใช้ยึดติดกับโครง สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือระยะความกว้างและความยาวเท่านั้น

<u>สรุปวัสดุก่อสร้างของระบบหลัง-วัสดุกรุฝ้าชายคา,วัสดุเชิงชาย ที่เข้ากับระบบประสานทางพิกัด</u>

1. **ฝ้าชายคาไม้เนื้อแข็ง,ไม้สังเคราะห์** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (1M) x (10M,12M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)
2. **ฝ้าชายคาไวนิล (Vinly)** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (3M) x (38M) x (ความหนาไม่มีผล)
3. **ฝ้าชายคาซีเมนต์ไยหินแผ่นเรียบ** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (12M) x (12M,24M) x (ความหนาไม่มีผล)
4. **เชิงชายไม้เนื้อแข็ง,ไม้สังเคราะห์** มีขนาดทางพิกัดที่ควรเลือกใช้ = (1.5M,2M) x (30M) x (ความหนาไม่มีผล)

5.1.5 สรุปผลระยะและขนาดชิ้นส่วนวัสดุสำเร็จรูป

จากการวิเคราะห์ขนาดชิ้นส่วนวัสดุสำเร็จรูปทั้งในระบบผนัง พื้น เพดานและหลังคา ที่แสดงเป็นตารางเปรียบเทียบขนาดของชิ้นส่วนวัสดุ โดยมีขนาดและระยะที่เพิ่มตามหน่วยพิกัดในระบบประสานทางพิกัด นั้น จะบอกได้ถึงขนาดพิกัดร่วมของวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปอื่นๆ โดยมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็นอนุกรมของหน่วยพิกัดคูณและลดลงเป็นอนุพิกัดของขนาดชิ้นส่วนวัสดุ ซึ่งจากตารางเปรียบเทียบข้างต้นดังกล่าวนี้ สามารถวิเคราะห์สรุปเปรียบเทียบรวมเป็นตารางแสดงขนาดพิกัดร่วมของชิ้นส่วนวัสดุสำเร็จรูปในระบบต่างๆ โดยพิจารณาสรุปทั้งขนาดในแนวดิ่งและขนาดในแนวระดับ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้นในระบบประสานทางพิกัดต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบขนาดพิกัดร่วมของชิ้นส่วนวัสดุสำเร็จรูปในระบบต่างๆ

ชนิดของชิ้นส่วนวัสดุ	ขนาดของชิ้นส่วนวัสดุในแนวดิ่ง(M)											
	1	1.5	2	2.5	3	4	8	12	18	20	24	30
ระบบผนัง												
วัสดุก่อ	•		•									
วัสดุแผ่นใหญ่		•	•					•	•		•	•
วัสดุบุผนัง	•	•	•	•	•							

ชนิดของชิ้นส่วนวัสดุ	ขนาดของชิ้นส่วนวัสดุ (ความกว้าง)ในแนวระดับ (M)													
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	4.5	5	6	9	12	18	30
ระบบผนัง														
วัสดุก่อ				•	•	•	•			•				
วัสดุแผ่นใหญ่											•	•	•	•
วัสดุบุผนัง		•	•	•	•	•								
ระบบพื้น														
แผ่นพื้นสำเร็จรูป						•				•		•		
วัสดุปูพื้น	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
ระบบเพดาน														
วัสดุบุเพดาน										•	•	•		
ระบบหลังคา														
วัสดมุงหลังคา				•		•			•			•		
ฝ้าชายคา		•				•						•		

ชนิดของชิ้นส่วนวัสดุ	ขนาดของชิ้นส่วนวัสดุ (ความยาว) ในแนวระดับ (M)													
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	9	12	18	21	24
ระบบพื้น														
แผ่นพื้นสำเร็จรูป [1]														
วัสดุปูพื้น	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
ระบบเพดาน														
วัสดุบุเพดาน									•		•	•	•	•
ระบบหลังคา														
วัสดุมุงหลังคา						•	•				•			
ฝ้าชายคา										•	•			

หมายเหตุ : 1 ความยาวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปมีขนาดยาวตั้งแต่ 5-80 M ตามแต่ละชนิดโดยยาวเพิ่มขึ้นทุกๆ 2.5M และ5M

จากตารางที่ 5.11 แสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์สรุปรวม โดยการเปรียบเทียบขนาดพิกัดร่วมระหว่างชิ้นส่วนวัสดุก่อสร้างในระบบผนัง พื้น เพดาน และหลังคา ทั้งขนาดในแนวดิ่งและในแนวระดับ ซึ่งขนาดที่ได้จากการเปรียบเทียบสรุปนี้จะนำไปใช้ในการวางตารางพิกัดแผนผังทั้งในแปลนและรูปด้านหรือรูปตัด

ขนาดของชิ้นส่วนวัสดุจากตารางเปรียบเทียบนี้ จะเพิ่มขึ้นเป็นอนุกรมของหน่วยพิกัดคูณและลดลงเป็นอนุกรมพิกัดของขนาดชิ้นส่วน ซึ่งจากตารางจะเห็นได้ว่าถ้าเป็นขนาดของชิ้นส่วนวัสดุในแนวระดับจะเป็นอนุกรมพิกัดของ 3M ส่วนขนาดของชิ้นส่วนวัสดุในแนวดิ่งจะเป็นอนุกรมพิกัดของ 2M และแสดงให้เห็นว่าขนาดของหน่วยพิกัดแผนผังที่จะกำหนดนี้ สอดคล้องกับขนาดพิกัดแผนผังที่ได้จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.1 ก่อนหน้านี้ เรื่องการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคาร ซึ่งสรุปว่ามีขนาดหรือระยะของพื้นที่ใช้สอยต่างๆ เป็นอนุกรมพิกัดคูณจากหน่วย 3M เช่นเดียวกันโดยจะใช้ค่านี้กำหนดในตารางพิกัดแผนผังในแปลนว่าใน 1 หน่วยพิกัดแผนผัง (M') จะเท่ากับ 3 หน่วยพิกัดมูลฐาน (M) ส่วนตารางพิกัดแผนผังในรูปด้านหรือรูปตัดจะเท่ากับ 2 หน่วยพิกัดมูลฐาน (M) เป็นอย่างต่ำ

ดังนั้น จึงสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้ โดยจะสรุปได้ถึงค่าของหน่วยพิกัดมูลฐาน (M) ใน 1 หน่วยพิกัดแผนผัง (M') ทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับ ซึ่งเป็นพิกัดร่วมของขนาดชิ้นส่วนวัสดุก่อสร้างต่างๆ ดังนี้

- หน่วยพิกัดที่เล็กที่สุดในการออกแบบ = 1M (100 มม.)
- แนวระดับ หน่วยพิกัดแผนผัง = 3Mx3M (300x300 มม. แบบแปลน)
- แนวดิ่ง หน่วยพิกัดแผนผัง = 2Mx3M (200x300 มม.แบบรูปด้าน)

จากที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการกำหนดค่าของหน่วยพิกัดแผนผังที่ระยะต่ำสุด แต่สำหรับบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ที่ใช้ชิ้นส่วน หรือวัสดุสำเร็จรูปแบบต่างๆ ซึ่งจะทำให้ขนาดพิกัดแผนผังในตารางพิกัดเพิ่มมากขึ้นเป็นอนุกรมได้ตามความเหมาะสมในการออกแบบ เช่น ขนาดของพิกัดแผนผังในแนวระดับ อาจเพิ่มขนาดเป็น 6M 9M หรือ 12M ส่วนขนาดของพิกัดแผนผังในแนวดิ่ง อาจเพิ่มขนาดเป็น 4M 6M 8M หรือ 12M เป็นต้น โดยขนาดดังกล่าวนี้ ยังคงเป็นผลคูณของขนาดที่สัมพันธ์กับหน่วยพิกัดแผนผังที่ได้กำหนดไว้แล้วในตารางข้างต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

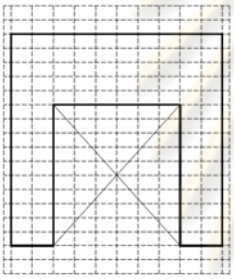
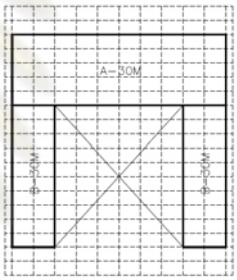
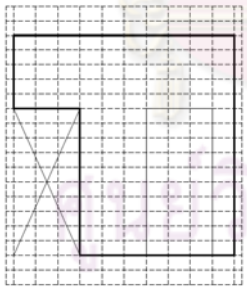
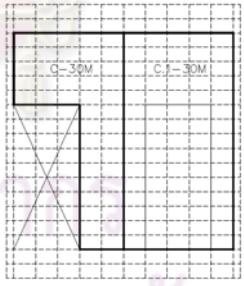
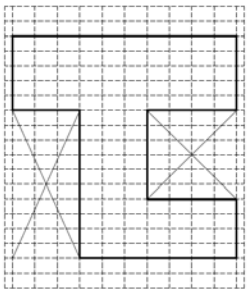
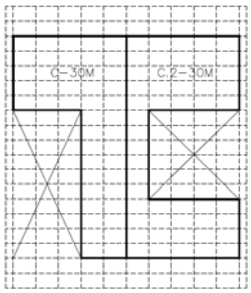
5.2 การวิเคราะห์รูปแบบของโครงสร้าง

5.2.1 รูปแบบของโครงสร้าง

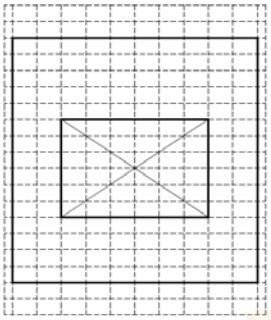
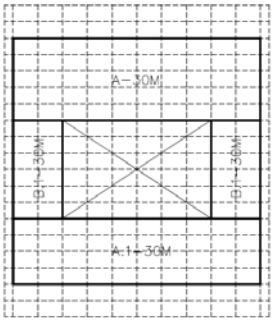
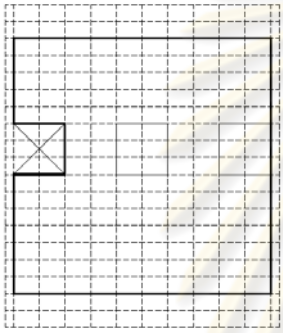
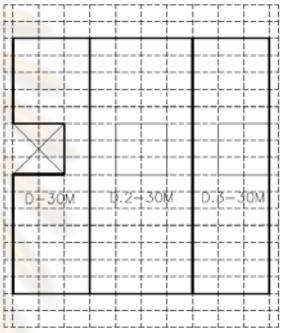
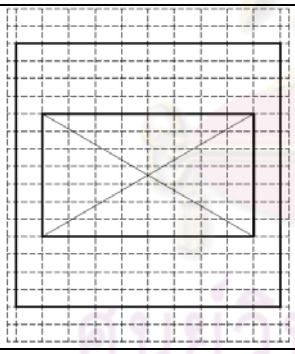
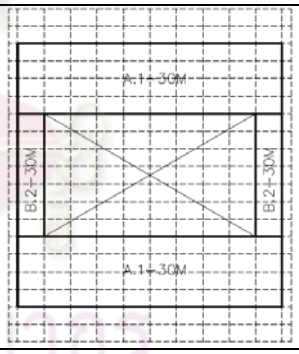
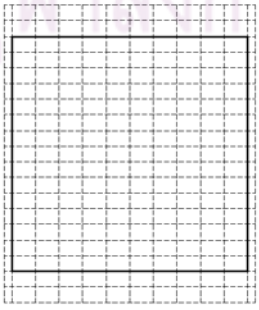
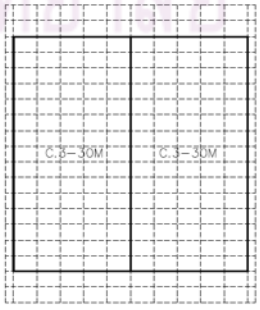
- ระบบผนังรับน้ำหนัก

จากข้อสรุปในเรื่องของตารางพิกัดของแผนผังในแนวระดับที่ (3Mx3M) = (300x300 มม.) และแนวดิ่งที่ (2Mx3M) = (200x300 มม.) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมที่มากที่สุดต่อการเลือกใช้รูปแบบของโครงสร้างในระบบประสานทางพิกัดในการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม เป็นการวิเคราะห์ในลักษณะของโครงสร้างแบบผนงรับน้ำหนักใน 1 ความยาวของผนัง พอจะสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระบบผนังรับน้ำหนัก

รูปแบบของชิ้นส่วนโครงสร้าง	**ความยืดหยุ่นต่อการใช้ขนาดชิ้นส่วน**
ชิ้นส่วนประกอบอาคารด้านประตูในช่วง 30 M = 3000 มม.	
	
แบบที่ 1	
	
แบบที่ 2	
	
แบบที่ 3	

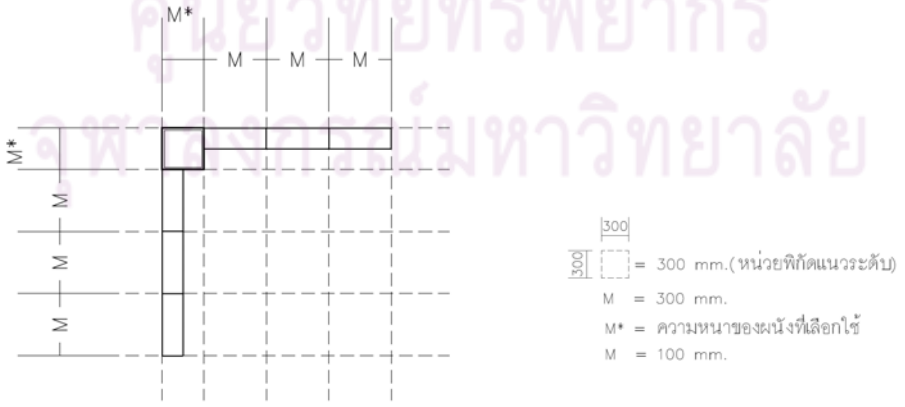
ตารางที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระบบผนังรับน้ำหนัก (ต่อ)

รูปแบบของชิ้นส่วนโครงสร้าง	ความยืดหยุ่นต่อการใช้ขนาดชิ้นส่วน
ชิ้นส่วนประกอบอาคารด้านหน้าต่างในช่วง 30 M = 3000 มม.	
	
แบบที่ 4	
	
แบบที่ 5	
	
แบบที่ 6	
ชิ้นส่วนประกอบอาคารด้านทึบในช่วง 30 M = 3000 มม.	
	
แบบที่ 7	

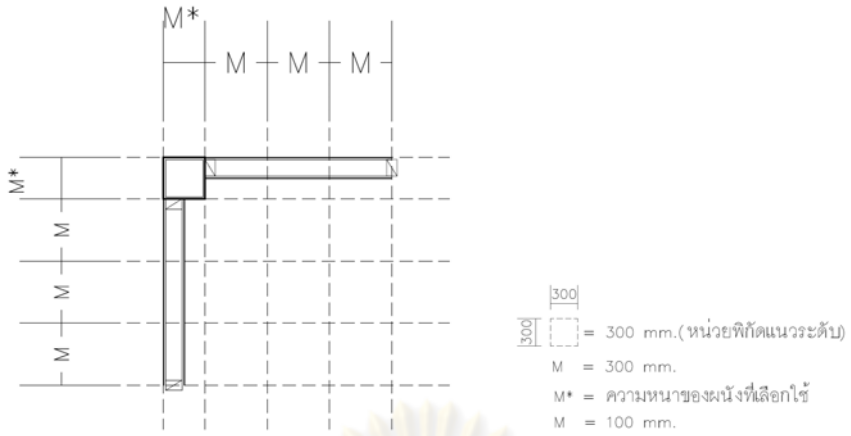
จากการวิเคราะห์ชิ้นส่วนของผนังรับน้ำหนักในช่วง 30M = 3000 มม. มีทั้งหมด 7 แบบมาตรฐานการใช้งาน จากการศึกษาของผู้วิจัยมีข้อค้นพบว่าการเลือกใช้ระบบประสานทางพิกัดในบ้านเดี่ยว 2 ชั้นในระบบอุตสาหกรรมนั้นควรที่จะใช้เป็นหลักเกณฑ์พื้นฐานของการออกแบบซึ่งสามารถใช้จำนวนชิ้นส่วนซ้ำได้มากและลดจำนวนรูปแบบของชิ้นส่วนเพื่อลดดต้นทุนการผลิตและระยะเวลาการก่อสร้าง แต่ต้องมีการจำกัดจำนวนของรูปแบบและขนาดของประตู-หน้าต่าง นอกเหนือจากการที่ได้จำกัดจำนวนและรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากหน่วยพิกัดของระบบประสานทางพิกัดนั้น มีความยืดหยุ่นต่อลดขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้เล็กลงสามรถติดตั้งได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการติดตั้ง จากการเปรียบเทียบจากตารางข้างต้น ของความยืดหยุ่นต่อการใช้ขนาดชิ้นส่วน มีแค่ 4 แบบหลักเท่านั้นคือ A, B, C และ D แต่อาจจะมีแค่การแตกย่อยของรูปแบบออกไปในเรื่อง การเจาะช่องประตูและหน้าต่าง หรือ ความสั้น-ยาว ของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเท่านั้น ข้อค้นพบนี้เกิดขึ้นเพราะเกิดจากเกณฑ์มาตรฐานของระบบประสานทางพิกัดเป็นหน่วยวัดเดียวกันทั้งหมดทำให้เกิดความยืดหยุ่นในเรื่องของการใช้ซ้ำและสลับปรับเปลี่ยนกันได้ แต่อาจจะมีข้อจำกัดในเรื่องของรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ต้องมีการแก้ไขให้แตกต่างจากระบบผนังรับน้ำหนักกทั่วไปซึ่งจะทำการศึกษาในหัวข้อต่อไป

- ระบบเสา-คานสำเร็จรูปและระบบการก่อสร้างแบบดั้งเดิม

จากการวิเคราะห์ตารางพิกัดกัดต่อการนำเสนอแนวทางการออกแบบมีข้อสรุปของตารางพิกัดที่แบบไม่ต่อเนื่องเป็นลักษณะของตารางพิกัดที่เอื้ออำนวยต่อการเลือกใช้ระบบของโครงสร้างได้หลายรูปแบบ เป็นการกำหนดลักษณะของโครงสร้างอาคารที่เลือกใช้ การกำหนดของด้านตัดของเสา-คาน ที่เหมาะสมต่อสร้างรับน้ำหนักของอาคารและมากำหนดในตารางพิกัดแต่ต้องอยู่ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนดของหน่วยพิกัดที่เล็กที่สุดคือ M = 100 มม.

