

ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปทาวนเฮาส์ 3 ชั้น กรณีศึกษา : บริษัท โปสแอนด์พีริคาส จำกัด

นายจิราวัฒน์ หุตราชภักดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเคหะพัฒนาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ภาควิชาเคหการ
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

PREFABRICATED CONSTRUCTION SYSTEM 3 STORY TOWNHOUSE CASE STUDY :
POST AND PRECAST CO.LTD

Mr. Jirawat Huttarajpakdee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Housing Development Program in Real Estate

Development

Department of Housing

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปทาวนเฮาส์ 3 ชั้น กรณีศึกษา : บริษัท โพลแลนด์พีคาส จำกัด
โดย	นายจิราวัฒน์ หุตราชภักดี
สาขาวิชา	การพัฒนาอสังหาริมทรัพย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ยุวดี ศิริ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุปรียา หิรัญโร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ยุวดี ศิริ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จาตุรนต์ วัฒนผาสุก)

จิราวัฒน์ หุตราชภักดี : ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปทาว์นเฮาส์ 3 ชั้น กรณีศึกษา : บริษัท โพลสแอนด์พรีคาส จำกัด. (PREFABRICATED CONSTRUCTION SYSTEM 3 STORY TOWNHOUSE CASE STUDY : POST AND PRECAST CO.LTD) อ.ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. บัณฑิต จุลาสัย, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ยุวดี ศิริ, 93 หน้า.

ปัจจุบันมีการนำระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาใช้กับโครงการที่อยู่อาศัยมากขึ้น จึงมีวัตถุประสงค์ จะศึกษาวิธีการและปัญหาของการก่อสร้างที่อยู่อาศัยประเภททาว์นเฮาส์ ด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยเลือกทาว์นเฮาส์ Nw Design ที่ผลิตโดยบริษัท โพลสแอนด์พรีคาส จำกัด เป็นกรณีศึกษา ซึ่งปัจจุบันบริษัทรับออกแบบ ผลิตและติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้กับบริษัท อสังหาริมทรัพย์หลายแห่ง

จากการศึกษาทาว์นเฮาส์ Nw Design สูงสามชั้น มีขนาดหน้ากว้าง 5 เมตร ยาว 10.4 เมตร ปัจจุบันก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนผนัง 45 ชิ้น คาน 16 ชิ้น พื้นสำเร็จรูป 9 ชิ้น พื้นสำเร็จรูปอัดแรงท้องเรียบ 41 ชิ้นและส่วนอื่นๆ 4 ชิ้น รวมชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั้งหมด 74 ชิ้น และชิ้นส่วนสำเร็จรูปอัดแรงท้องเรียบ 41 ชิ้น โดยชิ้นส่วนผนัง คาน พื้น และส่วนอื่นๆ นั้นจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันถึง 72 รูปแบบซึ่งทำให้เกิดปัญหาการผลิต ขนส่งและติดตั้ง

การลดจำนวนรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูป สามารถทำได้โดยการปรับขนาดผนัง ปรับขนาดหน้าต่างและรูปแบบคาน ปรับรูปแบบพื้นให้ใกล้เคียงกัน จะลดลงเหลือ 56 รูปแบบ ประกอบด้วยผนัง 34 รูปแบบ คาน 14 รูปแบบ พื้นสำเร็จรูป 4 รูปแบบ และส่วนอื่นๆ ยังคง 4 รูปแบบ โดยจำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นยังคงเท่าเดิม

วิธีการลดรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปตามข้อเสนอ จะต้องมาจากการทำงานร่วมกัน ระหว่างวิศวกร สถาปนิกผู้ออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายขนส่งและฝ่ายติดตั้ง ซึ่งอาจจะมีการพัฒนารูปแบบและลดจำนวน เพื่อให้มีการใช้ชิ้นส่วนซ้ำกันมากขึ้นและนำไปสู่ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมเต็มรูปแบบ

ภาควิชา เคหการ

สาขาวิชา การพัฒนาอสังหาริมทรัพย์

ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

5573554225 : MAJOR REAL ESTATE DEVELOPMENT

KEYWORDS: PREFABRICATED

JIRAWAT HUTTARAJPAKDEE: PREFABRICATED CONSTRUCTION SYSTEM 3 STORY TOWNHOUSE CASE STUDY : POST AND PRECAST CO.LTD. ADVISOR: PROF. DR. BUNDIT CHULASAI, CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. YUWADEE SIRI, 93 pp.

Currently, prefabricated components are increasingly used in construction projects. The present study aimed to investigate the application of prefabrication components in 3-story townhouse construction in a housing project, and the problems arising during the construction. The prefabricated parts examined in this study were made by Post and Precast Co., Ltd., a company which is well-known for designing, producing, and installing precast concrete parts for a number of property construction companies.

Each townhouse in the study had a width of 5 meters and a length of 10.4 meters. The prefabricated materials for the construction of each townhouse were 45 walls, 16 beams, 9 planks, and 4 miscellaneous items. The forms of the materials were not uniform, thus resulting in 72 different forms in total. This led to difficulties in the production, transport, and installation of the components for Post and Precast Co., Ltd.

It was found that, in order to reduce the number of different forms of prefabricated parts, the size and form of the materials had to be modified to be similar. The resulting number of forms was 56, consisting of 34 walls, 14 beams, 4 planks, and 4 miscellaneous items.

The researcher suggested that effective reduction in the number of forms of prefabricated components could be a result of close collaboration between prefabrication companies, engineers, and architects who designed the materials.

Department: Housing Student's Signature

Field of Study: Real Estate Development Advisor's Signature

Academic Year: 2013 Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาและความช่วยเหลืออันดียิ่งจาก ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ซึ่งช่วยชี้แนะแนวทาง คอยดูแลการทำวิจัยอย่างใกล้ชิด รวมทั้งให้คำปรึกษาและแนวทางการแก้ไขปัญหาระหว่างการดำเนินงานที่ดีเสมอมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ยุวดี ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ช่วยให้คำแนะนำแนวทางระเบียบงานวิจัย และข้อสังเกตในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณย่า สุนีต ประภาสวัต คุณผดุงศักดิ์ และคุณนงนุช ธรรมารกุล ที่ได้มอบโอกาสและความช่วยเหลือในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณเกรียงศักดิ์ อ่าวอุดมพันธ์ ที่ให้โอกาสในการศึกษา คุณธีรพงษ์ เกษมพันธ์ และบริษัท โปสแอนด์พีริคาส จำกัด ที่ให้ข้อมูลในการทำงานวิจัยครั้งนี้ รวมไปถึงพี่ๆ เพื่อนๆ C25X ทุกท่าน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคหการที่ให้คำปรึกษาด้านการทำวิทยานิพนธ์และความช่วยเหลือต่างๆ เสมอมา

และสุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อไพรัช และคุณแม่ฉวีลักษณ์ หุตราชภักดี ที่สนับสนุนและให้กำลังใจทุกอย่างในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด ซึ่งประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บุคคลต่างๆ ที่ได้กล่าวมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและสาระสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 เครื่องมืองานวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตกลุ่มประชากรที่ทำการศึกษา.....	4
1.6 คำจำกัดความของการวิจัย.....	4
1.7 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
1.8 นำเสนอข้อมูล.....	6
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎี แนวคิด และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ความหมายของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป.....	7
2.2 การพิจารณาในการเลือกออกแบบหรือออกแบบรอยต่อระหว่างผนังและโครงสร้าง.....	8
2.3 การพิจารณาในการออกแบบระบบผนังรับน้ำหนักคอนกรีตสำเร็จรูป.....	8
2.4 ขั้นตอนการก่อสร้างระบบผนังรับน้ำหนักคอนกรีตสำเร็จรูป.....	9
2.5 ขั้นตอนการขนส่งและยกขนย้าย.....	10
2.6 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้ง.....	11
2.7 แนวทางการวิเคราะห์และออกแบบ.....	12
2.8 พฤติกรรมการรับน้ำหนักจริง.....	14
2.9 ประโยชน์ของ Prefabrication.....	16

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
บทที่ 3 ผลการศึกษา.....	18
3.1 บริษัท โปสแอนด์พรีคาส จำกัด	18
3.2 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป.....	23
บทที่ 4 ผลการศึกษาการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป	27
4.1 ชิ้นส่วนคาน ของโครงสร้างทาวเฮาส์ NW Design	30
4.2 ชิ้นส่วนพื้น ของโครงสร้างทาวเฮาส์ NW Design.....	34
4.3 ชิ้นส่วนพื้น ของโครงสร้างทาวเฮาส์ NW Design.....	38
4.4 ชิ้นส่วนอื่นๆ (บันได และกันสาดหน้าบ้าน) ของโครงสร้างทาวเฮาส์ NW Design	45
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย.....	49
5.1 การวิเคราะห์คาน	49
5.2 การวิเคราะห์รูปแบบพื้น.....	68
5.3 การวิเคราะห์รูปแบบผนัง	77
5.4 การวิเคราะห์ชิ้นส่วนสำเร็จรูปอื่นๆ.....	85
บทที่ 6 บทนำ	86
6.1 สรุปผลงานวิจัย	86
6.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย.....	90
รายการอ้างอิง	91
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	93

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	ข้อมูลเปรียบเทียบที่อยู่อาศัยจดทะเบียนเพิ่มจำแนกตามประเภทดำเนินการระหว่าง 2553-2555.....	1
ตารางที่ 1.2	ข้อมูลเปรียบเทียบที่อยู่อาศัยจดทะเบียนเพิ่มจำแนกตามประเภทดำเนินการระหว่าง 2553-2555.....	1
ตารางที่ 2.1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
ตารางที่ 4.1	คานสำเร็จรูปชั้น 1.....	31
ตารางที่ 4.2	คานสำเร็จรูปชั้น 2.....	32
ตารางที่ 4.3	คานสำเร็จรูปชั้น 3.....	33
ตารางที่ 4.4	พื้นสำเร็จรูปชั้น 1.....	34
ตารางที่ 4.5	พื้นสำเร็จรูปชั้น 2.....	35
ตารางที่ 4.6	พื้นสำเร็จรูปชั้น 3.....	36
ตารางที่ 4.7	พื้นสำเร็จรูปชั้นหลังคา.....	37
ตารางที่ 4.8	ผนังสำเร็จรูปชั้น 1.....	39
ตารางที่ 4.9	ผนังสำเร็จรูปชั้น 2.....	41
ตารางที่ 4.10	ผนังสำเร็จรูปชั้น 3.....	43
ตารางที่ 4.11	ผนังสำเร็จรูปชั้นหลังคา.....	44
ตารางที่ 4.12	ชิ้นส่วนอื่นๆ สำเร็จรูปชั้น 1.....	45
ตารางที่ 4.13	ชิ้นส่วนอื่นๆ สำเร็จรูปชั้น 2.....	46
ตารางที่ 4.14	ชิ้นส่วนอื่นๆ สำเร็จรูปชั้น 3.....	47
ตารางที่ 4.15	ชิ้นส่วนๆ ชั้นหลังคา.....	48
ตารางที่ 5.1	รูปแบบคานสำเร็จรูป.....	50
ตารางที่ 5.2	แสดงการจัดกลุ่มคานออกเป็น 3 กลุ่ม.....	50
ตารางที่ 5.3	รูปแบบคาน+หูช้าง+พื้น.....	51
ตารางที่ 5.4	รูปแบบคาน+หูช้าง+พื้น.....	54
ตารางที่ 5.5	รูปแบบคาน+หูช้าง.....	55
ตารางที่ 5.6	ตารางแสดงลำดับการติดตั้งคานชั้น 1.....	56
ตารางที่ 5.7	ตารางแสดงลำดับการติดตั้งคานชั้น 2.....	57
ตารางที่ 5.8	ตารางแสดงลำดับการติดตั้งคานชั้น 3.....	58
ตารางที่ 5.9	รูปแบบคาน+หูช้าง ปรับรูปแบบ.....	61
ตารางที่ 5.10	รูปแบบคาน+หูช้าง หลังจากปรับรูปแบบ.....	61
ตารางที่ 5.11	รูปแบบคาน+หูช้าง หลังจากปรับรูปแบบ.....	62
ตารางที่ 5.12	รูปแบบคานธรรมดา.....	62
ตารางที่ 5.13	รูปแบบคานหลังปรับรูปแบบ.....	63

ตารางที่ 5.14	รูปแบบคานหลังปรับรูปแบบทั้งหมด	64
ตารางที่ 5.15	รูปแบบคานหลังปรับรูปแบบทั้งหมด	66
ตารางที่ 5.16	กลุ่มรูปแบบคาน	68
ตารางที่ 5.17	กลุ่มรูปแบบพื้น	69
ตารางที่ 5.18	รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 1	70
ตารางที่ 5.19	รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 1 หลังปรับลดรูปแบบ	71
ตารางที่ 5.20	รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 2	72
ตารางที่ 5.21	รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 2 หลังปรับลดรูปแบบ	73
ตารางที่ 5.22	รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 3	74
ตารางที่ 5.23	รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 3 หลังปรับลดรูปแบบ	75
ตารางที่ 5.24	รูปแบบพื้นสำเร็จรูปหลังปรับลดรูปแบบ	76
ตารางที่ 5.25	รูปแบบผนังสำเร็จรูป	79
ตารางที่ 5.26	รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 1	81
ตารางที่ 5.27	รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 1 หลังปรับลดรูปแบบ	82
ตารางที่ 5.28	รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 2	82
ตารางที่ 5.29	รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 2 หลังปรับลดรูปแบบ	83
ตารางที่ 5.30	รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 3	83
ตารางที่ 5.31	รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 4	84
ตารางที่ 5.32	รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 5	84

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 การเตรียมแบบหล่อและจัดวางเหล็ก.....	9
ภาพที่ 2.2 การถอดแบบโดยใช้จุดยกที่ฝังไว้ก่อนการเทคอนกรีต	10
ภาพที่ 2.3 การขนย้ายชิ้นส่วนผนังคอนกรีตหลักการถอดแบบ.....	10
ภาพที่ 2.4 การยกติดตั้งผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ	11
ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างการรับน้ำหนักของผนังคอนกรีตขณะถอดแบบ	13
ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างการรับน้ำหนักของผนังคอนกรีตขณะยกขนย้าย	14
ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างการรับน้ำหนักของผนังขณะรับน้ำหนัก.....	14
ภาพที่ 3.1 ภาพทาวน์เฮาส์ NW Design.....	19
ภาพที่ 3.2 แบบแปลนบ้าน Type A และ B ของทาวน์เฮาส์ NW Design	19
ภาพที่ 3.3 แบบแปลนบ้าน ชั้น 1.....	20
ภาพที่ 3.4 แบบแปลนบ้าน ชั้น 2.....	21
ภาพที่ 3.5 แบบแปลนบ้าน ชั้น 3.....	22
ภาพที่ 3.6 การวางแบบหล่อด้านข้าง และ ตรวจสอบ.....	23
ภาพที่ 3.7 การวางแบบวางเหล็ก ติดตั้งเพรทและวางท่องานระบบ	23
ภาพที่ 3.8 วางเหล็กเชื่อมหุยกขึ้นส่วนสำเร็จรูป.....	24
ภาพที่ 3.9 ทำความสะอาดโต๊ะแบบหล่อและทาน้ำมัน.....	24
ภาพที่ 3.10 เทคอนกรีต พร้อมจี้ปูน	25
ภาพที่ 3.11 ชัดแต่งผิวคอนกรีต.....	25
ภาพที่ 3.12 เทคอนกรีตแล้วเสร็จ	26
ภาพที่ 4.1 ภาพแบบบ้าน Type A และ Type B.....	27
ภาพที่ 4.2 แสดงทาวน์เฮาส์ NW Design 8 หน่วย	28
ภาพที่ 4.3 ทาวน์เฮาส์ NW Design 8 หน่วย โดยเลือกหน่วยที่ 2 เป็นตัวอย่าง	28
ภาพที่ 4.4 แสดงภาพงานสถาปัตยกรรมกับงานโครงสร้าง	29
ภาพที่ 4.5 แสดงภาพงานสถาปัตยกรรมกับงานโครงสร้าง	29
ภาพที่ 4.6 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนคานชั้น 1	30
ภาพที่ 4.7 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนคานชั้น 2.....	32
ภาพที่ 4.8 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนคานชั้น 3	33
ภาพที่ 4.9 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนพื้นชั้น 1.....	34
ภาพที่ 4.10 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนพื้นชั้น 2.....	35
ภาพที่ 4.11 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนพื้นชั้น 3.....	36
ภาพที่ 4.12 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนพื้นชั้นหลังคา	37
ภาพที่ 4.13 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนผนังชั้น 1	38
ภาพที่ 4.14 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนผนังชั้น 2	40

ภาพที่ 4.15 แสดงภาพตำแหน่งชิ้นส่วนผนังชั้น 3.....	42
ภาพที่ 4.16 แสดงภาพตำแหน่งชิ้นส่วนผนังชั้นหลังคา.....	44
ภาพที่ 4.17 แสดงภาพตำแหน่งชิ้นส่วนผนังอื่นๆ ชั้น 1.....	45
ภาพที่ 4.18 แสดงภาพตำแหน่งชิ้นส่วนผนังอื่นๆ ชั้น 2.....	46
ภาพที่ 4.19 แสดงภาพตำแหน่งชิ้นส่วนผนังอื่นๆ ชั้น 3.....	47
ภาพที่ 4.20 แสดงภาพตำแหน่งชิ้นส่วนผนังอื่นๆ ชั้นหลังคา.....	48
ภาพที่ 5.1 การปรับรูปแบบคาน PB6B.....	52
ภาพที่ 5.2 การปรับรูปแบบคาน PB4B.....	53
ภาพที่ 5.3 ภาพแสดงการใช้งานหูช้าง (Cobel).....	55
ภาพที่ 5.4 แพลนพื้นสำเร็จรูปชั้น 1.....	70
ภาพที่ 5.5 การจัดรูปแบบการวางพื้นสำเร็จรูปชั้น 1.....	71
ภาพที่ 5.6 แพลนพื้นสำเร็จรูปชั้น 2.....	72
ภาพที่ 5.7 การจัดรูปแบบการวางพื้นสำเร็จรูปชั้น 2.....	73
ภาพที่ 5.8 แพลนพื้นสำเร็จรูปชั้น 3.....	74
ภาพที่ 5.9 การจัดรูปแบบการวางพื้นสำเร็จรูปชั้น 3.....	75
ภาพที่ 5.10 ชนิดผนังสำเร็จรูป.....	79
ภาพที่ 6.1 ภาพแสดงตำแหน่งการติดตั้งคานหลังทำการลดรูปแบบ.....	86
ภาพที่ 6.2 ภาพเปรียบเทียบการจัดวางแผ่นพื้นสำเร็จรูป.....	87
ภาพที่ 6.3 ภาพแสดงตำแหน่งชิ้นส่วน NW20Bx.....	88
ภาพที่ 6.4 ภาพแสดงตำแหน่งชิ้นส่วน W3.1x.....	88
ภาพที่ 6.5 ภาพแสดงตำแหน่งชิ้นส่วน W33.2x.....	89
ภาพที่ 6.6 ภาพแสดงตำแหน่งชิ้นส่วน W14.1Ax.....	89
ภาพที่ 6.7 ภาพแสดงตำแหน่งชิ้นส่วน NW6Bx.....	90

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 1.1 ระบบการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีการผลิต 2 รูปแบบ	3
แผนภูมิที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของ บริษัท โพลสแอนด์พีริคาส จำกัด	18
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงลำดับการลดพื้นที่หน้าตัดคาน	65

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและสาระสำคัญ

ตลาดที่อยู่อาศัยโดยรวมในปี 2555 จากตัวเลขโดยรวมของบ้านที่จดทะเบียนเพิ่มทั้งหมดในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มียอดจดทะเบียนรวม 111,875 หน่วยเพิ่มขึ้น 36.7% โดยแบ่งแยกเป็นที่อยู่อาศัยประเภทสร้างเอง 23,497 หน่วย 16.7% และที่อยู่อาศัยประเภทจัดสรร 88,378 หน่วย เพิ่มขึ้น 43.2%

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลเปรียบเทียบที่อยู่อาศัยจดทะเบียนเพิ่มจำแนกตามประเภทดำเนินการระหว่าง 2553-2555

จำแนกประเภท	2553	2554	2555
สร้างเอง	22,498	20,128	23,497
จัดสรร	84,395	61,728	88,378
รวมทั้งหมด	106,893	81,856	111,875
% การเปลี่ยนแปลง	12.5%	-23.4%	36.7%

ที่มา : ธนาคารแห่งประเทศไทย

จากตารางที่ 1.1 จะพบว่าธุรกิจอสังหาริมทรัพย์มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงปี 2555 เป็นช่วงที่ผ่านพ้นสภาวะอุทกภัยหากแยกที่อยู่อาศัยเป็น 2 ประเภทที่อยู่อาศัยประเภทจัดสรรจะมีปริมาณการจดทะเบียนที่สูงกว่าประเภทที่อยู่อาศัยสร้างเองในปี 2555 ถึง 3.76 เท่า หากพิจารณาการจดทะเบียนแต่ละประเภทที่อยู่อาศัยแบบจัดสรรมีรายละเอียดดังตาราง 1.2 ดังนี้

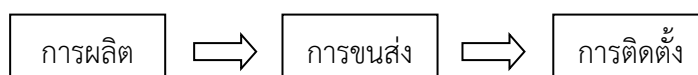
ตารางที่ 1.2 ข้อมูลเปรียบเทียบที่อยู่อาศัยจดทะเบียนเพิ่มจำแนกตามประเภทดำเนินการระหว่าง 2553-2555

จำแนกประเภท	2553	2554	2555
บ้านเดี่ยว	11,403	13,999	11,260
% เปลี่ยนแปลง	5.0%	22.8%	-19.6%
บ้านแฝด	1,366	1,381	1,090
% การเปลี่ยนแปลง	33.6%	1.1%	-21.1%
ทาวเฮาส์	59,919	34,734	64,716
% การเปลี่ยนแปลง	11.5%	-42.0%	86.3%
รวมทั้งหมดประเภทจัดสรร	84,395	61,728	88,378
% การเปลี่ยนแปลง	12.0%	-26.9%	43.2%

ที่มา : ธนาคารอาคารสงเคราะห์

จากตารางที่ 1.2 ที่อยู่อาศัยในแนวราบ ประเภททาวน์เฮาส์จะมีปริมาณการก่อสร้างในแต่ละปีที่สูงที่สุด รองลงมาคือประเภทบ้านเดี่ยว และประเภทบ้านแฝด การก่อสร้างที่อยู่อาศัยประเภททาวน์เฮาส์จึงมีแนวโน้มในการลงทุนพัฒนาโครงการที่อยู่อาศัยที่สูงกว่าประเภทอื่นๆ ปัจจุบันการก่อสร้างที่อยู่อาศัยประสบปัญหา 3 ปัจจัยหลัก¹ เรื่องค่าแรงงานที่สูงขึ้น ปัญหาฝีมือแรงงานที่มีน้อยลง และปัญหาการควบคุมคุณภาพที่ยาก ดังนั้นบริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์จึงได้มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยการนำระบบผนังรับน้ำหนักเข้ามาแทนการก่อสร้างระบบเสา-คานหล่อในที่ ซึ่งการก่อสร้างระบบผนังรับน้ำหนักได้ลดปัญหาเรื่องแรงงาน การควบคุมคุณภาพระยะเวลาและควบคุมต้นทุนที่ดีขึ้นการก่อสร้างระบบผนังรับน้ำหนักจึงเป็นที่นิยมนำมาพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ อาทิเช่น บริษัทแลนด์ แอนด์ เฮาส์ จำกัด(มหาชน) บริษัทพฤกษาเรียลเอสเตท จำกัด(มหาชน) บริษัท แสนสิริ จำกัด(มหาชน) และบริษัทเอพี ไทยแลนด์ จำกัด(มหาชน) ใช้ระบบผนังรับน้ำหนักในการก่อสร้างมากขึ้น

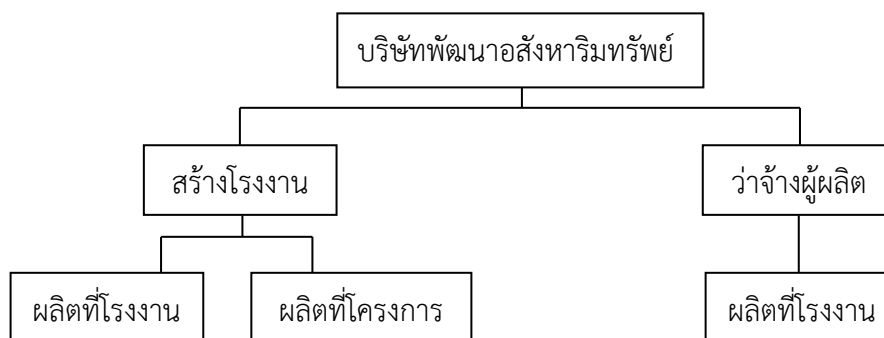
จากที่กล่าวมาข้างต้นการก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักคอนกรีตสำเร็จรูปได้มีบทบาทมากขึ้นอย่างมากต่ออุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย อย่างไรก็ตามแม้ว่าการก่อสร้างในระบบนี้จะเกิดขึ้นในประเทศไทยกว่า 15 ปีแล้ว เทคโนโลยีและองค์ความรู้ทั้งในด้านออกแบบและการติดตั้งอยู่ในวงจำกัด และบ่อยครั้งเป็น โนว์ฮาว (Know-How) ของบริษัทข้ามชาติ แต่ระบบอุตสาหกรรมก่อสร้างประเทศไทยในปัจจุบัน ยังคงพบปัญหาและอุปสรรคในงานก่อสร้างอยู่เรื่อยมา ซึ่งขั้นตอนการโครงการมีกระบวนการหลักอยู่ 3 กระบวนการ คือการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป การขนส่ง และการติดตั้งแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป



แต่ละกระบวนการอาจจะมีรายละเอียดที่สำคัญของกระบวนการผลิต การออกแบบ Mould หล่อแผ่นสำเร็จรูป ขั้นตอนการทำงานของโรงงาน, กระบวนการขนส่ง ที่เริ่มจากการขนแผ่นออกจาก Mould ไปยังที่พัก จากที่พักไปยังรถขนส่ง จากรถขนส่งไปยังที่พักของไซต์งาน จากที่พักไซต์งานสู่พื้นที่ติดตั้ง และกระบวนการติดตั้ง ที่ต้องอาศัยผู้มีประสบการณ์ในการติดตั้ง เพื่อลดปัญหาและสามารถดำเนินงานได้ตรงตามแผนงานโครงการที่วางไว้ การทำงานของแต่ละกระบวนการ หากเกิดความผิดพลาดในส่วนใดส่วนหนึ่ง และไม่มีการตรวจสอบ ผลกระทบสุดท้ายอาจจะเกิด ณ ที่งานติดตั้ง

¹นาวัน นาคศิริ, "การศึกษาและการเปรียบเทียบชิ้นส่วนสำเร็จรูปประเภทผนังรับน้ำหนัก กรณีศึกษา : ผู้ประกอบการซื้อสำเร็จจากโรงงาน กับ การผลิตในที่ก่อสร้าง" (ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542).

บริษัทเอพีไทยแลนด์จำกัด(มหาชน) เป็นบริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ที่เพิ่งริเริ่มนำระบบการก่อสร้างผนังรับน้ำหนักเข้ามาใช้ในการพัฒนาที่อยู่อาศัย การที่จะสร้างโรงงานเพื่อผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นสิ่งที่อาศัยต้นทุนที่สูงมาก จึงทำการว่าจ้างโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จขึ้นมาดำเนินการแทน อย่างบริษัท โปสแอนด์พรีคาส จำกัด มาทำการดำเนินงานตั้งแต่งานออกแบบ งานผลิต และงานติดตั้ง



ที่มา : จากการสัมภาษณ์ รศ.ดร. ขวลิต นิตยะ

แผนภูมิที่ 1.1 ระบบการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีการผลิต 2 รูปแบบ

ซึ่งตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาจากกรณีว่าจ้างผู้ผลิตที่ทำการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงาน โดยดำเนินงานตั้งแต่ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มต้นรับแบบแปลนมาจากบริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ จากนั้นทำการออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยพิจารณาจากแปลนที่ได้รับมา แล้วนำมาเข้าสู่การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป เมื่อผลิตชิ้นส่วนแล้วนั้นจะขนส่งโดยใช้รถเทเลอร์ความยาว 12 เมตร ในการขนส่งเข้าสู่โครงการก่อสร้าง จากนั้นทำการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยใช้คนเครน ในการประกอบติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปจนแล้วเสร็จงานโครงสร้าง ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษา ชิ้นส่วนสำเร็จรูปอาคารที่อยู่อาศัยประเภททาวน์เฮาส์ 3 ชั้นในเรื่องของสภาพปัจจุบันและปัญหาเพื่อความเข้าใจและเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาของการก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปประเภททาวน์เฮาส์ 3 ชั้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหาศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการพิจารณาจำนวน ขนาด รูปแบบ ความหนาและสภาพปัจจุบันของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

1.3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษาการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ประเภททาวน์เฮาส์ 3 ชั้น ที่ผลิตโดยบริษัท โฟสแอนด์พรีคาส จำกัด

1.3.3 ข้อตกลงเบื้องต้นในงานวิจัยในการศึกษาคั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบแปลนที่อยู่อาศัยประเภททาวน์เฮาส์ 3 ชั้นซึ่งในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปประเภททาวน์เฮาส์ที่สามารถสร้างต่อเชื่อมกันได้มากที่สุดที่ 40 เมตร เพราะฉะนั้นแบบบ้านหน้ากว้าง 5 เมตร จะสามารถผลิตแปลงบ้านได้มากที่สุดจำนวน 8 ยูนิต จึงนำมาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ชิ้นส่วนสำเร็จรูปในด้านจำนวน ขนาด รูปแบบ และความหนา

1.4 เครื่องมืองานวิจัย

1.4.1. ศึกษาเอกสารรายละเอียดชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ใช้ในการก่อสร้างที่อยู่อาศัยประเภททาวน์เฮาส์ จากฝ่ายออกแบบและฝ่ายก่อสร้าง

1.4.2. สัมภาษณ์วิศวกร สถาปนิกผู้ออกแบบ ผู้ที่เกี่ยวข้องในการผลิต และผู้ติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป

1.5 ขอบเขตกลุ่มประชากรที่ทำการศึกษา

1.5.1. แบบแปลนที่ทำการก่อสร้าง เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

1.5.2. วิศวกรฝ่ายออกแบบ วิศวกรฝ่ายควบคุมการผลิต และวิศวกรที่ควบคุมงานติดตั้ง

1.6 คำจำกัดความของการวิจัย

1.6.1. ผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall)² คือ ระบบการรับแรงด้านโครงสร้าง จะมีการถ่ายเทแรงจากพื้นลงสู่แนวผนังรับน้ำหนักทั้งหมด นอกจากจะใช้ประโยชน์ไม่เฉพาะเพียงการเป็นผนังกันห้อง แต่ยังทำหน้าที่เป็นโครงสร้างแทนเสาและคานพร้อมๆกัน

1.6.2 การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม (Industrialized Building)³ คือ การเปลี่ยนแปลงอันใดอันหนึ่งในกรรมวิธีของการก่อสร้าง เพื่อที่จะตอบสนองความต้องการด้านเศรษฐกิจและสังคม

1.6.3. ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป (Prefabrication)⁴ คือ อุตสาหกรรมการก่อสร้างอันเป็นวิธีการผลิตชิ้นส่วนประกอบจำนวนมาก เพื่อการก่อสร้างโดยอาศัยเครื่องมือ เครื่องจักรอุปกรณ์ ในการปฏิบัติงาน

² โสภณ แสงไพโรจน์, การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม, เอกสารประกอบการอบรมระบบประสานทางพิกัด (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย).

³ รศ.ดร.ชวลิต นิตยะ, in เอกสารประกอบการสอน *Housing Construction Technology* (ภาควิชาเคหการ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

⁴ Bauverlag Gmbh , Wiesbaden and Berlin ,1968,อ้างถึงใน คเชนทร์ สุริยวงศ์,, "ระบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก ในกลุ่มผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่ " (ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550).

1.6.4. ชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Pre-cast Concrete)⁵ คือ การหล่อชิ้นส่วนในสถานที่ใดๆ ก่อนแล้วจึงนำไปประกอบเป็นโครงสร้าง

1.6.5. ทาวน์เฮาส์ (Town House)⁶ คือ ตึกที่ปลูกติดต่อกันตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไป โดยมีผนังร่วมกันด้านหนึ่งหรือสองด้านขึ้นไปอาจเป็นชั้นเดียวหรือหลายชั้นก็ได้ ตัวตึกอยู่ลึกเข้ามาจากริมถนน มีบริเวณที่ว่างหน้าบ้านอาจใช้เป็นที่จอดรถหรือทำประโยชน์อย่างอื่น

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

มีทั้งหมด 3 ขั้นตอนหลักคือ เก็บรวบรวมข้อมูล, การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปข้อมูล ดังต่อไปนี้

1.7.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งมีทั้งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) มีรายละเอียดดังนี้

1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ได้จากการสัมภาษณ์ ฝ้าสังเกต จดบันทึก รวบรวมข้อมูล และถ่ายภาพ สถานที่และผู้เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษา ดังนี้

- สัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานก่อสร้างถึงการออกแบบ วิธีการผลิต การขนส่ง และการติดตั้งของระบบผนังรับน้ำหนัก
- รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ จากบริษัท โปสแอนด์พรีคาส จำกัดในเรื่อง หลักการออกแบบ เงื่อนไขในการออกแบบ ขั้นตอนการผลิต ขั้นตอนการขนส่งและขั้นตอนการติดตั้ง

2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยการค้นคว้าและรวบรวมจากรายงาน เอกสาร หนังสือและงานวิจัยรวมถึงการบรรยายที่เกี่ยวข้อง

- รายงาน เอกสารและหนังสือที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโดยระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปถึงขั้นตอนการออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป การถ่ายน้ำหนักของชิ้นส่วน การออกแบบจุดรองรับของชิ้นส่วนสำเร็จรูป
- งานวิจัยและทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโดยระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป
- การบรรยายที่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโดยระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป เกี่ยวกับวิธีการออกแบบ การผลิต และการติดตั้ง รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ เกี่ยวกับระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป
- แบบแปลนที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัยประเภททาวน์เฮาส์ 3 ชั้น ที่นำมาจากฝ่ายออกแบบและฝ่ายก่อสร้าง ซึ่งมีรายละเอียดของตำแหน่ง รูปแบบ ชนิด ขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

⁵ วรยุทธ อินอร่าม, "การเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ระหว่างระบบดั้งเดิมกับระบบเสาและคานสำเร็จรูปและระบบผนังรับน้ำหนัก" (ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552).

⁶ วิกิพีเดีย, "อสังหาริมทรัพย์," th.wikipedia.org/wiki/อสังหาริมทรัพย์.

1.7.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ทำการศึกษาทั้งข้อมูลปฐมภูมิ(Primary Data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) มีรายละเอียดดังนี้

1) วิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิ(Primary Data)ได้จากการสัมภาษณ์ ใฝ่สังเกต จุดบันทึก และถ่ายภาพ สถานที่และผู้เกี่ยวข้อง ดังนี้

- ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ นำมาอ้างอิงเป็นทฤษฎีเบื้องต้นในการพิจารณาชิ้นส่วนสำเร็จรูป

- ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลการดำเนินงานสำรวจที่โรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป และ โครงการที่ก่อสร้าง

2) วิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ(Secondary Data) ที่ได้จากการค้นคว้า และรวบรวมจากรายงาน เอกสาร หนังสือและงานวิจัยรวมถึงการบรรยายที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษา ดังนี้

- ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยและทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษานำมาเป็นอ้างอิงถึงชนิดชิ้นส่วนสำเร็จรูป

- ข้อมูลที่ได้จากรายงาน เอกสารและหนังสือเกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษานำมาวิเคราะห์ถึง ชนิดของโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป รูปแบบ ขนาด และความหนา

1.8 นำเสนอข้อมูล

1.8.1. เซึ่งบรรยายถึงรูปร่าง ขนาด ความหนาของชิ้นส่วนสำเร็จรูปของประเภทชิ้นส่วนคาน พื้นและผนัง

1.8.2. นำเสนอรูปแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.9.1 นำไปสู่วิธีการในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปของที่อยู่อาศัยประเภท ทาวน์เฮาส์ 3ชั้น

1.9.2 สรุปข้อเสนอแนะและนำไปสู่การพัฒนาการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบอุตสาหกรรมต่อไป

บทที่ 2 ทฤษฎี แนวคิด และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม (Industrialized Building System)⁷ หรือ การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป (Prefabrication System) หมายถึง การนำโครงสร้างส่วนต่างๆ ของอาคารที่ทำสำเร็จรูปไว้แล้วมาประกอบรวมกันเข้าเป็นตัวอาคาร หรือเทคนิคการสร้างใดๆ ก็ตามที่ยึดหลักการรวมวิธีการผลิตตามแนวระบบอุตสาหกรรม ตามหลักการของระบบนี้โครงสร้างอาคารส่วนใหญ่ เช่น เสา คาน พื้น จะผลิต หรือทำสำเร็จรูปมาจากโรงงานแล้วนำมาต่อเชื่อมให้ติดกันเป็นตัวอาคาร ที่ก่อสร้าง จึงเป็นระบบการก่อสร้างที่ตรงกันข้ามกับวิธีการที่เคยปฏิบัติกัน ซึ่งแต่เดิมนั้น ลำดับขั้นตอนของการก่อสร้างอาคารจะต้องตั้งต้นจากการตั้งแบบผูกเหล็กเสริม หล่อคอนกรีต คาน และพื้น ต่อเนื่องกันไปจนถึงชั้นหลังคา สรุปได้ว่างานส่วนใหญ่เป็นการสร้างที่สำเร็จอยู่ในการก่อสร้างทั้งสิ้น ซึ่งได้มีผู้ให้ความหมายที่เกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปไว้ ดังนี้

- Precast คือ การหล่อไว้สำเร็จรูปก่อน⁸
- การก่อสร้างแบบแยกชิ้นส่วนของอาคารไปหล่อหรือผลิตแล้วจึงนำมาประกอบกันในสถานที่ก่อสร้าง
- ระบบสำเร็จรูป (Prefabrication)⁹ คือ อุตสาหกรรมการก่อสร้างอันเป็นวิธีการผลิตชิ้นส่วน ประกอบจำนวนมาก ไว้ล่วงหน้าแล้วนำมาประกอบติดตั้งภายหลัง

การก่อสร้างอุตสาหกรรมเป็นการนำเอาวิธีการก่อสร้างอุตสาหกรรมประสานเข้ากับวิธีการออกแบบการผลิต และปฏิบัติงานในสถานที่ก่อสร้าง การตลาด การเงิน และการบริหารของโครงการในตัวอาคาร ข้อได้เปรียบของการผลิตชิ้นส่วนอาคารและการประกอบที่ก่อสร้าง ดังนี้

1. สามารถผลิตได้จำนวนมาก
2. มีการควบคุมคุณภาพอย่างเต็มที่
3. ลดเวลาการก่อสร้าง
4. การประกอบชิ้นส่วนไม่ขึ้นกับสภาพอากาศ
5. ต้องการผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งไม่มาก

⁷ ธนพล สินธุ์, "แนวทางการนำระบบเสา-คานสำเร็จรูปมาใช้ร่วมกับการก่อสร้างระบบเดิมในโครงการบ้านจัดสรร " (ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545). หน้า 8-9

⁸ สุทธิพล วิวัฒน์ปิยะ, การสัมมนาและนิทรรศการทางวิชาการเรื่อง "การก่อสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป(กรุงเทพมหานคร: คณะอนุกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์, 2540). หน้า 42

⁹ พรศักดิ์ สิมะพรชัย, การสัมมนาและนิทรรศการทางวิชาการเรื่อง "การก่อสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป(กรุงเทพมหานคร: คณะอนุกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์, 2540).

2.2 การพิจารณาในการเลือกออกแบบหรือออกแบบรอยต่อระหว่างผนังและโครงสร้าง

ความแข็งแรงทนทานและความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้กับตัวต่อ (Connector) ต้องสามารถต้านทานต่อน้ำหนักและแรงกระทำอื่นๆ ได้โดยปลอดภัย และต้องมีความคงทนถาวร ไม่สึกกร่อนเป็นสนิม เพราะปฏิกิริยาเคมีจะทำให้คุณสมบัติการรับแรงเสียไป

ระบบ Precast มีทั้งจุดเด่นและจุดด้อย ทางผู้ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง ต้องตระหนักคือ

2.2.1.สามารถก่อสร้างได้เร็ว สามารถที่จะหล่อชิ้นส่วนคู่ขนานไปกับฐานราก เมื่อทำฐานรากเสร็จก็สามารถนำชิ้นส่วนของการทำ Precast มาติดตั้งได้เลย ทั้งยังสามารถที่จะเปิดตัวอาคารใช้งานได้บางส่วน ควบคุมไปกับการงานอื่นได้

2.2.2.ใช้วัสดุในการทำการก่อสร้างอย่างประหยัด และยังช่วยลดความสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบดังกล่าว เป็นต้นว่า วัสดุคอนกรีตที่ใช้ในงานระบบ Precast ส่วนใหญ่จะจัดด้วยระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย ซึ่งสามารถช่วยลดความสูญเสียของวัสดุ และสามารถผลิตคอนกรีตที่มีกำลังสูงได้โดยใช้ admixture และยังสามารถควบคุมคุณภาพของการผลิตได้โดยง่าย ส่วนวัสดุคอนกรีตที่เหลือใช้ ยังสามารถที่จะนำไปเข้าขบวนการวิจัย

2.2.3.มีความเรียบร้อยและความสวยงามสำหรับผิวสำเร็จของPrecastที่ใช้ไม้แบบเหล็ก นอกจากนี้ยังสามารถทำให้พื้นผิวเป็นรูปสำเร็จรูปต่างๆ

2.2.4. ระบบต่างๆ สามารถจัดรวมอยู่ในระบบ Precast เป็น Module สำเร็จโดยรวมระบบ ป้องกันความร้อนและระบบปรับอากาศรวมอยู่ในระบบPrecastทั้งหมดจุดต่อที่เห็นได้ชัดของงานระบบ Precast คือ จะต้องมีการขนย้ายในการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือเป็นพิเศษและค่าใช้จ่ายสูง

2.3 การพิจารณาในการออกแบบระบบผนังรับน้ำหนักคอนกรีตสำเร็จรูป

หลักเกณฑ์ข้อพิจารณาในการออกแบบอาคารด้วยระบบผนังรับน้ำหนักคอนกรีตสำเร็จรูป ประกอบไปด้วยหลักการ¹⁰ ดังต่อไปนี้

2.3.1 น้ำหนักบรรทุก ข้อพิจารณานี้เป็นการกำหนดชนิดและลักษณะของแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนผนังรับน้ำหนักคอนกรีตสำเร็จรูปตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งหมายรวมถึงน้ำหนักผนัง น้ำหนักบรรทุกตายตัว น้ำหนักบรรทุกจร แรงลม แรงแผ่นดินไหวและแรงสั่นสะเทือน โดยอาจมีลักษณะของการกระทำที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงของการก่อสร้างและการใช้งาน

2.3.2 ขั้นตอนการก่อสร้าง ในกระบวนการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนผนังรับน้ำหนักคอนกรีตสำเร็จรูปสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ขั้นตอนการขนส่งและยกย้าย และขั้นตอนการประกอบติดตั้ง โดยรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ

2.3.3 ระยะเวลาในการก่อสร้าง ข้อกำหนดนี้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับเทคโนโลยีและวัสดุที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้าง เช่น ต้องใช้คอนกรีตเร่งการก่อตัวในกรณีที่ต้องการถอดแบบในระยะเวลา

¹⁰ มั่น ศรีเรือนทอง, การก่อสร้างอาคารพักอาศัยด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (ว.ส.ท.ฉบับ เทคโนโลยี 2538) หน้า 72-83

อันสั้นเพื่อนำแบบหล่อกลับมาใช้ใหม่ หรือพิจารณาใช้การเทคอนกรีตในที่ร่วมกับชั้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

2.3.4 เสถียรภาพของโครงสร้าง เป็นข้อพิจารณาในส่วนของความมั่นคงแข็งแรงทั้งในขณะทำการก่อสร้างและในขณะรับน้ำหนักบรรทุกทุกใช้งาน เช่น การใช้ค้ำยันชั่วคราวในขณะการก่อสร้าง ซึ่งต้องมีการคำนวณออกแบบโดยเฉพาะเพื่อป้องกันการล้มคว่ำของผนัง หรือการต่อยึดชั้นส่วนสำเร็จรูปต่างๆ เข้าด้วยกันต้องทำให้เกิดความมั่นคงของโครงสร้างและไม่พังพังลงมาเหมือนบ้านทำจากไพ่กระดาษ (House of cards)

2.4 ขั้นตอนการก่อสร้างระบบผนังรับน้ำหนักคอนกรีตสำเร็จรูป

การก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักคอนกรีตสำเร็จรูปประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน

2.4.1 ขั้นตอนการผลิตชั้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยปกติจะมีลำดับขั้นตอนอย่างมีระบบดังต่อไปนี้

(1) การเตรียมแบบหล่อ ในขั้นตอนนี้แบบหล่อจะถูกทำความสะอาดและเคลือบน้ำมันเพื่อป้องกันคอนกรีตติดแบบแล้วกันแบบด้านข้างเพื่อกำหนดขนาดและความหนาของชั้นงานสำเร็จรูป จากนั้นติดตั้งเหล็กเสริม (ภาพที่ 2.1) แผ่นเหล็กจุดต่อวงกบประตูและหน้าต่าง และงานระบบ เช่น ท่อร้อยสายและสวิตช์ไฟ



ภาพที่ 2.1 การเตรียมแบบหล่อและจัดวางเหล็ก

(2) การเทคอนกรีต เมื่อตรวจสอบขนาดและความถูกต้องของตำแหน่งเหล็กเสริมและอุปกรณ์ต่างๆ แล้วจึงจะสามารถเทคอนกรีตได้ จากนั้นปรับแต่งผิวหน้าคอนกรีต แล้วจึงขัดผิวหน้าให้เรียบเพื่อให้สามารถทาสีได้โดยไม่ต้องฉาบปูน หลังจากขัดผิวหน้าแล้วเสร็จต้องบ่มชั้นส่วนคอนกรีตให้คอนกรีตแข็งตัวก่อนถอดแบบหล่อเพื่อเตรียมขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง

(3) การถอดแบบ ภายหลังจากการเทคอนกรีต 6-18 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับกำลังคอนกรีตและลักษณะการถอดแบบ) จะสามารถถอดแบบได้ โดยในกรณีที่ใช้แบบหล่อซึ่ง

วางราบกับพื้น ในขณะที่ถอดแบบจะต้องยกแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปขึ้นมาในแนวตั้ง (ภาพที่ 2.2) ซึ่งจะเห็นว่าแผ่นคอนกรีตจะต้องสามารถรับน้ำหนักตัวเองได้ในขั้นตอนนี้ (การรับแรงของผนังคอนกรีตในส่วนนี้จะไม่เกิดขึ้น ในกรณีที่เป็นแบบหล่อสามารถยกหมุนตั้งขึ้นในแนวตั้งได้ด้วยตัวเอง)



ภาพที่ 2.2 การถอดแบบโดยใช้จุดยกที่ฝังไว้ก่อนการเทคอนกรีต

ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปนั้น มีข้อพึงพิจารณา เช่น ชิ้นส่วนควรมีรูปแบบเรียบง่ายและซ้ำกันในมากที่สุด เพื่อจะผลิตได้สะดวกรวดเร็วและลดจำนวนแบบหล่อที่ใช้ กำหนดจุดรองรับให้สามารถต้านทานแรงกระทำต่างๆ ในระหว่างการผลิต การขนส่งและการติดตั้ง หลีกเลี่ยงการเสริมเหล็กที่แน่นเกินไปเพราะจะทำให้เทคอนกรีตและควบคุมคุณภาพได้ยากและพยายามใช้วัสดุและอุปกรณ์มาตรฐานที่หาได้ทั่วไปเพื่อลดต้นทุนและลดปริมาณวัสดุที่ต้องกองเก็บไว้

2.5 ขั้นตอนการขนส่งและยกขนย้าย

หลังจากถอดแบบ ชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะถูกยกขนย้ายโดยอาศัยจุดยกที่ฝังไว้ก่อนการเทคอนกรีตไปยังจุดวางพัก เพื่อเตรียมขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 การขนย้ายชิ้นส่วนผนังคอนกรีตหลักการถอดแบบ

ในขั้นตอนนี้ควรต้องมีการจัดลำดับก่อนหลังและจำนวนของชิ้นส่วนต่างๆ ที่จะขนส่งจากโรงงานผลิตไปยังสถานที่ก่อสร้างให้มีความเหมาะสมกับความต้องการที่จะใช้งาน โดยชิ้นส่วนต้องมีขนาดและ

รูปร่างที่สามารถขนส่งได้ เช่น ในกรณีที่ขนส่งโดยใช้ถนนสาธารณะ ชั้นส่วนที่มีขนาดกว้างเกิน 2.5 เมตร จะต้องขนส่งในลักษณะตั้งหรือเอียงโดยมีความสูงไม่เกิน 4.00 เมตร (ยกเว้นแต่มีการขออนุญาตพิเศษ)

2.6 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้ง

ในขั้นตอนนี้ต้องกำหนดชนิดและรูปแบบของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการยกและติดตั้ง เช่น ใช้ Tower crane , Mobile crane หรือ Crawler Crane ซึ่งปกติขึ้นอยู่กับขนาดของชั้นส่วนคอนกรีต ความสูงของอาคาร สภาพพื้นที่และวิธีการประกอบติดตั้ง รวมถึงความชำนาญของแรงงาน โดยการติดตั้งชั้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องวัดวางตามลำดับชั้นตอนที่วางแผนไว้ ตัวอย่างเช่น ต้องหล่อพื้นชั้นล่างก่อนติดตั้งผนังคอนกรีต



ภาพที่ 2.4 การยกติดตั้งผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ในส่วนการติดตั้งผนังคอนกรีตสำเร็จรูปนั้น ต้องมีการกำหนดหมายเลขชั้นส่วนและจัดลำดับการวางและตำแหน่งก่อสร้างให้ชัดเจน โดยผนังแต่ละชั้นจะถูกยึดอยู่กับที่ด้วยค้ำยันชั่วคราว หลังจากการสำรวจแนวของการติดตั้งแผ่นผนังทั้งแนวตั้งและแนวราบ ทำการต่อยึดชั้นส่วนผนังต่างๆ เข้าด้วยกันโดยจุดต่อยึดอาจกระทำได้ใน 2 กรณี (ขึ้นอยู่กับการออกแบบ) ได้แก่ จุดต่อยึดแบบเปียก โดยการใช้การฝัง Dowel bars เพื่อยึดผนังเข้าด้วยกันแล้วเทคอนกรีตตอนแนวรอยต่อนั้นและจุดต่อยึดแบบแห้งโดยการเชื่อมเหล็กฉากเข้ากับแผ่นเหล็กที่ฝังไว้ในขั้นตอนการผลิต สำหรับจุดต่อยึดแบบแห้งนั้นจะต้องป้องกันน้ำซึมตามแนวขอบผนังคอนกรีตโดยอาจใช้การยาแนวด้วย Poly Urethane sealants

เมื่อติดตั้งโครงผนังและพื้นชั้นเป็นตัวบ้านครบทุกชั้นส่วน ก็จะสามารถดำเนินการติดตั้งโครงหลังคาระบบไฟฟ้าและระบบสาธารณูปโภคต่างๆ รวมทั้งตกแต่งอาคารแบบทางสถาปัตยกรรมได้ตามวิธีปฏิบัติโดยทั่วไป (General practice)

2.7 แนวทางการวิเคราะห์และออกแบบ

การวิเคราะห์พฤติกรรมการรับน้ำหนักของชิ้นส่วนผนังรับน้ำหนักคอนกรีตสำเร็จรูปสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1. ผนังถอดแบบ , 2. ผนังยกขนย้ายและติดตั้ง และ 3. ผนังรับน้ำหนักบรรทุกทุกจริง โดยในแต่ละขั้นตอนจะมีลักษณะพฤติกรรมการรับน้ำหนักที่แตกต่างกันไป

2.7.1 พฤติกรรมผนังถอดแบบ ขั้นตอนนี้ในกรณีที่แบบหล่อไม่สามารถหมุนตั้งขึ้นได้ ผนังคอนกรีตจะถูกยกตั้งขึ้นในแนวตั้งเพื่อเตรียมขนย้าย ดังนั้น ผนังจะรับเฉพาะน้ำหนักบรรทุกตัวเอง โดยมีลักษณะคล้ายคานกว้าง มีจุดรองรับที่ปลายด้านหนึ่งเป็นจุดหมุนและอีกด้านหนึ่งเป็นจุดยก ดังตัวอย่างที่แสดง (ภาพที่ 2.5) พฤติกรรมการรับน้ำหนักของผนังในขั้นตอนนี้จะรับแรงดัดเนื่องจากน้ำหนักตัวเองเป็นหลัก มีข้อพิจารณาด้านการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงทั้งด้านหน่วยแรงและข้อกำหนดด้านกำลังได้แก่ หน่วยรับแรงดัด กำลังรับโมเมนต์ดัดและกำลังรับแรงเฉือน โดยการตรวจสอบหน่วยแรงดัดสูงสุด (σ_t) ที่เกิดจากการดัดตามสมการที่ (1) จะทำให้สามารถหาค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต (f'_c) ที่ต้องการขณะถอดแบบที่ป้องกันการแตกร้าวในผนัง

$$\sigma_t \leq f_r \quad (1)$$

โดยที่ f_r คือค่าโมดูลัสการแตกร้าวหรือกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ $2.0\sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$ สำหรับการตรวจสอบด้านกำลัง ต้องตรวจสอบกำลังโมเมนต์ดัดและกำลังรับแรงเฉือนที่เกิดในขณะการถอดแบบเพื่อป้องกันการแตกหักของผนังตามสมการที่ (2) และสมการที่ (3)

$$\phi M_n \geq M_u \quad (2)$$

โดยที่

$$\phi = 0.9$$

M_n คือ กำลังรับโมเมนต์ดัด

M_u คือ โมเมนต์ดัดประลัยที่เกิดจากน้ำหนักผนังซึ่งคูณด้วยคูณแรงแล้ว

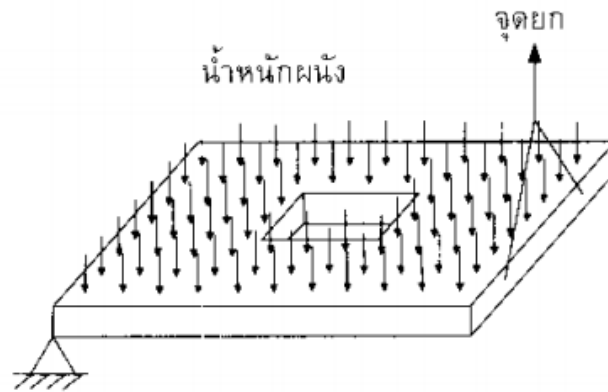
$$\phi V_c \geq V_u \quad (3)$$

โดยที่

$$\phi = 0.85$$

V_c คือ กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีตที่ค่าเท่ากับ $0.5\sqrt{f'_c}bd \text{ kg}$

V_u คือ แรงอัดประลัยที่เกิดจากน้ำหนักซึ่งคูณด้วยคูณแรงแล้ว



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างการรับน้ำหนักของผนังคอนกรีตขณะถอดแบบ

2.7.2 พฤติกรรมขณะยกย้าย ขณะยกย้าย ผนังจะรับเฉพาะน้ำหนักตัวเองในแนวดิ่ง โดยมีจุดรองรับที่ตำแหน่งจุดยกเท่านั้น (ภาพที่ 2.6) ในกรณีนี้เพื่อป้องกันการแตกร้าว จะต้องตรวจสอบหน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้น (σ_t) โดยต้องมีค่าไม่เกินกว่ากำลังรับแรงดึงภายใต้แรงดึงตรงของคอนกรีต (Direct tensile strength) ตามสมการที่ (4) และต้องตรวจสอบกำลังของเหล็กเสริมให้สามารถรับแรงดึงที่เกิดขึ้นได้ในกรณีหน้าตัดเกิดรอยร้าว ตามสมการที่ (5) โดยใช้ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต

$$\sigma_t \leq f_r$$

(4)

โดยที่

f_r คือ กำลังรับแรงดึงตรงของคอนกรีต มีค่าเท่ากับ $1.6\sqrt{f'_c}$ หรือ $0.1f'_c \text{ kg/cm}^2$

$$\phi P_n \geq P_u$$

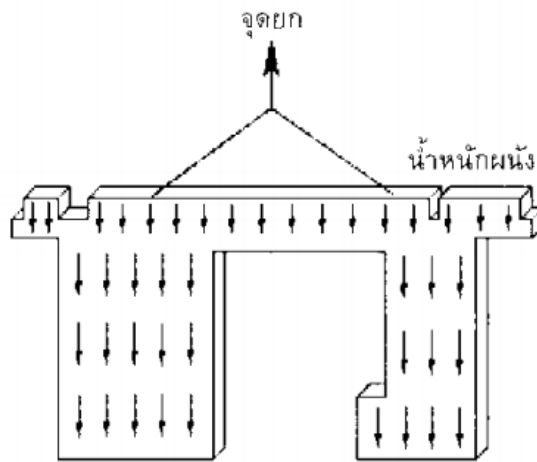
(5)

โดยที่

$$\phi = 0.9$$

P_n คือ กำลังรับแรงดงระบุของเหล็กเสริมมีค่าเท่ากับ $A_s f_y$

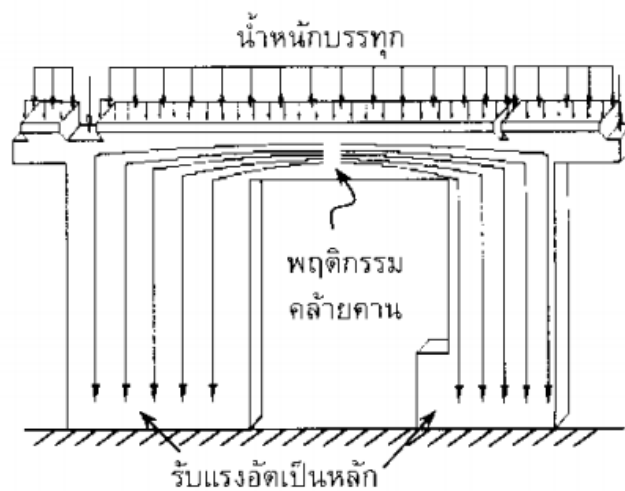
P_u คือ แรงดึงประลัยที่เกิดจากน้ำหนักซึ่งคูณด้วยคูณแรงแล้ว



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างการรับน้ำหนักของผนังคอนกรีตขณะยกขนย้าย

2.8 พฤติกรรมการรับน้ำหนักจริง

ขณะรับน้ำหนักจริง ผนังคอนกรีตจะรับน้ำหนักบรรทุกต่างๆ นอกเหนือจากน้ำหนักตัวเอง ได้แก่ น้ำหนักจากหลังคา น้ำหนักจากพื้น น้ำหนักจากผนังชั้นบนและน้ำหนักบันได เป็นต้น ซึ่งประกอบด้วยน้ำหนักบรรทุกตายตัวและน้ำหนักบรรทุกจรดังตัวอย่างที่แสดง (ภาพที่ 2.7) โดยปกติสำหรับอาคารสูงหรือสูงปานกลางอาจต้องพิจารณาผลของแรงลมด้วย และในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงของแผ่นดินไหว ก็จำเป็นต้องพิจารณาแรงแผ่นดินไหวร่วมด้วย พฤติกรรมการรับน้ำหนักในขั้นนี้คือพฤติกรรมที่เกิดจากการใช้อาคารหลังการก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ โดยอาจมีหน่วยแรงดึงเกิดขึ้นในกรณีรับแรงเยื้องศูนย์กลางหรือการใช้หุ้ซ่างในการรับพื้น ซึ่งจะต้องพิจารณาการออกแบบหุ้ซ่างให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกต่างๆจากพื้น โดยต้องพิจารณาถึงผลจากน้ำหนักเยื้องศูนย์กลางที่เกิดขึ้นในชั้นส่วนผนังคอนกรีตด้วย



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างการรับน้ำหนักของผนังขณะรับน้ำหนัก

ดังนั้นในขั้นตอนการรับน้ำหนักจริงจะมีข้อพิจารณาในการออกแบบเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่มากกระทำได้อย่างปลอดภัยโดยใช้การตรวจสอบหน่วยแรงประกอบกับการออกแบบด้านกำลังไปพร้อมกันได้แก่ การตรวจสอบกำลังรับแรงอัดของหน้าตัดผนังคอนกรีต การตรวจสอบหน่วยแรงอัดและการตรวจสอบหน่วยแรงดึงของคอนกรีต ซึ่งการตรวจสอบกำลังรับแรงอัดของหน้าตัดผนังคอนกรีตตามมาตรฐาน วสท.¹¹ หรือ มาตรฐาน ACI¹² ทำได้โดยใช้สมการ (6) และ P_u คือแรงอัดประลัยที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดซึ่งคุณตัวคุณแรงแล้ว

$$P_u = 0.55 f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{kl}{32h} \right)^2 \right] \quad (6)$$

โดยที่

A_g คือ ขนาดหน้าตัดของผนังคอนกรีต

l_c คือ ความสูงของผนัง

h คือ ความหนาของผนัง

k คือ ตัวคูณความยาวประสิทธิผล มีค่าเท่ากับ 0.8 ในกรณีมีการยึดรั้งต้านทานหมุนที่ปลายข้าง

ใดข้างหนึ่ง หรือเท่ากับ 1.0 ในกรณีไม่มีการยึดรั้งต้านทานการหมุนที่ปลายใดๆ

สำหรับการตรวจสอบหน่วยแรงอัดสามารถกระทำได้โดยตรวจสอบหน่วยแรงอัดสูงสุด (σ_c) ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่ไม่คุณตัวคุณแรง โดยใช้สมการที่ (7)

$$\sigma_t \leq f_r \quad (7)$$

โดยที่

f_r คือ หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ $0.45f'_c$ kg/cm² จากนั้นใช้สมการที่ (1) ในการตรวจสอบหน่วยแรงดึงในกรณีที่มีหน่วยแรงดึงเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกเยื้องศูนย์เกิดขึ้น ในกรณีที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ เช่นช่องเปิดสำหรับติดตั้งหน้าต่างหรือประตูจะต้องพิจารณาเหล็กเสริมพิเศษเพื่อต้านแรงดึงในบริเวณที่มีพฤติกรรมคล้ายคาน โดยเสริมเหล็กขนาด 16 ม.ม. จำนวน 2 เส้นตามที่กำหนดในมาตรฐานการออกแบบ หรือใช้การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อออกแบบหาปริมาณเหล็กเสริมที่เหมาะสมต่อไป

¹¹ มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (ว.ส.ท. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2548).

หน้า 108-138

¹² American Concrete Institute, "Building Code Requirements for Structural Concrete" (American Concrete Institute, 2542).