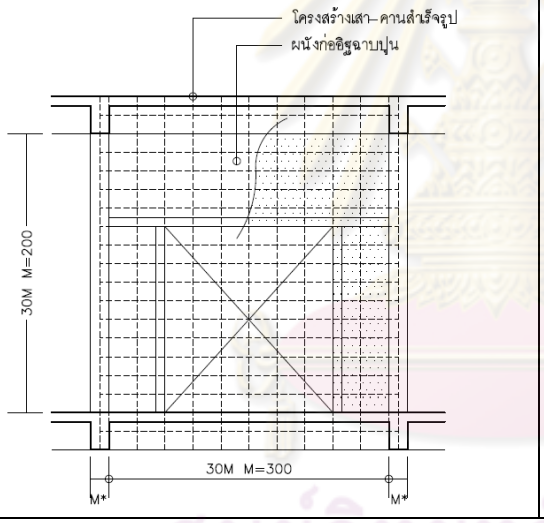
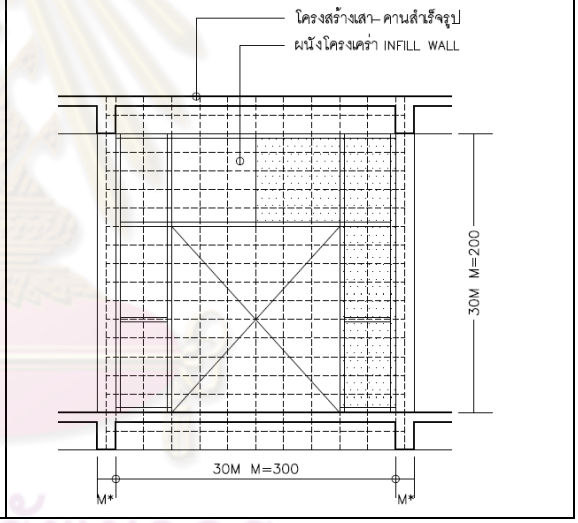


รูปภาพที่ 5.1 แสดงรูปแบบของตารางพิกัดในลักษณะของผนังก่ออิฐ



รูปภาพที่ 5.2 แสดงรูปแบบของตารางพิกัดในลักษณะของผนังรูปแบบอื่นๆ

ตารางที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบรูปแบบผนัง

รูปแบบของผนังก่ออิฐ	รูปแบบของผนังอื่น ๆ
	

จากตารางแสดงถึงการใช้ระบบโครงสร้างอาคารแบบเดียวกันแต่ใช้รูปแบบของผนังต่างกัน ระบบประสานทางพิกัดช่วยในเรื่องของความลงตัวของวัสดุที่เลือกให้เข้ากันกับหน่วยพิกัดมูลฐาน เป็นลดความสิ้นเปลืองของวัสดุแต่ถ้าจะเป็นรูปแบบของการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมระบบนี้ก็ยังต้องใช้แรงงานและระยะเวลามากว่าระบบผนังรับน้ำหนักเพราะมีการลดจำนวนของวัสดุลดลงเพื่อความรวดเร็วในการก่อสร้าง แต่ระบบประสานทางพิกัดก็สามารถเอื้อประโยชน์ต่อระบบต่างๆให้มีความลงตัวมากขึ้นลดการตัดเศษของวัสดุ แต่ต้องขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ให้เข้ากันกับตารางพิกัดที่ใช้ในการออกแบบ

ตารางที่ 5.14 แสดงการเปรียบเทียบ ข้อดี-ข้อเสีย ของรูปแบบโครงสร้าง

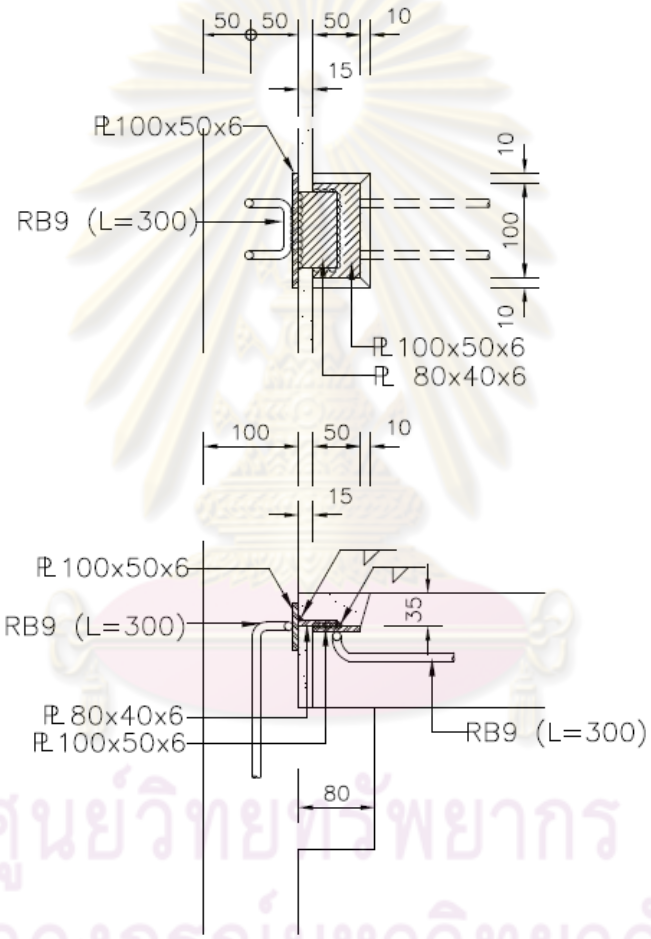
โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก (Wall Bearing System)	
ข้อดี	ข้อเสีย
- มีความรวดเร็วในการก่อสร้างชิ้นส่วน - รอยต่อน้อยต่อผนัง 1 ชิ้น - มีความยืดหยุ่นในการออกแบบ - งานมีคุณภาพที่ดีกว่าเพราะผลิตจากโรงงาน - สามารถควบคุมเวลาการก่อสร้างได้มากกว่า - ใช้แรงงานน้อยลง - สามารถปรับให้เข้ากับระบบประสานทางพิกัดได้โดยมีข้อกำหนดที่น้อยกว่า	- วัสดุแผ่นใหญ่ขนส่งลำบาก - ลงทุนสูงต้องผลิตจากโรงงานเท่านั้น - การติดตั้งต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่
โครงสร้างระบบเสา-คานสำเร็จรูป (Skeleton System)	
ข้อดี	ข้อเสีย
- มีความชำนาญของแรงงานในการก่อสร้าง - มีการลงทุนที่น้อยกว่า - มีวัสดุที่สามารถทดแทนใช้ได้มากกว่า - สามารถปรับใช้กับระบบประสานทางพิกัดได้แต่มีข้อกำหนดของความเข้ากันของวัสดุมากกว่า	- มีระยะเวลาการก่อสร้างที่ช้ากว่า - รอยต่อมากเพราะต้องใช้วัสดุที่หลายหลาย - งานต้องการควบคุมคุณภาพมากกว่า - ใช้แรงงานมาก - ต้องควบคุมระยะเวลาการก่อสร้าง

ประเด็นสำคัญในการเลือกใช้รูปแบบของโครงสร้างที่เหมาะสมมีข้อกำหนดที่ต้องการต่อการก่อสร้างแบบระบบอุตสาหกรรมคือ มีระยะเวลา คุณภาพ และต้นทุน จากการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียพอให้ทราบถึงความได้เปรียบของระบบแบบผนังรับน้ำหนัก ที่มีระยะเวลาการก่อสร้างที่รวดเร็วมากกว่า มีคุณภาพที่ดีกว่า แต่ก็จะมีข้อด้อยในเรื่องของต้นทุนที่ต้องผลิตจากโรงงาน แต่การนำเสนอประเด็นการวิเคราะห์ข้างต้นระบบประสานทางพิกัดสามารถย่อยชิ้นส่วนทำให้เล็กลงได้มีโดยมีกฎเกณฑ์เป็นมาตรฐานเดียวกันมากำหนดเพื่อการหาข้อกำหนดร่วมกัน แต่ถึงอย่างไรก็ตามระบบประสานทางพิกัดก็สามารถใช้ได้ทั้ง 2 ระบบของรูปแบบการก่อสร้าง อยู่การกำหนดวัสดุต่อการออกแบบตารางพิกัด **<u>แต่ถ้าเป็นความต้องการต่อข้อกำหนดของระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม นั้นระบบผนังรับน้ำหนักสามารถตอบสนองความต้องการได้มากกว่า</u>**

5.2.2 รูปแบบของรอยต่อ

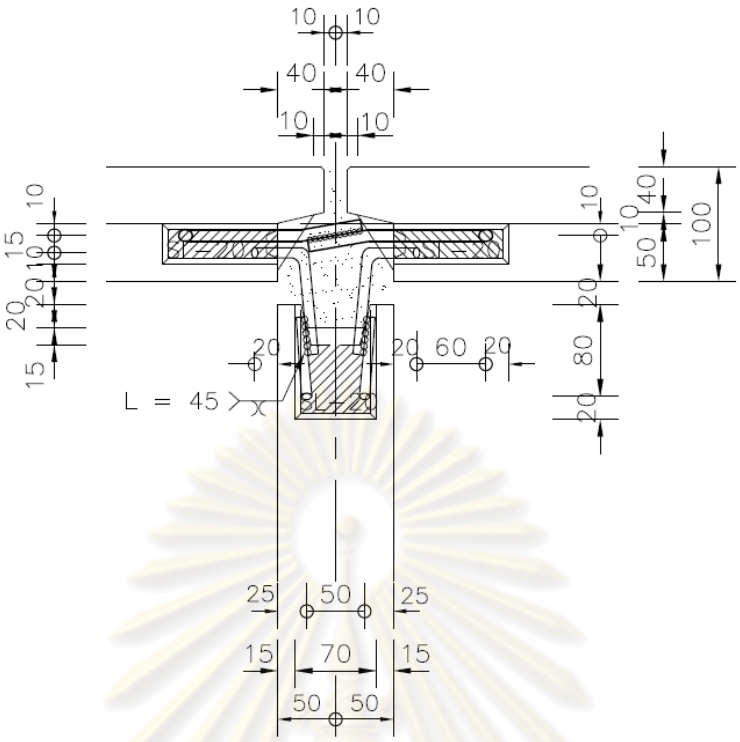
รูปแบบของรอยต่อโครงสร้างอาคารจากการศึกษาด้านแนวคิดและทฤษฎี จากบทก่อนหน้ามีข้อสรุปเรื่องของรอยต่อได้ 2 รูปแบบ คือระบบเปียก และระบบแห้ง ตามความเหมาะสมของการใช้งานและการเลือกใช้ในระบบโครงสร้างอาคารตามความเหมาะสมดังนี้

- รอยต่อระหว่างพื้นกับผนังที่อยู่ด้านในตัวอาคารสามารถใช้ระบบเปียก เพราะเป็นส่วนที่ไม่จำเป็นต้องโดนน้ำ

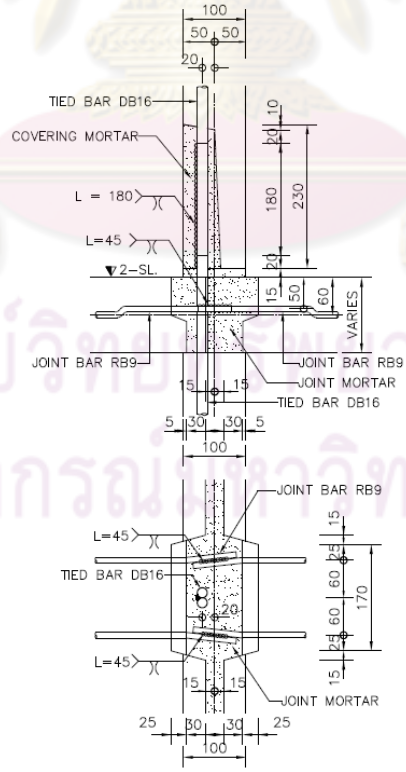


รูปภาพที่ 5.3 แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างพื้นกับผนัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



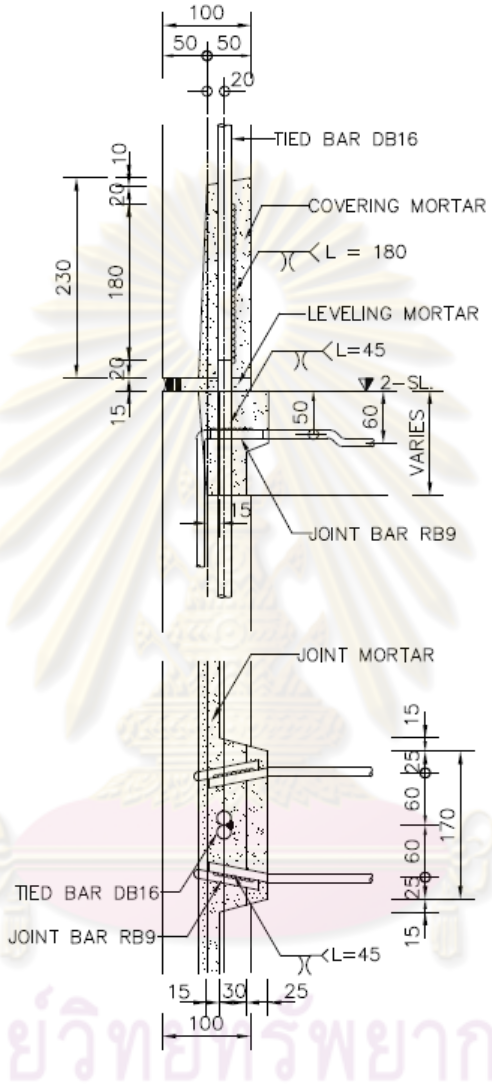
รูปภาพที่ 5.4 แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างผนัง 3 ด้าน



รูปภาพที่ 5.5 แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างพื้นภายในอาคาร

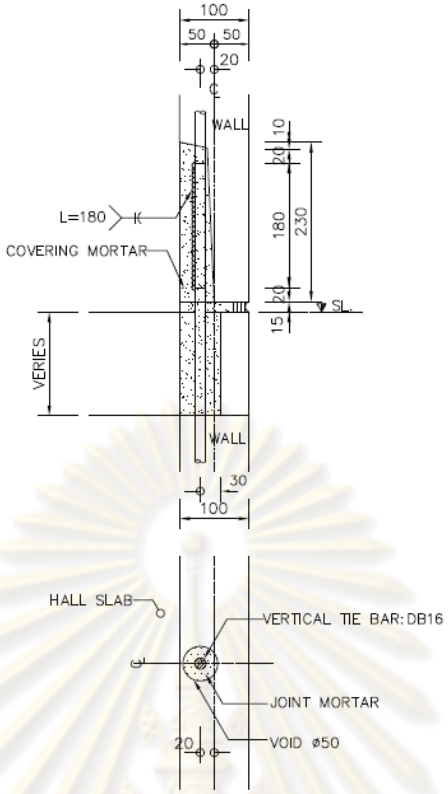
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- รอยต่อในส่วนที่จำเป็นต้องโดนน้ำใช้ในรูปแบบของระบบแห้งแต่ภายในก็ยังออกแบบให้เป็นระบบเปียกได้

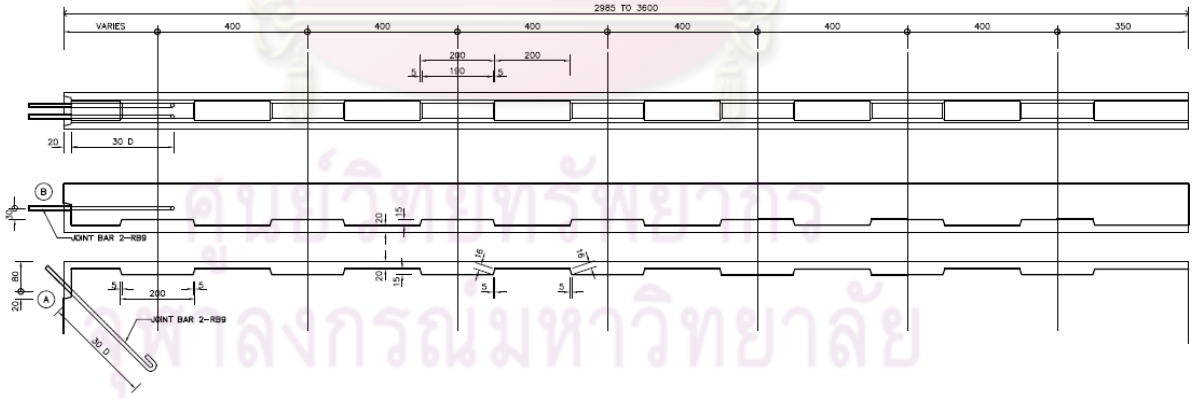


รูปภาพที่ 5.6 แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างผนังต่อผนังทั้งด้านภายนอกและภายในอาคาร

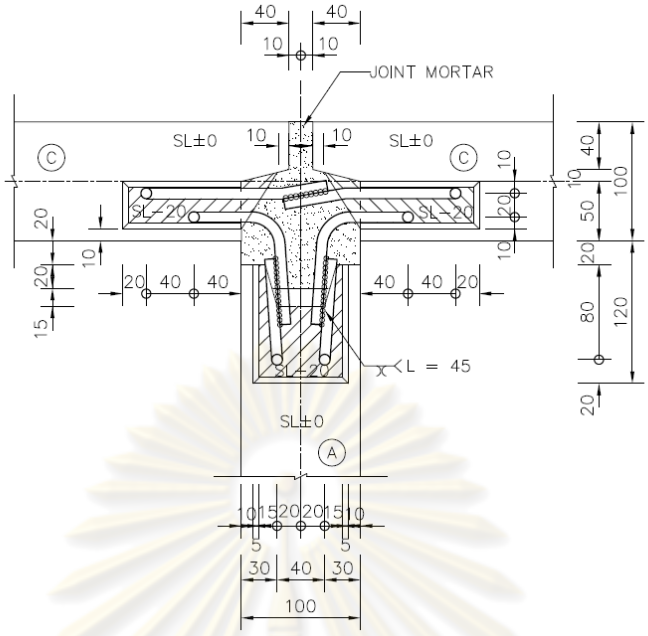
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปภาพที่ 5.7 แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างผนังต่อผนังทั้งด้านภายนอกอาคาร



รูปภาพที่ 5.8 แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างผนังต่อผนังทางมุมมองด้านสกัด



รูปภาพที่ 5.9 แสดงรูปแบบรอยต่อระหว่างผนังต่อผนังทางมุมมองด้านบน

5.3 แนวทางการออกแบบบ้านในระบบประสานทางพิกัด

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอแนวทางการออกแบบจากที่ได้มีการวิเคราะห์วัสดุก่อสร้างทั้งหมดในตลาดที่นิยมใช้ในการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้นในระบบอุตสาหกรรม เพื่อที่จะหาข้อเท็จจริงของหน่วยพิกัดมูลฐาน (M=100 มม.) ที่ 3M ในแนวระดับ และที่ 2M ในแนวดิ่ง ซึ่งจะเป็นการหาแนวทางจากกลุ่มตัวอย่างที่เลือกทั้งหมด 3 แบบ จากที่กล่าวไว้ในบทก่อนหน้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 5.2 แสดงแบบแปลนชั้นที่ 1 ของที่พักอาศัยรูปแบบที่ A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 5.3 แสดงแบบแปลนชั้นที่ 2 ของแบบบ้านประเภทที่ A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

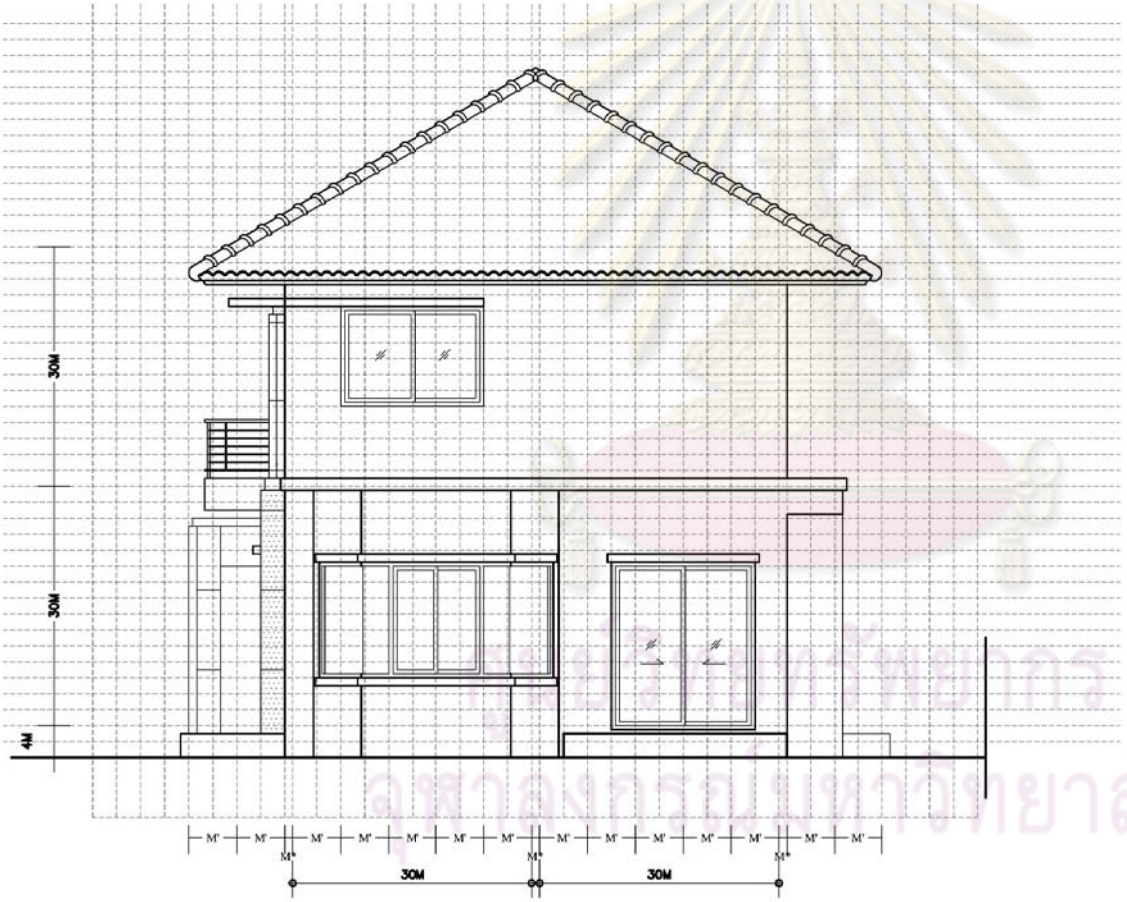
300
200
= 200 mm.(หน่วยพิกัดแนวระดับ)
M' = 600 mm.
M* = ความหนาของผนังที่เลือกใช้
M = 100 mm.