ข้อกำหนดอื่น ๆ ที่สำคัญในการออกแบบในขั้นตอนการรับน้ำหนักบรรทุกจริงตามมาตรฐานการออกแบบโดยวิธีกำลังได้แก่ ความหนาของผนังคอนกรีต (h) ต้องไม่น้อยกว่า $L_c/25$ และไม่น้อยกว่า 10 cm ปริมาณเหล็กเสริมในแนวตั้งและแนวราบกรณีใช้เหล็กชั้นคุณภาพ SD40 ขึ้นไปต้องไม่ต่ำกว่า $0.0012A_g$ และ $0.0020A_g$ ตามลำดับ หรือต้องเสริมอย่างน้อย $0.0020A_g$ และ $0.0025A_g$ ตามลำดับ ในกรณีใช้เหล็กชั้นคุณภาพ SD30 หรือต่ำกว่า โดยมีระยะเรียงไม่เกิน 3h และไม่เกิน 45 cm

2.9 ประโยชน์ของ Prefabrication

การผลิตวัสดุสำเร็จรูปเพื่อนำไปประกอบกันเป็นตัวอาคาร ไม่ว่าจะเป็นส่วนโครงสร้างอาคาร เช่น เสา คาน พื้น ผนัง ซึ่งจะนำไปประกอบเป็นตัวอาคารในระบบสำเร็จรูปอย่างสมบูรณ์ สามารถทำให้การก่อสร้างรวดเร็ว ประหยัดเวลา การทำงานสำเร็จตามเป้าหมายเพราะสามารถควบคุมเวลาได้ตรงตามแผน กำหนดราคาค่าก่อสร้างได้ถูกต้อง ประหยัดค่าไม้แบบและค่าแรงงานก่อสร้าง เมื่อคิดรวมทั้งระบบ จะประหยัดกว่าการก่อสร้างแบบหล่อในที่ พร้อมทั้งสามารถควบคุมคุณภาพในการผลิตจากโรงงานได้

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายชื่อ/วิทยานิพนธ์	วัตถุประสงค์	ผลการวิจัย
สุกฤต อนันต์ชัยยง , <u>การศึกษาและ</u> <u>เปรียบเทียบการก่อสร้าง</u> <u>บ้านพักอาศัยด้วย</u> <u>ชิ้นส่วนคอนกรีต</u> <u>สำเร็จรูประบบเสา-คาน</u> <u>กับการก่อสร้างแบบ</u> <u>ทั่วไป</u> , สาขาวิชาเคห การ คณะสถาปัตยกรรม ศาสตร์ 2545	เพื่อศึกษาระบบการก่อสร้าง สำเร็จรูป ของอาคารคอนกรีต ในกรุงเทพฯและปริมณฑล 1. เทคนิคการก่อสร้างอาคาร สำเร็จรูป 2. ข้อดี ข้อเสียของอาคาร สำเร็จรูป 3. เปรียบเทียบต้นทุนและ ระยะเวลาการก่อสร้าง ระบบ สำเร็จรูปและระบบหล่อในที่	การนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสาและคาน ที่สั่งจากโรงงานมาใช้ในการก่อสร้าง แทนการหล่อเสาและคานในสถานที่ ก่อสร้างนั้นมีความเหมาะสม เพราะ มีต้นทุนและระยะเวลาในการ ก่อสร้างน้อยกว่า แต่ต้องมีการศึกษา ถึงระบบการก่อสร้างดังกล่าวให้ เข้าใจก่อนที่จะนำมาใช้ร่วมกับการ ก่อสร้างแบบทั่วไป
ชาญชัย ธวัชเกียรติศักดิ์, <u>การเปรียบเทียบระบบ</u> <u>หล่อ ณ สถานที่ก่อสร้าง</u> <u>กับหล่อที่โรงงานของ</u> <u>ระบบ ค.ส.ล. รับน้ำหนัก</u> สาขาวิชาเคหการ คณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์	1. ศึกษากระบวนการก่อสร้าง ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยเทียบระหว่างการผลิตที่ โรงงานกับ สถานที่ก่อสร้าง 2. ศึกษา ปัญหา และอุปสรรค 3. ศึกษาเรื่องต้นทุน ระยะเวลา และคุณภาพ	โครงการที่ผลิตชิ้นส่วน ณ สถานที่ จะมีต้นทุน และ แรงงานที่สูงกว่า โครงการที่ผลิตชิ้นส่วนที่โรงงาน แต่ ระยะเวลาในการติดตั้งจะน้อยกว่า

<p>รุ่งรัตน์ ลิมทองแท่ง , <u>การเปรียบเทียบ</u> <u>กระบวนการก่อสร้างที่</u> <u>อยู่อาศัยสำเร็จรูปโดย</u> <u>ระบบสำเร็จรูป กับ</u> <u>ระบบปกติ</u> สาขาวิชาเคห การ คณะสถาปัตยกรรม ศาสตร์ 2548</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ศึกษากระบวนการก่อสร้างสำเร็จรูปของผนังรับน้ำหนัก โดยกำหนดโรงงานชั่วคราวที่หน้างาน 2. เปรียบเทียบต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้างระหว่างระบบเสา-คาน กับระบบผนังรับน้ำหนัก จากโรงงานชั่วคราวที่หน้างาน 	<p>ระบบก่อสร้างด้วยเสา-คานโดยใช้ผนังก่ออิฐ-ฉาบปูน จะมีต้นทุนที่ 7,431.87 บาทต่อ ตร.ม. ส่วนบ้านที่ก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักจะมีต้นทุนที่ 7,587.39 บาทต่อ ตร.ม. แต่ระบบผนังรับน้ำหนักจะใช้เวลาในการก่อสร้าง และ แรงงาน น้อยกว่าระบบเสา-คาน</p>
<p>นาวิน นาคะสิริ , <u>การศึกษาเปรียบเทียบ</u> <u>ขึ้นส่วนสำเร็จรูประบบ</u> <u>ผนังรับน้ำหนัก</u>, สาขา วิชาเคหการ คณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ 2542</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ศึกษาค่าใช้จ่ายเพื่อผลิตขึ้นส่วนสำเร็จรูป ณ โรงงานสถานที่ก่อสร้าง และนำมาเปรียบเทียบ 2. ศึกษาคุณภาพและข้อจำกัดต่างๆ เพื่อนำมาประกอบกับรายละเอียดข้อ 1 และนำมาสรุปเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ 	<p>ผู้ประกอบการที่สร้างบ้านโดยระบบสำเร็จรูปน้อยกว่า 38 หลัง ควรซื้อขึ้นส่วนจากโรงงาน แต่หากมากกว่า 38 หลัง ควรสร้างโรงงานขึ้นในโครงการ เนื่องด้วยการสร้างโรงงานนี้จะคุ้มทุนได้ก็จะต้องขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตที่มากพอ</p>
<p>ภาณุรัตน์ โพธิ์งาม , <u>การเปรียบเทียบ</u> <u>เทคโนโลยีการก่อสร้าง</u> <u>บ้านเดี่ยว 2 ชั้น ด้วย</u> <u>ขึ้นส่วนสำเร็จรูประบบ</u> <u>ผนังรับน้ำหนัก</u> สาขา วิชาเคหการ คณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ 2548</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ศึกษากรรมมาวิธีการก่อสร้างขึ้นส่วนสำเร็จรูป 2. ศึกษาปัญหา และอุปสรรคในการก่อสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก 3. ศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้างขึ้นส่วนสำเร็จรูป 	<p>ระยะเวลาการผลิตโครงการบ้านกัสสร ที่การผลิต ณ โรงงาน ใช้เวลาน้อยกว่า โครงการบ้านซื้อตรง ที่ผลิต ณ โรงงานชั่วคราว ส่วนระยะเวลาก่อสร้างโครงการบ้านกัสสร ใช้เวลามากกว่าโครงการบ้านซื้อตรง</p>
<p>ณัฐวุฒิ ถนอมพวงเสรี , <u>การวิเคราะห์</u> <u>กระบวนการจัดการ</u> <u>ขึ้นส่วนคอนกรีต</u> <u>สำเร็จรูป</u>, สาขา วิศวกรรมโยธา คณะ วิศวกรรมศาสตร์ 2549</p>	<p>งานวิจัยมีเพื่อศึกษากระบวนการทำงานในขั้นตอนการผลิต การขนส่ง และการติดตั้งของขึ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป</p>	<p>ในทุกขั้นตอนตั้งแต่งานผลิต งานขนส่ง และงานติดตั้งจำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญในการทำงานรวมถึงพร้อมด้วยเครื่องมือเครื่องจักร และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เพื่อสามารถทำงานได้ตามต้นทุนคุณภาพ และเวลาที่วางแผนไว้</p>

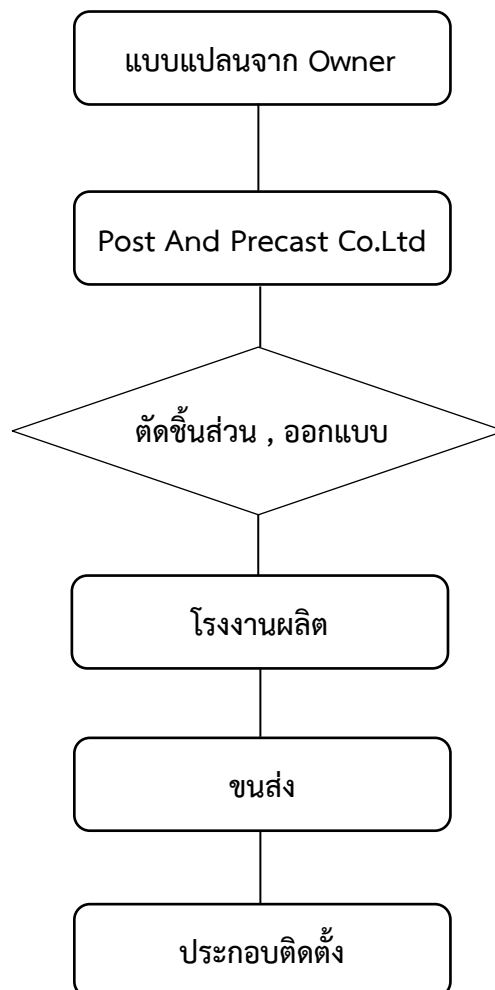
ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 บริษัท โปสแอนด์พรีคาสท์ จำกัด

บริษัท โปสแอนด์พรีคาสท์ จำกัด ตั้งอยู่ที่ 66/866-867 หมู่ 8 ซอยรัตนาธิเบศร์ 28 ตำบล บางกระสอ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี เป็นบริษัทที่รับออกแบบ ผลิตและติดตั้งชิ้นส่วน คอนกรีตสำเร็จรูป โดยมีกำลังการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปเฉลี่ยวันละ 100 ลูกบาศก์เมตร (เทียบกับ ชิ้นส่วนผนัง กว้าง 5 m x สูง 3 เมตร x หนา 0.1m จะสามารถผลิตได้ 66 แผ่น/วัน) รับก่อสร้างทั้ง อาคารขนาดใหญ่ และชิ้นส่วนสำเร็จรูป ปัจจุบันดำเนินงานให้แก่บริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ อย่างเช่น บริษัท แอล.พี.เอ็น ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน) และ บริษัท แอสเสอรี่ จำกัด(มหาชน) และ งานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปทาว์นเฮาส์ 3 ชั้น ให้แก่ บริษัท เอพี (ไทยแลนด์) จำกัด(มหาชน)

มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของ บริษัท โปสแอนด์พรีคาสท์ จำกัด

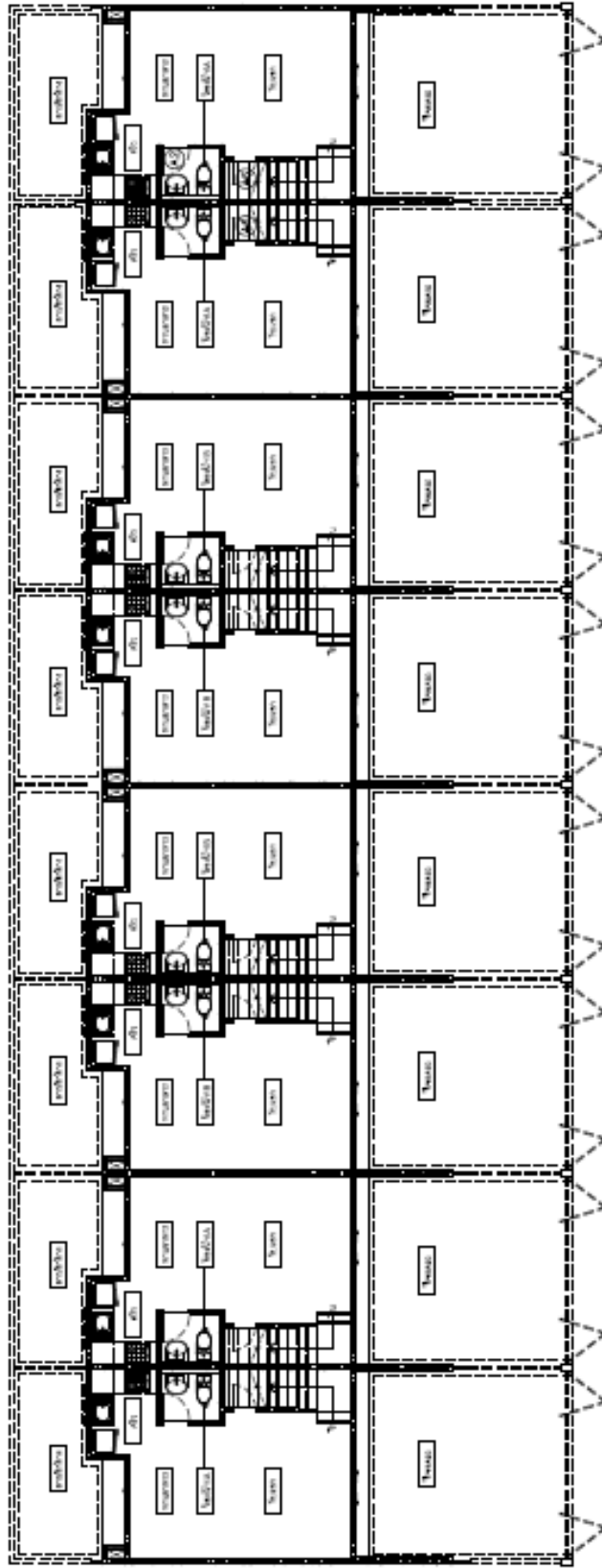
ทาวน์เฮาส์ Nw Design ที่ผลิตโดยบริษัท โพลสแอนด์พีริคาส จำกัดมีขนาดความกว้าง 5 เมตร ยาว 10.4 เมตร มีความสูง 3 ชั้น ซึ่งในแต่ละชั้นสูง 2.6 เมตร มี 2 รูปแบบได้แก่ รูปแบบ A และ รูปแบบ B โดยมีความแตกต่างกันเพียงชั้น 2 และ ชั้น 3 ที่มีห้องนอน master สลับกัน



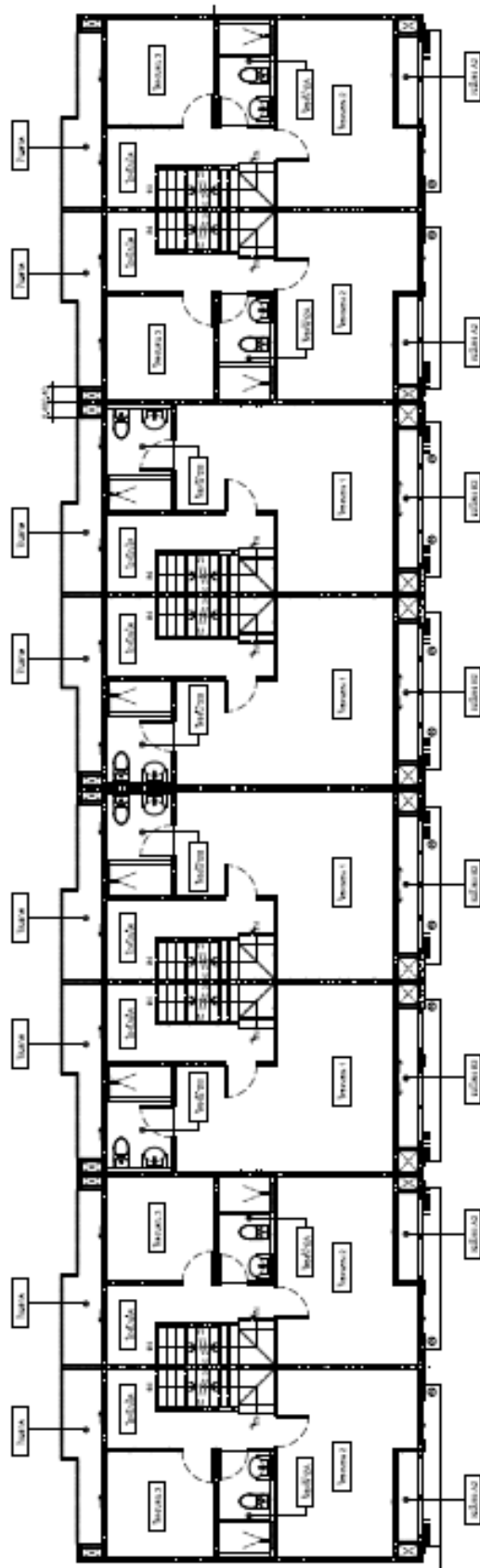
ภาพที่ 3.1 ภาพทาวน์เฮาส์ NW Design



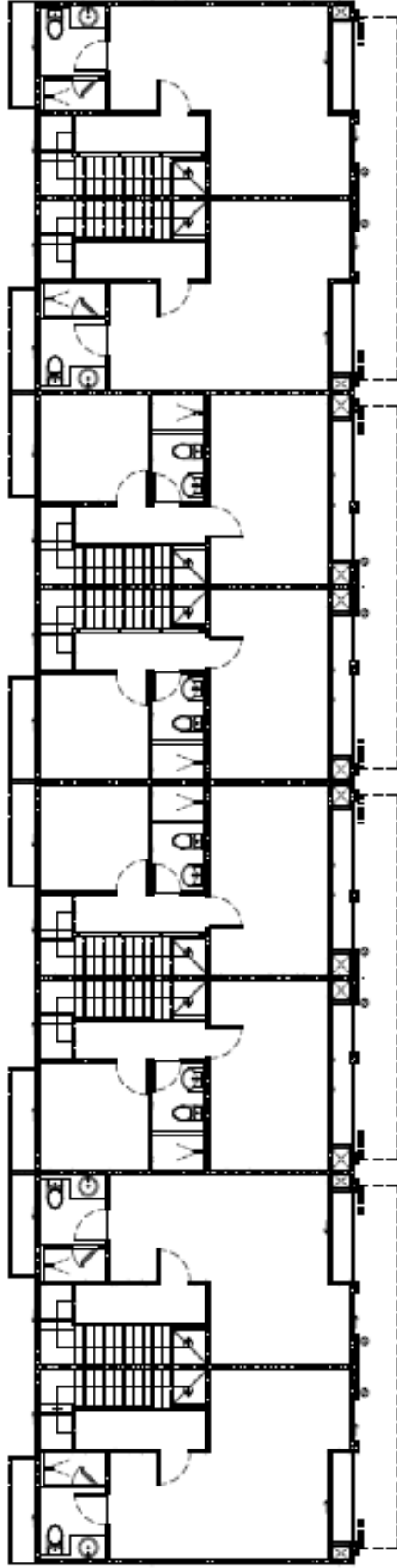
ภาพที่ 3.2 แบบแปลนบ้าน Type A และ B ของทาวน์เฮาส์ NW Design



ภาพที่ 3.3 แบบแปลนบ้าน ชั้น 1



ภาพที่ 3.4 แบบแปลนบ้าน ชั้น 2



ภาพที่ 3.5แบบแปลนบ้าน ชั้น 3

จากพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร¹³ พ.ศ. 2522 การก่อสร้างทาว์นเฮาส์ทุกความยาว 40 เมตร ต้องเว้นระยะ 4 เมตร ดังนั้นทาว์นเฮาส์ Nw Design จึงสามารถสร้างได้ติดต่อกันมากที่สุด 8 หน่วย

3.2 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.1. วางแบบข้าง ตรวจสอบขนาดของแบบข้าง กว้างยาวหนา และขนาดของมุมฉากแนวทแยง



ภาพที่ 3.6 การวางแบบหล่อด้านข้าง และ ตรวจสอบ

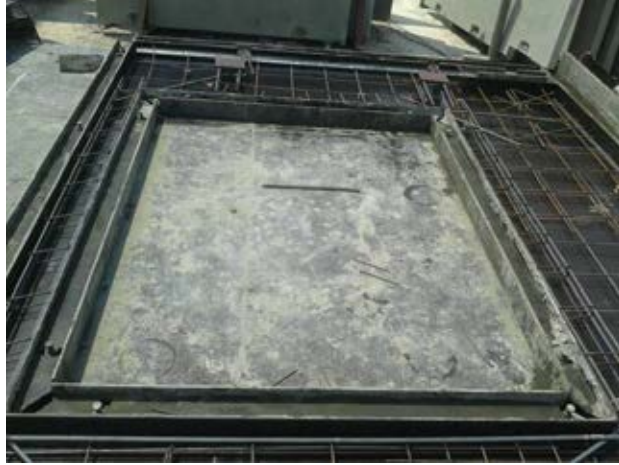
3.2.2. ตัดเหล็กตะแกรง ติดตั้งเหล็กเพรทและวางท่องานระบบ



ภาพที่ 3.7 การวางแบบวางเหล็ก ติดตั้งเพรทและวางท่องานระบบ

¹³ กฎหมายจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2522, "หมวดที่ 3 ขนาดและพื้นที่ดินที่ทำการจัดสรร".

3.2.3. ติดตั้งเชื่อมหุยกขึ้นส่วนสำเร็จรูป



ภาพที่ 3.8 วางเหล็กเชื่อมหุยกขึ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.4. ยกเหล็กตะแกรงออกจากแบบเพื่อทำความสะอาดโต๊ะหล่อและแบบทาน้ำมันลงโต๊ะหล่อทิ้งไว้ 15-30 นาที แล้วค่อยซับออก



ภาพที่ 3.9 ทำความสะอาดโต๊ะแบบหล่อและทาน้ำมัน

3.2.5. วางเหล็กตะแกรงลงแบบหล่อพร้อมกับหนุนลูกปูนคอนกรีต

3.2.6. เทคอนกรีตลงแบบหล่อ พร้อมจี้ปูนเพื่อความสม่ำเสมอของคอนกรีต



ภาพที่ 3.10 เทคอนกรีต พร้อมจี้ปูน

3.2.7. หลังจากเทคอนกรีต 3 ชั่วโมง เริ่มขัดถูและลงด้วยใบขัดมัน เพื่อให้ผิวเรียบ หลังจากปูนแห้งด้วยลอฟอง ทำความสะอาด बैยักและงานทำความสะอาดบล็อกงานระบบ



ภาพที่ 3.11 ขัดแต่งผิวคอนกรีต

3.2.8. ถอดแบบหลังจากเท 6-8 ชั่วโมง

3.2.9. ยกขึ้นส่วนไปยัง A-frame เพื่อเก็บงานความเรียบร้อยและเตรียมจัดส่ง



ภาพที่ 3.12 เทคอนกรีตแล้วเสร็จ

บทที่ 4 ผลการศึกษาก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

บริษัท โพลแอนด์พีริคาส จำกัด เป็นบริษัทออกแบบ ผลิตและติดตั้งโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่อยู่อาศัยประเภททาวน์เฮาส์ให้กับบริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์อย่างบริษัท เอพี (ไทยแลนด์) จำกัด (มหาชน) ในงานวิจัยนี้ได้จะทำการศึกษาเฉพาะชิ้นส่วนสำเร็จรูปของที่อยู่อาศัยประเภททาวน์เฮาส์ ชื่อ NW Design มีขนาดความกว้าง 5 เมตร ยาว 10.4 เมตร มีความสูง 3 ชั้น ซึ่งในแต่ละชั้นสูง 2.6 เมตร มี 2 รูปแบบได้แก่ รูปแบบ A และรูปแบบ B โดยมีความแตกต่างกันเพียงชั้น 2 และ ชั้น 3 ที่มีห้องนอน master สลับกัน



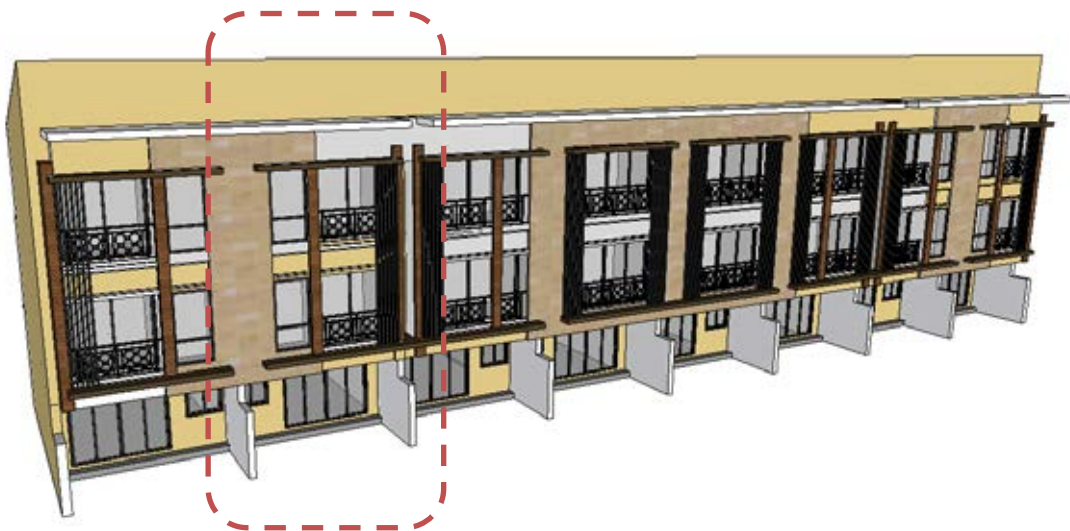
ภาพที่ 4.1 ภาพแบบบ้าน Type A และ Type B

จากพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 การก่อสร้างทาวน์เฮาส์ทุกความยาว 40 เมตร ต้องมีที่ว่างระหว่างแถวด้านข้างของห้องแถวหรือตึกแถวนั้นกว้างไม่น้อยกว่า 4 เมตร เป็นช่วงตลอดความลึกของห้องแถวหรือตึกแถวเพื่อเชื่อมกับที่ว่างหลังอาคารดังนั้นทาวน์เฮาส์ NW Design ที่มีความกว้าง 5 เมตร จึงสามารถสร้างได้ติดต่อกันมากที่สุด 8 หน่วย โดยโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปประกอบไปด้วยชิ้นส่วน ผนัง พื้น คาน และชิ้นส่วนอื่นๆ เช่น โครงสร้างบันได และกันสาดหน้าบ้าน หลังบ้าน มีจำนวนรวมทั้งหมด 512 ชิ้น



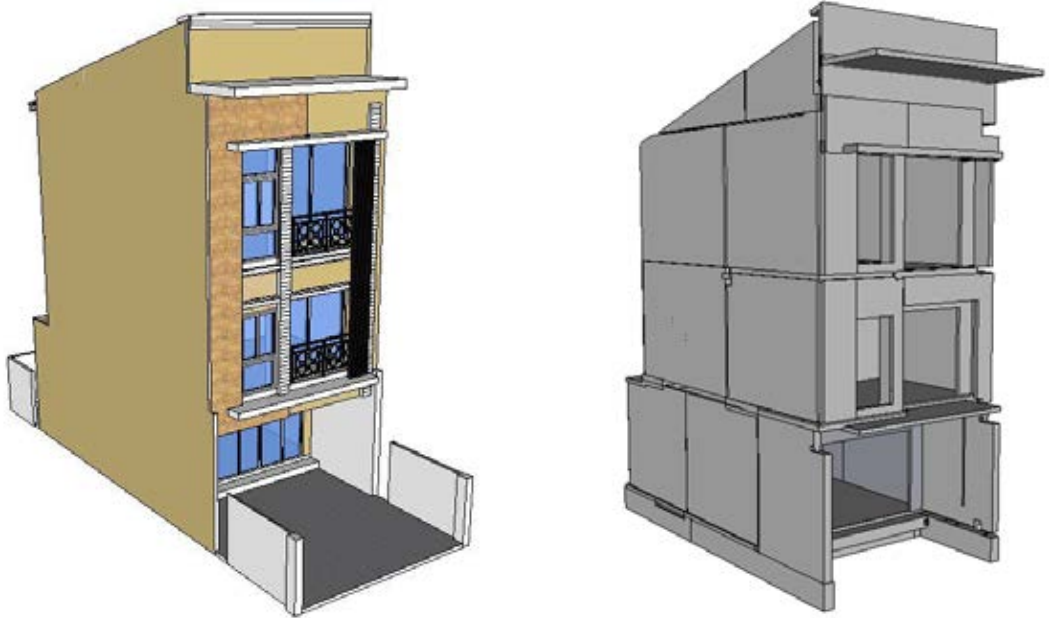
ภาพที่ 4.2 แสดงทาวน์เฮาส์ NW Design 8 หน่วย

หากนำมาพิจารณาเฉพาะ 1 หน่วยโดยเลือกหน่วยที่มีชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีรูปแบบใช้ร่วมกันมากที่สุดคือหน่วยที่ 2-7 ส่วนหน่วยที่ 1 และ 8 นั้นเป็นหน่วยที่เป็นแปลงริมดังนั้นจะมีชิ้นส่วนสำเร็จรูปด้านข้างที่ไม่ได้ใช้ร่วมกับหน่วยอื่นๆ ดังนั้นจึงเลือกพิจารณาชิ้นส่วนของหน่วยที่ 2 มาเป็นตัวอย่างในการวิจัย

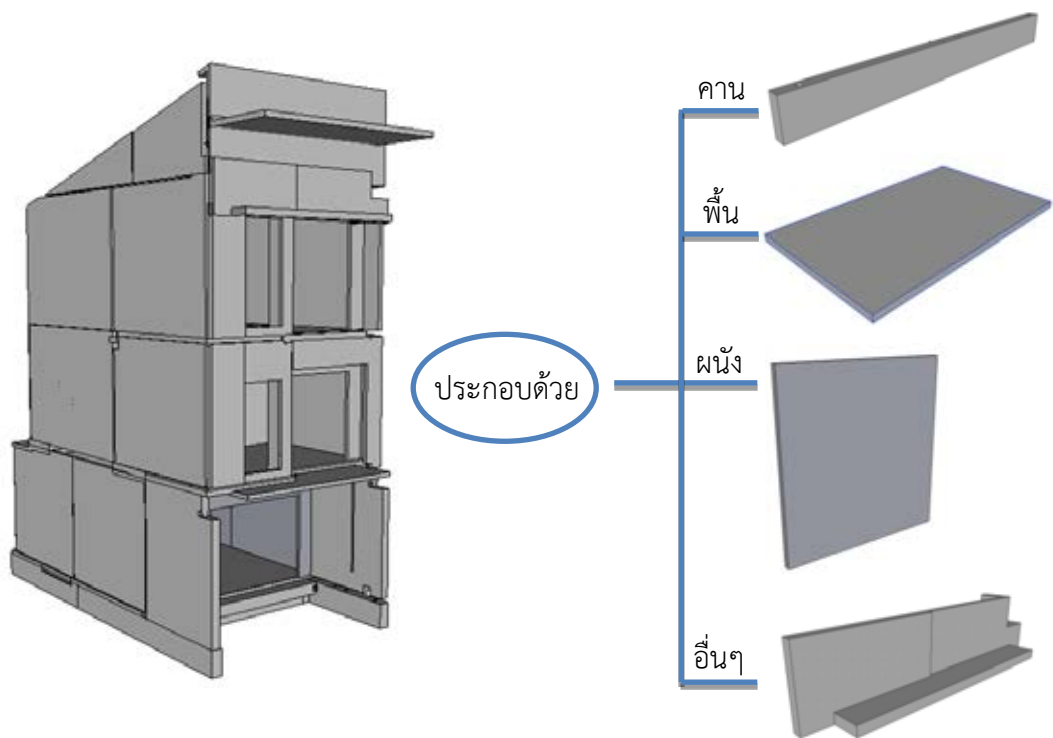


ภาพที่ 4.3 ทาวน์เฮาส์ NW Design 8 หน่วย โดยเลือกหน่วยที่ 2 เป็นตัวอย่าง

ทาว์นเฮาส์หน่วยที่ 2 เมื่อนำมาพิจารณาชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นจะพบว่าประกอบด้วยชิ้นส่วน คาน พื้น ผนัง และชิ้นส่วนอื่นๆ ดังนี้



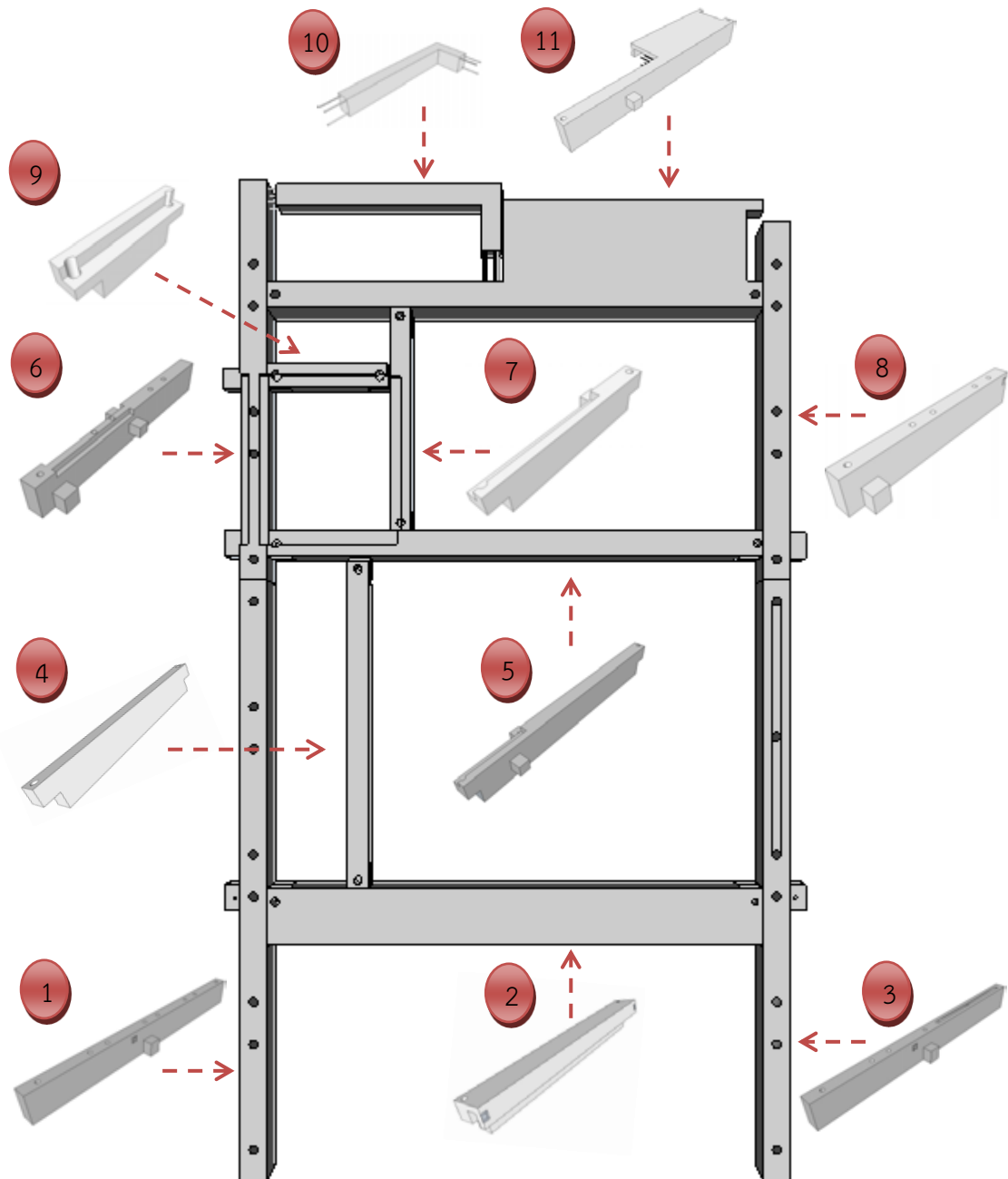
ภาพที่ 4.4 แสดงภาพงานสถาปัตยกรรมกับงานโครงสร้าง