TYPE-B
Elevation ①

0 1000 2000 3000 4000 5000
SCALE IN MILLIMETER

ภาพที่ 5.4 แสดงรูปด้านทางด้านหน้าของแบบที่อยู่อาศัย 1 ชั้น ประเภท A

ภาพที่ ก.5 แสดงแบบแปลนและรูปด้านของแบบบ้านตัวอย่างที่ 2 แบบบ้านชั้นเดียว ขนาด 2 ห้องนอน



300
200 = 200 mm.(หน่วยพิกัดแนวตั้ง)
M' = 600 mm.
M* = ความหนาของผนังที่เลือกใช้
M = 100 mm.

TYPE–B

Elevation ②

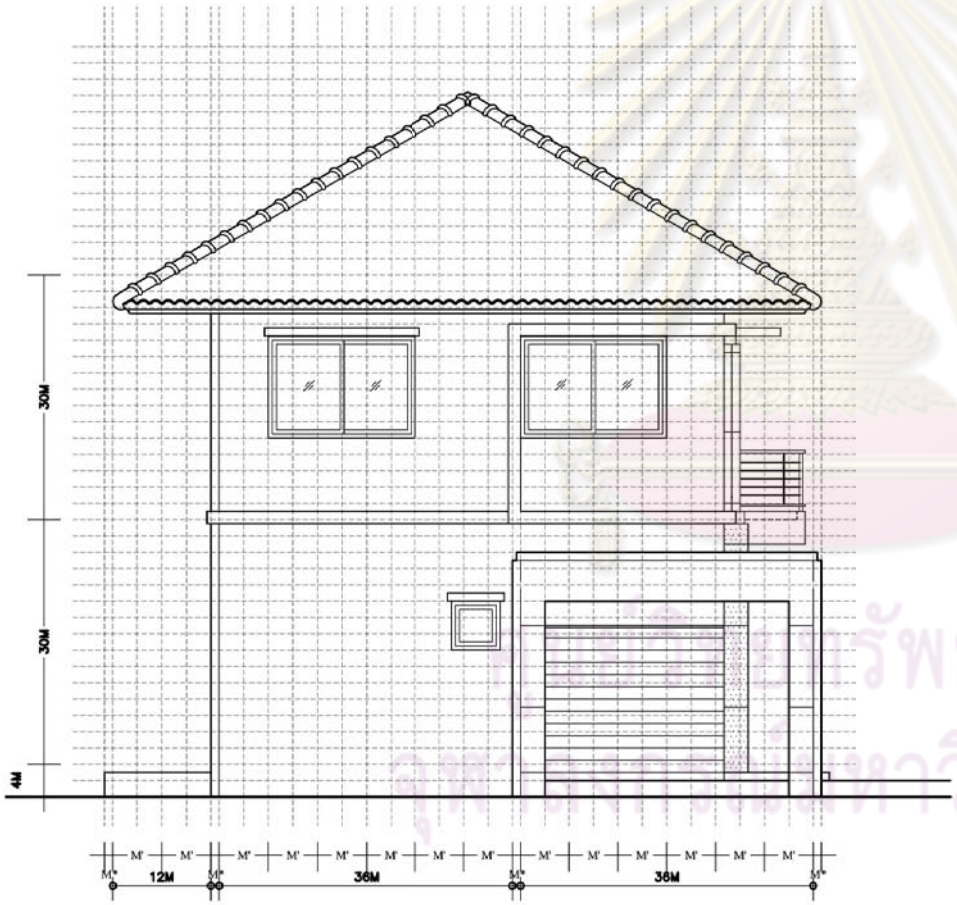
0 1000 2000 3000 4000 5000

SCALE IN MILLIMETER

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 5.6 แสดงรูปด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแบบบ้านประเภทที่ 3 ขนาดพื้นที่ A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



300
200
= 200 mm.(หน่วยพิกัดแนวระดับ)
M' = 600 mm.
M* = ความหนาของผนังที่เลือกใช้
M = 100 mm.

TYPE–B
Elevation ③

0 1000 2000 3000 4000 5000
SCALE IN MILLIMETER

ภาพที่ 5.7 แสดงรูปด้านของแบบที่อยู่อาศัยประเภทที่ 4 ของโครงการ A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบแปลนชั้นที่ 1 แสดงขนาดและรายละเอียดของห้องพักแบบ B

ภาพที่ 5.9 แบบแปลนชั้นที่ 2 ของบ้านตัวอย่างแบบ B

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

185

ภาพที่ 5.10 แสดงรูปด้านหน้าของแบบบ้านตัวอย่าง 1 แบบที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบก่อสร้างที่ 5.11 แสดงรูปด้านทิศตะวันตกของแบบบ้านพักอาศัยประเภทที่ 2 แบบ B

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.12 แสดงรูปด้านของแบบบ้านตัวอย่างที่ 3 แบบบ้านชั้นเดียว B

แบบบ้านพักอาศัยแฝดชั้นเดียว 4 หลังแรก ขนาด 5.13 เมตร x 13 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 5.14 แสดงแบบแปลนชั้นที่ 1 ของแบบบ้านประเภทที่ C

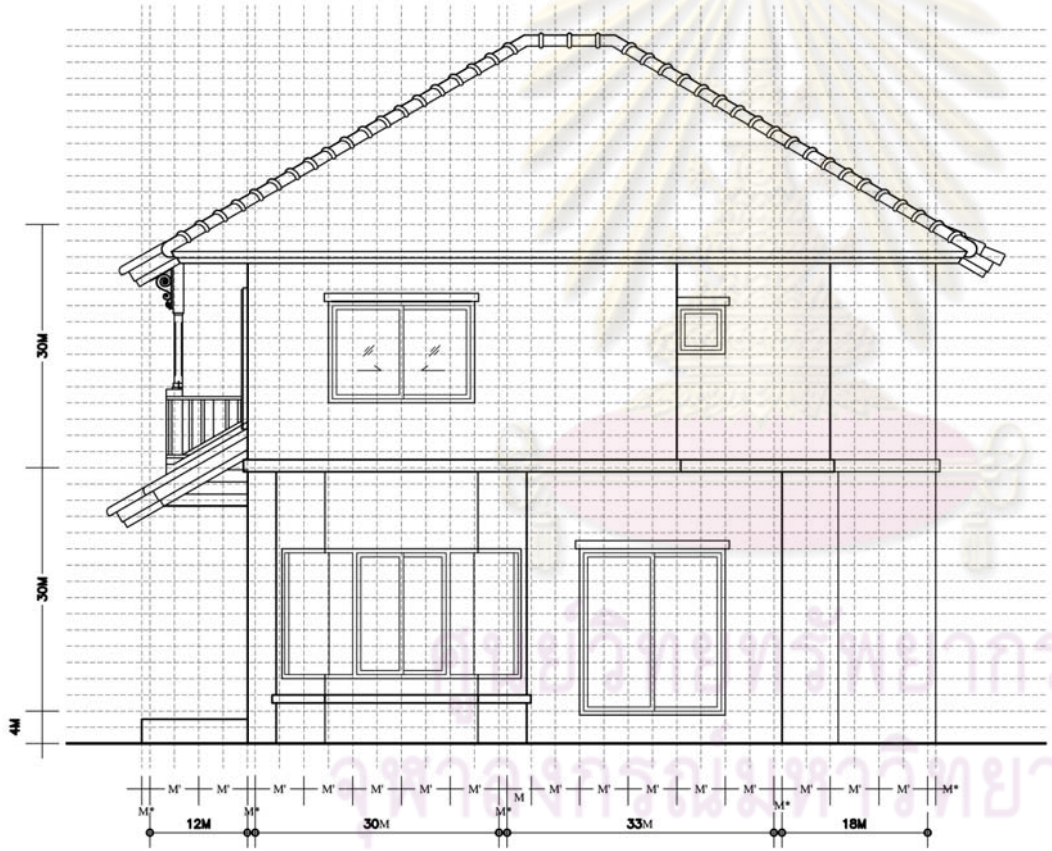
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 5.15 แบบแปลนชั้นที่ 2 ของบ้านตัวอย่างแบบ C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 5.16 แสดงรูปด้านหน้าของแบบบ้านตัวอย่าง C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



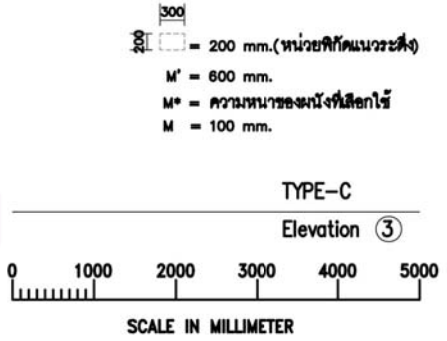
300
200 = 200 mm.(หน่วยพิกัดแนวระดับ)
M' = 600 mm.
M* = ความหนาของผนังที่เลือกใช้
M = 100 mm.

TYPE–C
Elevation ②

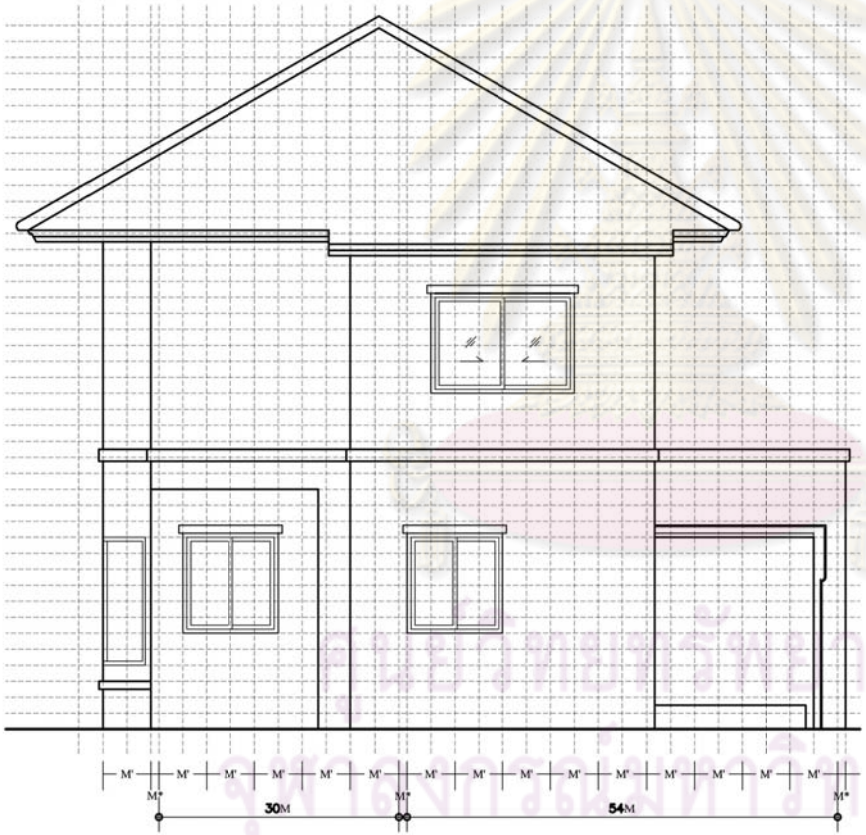
0 1000 2000 3000 4000 5000
SCALE IN MILLIMETER

รูปที่ 5.17 แสดงรูปด้านทิศต่างๆ ของแบบที่อยู่อาศัยชั้นเดียว C

ภาพที่ 5.18 แสดงแบบด้านหน้าของบ้านตัวอย่างแบบที่ 3 ประเภทที่อยู่อาศัยรูปแบบ C



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



300
200
= 200 mm.(หน่วยพิกัดแนวระดับ)
M' = 600 mm.
M* = ความหนาของผนังที่เลือกใช้
M = 100 mm.

TYPE-C
Elevation (4)

0 1000 2000 3000 4000 5000
SCALE IN MILLIMETER

รูปที่ 5.19 แสดงรูปด้านของแบบที่อยู่อาศัย 4 ชนิดที่ใช้ในการศึกษา C

5.4 การเปรียบเทียบรูปแบบบ้านในระบบประสานทางพิกัด

5.4.1 การเปรียบเทียบด้านชิ้นส่วนสำเร็จรูป

- จากกลุ่มตัวอย่าง

จากการนำเสนอแนวทางการออกแบบในระบบประสานทางพิกัดของบ้านเดี่ยว 2 ชั้น จาก 3 กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การวางตารางหน่วยพิกัดของ 3M = 300 มม.ในแนวระดับ และ 2M = 200 มม. ในแนวดิ่ง จากการศึกษาได้ค้นพบข้อสรุปจากการใช้ระบบประสานทางพิกัดทำให้รูปแบบจำนวนของชิ้นส่วนของโครงสร้างลดลงสามรถใช้ซ้ำกันได้มากขึ้น เกิดจากการใช้หน่วยวัดเป็นเกณฑ์ที่แน่นอนมีความยืดหยุ่นในการออกแบบจากรูปแบบที่นำเสนอพอจะสรุปชิ้นส่วนหลักๆของโครงสร้างจากแบบบ้านของกลุ่มตัวอย่างเดิมได้ดังนี้

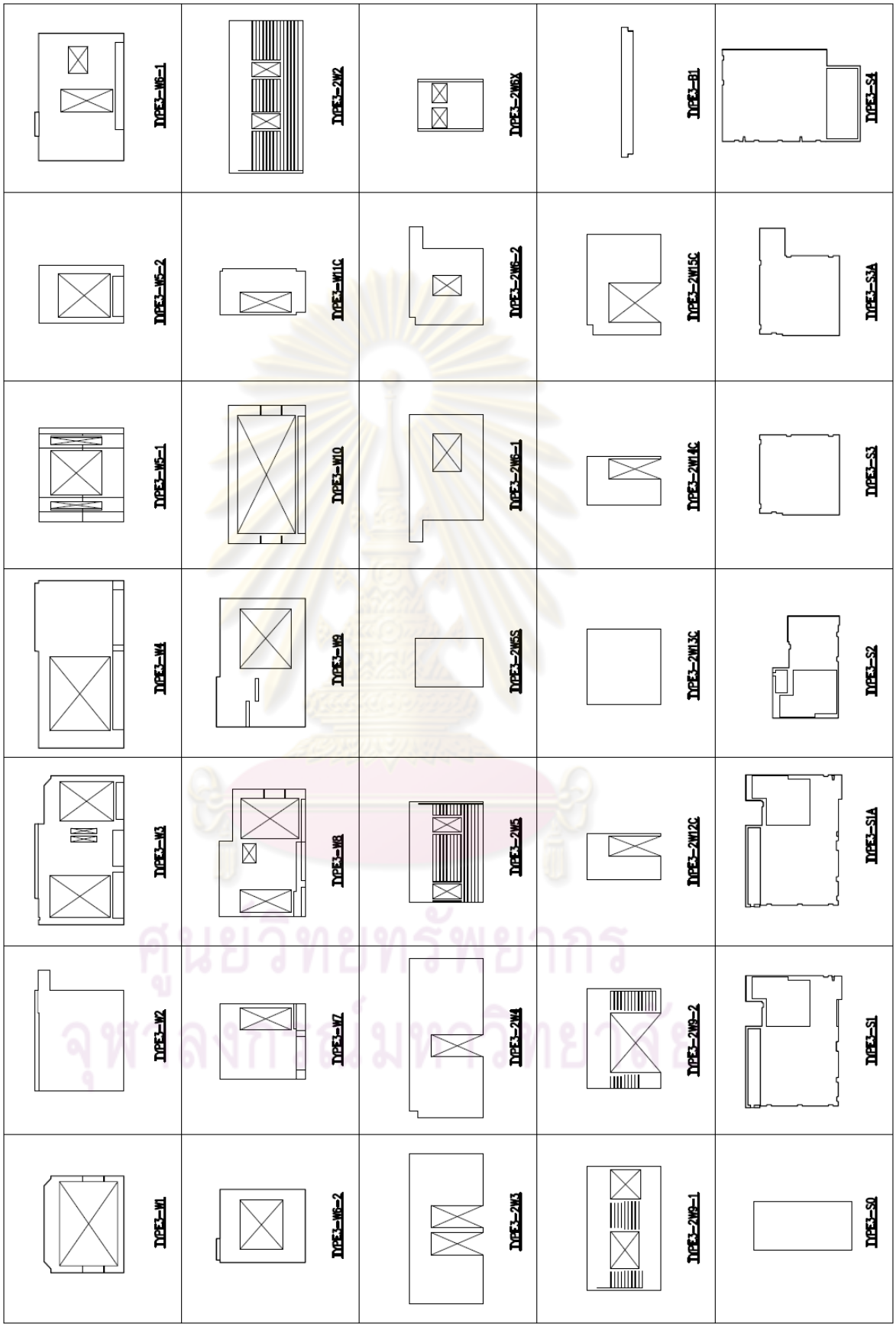
ตารางที่ 5.15 แสดงการสรุปจำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูปของกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 3 แบบบ้าน

ชิ้นส่วนพื้น/ชิ้นส่วน	จำนวนแบบชิ้นส่วนผนังชิ้นส่วน	การใช้ชิ้นส่วนซ้ำ/ชิ้นส่วน
แบบบ้าน A		
6	29	ไม่มี
แบบบ้าน B		
6	25	ไม่มี
แบบบ้าน C		
6	23	ไม่มี

จากการวิเคราะห์จำนวนชิ้นส่วนของแบบบ้านกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 แบบบ้านพอจะพิจารณาถึงการใช้ซ้ำกันของชิ้นสำเร็จรูปที่เป็นผนังรับน้ำหนักนั้นไม่สามารถใช้ซ้ำกันได้ ซึ่งจากการศึกษาด้านแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมนั้นการใช้ซ้ำกันเป็นมาตรฐานเดียว มีข้อดีต่อการเป็นระบบแบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม

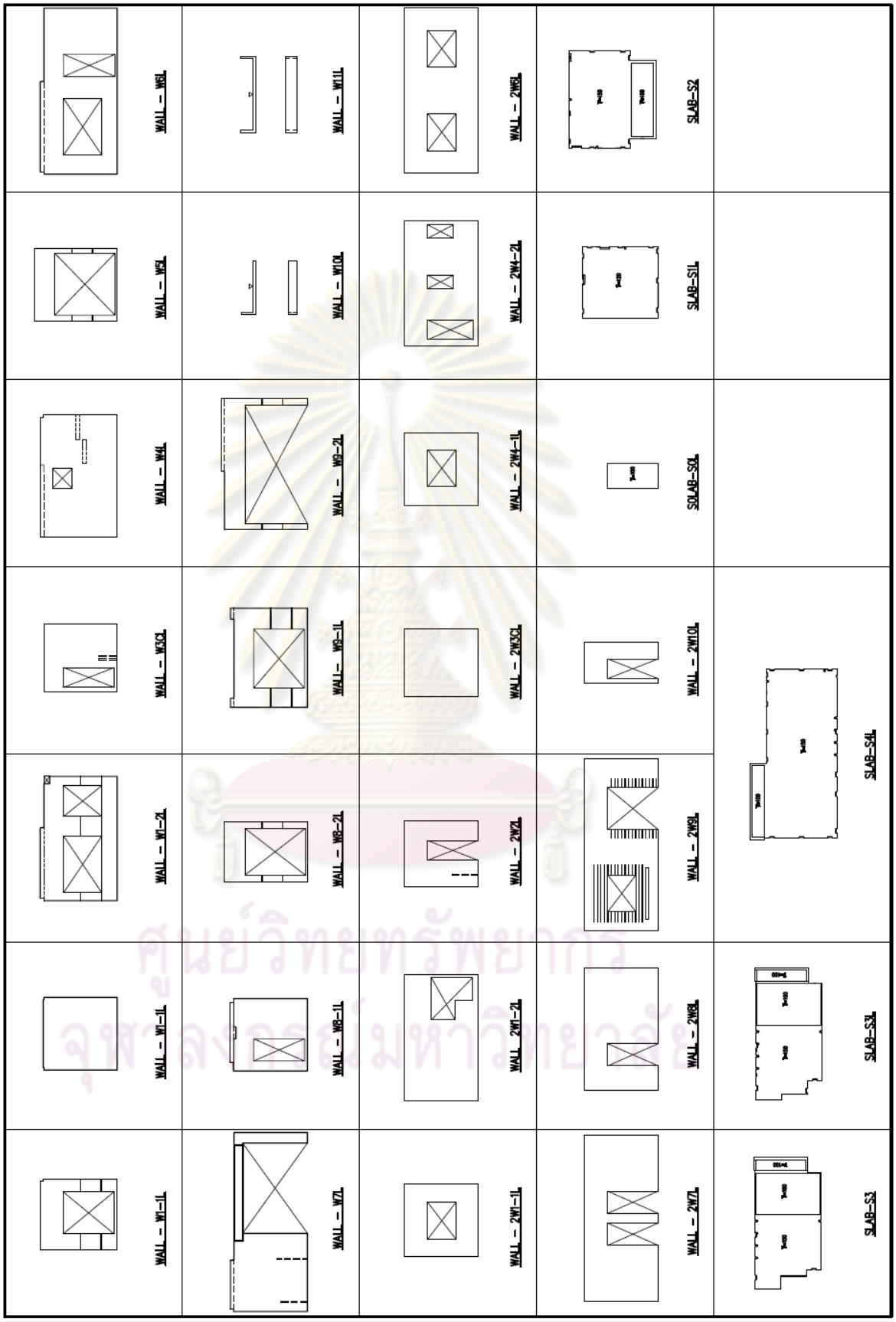
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.16 แสดงชิ้นส่วนสำเร็จรูปของกลุ่มตัวอย่าง แบบบ้าน A

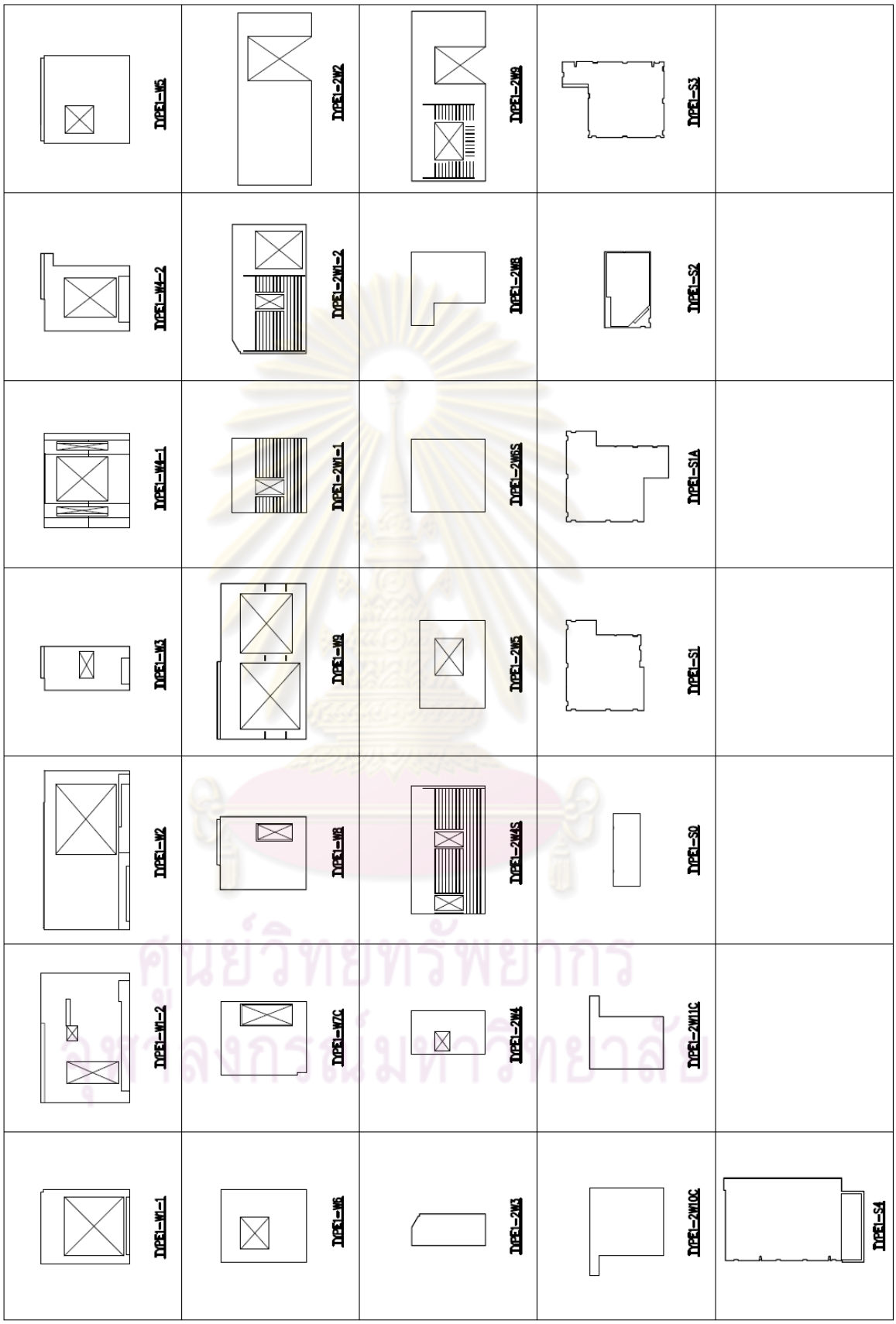


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.17 แสดงชิ้นส่วนสำเร็จรูปของกลุ่มตัวอย่าง แบบบ้าน B



ตารางที่ 5.18 แสดงชิ้นส่วนสำเร็จรูปของกลุ่มตัวอย่าง แบบบ้าน C



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- จากการออกแบบในระบบประสานทางพิกัด

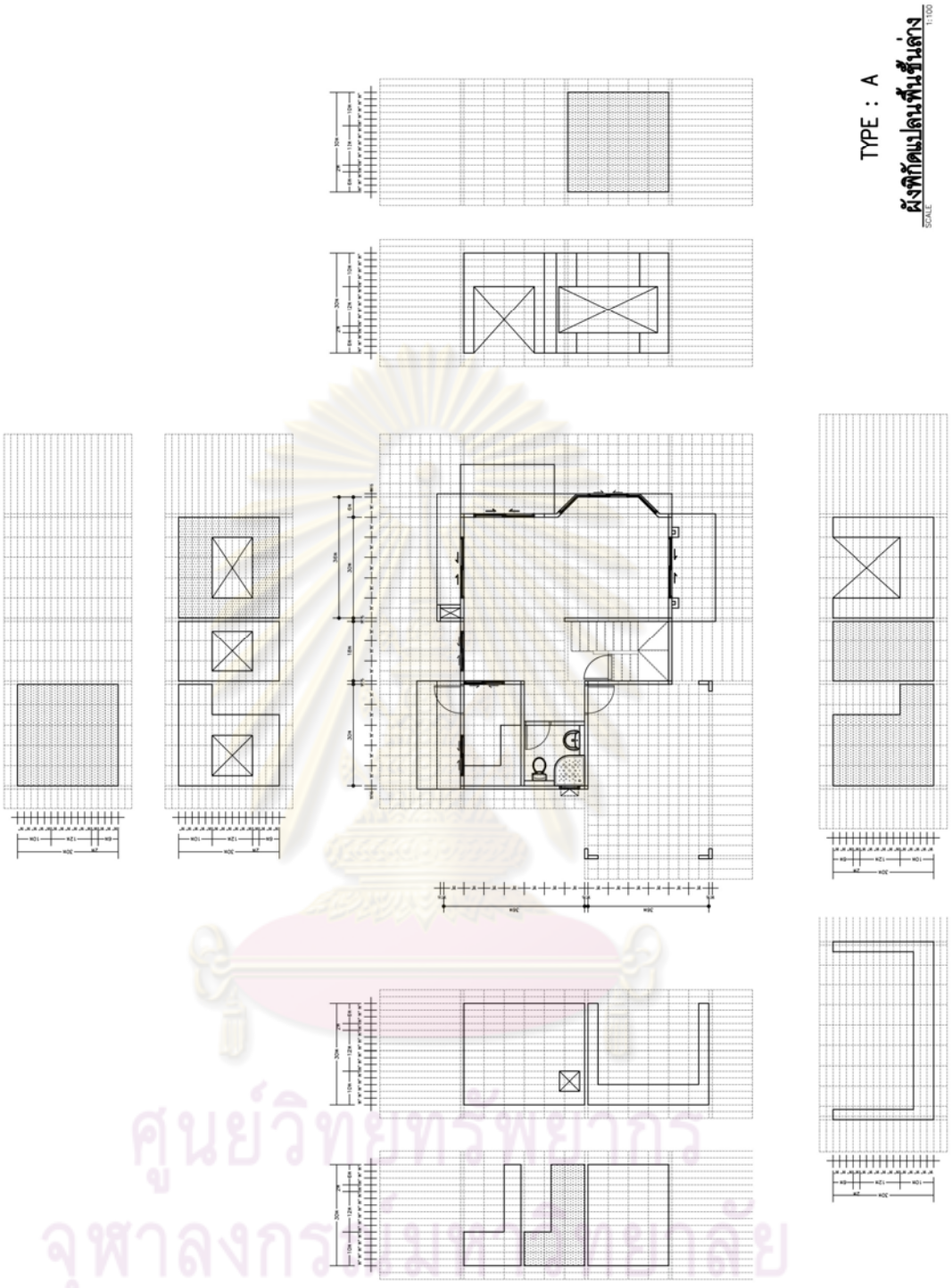
จากการได้วิเคราะห์ถึงข้อมูลของวัสดุก่อสร้างและระบบโครงสร้างที่เหมาะสมเป็นระบบผนังรับน้ำหนัก เหมาะสมกับการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม หัวข้อนี้จะเป็นการศึกษาเปรียบจำนวนของชิ้นส่วนที่เป็นผลที่ได้มาจากการใช้ระบบประสานทางพิกัด

ตารางที่ 5.19 แสดงการสรุปจำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูปของระบบประสานทางพิกัด ทั้ง 3 แบบบ้าน

ชิ้นส่วนพื้น/ชิ้นส่วน	จำนวนแบบชิ้นส่วนผนังชิ้นส่วน	การใช้ชิ้นส่วนซ้ำ/ชิ้นส่วน
แบบบ้าน A		
6	19	7
แบบบ้าน B		
6	22	9
แบบบ้าน C		
6	24	6

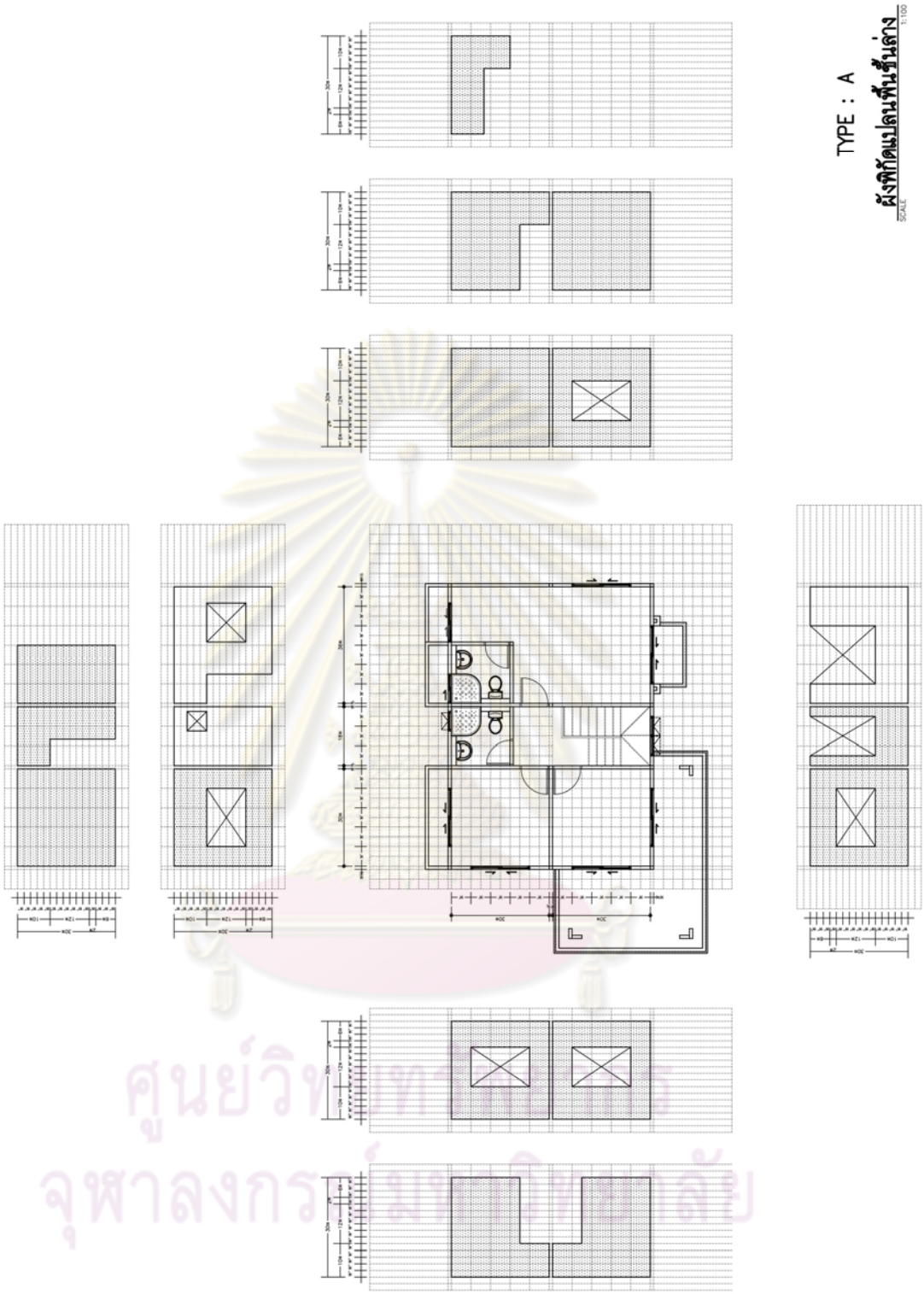
จากการปรียบจำนวนชิ้นส่วนในแบบบ้านที่ใช้ระบบประสานทางพิกัดนั้นพอจะสรุปได้ว่าระบบประสานทางพิกัดนั้นเป็นพื้นฐานในการออกแบบที่เป็นระบบอุตสาหกรรมเป็นกฎเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถตั้งไว้ก่อนได้เช่นการจำกัดของ ขนาดประตู-หน้าต่าง ให้มีแบบที่ใช้ซ้ำกันให้ได้มากที่สุด การกำหนดระยะของช่วงตารางพิกัดในหนึ่งช่วงผนังที่ควรใช้ซ้ำกันในแบบบ้านเดียวกันหรือต่างแบบบ้าน เป็นผลทำให้ชิ้นส่วนสามารถใช้ซ้ำกันได้มากขึ้น ลดกำลังในการผลิตจากโรงงานที่ไม่ต้องทำการขึ้นแบบที่หลากหลายและมีความสามารถเข้ากับวัสดุอื่นตามหน่วยพิกัดที่เรเลือกใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