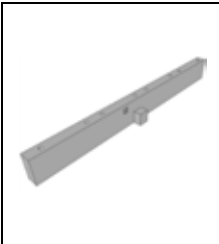

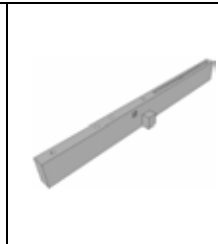


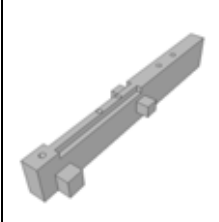
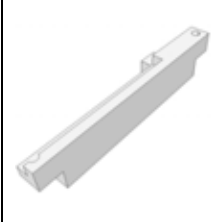
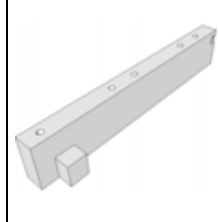
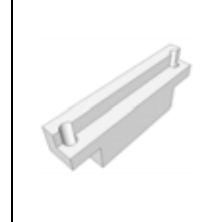

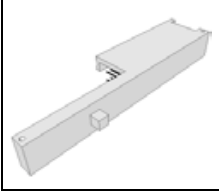
ภาพที่ 4.5 แสดงภาพงานสถาปัตยกรรมกับงานโครงสร้าง

4.1 ชั้นส่วนคาน ของโครงสร้างทาวเฮาส์ NW Design

4.1.1 ชั้นส่วนคาน ชั้น 1 ประกอบด้วยคาน 16 รูปแบบ 16 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง ดังนี้

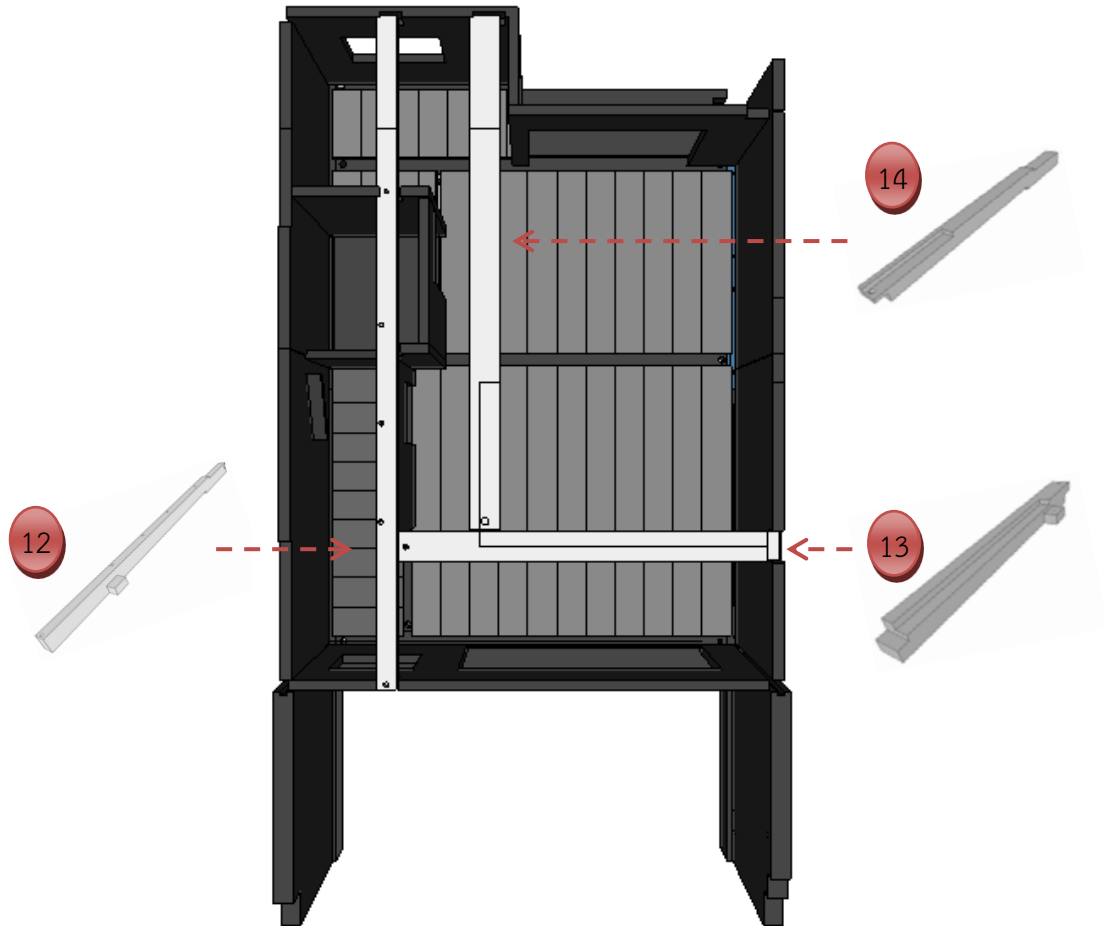


ภาพที่ 4.6 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนคานชั้น 1




				
PB2.1	PB6B	PB3.1	PB7B	PB5B
5.7 X 0.6 X 0.25	4.71 x 0.6 x 0.25	5.7 X 0.6 X 0.25	3.11 x 0.4 x 0.2	4.71 x 0.6 x 0.25
				
PB2.2	PB8B	PB3.2	PB9B	P16B
3.8 X 0.6 X 0.25	2.11 x 0.4 x 0.2	3.8 X 0.6 X 0.25	1.145 x 0.4 x 0.2	1.935 x 0.3 x 0.2
				
PB4B				
4.71 x 0.6 x 0.25				

ตารางที่ 4.1 คานสำเร็จรูปชั้น 1

4.1.2 ชั้นส่วนคาน ชั้น 2 ประกอบด้วยคาน 3 รูปแบบ 3 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง ดังนี้

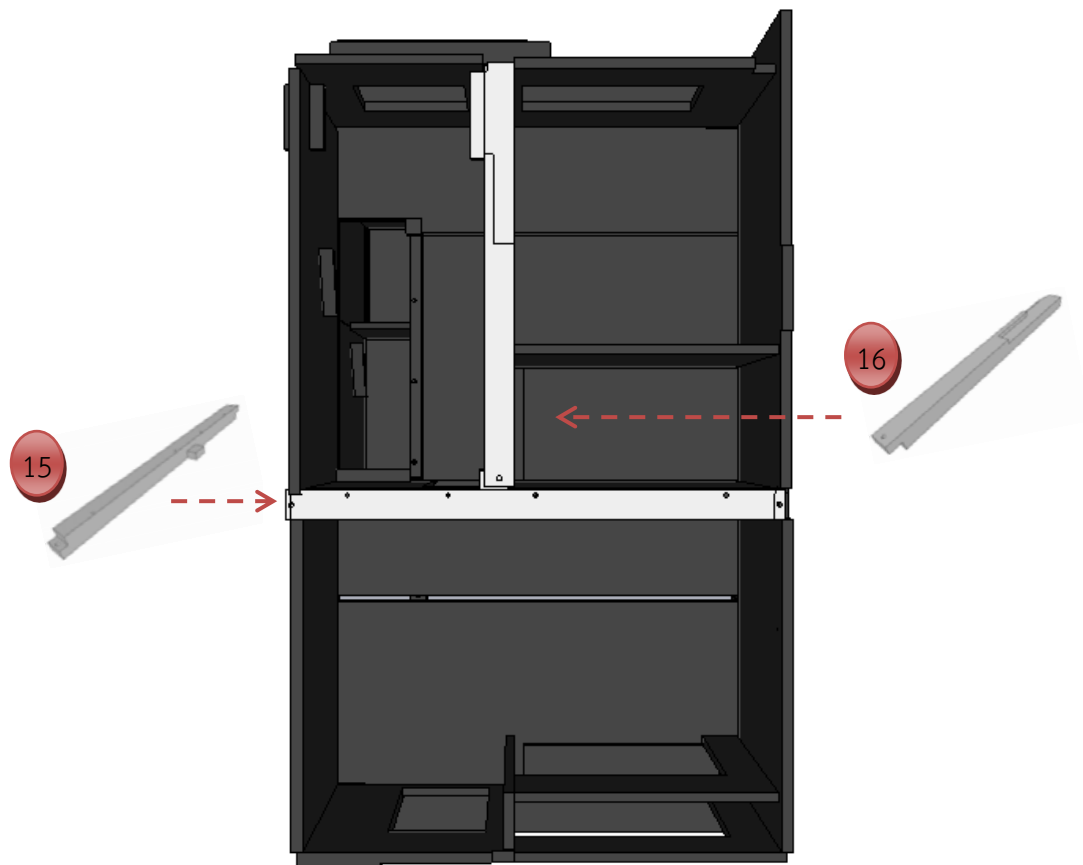


ภาพที่ 4.7 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนคานชั้น 2



		
PB15B	PB10.1B	PB12B
$6.85 \times 0.285 \times 0.2$	$3.88 \times 0.285 \times 0.3$	$6.85 \times 0.285 \times 0.3$

ตารางที่ 4.2 คานสำเร็จรูปชั้น 2

4.1.3 ชั้นส่วนคาน ชั้น 3 ประกอบด้วยคาน 2 รูปแบบ 2 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง ดังนี้



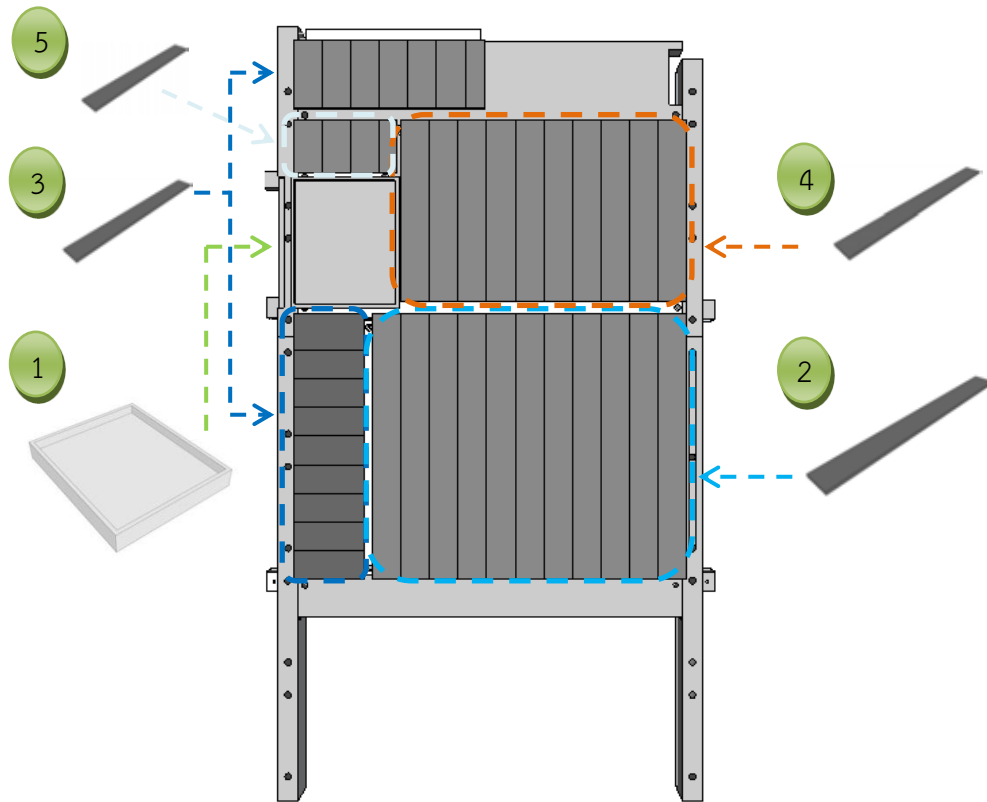
ภาพที่ 4.8 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนคานชั้น 3

	
PB14.1B	PB13B
5.12 x 0.285 x 0.3	4.33 x 0.285 x 0.3

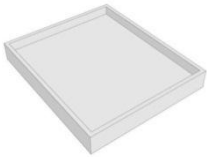




ตารางที่ 4.3 คานสำเร็จรูปชั้น 3

4.2 ชั้นส่วนพื้น ของโครงสร้างทาวเฮาส์ NW Design

4.2.1 ชั้นส่วนพื้น ชั้น 1 ประกอบด้วยพื้น 1 รูปแบบ 1 ชั้น และแผ่นพื้นท้องเรียบ 4 รูปแบบ 41 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง ดังนี้

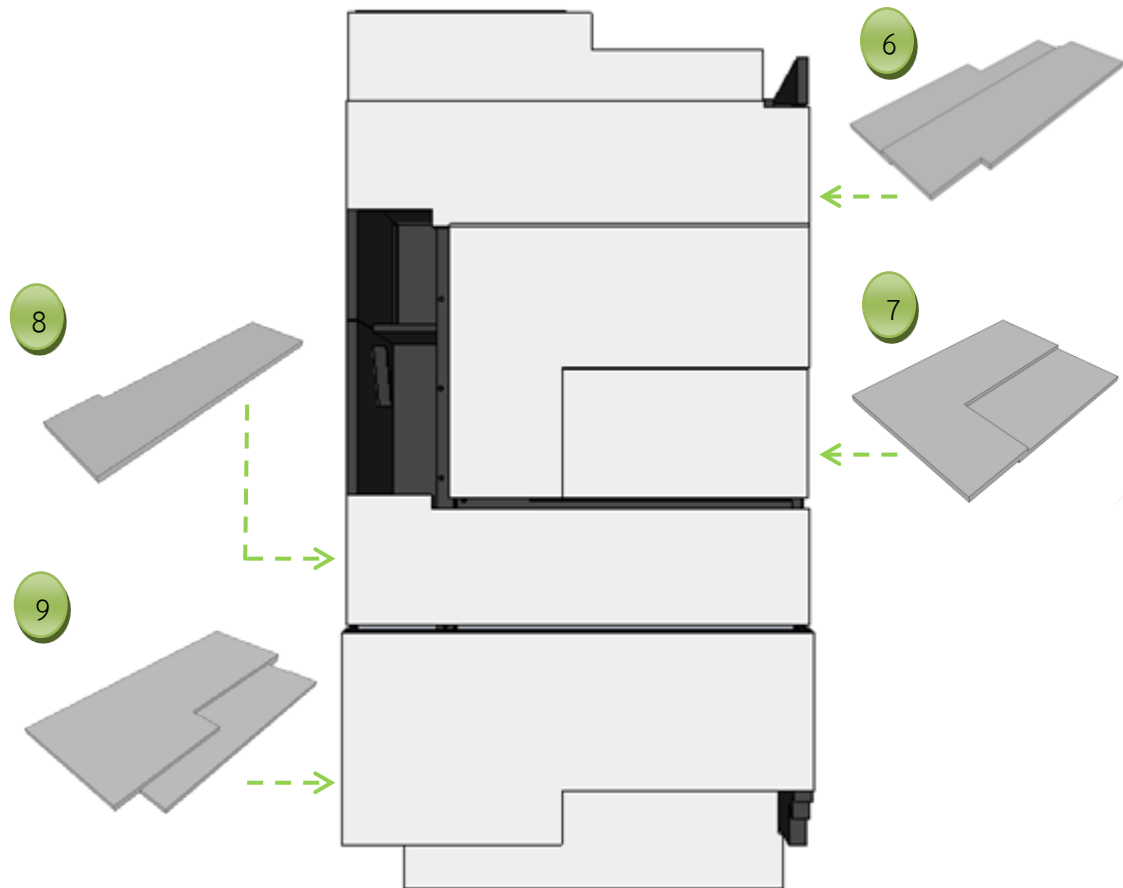


ภาพที่ 4.9 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนพื้นชั้น 1

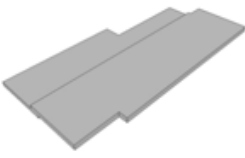
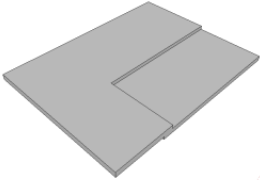
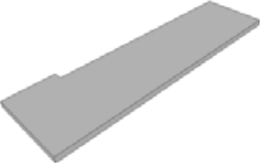
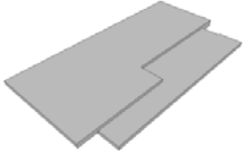
				
S1B	แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ
1.58 x 1.34 x 0.1	0.35 x 3.25	0.35 x 2.25	0.35 x 2.15	0.35 x 0.65

ตารางที่ 4.4 พื้นสำเร็จรูปชั้น 1

4.2.2 ชั้นส่วนพื้น ชั้น 2 ประกอบด้วยพื้น 4 รูปแบบ 4 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง ดังนี้

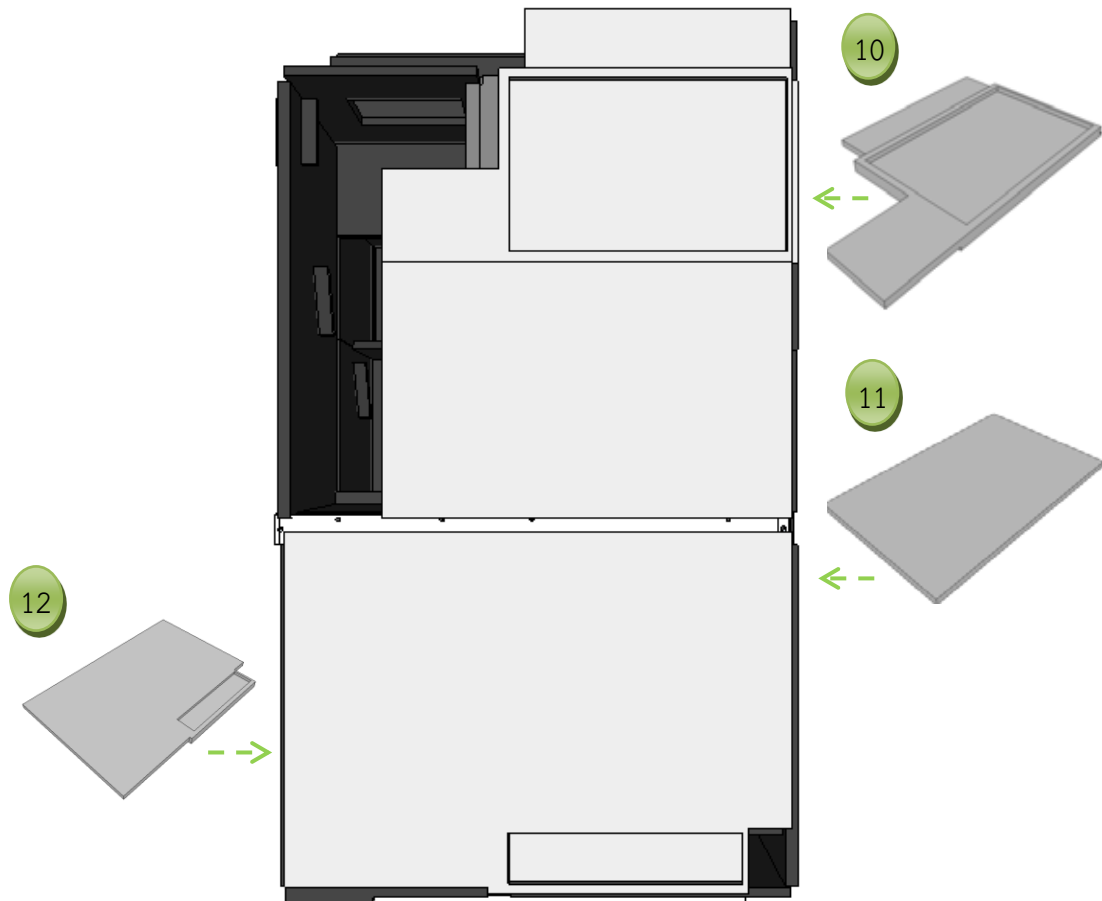


ภาพที่ 4.10 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนพื้นชั้น 2

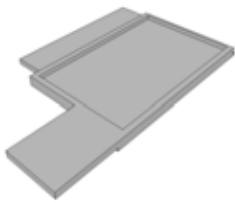

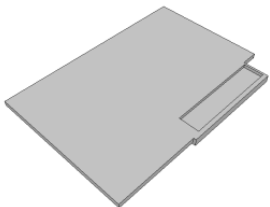
			
US1B	US2B	US3B	US4B
4.98 × 2.2 × 0.12	4.03 × 3.04 × 0.12	4.98 × 1.44 × 0.12	4.98 × 2.84 × 0.12

ตารางที่ 4.5 พื้นสำเร็จรูปชั้น 2

4.2.3 ชั้นส่วนพื้น ชั้น 3 ประกอบด้วยพื้น 3 รูปแบบ 3 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง ดังนี้

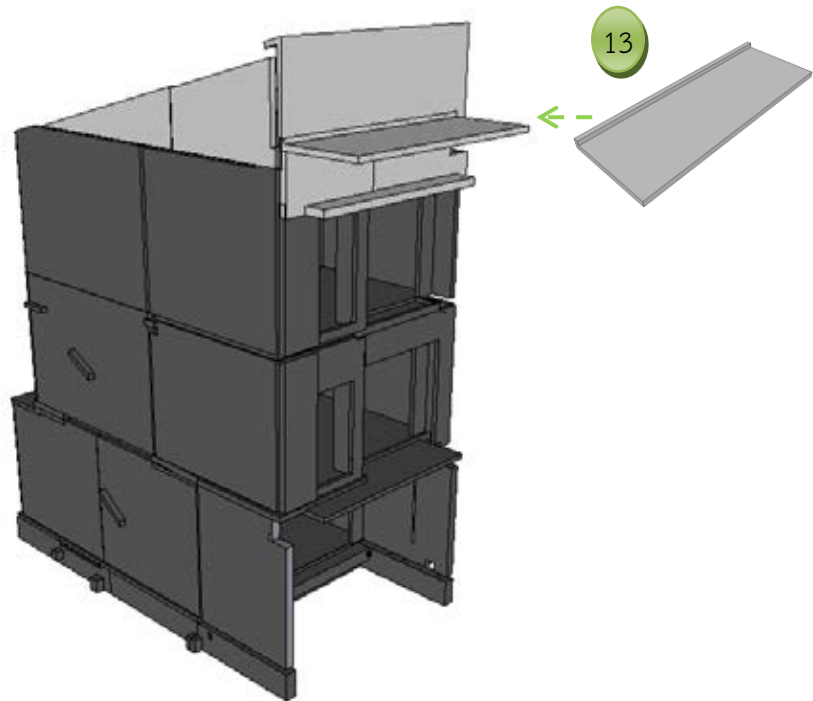


ภาพที่ 4.11 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนพื้นชั้น 3

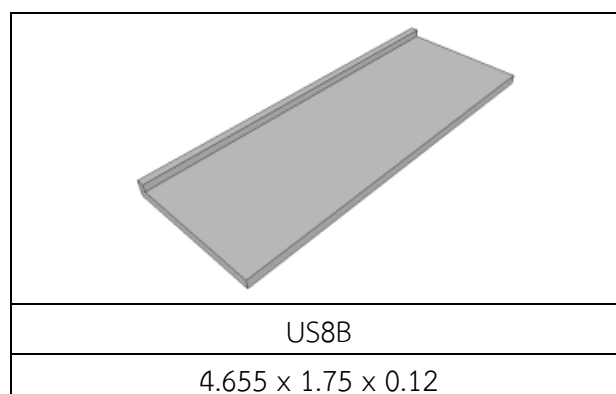
		
US5B	US6B	US7B
4.1 x 2.5 x 0.12	4.03 x 2.52 x 0.12	4.98 x 3.55 x 0.12

ตารางที่ 4.6 พื้นสำเร็จรูปชั้น 3

4.2.4 ชั้นส่วนพื้น ชั้นหลังคาประกอบด้วยพื้น 1 รูปแบบ 1 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง ดังนี้



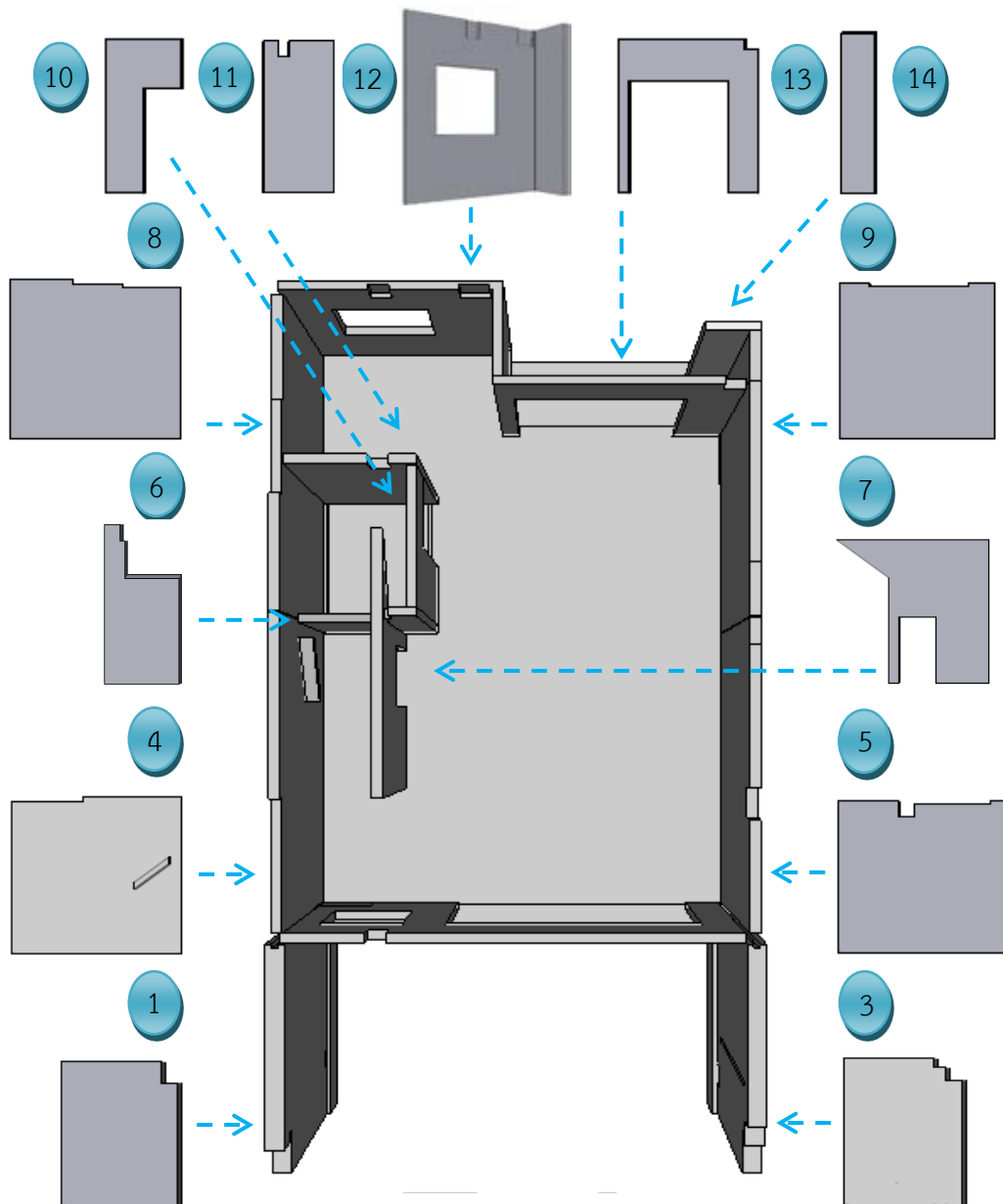
ภาพที่ 4.12 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนพื้นชั้นหลังคา



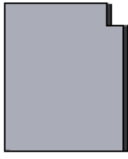
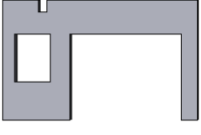
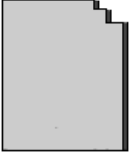
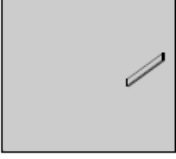
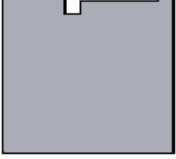
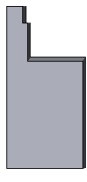
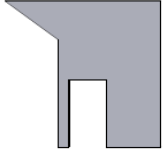
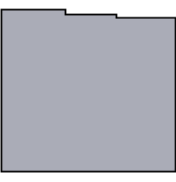
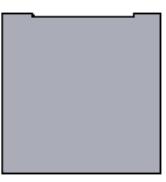
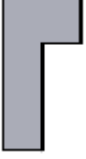

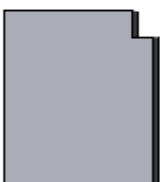
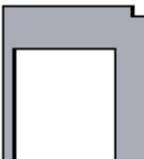

ตารางที่ 4.7 พื้นสำเร็จรูปชั้นหลังคา

4.3 ชั้นส่วนพื้น ของโครงสร้างทาวเฮาส์ NW Design

4.3.1 ชั้นส่วนผนัง ชั้น 1 ประกอบด้วยผนัง 14 รูปแบบ 14 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่งดังนี้

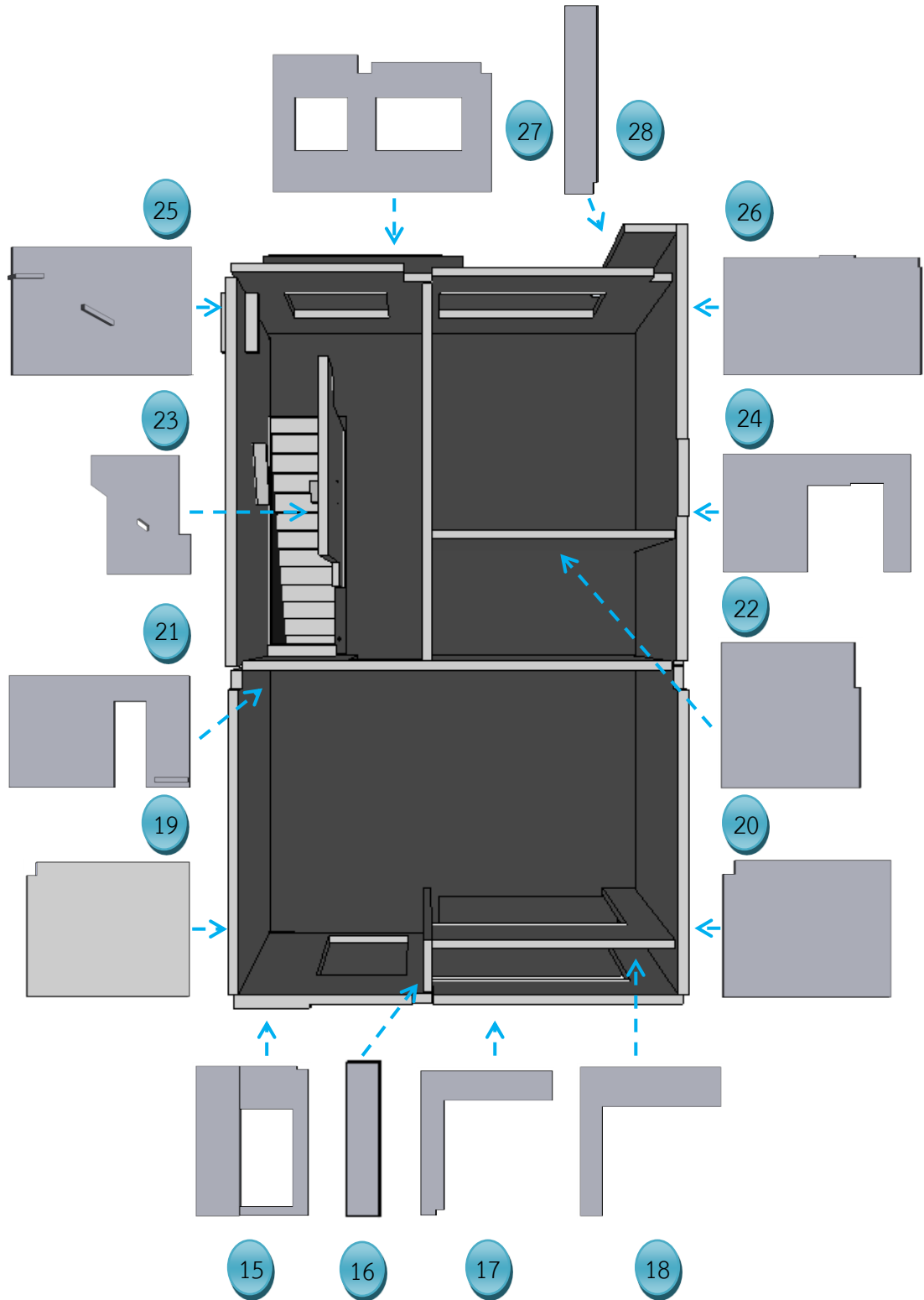


ภาพที่ 4.13 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนผนังชั้น 1

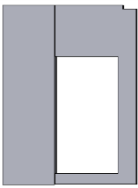

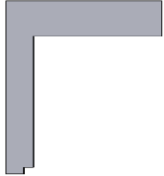
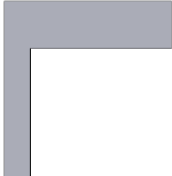