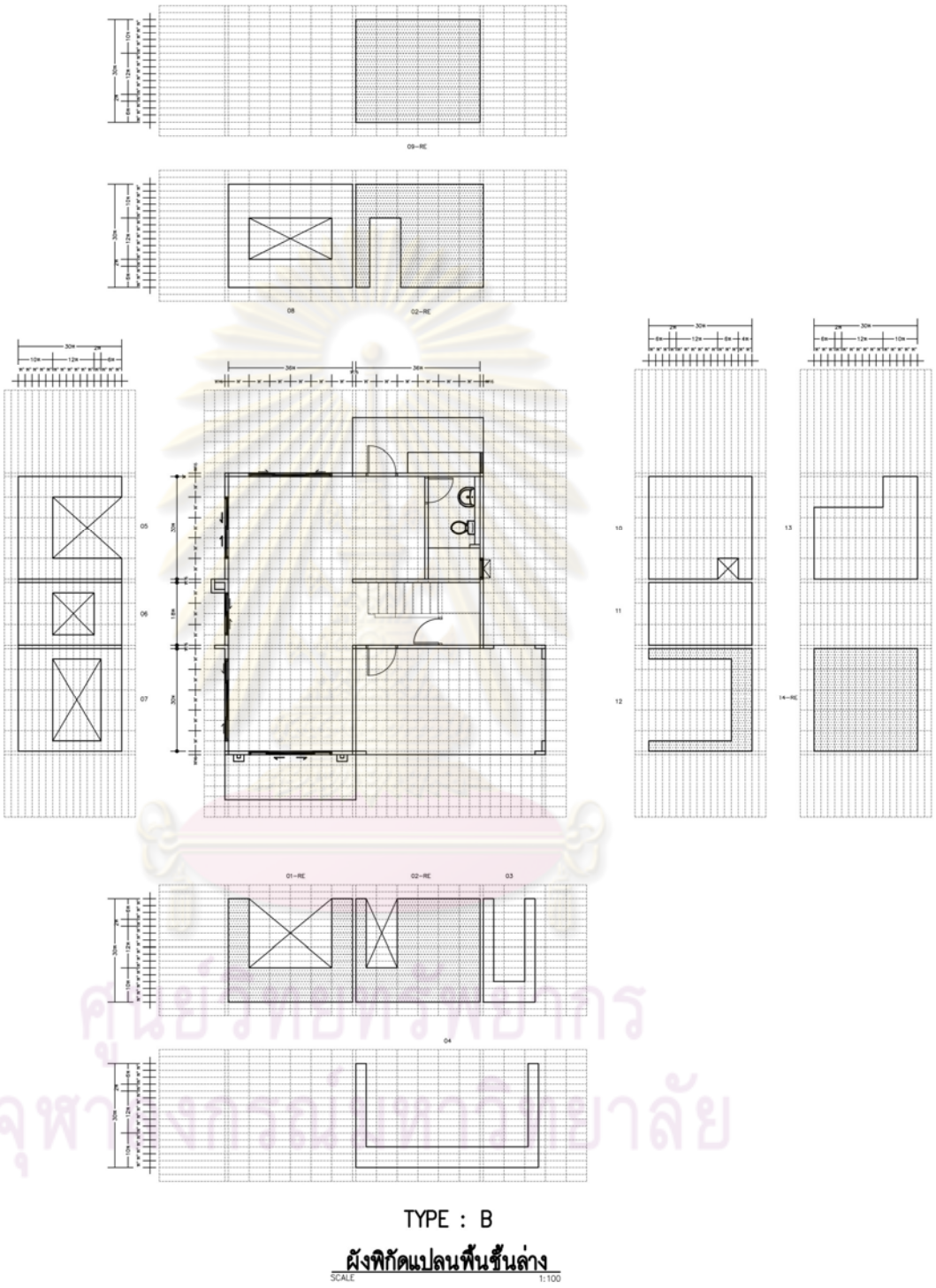
แผนผังที่ 5.20 แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 1 ของแบบบ้าน A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



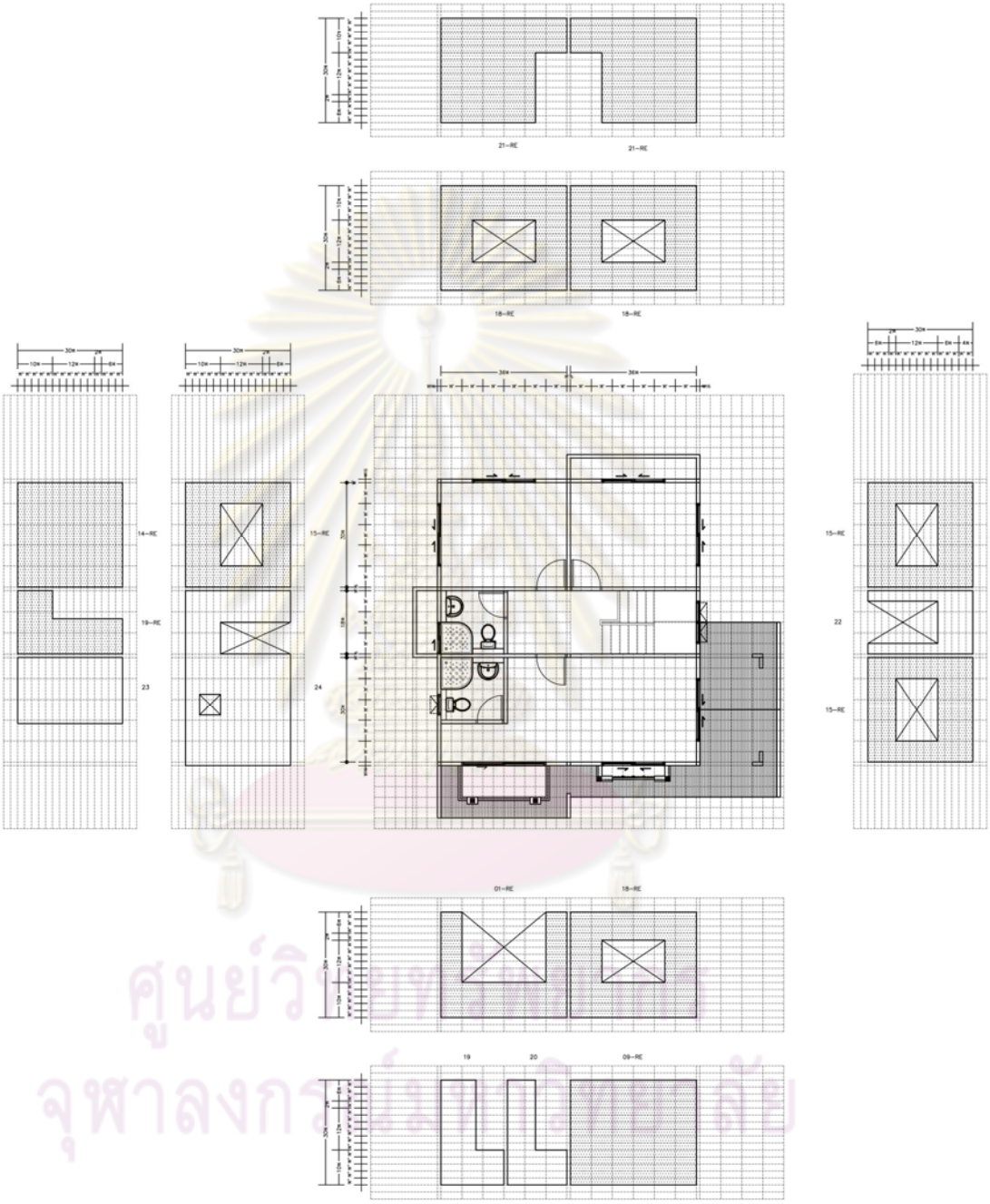
แผนผังที่ 5.21 แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 2 ของแบบบ้าน A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

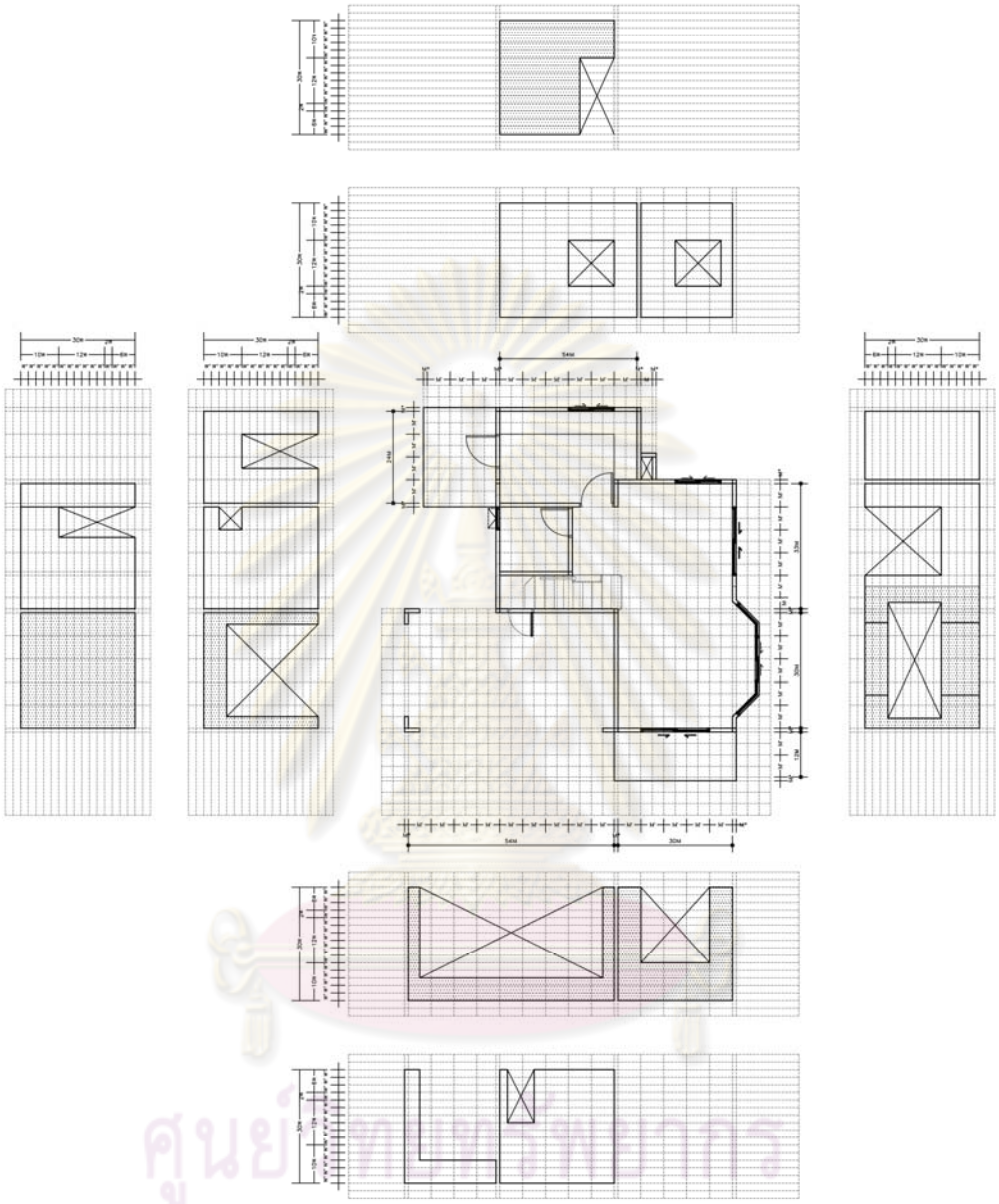


แผนผังที่ 5.22 แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 1 ของแบบบ้าน B

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

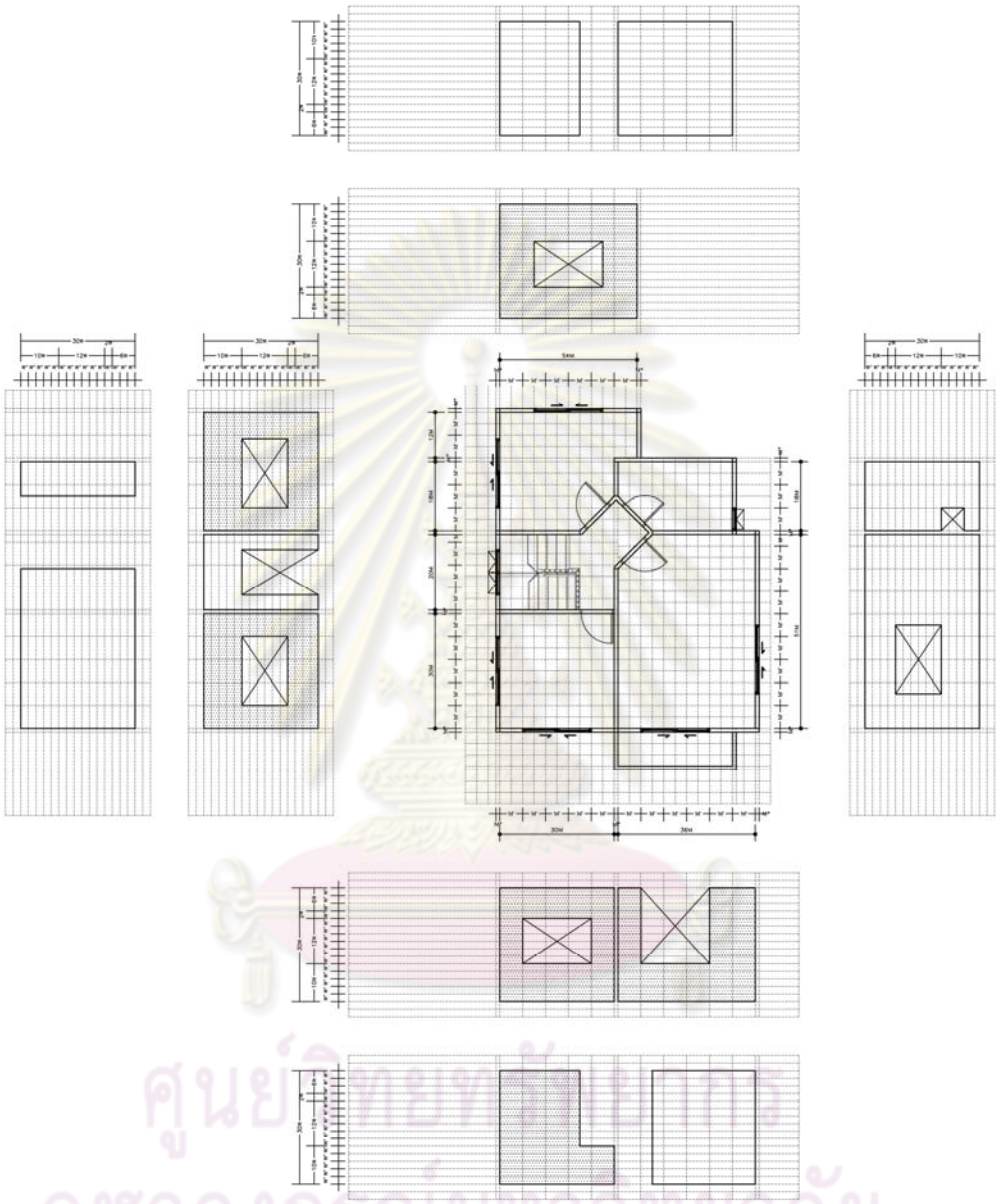


แผนผังที่ 5.23 แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 2 ของแบบบ้าน B



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

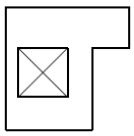
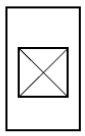
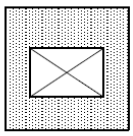
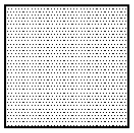
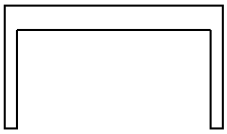
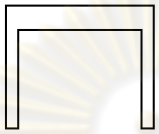
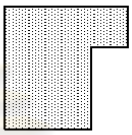
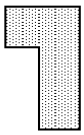
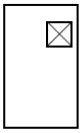
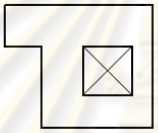
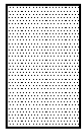
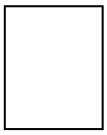
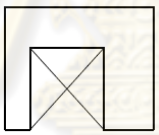
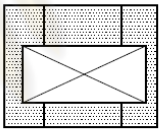
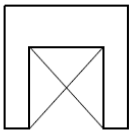
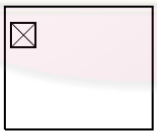
แผนผังที่ 5.24 แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 1 ของแบบบ้าน C



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

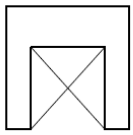
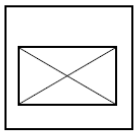
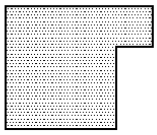
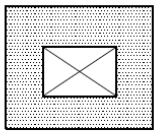
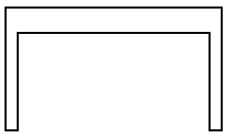
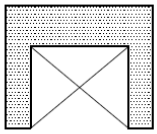
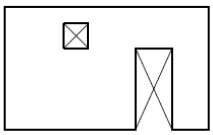
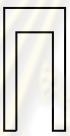
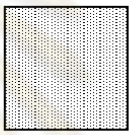
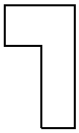
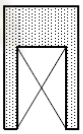
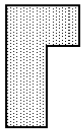
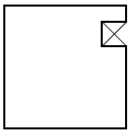
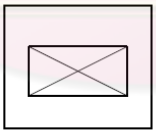
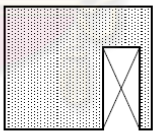
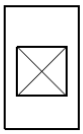
แผนผังที่ 5.25 แสดงกระบวนการออกแบบชั้นที่ 2 ของแบบบ้าน C

ตารางที่ 5.20 แสดงการสรุปจำนวนแบบชิ้นส่วนของแบบบ้าน A

จำนวนแบบของชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปของบ้านแบบ A			
แบบของผนังที่ใช้ซ้ำไม่ได้		แบบของผนังที่ใช้ซ้ำได้(แบบมาตรฐาน)	
			
			
			
			
			

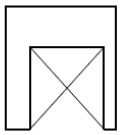
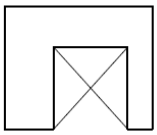
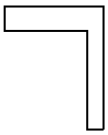
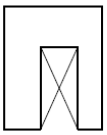
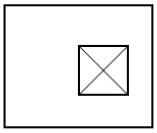
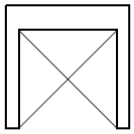
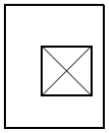
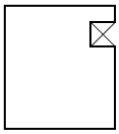
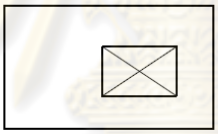
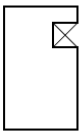
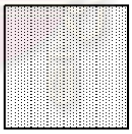
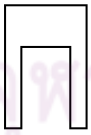
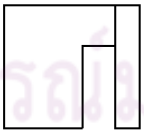
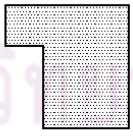
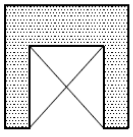
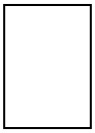
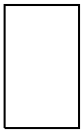
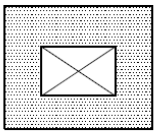
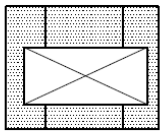
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.21 แสดงการสรุปจำนวนแบบชิ้นส่วนของแบบบ้าน B

จำนวนแบบของชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปของบ้านแบบ B			
แบบของผนังที่ใช้ซ้ำไม่ได้		แบบของผนังที่ใช้ซ้ำได้(แบบมาตรฐาน)	
			
			
			
			
			
			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.22 แสดงการสรุปจำนวนแบบชิ้นส่วนของแบบบ้าน C

จำนวนแบบของชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปของบ้านแบบ C			
แบบของผนังที่ใช้ซ้ำไม่ได้			
			
			
			
			
		แบบของผนังที่ใช้ซ้ำได้(แบบมาตรฐาน)	
			
			
			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4.2 การเปรียบเทียบด้านพื้นที่ใช้สอย

ตารางที่ 5.23 แสดงการสรุปจำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูปของระบบประสานทางพิกัด ทั้ง 3 แบบบ้าน

แบบบ้าน	กลุ่มตัวอย่าง		แบบประสานทางพิกัด	
	Net Area (ตร.ม)	Gross Area (ตร.ม)	Net Area (ตร.ม)	Gross Area (ตร.ม)
แบบบ้าน A	101.00	135.00	95.00	131.60
แบบบ้าน B	100.05	144.00	105.33	140.43
แบบบ้าน C	90.14	121.00	88.50	118.00