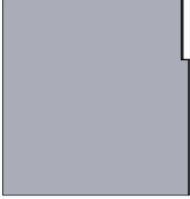
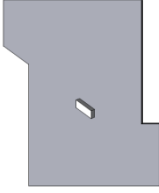

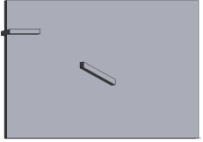



				
W2.1C	W14B	W3.1	W2.2	W3.2
3.1 × 2.5 × 0.2	3.0 × 4.86 × 0.1	3.1 × 2.5 × 0.2	3.0 × 3.345 × 0.12	3.0 × 3.3 × 0.12
				
W12B	W13B	W2.3	W3.3	W11B
3.0 × 1.39 × 0.1	2.715 × 2.87 × 0.12	3.11 × 3.335 × 0.12	3.0 × 2.98 × 0.12	3.0 × 1.48 × 0.1
				
W10B	W8A	NW7B	NW2A	
3.0 × 1.39 × 0.1	2.94 × 2.355 × 0.1	2.94 × 2.67 × 0.1	3.03 × 0.405 × 0.1	

ตารางที่ 4.8 ผนังสำเร็จรูปชั้น 1

4.3.2 ชั้นส่วนผนัง ชั้น 2 ประกอบด้วยผนัง 14 รูปแบบ 14 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง
ดังนี้

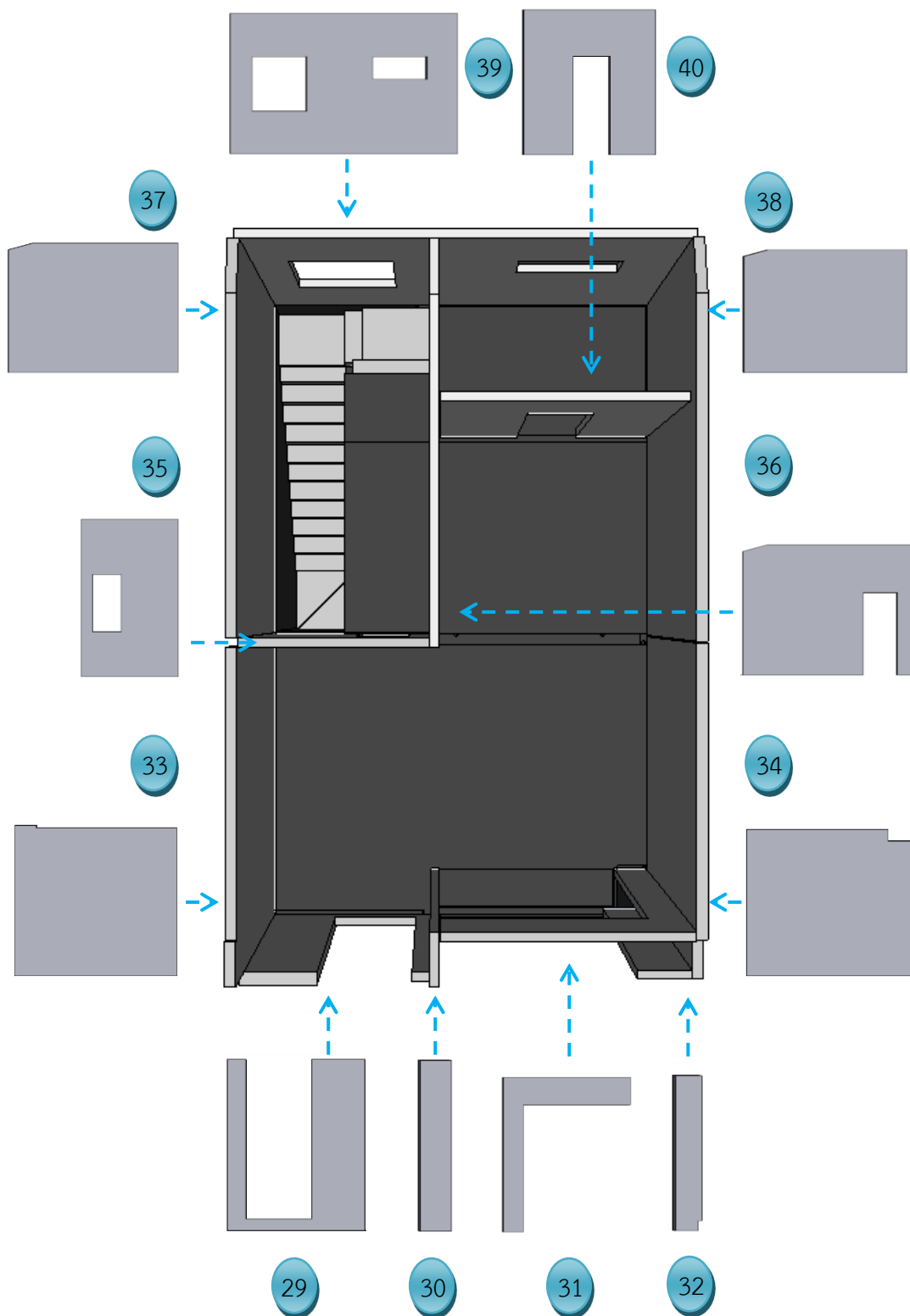


ภาพที่ 4.14 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนผนังชั้น 2

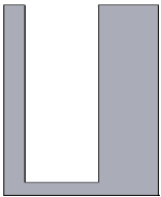

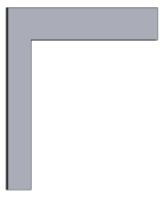



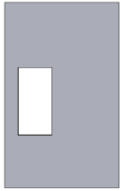



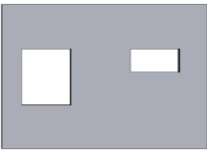
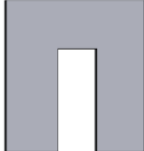
				
NW10B	NW9B	NW8B	NW6B	W18.1A
2.98 × 2.205 × 0.15	2.9 × 0.59 × 0.1	2.9 × 2.71 × 0.1	3.09 × 2.775 × 0.1	2.98 × 3.59 × 0.12
				
NW19.1A	W15B	W13D	W26B	W27B
2.98 × 3.635 × 0.12	2.685 × 4.86 × 0.1	2.98 × 2.82 × 0.1	2.98 × 2.5 × 0.1	2.685 × 4.28 × 0.1
				
W18.2A	W19.2A	W16B	NW4A	
3.09 × 4.29 × 0.12	2.98 × 4.935 × 0.12	3.09 × 4.925 × 0.1	3.09 × 0.405 × 0.1	

ตารางที่ 4.9 ผนังสำเร็จรูปชั้น 2

4.3.3 ชั้นส่วนผนัง ชั้น 3 ประกอบด้วยผนัง 12 รูปแบบ 12 ชิ้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง
ดังนี้

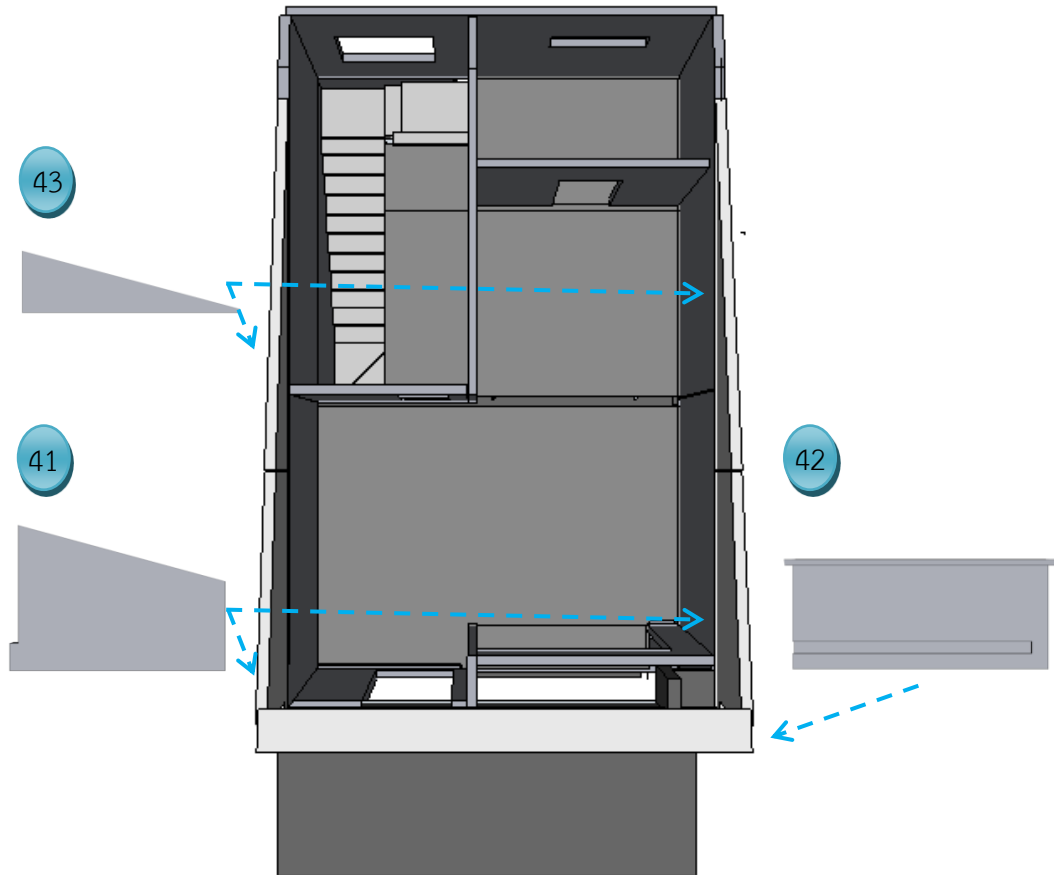


ภาพที่ 4.15 แสดงภาพตำแหน่งชิ้นส่วนผนังชั้น 3

				
NW21B	NW20B	NW19B	NW17A	W33.1
2.72 x 2.205 x 0.1	3.32 x 0.59 x 0.1	3.32 x 2.71 x 0.1	2.9 x 0.485 x 0.1	3.32 x 3.59 x 0.12
				
W34.1A	W30B	W39B	W33.2	W34.2A
3.27 x 3.635 x 0.12	3.28 x 2.03 x 0.1	3.28 x 4.39 x 0.1	3.28 x 4.29 x 0.12	3.27 x 4.335 x 0.12
				
W29E	NW23B			
3.08 x 4.99 x 0.1	2.98 x 2.71 x 0.1			

ตารางที่ 4.10 ผนังสำเร็จรูปชั้น 3

4.3.4 ชั้นส่วนผนังชั้นหลังคา ประกอบด้วยผนัง 3 รูปแบบ 5 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง
ดังนี้



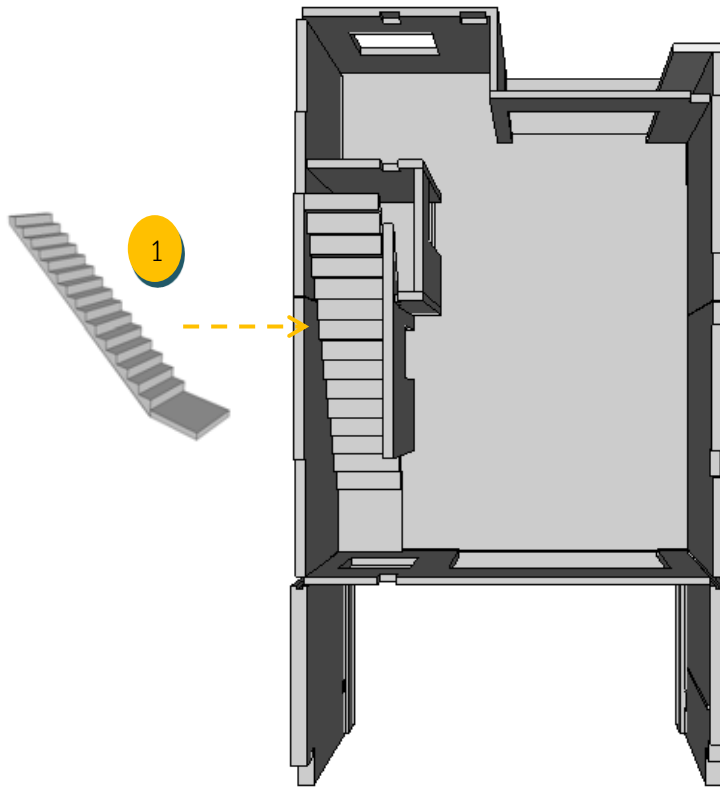
ภาพที่ 4.16 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนผนังชั้นหลังคา

W41.1B	W43BR	W41.2B
จำนวน 2 แผ่น	จำนวน 1 แผ่น	จำนวน 2 แผ่น
1.807 x 2.71 x 0.12	2.15 x 4.665 x 0.1	1.136 x 4.238 x 0.12

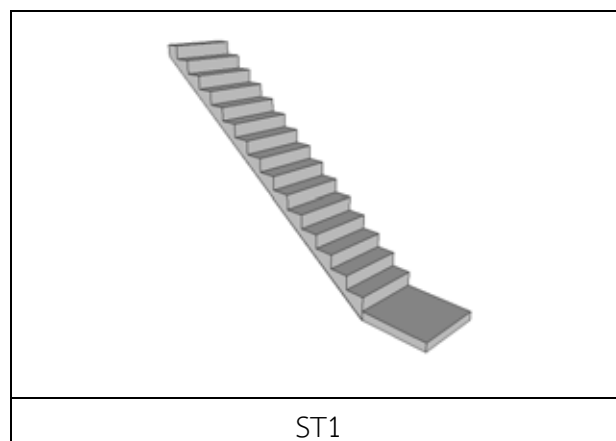
ตารางที่ 4.11 ผนังสำเร็จรูปชั้นหลังคา

4.4 ชั้นส่วนอื่นๆ (บันได และกันสาดหน้าบ้าน) ของโครงสร้างทาวเฮาส์ NW Design

4.4.1 ชั้นส่วนอื่นๆ ชั้น 1 ประกอบด้วยชั้นส่วน 1 รูปแบบ 1 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่งดังนี้

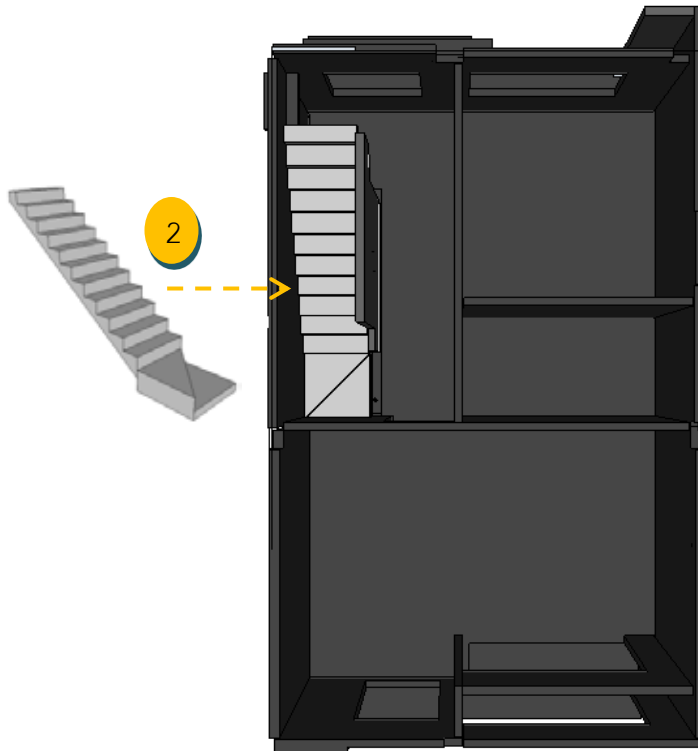


ภาพที่ 4.17 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนผนังอื่นๆ ชั้น 1

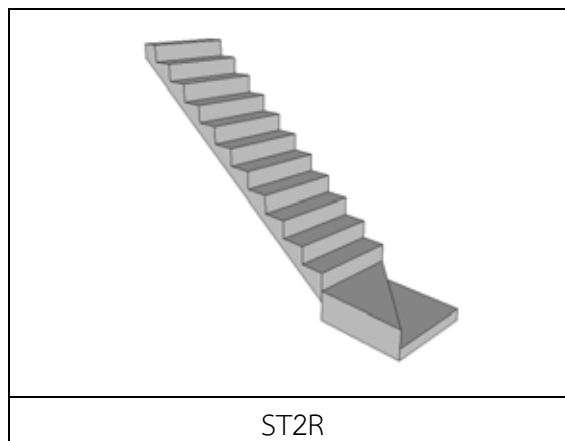


ตารางที่ 4.12 ชั้นส่วนอื่นๆ สำเร็จรูปชั้น 1

4.4.2 ชั้นส่วนอื่นๆ ชั้น 2 ประกอบด้วยชั้นส่วน 1 รูปแบบ 1 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง
ดังนี้

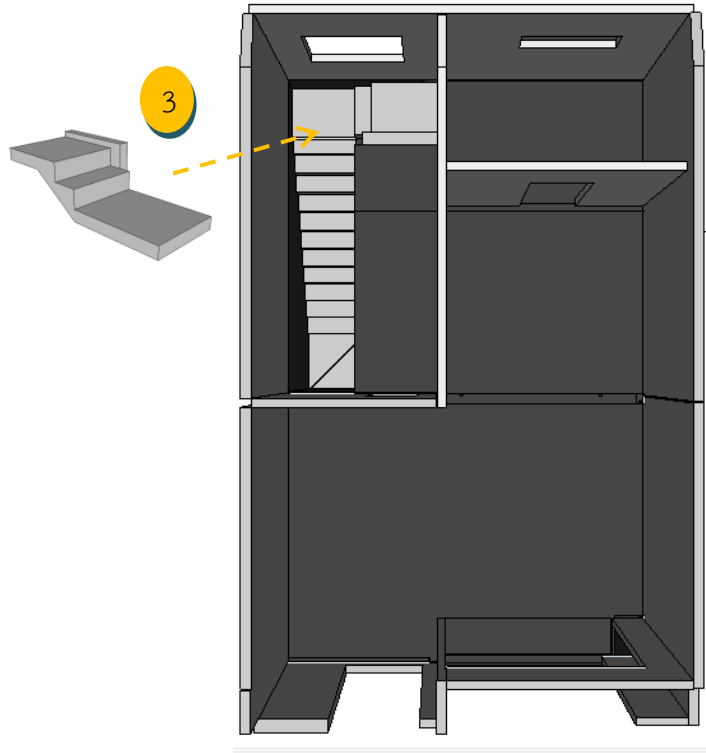


ภาพที่ 4.18 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนผนังอื่นๆ ชั้น 2

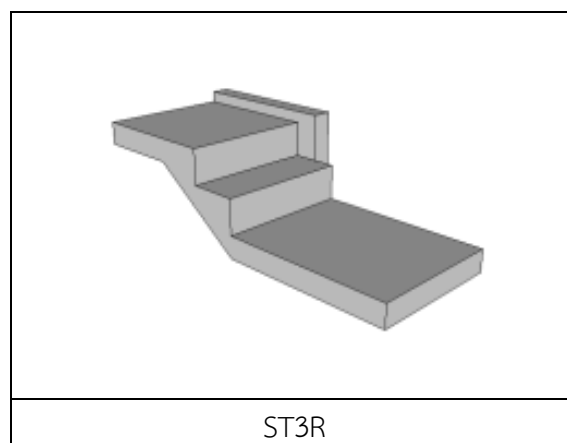


ตารางที่ 4.13 ชั้นส่วนอื่นๆ สำเร็จรูปชั้น 2

4.4.3 ชั้นส่วนอื่นๆ ชั้น 3 ประกอบด้วยชั้นส่วน 1 รูปแบบ 1 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง
ดังนี้

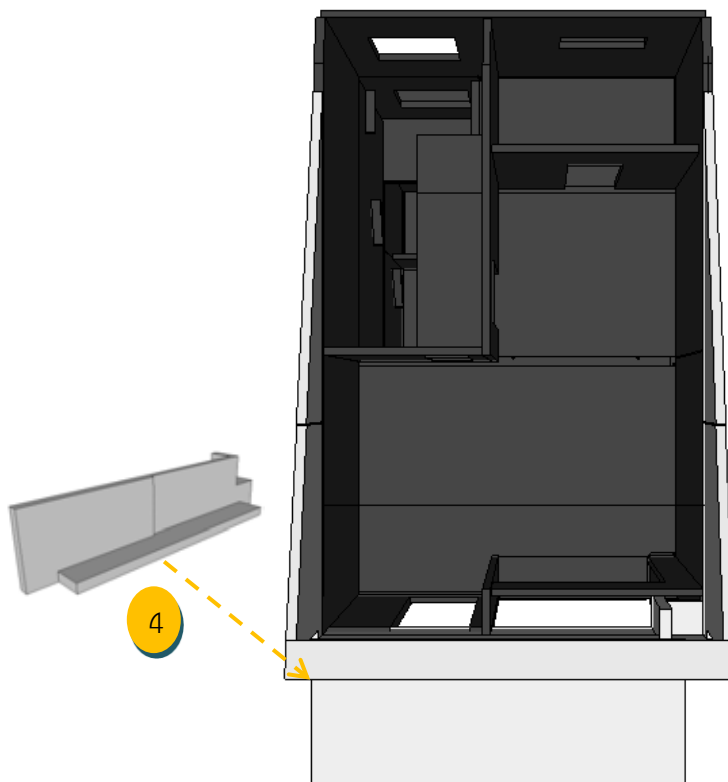


ภาพที่ 4.19 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนผนังอื่นๆ ชั้น 3

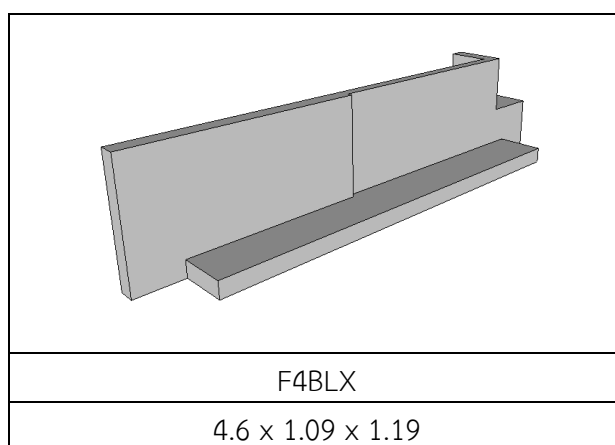


ตารางที่ 4.14 ชั้นส่วนอื่นๆ สำเร็จรูปชั้น 3

4.4.4 ชั้นส่วนอื่นๆ ชั้นหลังคา ประกอบด้วยชั้นส่วน 1 รูปแบบ 1 ชั้น ซึ่งมีขนาดและตำแหน่ง ดังนี้



ภาพที่ 4.20 แสดงภาพตำแหน่งชั้นส่วนผนังอื่นๆ ชั้นหลังคา



ตารางที่ 4.15 ชั้นส่วนๆ ชั้นหลังคา


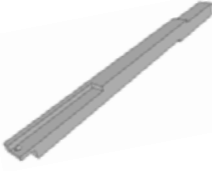


บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย

หากนำจำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาเทียบกับรูปแบบจะพบว่าชิ้นส่วนที่ใช้ในการก่อสร้าง ทาวน์เฮาส์ Nw Design นั้นแทบจะมีรูปแบบที่ไม่ซ้ำกันเลย ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้น เป็นการผลิตที่อยู่ในรูปแบบของระบบอุตสาหกรรม หากมีรูปแบบที่ซ้ำกันมากๆ จะสามารถลดปัญหาการผลิต ตรวจสอบ ขนส่งและติดตั้ง ลงได้ แนวทางในการลดจำนวนรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้น หากพิจารณาแยกตามชนิดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็น ผนัง คาน พื้น และอื่นๆ นั้นสามารถหาแนวทางการลดรูปแบบลงได้ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์คาน

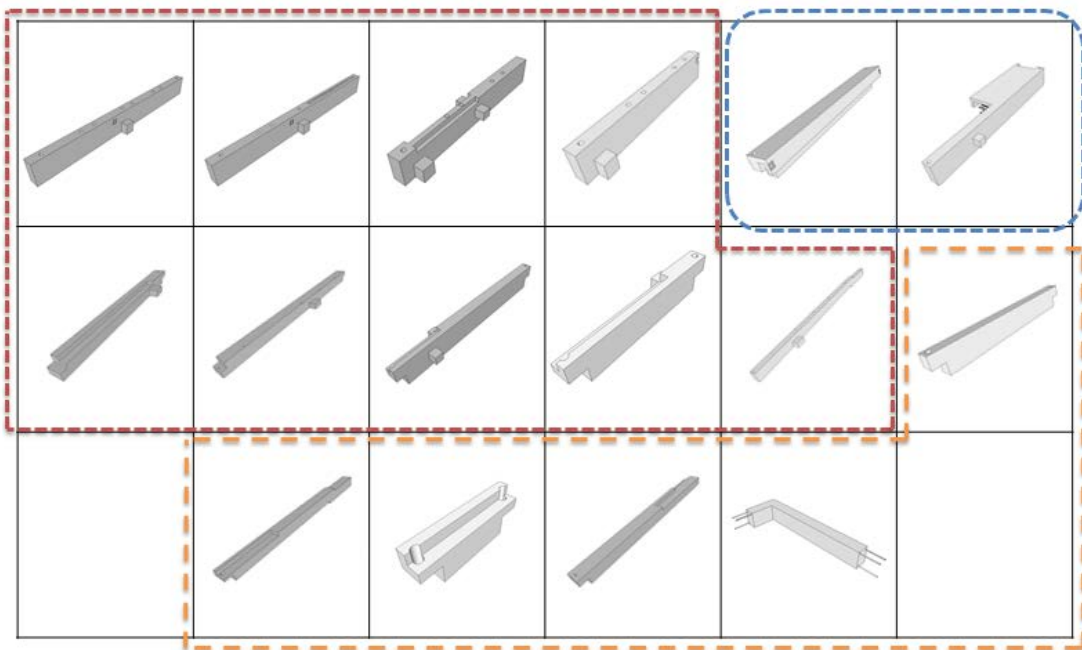
5.1.1 วิเคราะห์ชิ้นส่วนคานในเรื่องของรูปแบบคานสำเร็จรูปสภาพปัจจุบัน

			
PB2.1	PB2.2	PB3.1	PB3.2
5.7 X 0.6 X 0.25	3.8 X 0.6 X 0.25	5.7 X 0.6 X 0.25	3.8 X 0.6 X 0.25
			
PB6B	PB7B	PB8B	PB5B
4.71 x 0.6 x 0.25	3.11 x 0.4 x 0.2	2.11 x 0.4 x 0.2	4.71 x 0.6 x 0.25
			
PB9B	PB4B	P16B	PB10.1B
1.145 x 0.4 x 0.2	4.71 x 0.6 x 0.25	1.935 x 0.3 x 0.2	3.88 x 0.285 x 0.3

			
PB15B	PB12B	PB14.1B	PB13B
6.85 x 0.285 x 0.2	6.85 x 0.285 x 0.3	5.12 x 0.285 x 0.3	4.33 x 0.285 x 0.3

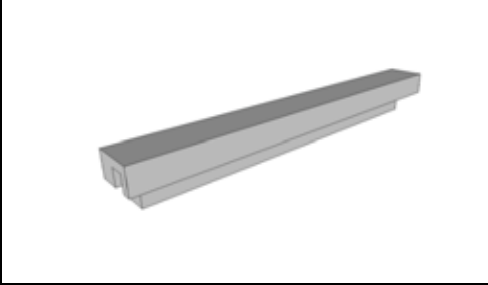
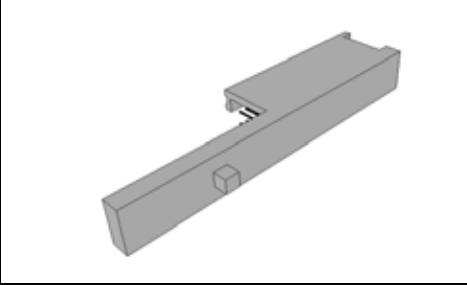
ตารางที่ 5.1 รูปแบบคานสำเร็จรูป

การลดจำนวนรูปแบบของคานสำเร็จรูปจะพบว่ามีส่วนคานสำเร็จ จะสามารถแบ่งคานออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 คาน+หูช้าง+พื้น 2 ชั้น 2 รูปแบบ กลุ่มที่ 2 คาน+หูช้าง (Cobel) 9 ชั้น 9 รูปแบบ กลุ่มที่ 3 คานธรรมดา 5 ชั้น 5 รูปแบบ หากพิจารณาทีละกลุ่ม



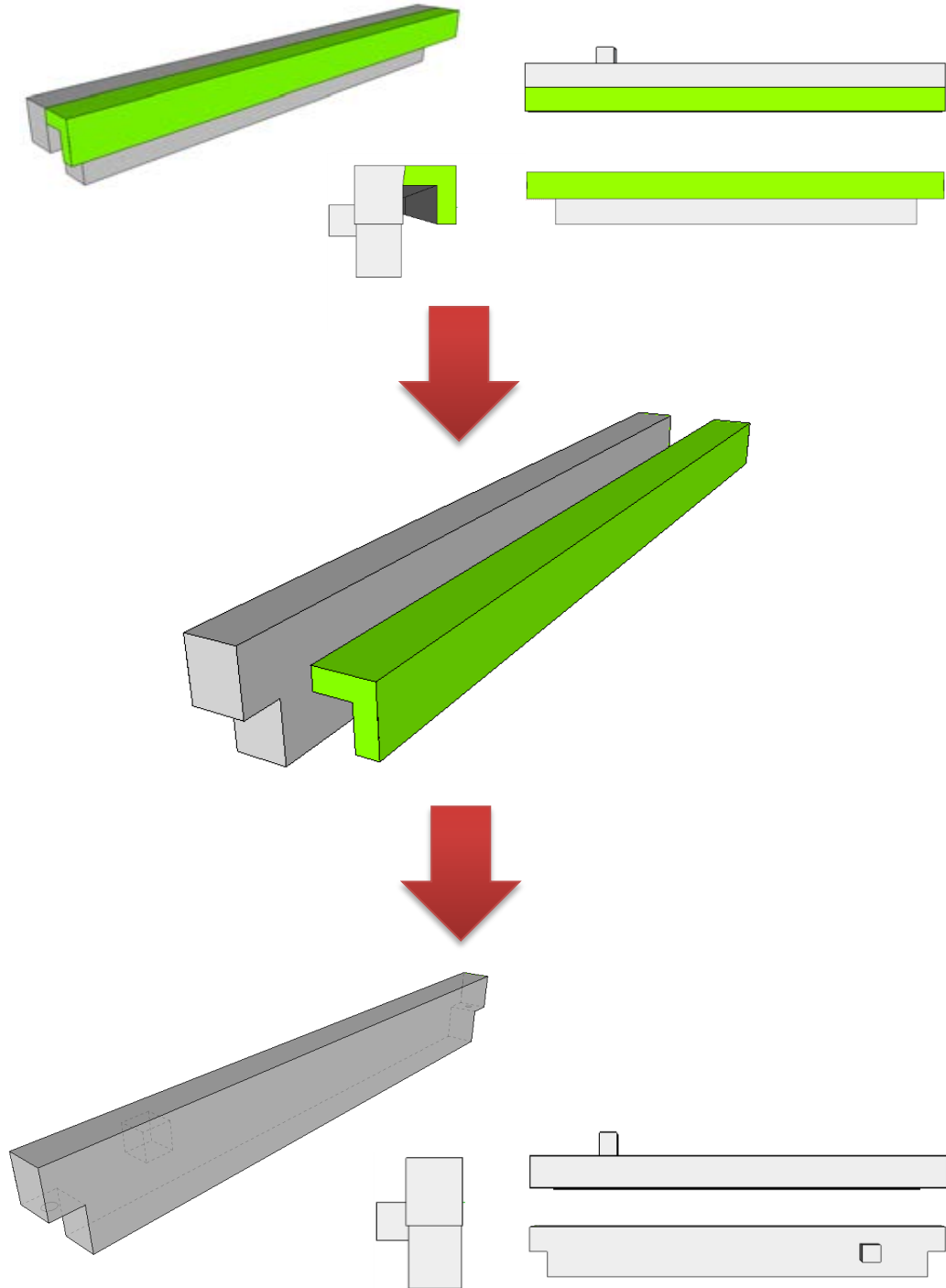
ตารางที่ 5.2 แสดงการจัดกลุ่มคานออกเป็น 3 กลุ่ม

1) กลุ่มที่ 1 คาน+หูช้าง+พื้น สามารถลดรูปแบบลงได้โดยการตัดส่วนของพื้นที่
 หล่อเชื่อมกับโครงสร้างคานออกไป จนเหลือเฉพาะโครงสร้างคานอย่างเดียว