ตารางที่ 5.24 แสดงการเปรียบเทียบของระยะช่วงเสา

แบบบ้าน	ระยะของช่วงเสา						
	แนวแกนนอน (X) มม.			แนวแกนตั้ง (Y) มม.			
แบบบ้าน A ของกลุ่มตัวอย่าง	3150	2100	2900	2350	1650	2100	2000
แบบบ้าน A ของระบบประสานทางพิกัด	3000	1800	3000	1800	1800	2400	1200
แบบบ้าน B ของกลุ่มตัวอย่าง	3900	2900	2100	2800	2200	3000	
แบบบ้าน B ของระบบประสานทางพิกัด	3600	3600	1800	3000	1800	3000	
แบบบ้าน C ของกลุ่มตัวอย่าง	2300	3600	3000	1700	300	2900	3000
แบบบ้าน C ของระบบประสานทางพิกัด	2400	3000	3000	1800	600	2700	3000

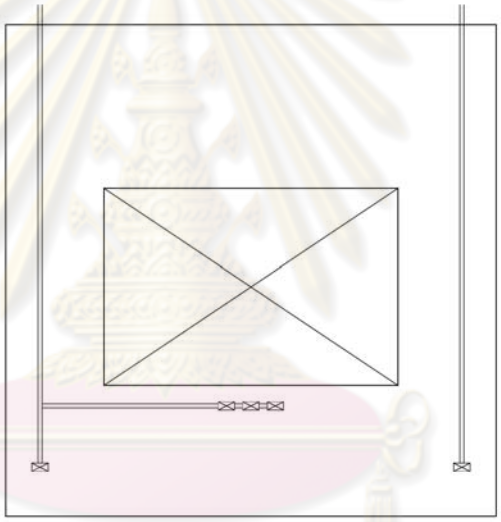
จากตารางแสดงเปรียบเทียบด้านพื้นที่ใช้สอยพอจะให้ทราบถึงความแตกต่างของพื้นที่ใช้สอยของแบบบ้านกลุ่มตัวอย่างเดิมที่ความแตกต่างในแต่ละแบบ โดยการนำพื้นที่ภายใน(Net Area) มาเปรียบเทียบความแตกต่างเพราะว่าเป็นพื้นที่ของการก่อสร้างหลักของอาคารพอจะทราบได้ว่ามีความแตกต่างกันเฉลี่ยประมาณ 5 ตารางเมตร หรือคิดเป็น 3-5% ของพื้นที่ภายในทั้งหมดในแต่ละแบบบ้าน ซึ่งความแตกต่างนี้เกิดจากการที่ใช้ระบบประสานทางพิกัดเข้าปรับในเรื่องของระยะช่วงเสาและช่วงผนังให้ลงในหน่วยของระยะพิกัดทำให้มีความแตกต่างเพิ่มและลดลงในแต่ละแบบบ้านซึ่งมีความแตกต่างที่ไม่มากนัก

5.4.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างด้านข้อจำกัดอื่นๆ

-รูปแบบของประตู-หน้าต่างควรปรับในเรื่องของจำนวนหรือรูปแบบของขนาดให้น้อยที่สุดและใช้ซ้ำกันให้ได้มากที่สุดจะมีประโยชน์ในการปรับให้เข้ากันในระบบประสานทางพิกัด

-ความสูงของชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปจากเดิมมีความสูงของผนังชั้นล่างมีความสูง 3.30 เมตร ถ้าปรับในระบบประสานทางพิกัดจะปรับอยู่ที่ 3.00 เมตร (30M) ซึ่งเป็นข้อจำกัดในเรื่องการขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปและขนาดการประสาน อาจจะทำให้ความสูงของระดับพื้นที่ 1 ถึงพื้นชั้น 2 มีความสูงลดลง

-งานระบบไฟฟ้า ถ้ามีความต้องการที่จะใช้ผนังในรูปแบบที่ซ้ำกันให้มากความแตกต่างของระบบไฟฟ้าในกรณีการฝังท่อภายในผนังสำเร็จรูปซึ่งต้องมีการระบุตำแหน่งไปล่วงหน้า ถ้าไม่ได้ใช้ก็สามารถปิดได้ในภายหลัง



รูปภาพที่ 5.10 แสดงตำแหน่งของการระบุกล่องของสวิทช์-ปลั๊ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.5 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้างและความเป็นไปได้

ตารางที่ 5.25 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในแต่ละแบบบ้าน

แบบบ้าน	งานโครงสร้าง	งานสถาปัตย์,งานระบบ	รวม
แบบบ้าน A			
กลุ่มตัวอย่าง	520,000	776,691	1,296,691
ระบบประสานทางพิกัด	505,000	759,989	1,264,989
ส่วนต่าง (+)เพิ่ม,(-)ลด	(-)15,000	(-)16,702	(-)1,702
แบบบ้าน B			
กลุ่มตัวอย่าง	435,000	840,841	1,275,481
ระบบประสานทางพิกัด	441,000	852,298	1,293,298
ส่วนต่าง (+)เพิ่ม,(-)ลด	(+)6,000	(+)11,457	(+)17,817
แบบบ้าน C			
กลุ่มตัวอย่าง	449,000	728,608	1,177,608
ระบบประสานทางพิกัด	442,000	720,210	1,162,210
ส่วนต่าง (+)เพิ่ม,(-)ลด	(-)7,000	(-)8,398	(-)15,398

ที่มา: ฝ่ายประมาณราคาของโครงการฯ

จากตารางการเปรียบเทียบต้นทุนค่าก่อสร้างของงานโครงสร้างที่เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก ถ้าเปรียบเทียบในลักษณะเป็นต้นทุนค่าก่อสร้างต่อหลังคำนวนจากพื้นที่หรือชิ้นส่วนผนังที่ใกล้เคียงกันความแตกต่างกันระหว่างของกลุ่มตัวอย่างเดิมและแบบบ้านในระบบประสานทางพิกัดจะเห็นความแตกต่างที่น้อย แต่เมื่อเทียบกับปริมาณการก่อสร้างต่อจำนวนหน่วยที่มากขึ้นนั้นระบบประสานทางพิกัดมีส่วนช่วยระยะเวลาการก่อสร้างให้สั้นลงได้ กล่าวคือระบบประสานทางพกัดช่วยในเรื่องความเป็นมาตรฐานของชิ้นส่วนที่สามรถใช้ซ้ำกันได้มากและสามารถผลิตชิ้นส่วนมาตรฐานรอไว้ก่อนได้ เพื่อรอการประกอบโดยไม่ต้องคำนึงถึงการผลิตชิ้นส่วนต่อแบบบ้าน 1 หลัง เพราะไม่ต้องเสียเวลารอในการบ่มคอนกรีตของชิ้นส่วนผนังซึ่งต้องใช้เวลารอ 3-4 วัน แล้วแต่ตามสภาพอากาศในช่วงนั้นๆ

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในทุกบทที่ผ่านมาในหัวข้อเรื่องโอกาสในการนำระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาการออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ซึ่งจากการได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและการหาแนวทางในการออกแบบกับการเปรียบเทียบจากกลุ่มตัวอย่าง สามารถประมวลผลการวิจัยออกมาเป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 บทสรุปของแนวทางการออกแบบ

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุปของแนวทางการออกแบบ

การวิจัยเรื่องนี้ สามารถประมวลผลและสรุปการวิจัยออกมาได้ โดยสรุปประเด็นให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ได้ตั้งไว้ตั้งแต่เริ่มต้น ซึ่งเป็นการวิจัยที่หาแนวทางการออกแบบแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาโอกาสในการพัฒนาระบบการก่อสร้างด้วยระบบประสานทางพิกัดด้วยขั้นตอนการการวิจัย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่วางไว้จึงสามารถลำดับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยที่เรียงไปตามแต่ละบทที่ได้ทำการศึกษา ซึ่งวัตถุประสงค์นั้นประกอบไปด้วย

1. เพื่อศึกษากระบวนการก่อสร้างของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ในระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมที่เป็นระบบปิดและไม่ได้ใช้แนวคิดของระบบการประสานทางพิกัด โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่มีการก่อสร้างไปแล้ว
2. เพื่อหาแนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ด้วยแนวคิดระบบการประสานทางพิกัด เพื่อรองรับการผลิตและการก่อสร้างเชิงอุตสาหกรรม
3. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้าง เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย โอกาสและข้อจำกัดอื่นๆ เพื่อที่จะพัฒนาระบบการก่อสร้างให้เป็นระบบเปิดในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมของบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ด้วยแนวคิดระบบการประสานทางพิกัด

6.1.1 สรุปหลักการออกแบบอาคารด้วยระบบประสานทางพิกัด

เป็นการสรุปด้านแนวคิดและทฤษฎี จากบทที่ 2 ซึ่งได้เรียบเรียงจากหัวข้อที่ศึกษาตามลำดับของความเป็นมาของระบบประสานทางพิกัดรวมไปถึงขั้นตอนการใช้งาน ไปจนถึงระบบการก่อสร้างแบบอุตสากรรม ต้องทำความเข้าใจถึงหลักการและนำมาใช้เป็นแนวทางการออกแบบ

บ้านเดี่ยว 2 ชั้น ด้วยความต้องการที่จะพัฒนาระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม โดยสามารถสรุปประเด็นได้ดังนี้

1. ด้านการออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด

สามารถสรุปแนวคิดและข้อกำหนดพื้นฐานของระบบประสานทางพิกัดได้ดังต่อไปนี้

1. ข้อกำหนดพื้นฐาน โดยได้กำหนดจากศูนย์กำหนดรายการมาตรฐานแห่งประเทศไทย(ศกม.) ได้เริ่มกำหนดให้พิกัดมูลฐาน (M) = 100 มม. ตามข้อเสนอแนะของ ISO ในปี พ.ศ. 2512 และได้มีการพัฒนาต่อมาจนถึงปีพ.ศ. 2531 – 2539 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เริ่มประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษเรื่องมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : การประสานทางพิกัด โดยมีการกำหนดเรื่องของหลักการและกฎข้อบังคับการออกแบบ

2. แนวคิดของระบบประสานทางพิกัด คือ เป็นการประสานทางมิติ ที่ใช้หน่วยพิกัดมูลฐาน หรือหน่วยคูณพิกัด เป็นแนวคิดที่ถูกใช้มาแล้วแต่โบราณ เรื่องของความสัมพันธ์ ด้านมิติ และสัดส่วนของตัวอาคารเป็นหลัก การประสานทางพิกัดนั้น เป็นการกำหนดให้ขนาดและระยะ สัดส่วนของชิ้นส่วนวัสดุต่างๆ ของอาคารมีความสอดคล้องซึ่งกันและกัน

3. วัตถุประสงค์ของการประสานทางพิกัด เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการปฏิบัติงานต่อ ผู้ผลิตวัสดุก่อสร้าง ผู้จำหน่าย ผู้ก่อสร้าง และเป็นการให้ผู้ออกแบบสามารถนำชิ้นส่วนประกอบอาคารอื่นๆที่เป็นมาตรฐานมาใช้กับส่วนอื่นของอาคารต่อไป

4. หลักการพื้นฐานของการประสานทางพิกัด

❖ การกำหนดขนาดหรือระยะของส่วนประกอบของอาคาร จะต้องมีความสัมพันธ์กันทุกๆส่วน เช่น ขนาดส่วนประกอบของพื้นจะต้องสัมพันธ์กับขนาดส่วนประกอบของหลังคา ของเพดาน และของผนัง เป็นต้น

❖ ขนาดหรือระยะของส่วนประกอบ จะต้องเป็นขนาดหรือระยะที่เกิดจากผลคูณของหน่วยพิกัดมูลฐานเสมอ และขนาดพิกัดมูลฐานต้องมีขนาดเล็ก พอที่จะให้เกิดการยืดหยุ่นในการออกแบบได้

❖ ขนาดของตารางตามพิกัดให้ถือหน่วยวัดขนาด 100 มม. เป็นขนาดเล็กสุด

❖ ขนาดของส่วนประกอบที่กำหนดไว้ในตารางตามพิกัด จะต้องเผื่อระยะรอยต่อไว้แล้ว คือ ขนาดของส่วนประกอบที่ผลิตจากโรงงานโดยทั่วไป ย่อมเล็กกว่าขนาดมิติตามพิกัด

❖ ขนาดหรือระยะของส่วนประกอบในตารางตามพิกัด จะต้องเท่ากับขนาดหรือระยะของส่วนประกอบที่ผลิตจากโรงงาน รวมด้วยเกณฑ์คลาดเคลื่อนที่ยอมให้มี และรวมด้วยรอยต่อเชื่อมระหว่างก้อน

❖ เนื่องจากการผลิตส่วนประกอบจากโรงงาน ไม่สามารถทำให้ตรงตามความเป็นจริงที่กำหนดได้เสมอไป จึงได้ตั้งเกณฑ์คลาดเคลื่อนไว้ว่าให้น้อยหรือมากได้เท่าใด

❖ ระบบการประสานทางพิกัด เป็นระบบที่เพิ่มเข้าไป ไม่ใช่ระบบแบ่งย่อย

5. การออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด มีเกณฑ์ข้อกำหนดดังนี้

- การวางพิกัดแผนผังและตารางพิกัด โดยเลือกใช้พิกัดมูลฐานที่(M)=100 มม. โดยจะกำหนด ในแนวระดับที่ (3M) = 300 มม. และแนวดิ่งที่ (2M) = 200 มม. โดยจะกำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐาน และจากการวิเคราะห์ในเรื่องของความเหมาะสมที่จะใช้รูปแบบของตารางพิกัดคือตารางพิกัดแบบไม่ต่อเนื่องเพื่อความเหมาะสมของรูปแบบของโครงสร้างที่เลือกใช้

ด้านวัสดุที่กำหนดในขอบเขตของระบบประสานทางพิกัด

1). วัสดุก่อผนัง

2). วัสดุปูพื้นและผนัง

3). วัสดุฝ้าเพดาน

4). วัสดุมุงหลังคา

5). พื้นสำเร็จรูปและผนังสำเร็จรูป

2 <u>ด้านระบบและรูปแบบของโครงสร้าง</u>

ระบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและการก่อสร้างในรูปแบบอุตสาหกรรมที่เหมาะสมกับประเทศไทย คือ ระบบผนังรับน้ำหนัก และระบบเสา-คานสำเร็จรูป เพื่อให้ได้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ผู้วิจัยเลือกใช้แค่ 2 ระบบนี้เท่านั้น

3 <u>ด้านข้อจำกัดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป</u>

ข้อกำหนดจากงานวิจัยของที่เคยศึกษามาก่อนหน้านี้รอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป พอที่จะสรุปเป็นเหตุผลเพื่อที่จะทำการออกแบบต่อไปดังต่อไปนี้

1. รอยต่อของส่วนที่ไม่จำเป็นต้องโดนน้ำ เหมาะสมสำหรับการเก็บรอยต่อประเภทนี้คือ ระบบเปียกแบบปูนทราย (Wet Joints โดยใช้ปูนทราย Mortar)

2. รอยต่อส่วนที่จำเป็นต้องโดนน้ำ วิธีการใช้ที่เหมาะสมรอยต่อประเภทนี้มีด้วยกัน 2 วิธี คือการใช้ระบบรอยต่อแบบแห้ง และการใช้ระบบรอยต่อแบบเปียก ทั้งนี้จากการที่ผู้ที่เคยวิจัยไว้ได้ทำการศึกษาจากกรณีศึกษาทั้ง 2 ระบบ สามารถสรุปได้ว่าการเก็บรอยต่อระหว่าง

ชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับอาคารในลักษณะเดียวกันกับที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (อาคารระดับเตี้ยที่สามารถตั้งนั่งร้านในการทำงานได้) ระบบเปียก มีความได้เปรียบและเหมาะสมกว่าระบบแห้ง

6.1.2 สรุปของการออกแบบอาคารด้วยระบบประสานทางพิกัด

จากการสรุปหลักการทั้งหมดที่กล่าวมา จะมีข้อสรุปจากของหน่วยพิกัดที่ใช้ในการออกแบบจากการศึกษาด้านวัสดุก่อสร้างทั้งหมดที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เพื่อที่จะหาข้อสรุปถึงหน่วยพิกัดในการออกแบบได้ที่หน่วยพิกัดคือ

-หน่วยพิกัดที่เล็กที่สุดในการออกแบบ = 1M (100 มม.)

-แนวระดับหน่วยพิกัดแผนผัง = 3Mx3M (300x300 มม. แสดงในแบบแปลน)

-แนวดิ่งหน่วยพิกัดแผนผัง = 2Mx3M (200x300 มม. แสดงในรูปด้าน)

1.<u>ข้อสรุปด้านวัสดุก่อสร้างที่เลือกใช้</u>

จากบทวิเคราะห์กระบวนการออกแบบในบทที่ 5 นั้นได้ศึกษาถึงวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้ทั้งหมดของการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้นในปัจจุบัน ทั้งในระบบพื้น ระบบผนัง ระบบฝ้าเพดานและระบบหลังคา พอจะสรุปวัสดุที่เลือกใช้และเข้ากับระบบประสานทางพิกัดได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงวัสดุที่เลือกใช้ในระบบประสานทางพิกัด

รายการวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดในระบบ Modular (M)			หมายเหตุ
	กว้าง	ยาว	สูง/ลึก	กว้าง	ยาว	สูง/ลึก	
ระบบผนัง							
-อิฐมวลเบา	200	600	100	2	6	1	ปูนฉาบหนา 25 มม.
-อิฐบล็อค	200	400	100	2	4	1	ปูนฉาบหนา 10 มม.
-ไม้อัด	900	2400	100	9	24	1	ความหนารวมโครงเคร่า
-แผ่นแคลเซียมซิลิเกต	1200	2400	100	12	24	1	
-แผ่นซีเมนต์บอรด์เสริมใยไม้	1200	2400	100	12	24	1	
-แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์บอรด์	1200	2400	100	12	24	1	
-แผ่นยิปซั่มบอร์ด	1200	2400	100	12	24	1	
-ไม้สังเคราะห์หรือไม้เทียม	200	1800	100	2	18	1	
-ระบบผนังหล่อ (Shera Infill Wall)	900	2400	100	9	24	1	
วัสดุบุผนัง							
-กระเบื้องเคลือบ	300	300	-	3	3	-	ความหนาไม่มีผลเพราะเป็นวัสดุบุผิว
-กระเบื้องดินเผา	150	150	-	1.5	1.5	-	
-กระเบื้องโมเสค	300	300	-	3	3	-	

ตารางที่ 6.1 แสดงวัสดุที่เลือกใช้ในระบบประสานทางพิกัด (ต่อ)

รายการวัสดุ	ขนาดในระบบ Metric (มม.)			ขนาดในระบบ Modular (M)			หมายเหตุ
	กว้าง	ยาว	สูง/ลึก	กว้าง	ยาว	สูง/ลึก	
วัสดุวงกบและกรอบบานประตู-หน้าต่าง							
-ชุดประตู Aluminum/UPVC	100	2400	2000	1	24	20	
-ชุดหน้าต่าง Aluminum/UPVC	100	1800	1200	1	18	12	
-ชุดประตูไม้สังเคราะห์	100	900	2050	1	9	20	
ระบบพื้น							
-แผ่นพื้นสำเร็จรูปแบบท้องเรียบ	300	3000,3600	100	3	30,36	1	
-กระเบื้องเคลือบ	300	300	-	3	3	-	ความหนาไม่มีผล เพราะเป็นวัสดุบุผิว
-กระเบื้องดินเผา	150	150	-	1.5	1.5	-	
-กระเบื้องโมเสค	300	300	-	3	3	-	
-ไม้พื้นลามิเนต	200	1200	-	2	12	-	
ระบบเพดาน							
-แผ่นยิปซั่มบอร์ด	1200	2400	100	12	24	1	ความหนารวม โครงเคร่า
-แผ่นซีเมนต์ไยหินแผ่นเรียบ	1200	2400	100	12	24	1	
ระบบหลังคา							
-กระเบื้องซีแพคโมเนีย (ชนิดลอน)	300	400	-	3	4	-	ความลาดเอียง 30 องศา
-กระเบื้องซีแพคโมเนีย	300	400	-	3	4	-	
(ชนิดแผ่นเรียบ)							
-ฝ้าชายคาไม้สังเคราะห์	100	1200	-	1	12	-	
-เชิงชายไม้สังเคราะห์	200	3000	-	2	30	-	