	
PB6B	PB4B
4.71 x 0.6 x 0.25	4.71 x 0.6 x 0.25

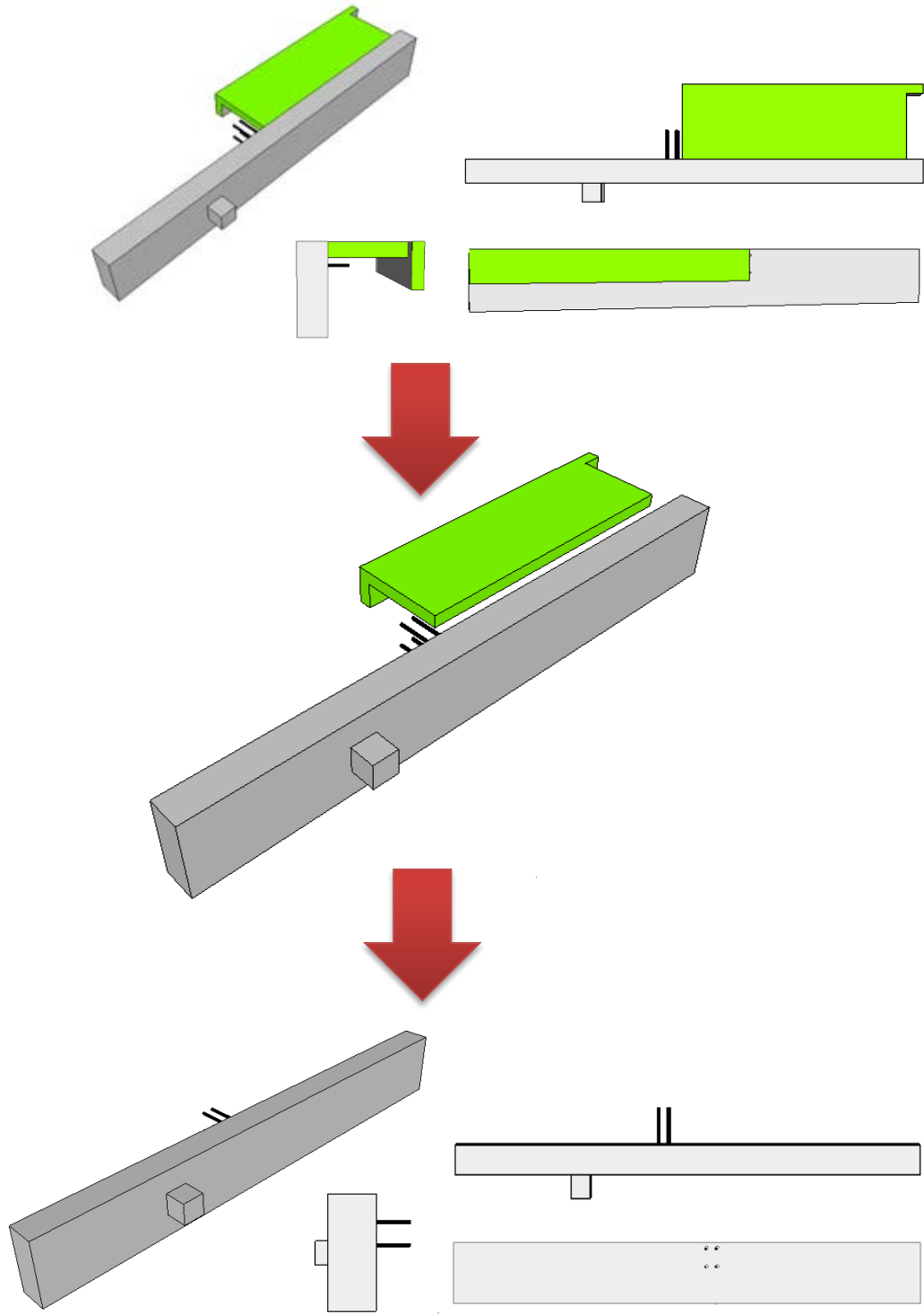
ตารางที่ 5.3 รูปแบบคาน+หูช้าง+พื้น

คาน PB6B พิจารณาแยกส่วนชิ้นส่วนระหว่างคานกับพื้นออก ดังนี้



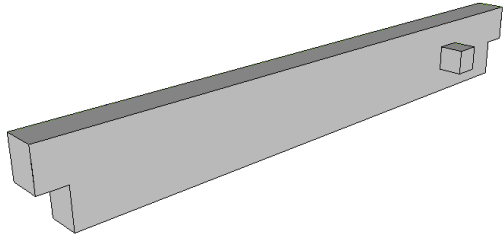
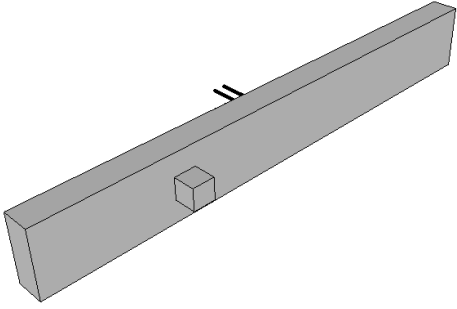
ภาพที่ 5.1 การปรับรูปแบบคาน PB6B

คาน PB4B พิจารณาแยกส่วนชิ้นส่วนระหว่างคานกับพื้นออกดังนี้



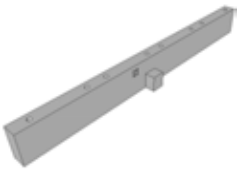
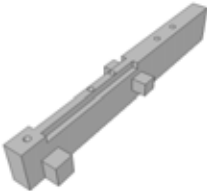

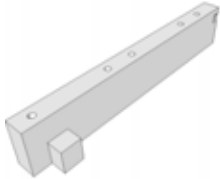


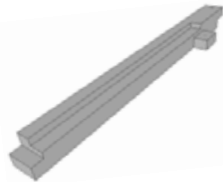

ภาพที่ 5.2 การปรับรูปแบบคาน PB4B


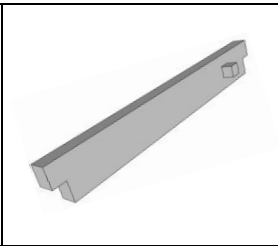
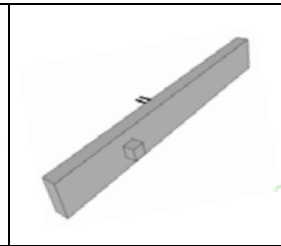
หลังจากการวิเคราะห์คานกลุ่มที่ 1 จะสามารถแยกชิ้นส่วนระหว่างคานและพื้นออกได้จนเป็นรูปแบบดังนี้

	
PB6B	PB4B
4.71 x 0.6 x 0.25	4.71 x 0.6 x 0.25

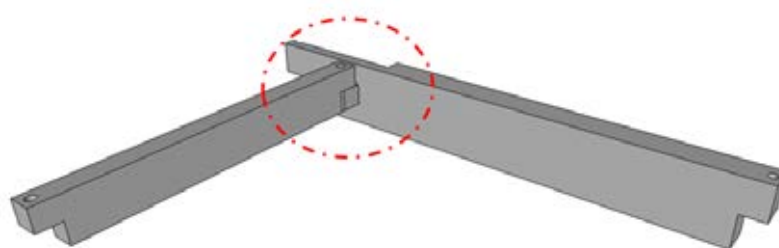
ตารางที่ 5.4 รูปแบบคาน+หูช้าง+พื้น

2) กลุ่มที่ 2 คาน+หูช้าง (cobel) สามารถลดรูปแบบลงได้โดยตัดหูช้างที่หล่อเชื่อม ออกโดยปล่อยให้เหล็กคานหลักเหลืยื่นออกมาจากเดิมประมาณ 30-50 เซนติเมตร เพื่อทำการต่อเชื่อมโครงสร้างในตอนติดตั้งโดยการเชื่อมเหล็กโครงสร้างคานดังกล่าวโดยการต่อทาบเหล็กและเทคอนกรีตกำลังอัดสูงประสานเชื่อมกันระหว่างโครงสร้าง โดยรวมเอารูปแบบของกลุ่มที่ 1 ที่ถูกปรับเอาพื้นออกจากคานเรียบร้อยแล้ว เข้ามาร่วมพิจารณาด้วย

			
PB2.1	PB3.1	PB2.2	PB3.2
5.7 X 0.6 X 0.25	5.7 X 0.6 X 0.25	3.8 X 0.6 X 0.25	3.8 X 0.6 X 0.25
			
PB5B	PB8B	PB10.1B	PB15B
4.71 x 0.6 x 0.25	2.11 x 0.4 x 0.2	3.88 x 0.285 x 0.3	6.85 x 0.285 x 0.2

		
PB14.1B	PB6B	PB4B
5.12 × 0.285 × 0.3	4.71 × 0.6 × 0.25	4.71 × 0.6 × 0.25

ตารางที่ 5.5 รูปแบบคาน+หูช้าง

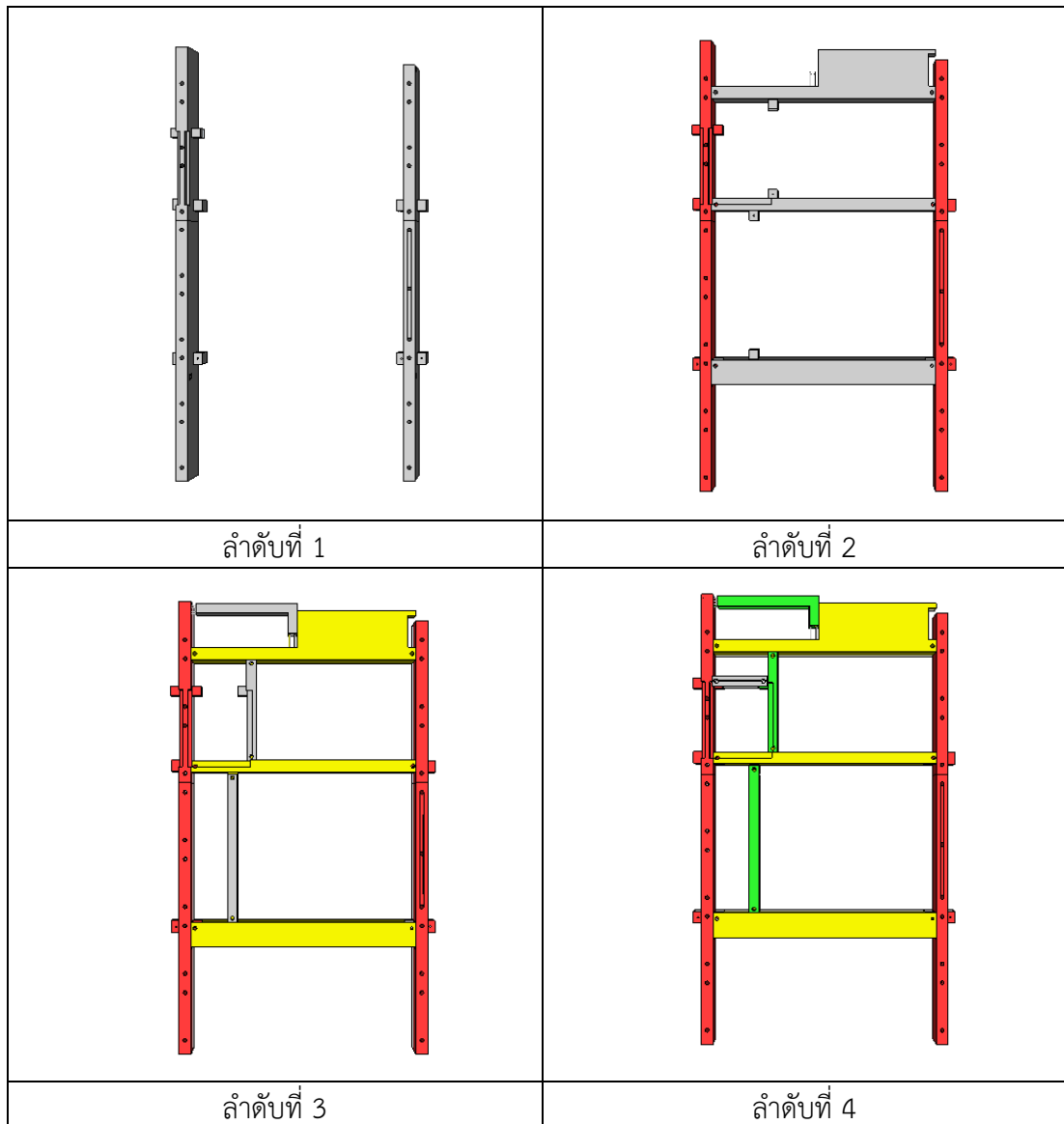


ภาพที่ 5.3 ภาพแสดงการใช้งานหูช้าง (Cobel)

หูช้าง¹⁴ เป็นจุดรองรับประเภทหนึ่งหากเป็นชิ้นส่วนที่ยื่นจากเสา (Brackets) หรือยื่นจากผนังกำแพง (Cobel) เป็นส่วนโครงสร้างที่มีอัตราส่วนระหว่างระยะที่รับแรงเฉือนต่อความลึกประสิทธิผลน้อยกว่าหนึ่งส่วนใหญ่ใช้ในงานก่อสร้างที่หล่อสำเร็จโดยเป็นที่รองรับคานสำเร็จรูป (Precast Beam) ซึ่งน้ำหนักหรือแรงปฏิกิริยา จะถ่ายเข้าสู่เสาโดยมีระยะเอียงศูนย์กลางระหว่างหน้าผนังกับแรงปฏิกิริยานั้น นอกจากนี้เป็นหูช้างหรือเชิงยื่นอาจจะต้องรับแรงดึงในแนวนอนที่เกิดจากการล้า การหดตัวของคานสำเร็จรูป หรือจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

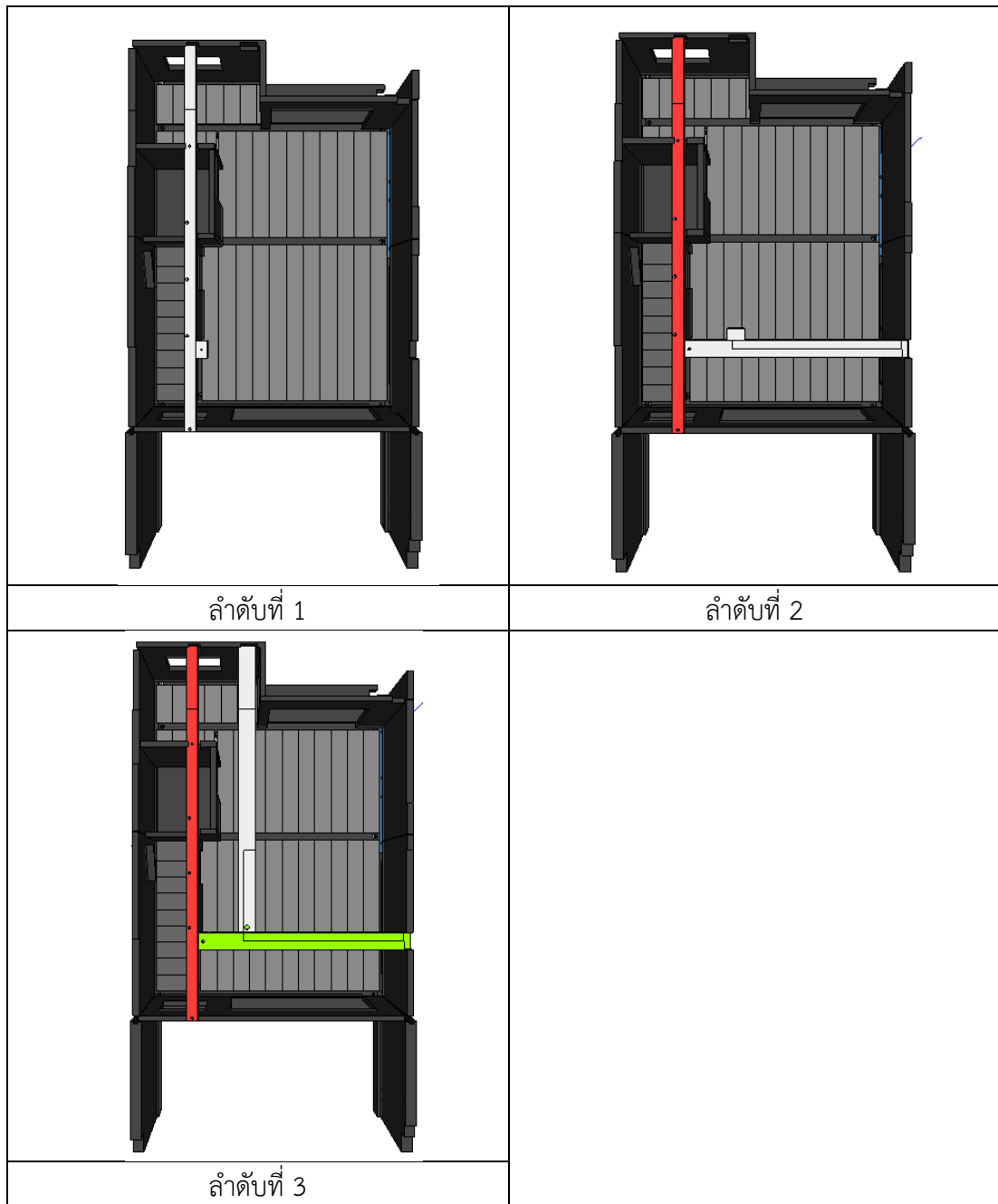
ในการพิจารณาการลดรูปแบบของชิ้นส่วนคานกลุ่มที่ 2 จากการพิจารณาการออกแบบจะทำการลดรูปแบบของคานกลุ่มที่ 2 ได้โดยพิจารณาการตัดชิ้นส่วนของหูช้าง (Cobel) ออกแต่การลดชิ้นส่วนหูช้างออกโดยพิจารณาจากตำแหน่งการซ้อนทับของคานหากมีเป็นชิ้นส่วนที่มีการซ้อนทับกันเกิด 2 ชั้นจะเป็นไม่มีการลดรูปแบบ

¹⁴ ศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร, การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง. หน้า 168



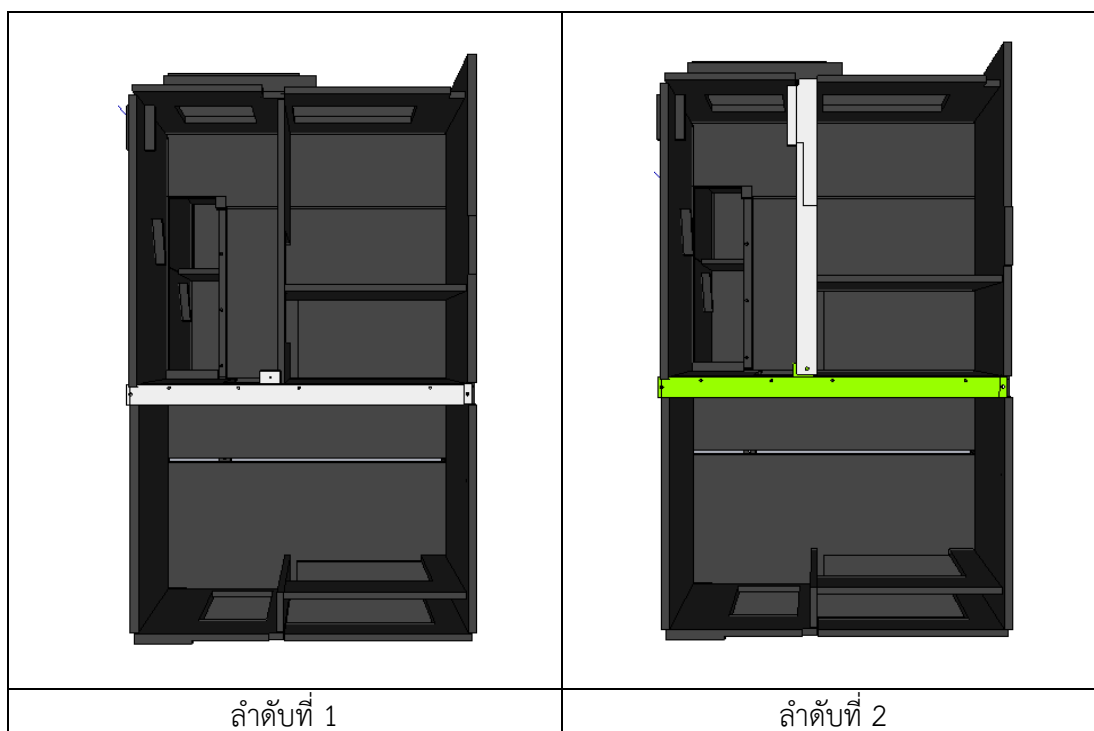
ตารางที่ 5.6 ตารางแสดงลำดับการติดตั้งคานชั้น 1

จากลำดับการวางชิ้นส่วนคานของชั้น 1 จะเห็นได้ว่าคาน PB22.1 PB2.2 PB3.1 และ PB3.2 เป็นชิ้นส่วนที่ถูกซ้อนทับมากกว่า 2 ชั้น ดังนั้นจะไม่ทำการลดรูปแบบหูช้าง (Cobel) ลงเพราะจะมีผลต่อความล่าช้าในงานติดตั้ง



ตารางที่ 5.7 ตารางแสดงลำดับการติดตั้งคานชั้น 2

ลำดับการวางชิ้นส่วนคานของชั้น 2 ชิ้นส่วนคาน PB15B เป็นชิ้นส่วนที่ถูกซ้อนทับมากกว่า 2 ชั้น ดังนั้นจะไม่ทำการลดรูปแบบหูช้าง (Cobel) ลงเพราะจะมีผลต่อความล่าช้าในงานติดตั้ง

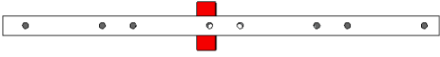
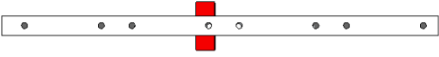
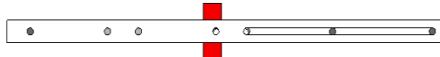
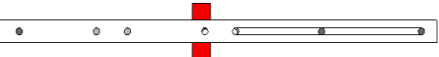
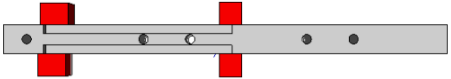
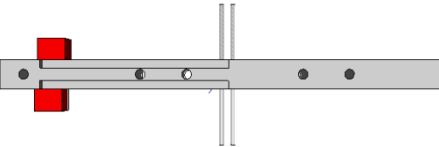



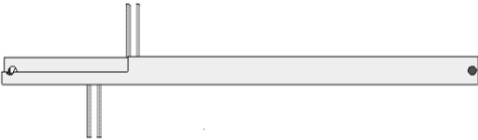








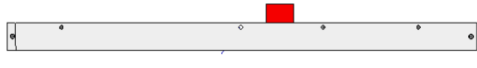
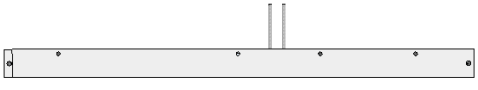


ตารางที่ 5.8 ตารางแสดงลำดับการติดตั้งคานชั้น 3

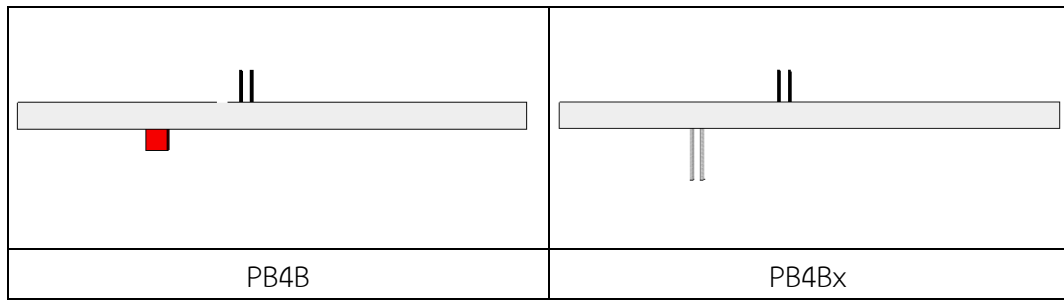
ลำดับการวางชิ้นส่วนคานชั้น 3 จะพบว่าไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการวางซ้อนทับมากกว่า 2 ชั้น ดังนั้นชิ้นส่วนคานชั้นที่ 3 จะสามารถพิจารณาโครงสร้างส่วนหุ้มข้าง (Cobel) ลงได้ทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของคานกลุ่มที่ 2 นี้จะอาศัยหลักการของโครงสร้าง เสาคานสำเร็จรูป (Skeleton Structure) โดยจะตัดส่วนประกอบอย่าง หุ้มข้าง (Cobel) ของคานออกสามารถลดรูปแบบลงได้โดยตัดหุ้มข้างที่หล่อเชื่อมออกแล้วปล่อยให้เหล็กคานหลักเคลื่อนออกมาจากเดิมประมาณ 30-50 เซนติเมตร¹⁵ เพื่อทำการต่อเชื่อมทาบโครงสร้างคานชั้นอื่นในตอนติดตั้ง และเทคอนกรีตกำลังอัดสูงประสานเชื่อมกันระหว่างโครงสร้าง โดยไม่ให้กระทบต่อโครงสร้างและการดำเนินงานติดตั้งมากนัก ดังนี้

¹⁵ "เหล็กเสริมคอนกรีต และการจัดวางเหล็กเสริมคอนกรีต," สภาวิศวกร <http://www.coe.or.th> .

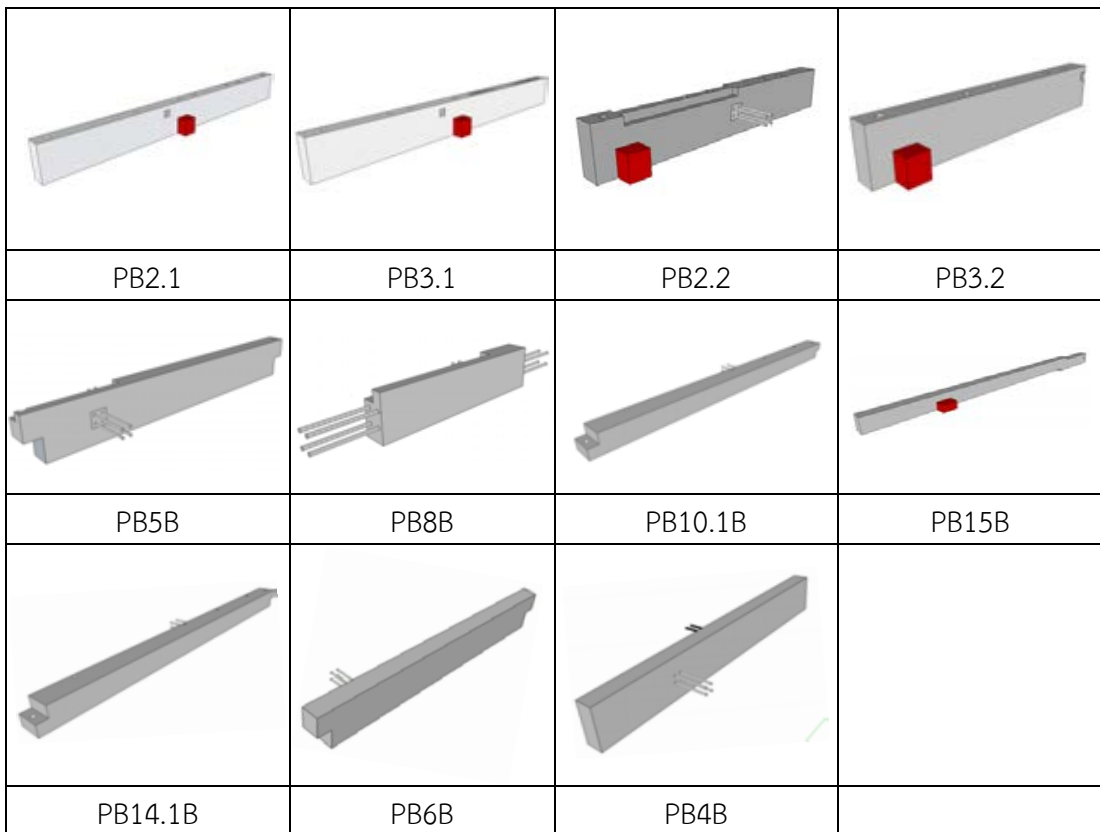
	
<p>PB2.1</p>	<p>PB2.1(ไม่ได้เปลี่ยนรูปแบบ)</p>
	
<p>PB3.1</p>	<p>PB3.1(ไม่ได้เปลี่ยนรูปแบบ)</p>
	
<p>PB2.2</p>	<p>PB2.2</p>
	
<p>PB3.2</p>	<p>PB3.2 (ไม่ได้เปลี่ยนรูปแบบ)</p>
	
<p>PB5B</p>	<p>PB5Bx</p>

	
PB8B	PB8Bx
	
PB10.1B	PB10.1Bx
	
PB15B	PB15B (ไม่ได้เปลี่ยนรูปแบบ)
	
PB14.1B	PB14.1Bx
	
PB6B	PB6Bx




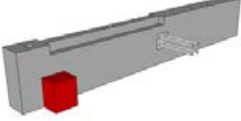
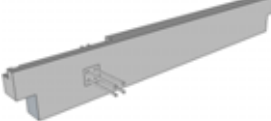
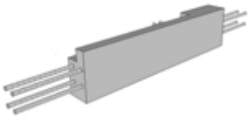


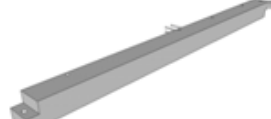

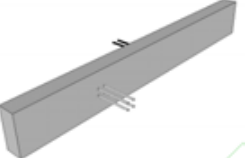
ตารางที่ 5.9 รูปแบบคาน+หูช้าง ปรับรูปแบบ

ดังนั้นหลังจากปรับลดรูปแบบของคานกลุ่มที่ 2 จะมีรูปแบบดังนี้



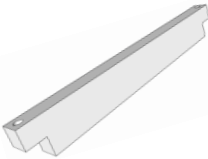

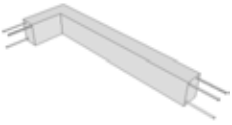
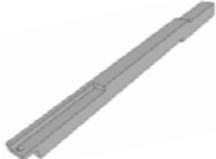

ตารางที่ 5.10 รูปแบบคาน+หูช้าง หลังจากปรับรูปแบบ

แต่รูปแบบของคานบางชนิดมีความคล้ายคลึงกันมากอย่าง อย่างคาน PB2.1 กับ PB3.1, คาน PB2.2 กับ คาน PB3.2 สามารถนำมารวมกันเป็นรูปแบบเดียวได้ ดังนั้นรูปแบบของกลุ่มที่ 2 จะคงเหลือ 11 รูปแบบจากตอนต้น

			
PB2.1	PB2.2	PB5Bx	PB8Bx
			
PB10.1Bx	PB15B	PB14.1Bx	PB6Bx
			
PB4Bx			




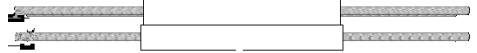


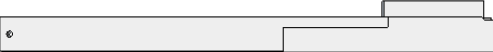

ตารางที่ 5.11 รูปแบบคาน+หูช้าง หลังจากปรับรูปแบบ

3) กลุ่มที่ 3 คานธรรมดา จะพิจารณาโดยนำคานกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 ที่ผ่านการปรับรูปแบบแล้วมารวมในการปรับหน้าตัดคาน ให้สามารถใช้ร่วมกัน

			
PB7B	PB9B	PB16B	PB12B
3.11 × 0.4 × 0.2	1.145 × 0.4 × 0.2	1.935 × 0.3 × 0.2	6.85 × 0.285 × 0.3
			
PB13B			
4.33 × 0.285 × 0.3			


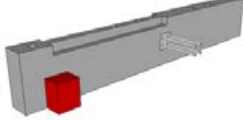
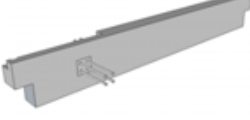
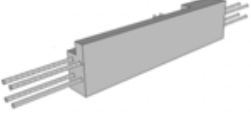



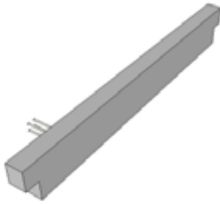
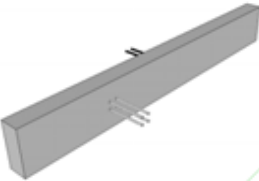
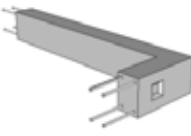

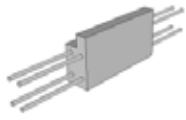


ตารางที่ 5.12 รูปแบบคานธรรมดา

คานกลุ่มที่ 3 เป็นคานที่มีรูปแบบที่เฉพาะด้านจึงไม่สามารถทำการลดรูปแบบจากเดิมได้ แต่ต้องมีการปรับรูปแบบเพื่อให้เข้ากับการปรับรูปแบบของคานในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ดังนี้

	
PB7B	PB7Bx
	
PB9B	PB9Bx
	
PB12B	PB12Bx
	
PB13B	PB13Bx

ตารางที่ 5.13 รูปแบบคานหลังปรับรูปแบบ

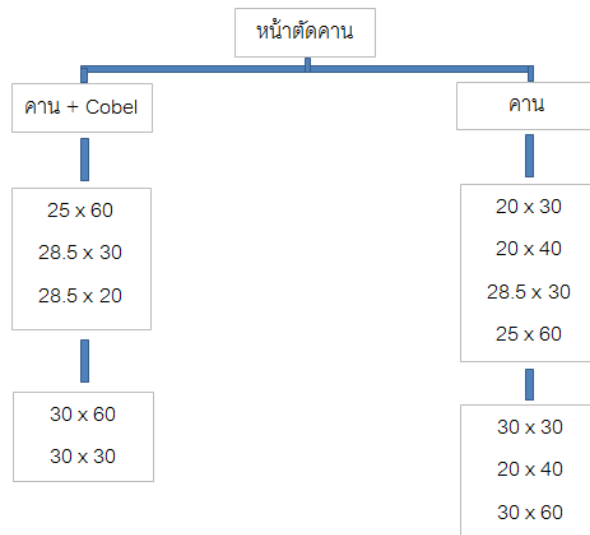
หลังจากทำการปรับรูปแบบคานทั้ง 3 กลุ่มแล้วนั้น จะคานที่ทำการลดรูปแบบดังกล่าวมาข้างต้น มาพิจารณาขนาดพื้นที่หน้าตัดให้สามารถใช้ร่วมกันได้มากขึ้น โดยมีการจับกลุ่มคานดังกล่าวโดย ยกขนาดพื้นที่หน้าตัดคานที่มีเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด แล้วปรับขนาดให้สามารถใช้ร่วมกันได้

			
PB2.1	PB2.2	PB5Bx	PB8Bx
5.7 × 0.6 × 0.25	3.8 × 0.6 × 0.25	4.71 × 0.6 × 0.25	2.11 × 0.4 × 0.2
			
PB10.1Bx	PB15B	PB14.1Bx	PB6Bx
3.88 × 0.285 × 0.3	6.85 × 0.285 × 0.2	5.12 × 0.285 × 0.3	4.71 × 0.6 × 0.25
			
PB4Bx	PB16B	PB7Bx	PB9Bx
4.71 × 0.6 × 0.25	1.935 × 0.3 × 0.2	3.11 × 0.4 × 0.2	1.145 × 0.4 × 0.2
			
PB12Bx	PB13Bx		
6.85 × 0.285 × 0.3	4.33 × 0.285 × 0.3		

ตารางที่ 5.14 รูปแบบคานหลังปรับรูปแบบทั้งหมด

5.1.2 การลดพื้นที่หน้าตัดคาน

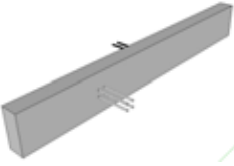
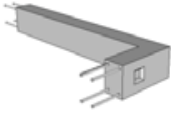

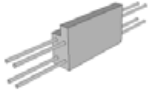


จากการข้อมูลรูปแบบหน้าตัดของคานทั้ง 14 รูปแบบที่ผ่านการปรับลดรูปแบบมาแล้วนั้น ยังมีความหลากหลายในปริมาณของหน้าตัดอยู่ จากข้อมูลหน้าตัดคานสำเร็จรูปจะสามารถนำมาลดรูปแบบหน้าตัดคานลงได้อีกดังนี้



แผนภูมิที่ 5.1 แสดงลำดับการลดพื้นที่หน้าตัดคาน


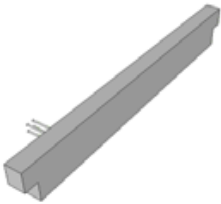
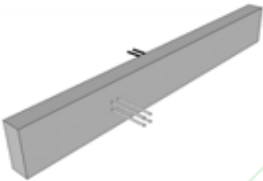
หลังจากการปรับรูปแบบให้มีความใกล้เคียงกันแล้วนั้น ชิ้นส่วนคานยังสามารถพิจารณาพื้นที่หน้าตัดเพื่อปรับขนาดหน้าตัดคานให้สามารถใช้แบบหล่อในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปร่วมกันได้มากขึ้น

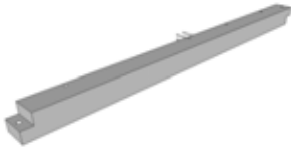

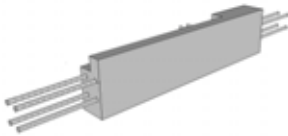

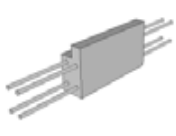
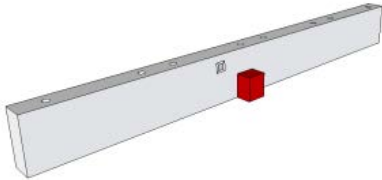
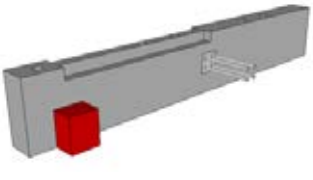
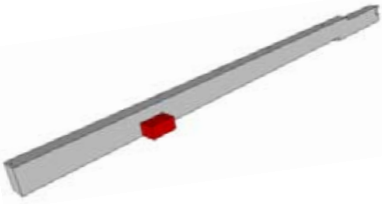
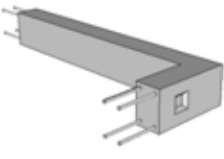
PB2.1	PB2.2	PB5Bx	PB8Bx
5.7 X 0.60 X 0.30	3.8 X 0.60 X 0.30	4.71 x 0.60 x 0.30	2.11 x 0.4 x 0.2
PB10.1Bx	PB15B	PB14.1Bx	PB6Bx
3.88 x 0.30 x 0.30	6.85 x 0.30 x 0.30	5.12 x 0.30 x 0.30	4.71 x 0.60 x 0.30

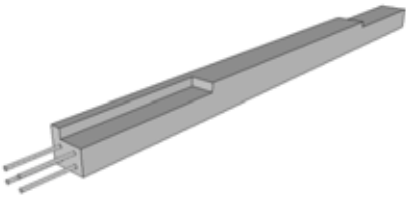

			
PB4Bx	PB16B	PB7Bx	PB9Bx
4.71 × 0.60 × 0.30	1.935 × 0.30 × 0.30	3.11 × 0.4 × 0.2	1.145 × 0.4 × 0.2
			
PB12Bx	PB13Bx		
6.85 × 0.30 × 0.30	4.33 × 0.30 × 0.30		

ตารางที่ 5.15 รูปแบบคานหลังปรับรูปแบบทั้งหมด

การลดรูปแบบของคานและหน้าตัดลงนั้นนอกจากจะช่วยลดความหลากหลายในเรื่องของรูปแบบคานแล้วนั้นการลดรูปแบบและหน้าตัดยังช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตโดยสามารถใช้แบบหล่อร่วมกันได้มากขึ้น โดยสามารถจับกลุ่มคานที่ใช้แบบหล่อร่วมกันได้ ดังนี้

		
PB5Bx	PB6Bx	PB4Bx
4.71 × 0.60 × 0.30	4.71 × 0.60 × 0.30	4.71 × 0.60 × 0.30
แบบหล่อขนาด ยาว 4.71 × ลึก 0.60 × กว้าง 0.30 เมตร		


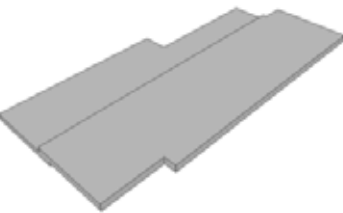
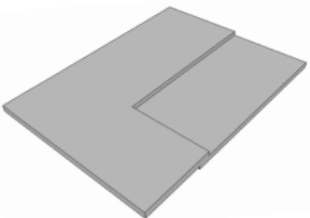
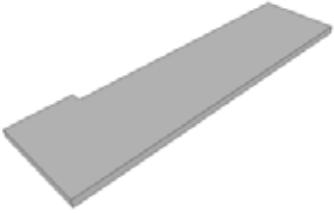
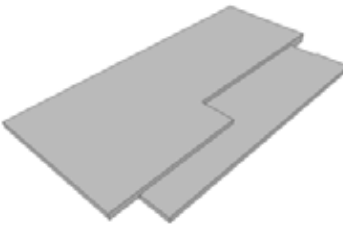
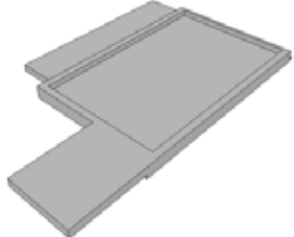
											
<table border="1"> <tr><td>PB10.1Bx</td></tr> <tr><td>3.88 x 0.30 x 0.30</td></tr> </table>		PB10.1Bx	3.88 x 0.30 x 0.30	<table border="1"> <tr><td>PB14.1Bx</td></tr> <tr><td>5.12 x 0.30 x 0.30</td></tr> </table>		PB14.1Bx	5.12 x 0.30 x 0.30				
PB10.1Bx											
3.88 x 0.30 x 0.30											
PB14.1Bx											
5.12 x 0.30 x 0.30											
<p>แบบหล่อขนาด ยาว 5.12 x ลึก 0.30 x กว้าง 0.30 เมตร</p>											
											
<table border="1"> <tr><td>PB8Bx</td></tr> <tr><td>2.11 x 0.4 x 0.2</td></tr> </table>		PB8Bx	2.11 x 0.4 x 0.2	<table border="1"> <tr><td>PB7Bx</td></tr> <tr><td>3.11 x 0.4 x 0.2</td></tr> </table>		PB7Bx	3.11 x 0.4 x 0.2	<table border="1"> <tr><td>PB9Bx</td></tr> <tr><td>1.145 x 0.4 x 0.2</td></tr> </table>		PB9Bx	1.145 x 0.4 x 0.2
PB8Bx											
2.11 x 0.4 x 0.2											
PB7Bx											
3.11 x 0.4 x 0.2											
PB9Bx											
1.145 x 0.4 x 0.2											
<p>แบบหล่อขนาด ยาว 3.20 x ลึก 0.40 x กว้าง 0.20 เมตร</p>											
											
<table border="1"> <tr><td>PB2.1</td></tr> <tr><td>5.7 X 0.60 X 0.30</td></tr> </table>			PB2.1	5.7 X 0.60 X 0.30	<table border="1"> <tr><td>PB2.2</td></tr> <tr><td>3.80 X 0.60 X 0.30</td></tr> </table>			PB2.2	3.80 X 0.60 X 0.30		
PB2.1											
5.7 X 0.60 X 0.30											
PB2.2											
3.80 X 0.60 X 0.30											
<p>แบบหล่อขนาด ยาว 5.70 x ลึก 0.60x กว้าง 0.30</p>			<p>แบบหล่อขนาด ยาว 3.80 x ลึก 0.60 x กว้าง 0.30</p>								
											
<table border="1"> <tr><td>PB15B</td></tr> <tr><td>6.85 x 0.30 x 0.30</td></tr> </table>			PB15B	6.85 x 0.30 x 0.30	<table border="1"> <tr><td>PB16B</td></tr> <tr><td>1.935 x 0.30 x 0.30</td></tr> </table>			PB16B	1.935 x 0.30 x 0.30		
PB15B											
6.85 x 0.30 x 0.30											
PB16B											
1.935 x 0.30 x 0.30											
<p>แบบหล่อขนาด ยาว 6.85 x ลึก 0.30x กว้าง 0.30</p>			<p>แบบหล่อขนาด ยาว 3.80 x ลึก 0.30 x กว้าง 0.30 หักมุมฉาก ยาว 1.00 x ลึก 0.30 x กว้าง 0.30</p>								

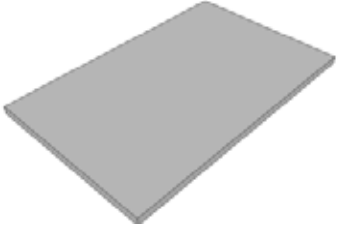
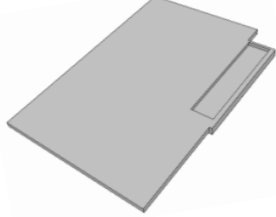
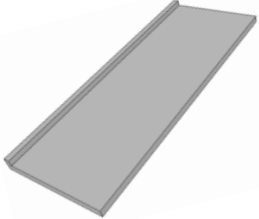




 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <p>PB12Bx</p> <p>6.85 x 0.30 x 0.30</p> </div>	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%; text-align: center;"> <p>PB13Bx</p> <p>4.33 x 0.30 x 0.30</p> </div>
แบบหล่อขนาด ยาว 6.85 x ลึก 0.30x กว้าง 0.30	แบบหล่อขนาด ยาว 4.33 x ลึก 0.30x กว้าง 0.30

ตารางที่ 5.16 กลุ่มรูปแบบคาน

5.2 การวิเคราะห์รูปแบบพื้น

การลดจำนวนรูปแบบของพื้นสำเร็จรูปจากตอนต้นจะพบว่า มีชั้นส่วนพื้นสำเร็จรูปในชั้น 1 เป็นพื้นสำเร็จรูปอัดแรง ท้องเรียบหน้ากว้าง 35 เซนติเมตร วางเต็มพื้นที่ของชั้น 1 แต่พื้นที่ท้องน้ำชั้น 1 จะเป็นชั้นส่วนสำเร็จรูป เป็นการผสมกันของระบบพื้นสำเร็จรูป ชั้น 2 จะเป็นชั้นส่วนสำเร็จรูป 4 ชั้น 4 รูปแบบ ชั้น 3 เป็นชั้นส่วนสำเร็จรูป 3 ชั้น 3 รูปแบบและชั้นหลังคาอีก 1 ชั้น

		
S1B	US1B	US2B
1.58 x 1.34 x 0.1	4.98 x 2.2 x 0.12	4.03 x 3.04 x 0.12
		
US3B	US4B	US5B
4.98 x 1.44 x 0.12	4.98 x 2.84 x 0.12	4.1 x 2.5 x 0.12

		
US6B	US7B	US8B
4.03 x 2.52 x 0.12	4.98 x 3.55 x 0.12	4.655 x 1.75 x 0.12
		
แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ
0.35 x 3.25	0.35 x 2.25	0.35 x 2.15
		
แผ่นพื้นท้องเรียบ		
0.35 x 0.65		

ตารางที่ 5.17 กลุ่มรูปแบบพื้น






หากนำมาพิจารณาของชิ้นส่วนพื้นสำเร็จรูปจะพบว่ามีขนาดและรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปแทบจะทั้งหมด แต่เมื่อตรวจสอบพื้นที่ของช่วงการวางแผ่นพื้นในแต่ละชั้นจะพบว่ามีความกว้างไม่เกิน 5 เมตร¹⁶ ดังนั้นชิ้นส่วนพื้นสามารถปรับมาในเป็นพื้นสำเร็จรูปอัดแรงท้องเรียบโดยการจัดวางใหม่จะยังคงแผ่นพื้นที่เป็นส่วนของห้องน้ำไว้เนื่องจากจะผลต่อการใช้งาน

¹⁶ บริษัท PCM Construction Materials, "คุณสมบัติแผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ ของ งานอาคารโดยทั่วไป," www.pcm.co.th.

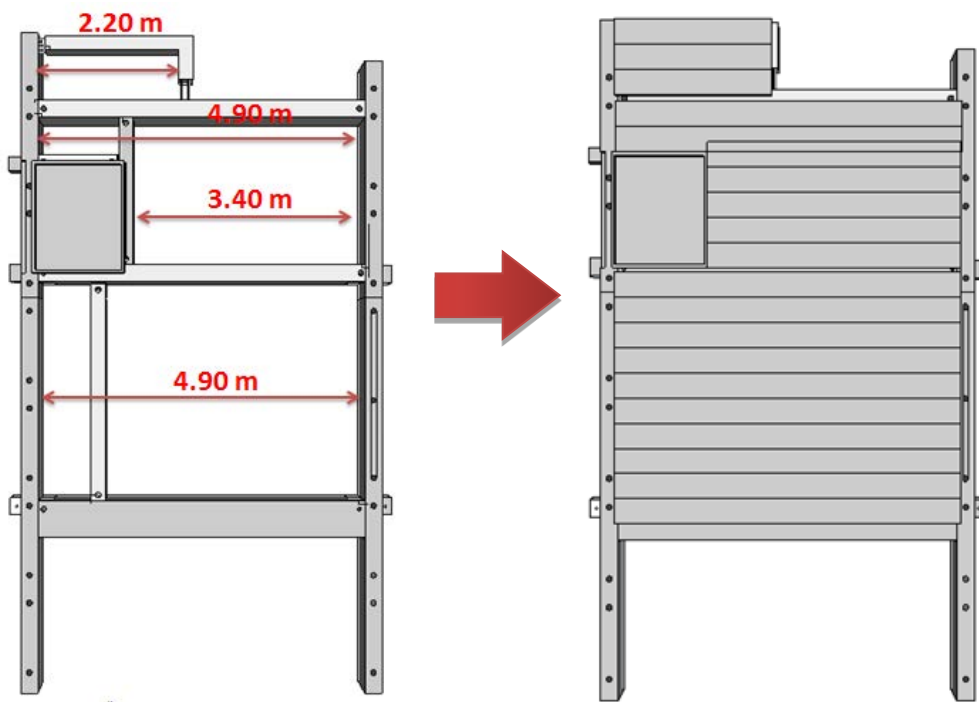
5.2.1 วิเคราะห์พื้นชั้น 1







ภาพที่ 5.4 แพลนพื้นสำเร็จรูปชั้น 1

		
S1B	แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ
1.58 x 1.34 x 0.1	0.35 x 3.25	0.35 x 2.25
		
แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ	
0.35 x 2.15	0.35 x 0.65	

ตารางที่ 5.18 รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 1

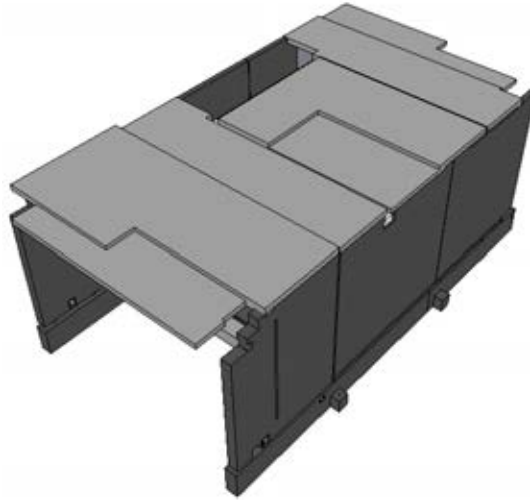


ภาพที่ 5.5 การจัดรูปแบบการวางพื้นสำเร็จรูปชั้น 1

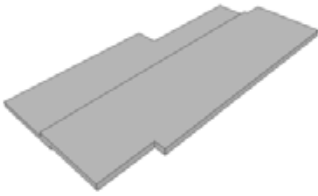
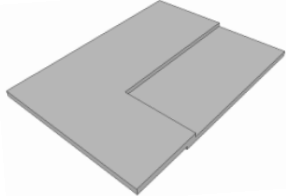
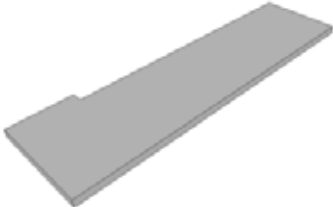

		
S1B	แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ
1.58 x 1.34 x 0.1	0.35 x 5.00 x 0.10	0.35 x 3.60 x 0.10
		
แผ่นพื้นท้องเรียบ		
0.35 x 2.40 x 0.10		

ตารางที่ 5.19 รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 1 หลังปรับลดรูปแบบ

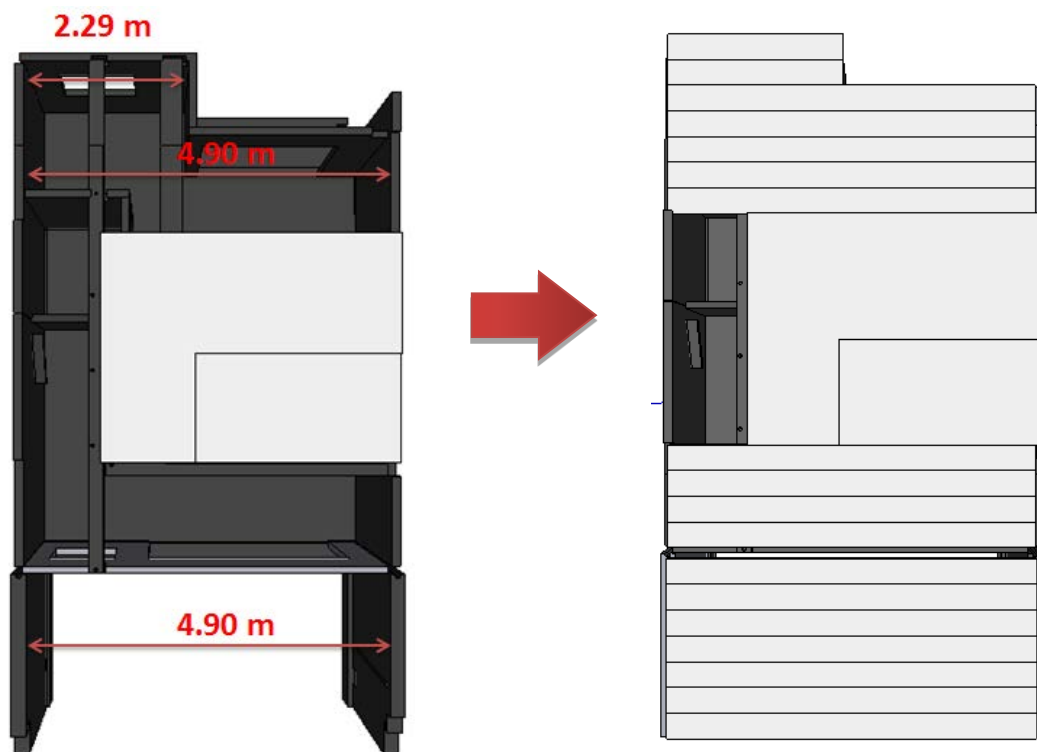
5.2.2 วิเคราะห์พื้นชั้น 2



ภาพที่ 5.6 แพลนพื้นสำเร็จรูปชั้น 2

		
US1B	US2B	US3B
4.98 × 2.2 × 0.12	4.03 × 3.04 × 0.12	4.98 × 1.44 × 0.12
		
US4B		
4.98 × 2.84 × 0.12		

ตารางที่ 5.20 รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 2

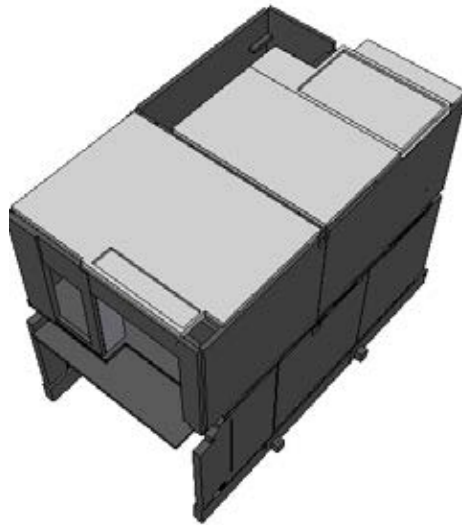


ภาพที่ 5.7 การจัดรูปแบบการวางพื้นสำเร็จรูปชั้น 2

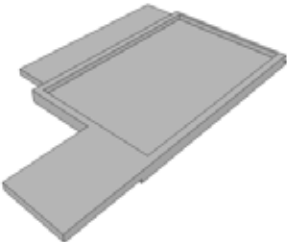

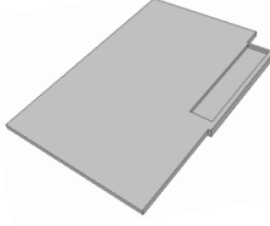
		
US2B	แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ
4.03 x 3.04 x 0.12	0.35 x 5.00 x 0.10	0.35 x 2.40 x 0.10

ตารางที่ 5.21 รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 2 หลังปรับลด

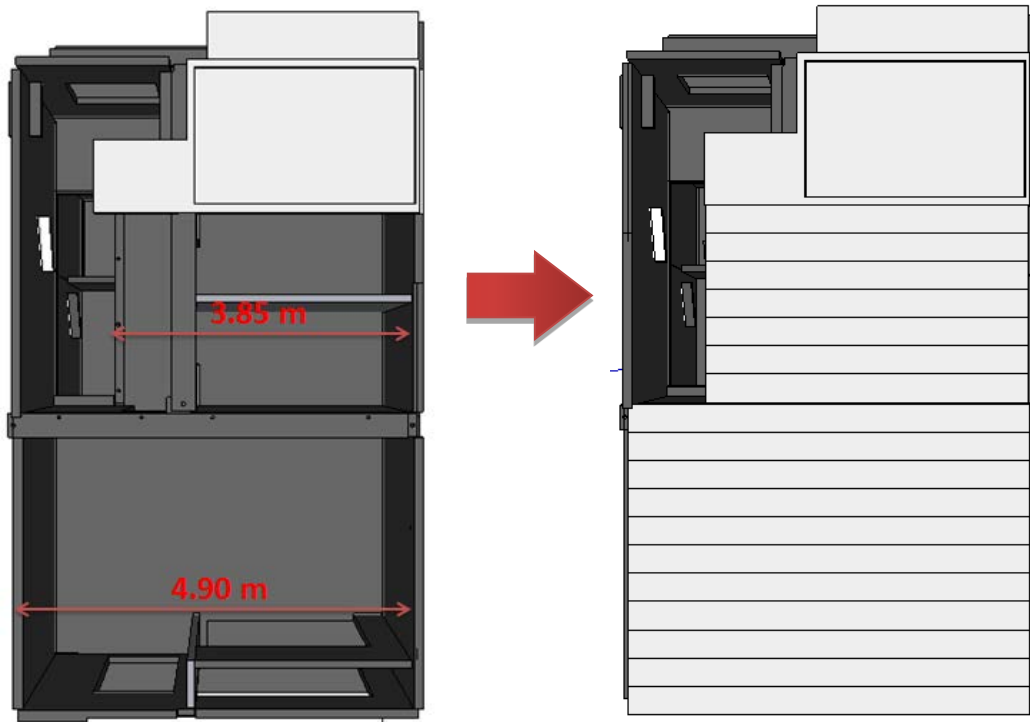
5.2.3 วิเคราะห์พื้นชั้น 3



ภาพที่ 5.8 แพลนพื้นสำเร็จรูปชั้น 3

		
US5B	US6B	US7B
4.1 x 2.5 x 0.12	4.03 x 2.52 x 0.12	4.98 x 3.55 x 0.12

ตารางที่ 5.22 รูปแบบพื้นสำเร็จรูปชั้น 3



ภาพที่ 5.9 การจัดรูปแบบการวางพื้นที่สำเร็จรูปชั้น 3

		
US5B	แผ่นพื้นที่องเรียบ	แผ่นพื้นที่องเรียบ
4.1 x 2.5 x 0.12	0.35 x 5.00 x 0.10	0.35 x 4.00 x 0.10

ตารางที่ 5.23 รูปแบบพื้นที่สำเร็จรูปชั้น 3 หลังปรับลดรูปแบบ

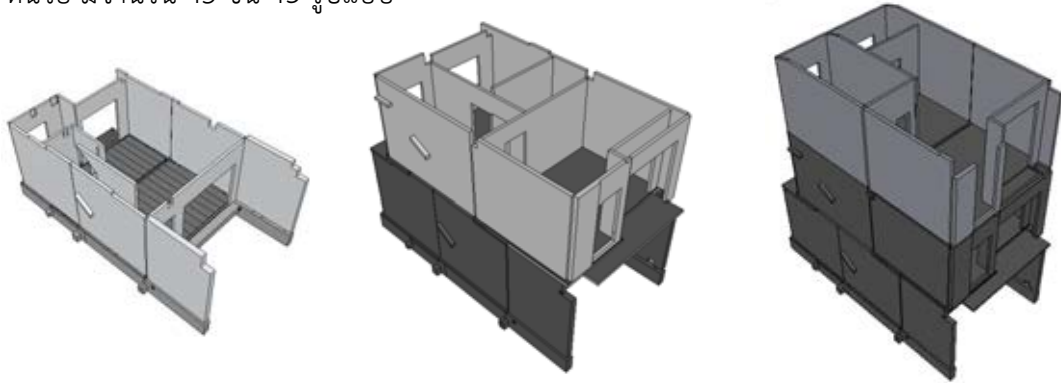
ชั้นส่วนพื้นชั้นหลังคา เป็นชั้นส่วนที่มีรูปแบบเฉพาะอยู่แล้วจึงไม่สามารถนำมาลดรูปแบบหรือใช้พื้นที่องเรียบอัดแรงทดแทนได้ ดังนั้นหลังจากวิเคราะห์การลดรูปแบบของพื้นแล้วนั้นชั้นส่วนพื้นจะมีรูปแบบใช้งาน ดังนี้

S1B	US2B	US5B
1.58 × 1.34 × 0.1	4.03 × 3.04 × 0.12	4.1 × 2.5 × 0.12
US8B	แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ
4.655 × 1.75 × 0.12	0.35 × 2.40 × 0.10	0.35 × 3.60 × 0.10
แผ่นพื้นท้องเรียบ	แผ่นพื้นท้องเรียบ	
0.35 × 4.00 × 0.10	0.35 × 5.00 × 0.10	

ตารางที่ 5.24 รูปแบบพื้นสำเร็จรูปหลังปรับลดรูปแบบ

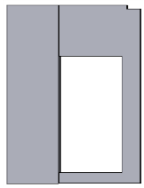


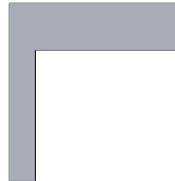


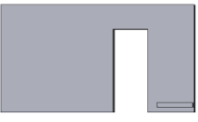
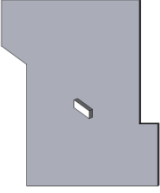
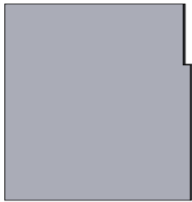

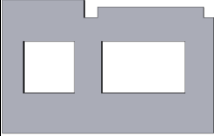
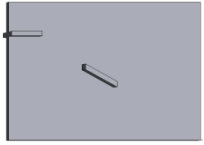


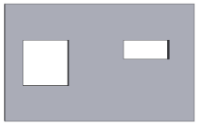




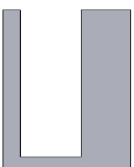

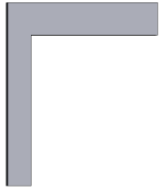
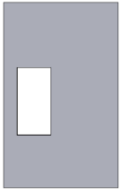

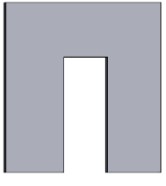
5.3 การวิเคราะห์รูปแบบผนัง




การลดจำนวนรูปแบบของผนังสำเร็จรูปโดยเริ่มจากพิจารณาชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปใน 1 หน่วย มีจำนวน 45 ชิ้น 43 รูปแบบ



รูปที่ 5.9 ผนังสำเร็จรูปชั้น 1 - 3

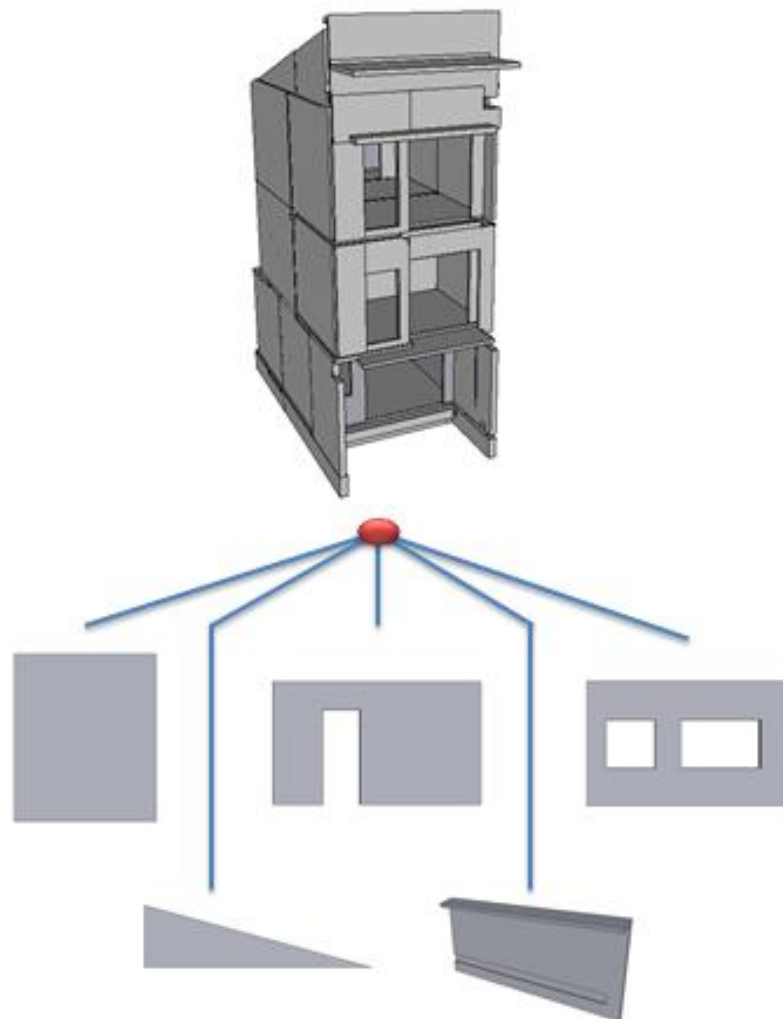
W2.1C	W3.1	W2.2	W3.2	W2.3
3.1 × 2.5 × 0.2	3.1 × 2.5 × 0.2	3.0 × 3.345 × 0.12	3.0 × 3.3 × 0.12	3.11 × 3.335 × 0.12
W3.3	W14B	W13B	W12B	W11B
3.0 × 2.98 × 0.12	3.0 × 4.86 × 0.1	2.715 × 2.87 × 0.12	3.0 × 1.39 × 0.1	3.0 × 1.48 × 0.1
W10B	NW2A	NW7B	W8A	NW17A
3.0 × 1.39 × 0.1	3.03 × 0.405 × 0.1	2.94 × 2.67 × 0.1	2.94 × 2.355 × 0.1	2.9 × 0.485 × 0.1

				
NW10B	NW9B	NW8B	NW6B	W18.1A
2.98 x 2.205 x 0.15	2.9 x 0.59 x 0.1	2.9 x 2.71 x 0.1	3.09 x 2.775 x 0.1	2.98 x 3.59 x 0.12
				
NW19.1A	W15B	W26B	W13D	NW4A
2.98 x 3.635 x 0.12	2.685 x 4.86 x 0.1	2.98 x 2.5 x 0.1	2.98 x 2.82 x 0.1	3.09 x 0.405 x 0.1
				
W16B	W18.2A	W19.2A	W27B	W29E
3.09 x 4.925 x 0.1	3.09 x 4.29 x 0.12	2.98 x 4.935 x 0.12	2.685 x 4.28 x 0.1	3.08 x 4.99 x 0.1
				
W33.1	W33.2	W34.1A	W34.2A	NW21B
3.32 x 3.59 x 0.12	3.28 x 4.29 x 0.12	3.27 x 3.635 x 0.12	3.27 x 4.335 x 0.12	2.72 x 2.205 x 0.1
				
NW20B	NW19B	W30B	W39B	NW23B
3.32 x 0.59 x 0.1	3.32 x 2.71 x 0.1	3.28 x 2.03 x 0.1	3.28 x 4.39 x 0.1	2.98 x 2.71 x 0.1

		
W41.1B	W41.2B	W43BR
จำนวน 2 แผ่น	จำนวน 2 แผ่น	จำนวน 1 แผ่น
1.807 x 2.71 x 0.12	1.136 x 4.238 x 0.12	2.15 x 4.665 x 0.1

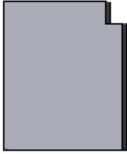
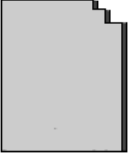
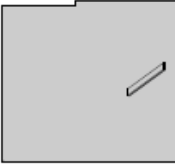
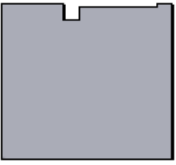






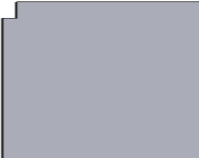
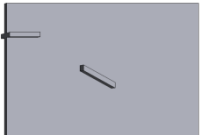
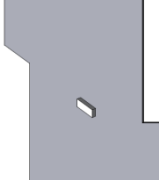
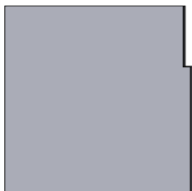






ตารางที่ 5.25 รูปแบบผนังสำเร็จรูป


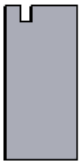
จะพบว่าสามารถนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาจับกลุ่มกันได้ 5 กลุ่ม ดังนี้



ภาพที่ 5.10 ชนิดผนังสำเร็จรูป

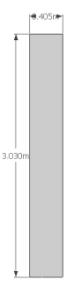


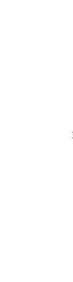


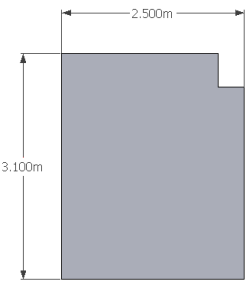
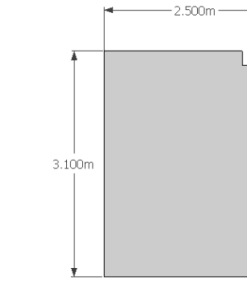
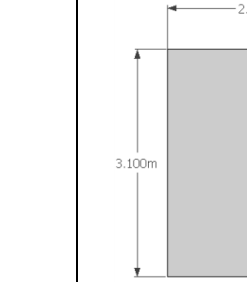
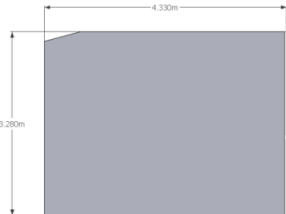
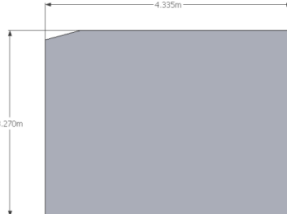
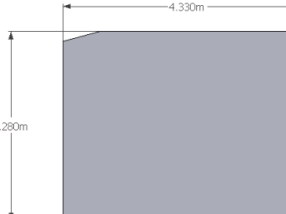
5.3.1 วิเคราะห์ผนัง กลุ่มที่ 1 ผนังทึบ ชั้นส่วนผนังทับประกอบไปด้วยผนังทั้งหมด 22 ชั้น มีรูปแบบ 22 รูปแบบ

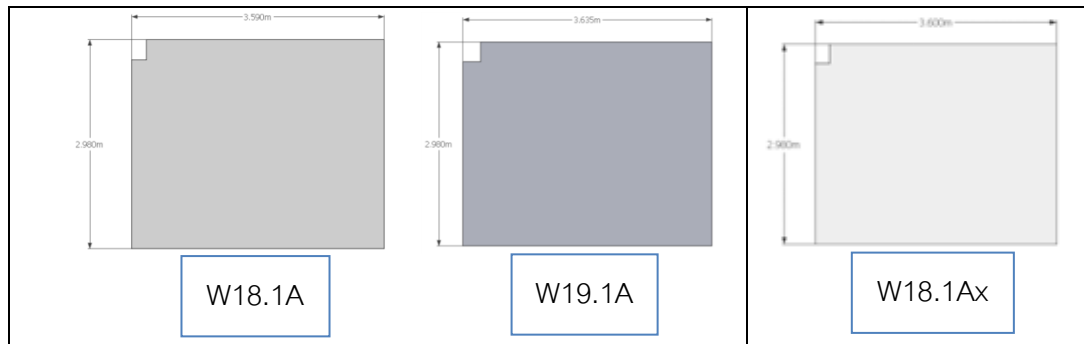
				
W2.1C	W3.1	W2.2	W3.2	W2.3
$3.1 \times 2.5 \times 0.2$	$3.1 \times 2.5 \times 0.2$	$3.0 \times 3.345 \times 0.12$	$3.0 \times 3.3 \times 0.12$	$3.11 \times 3.335 \times 0.12$
				
W3.3	NW2A	NW17A	NW9B	W18.1A
$3.0 \times 2.98 \times 0.12$	$3.03 \times 0.405 \times 0.1$	$2.9 \times 0.485 \times 0.1$	$2.9 \times 0.59 \times 0.1$	$2.98 \times 3.59 \times 0.12$
				
W19.1A	W18.2A	W26B	W13D	NW4A
$2.98 \times 3.635 \times 0.12$	$3.09 \times 4.29 \times 0.12$	$2.98 \times 2.5 \times 0.1$	$2.98 \times 2.82 \times 0.1$	$3.09 \times 0.405 \times 0.1$
				
W19.2A	W33.1	W33.2	W34.1A	W34.2A
$2.98 \times 4.935 \times 0.12$	$3.32 \times 3.59 \times 0.12$	$3.28 \times 4.29 \times 0.12$	$3.27 \times 3.635 \times 0.12$	$3.27 \times 4.335 \times 0.12$

	
NW20B	W10B
3.32 × 0.59 × 0.1	3.0 × 1.39 × 0.1

ตารางที่ 5.26 รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 1

วิเคราะห์รูปแบบผนังกลุ่มที่ 1 พบว่าสามารถนำมาจับปรับรูปแบบที่คล้ายกันให้เหมือนกันได้ดังนี้

 NW2A	 NW9B	 NW4A	 NW20B	 NW17A	 NW20Bx
 W2.1C	 W3.1	 W3.1x			
 W33.2	 W34.2A	 W33.2x			



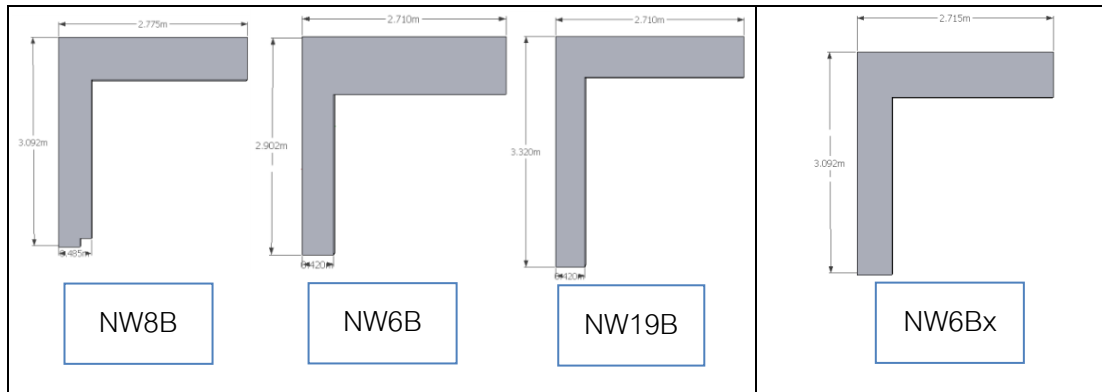
ตารางที่ 5.27 รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 1 ปรับลดรูปแบบ

5.3.2 วิเคราะห์ผนัง กลุ่มที่ 2 ผนังช่องประตู ชั้นส่วนผนังทับประกอบไปด้วยผนังทั้งหมด 11 ชั้น มีรูปแบบ 11รูปแบบ

W14B	W13B	W11B	NW7B	W15B
3.0 x 4.86 x 0.1	2.715 x 2.87 x 0.12	3.0 x 1.48 x 0.1	2.94 x 2.67 x 0.1	2.685 x 4.86 x 0.1
NW8B	NW6B	W27B	NW19B	W39B
2.9 x 2.71 x 0.1	3.09 x 2.775 x 0.1	2.685 x 4.28 x 0.1	3.32 x 2.71 x 0.1	3.28 x 4.39 x 0.1
NW23B				
2.98 x 2.71 x 0.1				

ตารางที่ 5.28 รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 2

วิเคราะห์รูปแบบผนังกลุ่มที่ 2 พบว่าสามารถนำมาจัดปรับรูปแบบที่คล้ายกันให้เหมือนกันได้ดังนี้



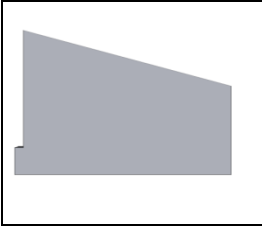
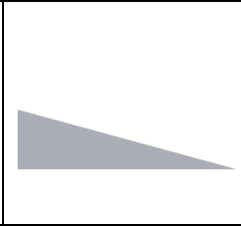
ตารางที่ 5.29 รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 2 หลังปรับลดรูปแบบ

5.3.3 วิเคราะห์ผนัง กลุ่มที่ 3 ผนังช่องหน้าต่างต่าง ชั้นส่วนผนังทับประกอบไปด้วยผนังทั้งหมด 6 ชั้น มีรูปแบบ 6 รูปแบบ

W12B	NW10B	W16B	W29E	NW21B
3.0 × 1.39 × 0.1	2.98 × 2.205 × 0.15	3.09 × 4.925 × 0.1	3.08 × 4.99 × 0.1	2.72 × 2.205 × 0.1
W30B				
3.28 × 2.03 × 0.1				

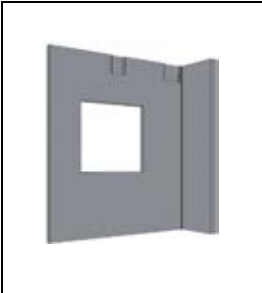
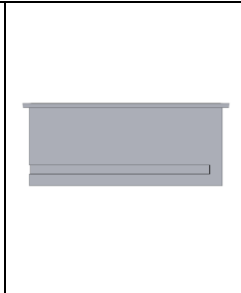
ตารางที่ 5.30 รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 3

5.3.4 วิเคราะห์ผนัง กลุ่มที่ 4 ผนังไม่เป็นทรงสี่เหลี่ยม ชั้นส่วนผนังทับประกอบไปด้วยผนังทั้งหมด 2 ชั้น มีรูปแบบ 2 รูปแบบ

	
W41.1B	W41.2B
1.807 × 2.71 × 0.12	1.136 × 4.238 × 0.12

ตารางที่ 5.31 รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 4

5.3.5 วิเคราะห์ผนัง กลุ่มที่ 5 ผนังที่มี 3 มิติ ชั้นส่วนผนังทับประกอบไปด้วยผนังทั้งหมด 2 ชั้น มีรูปแบบ 2 รูปแบบ

	
W8A	W43BR
2.94 × 2.355 × 0.1	2.15 × 4.665 × 0.1

ตารางที่ 5.32 รูปแบบผนังสำเร็จรูปกลุ่มที่ 5

หากนำมาพิจารณาจะพบว่าแต่ละกลุ่มผนังสำเร็จรูปจะมีขนาดของโครงสร้างที่ใกล้เคียงกัน หากนำมาปรับให้มีขนาดที่เท่ากันจะสามารถลดรูปแบบลงได้ กลุ่มที่ 1 ผนังทึบ 15 รูปแบบ กลุ่มที่ 2 ผนังที่มีช่องเปิดประตู 9 รูปแบบ แต่กลุ่มที่ 3 ถึง 5 รูปแบบผนังไม่สามารถลดลงได้จึงมีจำนวนรูปแบบเท่าเดิมกับตอนต้น ดังนั้น หลังจากลดรูปแบบผนังสำเร็จรูปจะเหลือ 34 รูปแบบ แต่จำนวนของชั้นส่วนผนังเท่าเดิมกับตอนต้น

5.4 การวิเคราะห์ชิ้นส่วนสำเร็จรูปอื่นๆ

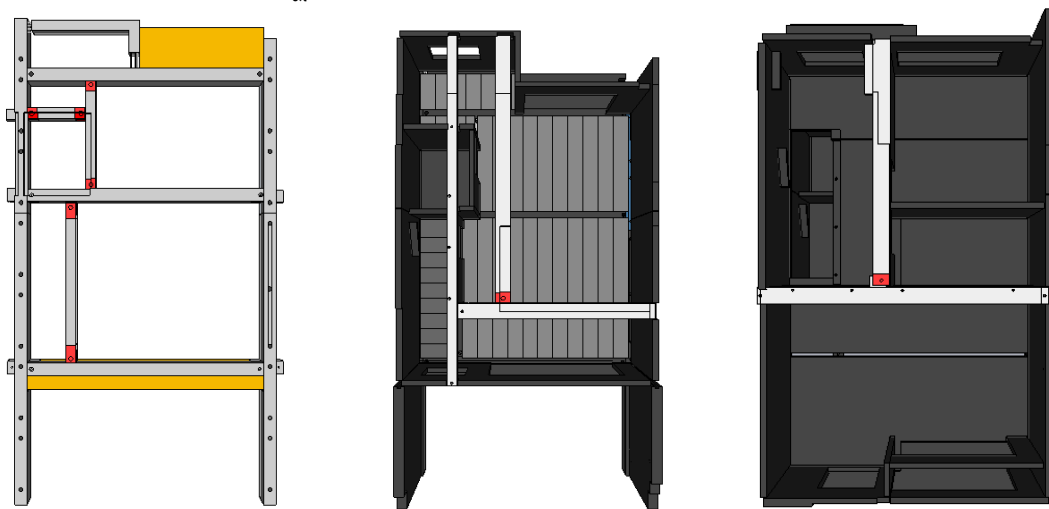
ชิ้นส่วนอื่นๆ จะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนบันได และกันสาดภายนอกบ้าน เป็นชิ้นส่วนที่มีความเฉพาะในรูปแบบและการใช้งานหรือรับน้ำหนักที่แตกต่างออกไปจากชิ้นส่วน ผนัง พื้น และคาน จึงไม่เหมาะสมที่จะนำชิ้นส่วนดังกล่าวมาปรับรูปแบบดังที่กล่าวมาข้างต้น

บทที่ 6 บทนำ

6.1 สรุปผลงานวิจัย

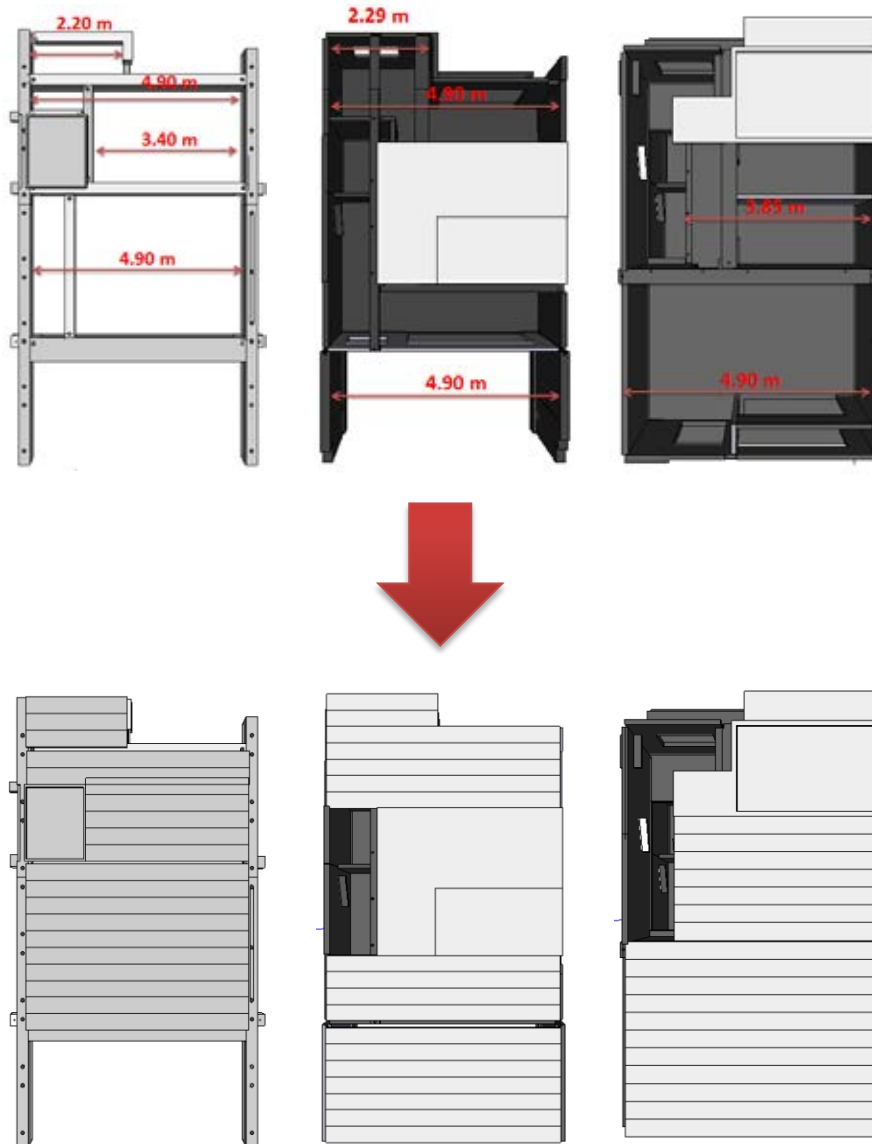
จากการศึกษาชิ้นส่วนสำเร็จรูปของทาว์นเฮาส์ 3 ชั้น พบว่าชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะประกอบไปด้วยคาน 16 ชิ้น 16 รูปแบบ พื้นสำเร็จรูป 9 ชิ้น 9 รูปแบบและพื้นคอนกรีตอัดแรงท้องเรียบ 41 ชิ้น 4 รูปแบบ ผนัง 45 ชิ้น 43 รูปแบบ และอื่นๆ (บันได และกันสาด) 4 ชิ้น 4 รูปแบบ จากงานวิจัยของ นาย รมกร ชมธัญกาญจน์ กล่าวไว้ว่า ปัญหาการมีรูปแบบหรือรูปร่างที่มีมากหรือไม่ซ้ำกันจะทำให้เกิดความสับสน โดยเฉพาะบางรูปแบบที่ใกล้เคียง แบบหล่อจำนวนมากอาจต้องทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการผลิตแบบหล่อเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงหาวิธีการลดรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปลง ซึ่งหลังจากการลดรูปแบบ คานจะพิจารณาลดรูปแบบคาน , ลดพื้นที่หน้าตัดซึ่งจากเดิม 16 รูปแบบ 14 รูปแบบ แต่จำนวน 16 ชิ้นเท่าเดิม พื้น ลดรูปแบบพื้นจากเดิมเป็นระบบผสมระหว่าง แผ่นพื้นท้องเรียบ 41 ชิ้น 4 รูปแบบ กับชิ้นส่วนสำเร็จรูป 9 ชิ้น 9 รูปแบบ ปรับเปลี่ยนเป็น แผ่นพื้นท้องเรียบ 56 ชิ้น 4 รูปแบบ และ ชิ้นส่วนสำเร็จรูป 4 ชิ้น 4 รูปแบบ ผนังลดรูปแบบผนังจากเดิม 45 ชิ้น 43 รูปแบบเหลือ 45 ชิ้น 34 รูปแบบ และชิ้นส่วนอื่นๆ (บันไดและกันสาด) คงเดิม 4 ชิ้น 4 รูปแบบ

จากการลดรูปแบบได้นำไปปรึกษาวิศวกรผู้ออกแบบ โดยผู้ออกแบบให้คำแนะนำวิธีการลดรูปแบบคาน โดยแบบคานออกเป็น 3 กลุ่มนั้นมีสิ่งที่จะต้องพิจารณาเป็นหลักคือการลดคานในกลุ่มที่ 2 (คาน + Cobel) และการเปลี่ยนรูปแบบของกลุ่มที่ 3 (คานธรรมดา) คือการเปลี่ยนรูปแบบของตัวรองรับหูช้าง (Cobel) เป็นการต่อทาบเหล็กแล้วหล่อด้วยคอนกรีต วิธีการดังกล่าวสามารถปฏิบัติได้แต่เพียงต้องคำนวณถึงพฤติกรรมการรับน้ำหนักในเรื่องของการรับแรงเฉือน (Shear force) ซึ่งสามารถทำการปฏิบัติได้ตามที่ทำการวิจัยมาได้



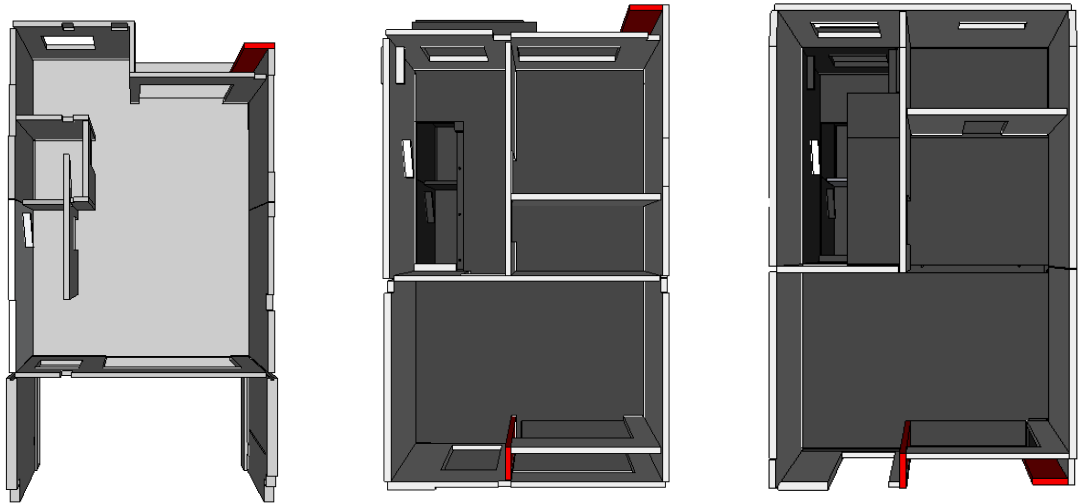
ภาพที่ 6.1 ภาพแสดงตำแหน่งการติดตั้งคานหลังทำการลดรูปแบบ

การลดรูปแบบของพื้น จากการเปลี่ยนพื้นสำเร็จรูปมาใช้พื้นสำเร็จรูปอัดแรงท้องเรียบนั้น เป็นสิ่งที่สามารถใช้ได้ โดยให้คำนึงถึงระยะช่วงวางแผ่นพื้นให้มีระยะที่กำหนดของทางโรงงานผู้ผลิต แผ่นพื้นสำเร็จรูป โดยไม่ให้ความกว้างเกิน 5 เมตรตามข้อกำหนด

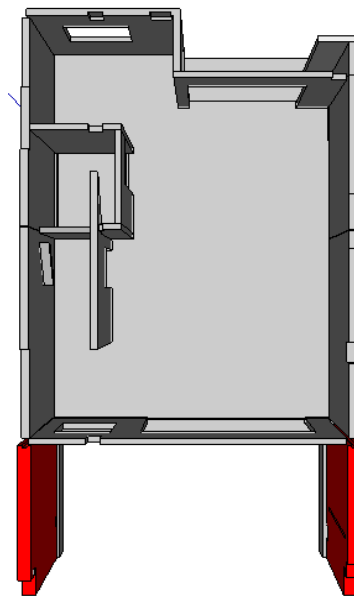


ภาพที่ 6.2 ภาพเปรียบเทียบการจัดวางแผ่นพื้นสำเร็จรูป

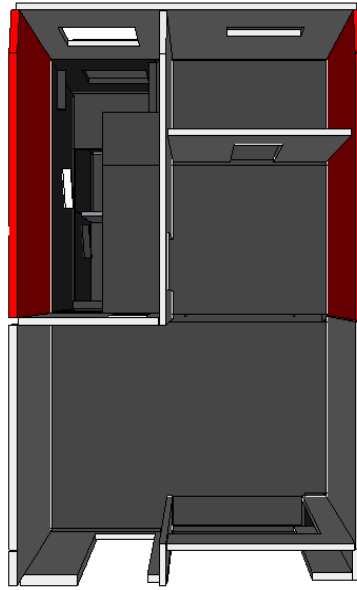
การลดรูปแบบผนัง จากที่ได้ทำการลดนั้นจะเป็นการลดในเรื่องของรูปแบบเท่านั้นโดยตำแหน่งการติดตั้งยังคงเป็นตำแหน่งเดิมและผนังขึ้นส่วนสำเร็จรูปมีขนาดที่เท่าเดิม แต่อาจมีการปรับรูปแบบให้สามารถใช้ซ้ำกันได้มากขึ้นเท่านั้น



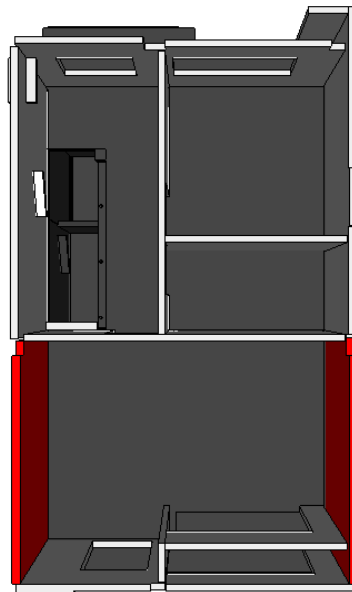
ภาพที่ 6.3 ภาพแสดงตำแหน่งขึ้นส่วน NW20Bx



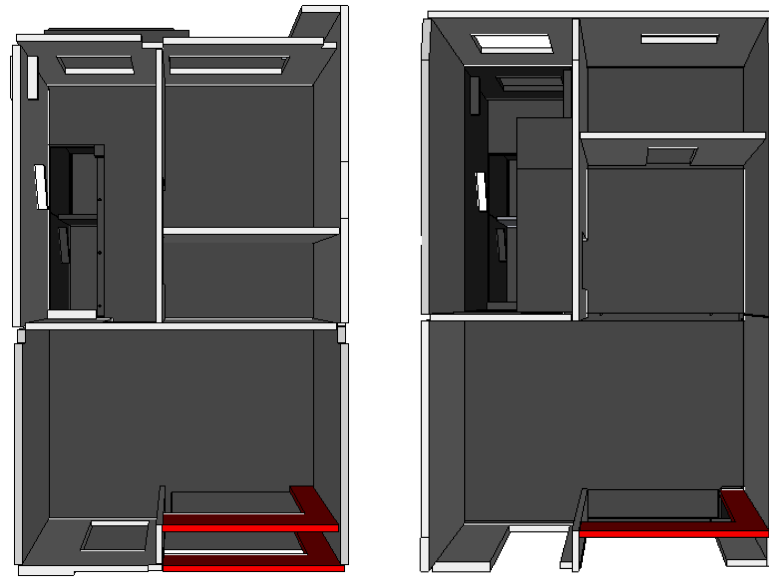
ภาพที่ 6.4 ภาพแสดงตำแหน่งขึ้นส่วน W3.1x



ภาพที่ 6.5 ภาพแสดงตำแหน่งชิ้นส่วน W33.2x



ภาพที่ 6.6 ภาพแสดงตำแหน่งชิ้นส่วน W14.1Ax



ภาพที่ 6.7 ภาพแสดงตำแหน่งชิ้นส่วน NW6Bx

6.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย

ทั้งนี้การลดรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนัง คาน และพื้น ตามข้อเสนอจะต้องมากจากการทำงานร่วมกันระหว่างวิศวกร สถาปนิกผู้ออกแบบ ฝ่ายผลิต และขนส่งซึ่งอาจจะมีการพัฒนารูปแบบและลดจำนวน หรือให้มีการใช้ชิ้นส่วนซ้ำกันได้มากขึ้นต่อไป

รายการอ้างอิง

- Gmbh , Bauverlag , Wiesbaden and Berlin ,1968,อ้างถึงใน คเชนทร์ สุริยวงศ์,. "ระบบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยขึ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก ในกลุ่มผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่" ปรินญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- Intitute, American Concrete. "Building Code Requirements for Structural Concrete ": American Concrete Intitute, 2542.
- Materials, บริษัท PCM Construction. "คุณสมบัติแผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ ของ งานอาคาร โดยทั่วไป." www.pcm.co.th.
- "เหล็กเสริมคอนกรีต และการจัดวางเหล็กเสริมคอนกรีต." สภาวิศวกร <http://www.coe.or.th> .
- โสภณ แสงไฟโรจน์. การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม. เอกสารประกอบการอบรมระบบประสานทางพิกัดสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- กฎหมายจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2522. "หมวดที่ 3 ขนาดและพื้นที่ดินที่ทำการจัดสรร ".
- ธนพล สีนุธยนต์. "แนวทางการนำระบบเสา-คานสำเร็จรูปมาใช้ร่วมกับการก่อสร้างระบบเดิมในโครงการบ้านจัดสรร " ปรินญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- นาวิณ นาคะศิริ. "การศึกษาและการเปรียบเทียบขึ้นส่วนสำเร็จรูปประเภทผนังรับน้ำหนัก กรณีศึกษา : ผู้ประกอบการซื้อสำเร็จจากโรงงาน กับ การผลิตในที่ก่อสร้าง." ปรินญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- พรศักดิ์ สิมะพรชัย. การสัมมนาและนิทรรศการทางวิชาการเรื่อง “การก่อสร้างที่ใช้ขึ้นส่วนสำเร็จรูป. กรุงเทพมหานคร: คณะอนุกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์, 2540.
- มัน ศรีเรือนทอง. การก่อสร้างอาคารพักอาศัยด้วยระบบขึ้นส่วนสำเร็จรูป ว.ส.ท.ฉบับ เทคโนโลยี 2538. มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ว.ส.ท. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2548.
- รศ.ดร.ชวลิต นิตยะ. In เอกสารประกอบการสอน *Housing Construction Technology* ภาควิชาเคหการ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรยุทธ อินอร่าม. "การเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ระหว่างระบบดั้งเดิมกับระบบเสาและคานสำเร็จรูปและระบบผนังรับน้ำหนัก." ปรินญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.
- วิกิพีเดีย. "อสังหาริมทรัพย์." th.wikipedia.org/wiki/อสังหาริมทรัพย์.
- ศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร. การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง.
- สุทธิพล วิวัฒน์ทีปะ. การสัมมนาและนิทรรศการทางวิชาการเรื่อง “การก่อสร้างที่ใช้ขึ้นส่วนสำเร็จรูป. กรุงเทพมหานคร: คณะอนุกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์, 2540.

ภาคผนวก

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจิราวัฒน์ หุตราชภักดี

เกิดวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2529

จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เข้าศึกษาหลักสูตรปริญญาเอกพัฒนศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาอสังหาริมทรัพย์

ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา

2555