จากตารางพอสรุปถึงวัสดุก่อสร้างในปัจจุบันที่นิยมใช้และเข้ากับระบบประสานทางพิกัดได้จากกระบวนการวิเคราะห์ ในรายละเอียดในบทก่อนหน้า และมีข้อเสนอแนะจากการที่ผู้วิจัยได้รวบรวมวัสดุก่อสร้างที่มีความสามารถในการนำมาใช้ในงานก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น เพื่อหาข้อเท็จจริงในการสรุปของหน่วยพิกัดแบบแผน 3Mx3M (300x300 มม. แสดงในแบบแปลน) และ 2Mx3M (200x300 มม. แสดงในรูปด้าน) เป็นข้อพิสูจน์แล้วว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้แบบแผนนี้ในการนำเสนอแนวทางการออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้นด้วยระบบประสานทางพิกัด

2.<u>ข้อสรุปด้านระบบโครงสร้าง</u>

-ระบบโครงสร้างหลัก

จากรายละเอียดในบทวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียในระบบโครงสร้าง พอที่จะสามารถสรุปประเด็นสำคัญในการเลือกใช้รูปแบบของโครงสร้างที่เหมาะสมมีข้อกำหนดที่ต้องการต่อการก่อสร้างแบบระบบอุตสาหกรรมคือ มีระยะเวลา คุณภาพ และต้นทุน พอให้ทราบถึงความได้เปรียบของระบบแบบผนังรับน้ำหนัก ที่มีระยะเวลาการก่อสร้างที่รวดเร็วมากกว่า มีคุณภาพที่ดีกว่า แต่ก็จะมีข้อด้อยในเรื่องของต้นทุนที่ต้องผลิตจากโรงงาน แต่การนำเสนอประเด็นการวิเคราะห์ข้างต้นระบบประสานทางพิกัดสามารถย่อยชิ้นส่วนทำให้เล็กลงได้มีโดยมีกฎเกณฑ์เป็นมาตรฐานเดียวกันมากำหนดเพื่อการหาข้อกำหนดร่วมกัน แต่ถึงอย่างไรก็ตามระบบประสานทางพิกัดก็สามารถใช้ได้ทั้ง 2 ระบบของรูปแบบการก่อสร้าง อยู่การกำหนดวัสดุต่อการออกแบบตารางพิกัด **<u>แต่ถ้าเป็นความต้องการต่อข้อกำหนดของระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม นั้นระบบผนังรับน้ำหนักสามารถตอบสนองความต้องการได้มากกว่า</u>**

-รูปแบบของรอยต่อ

รูปแบบของรอยต่อโครงสร้างอาคารจากการศึกษาด้านแนวคิดและทฤษฎีมีข้อสรุปเรื่องของรอยต่อได้ 2 รูปแบบ คือระบบเปียก เหมาะที่จะใช้ภายในอาคารที่ไม่จำเป็นต้องโดนน้ำ และระบบแห้ง ตามความเหมาะสมของการใช้งานนั้นสามารถใช้ได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร

3.<u>ข้อสรุปด้านการเปรียบเทียบแนวทางการออกแบบระบบประสานทางพิกัดกับกลุ่มตัวอย่างเดิม</u>

ตารางที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบแบบบ้าน A, B และ C

แบบบ้าน A	พื้นที่รวม ตร.ม	ระยะของช่วงเสา							รูปแบบชิ้นส่วน		ต้นทุน (บาท)
		แนวแกนนอน (X) มม.			แนวแกนตั้ง (Y) มม.				จำนวน	การใช้ซ้ำ	
กลุ่มตัวอย่างเดิม	135	3150	2100	2900	2350	1650	2100	2000	29	-	1,296,691
ระบบประสานทางพิกัด	132	3000	1800	3000	1800	1800	2400	1200	19	7	1,264,989
แบบบ้าน B	พื้นที่รวม ตร.ม	ระยะของช่วงเสา							รูปแบบชิ้นส่วน		ต้นทุน (บาท)
		แนวแกนนอน (X) มม.			แนวแกนตั้ง (Y) มม.				จำนวน	การใช้ซ้ำ	
กลุ่มตัวอย่างเดิม	144	3900	2900	2100	2800	2200	3000	-	25	-	1,275,481
ระบบประสานทางพิกัด	140	3600	3600	1800	3000	1800	3000	-	22	9	1,293,298
แบบบ้าน C	พื้นที่รวม ตร.ม	ระยะของช่วงเสา							รูปแบบชิ้นส่วน		ต้นทุน (บาท)
		แนวแกนนอน (X) มม.			แนวแกนตั้ง (Y) มม.				จำนวน	การใช้ซ้ำ	
กลุ่มตัวอย่างเดิม	121	2300	3600	3000	1700	300	2900	3000	23	-	1,177,608
ระบบประสานทางพิกัด	118	2400	3000	3000	1800	600	2700	3000	20	6	1,162,210

จากการเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างแบบบ้านของกลุ่มตัวอย่างเดิมและแบบที่เป็นระบบประสานทางพิกัด พอที่จะเห็นความแตกต่างในการนำแนวคิดของการใช้ระบบประสานทางพิกัดมาพัฒนาเรื่องรูปแบบว่ามีความเป็นไปได้ ซึ่งเหตุผลที่นำมาเปรียบเทียบในประเด็นของพื้นที่ใช้สอยที่มีความแตกต่างกันไม่เกิน 5 ตารางเมตร ในเรื่องของต้นทุนมีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.01- 2 มากน้อยตามสัดส่วนของพื้นที่ใช้สอย แต่ข้อแตกต่างที่เห็นชัดเจนคือความแตกต่างของแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป และการใช้ชิ้นส่วนซ้ำกันเป็นมาตรฐาน จากเดิมซึ่งไม่สามารถใช้ซ้ำกันได้

ในเรื่องของระยะช่วงเสาความแตกต่างที่เป็นการปรับขนาดให้เข้ากับหน่วยพิกัดมูลฐานให้ลงตามตารางพิกัด(3Mx3M)=300x300 มม. ทำให้เกิดความสัมพันธ์กันในเชิงพิกัดมีความยืดหยุ่นในการใช้งานทำเกิดประโยชน์ในการสามารถสลับปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนกันได้

การใช้ชิ้นส่วนซ้ำกันจากข้อมูลการสัมภาษณ์[1] ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก ให้ความเห็นว่าการใช้ชิ้นส่วนซ้ำกันสามารถผลิตไปก่อนล่วงหน้าได้ไม่เสียเวลาในการบ่มคอนกรีต ซึ่งระยะเวลาจากเดิมที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนจะอยู่ที่ 2 วันต่อบ้าน 1 หลัง แต่ถ้ามีการใช้ชิ้นส่วนซ้ำกันเป็นมาตรฐานเดียวกันสามารถทำให้มีการผลิตไปล่วงหน้าได้สามารถผลิตได้ถึง 1 วัน ต่อ 1-2 หลัง ตามจำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ซ้ำกันมากน้อย สามารถเป็นประโยชน์ในเรื่องของการลดระยะเวลาในการก่อสร้าง

ความต้องการที่จะพัฒนาให้เป็นระบบเปิด จากเดิมตามรูปแบบการก่อสร้างของโครงการเป็นการก่อสร้างที่ผลิตจากโรงงานภายในสถานที่ก่อสร้างเท่านั้นเป็นระบบปิด จากการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางการปรับรูปแบบและการย่อยขนาดชิ้นส่วนเพื่อเป็นการยืดหยุ่นให้สามารถขนส่งให้สะดวกมากขึ้น จากตารางที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระบบผนังรับน้ำหนัก ในบทก่อนหน้า จากการสัมภาษณ์[2] ให้ความเห็นว่าสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. ระบบผนังรับน้ำหนักการย่อยชิ้นส่วนจากเดิมซึ่งเป็นขนาดแผ่นใหญ่ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการติดตั้ง ถ้าย่อยชิ้นส่วนให้เล็กลงสามารถยกได้ใน 2 แรงคน ควรใช้รอยต่อระหว่างแผ่นที่มีการย่อยขนาดชิ้นส่วน เป็นระบบแห้ง โดยการใช้ยาเคมีประสานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของโครงการซึ่งจะมีราคาต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากเดิมเฉพาะ

[1]สัมภาษณ์ ปรีชา ลิขิตเดชาโรจน์ , กรรมการผู้จัดการ, บริษัท เซนเตอร์ ออฟ สแตนดาร์ด เอ็นจิเนียร์ริงค์ จำกัด, 12 มกราคม 2553.

[2]เรื่องเดียวกัน

น้ำยาเคมี ประมาณ 50% และต้องศึกษากรรมวิธีการติดตั้งที่เหมาะสม ซึ่งมีความเห็นว่าน่าจะเป็นทิศทางในการพัฒนาระบบการก่อสร้างต่อไป

2. ระบบเสา-คานสำเร็จรูป หรือระบบแบบดั้งเดิม โดยให้ความเห็นว่าการใช้ระบบการหล่อเสา-คานในที่ หรือการใช้เสา-คานสำเร็จรูป ปัญหาสำคัญที่ทำให้ 2 ระบบนี้มีการก่อสร้างที่ต้องใช้เวลามากกว่าระบบผนังรับน้ำหนัก 1 เดือน (ระบบผนังรับน้ำหนัก 4 เดือน, ระบบเสา-คานสำเร็จรูป 5 เดือน) คืองานผนังที่ต้องใช้ระบบก่อที่ต้องแรงคนมากถึง 5-6 คน ต่อหลัง ใช้เวลารวมงานฉาบผิวแล้วทั้งหมดประมาณ 14-16 วัน ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องเสียเวลาไปมาก จากผู้ให้สัมภาษณ์ซึ่งมีความเชี่ยวชาญกับระบบผนังสำเร็จรูป ระบบผนังมวลเบาเป็นระบบที่น่าจะสามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ซึ่งจะสามารถย่อยชิ้นส่วนตามแบบที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ อาจจะเป็นแนวทางที่สามารถนำไปพัฒนาให้เป็นระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมที่เป็นระบบเปิดได้ อาจจะลดเวลาจากเดิม 14-16 วัน เหลือแค่ 5-7 วัน ในการติดตั้ง และฉาบผิวหน้าโดยใช้ปูนฉาบบาง ระบบนี้อาจเป็นส่วนที่จะช่วยลดในเรื่องของระยะเวลา การใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ เพราะสามารถติดตั้งได้โดย 2 แรงคนเป็นอย่างน้อย

ความแตกต่างเกี่ยวกับพื้นที่ใช้สอยทั้ง 3 แบบบ้าน โดยรวมประมาณ 5 ตารางเมตรและค่าก่อสร้างโดยรวมค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 0.01-2 ของค่าก่อสร้างทั้งหมด จากข้อมูลการสัมภาษณ์[3] เป็นผู้ดูแลและรับผิดชอบเกี่ยวกับรูปแบบทั้งหมดของทุกโครงการของบริษัทฯ ให้ความเห็นว่า ความแตกต่างในเรื่องของต้นทุนและพื้นที่ใช้สอย มีผลกระทบน้อยถ้าสามารถที่จะลดระยะเวลาในการก่อสร้างให้ได้รวดเร็วขึ้น เพราะปัจจุบันโครงการ เพอร์เฟค พาร์ค จังหวัดนนทบุรี เป็นโครงการที่มียอดขายที่ดีติดอันดับต้นๆ ของบริษัทฯ ผลกระทบคือไม่สามารถโอนได้ทันตามระยะเวลาที่กำหนดถึงแม้ว่าเป็นระบบผนังรับน้ำหนัก ดังนั้นความแตกต่างทางด้านพื้นที่ใช้สอยและต้นทุนเพิ่มขึ้นมีผลกระทบเป็นส่วนน้อย

ผู้ให้สัมภาษณ์ให้ความเห็นเกี่ยวกับระบบประสานทางพิกัด[4] ถ้าผลที่ได้เป็นการใช้ชิ้นส่วนซ้ำและลดระยะเวลาได้มากขึ้นเป็นเรื่องที่ดี เพราะโครงการได้รับประโยชน์ เพราะระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมควรให้มีมาตรฐานของชิ้นส่วนเป็นมาตรฐานเดียวกัน

[3]สัมภาษณ์ วงศกรณ์ ประสิทธิ์วิภาต, ผู้ช่วยประธานเจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติการ, บริษัท พร็อพเพอร์ตี้ เพอร์เฟค จำกัด (มหาชน), 22 มกราคม 2553.

[4]เรื่องเดียวกัน

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้ระบบประสานทางพิกัดกับการก่อสร้างอาคารในรูปแบบอุตสาหกรรม

การก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมนั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของความต้องการในการควบต้นทุนค่าก่อสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง ดังนั้นระบบประสานทางพิกัดเป็นส่วนที่ผู้วิจัยเองได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่ให้ความเห็นเป็นข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้งานในระบบประสานทางพิกัด ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวผู้วิจัยสนใจในเรื่องของการพัฒนารูปแบบการก่อสร้าง

โอกาสในเรื่องของการพัฒนาระบบการก่อสร้างในรูปแบบอุตสาหกรรมนั้น ข้อสรุปของการเริ่มต้นอยู่ที่การออกแบบผู้ออกแบบควรมีความรู้ของศาสตร์ 2 แขนงร่วมกัน ทั้งในด้านสถาปัตยกรรมนอกเหนือในเรื่องของความสวยงามภาพลักษณ์ของตัวอาคารแล้วผู้ออกแบบควรคำนึงถึงมาตรฐานของวัสดุที่เลือกใช้เป็นระบบประสานทางพิกัดที่ใช้เป็นเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐาน และศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างอาคารผู้ออกแบบต้องมีความรู้พื้นทางในด้านการติดตั้ง ขั้นตอนการก่อสร้าง รอยต่อของโครงสร้างต่างๆที่เลือกใช้ ซึ่งจะเป็นการสัมฤทธิ์ผลได้ถ้ามีความรู้ทั้งศาสตร์ทั้ง 2 ด้านร่วมกัน

จากการได้การที่ได้ศึกษาโดยส่วนใหญ่ไม่ได้มีการใช้ระบบประสานทางพิกัดอย่างจริงจัง ซึ่งผู้วิจัยได้ค้นพบว่าระบบประสานทางพิกัดนั้นมีส่วนช่วยในเรื่องการลดในรายละเอียดเป็นหน่วยการใช้งานที่ไม่มีข้อกำหนดตายตัวสามารถเลือกใช้ตามวัสดุที่เรากำหนดขึ้นเองได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้ววัสดุที่มีอยู่ในท้องตลาดสามารถเข้ากับหน่วยพิกัดมูลฐานที่เล็กที่สุดคือ 1M=100 มม.และตารางพิกัดการใช้งานในแนวระดับที่ 3Mx3M=300x300 มม. ในแนวดิ่งที่ 2Mx3M=200x300 มม. ซึ่งเป็นข้อกำหนดการใช้งานที่มีผู้ศึกษามาแล้วก่อนหน้า

ดังนั้นการออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัดเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เป็นสิ่งที่เริ่มต้นจากผู้ออกแบบ จากการศึกษาของผู้วิจัยค้นพบว่าระบบประสานทางพิกัด เป็นแนวทางที่จะพัฒนารูปแบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมจะสมบูรณ์ได้ต้องประกอบไปด้วย 12 รูปแบบการประสานทางพิกัดด้วยกันคือ[5]

1. หน่วยพิกัดของวัสดุ (Material Module)
2. หน่วยพิกัดกับการปฏิบัติในการใช้งาน (Performance Module)

---

[5]Wachsmann, Konrad. The Turning Point of Building. Translated by Thomas E.Burton. (United States of Amarica : Reinhold Publishing Corporation,1961), page 54.

3. มิติเรขาคณิตของหน่วยพิกัด (Geometry Modules)
4. หน่วยพิกัดการใช้งาน (Handling Module)
5. หน่วยพิกัดของโครงสร้าง (Structural Module)
6. องค์ประกอบของหน่วยพิกัด (Element Module)
7. รอยต่อต่างๆของหน่วยพิกัด (Joint Module)
8. ส่วนประกอบต่างๆของหน่วยพิกัด (Component Module)
9. ระยะความคลาดเคลื่อนของหน่วยพิกัด (Tolerance Module)
10. การออกแบบการติดตั้งและการขนส่ง (Installation Module)
11. องค์ประกอบตายตัวของหน่วยพิกัด (Fixture Module)
12. แผนผังของหน่วยพิกัด (Planning Module)

ดั้งนั้นงานออกแบบและการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม ระบบประสานทางพิกัดนั้นมีส่วนช่วยในเรื่องความสัมพันธ์ของระยะมีความสามารถยืดหยุ่นในงานติดตั้งของส่วนประกอบต่างๆในงานก่อสร้างอาคาร ระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมควรใช้ระบบประสานทางพิกัดเป็นมาตรฐานในการออกแบบตั้งแต่เริ่มต้นและใช้ขนาดและหน่วยพิกัดเดียวกันทั้งหมด และมีขั้นตอนครบถ้วนตามแนวคิดทั้ง 12 รูปแบบการประสานทางพิกัด จะสามารถพัฒนาระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมในประเทศไทยให้ได้มาตรฐานและสามรถที่จะพัฒนาให้เป็นระบบเปิดได้

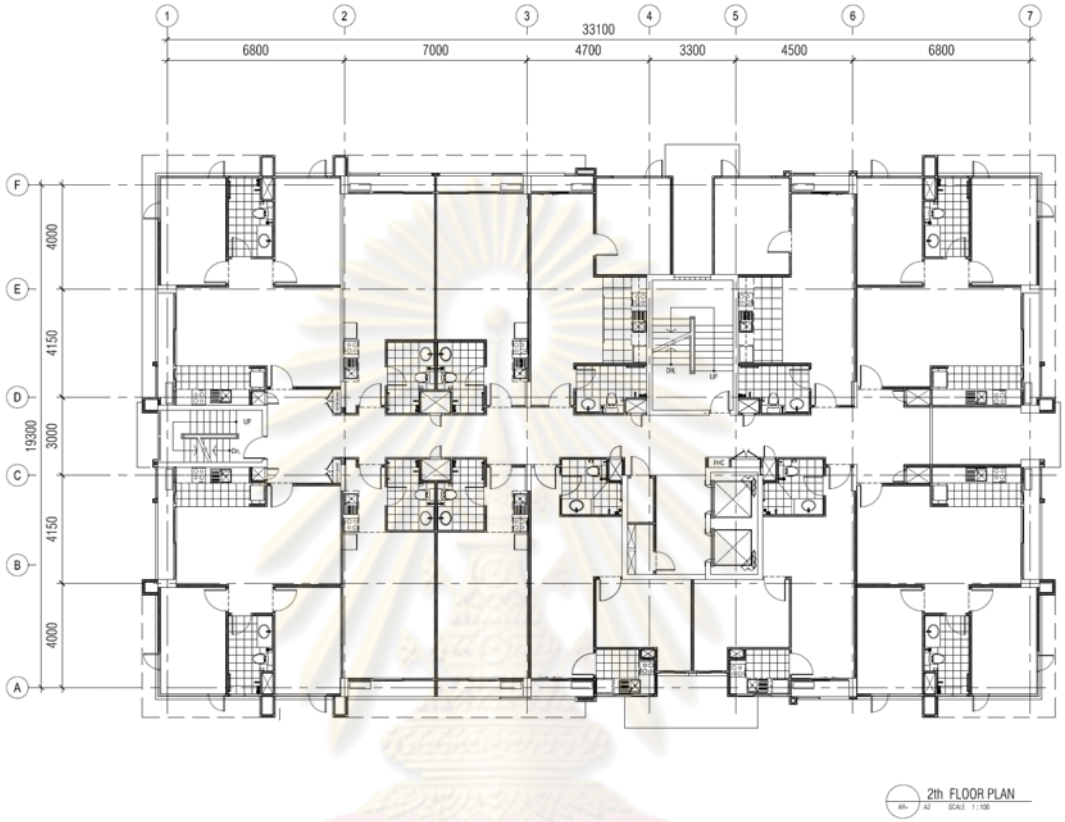
6.2.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้ระบบประสานทางพิกัดกับการอาคารประเภทอื่น

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ อินทิรา บางภิภพ[6] (2551) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบอาคารชุด 8 ชั้นที่นำระบบผนังรับน้ำหนักเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายนอก กับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังค.ส.ล.สำเร็จรูป เป็นผนังภายนอก ผลการศึกษาว่าระบบระบบผนังค.ส.ล.สำเร็จรูป เป็นผนังภายนอก มีความเหมาะสมกว่าสำหรับการก่อสร้างอาคารชุด 8 ชั้นในด้าน

มีข้อเสนอแนะเกี่ยวการใช้ระบบพิกัดในการก่อสร้างด้วยระบบผนัง ค.ส.ล.สำเร็จรูป เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของระยะต่างๆ ซึ่งเป็นปัญหาในการติดตั้ง ทำให้ต้องแก้ปัญหาด้วยการทุบ

[6]อินทิรา บางภิภพ, "การเปรียบเทียบอาคารชุด 8 ชั้นที่นำระบบผนังรับน้ำหนักเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายนอก กับ ระบบผนังก่ออิฐเป็นผนังภายใน ร่วมกับ ระบบผนังค.ส.ล.สำเร็จรูป เป็นผนังภายนอก,"(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2551).

หรือสกัดจะทำให้ชิ้นงานมีความเสียหายและการออกแบบอาคารไม่ควรมีความซับซ้อนเพราะจะก่อให้เกิดปัญหา ในการผลิตและการติดตั้งชิ้นส่วน



แผนผังที่ 6.1 แสดงแบบอาคารพักอาศัย 8 ชั้น ของงานวิจัย อินทิรา บางภิภพ (2551)

ผู้วิจัยได้ศึกษาเบื้องต้นพบว่าระยะการใช้งานไม่ได้เป็นระบบประสานทางพิกัดทั้งแนวแกนนอน (X) และแนวแกนตั้ง(Y) ไม่ได้มีความสัมพันธ์กัน ถ้านำระบบประสานทางพิกัดมาใช้งานในอาคารประเภทพักอาศัย 8 ชั้น ยิ่งน่าจะเป็นการเอื้อประโยชน์ได้มากเพราะมีการซ้ำกันในชิ้นส่วนได้มากกว่าอาคารประเภทบ้านเดี่ยว 2 ชั้น เพราะมีจำนวนชั้นที่น้อยกว่าความซับซ้อนมากกว่า เพราะอาคารพักอาศัยที่มีจำนวนชั้นยิ่งมาก ชิ้นส่วนสามารถซ้ำกันได้ได้มาก ถ้าได้ปรับใช้เป็นระบบประสานทางพิกัดในความสัมพันธ์ แนวแกนนอน (X) และแนวแกนตั้ง(Y) จำนวนชิ้นส่วนน่าจะลดลงไปได้มาก

6.2.3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับวัสดุก่อสร้าง

จากการได้ศึกษาวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาดพบว่า ขนาดของวัสดุมีมากและมีหลายหน่วยวัด ต่างขนาดกัน ที่เข้ากับระบบประสานทางพิกัดได้ยังคงมี ที่ไม่เข้ากับระบบฯเลยก็ยังมีอยู่ไม่น้อย แต่ถ้าผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างคำนึงถึงระยะขนาดของวัสดุที่คำนึงถึงหน่วย

พิกัดใช้มาตรฐานเดียวกัน จะง่ายต่อการเลือกใช้ของผู้ออกแบบมาก เป็นการเอื้อประโยชน์ซึ่งกันของระบบการก่อสร้าง

6.2.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ในเรื่องของการประสานทางพิกัดให้ครบถ้วนตามกระบวนการทั้ง 12 รูปแบบที่กล่าวข้างต้นในหัวข้อก่อนหน้า ในเรื่องของงานวิจัยเล่มนี้เป็นการศึกษาถึงโอกาสในการใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบอาคาร เป็นการศึกษาแบบเฉพาะเจาะจงในเรื่องของการออกแบบแต่ถ้าตามกระบวนการตามทฤษฎีแล้วนั้น มีตั้งแต่การออกแบบ-ติดตั้งและรอยต่อ การขนส่ง การประกอบ จนถึงรายละเอียดของแบบต่างๆที่จำเป็นต้องทำไว้เป็นมาตรฐาน จึงอยากให้มีผู้ที่สนใจในเรื่องของงานก่อสร้างในรูปแบบอุตสาหกรรม นำไปศึกษาต่อได้เพื่อที่จะสามารถพัฒนาและเป็นที่ยอมรับในวงกว้างได้เพื่อที่จะพัฒนาเป็นระบบเปิดต่อไป

2. จากการศึกษาในเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงโอกาสในการใช้งานของระบบประสานทางพิกัดในลักษณะอาคารที่เป็นบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ซึ่งเป็นแนวคิดที่ได้มาจากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากความสนใจในความต้องการที่จะพัฒนาการก่อสร้างที่เป็นระบบอุตสาหกรรม เป็นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบจากแบบบ้านที่มีการก่อสร้างไปแล้ว ผลที่ได้ออกมาเป็นแนวคิดเพื่อหาโอกาสในการใช้งาน ดังนั้นการที่จะสามารถพัฒนาระบบการก่อสร้างได้นั้นต้องผลักดันให้เกิดเป็นอาคารตัวอย่าง เพื่อที่จะสามารถเห็นถึงระเด็นปัญหาการใช้งานจริงของงานก่อสร้างเพื่อที่จะได้แก้ไขและพัฒนาต่อไปได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คเชนท์ สุริยาวงศ์. ระบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักโดยผู้ประกอบการพัฒนาธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย, 2550.

เฉลิม สุจริต. หน่วยพิกัดต่างๆ เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ. สถาบันวิจัยวิทยาลัยศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520. (อัดสำเนา)

ชวลิต นิตยะ. เอกสารประกอบการสอน Housing Construction Technology. ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550. (อัดสำเนา)

ชนินทร์ แซ่เตียว. แนวทางการออกแบบก่อสร้างบ้านแถวด้วยระบบประสานทางพิกัด.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. การใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบอาคาร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2523.

ไตรรัตน์ จารุทัศน์. ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมสำหรับที่พักอาศัยของผู้มีรายได้ปานกลางในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ทวี สีบุญเรือง. ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับรอยต่อสำหรับอาคารสำเร็จรูป เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ . สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

ทวี สีบุญเรือง. ระยะเผื่อความคลาดเคลื่อน เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

ทวี สีบุญเรือง. รายการสอบทานเกี่ยวกับระยะเผื่อความคลาดเคลื่อน สำหรับการสร้างด้วยวิธีอุตสาหกรรม เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

รุ่งรัตน์ ลิ่มทองแท่ง. เปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบสำเร็จรูปกับระบบปกติ : กรณีศึกษาโครงการซื่อตรงรังสิต คลอง 3 จังหวัดปทุมธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

เรืองศักดิ์ กันตะบุตร. การวางผังอาคารด้วยตารางพิกัด พิมพ์ครั้งที่ 1 . สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต, 2529.

เรืองศักดิ์ กันตะบุตร. รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง เอกสารประกอบการอบรมเรื่องระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

เรืองศักดิ์ กันตะบุตร. Modular Design & Strudtural System เอกสารประกอบการอบรมเรื่องระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ. การประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคารสำหรับประเทศไทย. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2513.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ. การมาตรฐานและการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร . สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2516.

ภาษาอังกฤษ

Building Information Institution. PLS-80 An open modular column-slab component building system. Helsinki : Building Information Information Institution, 1972.

Dixon, Crane. Architect's data sheets. London : Architecture Design and Technology Prees,1991

Neufert,Ernst. Architects' data. Oxford : BSP Professional BOOKS, 1991

Nissen, Henrik. Industrialized building and modular design Translated by Pauline katborg.London : Cement and Concrete Association 1972.

Tortrakul Yomnak. Industrialization of Housing Construction for Thailand. 1973 : 44-47.

Wachsmann, Konrad. The Turning Point of Building. Translated by Thomas E.Burton. United States of Amarica : Reinhold Publishing Corporation, 1961.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม[1] : การประสานทางพิกัด

ISO 1791-1983	Building construction-Modular coordination-Vocabulary
ISO 1006-1983	Building construction-Modular coordination-Basic Module
ISO 1040-1983	Building construction-Modular coordination-Multimodal's for horizontal coordinating dimensions
ISO 6512-1982	Building construction-Modular coordination-Storey heights and room heights
ISO 2848-1984	Building construction-Modular coordination-Principles and rules
ISO 6513-1982	Building construction-Modular coordination-Series of preferred multimodular sizes for horizontal dimensions
ISO 3880/1-1977	Building construction-Stairs-Vocabulary-Part 1
ISO 3881-1977	Building construction-Modular coordination-Stairs and stair openings-coordinating dimensions
ISO 2776-1974	Modular coordination-Coordinating sizes for doorsets-Extemal and internal

<u>มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชุดการประสานพิกัด ประกอบด้วย</u>

มอก.761 การประสานทางพิกัด

[1] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, <u>ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การประสานทางพิกัด ในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ</u>, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2531.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เล่ม 1-2531	ประมวลศัพท์
เล่ม 2-2531	หน่วยพิกัดมูลฐาน
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

เล่มที่ 1 ประมวลศัพท์[2]

1. การประสานทางพิกัด (Modular Coordination) หมายถึง การประสานทางมิติโดยใช้หน่วยพิกัดมูลฐานหรือหน่วยพิกัดคูณ
2. การประสานทางมิติ (Dimensional Coordination) หมายถึง ข้อตกลงในเรื่องขนาดที่สัมพันธ์ และประสานกันในมิติของอาคารและชิ้นส่วนประกอบอาคาร ทั้งนี้เพื่อกำหนดใช้ในการออกแบบ การผลิต และการประกอบชิ้นส่วนประกอบอาคารนั้น
3. หน่วยพิกัด (Module) หมายถึง หน่วยของขนาดที่ใช้เป็นตัวเพิ่ม (Increment) ในการประสานทางมิติ
4. หน่วยพิกัดมูลฐาน (Basic Module) หมายถึง หน่วยพื้นฐานของการประสานทางมิติ ที่กำหนดขึ้นเพื่อให้เกิดการประสานทางมิติของอาคารและชิ้นส่วนประกอบ

   หมายเหตุ : ค่าของหน่วนพิกัดมูลฐานกำหนดให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร สัญลักษณ์ของหน่วยพิกัดมูลฐาน คือ “พ” หรือ “M”

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, “ประมวลศัพท์,” เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด ในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ , สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

5. หน่วยอนุพิกัด (Sub module) หมายถึง หน่วยพิกัดที่มีขนาดเป็นเศษส่วนที่เลือกแล้วของหน่วยพิกัดมูลฐาน
6. หน่วยพิกัดคูณ (Multimodule) หมายถึง หน่วยพิกัดที่มีขนาดเป็นพหุคูณที่เลือกแล้วของหน่วยพิกัดมูลฐาน
7. ขนาดพิกัด (Modular Size) หมายถึง ขนาดที่เป็นพหุคูณของหน่วยพิกัดมูลฐาน
8. ขนาดใต้พิกัด (Infra-modular Size) หมายถึง ขนาดที่เล็กกว่าหน่วยพิกัดมูลฐาน
9. ขนาดทางเทคนิค (Technical Size) หมายถึง ขนาดที่ถือการพิจารณาด้านเศรษฐกิจเป็นสำคัญ โดยไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามขนาดพิกัด
10. ขนาดนิยม (Preferred Size) หมายถึง ขนาดพิกัดหรือขนาดพิกัดคูณขนาดใดขนาดหนึ่งที่ได้เลือกไว้ เพื่อใช้กับแต่ละงานในรูปอนุกรม
11. หน่วยพิกัดแผนผัง (Planning Module) หมายถึง หน่วยพิกัดคูณที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในงานใดงานหนึ่งโดยเฉพาะ
12. ชิ้นส่วนประกอบ (Component) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ก่อสร้างที่มีรูปร่างเป็นหน่วยแน่นอน มีขนาดที่ได้กำหนดไว้เป็นสามมิติ
    หมายเหตุ : รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ และเครื่องเรือนที่ใช้ในอาคาร
13. ชุดประกอบ (Assembly) หมายถึง ชุดของชิ้นส่วนประกอบซึ่งเป็นส่วนต่างๆ ของอาคาร
14. ชิ้นส่วนประกอบพิกัด (Modular Component) หมายถึง ชิ้นส่วนประกอบของอาคารที่มีขนาดตามพิกัด
15. ส่วนมูล (Element) หมายถึง ชิ้นส่วนซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคาร (Part of Building) สร้างขึ้นจากวัสดุก่อสร้าง และ/หรือชิ้นส่วนประกอบของอาคาร
16. ส่วนมูลพิกัด (Modular Element) หมายถึง ส่วนมูลที่มีขนาดตามพิกัด
17. มิติประสาน (Coordinating Dimension) หมายถึง มิติของเนื้อที่ประสาน ซึ่งกำหนดตำแหน่งที่ต่อเนื่องกันของชิ้นส่วนประกอบจำนวนสองชิ้น หรือมากกว่าในชุดประกอบชุดหนึ่ง ทั้งนี้เป็นไปตามลักษณะของชิ้นส่วนประกอบซึ่งสัมพันธ์กับชุดประกอบนั้น
18. ขนาดประสาน (Coordinating Size) หมายถึง ขนาดของมิติประสาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

19. มิติควบคุม (Controlling Dimension) หมายถึง มิติประสานทางพิกัดระหว่างระนาบควบคุมต่างๆ เช่น ความสูงชั้น ระยะระหว่างแกนของเสา ระยะของเขตควบคุม
20. ระบบอ้างอิง (Reference System) หมายถึง ระบบของจุดอ้างอิง เส้นอ้างอิง และระนาบอ้างอิงต่างๆ ซึ่งควรสัมพันธ์กับขนาดและตำแหน่งของชิ้นส่วนประกอบ ชุดประกอบ หรือส่วนมูล
21. เนื้อที่อ้างอิง (Reference Space) หมายถึง เนื้อที่ซึ่งได้กำหนดไว้ในอาคารเพื่อรับชิ้นส่วนประกอบ ชุดประกอบ หรือส่วนมูล รวมทั้งเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ และระยะห่างของรอยต่อตามความเหมาะสม ระนาบอ้างอิงที่ล้อมรอบเนื้อที่นี้ไม่จำเป็นจะต้องมีขนาดพิกัด
22. เนื้อที่ประสาน (Coordinating Space) หมายถึง เนื้อที่ซึ่งล้อมรอบโดยระนาบประสานสำหรับชิ้นส่วนประกอบ รวมทั้งเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ และระยะห่างของรอยต่อ
23. ระนาบประสาน (Coordinating Plane) หมายถึง ระนาบที่ใช้อ้างอิงให้ชิ้นส่วนประกอบหนึ่งประสานกับชิ้นส่วนประกอบอื่น
24. ตารางพิกัด (Modular Grid) หมายถึง ตารางที่สร้างขึ้นมาตามระบบประสานทางพิกัดค่าหน่วยพิกัดคูณของมิติทั้งสองในตารางนั้นอาจแตกต่างกันได้
25. ตารางพิกัดสามมิติ (Modular Space Grid) หมายถึง ตารางสามมิติที่สร้างขึ้นตามระบบประสานทางพิกัด ค่าหน่วนพิกัดคูณของมิติทั้งสามในตารางนั้นอาจแตกต่างกันไป
26. ระนาบพิกัด (Modular Plane) หมายถึง ระนาบหนึ่งที่อยู่ในตารางพิกัดสามมิติ
27. ระนาบควบคุม (Controlling Plane) หมายถึง ระนาบในตารางพิกัดสามมิติ ที่ใช้อ้างในการกำหนดตำแหน่งของส่วนมูลของโครงสร้าง เช่น ระนาบที่กำหนดเขตควบคุม หรือแกนของผนังรับน้ำหนัก หรือแนวแกนเสา
28. เส้นพิกัด (Modular Line) หมายถึง เส้นซึ่งเกิดจากระนาบพิกัดสองระนาบตัดกัน
29. แกนพิกัด (Modular Axis) หมายถึง เส้นในตารางพิกัดที่แสดงไว้ในแผนผังกำหนดส่วนมูลโครงสร้างที่สำคัญ เช่น กำหนดแกนพิกัดของผนังรับน้ำหนัก หรือแถวของเสา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

30. ความสูงชั้นพิกัด (Modular Storey Height) หมายถึง มิติในแนวดิ่งระหว่างระนาบพื้นพิกัดของแต่ละชั้น
31. ความสูงห้องพิกัด (Modular Room Height) หมายถึง มิติในแนวดิ่งภายในหนึ่งชั้นอาคาร จากระนาบพิกัดของผิวพื้นสำเร็จถึงระนาบพิกัดของผิวเพดานสำเร็จ
32. ความสูงพื้นพิกัด (Modular Floor Height) หมายถึง มิติในแนวดิ่งของเขตพื้นพิกัด (Modular Floor Zone) ระหว่างระนาบพื้นพิกัดกับผิดพื้นสำเร็จกับระนาบพิกัดของผิวเพดานสำเร็จ
33. ระนาบพื้นพิกัด (Modular Floor Plane) หมายถึง ระนาบพิกัดในแนวระดับของพื้นแต่ละชั้นของอาคาร และระนาบพิกัดนี้อาจเป็นระนาบของผิวบนของวัสดุปูพื้น Floor Covering) ระนาบของผิวบนของปูนปรับระดับพื้น (Rough Floor) หรือระนาบของผิวบนของพื้นส่วนที่เป็นโครงสร้าง (Structural Floor) ก็ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นายวิชัญโญ สุขประสพโภคา

ที่อยู่ 100/328 หมู่ที่ 6 หมู่บ้านชัพฤกษ์ 1 ถนนคุ้มเกล้า แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

การศึกษา - เข้าศึกษาต่อหลักสูตรเคหพัฒนศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2551

การทำงาน ปัจจุบัน ตำแหน่งผู้จัดการอาวุโส ฝ่ายออกแบบและพัฒนาโครงการ บริษัท พร็อพเพอร์ตี้ เพอร์เฟค จำกัด (มหาชน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย