การเปรียบเทียบการใช้วัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้วและแผ่นกระเบื้องยางมะตอย สำหรับงานหลังคาโดม

นายศิลป์ ภูมิชัยวิวัฒน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARATIVE STUDY OF GLASSFIBRE REINFORCED CONCRETE AND ASPHALT SHINGLES ON DOME ROOF CONSTRUCTION

Mr. Silp Poomchaiwiwat

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	*การเปรียบเทียบการใช้วัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้วและแผ่นกระเบื้องยางมะตอยสำหรับงานหลังคาโดม*
โดย	นายศิลป์ ภูมิชัยวิวัฒน์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ชลธี อิ่มอุดม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐานิศวร์ เจริญพงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ชลธี อิ่มอุดม)

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

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ เวสน์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิลป์ ภูมิชัยวิวัฒน์ : การเปรียบเทียบการใช้วัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้วและแผ่นกระเบื้องยางมะตอยสำหรับงานหลังคาโดม. (A COMPARATIVE STUDY OF GLASSFIBRE REINFORCED CONCRETE AND ASPHALT SHINGLES ON DOME ROOF CONSTRUCTION) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ชลธี อิ่มอุดม, 122 หน้า.

ในการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบการใช้วัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. (Glassfibre Reinforced Concrete) และแผ่นกระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingle) สำหรับงานหลังคาโดม มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาเปรียบเทียบการเลือกใช้วัสดุและระบบการก่อสร้างในงานประเภทหลังคาโดม โดยเลือกทำการศึกษาจากอาคารของโครงการ หมู่บ้านชวนชื่น มารีน่า และโครงการ The Wisdom Apartment ซึ่งมีส่วนประกอบของหลังคาโดมที่มีรูปแบบและขนาดใกล้เคียงกัน แต่เลือกใช้วัสดุและระบบการก่อสร้างที่แตกต่างกัน จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบในรายละเอียดเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต เทคนิคการติดตั้งโครงสร้างและวัสดุ ราคาค่าก่อสร้างและติดตั้ง ปัญหาในการทำงาน ระยะเวลาการทำงาน ความคงทน ความสวยงาม และศึกษาถึงความแตกต่างข้อดีและข้อจำกัดของทั้ง 2 ระบบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุและระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมสำหรับงานหลังคารูปแบบโดม

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. นั้นมีขั้นตอนในการทำงานที่ซับซ้อนมากกว่า ใช้วัสดุที่มีราคาสูง รวมถึงต้องใช้เครื่องมือเฉพาะและช่างที่ชำนาญในการผลิต จึงทำให้ระบบคอนกรีตเสริมใยแก้วมีราคาการผลิตที่สูงกว่า ระบบไม้อัดปูแผ่นกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle มากกว่าเท่าตัว (คอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. มีค่าใช้จ่ายในการผลิตและติดตั้ง 4,657 บาทต่อตารางเมตร และระบบไม้อัดปูแผ่นยางมะตอยมีค่าใช้จ่ายในการผลิตและติดตั้ง 2,485 บาทต่อตารางเมตร) โดยมีระยะเวลาในการทำงานที่ไม่แตกต่างกัน (ประมาณ 21วัน) แต่ในระบบคอนกรีตเสริมใยแก้วนั้นขั้นตอนการผลิตส่วนใหญ่ทำในโรงงานแล้วจึงยกไปติดตั้งในที่ก่อสร้าง จึงทำให้สามารถควบคุมคุณภาพการผลิตได้ง่ายกว่า งานมีคุณภาพที่ดีกว่า มีความสวยงาม แข็งแรง คงทน และยังสามารถทำพื้นผิวได้หลากหลายมากกว่า มีความสะดวกและปลอดภัยในการทำงานและติดตั้งในที่ก่อสร้าง และยังใช้เวลาการทำงานในที่ก่อสร้างน้อยกว่าระบบไม้อัดปูแผ่นกระเบื้องยางมะตอย

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต ศิลป์ ภูมิชัยวิวัฒน์

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2553

5174187425 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : GLASSFIBRE / GRC / ASPHALT / ROOF DOME / CONSTRUCTION

SILP POOMCHAIWIWAT : A COMPARATIVE STUDY OF GLASSFIBRE REINFORCED CONCRETE AND ASPHALT SHINGLES ON DOME ROOF CONSTRUCTION. ADVISOR : ASSOC.PROF.CHONLATHI IM-UDOM, 122 pp.

The study compared GRC (Glassfibre Reinforced Concrete) with asphalt shingles on the construction of dome roofs. The dome roof of Chuen Chuen Marina Village and the Wisdom Apartments were compared in terms of materials and construction. Both dome roofs were of the same size and style, but the materials and construction were different. The researcher investigated the production process, installation techniques, materials, cost, problems, durability, and aesthetic value of each type of roofing. By comparing the advantages and disadvantages of each type of roofing material, the study suggests how to choose the right materials and construction for dome roofs.

It was found that the GRC (Glassfibre Reinforced Concrete) production process was more complicated. The material was more expensive, and special tools as well as experts were needed to perform the installation process. Therefore, the production cost of GRC is almost 100% higher than that of asphalt shingles (the production and installation costs of GRC is 4,657 baht per square meter whereas the production and installation costs of asphalt shingles is 2,485 baht per square meter.) Both types of dome roofs took 21 days to install. However, GRC was produced in a factory and a ready-made set of GRC was transported and installed. Therefore, it was easier to control the quality of production. The quality of the finished dome roof was better: it was more aesthetically pleasing, stronger, and more durable. Moreover, more materials can be attached to the surface of the dome roof. The working process was safer, more convenient, and took less time.

Department : Architecture Student's Signature

Field of Study : Architecture Advisor's Signature

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นจากความสนใจใคร่รู้ในเรื่องเกี่ยวกับวัสดุประเภทต่างๆ ที่น่าสนใจในงานก่อสร้าง และวิทยานิพนธ์นี้จะสำเร็จไปไม่ได้ หากปราศจากคำปรึกษา และแนะนำซึ่งเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ที่ดีจาก รองศาสตราจารย์ ชลธี อิ่มอุดม (อาจารย์ที่ปรึกษา) รวมไปถึงคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกๆท่านที่ให้โอกาส และชี้แนะข้อผิดพลาดต่างๆ ซึ่งนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงให้งานวิจัยชิ้นนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

การวิจัยนี้คงไม่สำเร็จได้หากปราศจากบุคลากรที่ให้ความร่วมมือ และความช่วยเหลือเอื้อเฟื้อข้อมูล เอกสารต่างๆ ทั้งยังสละเวลาอธิบาย ไขข้อข้องใจ ให้คำแนะนำต่างๆที่มีประโยชน์ในการวิจัยชิ้นนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

คุณปริญญา เขียวอำไพ สถาปนิกผู้ให้คำแนะนำเรื่องวัสดุ GRC.

คุณตระการศักดิ์ ศรีเจริญ สถาปนิกผู้ออกแบบอาคาร The Wisdom Apartment

คุณเจนยุทธ ทองใบใหญ่ ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการ พีซีเอ็ม (GRC.)

คุณสุรเกียรติ ธำรงค์พิชิตตานนท์ ผู้จัดการโรงงาน พีซีเอ็ม (GRC.)

คุณชุลีวรรณ์ ดีแย้ม ฝ่ายขายวัสดุ บริษัท ไอดี อินดีด

ท้ายที่สุดนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว ที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด และทุกๆท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องซึ่งไม่ได้เอยนามในการวิจัยครั้งนี้ ที่มีส่วนช่วยทำให้สำเร็จการศึกษาตามความมุ่งหวังและตั้งใจทุกประการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

สารบัญแผนผัง ..... ป

บทที่

1. **บทนำ**

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 3

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย 4

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 4

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.8 วิธีดำเนินการวิจัย 5

2. **ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

2.1 ประวัติศาสตร์ของหลังคาโดม 8

2.2 การศึกษาค้นคว้าวัสดุก้าวหน้า 21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การสำรวจและศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 45

3.2 การเลือกกรณีศึกษา 46

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 47

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 48

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 49

3.6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 50

4. รายละเอียดของโครงการ

4.1 รายละเอียดโครงการหมู่บ้านชวนชื่น 51

4.2 รายละเอียดโครงการ The Wisdom Apartment 51

4.3 ระบบการก่อสร้างรูปแบบส่วนหลังคาโดมที่ทำการศึกษา 52

4.4 รายละเอียดประกอบการก่อสร้าง 61

4.5 ลักษณะการดำเนินการก่อสร้าง 62

5. ผลการศึกษา

5.1 การผลิตหลังคาโดมโดยใช้วัสดุระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) 64

5.2 การผลิตหลังคาโดมโดยใช้วัสดุระบบ หลังคากระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingles 85

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

6. **การวิเคราะห์และเปรียบเทียบ**

6.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายละเอียดโครงการ 98

6.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตและเทคนิคการก่อสร้างชิ้นส่วนหลังคาโดม 99

6.3 การวิเคราะห์ปัญหาในการก่อสร้าง และเงื่อนไขที่เหมาะสม 103

6.4 การวิเคราะห์ข้อดีข้อเสีย 107

6.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายละเอียดราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลา ความแข็งแรง ความสวยงาม 110

7. **สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ**

7.1 สรุปผลการวิจัย 115

7.2 ข้อเสนอแนะ 119

รายการอ้างอิง 121

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 122

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ราคาของผลิตภัณฑ์ ราคาแผ่นผนังทันสมัยของ (ของบริษัท พี.พี.) 25

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของคอนกรีตเสริมใยแก้ว 29

ตารางที่ 2.3 ขั้นตอนการทำงาน ตรวจสอบ ติดตั้ง GRC 30

ตารางที่ 2.4 ขนาดและการนำไปใช้ 36

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดประกอบการก่อสร้าง 61

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบรายละเอียดโครงการ 98

ตารางที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบรายละเอียดขั้นตอนการผลิตและติดตั้งหลังคาโดม 100

ตารางที่ 6.3 แสดงปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้างผลิตและติดตั้งหลังคาโดม
โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า 103

ตารางที่ 6.4 แสดงปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้างผลิตและติดตั้งหลังคาโดม
โครงการ The Wisdom Apartment 104

ตารางที่ 6.5 แสดงการวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียในการผลิตและติดตั้งหลังคาโดม 107

ตารางที่ 6.6 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้าง ของโครงการ
หมู่บ้านชวนชื่น 110

ตารางที่ 6.7 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้าง
ของโครงการ The Wisdom Apartment 111

ตารางที่ 6.8 แสดงการเปรียบเทียบ ระยะเวลาก่อสร้าง ของโครงการหมู่บ้านชวนชื่น 112

ตารางที่ 6.9 แสดงการเปรียบเทียบ ระยะเวลาก่อสร้าง ของโครงการ

The Wisdom Apartment 113

ตารางที่ 6.10 แสดงการเปรียบเทียบ ความแข็งแรง ความสวยงาม 114

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างแบบ Masonry Structures 9

ภาพที่ 2.2 Treasury of Atreus 9

ภาพที่ 2.3 Pantheon 9

ภาพที่ 2.4 Hagia Sophia 10

ภาพที่ 2.5 Santa Maria del Fiore 10

ภาพที่ 2.6 San Pietro Citta del Vaticano 10

ภาพที่ 2.7 St. Paul's Cathedral 11

ภาพที่ 2.8 โครงสร้างแบบ Reinforced Concrete Structures 11

ภาพที่ 2.9 Leipzig Market 12

ภาพที่ 2.10 Algeciras Market 12

ภาพที่ 2.11 King Dome 12

ภาพที่ 2.12 โครงสร้างแบบ Steel Structures 13

ภาพที่ 2.13 Astro Dome 13

ภาพที่ 2.14 Super Dome 14

ภาพที่ 2.15 Sky Dome 14

ภาพที่ 2.16 Fukuoka Dome 14

ภาพที่ 2.17 Nagoya Dome 15

ภาพที่ 2.18 Osaka Dome 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2.19 Sapporo Dome 15

ภาพที่ 2.20 Oita Prefectural Park Stadium 16

ภาพที่ 2.21 โครงสร้างแบบ Air-inflated Membrane Structures 16

ภาพที่ 2.22 Silver Dome 17

ภาพที่ 2.23 Metro Dome 17

ภาพที่ 2.24 B.C. Place Stadium 17

ภาพที่ 2.25 Tokyo Dome 18

ภาพที่ 2.26 โครงสร้างแบบ Wooden Structures 18

ภาพที่ 2.27 Tacoma Dome 19

ภาพที่ 2.28 Northern Michigan University Stadium 19

ภาพที่ 2.29 Odate Jukai Dome 19

ภาพที่ 2.30 โครงสร้างแบบ Cable Structures 20

ภาพที่ 2.31 Suncoast Dome 20

ภาพที่ 2.32 Georgia Dome 21

ภาพที่ 2.33 Millennium Dome 21

ภาพที่ 2.34 แสดงแผ่นสันกลางรางลิ้น 22

ภาพที่ 2.35 แสดงแผ่นเรียบรางลิ้น 23

ภาพที่ 2.36 แสดงแผ่นเรียบ 23

ภาพที่ 2.37 แสดงบัวเชิงผนัง 23

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 2.38 แสดงบัวประดับหน้าต่าง 23

ภาพที่ 2.39 แสดงบัวมุม 2 x 4 นิ้ว 24

ภาพที่ 2.40 แสดงบัวมุม 4 x 4 นิ้ว 24

ภาพที่ 2.41 แสดงแผ่นปิดตง 24

ภาพที่ 2.42 แสดงแผ่นปิดมุมนอก 24

ภาพที่ 2.43 แสดงแผ่นปิดมุมใน 25

ภาพที่ 2.44 แสดง NEG ARG Fibre Roving 27

ภาพที่ 2.45 แสดง Pump Unit 27

ภาพที่ 2.46 แสดง Spray Gun 27

ภาพที่ 2.47 แสดงวิธีการพ่น GRC. 28

ภาพที่ 2.48 แสดง NGR ARG Fibre Chopped Strands 29

ภาพที่ 2.49 แสดง Mixing 29

ภาพที่ 2.50 แสดงการใช้ GRC. ในงานประดับอาคาร 32

ภาพที่ 2.51 แสดงการใช้ GRC. ในงานประดับอาคาร 32

ภาพที่ 2.52 แสดงการใช้ GRC. ในงานผนังกันเสียงในอุโมง 32

ภาพที่ 2.53 แสดงการใช้ GRC. ในงานผนังกันเสียงทางด่วน 33

ภาพที่ 2.54 แสดงการใช้ GRC. ในงานหลังคา 33

ภาพที่ 2.55 แสดงการใช้ GRC. ในงานหลังคา 33

ภาพที่ 2.56 แสดงการใช้ GRC. ในงานผนังทำผิวกระเบื้อง 33

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 2.57 แสดงการใช้ GRC. ในงาน Landscape 34

ภาพที่ 2.58 แสดงแผ่น Asphalt Shingles รุ่น 1 ชั้น 35

ภาพที่ 2.59 แสดงแผ่น Asphalt Shingles รุ่น 2 ชั้น 35

ภาพที่ 2.60 แสดงวิธีการปูแผ่น Asphalt Shingles 36

ภาพที่ 2.61 แสดงวิธีการปู แผ่นไม้อัด กรณีใช้ไม้อัด 12 มม. 37

ภาพที่ 2.62 แสดงวิธีการปู แผ่นไม้อัด กรณีใช้ VIVA BOARD 37

ภาพที่ 2.63 แสดงวิธีการปูบริเวณสันหลังคา 38

ภาพที่ 2.64 แสดงวิธีการปูบริเวณเชิงชายหลังคา 38

ภาพที่ 2.65 แสดงวิธีการปูบริเวณตะเข้ราง 39

ภาพที่ 2.66 แสดงวิธีการปูไม้อัดบนแป 39

ภาพที่ 2.67 แสดงวิธีการยึดไม้อัด 40

ภาพที่ 2.68 แสดงวิธีการปูกระดาษกันน้ำ 40

ภาพที่ 2.69 แสดงวิธีการติดเหล็กฉากกันน้ำ 41

ภาพที่ 2.70 แสดงวิธีการปูแผ่น starter 41

ภาพที่ 2.71 แสดงวิธีการปูแผ่นหลังคา Asphalt Shingles 42

ภาพที่ 2.72 แสดงวิธีการทำครอบสัน 42

ภาพที่ 2.73 แสดงหลังคาที่ปูแผ่น Asphalt Shingles เรียบร้อยแล้ว 43

ภาพที่ 2.74 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles 43

ภาพที่ 2.75 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles 43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 2.76 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles 44

ภาพที่ 2.77 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles 44

ภาพที่ 4.1 แสดงผังหลังคา 52

ภาพที่ 4.2 แสดงรูปด้าน 53

ภาพที่ 4.3 แสดงรูปตัด 53

ภาพที่ 4.4 แสดงรูปด้านส่วนยอด 54

ภาพที่ 4.5 แสดงรูปตัดส่วนยอด 54

ภาพที่ 4.6 แสดงแนวคานรับหลังคา 55

ภาพที่ 4.7 แสดงผังหลังคา 55

ภาพที่ 4.8 แสดงรูปขยายโครงเหล็ก 56

ภาพที่ 4.9 แสดงรูปรอยต่อแนวสันหลังคา 56

ภาพที่ 4.10 แสดงรูปขยายโครงเหล็ก ส่วนเชื่อมติดกับเหล็กโครงสร้าง 57

ภาพที่ 4.11 แสดงรูปขยายโครงเหล็ก ส่วนเชื่อมติดกับเหล็กโครงสร้าง 57

ภาพที่ 4.12 แสดงรูปด้านข้าง 58

ภาพที่ 4.13 แสดงรูปด้านหน้า 58

ภาพที่ 4.14 แสดงผังคานและโครงสร้างเหล็ก 59

ภาพที่ 4.15 แสดงผังคานรับโครงสร้าง 59

ภาพที่ 4.16 แสดงรูปตัด 60

ภาพที่ 4.17 แสดงการแบ่งไม้อัด 60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 5.1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนหลังคาโดมคอนกรีตเสริมใยแก้ว ณ ลำลูกกาคลอง 8 64

ภาพที่ 5.2 แสดงโรงงานผลิตคอนกรีตเสริมใยแก้ว 65

ภาพที่ 5.3 แสดงใยแก้ว ALKALI RESISTANT GLASS FIBER 65

ภาพที่ 5.4 แสดงปูนซีเมนต์ และ ทรายละเอียด 66

ภาพที่ 5.5 แสดงเครื่องผสมคอนกรีต 66

ภาพที่ 5.6 แสดง Spray Pump 66

ภาพที่ 5.7 แสดง Spray Gun 67

ภาพที่ 5.8 แสดงการขึ้น Model ต้นแบบ 68

ภาพที่ 5.9 แสดงการเก็บรายละเอียดของ Model ต้นแบบ 68

ภาพที่ 5.10 แสดงการกั้นขอบสำหรับแม่พิมพ์ 69

ภาพที่ 5.11 แสดงแม่พิมพ์ที่ได้ 69

ภาพที่ 5.12 แสดงการกั้นขอบแม่พิมพ์ 69

ภาพที่ 5.13 แสดงการกั้นขอบแม่พิมพ์ 69

ภาพที่ 5.14 แสดงวิธีการพ่นเส้นใยแก้ว และ Motar 70

ภาพที่ 5.15 แสดงการฝังจุดเชื่อมยึดในเนื้อชิ้นงาน 70

ภาพที่ 5.16 แสดงการขึ้นขอบชิ้นงาน 70

ภาพที่ 5.17 แสดงการดัดเหล็กให้ได้ตามขนาด 71

ภาพที่ 5.18 แสดงโครงเหล็กสำหรับชิ้นงาน 71

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 5.19 แสดงการจัดโครงเหล็กและการเสริมเหล็ก 71

ภาพที่ 5.20 แสดงการยึดโครงเหล็กกับชิ้นงาน และการเผื่อความยาวด้านหัวและท้าย 72

ภาพที่ 5.21 แสดงการทำ Model ต้นแบบด้านใน 72

ภาพที่ 5.22 แสดงส่วนโดมชั้นที่ 2 73

ภาพที่ 5.23 แสดงการ Code ชิ้นงาน 74

ภาพที่ 5.24 แสดงตำแหน่งที่ตั้งโครงการ หมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า 74

ภาพที่ 5.25 แสดงหน้าโครงการ หมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า 75

ภาพที่ 5.26 แสดงการขนย้ายชิ้นงาน 75

ภาพที่ 5.27 แสดงการยกชิ้นงาน 75

ภาพที่ 5.28 แสดงตำแหน่งจุดยึดหลังคากับโครงสร้างหลัก 75

ภาพที่ 5.29 แสดงการวางผังตามแบบ 76

ภาพที่ 5.30 แสดงการประกอบเหล็กฉากตามผัง 76

ภาพที่ 5.31 แสดงการฝังจุดยึดสำหรับยกชิ้นงาน 76

ภาพที่ 5.32 แสดงวิธีการยกชิ้นงาน 76

ภาพที่ 5.33 แสดงการเริ่มติดตั้งชิ้นงานบนจุดอ้างอิง 76

ภาพที่ 5.34 แสดงการติดตั้งชิ้นงานบนจุดอ้างอิง 76

ภาพที่ 5.35 แสดงการวัดความสูงของชิ้นงานให้ได้ตามแบบ 77

ภาพที่ 5.36 แสดงการติดตั้งชิ้นงานที่ 2 77

ภาพที่ 5.37 แสดงการติดตั้งชิ้นงานที่ 2 77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 5.38 แสดงจุดยึดในการติดตั้งชิ้นงาน 78

ภาพที่ 5.39 แสดงวิธีการยึดชิ้นงานเข้าด้วยกัน 78

ภาพที่ 5.40 แสดงวิธีการยึดชิ้นงานเข้าด้วยกัน 78

ภาพที่ 5.41 แสดงวิธีการยึดเชื่อมชิ้นงาน 78

ภาพที่ 5.42 แสดงวิธีการยึดเชื่อมชิ้นงาน 78

ภาพที่ 5.43 แสดงช่องเปิดสำหรับเชื่อมโครงสร้าง 78

ภาพที่ 5.44 แสดงวิธีการยึดเชื่อมโครงเหล็ก 78

ภาพที่ 5.45 แสดงการเว้นชิ้นงานด้านสุดท้าย 78

ภาพที่ 5.46 แสดงการติดตั้งสันโดม 79

ภาพที่ 5.47 แสดงการเชื่อมยึดสันโดมกับชิ้นงาน 79

ภาพที่ 5.48 แสดงการเริ่มติดตั้งชิ้นงานด้านใน 79

ภาพที่ 5.49 แสดงการเชื่อมยึดชิ้นงานกับโครงเหล็ก 79

ภาพที่ 5.50 แสดงการวัดระยะให้ได้ตามแบบ 79

ภาพที่ 5.51 แสดงจุดเชื่อมต่อชิ้นงานกับโครงเหล็ก 79

ภาพที่ 5.52 แสดงรอยต่อของชิ้นงาน 80

ภาพที่ 5.53 แสดงการติดชิ้นงานภายในโดม 80

ภาพที่ 5.54 แสดงการติดตั้งหลังคาโดมจนครบทุกด้าน 80

ภาพที่ 5.55 แสดงแผ่นปิดหลังคาโดมชั้นล่าง 80

ภาพที่ 5.56 แสดงการ Sealant ด้วย Polyuretain 81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 5.57 แสดง Polyuretain 81

ภาพที่ 5.58 แสดงวิธีการยกชิ้นงาน 81

ภาพที่ 5.59 แสดงจุดที่ฝังเตรียมไว้ในการยกติดตั้ง 81

ภาพที่ 5.60 แสดงการตรวจสอบระดับ 81

ภาพที่ 5.61 แสดงการตรวจสอบตำแหน่ง 81

ภาพที่ 5.62 แสดงการเริ่มยกชิ้นงาน 82

ภาพที่ 5.63 แสดงการยกชิ้นงานสู่โครงสร้างอาคาร 82

ภาพที่ 5.64 แสดงการตรวจสอบระดับ และตำแหน่งชิ้นงานกับโครงสร้างอาคาร 82

ภาพที่ 5.65 แสดงการเชื่อมยึดชิ้นงานกับโครงสร้าง 82

ภาพที่ 5.66 แสดงการเริ่มยกส่วนยอดโดม 82

ภาพที่ 5.67 แสดงการยกส่วนยอดโดมขึ้นติดตั้ง 82

ภาพที่ 5.68 แสดงการตรวจสอบตำแหน่งที่ติดตั้ง 83

ภาพที่ 5.69 แสดงการเชื่อมยึดยอดโดมเข้าด้วยกัน 83

ภาพที่ 5.70 แสดงการ Grout 83

ภาพที่ 5.71 แสดงการเชื่อมยึดยอดโดมเข้าด้วยกัน 83

ภาพที่ 5.72 แสดงการเก็บรอยต่อของชิ้นงานกับโครงสร้าง 83

ภาพที่ 5.73 แสดงการเก็บรอยต่อ Sealant ด้วย Polyuretain 83

ภาพที่ 5.74 แสดงการตรวจสอบความเรียบร้อยทั้งหมด 84

ภาพที่ 5.75 แสดงหลังคาโดมที่เสร็จสมบูรณ์ 84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 5.76 แสดงหลังคาโดมที่เสร็จสมบูรณ์ 85

ภาพที่ 5.77 แสดงตำแหน่งพื้นที่ก่อสร้าง ส่วนหลังคาโดมยางมะตอย 86

ภาพที่ 5.78 แสดงอาคารโครงการ The Wisdom Apartment 86

ภาพที่ 5.79 แสดงแผ่นยางมะตอย รุ่น 1 ชั้น 87

ภาพที่ 5.80 แสดงแผ่นยางมะตอย รุ่น 2 ชั้น 87

ภาพที่ 5.81 แสดงแผ่นไม้อัดหนา 4 มม. 87

ภาพที่ 5.82 แสดงเครื่องเจียร์สำหรับตัดแผ่นไม้ 88

ภาพที่ 5.83 แสดงสว่าน และ น๊อต 88

ภาพที่ 5.84 แสดงปืนลมยิงลวดเย็บ 88

ภาพที่ 5.85 แสดงรูปแบบหลังคาโดม 89

ภาพที่ 5.86 แสดงโครงสร้างเหล็กหลังคาโดม 89

ภาพที่ 5.87 แสดงการเสริมเหล็กโครงสร้างด้วยเหล็กฉาก 90

ภาพที่ 5.88 แสดงโครงสร้างทั้งหมด 90

ภาพที่ 5.89 แสดงการติดไม้อัดด้านนอก 90

ภาพที่ 5.90 แสดงด้านในโครงสร้าง 90

ภาพที่ 5.91 แสดงการยึดแผ่นไม้ด้วยน๊อต 90

ภาพที่ 5.92 แสดงการตัดแผ่นไม้ให้พอดีกับช่อง 90

ภาพที่ 5.93 แสดงการตัดแผ่นไม้ให้ได้ขนาด 91

ภาพที่ 5.94 แสดงวิธีการยึดแผ่นไม้กับโครงสร้าง 91

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 5.95 แสดงการปูแผ่นยางรองพื้น 91

ภาพที่ 5.96 แสดงปัญหาในการปูแผ่นให้ได้รูปทรงโดม 91

ภาพที่ 5.97 แสดงการยึดแผ่นยางกับแผ่นไม้อัด 91

ภาพที่ 5.98 แสดงการแก้ปัญหาโดยการตัดซ้อนทับ 91

ภาพที่ 5.99 แสดงการปูแผ่นยางรองพื้น 92

ภาพที่ 5.100 แสดงการปูแผ่นกระดาษกันน้ำรองพื้น 92

ภาพที่ 5.101 แสดงการวัดขนาดแผ่นที่จะนำมาปู 92

ภาพที่ 5.102 แสดงแผ่นยางมะตอย Starter 92

ภาพที่ 5.103 แสดงด้านหลังแผ่นกระเบื้องยางมะตอย 92

ภาพที่ 5.104 แสดงวิธีการติดแผ่นกระเบื้องยางมะตอย 92

ภาพที่ 5.105 แสดงแผ่นกระเบื้องยางมะตอยชนิด 2 ชั้น 93

ภาพที่ 5.106 แสดงแถบกาวด้านหลังแผ่นกระเบื้องยางมะตอย 93

ภาพที่ 5.107 แสดงการติดแผ่นกระเบื้องยางมะตอย 93

ภาพที่ 5.108 แสดงการติดแผ่นกระเบื้องยางมะตอย 93

ภาพที่ 5.109 แสดงการติดแผ่นกระเบื้องยางมะตอยชั้นที่ 2 93

ภาพที่ 5.110 แสดงการติดแผ่นกระเบื้องยางมะตอยชั้นที่ 3 และ 4 93

ภาพที่ 5.111 แสดงการตัดแผ่นกระเบื้องยางมะตอยให้ได้ขนาด 94

ภาพที่ 5.112 แสดงการปูแผ่นกระเบื้องยางมะตอยซ้อนทับกัน 94

ภาพที่ 5.113 แสดงพื้นผิวเมื่อปูแผ่นกระเบื้องยางมะตอยแล้ว 94

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 5.114 แสดงการติดแผ่นกระเบื้องยางมะตอยชั้นสุดท้าย 94

ภาพที่ 5.115 แสดงการตัดแผ่นกระเบื้องยางมะตอย 94

ภาพที่ 5.116 แสดงการเก็บรอยต่อทั้งหมดโดยใช้ Sealant 95

ภาพที่ 5.117 แสดงการติดตั้งยอดแหลมของโดม 95

ภาพที่ 5.118 แสดงการขึ้นปูนทำแนวสันหลังคา 96

ภาพที่ 5.119 แสดงการขึ้นขอบปูนด้านล่าง 96

ภาพที่ 5.120 แสดงขอบปูนแนวสันหลังคาโดม 96

ภาพที่ 5.121 แสดงการติดไม้อัดด้านใน 97

ภาพที่ 5.122 แสดงการทาสีภายใน 97

ภาพที่ 5.123 แสดงภายในโครงสร้างหลังคาโดม 97

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนผัง

หน้า

แผนผังที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการผลิต GRC. ด้วยวิธีพ่น 27

แผนผังที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการผลิต GRC. ด้วยวิธีผสม 28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้การออกแบบสถาปัตยกรรมล้วนต้องการสร้างสรรค์ผลงานให้มีความสวยงามแปลกใหม่มากขึ้นเพื่อให้งานสถาปัตยกรรมมีความน่าสนใจ จึงมักจะพบเห็นสถาปนิกมักจะเลือกใช้รูปทรงหลังคาโค้งหรือหลังคาโดมมาประกอบในงานสถาปัตยกรรมอยู่เสมอ เพราะสามารถช่วยเพิ่มความรู้สึกทำให้งานสถาปัตยกรรมนั้นดูหรูหรา สวยงาม และมีความน่าสนใจมากขึ้น แต่ในเรื่องการก่อสร้างหลังคาโค้ง หลังคาโดม หรือหลังคาที่มีรูปทรงซับซ้อนต่างๆ หากใช้ระบบคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่นั้น สามารถทำได้ยาก ทั้งในเรื่องการทำไม้แบบ การดัดเหล็ก การผูกเหล็ก การทำผิวให้เรียบสม่ำเสมอ จึงมีการคิดวิธีนำวัสดุอื่นๆมาใช้ เช่นคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. (Glassfibre Reinforced Concrete) หรือ วัสดุสำหรับใช้มุงหลังคาโค้งหรือโดมโดยเฉพาะเช่น แผ่นกระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) เพราะสามารถช่วยให้งานก่อสร้างที่มีรูปทรงโค้ง ทรงโดม หรือรูปทรงที่มีความซับซ้อนมากๆนั้นทำได้ง่ายมากขึ้น มีความแข็งแรง สวยงาม ประหยัดเวลา สามารถทำซ้ำได้จำนวนมาก ดังนั้นการใช้วัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. หรือแผ่นกระเบื้องยางมะตอยนั้น สถาปนิก หรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างมีความจำเป็นและควรจะต้องศึกษารูปแบบ ข้อจำกัด และวิธีการต่างๆเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและสามารถนำไปตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีหรือวัสดุชนิดใหม่ๆให้เหมาะสมตรงกับความต้องการของงานประเภทต่างๆ

คอนกรีตเสริมใยแก้ว หรือ GRC. (Glassfibre Reinforced Concrete) เป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก เพราะสามารถผลิตได้รวดเร็ว มีประสิทธิภาพสูง มีความแข็งแรงทนทานเทียบเท่าคอนกรีตเสริมเหล็กแบบเดิม แต่มีน้ำหนักเบากว่ามาก สามารถผลิต หรือขึ้นรูปให้มีขนาดบางได้ตั้งแต่ 6มม. และสามารถขึ้นรูปได้หลากหลายสามารถนำไปใช้ในงานประเภทต่างๆได้เช่น ผนัง หลังคา กระเบื้อง คิ้วบัวประดับอาคาร รูปปูนปั้น หลังคาโค้ง หลังคาโดม ทำให้ GRC นั้นเป็นวัสดุที่มีความอเนกประสงค์มากกว่าคอนกรีตเสริมเหล็กแบบเดิม ซึ่งใยแก้วในปัจจุบันเป็นวัสดุที่มีความทนทานต่อแรงดึงสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยประเภทอื่นๆ หากเรานำไปเสริมแรงกับซีเมนต์ซึ่งมีคุณสมบัติในการรับแรงอัด ทำให้ได้วัสดุใหม่ที่มีความน่าสนใจ เป็นคอนกรีตประสานแรงที่มีความแข็งแรง มีน้ำหนักเบา ไม่เกิดปัญหาเปราะหรือแตกร้าว ติดตั้งง่าย ทาสีทับหรือผสมสีในเนื้องานได้เหมือนงานคอนกรีตทั่วไป สามารถผลิตงานจำนวนมากๆได้ง่ายและรวดเร็ว ไม่ติดไฟ

ไม่ผุพัง สามารถตัดเจาะได้ มีความยืดหดตัวน้อยมาก สามารถหล่อหรือขึ้นรูปเป็นรูปทรงต่างๆได้อย่างอิสระ

หลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) หรือที่คนทั่วไปมักเรียกว่า ชิงเกิ้ลรูฟ (Shingles Roof) นั้นเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ มีน้ำหนักเบา ไม่สะสมความร้อน ระบายความร้อนเร็ว ติดตั้งได้ง่าย สามารถติดบนหลังคาโค้งได้เกือบทุกรูปทรง มีความทนทานสูง ซึ่งวัสดุมีส่วนประกอบคือใส้กลางเป็นแผ่นไฟเบอร์ หุ้มด้วยยางมะตอยทั้ง 2 ด้าน มีทั้งรุ่น1ชั้นและ 2 ชั้น รับประกันวัสดุ 20-30 ปี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาในการก่อสร้างหลังคาประเภทโดม ที่ใช้ระบบก่อสร้างและวัสดุประเภท คอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. (Glassfibre Reinforced Concrete) เปรียบเทียบกับระบบก่อสร้างและวัสดุ ประเภทแผ่นกระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) ซึ่งจะศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

1.2.1 ศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆของวัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) เพื่อศึกษาหาสาเหตุ และปัจจัยต่างๆในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุ GRC. ในงานสถาปัตยกรรมประเภทหลังคาโค้ง และหลังคาโดม

1.2.2 ศึกษากรรมวิธีการผลิต การขนย้าย การติดตั้ง คอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) ในงานสถาปัตยกรรมประเภทหลังคาโค้ง และหลังคาโดม

1.2.3 ศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆของวัสดุหลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) เพื่อศึกษาหาสาเหตุ และปัจจัยต่างๆในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุกระเบื้องยางมะตอยในงานสถาปัตยกรรมประเภทหลังคาโค้ง และหลังคาโดม

1.2.4 ศึกษากรรมวิธีการผลิต การขนย้าย การติดตั้งหลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) ในงานสถาปัตยกรรมประเภทหลังคาโค้ง และหลังคาโดม

1.2.5 ศึกษาเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของวัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) กับหลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) ในงานสถาปัตยกรรมประเภทหลังคาโค้ง และหลังคาโดม

1.2.6 เพิ่มความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) และ แผ่นหลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) เพื่อให้สถาปนิกหรือ วิศวกร รู้จักวัสดุประเภทอื่นๆมากขึ้น และสามารถเลือกใช้วัสดุใหม่ๆมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมประเภทหลังคาโค้ง และหลังคาโดมได้อย่างเหมาะสม สามารถประยุกต์ ดัดแปลง ปรับปรุงให้นำไปใช้ในงานสถาปัตยกรรมรูปแบบอื่นๆได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยการก่อสร้างหลังคาประเภทหลังคาโดมนี้จะทำการศึกษาระบบการก่อสร้างและวัสดุในการก่อสร้าง ประเภท คอนกรีตเสริมใยแก้ว และ แผ่นหลังคากระเบื้องยางมะตอย โดยศึกษาโครงการหมู่บ้านชวนชื่น มารีน่า แจ้งวัฒนะ และ โครงการ The Wisdom Apartment ที่มีส่วนประกอบอาคารเป็นหลังคาประเภทโดมที่มีขนาดใกล้เคียงกัน โดยทำการศึกษาในประเด็นต่างๆดังนี้

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติต่างๆรูปแบบของวัสดุ คอนกรีตเสริมใยแก้ว และ แผ่นหลังคากระเบื้องยางมะตอย และการนำไปใช้ในงานสถาปัตยกรรม

1.3.2 ศึกษากรรมวิธีการผลิต การขนย้าย การติดตั้งวัสดุ คอนกรีตเสริมใยแก้ว และ แผ่นหลังคากระเบื้องยางมะตอย โดยเก็บข้อมูลจากโรงงานผลิต และข้อมูลจากหน้างานก่อสร้าง โดยการดูตัวอย่างกรณีศึกษาจากงานจริง

1.3.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติ ข้อดีข้อเสีย ของวัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว เปรียบเทียบกับแผ่นหลังคากระเบื้องยางมะตอย ในเรื่องความแข็งแรงทนทาน ความรวดเร็ว ความสวยงาม และราคาการก่อสร้าง โดยเก็บข้อมูลจากงานจริง

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

การศึกษาในครั้งนี้ ใช้วิธีการเฝ้าดูสังเกตการณ์ การดำเนินการก่อสร้างในส่วนหลังคาโดมของโครงการหมู่บ้านชวนชื่น มารีน่า แจ้งวัฒนะ และ โครงการ The Wisdom Apartment ที่มีส่วนประกอบอาคารเป็นหลังคาประเภทโดมที่มีขนาดและรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน ทำการศึกษาโดยใช้วิธีการสังเกตการณ์ ถ่ายภาพ จดบันทึก และการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง ผู้เชี่ยวชาญ คณาจารย์ เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบการก่อสร้างทั้ง 2 ระบบ ในเรื่องเทคนิคการก่อสร้าง ปัญหา อุปสรรค ต้นทุนการก่อสร้าง และระยะเวลาการก่อสร้าง

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ มีระยะเวลาในการดำเนินการศึกษา 2 ภาคการศึกษา ผู้ทำการศึกษาได้เลือกเก็บข้อมูลภาคสนามเกี่ยวกับการก่อสร้างหลังคาประเภทโดม ซึ่งหาตัวอย่างกรณีศึกษาได้ยากในช่วงเวลาที่ผู้ทำการศึกษากำลังทำการวิจัย ทำให้ไม่สามารถหากรณีศึกษาที่มีหลังคาโดมรูปแบบและขนาดที่เท่ากันได้ หาได้เพียงกรณีศึกษาที่ขนาดใกล้เคียงกันเท่านั้น จากโครงการหมู่บ้านชวนชื่น มารีน่า แจ้งวัฒนะ และ โครงการ The Wisdom Apartment ที่มีส่วนประกอบอาคารเป็นหลังคาประเภทโดมที่มีขนาดใกล้เคียงกัน แต่มีปัจจัยในการดำเนินการก่อสร้างที่ต่างกัน เช่น รูปแบบของหลังคาโดม ช่วงเวลาในก่อสร้างหลังคาของทั้ง 2 โครงการมีระยะเวลาห่างกันมาก ทำให้เกิดความล่าช้าในการวิจัย และมีระบบการบริหารงานของทั้ง 2 โครงการที่แตกต่างกัน มีการเปลี่ยนผู้รับเหมาก่อสร้าง ทำให้การวิจัยเก็บข้อมูลลำบาก และความร่วมมือในการให้ข้อมูลของผู้เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้ศึกษาไม่สามารถควบคุมรายละเอียดการก่อสร้างทั้งหมดได้

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 การก่อสร้างระบบคอนกรีตเสริมเหล็กแบบเดิม หมายถึง การก่อสร้างระบบที่ใช้วิธีการขึ้นไม้แบบ และผูกเหล็กเป็นรูปทรงโดม แล้วทำการเทคอนกรีต ให้เป็นหลังคา คสล. ซึ่งทำในที่ก่อสร้าง

1.6.2 การก่อสร้างระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. (Glassfibre Reinforced Concrete) หมายถึง การก่อสร้างระบบที่ใช้ใยแก้วที่มีความทนทานต่อแรงดึง เสริมแรงกับซีเมนต์ ทำการขึ้นรูปทรงและผลิตเป็นชิ้นส่วนสำเร็จในโรงงานผลิต แล้วจึงยกไปติดตั้งในที่ก่อสร้าง

1.6.3 การก่อสร้างระบบหลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) หมายถึง การก่อสร้างระบบโครงสร้างเหล็ก ปิดด้วยไม้อัด แล้วปูด้วยแผ่นกระเบื้องยางมะตอย ซึ่งทำในที่ก่อสร้าง

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ช่วยให้สถาปนิก วิศวกร ผู้รับเหมา หรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างนั้นมีความรู้ความเข้าใจในวัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) และหลังคายางกระเบื้องมะตอย (Asphalt Shingles) มากขึ้นกว่าเดิม เพิ่มทางเลือกในการเลือกใช้เทคโนโลยี หรือวัสดุแบบใหม่ๆ

1.7.2 ช่วยให้สถาปนิกสามารถออกแบบสร้างสรรค์งานสถาปัตยกรรมรูปแบบอื่นๆได้ง่ายและหลากหลายมากยิ่งขึ้น เพราะสามารถขึ้นรูปทรงได้ไม่จำกัด

1.7.3 ช่วยให้มีทางเลือกในการก่อสร้างด้วยวัสดุประเภทอื่นๆ และช่วยเพิ่มขีดจำกัดในการก่อสร้างให้มีมากยิ่งขึ้น

1.7.4 ช่วยให้สามารถนำวัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) และหลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) ไปปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการในงานก่อสร้างประเภทหลังคาโค้ง หรือหลังคาโดม หรือหลังคาที่มีรูปแบบซับซ้อนได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.8 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานั้นมีระเบียบการวิจัยและมีขั้นตอนการศึกษาเป็นขั้นตอนใหญ่ๆดังต่อไปนี้

1.8.1 การสำรวจและศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) และหลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) ได้แก่

1.8.1.1 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุ และรูปแบบการนำไปใช้ในงานประเภทหลังคาโค้ง และหลังคาโดม

1.8.1.2 ศึกษาขั้นตอนกระบวนการผลิตวัสดุ GRC.

1.8.1.3 ศึกษาขั้นตอนการติดตั้งวัสดุ GRC.

1.8.2 ศึกษาประโยชน์ข้อดีข้อเสียของวัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) เปรียบเทียบกับหลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) ในงานประเภทหลังคาโค้ง และหลังคาโดม

1.8.3 กำหนดวัตถุประสงค์และประเด็นปัญหา

1.8.3.1 เพื่อเปรียบเทียบการเลือกใช้วัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) เปรียบเทียบกับหลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) ในเรื่องความแข็งแรงทนทาน ความรวดเร็ว ความสวยงาม และราคาการก่อสร้าง

1.8.3.2 เลือกบริษัทที่ผลิต คอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) และ หลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) เพื่อทำการศึกษาขั้นตอนและกรรมวิธีการผลิต

1.8.3.3 เลือกอาคารที่จะศึกษาเป็นกรณีศึกษาในเรื่องรูปแบบและวิธีการติดตั้ง ความสวยงาม ความแข็งแรง ระยะเวลาในการก่อสร้าง ราคาการก่อสร้าง

1.8.3.4 เพื่อหาข้อเสนอแนะในการเลือกใช้วัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) และหลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) ในงานสถาปัตยกรรมประเภทหลังคาโค้ง และหลังคาโดม ได้อย่างเหมาะสม

1.8.4 การออกแบบและกำหนดเครื่องมือวิจัย

1.8.4.1 กำหนดรายละเอียดที่ต้องการศึกษา

1.8.4.2 สร้างใบบันทึกข้อมูลเพื่อใช้สำหรับกรอกข้อมูลที่จะทำการศึกษาในแต่ละช่วงว่าต้องการข้อมูลอะไรบ้าง เช่นรูปแบบหรือลักษณะงานที่เลือกใช้วัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) และ หลังคากระเบื้องยางมะตอย (Asphalt Shingles) สาเหตุที่เลือกใช้ ผังอาคาร ผังโครงสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง งบประมาณการก่อสร้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.8.4.3 ทำการสังเกตกรรมวิธีการผลิตและการติดตั้ง บันทึกข้อมูลต่างๆด้วยการจดบันทึก การวัด การบันทึกภาพ การบันทึกเสียง อย่างละเอียด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผล

1.8.4.4 ทำการสัมภาษณ์ กำหนดประเด็นคำถามในการสัมภาษณ์บุคคลต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่นผู้ผลิต สถาปนิก วิศวกร ผู้รับเหมา เจ้าของโครงการ เพื่อให้ทราบถึงข้อดีข้อเสียหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้างจริง

1.8.5 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยละเอียด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลในภายหลัง เช่น ลักษณะของแหล่งข้อมูล แหล่งที่มาข้อมูล เช่นการจดบันทึก เทปบันทึกเสียง ภาพถ่าย ผังอาคาร

1.8.6 การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปข้อมูลการวิจัย โดยการแยกแยะข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ทำการวิเคราะห์โดยวิธีการบรรยายและใช้วิธีการเปรียบเทียบ แยกตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.8.7 การอภิปรายข้อมูลที่ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อระบุสาเหตุ ปัญหาที่พบ ข้อดีข้อเสีย โดยแยกเป็นประเด็นต่างๆที่ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูล

1.8.8 การสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ เป็นการจัดกลุ่มผลที่ได้เพื่อความชัดเจนและง่ายต่อการทำความเข้าใจ และเสนอแนะหาแนวทางอื่นๆในการปรับปรุงหรือพัฒนาการใช้วัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) และ หลังคายางมะตอย (Asphalt Shingles)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

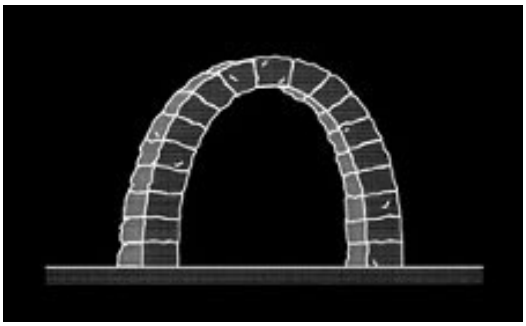
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติศาสตร์ของหลังคาโดม

อาคารโครงสร้างหลังคาโดมส่วนมาก สร้างกันในประเทศแถบยุโรป อเมริกาเหนือ และญี่ปุ่น ต้นแบบที่เป็นมาจนถึงปัจจุบันคือ โครงสร้างโดมที่สร้างในสมัยกรีกโบราณ "Treasure of Atreus" หลังจากนั้นมีการพัฒนาใช้เป็นโครงสร้างอาคารทางศาสนาที่สำคัญในสมัยโรมัน และสมัยไบเซนทีน จนถือเป็นสัญญลักษณ์ของคริตส์ศาสนาอันหนึ่ง ต่อมาในสมัยศตวรรษที่ ๒๐ ได้มีการพัฒนาการออกแบบและเทคโนโลยีกว้างขวางขึ้นในแถบอเมริกาเหนือ เพื่อเป็นอาคารกีฬาขนาดใหญ่ และมีรูปร่างแตกต่างมากมายในประเทศญี่ปุ่น การสร้างอาคาร Tokyo Dome ถือว่าเป็นการกระตุ้นที่สำคัญ ทำให้เกิดการก่อสร้างและออกแบบใหม่ๆสำหรับอาคารโครงสร้างหลังคาโดมปัจจุบัน

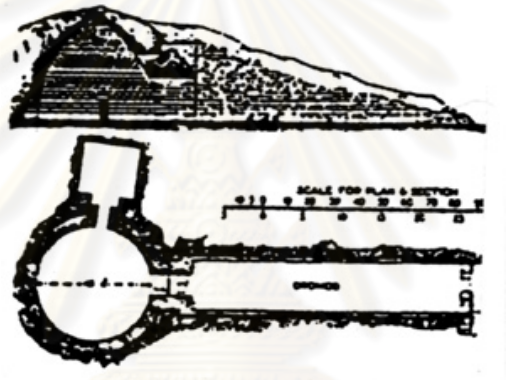
มีการก่อสร้างหลายแบบที่ใช้กับโครงสร้างโดม ลักษณะการก่อสร้างที่หลากหลายนี้ทำให้เกิดโครงสร้างโดมแบบใหม่ๆขึ้น ในแง่ประวัติศาสตร์เท็คนิคการก่อสร้างเป็นตัวกำหนด หรือเป็นข้อจำกัดในการออกแบบ ด้วยการสะสมประสบการณ์ทางด้านเท็คโนโลยี ด้านการก่อสร้างที่มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการก่อสร้างอาคารโครงสร้างหลังคาโดมขึ้นมากมายในปัจจุบันนี้ โดยจะมีรูปแบบของโครงสร้างต่างๆดังนี้

2.1.1 Masonry Structures ในอดีต มนุษย์สร้างที่อยู่อาศัยโดยใช้วัสดุธรรมชาติที่หาได้ในบริเวณใกล้เคียง ในสมัยโบราณชาวอียิปต์ เมโสโปเตเมีย และกรีก สามารถหาวัสดุจำพวกหินและอิฐได้ง่าย วัสดุเหล่านี้ต้านแรงอัดได้ดีกว่าแรงดึง สำหรับโครงสร้างขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้โครงสร้างโค้งรับแรงอัด ประกอบกันเป็นรูปโดม (Arch) โครงสร้างโดมเริ่มสร้างกันในศตวรรษที่ 14 สมัยกรีก แล้วมีวิวัฒนาการต่อเนื่องปรากฏต่อมาภายหลังคือ The Roman Pantheon, The Byzantine Hagia Sophia, และ The Florence Cathedral ในสมัยเรเนซองค์ ลักษณะโดมเหล่านี้ถือเป็นสัญลักษณ์ของศาสนา



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างแบบ Masonry Structures

2.1.1.1 Treasury of Atreus ประเทศ Greece เมือง Mycenae สร้างเสร็จเมื่อ 14 th century B.C. มีช่วงพาดกว้าง 14.6 เมตร



ภาพที่ 2.2 Treasury of Atreus

2.1.1.2 Pantheon ประเทศ Italy เมือง Rome สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.124 มีช่วงพาดกว้าง 43 เมตร

ภาพที่ 2.3 Pantheon

2.1.1.3 Hagia Sophia ประเทศ Turkey เมือง Istanbul สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.537 มีช่วงพาดกว้าง 32 เมตร

ภาพที่ 2.4 Hagia Sophia

2.1.1.4 Santa Maria del Fiore ประเทศ Italy เมือง Florence สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1420 มีช่วงพาดกว้าง 42 เมตร

ภาพที่ 2.5 Santa Maria del Fiore

2.1.1.5 San Pietro Citta del Vaticano ประเทศ Italy เมือง Rome สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1593 มีช่วงพาดกว้าง 42 เมตร

ภาพที่ 2.6 San Pietro Citta del Vaticano

2.1.1.6 St. Paul's Cathedral ประเทศ U.K. เมือง London สร้างเสร็จเมื่อปี คศ. 1710 มีช่วงพาดกว้าง 33 เมตร

ภาพที่ 2.7 St. Paul's Cathedral

2.1.2 Reinforced Concrete Structures โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการต้านแรงได้สูง เพราะการรวมตัวกันของคอนกรีตและเหล็กเสริม โดยคอนกรีตทำหน้าที่รับแรงอัดในขณะที่เหล็กรับแรงดึงได้ดี ทำให้โครงสร้างสามารถออกแบบให้มีรูปร่างอิสระได้มากขึ้น เช่นสามารถทำผืนผิวโค้งของรูปโดมได้ต่อเนื่องกัน เป็นผิวเปลือกที่บางและแข็งแรง เช่นเดียวกับผิวเปลือกไข่ อาคาร The Leipzig Market ประเทศเยอรมัน ใช้โครงสร้างผิวเปลือกลักษณะนี้

ภาพที่ 2.8 โครงสร้างแบบ Reinforced Concrete Structures

2.1.2.1 Leipzig Market ประเทศ Germany เมือง Leipzig สร้างเสร็จเมื่อปี คศ. 1928 มีช่วงพาดกว้าง 76 เมตร

ภาพที่ 2.9 Leipzig Market

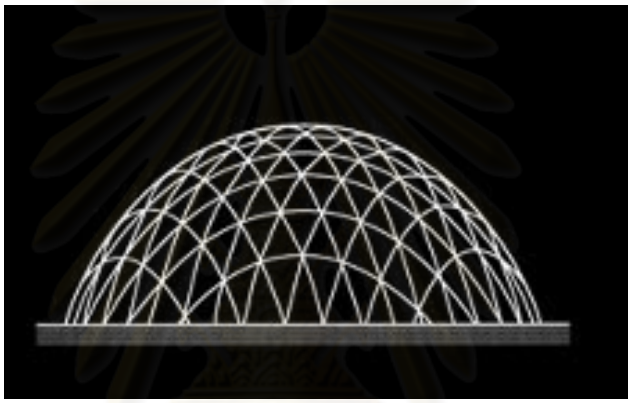
2.1.2.2 Algeciras Market ประเทศ Spain เมือง Algeciras สร้างเสร็จเมื่อปี คศ. 1933 มีช่วงพาดกว้าง 48 เมตร

ภาพที่ 2.10 Algeciras Market

2.1.2.3 King Dome ประเทศ U.S.A. เมือง Seattle สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1976 มีช่วงพาดกว้าง 202 เมตร

ภาพที่ 2.11 King Dome

2.1.3 Steel Structures วัสดุเหล็กสามารถทำให้มีคุณสมบัติรับแรงอัดและแรงดึงได้ดีกว่าวัสดุคอนกรีต และยังทำให้น้ำหนักของโครงทั้งหมดเบากว่าด้วย โครงสร้างเหล็กมักจะประกอบกันเป็นโครงประสานสามมิติ ทำให้พาดช่วงได้กว้างขวางกว่าการประสานด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถวิเคราะห์และคำนวนแรงเค้นที่เกิดในโครงได้ชัดเจน และด้วยการออกแบบที่ก้าวหน้าตรงจุดเชื่อม ทำให้เกิดรูปทรงที่ประกอบกันของหน่วยหลักต่อเนื่องกัน โครงสร้างเหล็กเป็นที่นิยมสร้างกันในปัจจุบันมากกว่าวัสดุอื่น เช่นอาคาร the 200-meter Astro Dome and Super Dome ในประเทศสหรัฐอเมริกา และ the Fukuoka และ Nagoya domes ในประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น

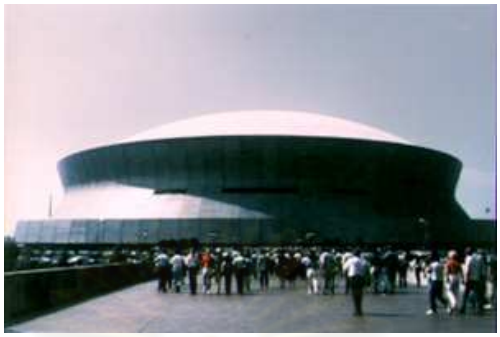


ภาพที่ 2.12 โครงสร้างแบบ Steel Structures

2.1.3.1 Astro Dome ประเทศ U.S.A. เมือง Houston สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1965 มีช่วงพาดกว้าง 196 เมตร

ภาพที่ 2.13 Astro Dome

2.1.3.2 Super Dome ประเทศ U.S.A. เมือง New Orleans สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1975 มีช่วงพาดกว้าง 207 เมตร



ภาพที่ 2.14 Super Dome

2.1.3.3 Sky Dome ประเทศ Canada เมือง Toronto สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1989 มีช่วงพาดกว้าง 208 เมตร

ภาพที่ 2.15 Sky Dome

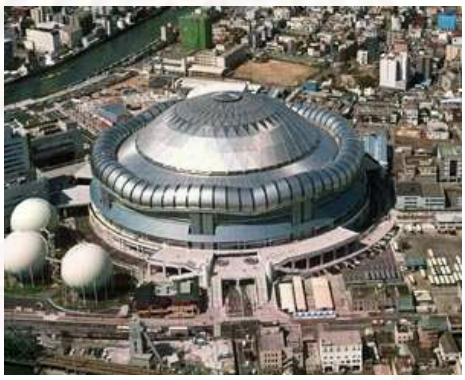
2.1.3.4 Fukuoka Dome ประเทศ Japan เมือง Fukuoka สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1993 มีช่วงพาดกว้าง 212 เมตร

ภาพที่ 2.16 Fukuoka Dome

2.1.3.5 Nagoya Dome ประเทศ Japan เมือง Nagoya สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1997 มีช่วงพาดกว้าง 187 เมตร

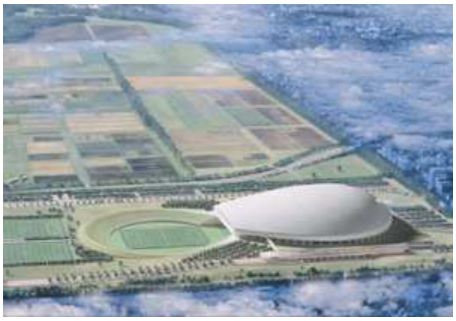
ภาพที่ 2.17 Nagoya Dome

2.1.3.6 Osaka Dome ประเทศ Japan เมือง Osaka สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1997 มีช่วงพาดกว้าง 167 เมตร



ภาพที่ 2.18 Osaka Dome

2.1.3.7 Sapporo Dome ประเทศ Japan เมือง Sapporo สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.2001 มีช่วงพาดกว้าง 218 เมตร



ภาพที่ 2.19 Sapporo Dome

2.1.3.8 Oita Prefectural Park Stadium ประเทศ Japan เมือง Oita สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.2001 มีช่วงพาดกว้าง 274 เมตร

ภาพที่ 2.20 Oita Prefectural Park Stadium

2.1.4 Air-inflated Membrane Structures โครงสร้างอัดอากาศ พัฒนาจากหลักการของบอลลูน โดยกำหนดรูปร่างของอาคารโดยเฉพาะส่วนหลังคา มี 2 ประเภทคือแบบอัดให้แรงดันอากาศอยู่ภายในโครงสร้าง และแบบอัดอากาศอยู่ภายในอาคาร โดยทำให้มีปริมาณอากาศมากกว่าแรงดันอากาศภายนอก จึงสามารถรับน้ำหนักหลังคาได้ และแสงสว่างยังสามารถส่องผ่านวัสดุหลังคาสู่บริเวณภายในอาคารได้พอสมควร โครงสร้างแบบนี้มักใช้กับอาคารสนามกีฬาทั่วไปในสหรัฐอเมริกา เช่น The Silver Dome และ The Metro Dome ในประเทศญี่ปุ่น เช่น อาคาร the Tokyo Dome เป็นต้น

ภาพที่ 2.21 โครงสร้างแบบ Air-inflated Membrane Structures

2.1.4.1 Silver Dome ประเทศ U.S.A. เมือง Pontiac สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1975 มีช่วงพาดกว้าง 220 x 168 เมตร

ภาพที่ 2.22 Silver Dome

2.1.4.2 Metro Dome ประเทศ U.S.A. เมือง Minneapolis สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1982 มีช่วงพาดกว้าง 215 x 180 เมตร

ภาพที่ 2.23 Metro Dome

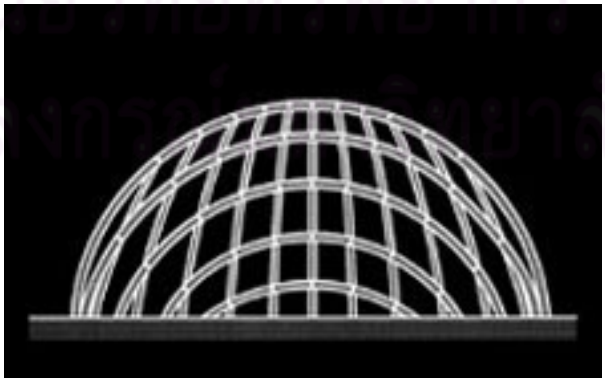
2.1.4.3 B.C. Place Stadium ประเทศ Canada เมือง Vancouver สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1983 มีช่วงพาดกว้าง 232 x 190 เมตร

ภาพที่ 2.24 B.C. Place Stadium

2.1.4.4 Tokyo Dome ประเทศ Japan เมือง Tokyo สร้างเสร็จเมื่อปี คศ.1988 มีช่วงพาดกว้าง 201 เมตร

ภาพที่ 2.25 Tokyo Dome

2.1.5 Wooden Structures (Glued Laminated Wood) ชาวญี่ปุ่นคุ้นเคยกับโครงสร้างวัสดุไม้มานานในอดีต แต่มักจะเป็นอาคารขนาดเล็กๆเท่านั้น แต่ปัจจุบันได้พัฒนาให้เป็นชิ้นส่วนเล็กบางเบา โดยการประกอบกันเป็นแผ่นผืนในลักษณะของ LAMELLA หรืออัดเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้างผสม หรือการเชื่อมประสานกับโครงเหล็ก โดยที่ไม้เป็นวัสดุธรรมชาติให้ความรู้สึกดีกว่าวัสดุเหล็กหรือคอนกรีต โดยคุณสมบัตินั้นจะขึ้นอยู่กับการพัฒนาด้านเทคโนโลยี โครงสร้างไม้แบบผสมผสานนี้ใช้กับอาคารใหญ่ในปัจจุบันคืออาคาร Tacoma Dome และ North Michigan University Stadium ในประเทศสหรัฐอเมริกา และ Odate Jukai Dome ในประเทศญี่ปุ่น ขนาดโดมของอาคารเหล่านี้มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ ๑๖๐-๑๘๐ เมตร



ภาพที่ 2.26 โครงสร้างแบบ Wooden Structures

2.1.5.1 Tacoma Dome ประเทศ U.S.A. เมือง Tacoma สร้างเสร็จเมื่อปี 1983 มีช่วงพาดกว้าง 160 เมตร

ภาพที่ 2.27 Tacoma Dome

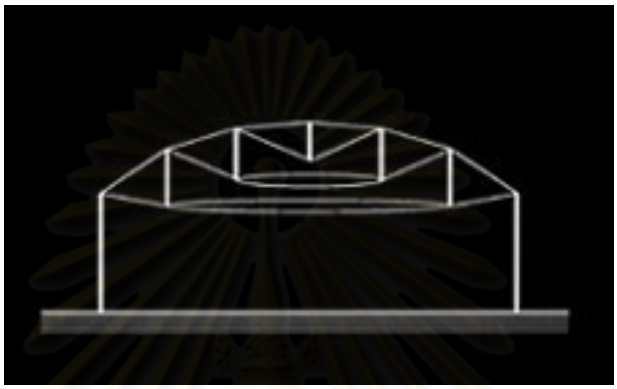
2.1.5.2 Northern Michigan University Stadium ประเทศ U.S.A. เมือง Marquette สร้างเสร็จเมื่อปี 1982 มีช่วงพาดกว้าง 160 เมตร

ภาพที่ 2.28 Northern Michigan University Stadium

2.1.5.3 Odate Jukai Dome ประเทศ Japan เมือง Odate สร้างเสร็จเมื่อปี 1997 มีช่วงพาดกว้าง 178 เมตร

ภาพที่ 2.29 Odate Jukai Dome

2.1.6 Cable Structures สายเคเบิลสามารถยืดได้ตรงและน้ำหนักเบา จึงเป็นวัสดุที่มีประโยชน์สำหรับโครงสร้างช่วงกว้างทำหน้าที่ในการรับแต่แรงดึง โดยวัสดุเคเบิลสามารถพาดและประสานกันเป็นผืนตาราง ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวางและเป็นโครงสร้างเบา รับน้ำหนักหลังคาได้มาก หลังคาโดมที่ใช้เทคนิกนี้คือ Suncoast Dome และ Georgia Dome สร้างในประเทศสหรัฐอเมริกา



ภาพที่ 2.30 โครงสร้างแบบ Cable Structures

2.1.6.1 Suncoast Dome ประเทศ U.S.A. เมือง St. Peterburg สร้างเสร็จเมื่อปี 1990 มีช่วงพาดกว้าง 210 เมตร

ภาพที่ 2.31 Suncoast Dome

2.1.6.2 Georgia Dome ประเทศ U.S.A. เมือง Atlanta สร้างเสร็จเมื่อปี 1992 มีช่วงพาดกว้าง 240 x 210 เมตร

ภาพที่ 2.32 Georgia Dome

2.1.6.3 Millennium Dome ประเทศ U.K. เมือง London สร้างเสร็จเมื่อปี 1999 มีช่วงพาดกว้าง 365 เมตร

ภาพที่ 2.33 Millennium Dome

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การศึกษาค้นคว้าวัสดุก้าวหน้า

2.2.1 แผ่นคอนกรีตเสริมใยแก้ว

จี อาร์ ซี (GRC = Glass-friber Reinforced Cement) คือการพัฒนานำเอาใยแก้วชนิดที่ทนฤทธิ์ด่างในปูนซีเมนต์ได้ มาเสริมแรงให้กับปูนซีเมนต์ในทางรับแรงแทนเหล็กเสริมในคอนกรีตเสริมเหล็กแบบเดิม

2.2.1.1 คุณสมบัติของ GRC. เนื่องจาก GRC. คือซีเมนต์เสริมแรงด้วยใยแก้ว จึงทำให้เป็นแผ่นคอนกรีตได้บางกว่า คอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งยังสามารถจับยึดได้มากกว่า มีขนาดเส้นใยแก้วทั้งสั้นและยาวทำให้สามารถขึ้นรูปได้อย่างอิสระ อาจนำไปใช้งานชลประทาน งานทางและถนน ท่อระบายน้ำ กระถางต้นไม้ ลวดลายตกแต่งภายใน และภายนอก นอกจากนี้ GRC. ยังสามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1200°c ดูดซับเสียงและแรงกระแทกได้มาก สามารถทำให้ผิวเรียบโดยไม่ต้องฉาบซ้ำ มีน้ำหนักเบา ยกติดตั้งได้สะดวก สามารถตัดด้วยเลื่อย และตอกตะปูได้

2.2.1.2 ชนิดของแผ่น

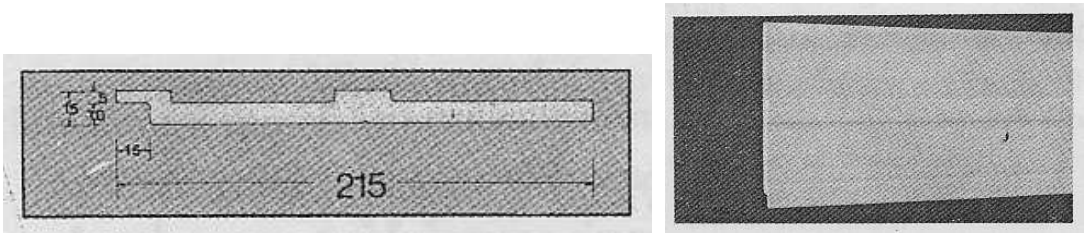
2.2.1.2.1 แบบแผ่นสำหรับนำไปใช้ทำฝาผนัง

2.2.1.2.2 แผ่นปิดมุม และบัวเชิงผนัง

2.2.1.3 ขนาดและการนำไปใช้

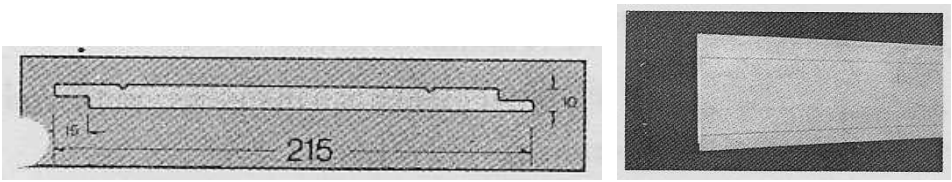
2.2.1.3.1 แผ่นผนัง ประกบด้วยผนัง 3 แบบ ดังนี้

- แผ่นสันกลางรางลิ้น เป็นฝานอนหรือฝ้าเพดาน เข้าลิ้นมีสันกลาง ใช้ตีเป็นฝาผนังหรือฝ้าเพดาน สามารถพลิกแพลงใช้งานได้หลายแบบทั้งแนวตั้งและแนวนอน หรือแนวเฉียง



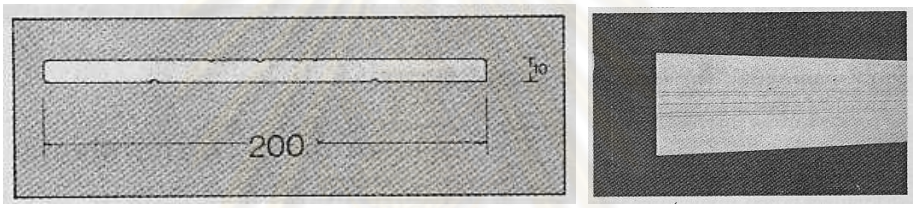
ภาพที่ 2.34 แสดงแผ่นสันกลางรางลิ้น

- แผ่นเรียบรางลิ้น เป็นแผ่นเรียบขอบเข้าลิ้นทำให้ผนังดูเรียบและมีร่องที่ผิวตามความยาวของแผ่น



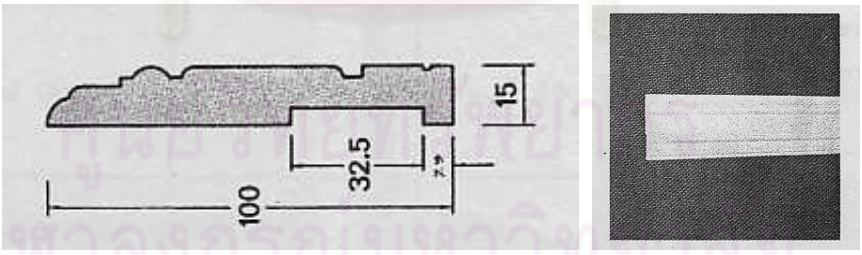
ภาพที่ 2.35 แสดงแผ่นเรียบรางลิ้น

- แผ่นเรียบ เป็นแผ่นเรียบแต่เซาะร่องที่ผิวทั้งสองหน้าใช้ทำฝาตั้งซ้อนแผ่น หรืองานเอนกประสงค์ เช่นใช้ตีเป็นฝาผนังแบบซ้อนเกล็ด หรือซอยครึ่งแผ่นใช้เป็นบัวเชิงผนังหรือเชิงชาย

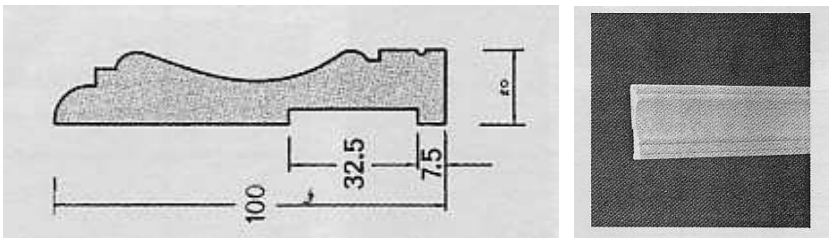


ภาพที่ 2.36 แสดงแผ่นเรียบ

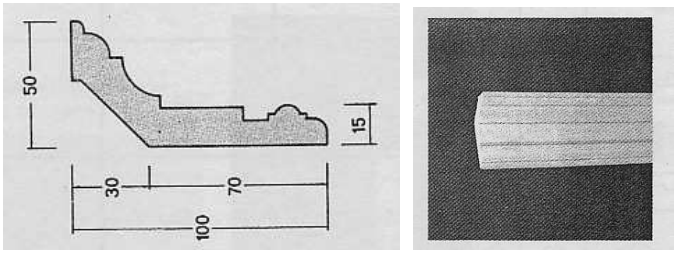
2.2.1.3.2 แผ่นตบแต่ง ในส่วนที่จะใช้กับบัวเชิงผนัง บัวประดับหน้าต่าง บัวฝ้าต้อนมุม หรือบัวมุม จะทำให้เพิ่มความงดงามน่าอยู่ให้แก่ห้องยิ่งขึ้น



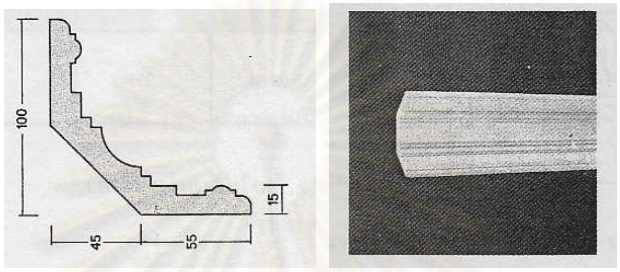
ภาพที่ 2.37 แสดงบัวเชิงผนัง



ภาพที่ 2.38 แสดงบัวประดับหน้าต่าง



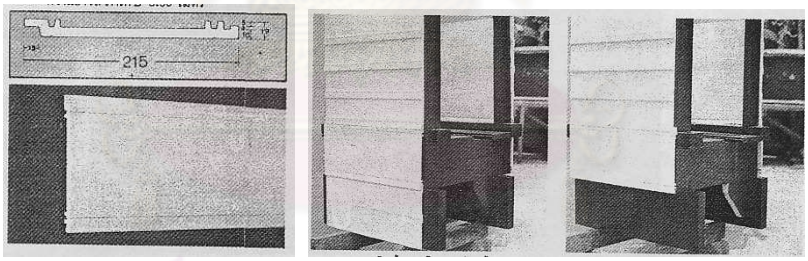
ภาพที่ 2.39 แสดงบัวมุม 2 x 4 นิ้ว



ภาพที่ 2.40 แสดงบัวมุม 4 x 4 นิ้ว

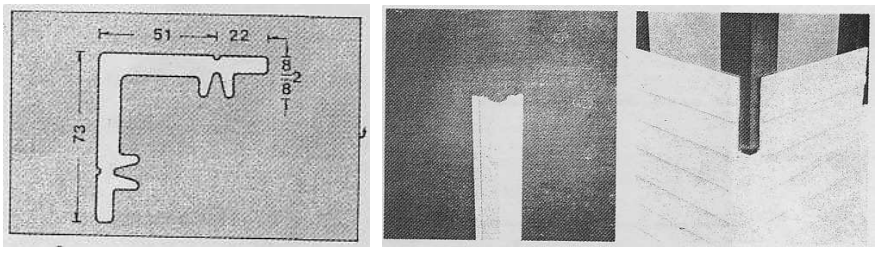
2.2.1.3.3 แผ่นปิดตงและปิดส่วนมุมผนัง

- แผ่นปิดตงเพิ่มความเรียบร้อยให้แก่อาคารชั้นเดียวและสองชั้น



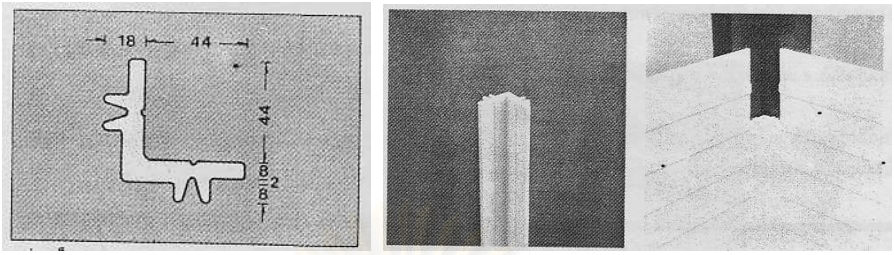
ภาพที่ 2.41 แสดงแผ่นปิดตง

- แผ่นปิดมุมนอก เพื่อเป็นการป้องกันรอยต่อในส่วนมุมของผนังอาคาร และให้ดูเรียบร้อยแก่อาคารส่วนรวม



ภาพที่ 2.42 แสดงแผ่นปิดมุมนอก

- แผ่นปิดมุมใน โดยเฉพาะในส่วนผนังภายใน ที่แยกผนังฉากจากกัน มุมฉากที่เว้าจะใช้แผ่นปิดมุมใน ทาบให้ได้ดิ่งได้แนว จะทำให้มุมห้องสวยงาม



ภาพที่ 2.43 แสดงแผ่นปิดมุมใน

2.2.1.3.4 ราคาของผลิตภัณฑ์ แผ่นผนังทันสมัยของ (ของบริษัท พี.พี.)

ตารางที่ 2.1 ราคาของผลิตภัณฑ์ ราคาแผ่นผนังทันสมัยของ (ของบริษัท พี.พี.)

ผลิตภัณฑ์	รหัส	ชื่อ	ความยาว	ราคา/แผ่น	ความยาว	ราคา/แผ่น
	SA	แผ่นสันกลางรางลิ้น	2.44 ม.	135.-	3.50 ม.	195.-
	SB	แผ่นเรียบรางลิ้น	2.44 ม.	135.-	3.50 ม.	195.-
	SC	แผ่นเรียบ	2.44 ม.	135.-	3.50 ม.	195.-
	SX	แผ่นปิดตง	2.44 ม.	150.-	3.50 ม.	210.-
	CO	แผ่นปิดมุมนอก	3.00 ม.	95.-	-	-
	CI	แผ่นปิดมุมใน	3.00 ม.	95.-	-	-
	D1	บัวเชิง	3.00 ม.	135.-	-	-
	D2	บัวประดับ	3.00 ม.	135.-	-	-
	D3	บัวมุม 2" – 4"	3.00 ม.	165.-	-	-
	D4	บัวมุม 4" – 4"	3.00 ม.	255.-	-	-

หมายเหตุ - บริษัทฯ สงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงราคา โดยไม่ต้องแจ้งล่วงหน้า
- ราคานี้ไม่รวมค่าขนส่งนอกเขตกรุงเทพมหานคร

2.2.1.4 ข้อกำหนดของ GRC. (ของบริษัท พี ซี เอ็ม)

GRC. PCM เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเอา ซีเมนต์ ทราย น้ำ และใยแก้วชนิดพิเศษมารวมกันตามสัดส่วนที่กำหนด โดยกำหนดคุณลักษณะของวัสดุต่างๆดังนี้

2.2.1.4.1 ปูนซีเมนต์ (CEMENT) เป็น PORTLAND CEMENT TYPE 1 หรือ TYPE 3 ตามมาตรฐาน มอก.15 เล่ม 1 หรือมาตรฐาน ASTM C150

2.2.1.4.2 ทราย เป็นทรายละเอียดผ่านตะแกรง No.20 (SIZE 0.85 mm.) มีความสะอาดปราศจากอินทรีย์เจือปน ตามมาตรฐาน มอก.566 -2528

2.2.1.4.3 ใยแก้ว (GLASS FIBERS) เป็นใยแก้วชนิดทนสภาวะความเป็นด่างได้ (ALKALI RESISTANT GLASS FIBER) มีขนาดความยาวประมาณ 25-50 มม.

2.2.1.4.4 น้ำ เป็นน้ำสะอาดปราศจากกรด ด่าง น้ำมัน และสารอินทรีย์อื่นๆ ในปริมาณที่จะก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพชิ้นงาน

2.2.1.4.5 สารเคมีผสมเพิ่ม (ถ้ามี) CHEMICAL ADMIXTURE ต้องเป็นสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตตามมาตรฐาน มอก.733 - 2530

2.2.1.5 การติดตั้งวัสดุ GRC. (ติดตั้งตามมาตรฐาน และคำแนะนำของบริษัท พีซี เอ็ม คอนสตรัคชั่น แมททีเรียล จำกัด)

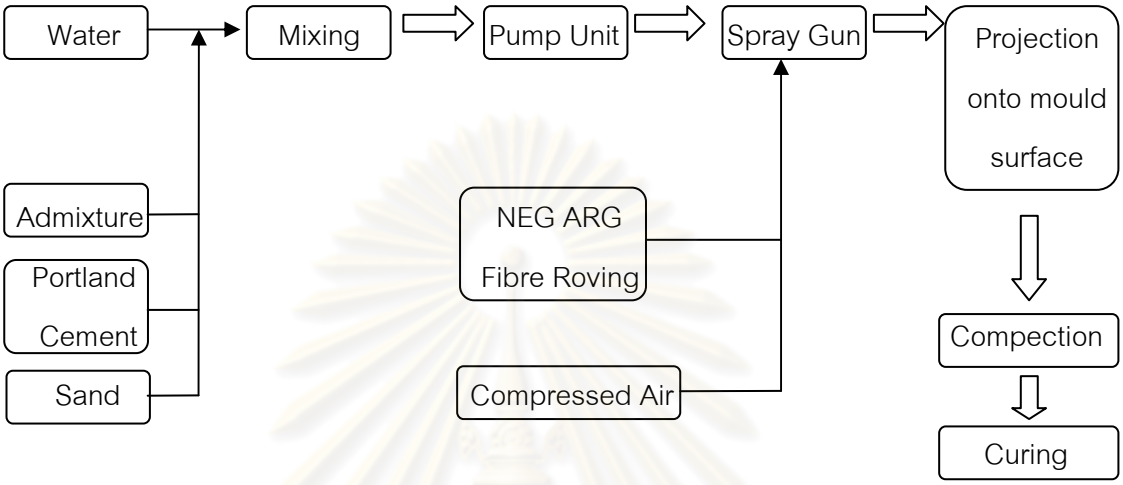
2.2.1.5.1 การผลิตด้วยวิธีพ่น (Spray Pump และ Spray Gun) โดยผสมซีเมนต์ ทราย และน้ำเข้าด้วยกัน (MORTAR) ด้วยเครื่องผสม แล้วจึงเทลงในเครื่อง Spray Pump เพื่อทำการพ่นออกจาก Spray Gun ที่ทำหน้าที่ตัดและพ่นใยแก้วออกมาพร้อมกับ Mortar พ่นลง Mould ที่เตรียมไว้ โดยมีสัดส่วนการผสมของวัสดุ ดังนี้

- ซีเมนต์ : ทราย = 2:1

- น้ำ : ซีเมนต์ = 0.3-0.35 : 1

- ปริมาณใยแก้ว (GLASS FIBER) ประมาณ 4-5 % โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักรวมของ GRC.

- เช่นใน 1 MIX ประกอบด้วย ซีเมนต์ 40 Kg. : ทราย 20 Kg. : น้ำ 12 Kg. :ใยแก้ว 3 Kg.



แผนผังที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการผลิต GRC. ด้วยวิธีพ่น

ภาพที่ 2.44 แสดง NEG ARG Fibre Roving

ภาพที่ 2.45 แสดง Pump Unit

ภาพที่ 2.46 แสดง Spray Gun

ภาพที่ 2.47 แสดงวิธีการพ่น GRC.

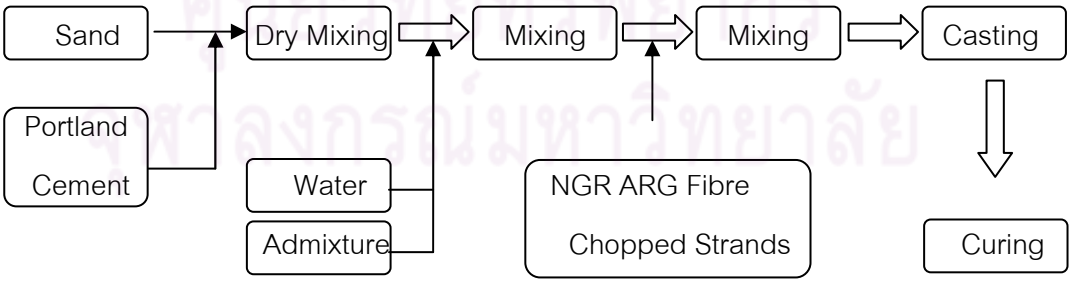
2.2.1.5.2 การผลิตด้วยวิธีผสม (PREMIX METHOD) เป็นการผสมซีเมนต์ ทราย และน้ำพร้อมใยแก้วเข้าด้วยกัน ด้วยเครื่องผสม แล้วจึงเทลงใน Mould ที่เตรียมไว้ โดยมีสัดส่วนการผสมของวัสดุ ดังนี้

- ซีเมนต์ : ทราย = 2:1

- น้ำ : ซีเมนต์ = 0.3-0.35 : 1

- ปริมาณใยแก้ว (GLASS FIBER) ประมาณ 2-3 % โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักรวมของ GRC.

- เช่นใน 1 MIX ประกอบด้วย ซีเมนต์ 40 Kg. : ทราย 20 Kg. : น้ำ 12 Kg. :ใยแก้ว 1.47 Kg.



แผนผังที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการผลิต GRC. ด้วยวิธีผสม

ภาพที่ 2.48 แสดง NGR ARG Fibre Chopped Strands

ภาพที่ 2.49 แสดง Mixing

2.2.1.6 คุณสมบัติของคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GLASS FRIBER REINFORCED CONCRETED)

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของคอนกรีตเสริมใยแก้ว

คุณสมบัติ / กระบวนการผลิต		Spray - up	Premix
ใยแก้ว (GLASS FIBRE)		4 – 5 %	2 – 3 %
ความหนาแน่นแห้ง (DRY STATE)		1.9 – 2.1	1.8 - 2.0
หน่วยแรงดัด (BENDING STRESS)			
- กำลังประลัยUltimate Strength (MOR)	Mpa	20 – 30	10 – 14
- อีลาสติกลิมิต (LOP)	Mpa	7 – 11	5 - 8
หน่วยแรงดึง (TENSILE STRESS)			
- กำลังประลัยUltimate Strength (MOR)	Mpa	8 – 11	4 – 7
- อีลาสติกลิมิต (LOP)	Mpa	5 - 7	4 – 6

คุณสมบัติ / กระบวนการผลิต		Spray - up	Premix
หน่วยแรงเฉือน (SHEAR STRESS)			
- กำลังระหว่างชั้น Interlaminar Strenght	Mpa	3 – 5	NA
- ระหว่างระนาบ In-Plane Strength	Mpa	7 – 11	3 – 7
- กำลังอัด Compressive Strength	Mpa	50 – 80	40 – 60
- กำลังกระแทก Impace Strength	Mpa	10 - 25	10 – 15
ความร้อน (สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน)		10 – 20 x 10^{-6} °C	
ไฟ		ป้องกันไฟดีเยี่ยม	
ความชื้น		ไอน้ำ และน้ำแทรกซึมได้ต่ำ	
เสียง (การสูญเสียจากการส่งผ่าน TRANSMISSION LOSS ที่ GRC. หนา 15 มม. ความถี่เสียง 250 Hz		30 dB	30 dB

2.2.1.7 ขั้นตอนการทำงาน ตรวจสอบ ติดตั้ง GRC.

ตารางที่ 2.3 ขั้นตอนการทำงาน ตรวจสอบ ติดตั้ง GRC

ลำดับ	รายละเอียด
	ขั้นตอนทั่วไป
1	ผลิตและจัดส่งชิ้นงาน
2	ตรวจสอบชิ้นงานให้ถูกต้อง - Code ชิ้นงาน - ขนาด (กว้าง, ยาว, สูง, รูปร่าง) ผิดพลาดไม่เกิน 5 มม.

ลำดับ	รายละเอียด
	- ระยะจุดยึด - ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน เช่น ไม่แตกร้าว
ขั้นตอนก่อนติดตั้ง GRC.	
1	ตรวจสอบตำแหน่งการติดตั้ง แนวระยะ ระดับ จัดทำ Reference ไว้ที่โครงสร้างหลัก เพื่อกำหนดตำแหน่งชิ้นงาน แล้วทำการยึดติดตั้ง Expansion Bolt กับ Plate ของโครงสร้างหลักตามแบบที่กำหนด
2	ตรวจสอบตำแหน่งจุดยึด ก่อนทำการติดตั้งโครงเหล็ก
3	ติดตั้งโครงเหล็กสำหรับ GRC. ตามแบบ
4	ตรวจสอบความแข็งแรงของโครงเหล็ก และทำการทาสีกันสนิม
ขั้นตอนการติดตั้ง GRC.	
1	เตรียมและตรวจสอบชิ้นงาน GRC. ที่จะทำการติดตั้งตาม Code ที่ระบุใช้ในแบบแปลน
2	ยกชิ้นงาน GRC. ด้วย Tower Crane หรือรอก โดยยกในตำแหน่งที่ทางโรงงานผู้ผลิตได้ฝังเตรียมไว้ หรือใช้โครงสร้างเหล็ก(กระเช้า) ในการยกติดตั้ง
3	ตรวจสอบตำแหน่ง แนวระดับของชิ้นงาน และทำการเชื่อมยึดกับโครงสร้างหลัก
4	ก่อนที่จะยึดชิ้นส่วนให้แน่นกับโครงสร้างหลัก ให้ตรวจสอบตำแหน่ง แนวระดับ ให้ถูกต้องแม่นยำ
5	ดำเนินการติดตั้งชิ้นงานชิ้นต่อๆไป ตามขั้นตอนเดิม
6	บริเวณจุดยึด ให้ทำการ Grout ด้วยวัสดุ Cement Grout ที่ได้กำหนดไว้
7	รอยต่อของชิ้นงานกับชิ้นงาน หรือรอยต่อของชิ้นงานกับโครงสร้างหลัก (ภายนอก) ทำการ Sealant ด้วย Polyuretain ตาม กรรมวิธีของ Sealant Supplier

ลำดับ	รายละเอียด
8	ตรวจสอบรอยต่อต่างๆ ของข้อ 7
9	ดำเนินการขั้นตอนอื่นๆ เช่นทาสี ฯลฯ

2.2.1.8 ตัวอย่างงานที่ใช้ GRC.

ภาพที่ 2.50 แสดงการใช้ GRC. ในงานประดับอาคาร

ภาพที่ 2.51 แสดงการใช้ GRC. ในงานประดับอาคาร

ภาพที่ 2.52 แสดงการใช้ GRC. ในงานผนังกันเสียงในอุโมง

ภาพที่ 2.53 แสดงการใช้ GRC. ในงานผนังกันเสียงทางด่วน

ภาพที่ 2.54 แสดงการใช้ GRC. ในงานหลังคา

ภาพที่ 2.55 แสดงการใช้ GRC. ในงานหลังคา

ภาพที่ 2.56 แสดงการใช้ GRC. ในงานผนังทำผิวกระเบื้อง

ภาพที่ 2.57 แสดงการใช้ GRC. ในงาน Landscape

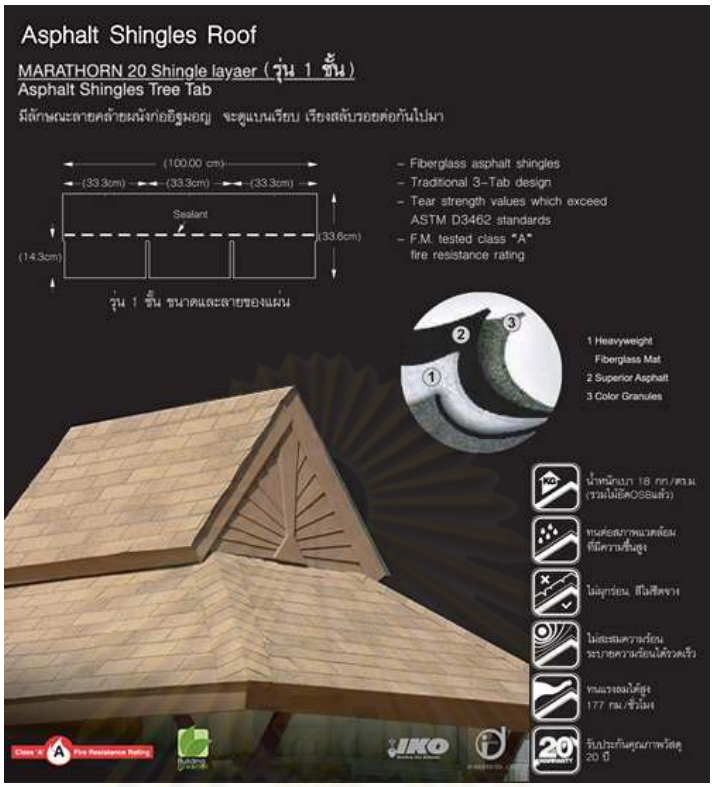
2.2.2 แผ่นหลังคายางมะตอย Asphalt Shingles

Asphalt Shingles เป็นหลังคายางมะตอย หรือคนทั่วไปมักเรียกว่า ชิงเกิ้ลรูฟ (Shingles Roof) เป็นวัสดุสังเคราะห์ที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา และแคนนาดา

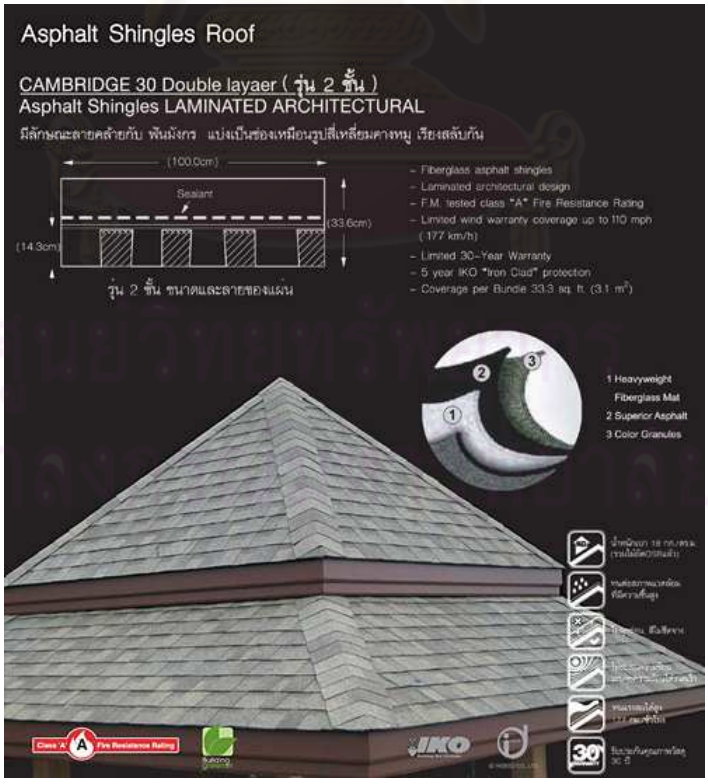
2.2.2.1 คุณสมบัติของ Asphalt Shingles คือ น้ำหนักเบาเพียง 18 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (รวมไม้อัดยางกันน้ำหนา 12 มม. แล้ว) และไม่สะสมความร้อน สามารถระบายความร้อนได้เร็ว ติดตั้งง่าย สามารถติดตั้งได้บนหลังคาโค้งได้เกือบทุกรูปทรง ทนแรงลมสูงถึง 177 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีหลายสีให้เลือกตามความต้องการ

2.2.2.2 ชนิดของแผ่น Asphalt Shingles มีส่วนประกอบคือใส้กลางเป็นแผ่นไฟเบอร์ หุ้มด้วยยางมะตอยทั้งสองด้าน ด้านหน้ามีผิวกรวดสีต่างๆ โดยแผ่น Asphalt Shingles มี 2 รุ่นคือ รุ่น 1 ชั้น รับประกันวัสดุ 20 ปี และรุ่น 2 ชั้น รับประกันวัสดุ 30 ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.58 แสดงแผ่น Asphalt Shingles รุ่น 1 ชั้น



ภาพที่ 2.59 แสดงแผ่น Asphalt Shingles รุ่น 2 ชั้น

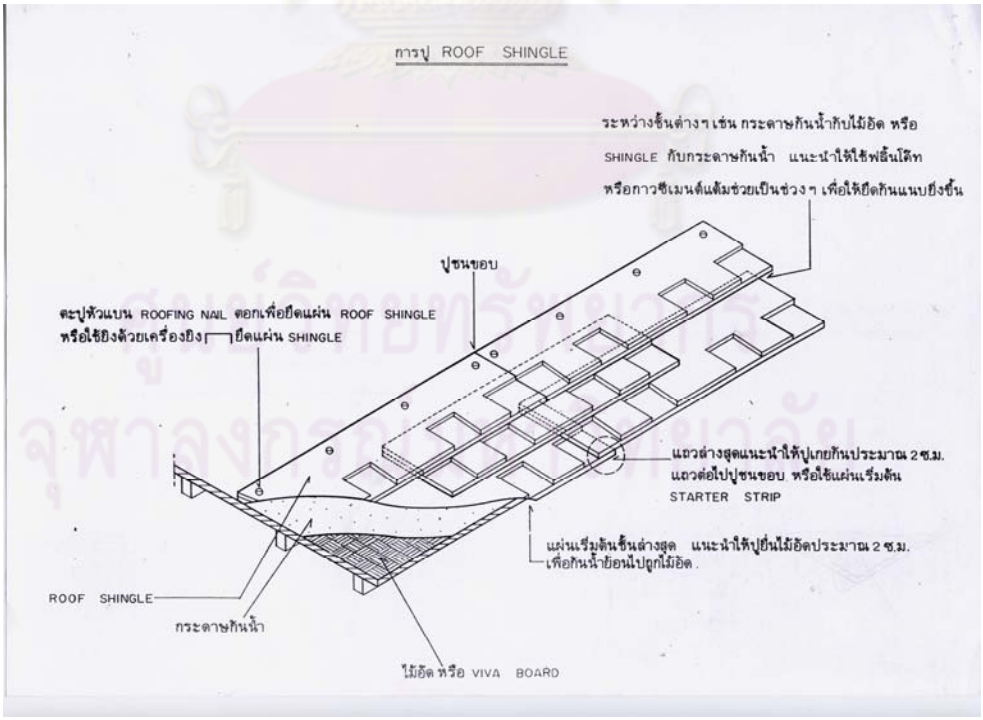
2.2.2.3 ขนาดและการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ขนาดและการนำไปใช้

SPECIFICATIONS	MARATHON 20	CAMBRIDGE 30
Length	39-3/8" (1000 mm)	40-1/2" (1029 mm)
Width	13-1/4" (336 mm)	13-1/2" (343 mm)
Exposure	5-5/8" (143 mm)	5-3/4" (146 mm)
Coverage per Bundle	32.3 sq. ft. (3 m2)	33.3 sq. ft. (3.1 m2)
Warranty*	20 years	30 years

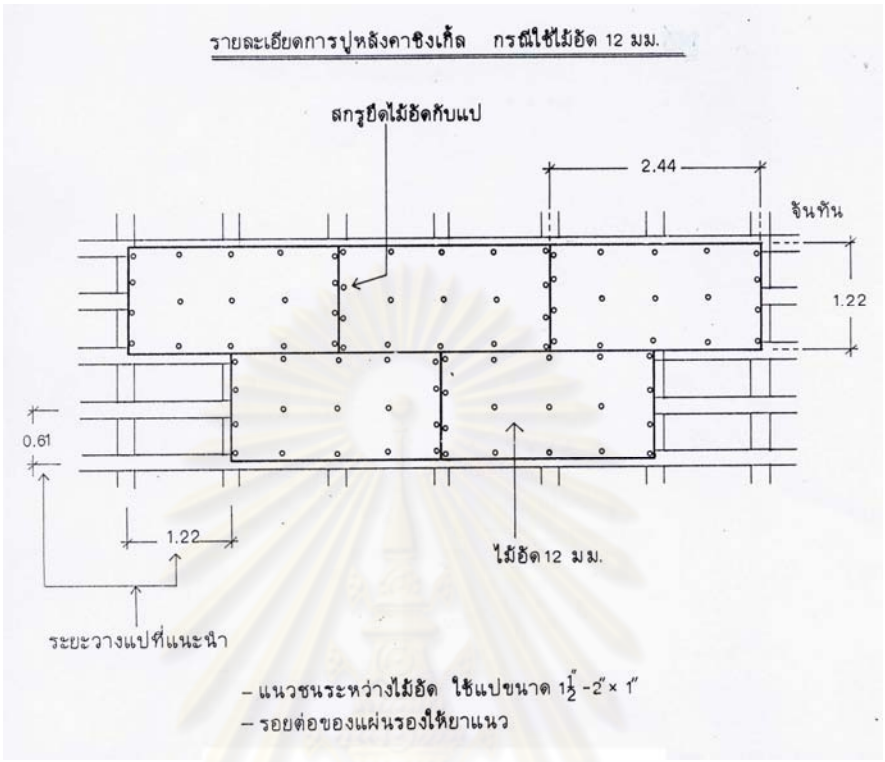
2.2.2.4 การติดตั้งวัสดุ สามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่จะนำไปใช้

2.2.2.4.1 วิธีการปูแผ่น Asphalt Shingles แบบทั่วไป



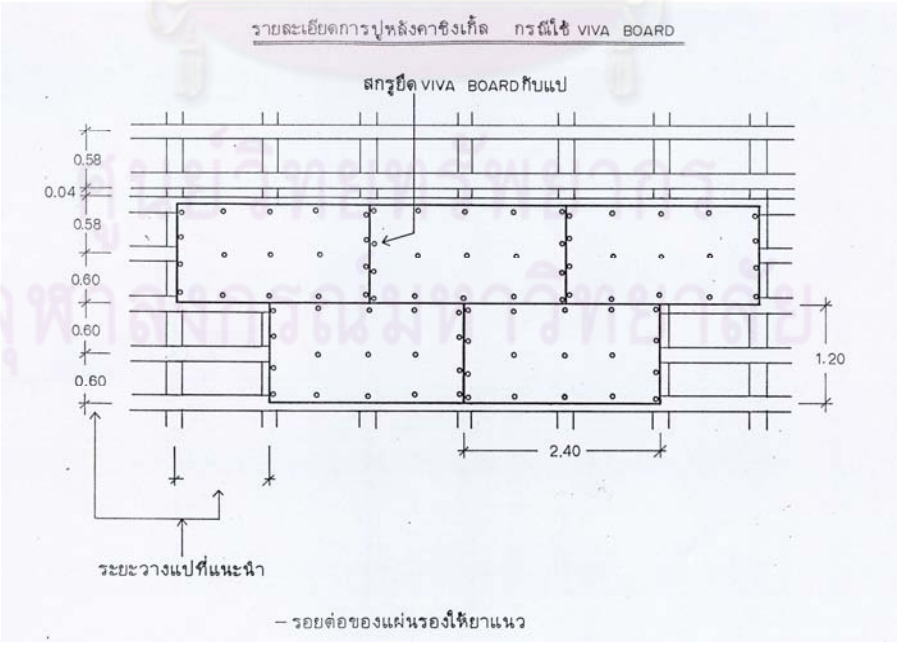
ภาพที่ 2.60 แสดงวิธีการปูแผ่น Asphalt Shingles

2.2.2.4.2 วิธีการปู แผ่นไม้อัด กรณีใช้ไม้อัด 12 มม.



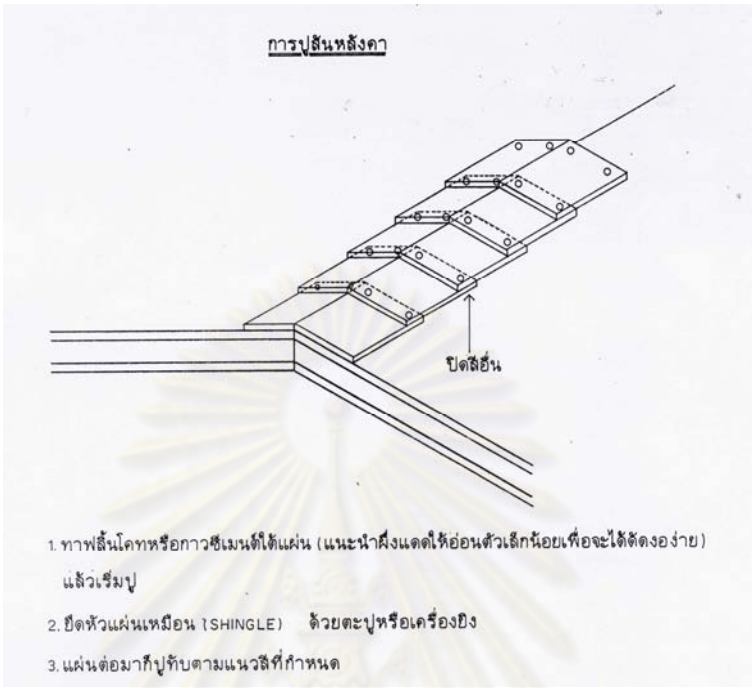
ภาพที่ 2.61 แสดงวิธีการปู แผ่นไม้อัด กรณีใช้ไม้อัด 12 มม.

2.2.2.4.3 วิธีการปู แผ่นไม้อัด กรณีใช้ VIVA BOARD



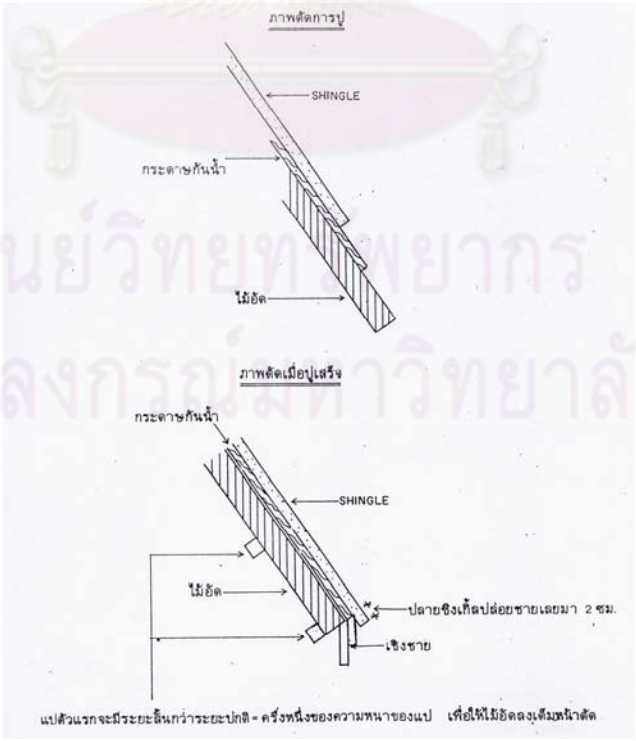
ภาพที่ 2.62 แสดงวิธีการปู แผ่นไม้อัด กรณีใช้ VIVA BOARD

2.2.2.4.4 วิธีการปูบริเวณสันหลังคา



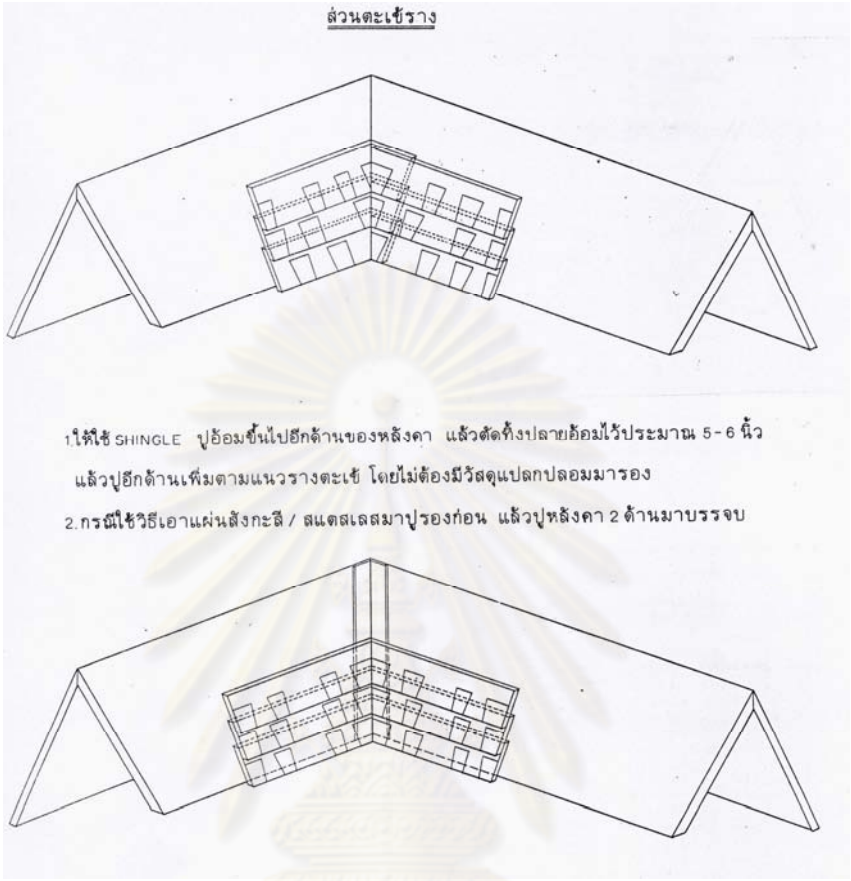
ภาพที่ 2.63 แสดงวิธีการปูบริเวณสันหลังคา

2.2.2.4.5 วิธีการปูบริเวณเชิงชายหลังคา



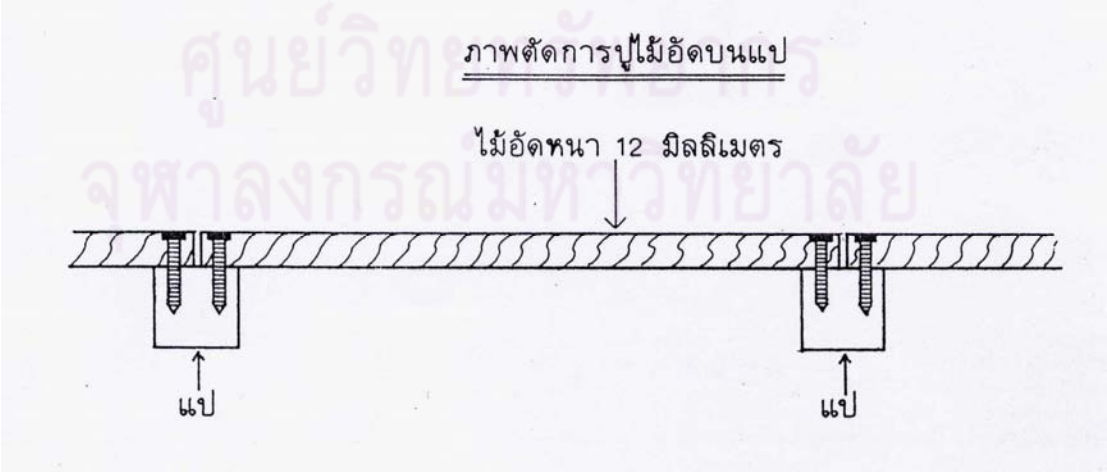
ภาพที่ 2.64 แสดงวิธีการปูบริเวณเชิงชายหลังคา

2.2.2.4.6 วิธีการปูบริเวณตะเข้ราง



ภาพที่ 2.65 แสดงวิธีการปูบริเวณตะเข้ราง

2.2.2.4.7 วิธีการปูไม้อัดบนแป



ภาพที่ 2.66 แสดงวิธีการปูไม้อัดบนแป

2.2.2.5 ขั้นตอนการทำงาน Asphalt Shingles

2.2.2.5.1 ทำการยึดไม้อัดทนความชื้น หรือ OSB. Board ด้วยสกรูเกลียวปล่อยหรือปลายสว่าน ติดกับแปเหล็ก ควรเว้นระยะห่างระหว่างแผ่นประมาณ 1/8 นิ้ว (3-4 มม.) รอบรอยต่อไม้อัดเผื่อการขยายตัว เนื่องจากความชื้นและความร้อน

ภาพที่ 2.67 แสดงวิธีการยึดไม้อัด

2.2.2.5.2 ปูกระดาษกันน้ำ (Felt Paper) ปูจากด้านล่างขึ้นบน ระยะซ้อนทับกันประมาณ 5 ซม. ตามเส้นขีดในแนวนอน และในแนวตั้งที่ต้องการมาต่อม้วนกระดาษ ให้มีระยะซ้อนทับ 10 ซม.

ภาพที่ 2.68 แสดงวิธีการปูกระดาษกันน้ำ

2.2.2.5.3 ติดเหล็กฉากกันน้ำ (Drip Edge) ส่วนของปั้นลม ให้ติดเหล็กฉากทับบนกระดาษกันน้ำ แต่ถ้าส่วนของเชิงชายให้ติดเหล็กฉากไว้ใต้กระดาษกันน้ำ ป้องกันไม่ให้น้ำไหลย้อนเข้าไปโดนหัวไม้อัด

ภาพที่ 2.69 แสดงวิธีการติดเหล็กฉากกันน้ำ

2.2.2.5.4 เริ่มต้นปูแผ่น starter โดยใช้แผ่นรุ่น 1 ชั้น มาตัดครึ่งล่างที่มีสีต่างๆทิ้งไป ส่วนที่เราจะใช้งานคือส่วนบน โดยวางแผ่น starter ที่มีรอยไข่ปลายางมะตอยไว้ด้านล่าง (ตามรูป) ยึดติดแผ่นกับ OSB. ด้วยแม็กคู่ หรือตะปูหัวโตให้ยางมะตอยทำการยึดติดแผ่นแถวบนที่จะมาซ้อนทับ เพื่อกันการเปิดของแผ่นเมื่อโดนลมพัดแรง

ภาพที่ 2.70 แสดงวิธีการปูแผ่น starter

2.2.2.5.5 ปูแผ่นหลังคา Asphalt Shingles ตามรุ่นที่เลือกใช้งานทับแผ่น Starter โดยตัดแผ่นแรกทิ้งไปประมาณ 20 ซม. เพื่อไม่ให้รอยต่อแผ่นตรงกัน ยึดติดกับแผ่น OSB. ด้วยแม็กคู่หรือตะปูหัวโต ปูแผ่นซ้อนทับกันไปเรื่อยๆ

ภาพที่ 2.71 แสดงวิธีการปูแผ่นหลังคา Asphalt Shingles

2.2.2.5.6 ทำครอบสัน โดยใช้แผ่นหลังคารุ่น 1 ชั้น มาตัดออกเป็น 3 ส่วน ตามขวาง ด้านปลายทั้ง 2 ข้างของแผ่นหลังคาที่ต้องโดนซ้อนทับ ให้ตัดทำมุมเอียงสอบเข้าเล็กน้อยเป็นคางหมู (เวลาซ้อนทับแผ่นล่างที่โดนทับจะได้ไม่เลยโผล่มาทำให้ดูไม่สวยงาม) พับครึ่งแผ่น ให้เส้นประไข่ปลาที่เป็นกาวยางมะตอย อยู่ทางขวางกับสันหลังคา ทำครอบโดยวางซ้อนทับครึ่งแผ่นไปเรื่อยๆ ยึดแต่ละแผ่นด้วยตะปูหรือเย็บแม็กเฉพาะด้านที่ต้องมีแผ่นหลังคามาซ้อนทับด้านบนอีกที

ภาพที่ 2.72 แสดงวิธีการทำครอบสัน

2.2.2.5.7 ได้งานหลังคาชิงเกิลรูฟสวยงาม ตามต้องการ

ภาพที่ 2.73 แสดงหลังคาที่ปูแผ่น Asphalt Shingles เรียบร้อยแล้ว

2.2.2.6 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles

ภาพที่ 2.74 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles

ภาพที่ 2.75 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles

ภาพที่ 2.76 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles

ภาพที่ 2.77 ตัวอย่างงานที่ใช้ Asphalt Shingles

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบสำรวจ (Filed Reserch) ในลักษณะเชิงคุณภาพ (Qualitative) โดยที่ผู้วิจัยเน้นการสำรวจภาคสนามโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาเปรียบเทียบการเลือกใช้วัสดุและระบบการก่อสร้างในงานประเภทหลังคาโดม โดยเลือกทำการศึกษาจากโครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า และโครงการ The Wisdom Apartment ซึ่งมีส่วนประกอบของหลังคาโดมที่มีรูปแบบและขนาดใกล้เคียงกัน แต่มีการเลือกใช้วัสดุและระบบการก่อสร้างที่แตกต่างกัน จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบในรายละเอียดเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต และเทคนิคการติดตั้ง ปัญหาและอุปสรรค ราคา ระยะเวลา ความคงทน ความสวยงาม และศึกษาถึงข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบ ซึ่งมีรายละเอียดและวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 การสำรวจและศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

จากการสำรวจและศึกษาโครงการหมู่บ้าน อาคารพักอาศัย โรงเรียน หรืออาคารอื่นๆที่มีส่วนประกอบของหลังคาแบบโดมนั้นได้พบว่า ในแต่ละโครงการที่ส่วนประกอบของหลังคาโดมนั้นมีการเลือกใช้วัสดุและวิธีการก่อสร้างที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีผลต่อความสวยงาม คุณภาพ ราคา และระยะเวลาในการก่อสร้าง ผู้วิจัยจึงได้กำหนดประเด็นในการศึกษา แล้วนำมากำหนดวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษา จากนั้นได้ทำการกำหนดขอบเขตการศึกษา และทำการศึกษาข้อมูลที่จะใช้ในการวิจัย โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ และการศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 การศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ

3.1.1.1 ข้อมูลจากการสัมภาษณ์บุคคล

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ สอบถามบุคคลที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยทั้งในฝ่ายผู้ผลิตวัสดุซึ่งเป็นเจ้าของระบบได้แก่ กรรมการผู้จัดการ ผู้จัดการโรงงาน วิศวกร หัวหน้าคนงาน และอีกฝ่ายคือผู้ติดตั้งซึ่งประกอบด้วย สถาปนิก วิศวกร ผู้รับเหมา หัวหน้าคนงาน ผู้ควบคุมการก่อสร้าง ณ สถานที่ก่อสร้าง

3.1.1.2 ข้อมูลจากการสำรวจโครงการ

ข้อมูลจากการสำรวจโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป และจากการสำรวจการก่อสร้างในโครงการที่ศึกษา ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้เก็บข้อมูลจากการสำรวจด้วยตนเอง

3.1.2 การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ

ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร หนังสือตำรา รายงาน บทความ และงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบที่ทำการศึกษา ซึ่งผู้วิจัยนำมาเป็นแนวทางในการวิจัย ใช้อ้างอิง และตรวจทานในตอนท้ายเมื่อสรุปผลการวิจัยออกมาได้แล้ว เพื่อให้งานวิจัยมีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

3.2 การเลือกกรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้เลือกโครงการที่มีส่วนประกอบของหลังคาแบบโดมซึ่งมีขนาดโดมประมาณ 5-8 เมตรมาทำศึกษา ซึ่งได้แก่โครงการของหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า และโครงการ The Wisdom Apartment เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากอาคารทั้ง 2 โครงการนั้นมีส่วนหลังคาโดมขนาดใกล้เคียงกัน แต่มีการเลือกใช้วัสดุและวิธีการในการก่อสร้างที่แตกต่างกัน และโครงการทั้ง 2 นั้นอยู่ในระหว่างขั้นตอนการก่อสร้าง โดยผู้วิจัยสามารถเข้าไปเก็บข้อมูลขณะทำการก่อสร้างได้ ซึ่งมีรายละเอียดในการเลือกกรณีศึกษาดังนี้

3.2.1 ขนาดและรูปแบบหลังคาโดม

ทั้ง 2 โครงการมีส่วนประกอบของหลังคาอาคารแบบโดมที่มีขนาดใกล้เคียงกัน เมื่อสร้างเสร็จแล้วจะมีรูปแบบ และขนาดที่ใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถนำข้อมูลในการก่อสร้างมาศึกษาเปรียบเทียบกันได้

3.2.2 ระบบการก่อสร้าง

โครงการที่จะนำมาเป็นกรณีศึกษาต้องเป็นโครงการที่มีรูปแบบ และระบบการก่อสร้างที่แตกต่างกัน แต่เมื่อสร้างเสร็จแล้วได้รูปแบบหลังคาโดมที่ใกล้เคียงกัน

3.2.3 ระยะเวลาในการก่อสร้าง

เป็นโครงการที่เริ่มดำเนินการก่อสร้างในระยะเวลาเดียวกับที่ผู้วิจัยทำการศึกษา เพื่อที่จะสามารถเข้าไปเก็บข้อมูลขณะที่ทำการก่อสร้างได้

3.2.4 ความร่วมมือในการให้ข้อมูล

ผู้ประกอบการ โรงงานผู้ผลิต เจ้าของวัสดุและระบบซึ่งเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้ เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการสังเกตุ สอบถาม ทั้งในส่วนของโรงงานที่ผลิตชิ้นส่วนและวัสดุ และทั้งในสถานที่ก่อสร้างและติดตั้งวัสดุ เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นในลักษณะการบันทึกขั้นตอนรายละเอียดเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต ขั้นตอนการก่อสร้าง และวิธีการการติดตั้ง ตลอดจนปัญหาและอุปสรรค ต้นทุน ระยะเวลา และข้อมูลอื่นๆในการก่อสร้างหลังคารูปแบบโดม โดยมีเครื่องมือในการวิจัยดังต่อไปนี้

3.3.1 แบบบันทึกรายละเอียดการก่อสร้าง

แบบบันทึกรายละเอียดในการก่อสร้างนี้ ผู้วิจัยทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบในการจดบันทึกข้อมูลจากการสังเกตุในขณะที่ทำการก่อสร้างในทุกๆขั้นตอน โดยจะเก็บรายละเอียดต่างๆ ดังนี้ วัน เดือน ปี ขั้นตอนการทำงานทุกขั้นตอนโดยละเอียด ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานในแต่ละส่วน จำนวนแรงงานที่ใช้ อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ อุปสรรคและปัญหาที่พบ

3.3.2 กล้องถ่ายภาพ

ผู้วิจัยใช้เป็นเครื่องมือในการบันทึกขั้นตอนกรรมวิธีการผลิต ความคืบหน้าของงานรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้น

3.3.3 เครื่องบันทึกเสียง

ผู้วิจัยใช้เป็นเครื่องมือในการบันทึกการสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้าง

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากผู้วิจัยได้กำหนดตัวอย่างกรณีศึกษาแล้ว จึงได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1 ขอหนังสือแนะนำตัว

ขอหนังสือแนะนำตัวจากภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเข้าพบกับบริษัทที่เป็นผู้ผลิตและรับเหมาก่อสร้าง เพื่อศึกษาถึงรายละเอียดเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต เทคนิคการก่อสร้าง ต้นทุน และระยะเวลาการก่อสร้าง

3.4.2 เก็บข้อมูล ณ โรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ได้แก่ โรงงานผลิตชิ้นส่วน คอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. ที่บริเวณลำลูกกาคลอง 8 ซึ่งเป็นผู้รับเหมาผลิตและติดตั้งหลังคาโดมคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. ให้กับทางหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.4.2.1 การสัมภาษณ์ผู้จัดการโรงงานฝ่ายผลิต เพื่อสอบถามถึงรายละเอียดขั้นตอนการผลิต การก่อสร้าง การติดตั้ง เครื่องมืออุปกรณ์ วัสดุที่ใช้ ระยะเวลาผลิตต้นทุนการก่อสร้าง

3.4.2.2 การสังเกตุด้วยตนเอง โดยขอเข้าไปดูขั้นตอนวิธีการผลิต โดยจดบันทึกและถ่ายภาพในทุกขั้นตอน

3.4.2.3 สัมภาษณ์วิธีการผลิต จากหัวหน้าผู้ควบคุมการผลิตถึงวิธีการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ อุปสรรคและปัญหาในการผลิต

3.4.3 เก็บข้อมูล ณ สถานที่ก่อสร้าง

โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า ซึ่งสร้างด้วยวัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. ซึ่งเป็นหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์สำเร็จจากโรงงาน และโครงการ The Wisdom Apartment ซึ่งสร้างและติดตั้งวัสดุประเภท Asphalt Shingle ซึ่งเป็นหลังคาประเภทกระเบื้องยางมะตอยนำเข้า โดยทำการมุงและติดตั้งในที่ก่อสร้าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.4.3.1 ทำการติดต่อกับเจ้าของโครงการทั้ง 2 โครงการ โดยขออนุญาติเข้าไปในพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อทำการเก็บข้อมูล และบันทึกภาพ ในขั้นตอนการติดตั้งหลังคาโดม ตั้งแต่เริ่มต้นจนแล้วเสร็จในส่วนของหลังคาโดม

3.4.3.2 สัมภาษณ์ผู้จัดการฝ่ายก่อสร้าง ผู้ควบคุมงาน ผู้รับเหมา สถาปนิก วิศวกร เพื่อสอบถามถึงรายละเอียดกรรมวิธีการติดตั้ง เทคนิคการก่อสร้าง ปัญหาและอุปสรรค ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

3.5.1 ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูล และตรวจสอบรายละเอียดข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมาว่า มีความถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ ถ้าพบว่าข้อมูลยังขาดในประเด็นที่ต้องการก็ควรจะไปเก็บข้อมูลนั้นเพิ่มเติมให้ครบถ้วนทุกประเด็น

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการโดยแยกวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นหัวข้อตามลำดับดังต่อไปนี้

3.5.2.1 วิเคราะห์กรรมวิธีการผลิตและติดตั้งหลังคารูปแบบโดม โดยใช้วัสดุและการติดตั้งระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว และระบบแผ่นกระเบื้องยางมะตอย

3.5.2.2 วิเคราะห์ปัญหาในการก่อสร้างหลังคารูปแบบโดม โดยใช้วัสดุและการติดตั้งระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว และระบบแผ่นกระเบื้องยางมะตอย ในช่วงขณะการผลิตชิ้นส่วนการก่อสร้างและการติดตั้ง เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกัน และแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้อีกในอนาคต

3.5.2.3 วิเคราะห์เงื่อนไขที่เหมาะสมในการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างหลังคาประเภทโดม

3.5.2.4 วิเคราะห์ผลสรุปการเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างหลังคารูปแบบโดมโดยใช้วัสดุและการติดตั้งระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว กับระบบแผ่นกระเบื้องยางมะตอยโดยแยกออกเป็นหมวดต่างๆ เช่น ราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง ความแข็งแรงสวยงาม

3.6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

3.6.1 การสรุปผล

สรุปผลการวิจัยจากประเด็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา และนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลทุติยภูมิที่เป็น ทฤษฎี แนวคิด วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผลสรุปการวิจัยมีน้ำหนัก และมีความน่าเชื่อถือ สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

3.6.2 ข้อเสนอแนะ

เป็นข้อเสนอแนะที่เกิดขึ้นจากการทำการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อที่จะนำไปสู่การพัฒนาการก่อสร้างหลังคารูปแบบโดมระบบต่างๆให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

รายละเอียดของโครงการ

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาเปรียบเทียบในการเลือกใช้การก่อสร้างหลังคาประเภทโดม จากโครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า และโครงการ The Wisdom Apartment ซึ่งมีส่วนประกอบของหลังคาโดมที่มีรูปแบบและขนาดใกล้เคียงกัน โดยมีรายละเอียดของแต่ละโครงการดังนี้

4.1 รายละเอียดโครงการอาคารคลับเฮาส์ของหมู่บ้านชวนชื่น

ชื่อโครงการ	:	หมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า
ประเภทโครงการ	:	ที่ดินจัดสรรและบ้านเดี่ยว
ที่ตั้งโครงการ	:	ถ.เลี่ยงเมืองนนทบุรี ต.บางกะสอ อ.เมือง จ.นนทบุรี
แบบอาคารที่ทำการศึกษา	:	อาคารของโครงการ
ขนาดหลังคาโดม	:	เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 7.6 เมตร
ระบบก่อสร้างหลังคาโดม	:	คอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC.
รับเหมาก่อสร้างส่วนโดมโดย	:	ผลิตสำเร็จจากโรงงานแล้วมาติดตั้งในที่ก่อสร้าง
ปีที่เริ่มดำเนินการก่อสร้าง	:	สิงหาคม 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 รายละเอียดโครงการ The Wisdom Apartment

ชื่อโครงการ	:	The Wisdom Apartment
ประเภทโครงการ	:	Apartment

ที่ตั้งโครงการ : ถ.เชียงราก ทางหลวงสายวัดเสด็จ ต.ท่าโขลง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี

แบบอาคารที่ทำการศึกษา : อาคารพักอาศัย ค.ส.ล. 8 ชั้น

ขนาดหลังคาโดม : เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6.2 เมตร

ระบบก่อสร้างหลังคาโดม : ไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle

รับเหมาก่อสร้างส่วนโดมโดย : ผลิตและติดตั้งวัสดุในที่ก่อสร้าง

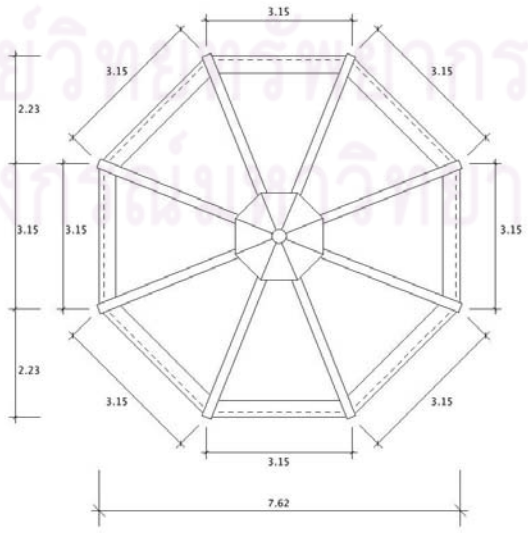
ปีที่เริ่มดำเนินการก่อสร้าง : พฤษภาคม 2553

4.3 ระบบการก่อสร้างรูปแบบส่วนหลังคาโดมที่ทำการศึกษา

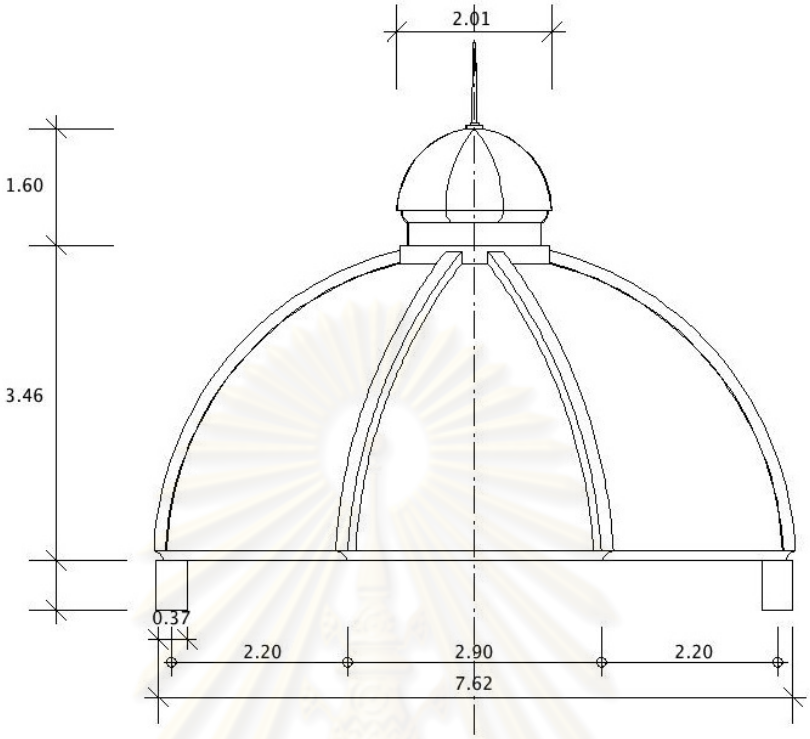
อาคารที่นำมาเป็นกรณีศึกษา คือ

4.3.1 อาคารคลับเฮาส์ของโครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า

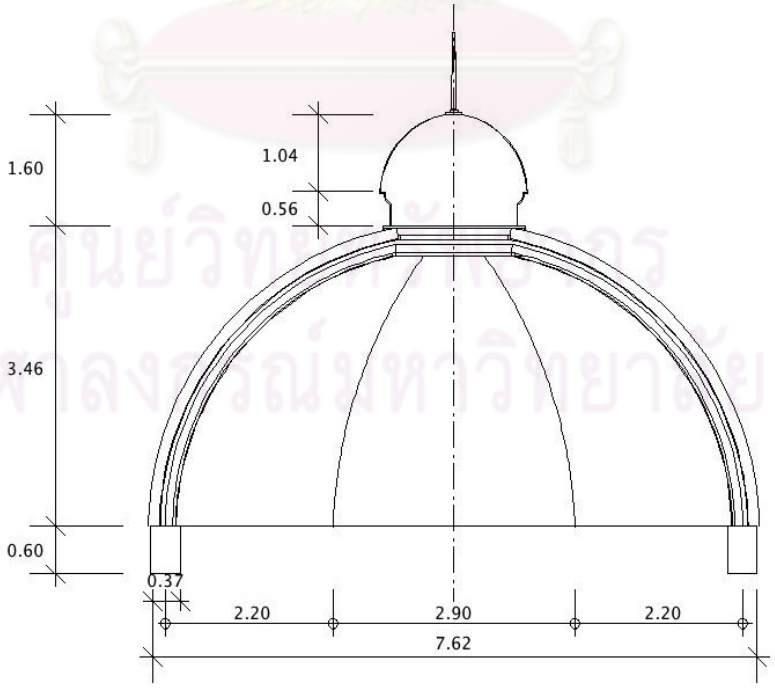
ในส่วนของหลังคาส่วนโดมใช้ระบบโครงหลังคาเหล็กหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. ทั้งด้านนอกและด้านใน รูปแบบเป็นหลังคาโดมสองชั้น มียอดแหลม และ ทาสีทับ



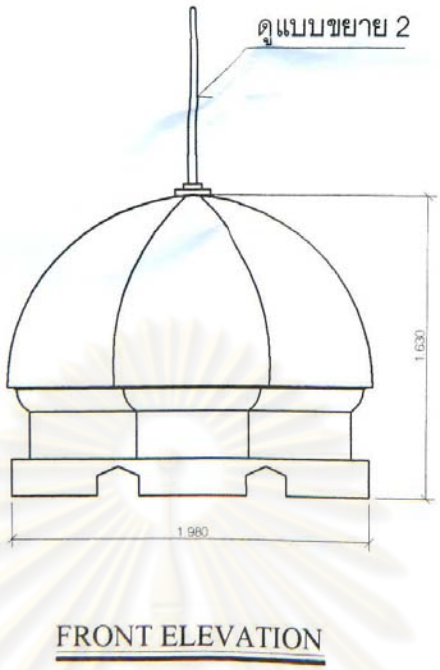
ภาพที่ 4.1 แสดงผังหลังคา



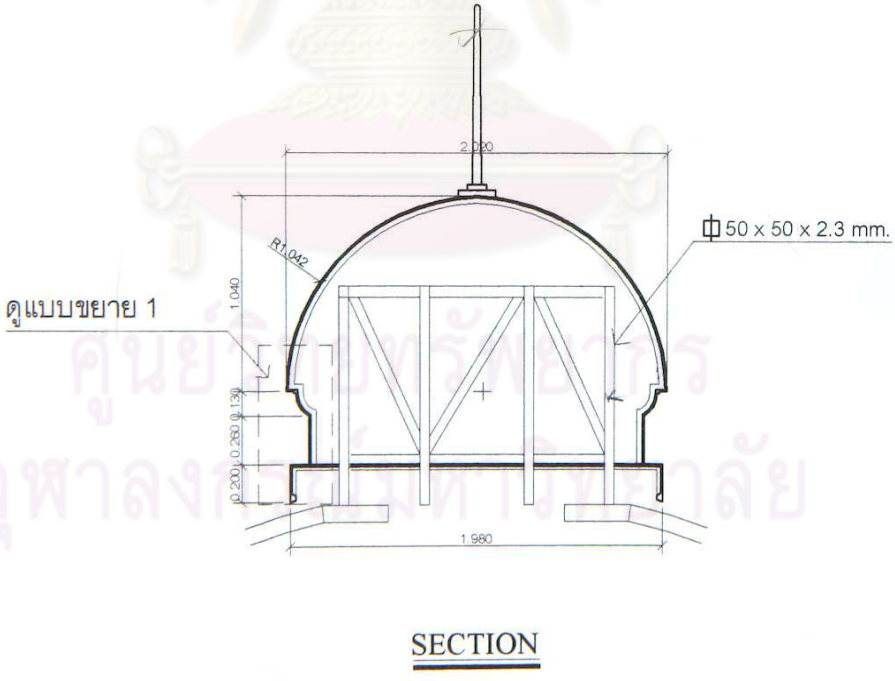
ภาพที่ 4.2 แสดงรูปด้าน



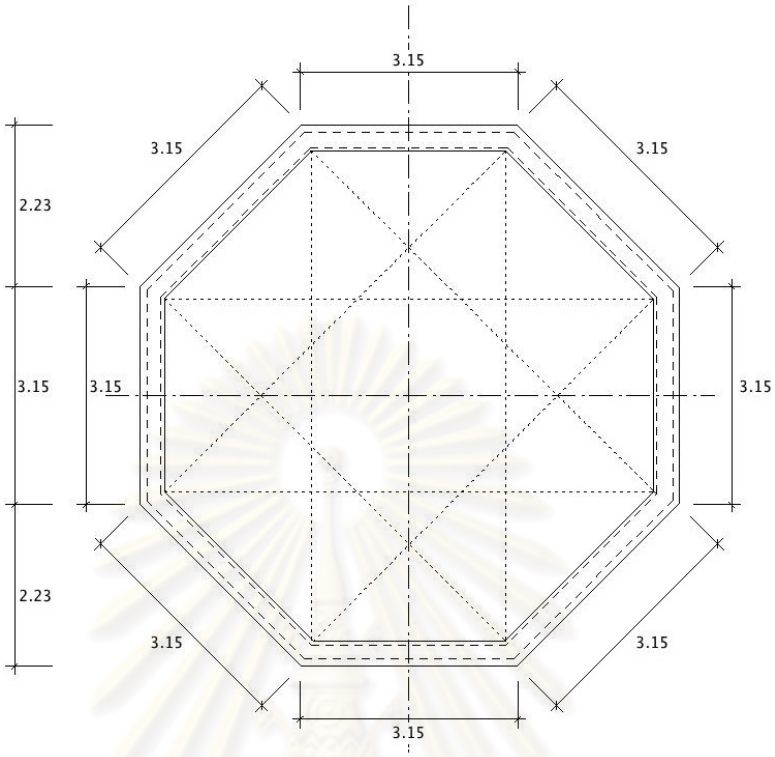
ภาพที่ 4.3 แสดงรูปตัด



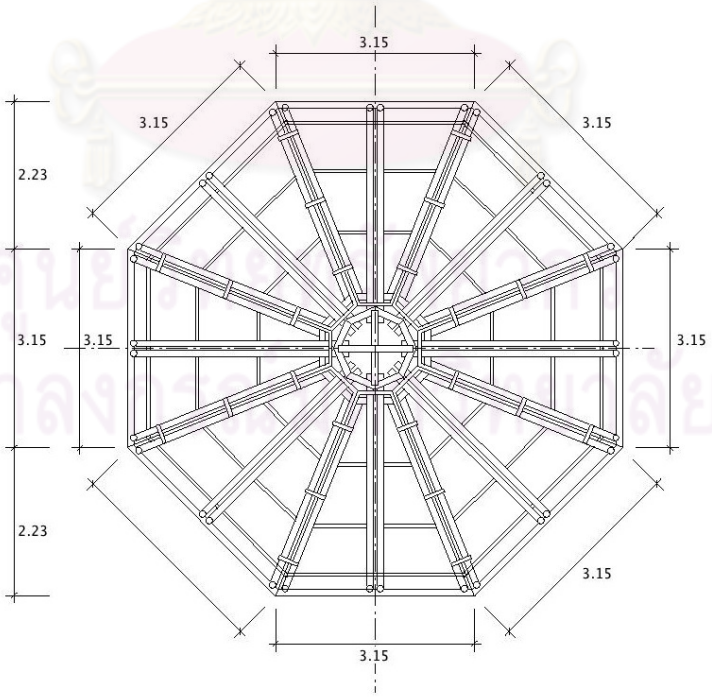
ภาพที่ 4.4 แสดงรูปด้านส่วนยอด



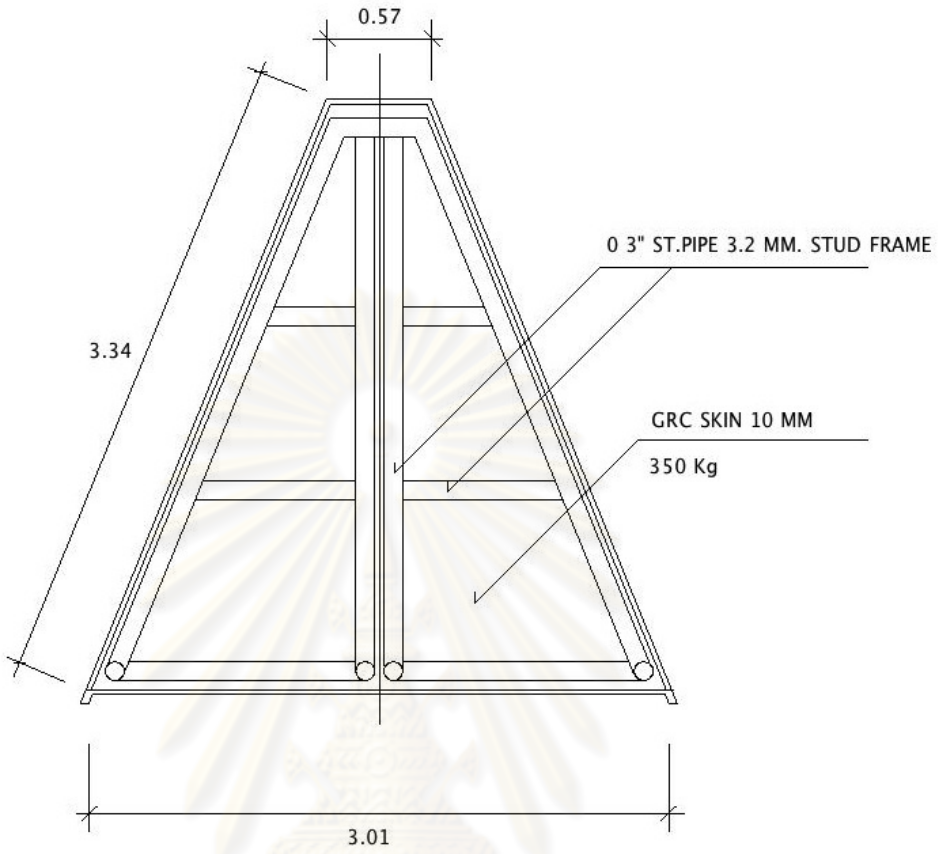
ภาพที่ 4.5 แสดงรูปตัดส่วนยอด



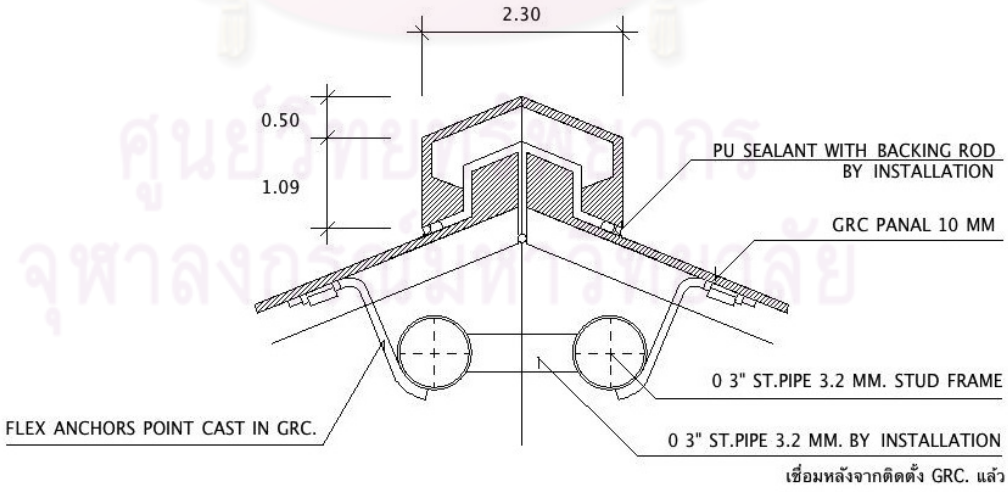
ภาพที่ 4.6 แสดงแนวคานรับหลังคา



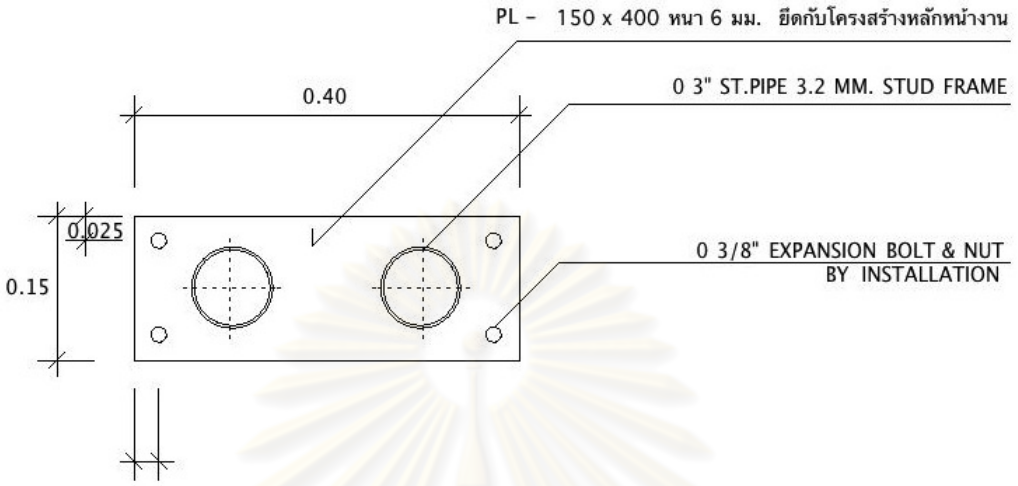
ภาพที่ 4.7 แสดงผังหลังคา



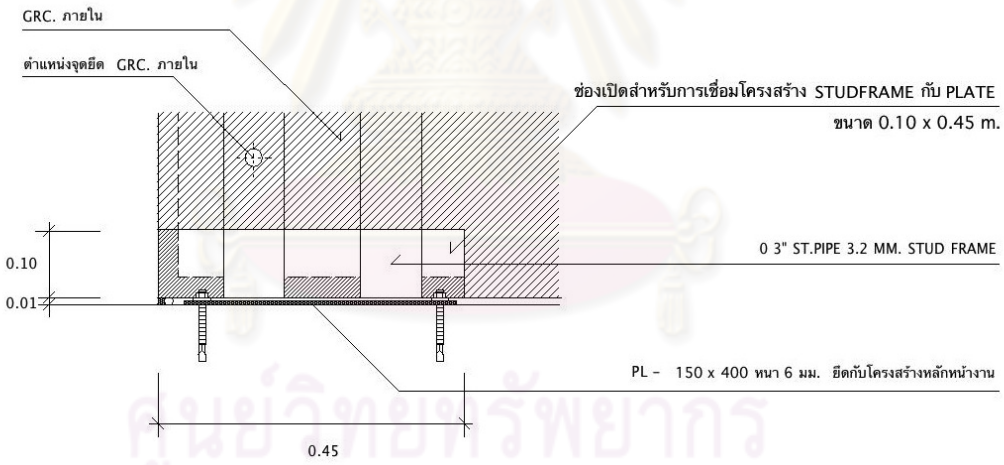
ภาพที่ 4.8 แสดงรูปขยายโครงเหล็ก



ภาพที่ 4.9 แสดงรูปรอยต่อแนวสันหลังคา



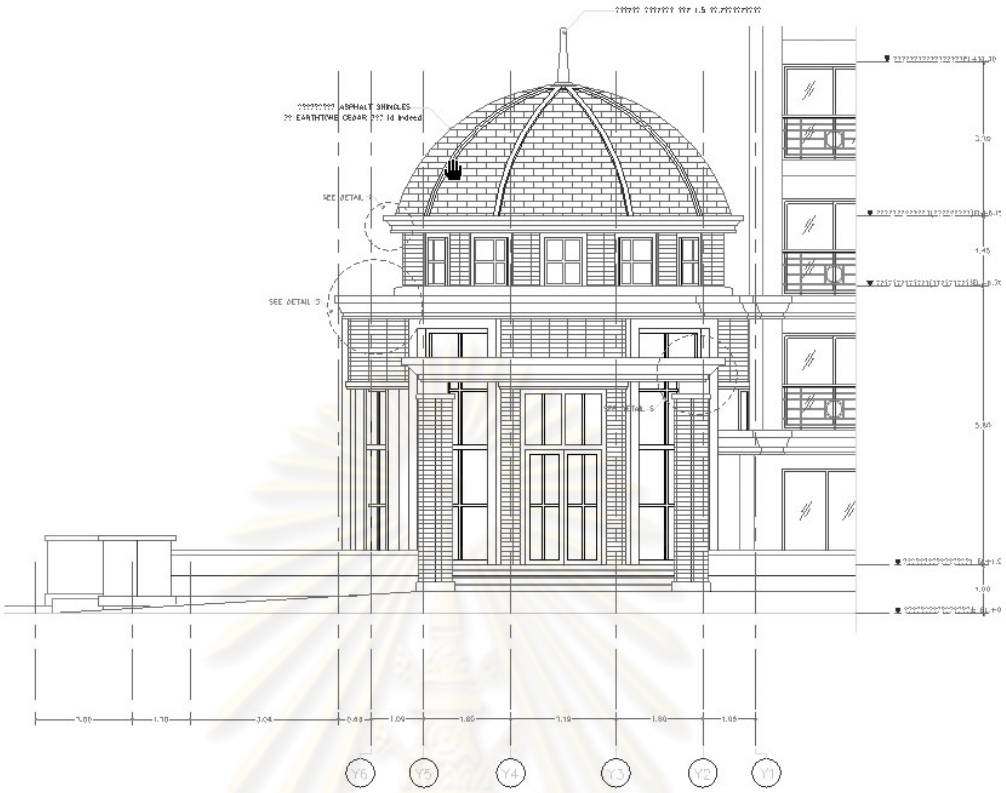
ภาพที่ 4.10 แสดงรูปขยายโครงเหล็ก ส่วนเชื่อมติดกับเหล็กโครงสร้าง



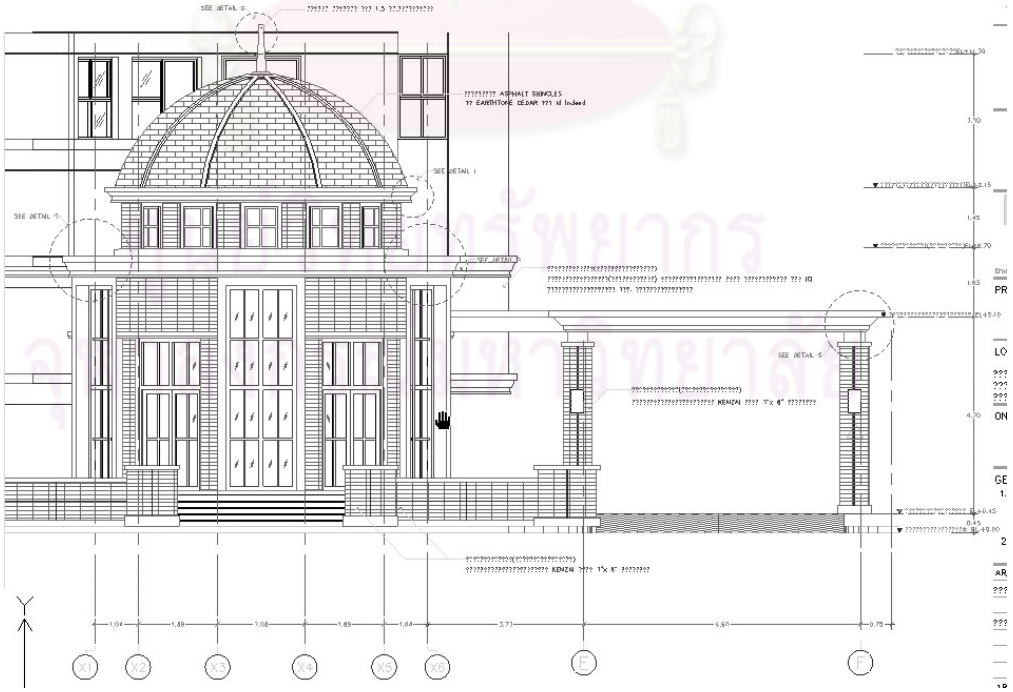
ภาพที่ 4.11 แสดงรูปขยายโครงเหล็ก ส่วนเชื่อมติดกับเหล็กโครงสร้าง

4.3.2 อาคาร The Wisdom Apartment

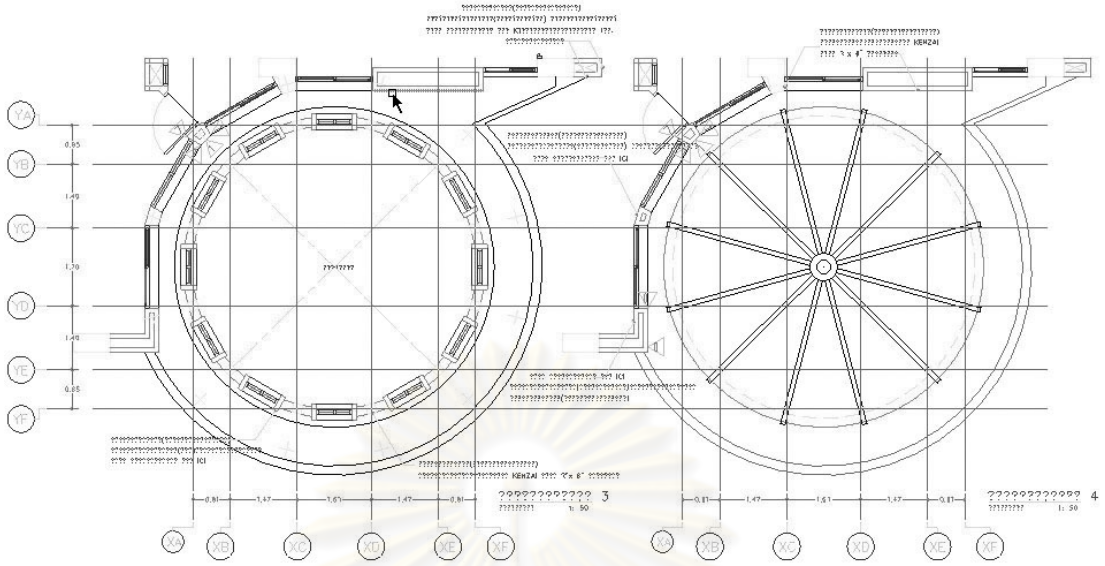
ในส่วนของหลังคาโดมส่วนหน้าอาคาร ใช้ระบบโครงเหล็กหุ้มด้วยไม้อัดยางกันน้ำหนา 10มม. ปูทับด้วยแผ่นกระเบื้องยางมะตอยรุ่น 2 ชั้น



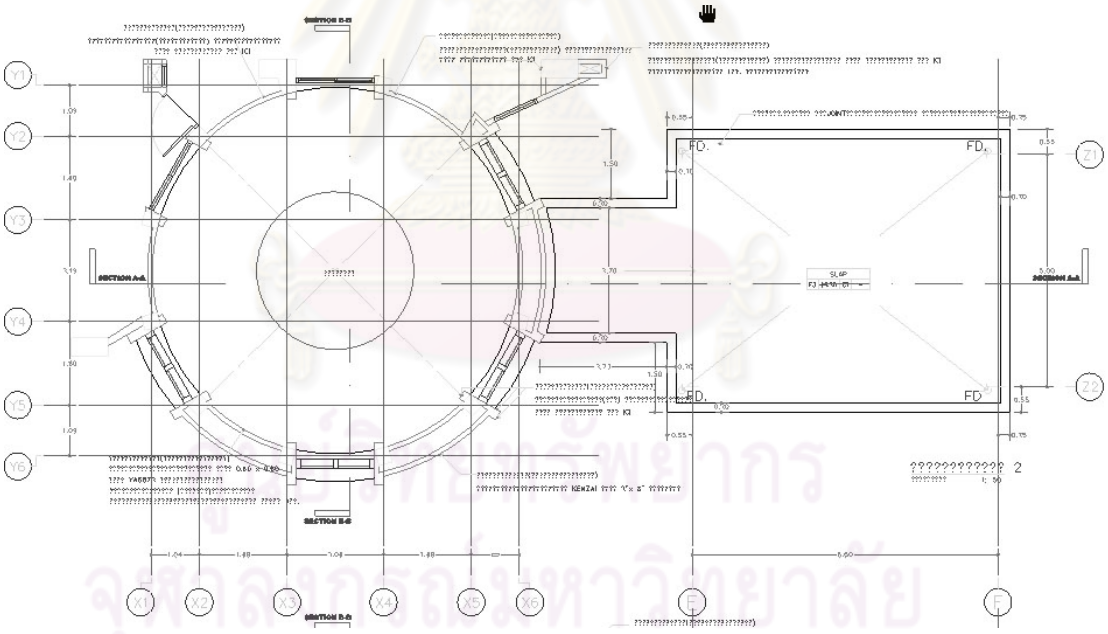
ภาพที่ 4.12 แสดงรูปด้านข้าง



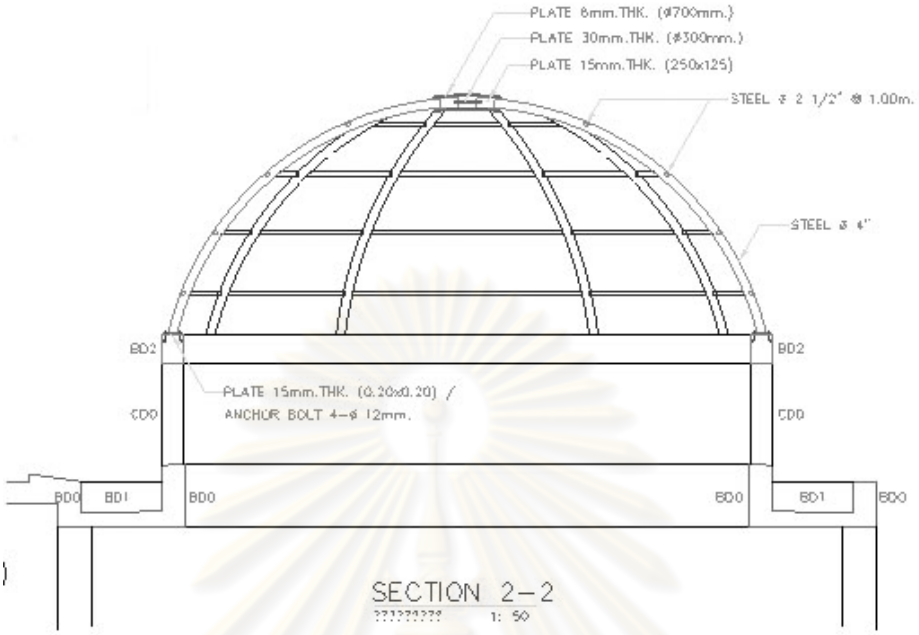
ภาพที่ 4.13 แสดงรูปด้านหน้า



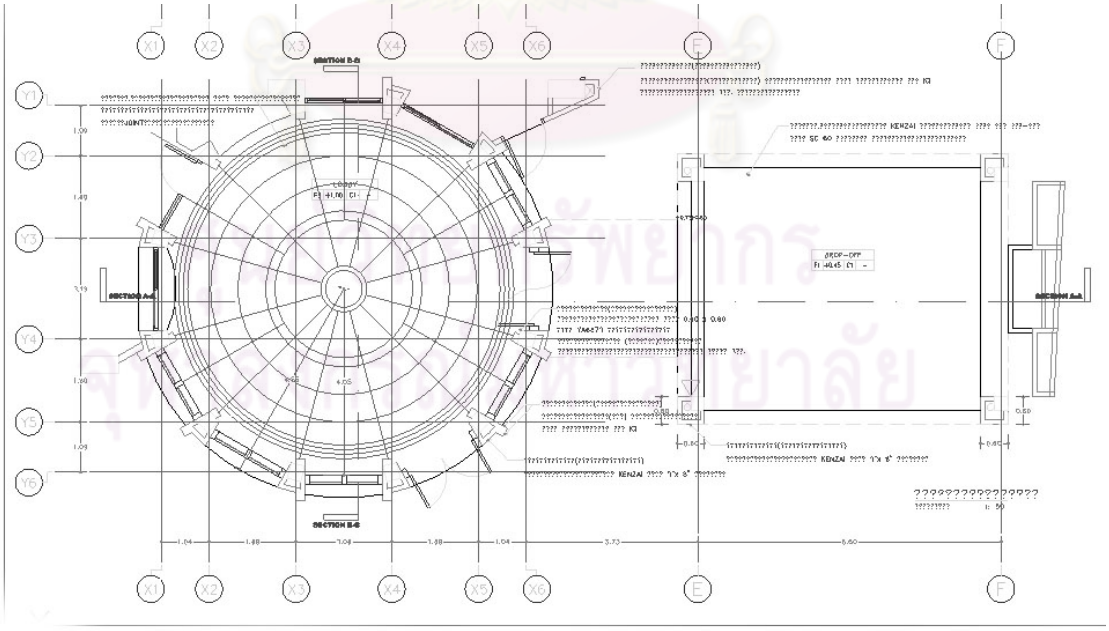
ภาพที่ 4.14 แสดงผังคานและโครงสร้างเหล็ก



ภาพที่ 4.15 แสดงผังคานรับโครงสร้าง



ภาพที่ 4.16 แสดงรูปตัด



ภาพที่ 4.17 แสดงการแบ่งไม้อัด

โดยส่วนหลังคาโดมที่ทำการศึกษาทั้ง 2 ระบบมีรูปแบบและขนาดที่ใกล้เคียงกัน เมื่อก่อสร้างเสร็จแล้วจะมีรูปลักษณ์ไม่แตกต่างกันมาก

4.4 รายละเอียดประกอบการก่อสร้าง

การก่อสร้างในส่วนหลังคาโดมของโครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า และโครงการ The Wisdom Apartment เป็นการก่อสร้างที่มีลักษณะเป็นโครงเหล็กเหมือนกัน แต่มีการเลือกใช้วัสดุหุ้มที่แตกต่างกัน ทำให้มีรายละเอียดเกี่ยวกับกรรมวิธีและเทคนิคการก่อสร้างที่แตกต่างกันด้วย ทำให้ในแต่ละระบบที่ศึกษานั้นมีปัญหา อุปสรรค ต้นทุน ระยะเวลาการก่อสร้าง ข้อดีข้อเสีย ข้อจำกัดที่ต่างกันออกไป โดยจะมีการศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับรายละเอียดในบทต่อไป

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดประกอบการก่อสร้าง

รายการ	หมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า	The Wisdom Apartment
1 งานโครงสร้างรับน้ำหนัก	-คาน ค.ส.ล. ขนาด 0.37x0.60 ซม. ผังเหล็กยึดโครงหลังคา	-คาน ค.ส.ล. ขนาด 0.20x0.40 ซม. ผังเหล็กยึดโครงหลังคา
2 งานโครงสร้าง	-โครงเหล็กขนาด Ø3” หนา 3.2 มม. -โครงเหล็กเสริมขนาด Ø 3” หนา 3.2 มม.	-โครงเหล็กขนาด Ø 4” หนา 3.2 มม. -โครงเหล็กเสริมขนาด Ø 2” หนา 2.9 มม.
3 วัสดุหุ้มหลังคา	- คอนกรีตเสริมใยแก้ว - จำนวนชิ้นงานด้านนอก 8 ชิ้น - จำนวนชิ้นงานด้านใน 16 ชิ้น	- ไม้อัดหนา 4 มม. ทั้งด้านนอกและด้านใน
4 งานพื้นผิว	- ทาสีทั้งภายนอกและภายใน	- ด้านนอก ปูทับด้วยแผ่นยางมะตอยแบบ 2 ชั้น - ด้านใน ทาสี

รายการ	หมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า	The Wisdom Apartment
5 วิธีการ	-ผลิตสำเร็จรูปจากโรงงานแล้วจึงนำมายกติดตั้งในที่ก่อสร้าง	-ก่อสร้างและติดตั้งทั้งหมดในพื้นที่ก่อสร้าง

4.5 ลักษณะการดำเนินการก่อสร้าง

4.5.1 การดำเนินการก่อสร้างหลังคาส่วนโดมของหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า

บริษัท มั่นคงเคหะการจำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นบริษัทเจ้าของโครงการนามหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า เป็นโครงการที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว ซึ่งทางโครงการหมู่บ้านมีความต้องการให้มีภาพลักษณ์เป็นหมู่บ้านหรูริมแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อให้สอดคล้องกับภาพลักษณ์ดังกล่าวทางโครงการจึงได้ออกแบบอาคารของหมู่บ้านส่วนที่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา ให้มีรูปแบบที่หรูหราสง่างามแก่ผู้ที่พบเห็นทั้งจากคนในหมู่บ้าน ผู้สัญจรผ่านทางน้ำ หรือผู้เดินทางด้วยรถยนต์ที่ต้องข้ามสะพานพระนั่งเกล้านั้นสามารถเห็นโครงการได้เด่นชัด จึงเลือกใช้หลังคารูปทรงโดมขนาดใหญ่มาประกอบในงาน

ในส่วนของหลังคาโดมนั้น ทางโครงการต้องการให้มีภาพลักษณ์ที่ดี หรูหรา ซึ่งการทำหลังคารูปทรงโดมนั้นมีความยากมากในการก่อสร้างในที่ก่อสร้าง เนื่องจากมีขนาดใหญ่มากและอยู่ในตำแหน่งที่มีความสูงประมาณอาคาร 3 ชั้น ทั้งยังมีพื้นที่ในการทำงานไม่มากนัก เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง จึงได้ว่าจ้างบริษัทที่มีความชำนาญในการผลิตหลังคาโดมที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) โดยเฉพาะ เข้ามาทำการรับเหมาผลิตและติดตั้งหลังคาส่วนโดมดังกล่าวนี้ ซึ่งลักษณะการทำงานจะเป็นในรูปแบบที่ทางบริษัทผลิต GRC. นั้นจะทำการผลิตชิ้นส่วนหลังคาทั้งหมดในโรงงานจนสำเร็จ โดยแบ่งส่วนหลังคาภายนอกออกเป็น 8 ส่วนและภายในแบ่งออกเป็น 16 ส่วน แล้วจึงนำมาประกอบในพื้นที่ก่อสร้าง โดยใช้เครนขนาดใหญ่ยกขึ้นไปติดตั้งในส่วนบนสุดของอาคาร แล้วจึงทำการทาสีในขั้นตอนสุดท้าย

4.5.2 การดำเนินการก่อสร้างหลังคาส่วนโดมของ The Wisdom Apartment

ทางสถาปนิกผู้ออกแบบอาคารต้องการให้ Apartment นั้นมีภาพลักษณ์ที่ หรูหรา สวยงาม แตกต่างจากอาคารพักอาศัยอื่นๆในย่านนั้น จึงมีการเลือกใช้หลังคาโดมมาประกอบในงานโดยจัดทำในส่วนโถงต้อนรับด้านหน้าอาคาร เพื่อให้ผู้คนสามารถมองเห็นและจดจำได้ง่าย

ในส่วนหลังคาโดมนั้น ทางสถาปนิกผู้ออกแบบ ได้เลือกใช้การมุงหลังคาโดยวัสดุมุงหลังคาโดมประเภทกระเบื้องยางมะตอย เนื่องจากในส่วนที่ทำหลังคาโดมนั้นอยู่ในตำแหน่งที่ไม่สูงมากนัก และมีพื้นที่หลังคาในส่วนเชื่อมต่อที่สามารถใช้ทำงานได้ง่าย และหลังคาโดมนั้นมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะมุงแผ่นหลังคาได้ จึงเห็นว่าหากเลือกใช้ระบบแผ่นยางมะตอยนั้นจะสามารถทำได้ง่ายกว่าการทำ คสล.ในที่ ซึ่งทางบริษัท JWS CONSTRUCTION ซึ่งเป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างอาคารนั้นจึงได้ว่าจ้างบริษัทซึ่งเป็นตัวแทนในการนำเข้าวัสดุประเภทกระเบื้องยางมะตอย เข้ามาทำการรับเหมาก่อสร้างในส่วนหลังคาโดมนี้ ซึ่งลักษณะการทำงานจะเป็นการทำงานในพื้นที่ทั้งหมด โดยเริ่มจากขึ้นโครงหลังคาเหล็ก แล้วปูด้วยแผ่นไม้อัด จากนั้นจึงหุ้มด้วยแผ่นยางมะตอยด้านนอกโดมแล้วตกแต่งด้วยบัวปูน และยอดแหลมในขั้นตอนสุดท้าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

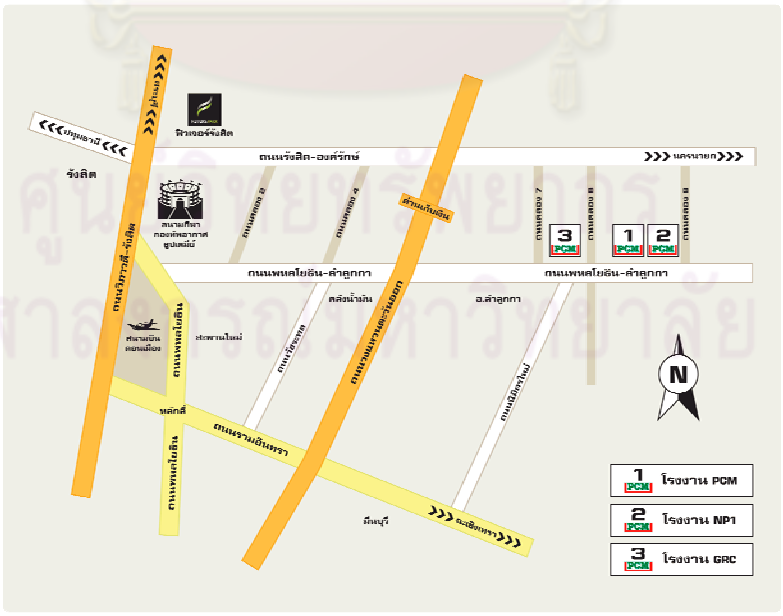
ผลการศึกษา

จากการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาเปรียบเทียบในการเลือกใช้วัสดุ และระบบการก่อสร้างในส่วนหลังคาประเภทโดม จากอาคารของโครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า และโครงการ The Wisdom Apartment ซึ่งมีส่วนประกอบของอาคารที่เป็นหลังคารูปโดมที่มีรูปแบบและขนาดใกล้เคียงกัน โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบในรายละเอียดเกี่ยวกับกรรมวิธีและเทคนิคการก่อสร้าง ราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง ความแข็งแรงสวยงาม และข้อจำกัดในการก่อสร้าง

5.1 การผลิตหลังคาโดมโดยใช้วัสดุระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.)

5.1.1 การผลิตชิ้นส่วนโดมสำเร็จรูป คอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) ณโรงงานผลิต

5.1.1.1 สภาพทั่วไปของโรงงานผลิต ซึ่งเป็นบริษัทที่เป็นผู้นำด้านการค้นคว้าพัฒนาผลิตวัสดุก่อสร้างประเภทคอนกรีตอัดแรง ด้วยกำลังการผลิตสูงที่สุดในประเทศ สามารถรองรับการเติบโตของภาคธุรกิจการก่อสร้างทุกขนาด และยังมีความเชี่ยวชาญในการผลิตชิ้นส่วนด้วยวัสดุคอนกรีตเสริมใยแก้ว (GRC.) จึงได้รับเลือกให้เป็นผู้ผลิตและติดตั้งหลังคาโดมให้ทางหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า



ภาพที่ 5.1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนหลังคาโดมคอนกรีตเสริมใยแก้ว ณ ลำลูกกาคลอง 8

ภาพที่ 5.2 แสดงโรงงานผลิตคอนกรีตเสริมใยแก้ว

5.1.1.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่สำคัญในการผลิต

ในการศึกษาครั้งนี้จะเน้นเฉพาะวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่สำคัญในการผลิตงานคอนกรีตเสริมใยแก้วเท่านั้น ประกอบด้วย

5.1.1.2.1 ใยแก้ว (GLASS FIBERS) เป็นใยแก้วชนิดที่ทนความเป็นด่างได้ (ALKALI RESISTANT GLASS FIBER) มีความยาวขนาด 25 - 50 มม.

ภาพที่ 5.3 แสดงใยแก้ว ALKALI RESISTANT GLASS FIBER

5.1.1.2.2 ปูนซีเมนต์ (CEMENT) ชนิด PORTLAND CEMENT TYPE 1 หรือ TYPE 3 ตามมาตรฐาน มอก.15 เล่ม1 หรือมาตรฐาน ASTM C150

5.1.1.2.3 ทราย เป็นทรายละเอียดขนาดผ่านตะแกรง No.20 (SIZE 0.85 mm.) มีความสะอาดปราศจากอินทรีย์เจือปน ตามมาตรฐาน มอก.566-2528

ภาพที่ 5.4 แสดงปูนซีเมนต์ และ ทรายละเอียด

5.1.1.2.4 น้ำ เป็นน้ำสะอาดปราศจากกรด ด่าง น้ำมัน และสารอินทรีย์อื่นๆในปริมาณที่จะก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพชิ้นงาน

5.1.1.2.5 สารเคมีผสมเพิ่ม (ถ้ามี) (CHEMICAL ADMIXTURE) จะต้องเป็นสารผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตตามมาตรฐาน มอก.733-2530

5.1.1.2.6 เครื่องมือในการพ่น (Spray Pump และ Spray Gun) โดยผสมซีเมนต์ ทรายละเอียด และน้ำเข้าด้วยกัน (MOTAR) ด้วยเครื่องผสม แล้วจึงเทลงในเครื่อง Spray Pump เพื่อทำการพ่นออกจาก Spray Gun ที่ทำหน้าที่ตัดพ่นเส้นใยแก้วออกมาพร้อม MOTAR ลงบนแม่แบบที่เตรียมไว้

ภาพที่ 5.5 แสดง เครื่องผสมคอนกรีต

ภาพที่ 5.6 แสดง Spray Pump

ภาพที่ 5.7 แสดง Spray Gun

5.1.1.3 ขั้นตอนการผลิต

เมื่อทางโรงงานได้แบบแปลน รูปด้าน รูปตัด ของอาคารแล้วจึงนำมาทำการขึ้นรูปให้ได้ชิ้นงานตามความต้องการ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทำงานดังนี้

5.1.1.3.1 วางแผนการทำงานทั้งหมดว่า ควรจะแบ่งโดมออกเป็นกี่ชิ้นงาน และควรจะมีโครงเหล็กและจุดยึดต่างๆอย่างไรบ้าง ซึ่งในหลักการของการผลิตคอนกรีตเสริมใยแก้วนั้นยิ่งผลิตให้มีชิ้นงานน้อยชิ้นมากที่สุดยิ่งดี เพราะจะช่วยลดปัญหาเรื่องรอยต่อได้มาก (ซึ่งต้องพิจารณาเรื่องการขนส่งด้วย) แต่ในกรณีนี้ทางบริษัทเลือกที่จะแบ่งโดมด้านนอกออกเป็น 8 ชิ้น ตามโครงสร้างของอาคารที่จะติดตั้งหลังคาโดม โดยแต่ละชิ้นจะมีความกว้างขนาด 3.15 เมตร มีความสูง 3.46 เมตร และมีโครงเหล็ก (STUD FRAME) ST.PIPE Ø 3” หนา 3.2 mm. สำหรับยึดรับชิ้นงานทั้งหมดเข้าด้วยกันทั้งด้านนอกและด้านใน และด้านในจะแบ่งชิ้นงานออกเป็น 16 ชิ้น เพื่อให้ง่ายในการประกอบ ส่วนหลังคาโดมชั้นที่สองนั้น จะผลิตสำเร็จเป็นชิ้นเดียวจากโรงงาน

5.1.1.3.2 ขึ้น Model ต้นแบบหลังจากที่ทราบขนาดและความสูงที่ต้องการแล้ว จึงเริ่มทำต้นแบบขนาดเท่าของจริงซึ่งจะทำเพียง 1 ชิ้นเท่านั้นเพื่อนำไปทำแม่พิมพ์ในขั้นตอนต่อไป การขึ้น Model ต้นแบบนั้นทำโดยเริ่มจากการตัดแผ่นไม้อัดให้ได้ความโค้งตามแบบเป็นขอบของชิ้นงาน จากนั้นทำโครงสร้างเหล็กด้านในเพื่อช่วยรับน้ำหนักแล้วปูทับด้วยเหล็กตะแกรงและกระสอบทรายตามลำดับ จากนั้นจึงนำปูนผสม (MOTAR) มาขึ้นรูปให้ได้ขนาดและความสูงตามแบบที่ต้องการ

ภาพที่ 5.8 แสดงการขึ้น Model ต้นแบบ

5.1.1.3.3 เก็บรายละเอียดของ Model ต้นแบบ โดยการโป๊วพื้นผิวทั้งหมดและใช้เกียงฉาบขัดมันผิวหน้าเพื่อทำให้พื้นผิวมีความเรียบเนียนมากที่สุด เพราะจะทำให้ชิ้นงานจริงที่ได้นั้นมีความเรียบร้อยสวยงามมากที่สุด

ภาพที่ 5.9 แสดงการเก็บรายละเอียดของ Model ต้นแบบ

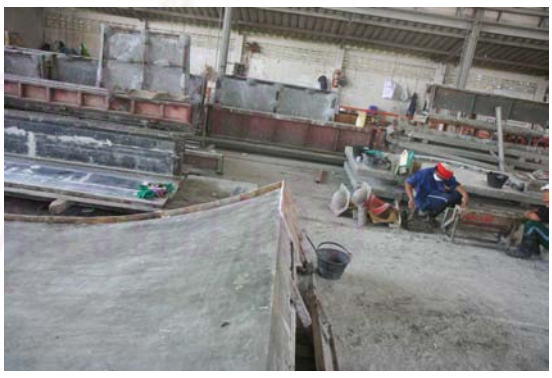
5.1.1.3.4 ทำแม่พิมพ์ หลังจากได้ Model ต้นแบบแล้วจึงทำแม่พิมพ์สำหรับชิ้นงานด้านนอก โดยเริ่มจากการกั้นขอบของ Model ต้นแบบที่เตรียมไว้ทั้งสองด้าน เพื่อทำให้แม่พิมพ์ที่ได้นั้นมีความหนาตามต้องการ แล้วจึงทำการขึ้นแม่พิมพ์โดยใช้ GRC. พ่นให้ได้ตามความหนาตามที่ต้องการ

ภาพที่ 5.10 แสดงการกั้นขอบสำหรับแม่พิมพ์

ภาพที่ 5.11 แสดงแม่พิมพ์ที่ได้

5.1.1.3.5 ขึ้นชิ้นงาน หลังจากได้แม่พิมพ์สำหรับขึ้นชิ้นงานแล้วจึงทำขอบสำหรับขึ้นชิ้นงานเพื่อให้ได้ความหนาตามที่ต้องการ (โดยในกรณีนี้จะให้ชิ้นงานมีความหนาที่ 10 มม.) จากนั้นทำการผสมส่วนผสม Motar ที่ประกอบด้วย คอนกรีต ทรายละเอียด น้ำสะอาดด้วยเครื่องผสม แล้วจึงนำไปใส่ในเครื่อง Spray Pump เพื่อทำการพ่นน้ำปูนและพ่นเส้นใยแก้ว ด้วย Spray Gun ซึ่งทำหน้าที่ตัดเส้นใยแก้วให้ได้ขนาดที่พอเหมาะ (เส้นใยแก้วผ่านที่ตัดแล้วแต่ละเส้นจะมีความยาวประมาณ 20-50 มม.) ทำการพ่นเส้นใยแก้วผสมกันกับ Motar ลงบนแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ จนชิ้นงานมีความความหนา 10 มม.

ภาพที่ 5.12 แสดงการกันขอบแม่พิมพ์



ภาพที่ 5.13 แสดงการกันขอบแม่พิมพ์

ภาพที่ 5.14 แสดงวิธีการพ่นเส้นใย GRC และ MOTAR

5.1.1.3.6 วัดและวางตำแหน่งเหล็กสำหรับจุดเชื่อมยึดซึ่งจะฝังอยู่ในเนื้อของชิ้นงาน เพื่อใช้ในการยึดชิ้นงานกับโครงเหล็กที่เตรียมไว้

ภาพที่ 5.15 แสดงการฝังจุดเชื่อมยึดในเนื้อชิ้นงาน

5.1.1.3.7 ขึ้นขอบโดยเฉพาะรอบๆชิ้นงานให้มีความหนาประมาณ 1 นิ้ว ซึ่งจะทำให้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ชิ้นงานไม่ให้เกิดการบิดงอ

ภาพที่ 5.16 แสดงการขึ้นขอบชิ้นงาน

5.1.1.3.8 แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ หลังจากรอเวลาให้คอนกรีตเสริมใยแก้วเซ็ทตัวเรียบร้อยแล้วประมาณ 1 วัน

5.1.1.3.9 ทำชิ้นงานเพิ่ม จนครบตามจำนวนที่ต้องการ (จำนวน 8 ชิ้น)

5.1.1.3.10 ทำโครงเหล็ก สำหรับรองรับชิ้นงาน โดยใช้เหล็กกลมขนาด Ø 3” หนา 3.2 mm. (STUD FRAME) ทำการวัดและใช้เครื่องดัดเหล็ก ดัดเหล็กแต่ละชิ้นให้ได้ความโค้งตามแบบ จากนั้นทำการจัดวางโครงเหล็กและเชื่อมโครงเหล็กตามแบบ โดยในแต่ละด้านจะใช้เหล็ก 4 ท่อนโดยวางเหล็กคู่ตรงกลาง และเสริมเหล็กเพิ่มในแนวขวางเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและยังใช้สำหรับยึดชิ้นงานด้านในอีกด้วย โดยทำโครงเหล็กเพิ่มรูปแบบเดียวกันให้ได้จำนวน 8 ชิ้นงาน

ภาพที่ 5.17 แสดงการดัดเหล็กให้ได้ตามขนาด

ภาพที่ 5.18 แสดงโครงเหล็กสำหรับชิ้นงาน

ภาพที่ 5.19 แสดงการจัดโครงเหล็กและการเสริมเหล็ก

5.1.1.3.11 นำโครงเหล็กทั้งหมดมาติดตั้งยึดกับตัวชิ้นงาน ทำการตรวจสอบความแข็งแรง และทาสีกันสนิมก่อนติดตั้งโดยเผื่อความยาวด้านหัวและท้ายไว้เพื่อให้ง่ายในการติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้าง

ภาพที่ 5.20 แสดงการยึดโครงเหล็กกับชิ้นงาน และการเผื่อความยาวด้านหัวและท้าย

5.1.1.3.12 นำ Model ต้นแบบมาทำพื้นผิวด้านในเพิ่ม เพื่อต้องการทำแม่พิมพ์สำหรับชิ้นงานด้านในโดม

ภาพที่ 5.21 แสดงการทำMODEL ต้นแบบด้านใน

5.1.1.3.13 ทำแม่พิมพ์ สำหรับชิ้นงานด้านในโดยทำตามขั้นตอนเช่นเดียวกับการทำชิ้นงานด้านนอก

5.1.1.3.14 จัดทำชิ้นงาน GRC. ด้านใน ตามขั้นตอนเช่นเดียวกับชิ้นงานด้านนอก

5.1.1.3.15 ทำชิ้นงานโดมชั้นที่ 2 มีขนาดความกว้าง 1.96 เมตร สูง 1.63 เมตร โดยทำตามขั้นตอนทั้งหมดเช่นเดียวกัน โดยเสริมโครงเหล็กด้วยเหล็กกล่องขนาด 50 x 50 มม. หนา 2.3 มม. ตามแบบ และทำการประกอบสำเร็จเป็นชิ้นเดียวกันจากโรงงาน

ภาพที่ 5.22 แสดงส่วนโดมชั้นที่ 2

5.1.1.3.16 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงานทั้งหมด เช่นขนาด (กว้าง ยาว สูง รูปร่าง) ให้มีความผิดพลาดไม่ควรเกิน 5 mm. ตรวจสอบความเรียบร้อย ความสมบูรณ์ของพื้นผิวชิ้นงาน เช่นไม่แตกร้าว และมีความหนาสม่ำเสมอตามที่กำหนด

5.1.1.3.17 Code ชิ้นงาน ทั้งหมดตามแบบเพื่อให้ง่ายในการขนย้ายและติดตั้ง

ภาพที่ 5.23 แสดงการ Code ชิ้นงาน

5.1.1.4 ขั้นตอนการขนย้ายและติดตั้ง ณ สถานที่ก่อสร้าง หมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า

ภาพที่ 5.24 แสดงตำแหน่งที่ตั้งโครงการ หมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า

ภาพที่ 5.25 แสดงหน้าโครงการ หมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า

5.1.1.4.1 จัดชิ้นงานทั้งหมดขึ้นรถ เพื่อนำไปประกอบในที่ก่อสร้าง

ภาพที่ 5.26 แสดงการขนย้ายชิ้นงาน

ภาพที่ 5.27 แสดงการยกชิ้นงาน

5.1.1.4.2 ตรวจสอบตำแหน่งจุดยึด การติดตั้ง แนวระยะ ระดับที่จัดทำอ้างอิงไว้ที่โครงสร้างหลักของอาคาร เพื่อกำหนดตำแหน่งชิ้นงาน แล้วทำการยึดติดตั้ง Expansion Bolt กับ Plate ของโครงสร้างหลัก ตามแบบที่กำหนด

ภาพที่ 5.28 แสดงตำแหน่งจุดยึดหลังคากับโครงสร้างหลัก

5.1.1.4.3 ติดตั้งโครงเหล็กสำหรับ GRC. ตาม Code ที่ระบุรายละเอียดที่ใช้ในแบบ โดยทำการวัดและวางผังบนที่ว่าง เพื่อใช้อ้างอิงในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆโดยใช้เหล็กฉากประกอบตามผังโครงสร้างสำหรับวางขึ้นชิ้นงานในการติดตั้ง

ภาพที่ 5.29 แสดงการวางผังตามแบบ

ภาพที่ 5.30 แสดงการประกอบเหล็กฉากตามผัง

ภาพที่ 5.31 แสดงการฝังจุดยึดสำหรับยกชิ้นงาน

ภาพที่ 5.32 แสดงวิธีการยกชิ้นงาน

ภาพที่ 5.33 แสดงการเริ่มติดตั้งชิ้นงานบนจุดอ้างอิง

ภาพที่ 5.34 แสดงการติดตั้งชิ้นงานบนจุดอ้างอิง

5.1.1.4.4 เชื่อมโครงเหล็กของชิ้นงานทีละชิ้นตามลำดับ ตามรูปแบบที่วางไว้ โดยวัดขนาดและความสูงให้ได้ตามแบบ ทำการจับยึดชิ้นงานเข้าด้วยกันด้วยโซ่รัดด้านหัวและท้ายไว้ก่อน จากนั้นทำการอ๊อกเชื่อมโครงสร้างเหล็กเข้าด้วยกันด้วยเหล็กเส้น และทำช่องเว้นเปิดจุดที่จะต้องไปยึดเชื่อมติดกับโครงสร้างหลักขนาด 0.10 x 0.45 เมตร เพื่อความสะดวกและง่ายในการทำงาน และฝังแผ่นเหล็กขนาด 150 x 400 มม. หนา 6 มม. สำหรับยึดกับโครงสร้างหลักของอาคารในจุดที่เตรียมไว้ ทำการเชื่อมยึดโครงสร้างให้แน่นหนาในชิ้นงานทุกแผ่น โดยเว้นเหลือช่องชิ้นงานด้านสุดท้ายไว้ เพื่อให้คนงานสามารถเข้าไปทำการติดตั้งชิ้นส่วนภายในทั้งหมดได้แล้วจึงทำการปิดชิ้นงานด้านสุดท้ายในภายหลัง

ภาพที่ 5.35 แสดงการวัดความสูงของชิ้นงานให้ได้ตามแบบ

ภาพที่ 5.36 แสดงการติดตั้งชิ้นงานที่ 2

ภาพที่ 5.37 แสดงการติดตั้งชิ้นงานที่ 2

ภาพที่ 5.38 แสดงจุดยึดในการติดตั้งชิ้นงาน

ภาพที่ 5.39 แสดงวิธีการยึดชิ้นงานเข้าด้วยกัน

ภาพที่ 5.40 แสดงวิธีการยึดชิ้นงานเข้าด้วยกัน

ภาพที่ 5.41แสดงวิธีการยึดเชื่อมชิ้นงาน

ภาพที่ 5.42แสดงวิธีการยึดเชื่อมชิ้นงาน

ภาพที่ 5.43 แสดงช่องเปิดสำหรับเชื่อมโครงสร้าง

ภาพที่ 5.44 แสดงวิธีการยึดเชื่อมโครงเหล็ก

ภาพที่ 5.45 แสดงการเว้นชิ้นงานด้านสุดท้าย

5.1.1.4.5 ติดตั้งชิ้นงานส่วนสันโดม เพื่อช่วยกันน้ำรั่วซึมในรอยต่อของชิ้นงานและยังเพิ่มความเรียบร้อยและความสวยงามตามแบบ โดยใช้เหล็กเส้นร้อยผ่านช่องที่เตรียมไว้ อ๊อกเชื่อมชิ้นงานเข้ากับโครงเหล็กด้านใน จากนั้นทำการปิดช่องด้วย GRC. แบบผสม

ภาพที่ 5.46 แสดงการติดตั้งสันโดม

ภาพที่ 5.47 แสดงการเชื่อมยึดสันโดมกับชิ้นงาน

5.1.1.4.6 ติดตั้งชิ้นงานด้านในโดมโดยเริ่มจากชิ้นงานด้านล่างโดยรอบทำการวัดระยะชิ้นงานให้ได้ความหนาตามที่กำหนด แล้วทำการเชื่อมยึดเข้ากับโครงเหล็กโดยใช้เหล็กเส้นสอดผ่านจุดที่เตรียมไว้อ๊อกติดให้แน่น และเริ่มติดตั้งชิ้นต่อๆไปจนรอบ จากนั้นจึงทำการเริ่มติดตั้งด้านบนด้วยวิธีเดียวกันตามลำดับจนครบทุกด้าน โดยทิ้งชิ้นงานด้านสุดท้ายไว้ในโดม

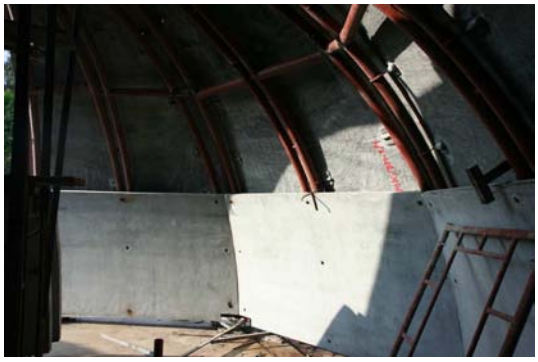
ภาพที่ 5.48 แสดงการเริ่มติดตั้งชิ้นงานด้านใน

ภาพที่ 5.49 แสดงการเชื่อมยึดชิ้นงานกับโครงเหล็ก

ภาพที่ 5.50 แสดงการวัดระยะให้ได้ตามแบบ

ภาพที่ 5.51 แสดงจุดเชื่อมต่อชิ้นงานกับโครงเหล็ก

ภาพที่ 5.52 แสดงรอยต่อของชิ้นงาน



ภาพที่ 5.53 แสดงการติดชิ้นงานภายในโดม

5.1.1.4.7 ติดตั้งชิ้นงานด้านสุดท้ายด้านนอกให้เรียบร้อยก่อน หลังจากนั้นจึงเข้าไปในโดมเพื่อทำการเชื่อมยึดชิ้นส่วนภายในโดมด้านสุดท้ายให้เรียบร้อย

ภาพที่ 5.54 แสดงการติดตั้งหลังคาโดมจนครบทุกด้าน

5.1.1.4.8 ตรวจสอบความเรียบร้อย ความแข็งแรง และตรวจสอบตำแหน่งแนวระดับของชิ้นงานให้ถูกต้องแม่นยำ ทำการปิดแผ่นหลังคาโดมชั้นล่างให้เรียบร้อย

ภาพที่ 5.55 แสดงแผ่นปิดหลังคาโดมชั้นล่าง

5.1.1.4.9 เก็บรอยต่อของชิ้นงาน และรอยต่อกับโครงสร้างเหล็ก ทำการ Sealant ด้วย Polyuretain ตามกรรมวิธีของ Sealant Supplier

ภาพที่ 5.56 แสดงการ Sealant ด้วย Polyuretain

ภาพที่ 5.57 แสดง Polyuretain

5.1.1.4.10 ยกหลังคาโดม GRC. ด้วย Tower Crane โดยยกในตำแหน่งที่โรงงานผู้ผลิตได้ฝังเตรียมไว้ในการยกติดตั้ง

ภาพที่ 5.58 แสดงวิธีการยกชิ้นงาน

ภาพที่ 5.59 แสดงจุดที่ฝังเตรียมไว้ในการยกติดตั้ง

5.1.1.4.11 ตรวจสอบตำแหน่ง แนวระดับ ของชิ้นงาน และทำการเชื่อมยึดกับโครงสร้างหลักตามตำแหน่งจุดยึดที่เตรียมไว้

ภาพที่ 5.60 แสดงการตรวจสอบระดับ

ภาพที่ 5.61 แสดงการตรวจสอบตำแหน่ง

ภาพที่ 5.62 แสดงการเริ่มยกชิ้นงาน

ภาพที่ 5.63 แสดงการยกชิ้นงานสู่โครงสร้างอาคาร

ภาพที่ 5.64 แสดงการตรวจสอบระดับและตำแหน่งชิ้นงานกับโครงสร้างอาคาร

ภาพที่ 5.65 แสดงการเชื่อมยึดชิ้นงานกับโครงสร้าง

5.1.1.4.12 ยกชิ้นงานส่วนยอดโดมขึ้นติดตั้งตามขั้นตอนเดิม

ภาพที่ 5.66 แสดงการเริ่มยกส่วนยอดโดม

ภาพที่ 5.67 แสดงการยกส่วนยอดโดมขึ้นติดตั้ง

ภาพที่ 5.68 แสดงการตรวจสอบตำแหน่งที่ติดตั้ง

ภาพที่ 5.69 แสดงการเชื่อมยึดยอดโดมเข้าด้วยกัน

5.1.1.4.13 บริเวณจุดยึดให้ทำการ Grout ด้วย Cement Grout ตามที่ได้กำหนดไว้

ภาพที่ 5.70แสดงการ Grout

ภาพที่ 5.71 แสดงการเชื่อมยึดยอดโดมเข้าด้วยกัน

5.1.1.4.14 เก็บรอยต่อของชิ้นงานกับชิ้นงาน และรอยต่อของชิ้นงานกับโครงสร้างหลัก ทำการ Sealant ด้วย Polyuretain ตามกรรมวิธีของ Sealant Supplier

ภาพที่ 5.72 แสดงการเก็บรอยต่อของชิ้นงานกับโครงสร้าง

ภาพที่ 5.73 แสดงการเก็บรอยต่อ Sealant ด้วย Polyuretain

5.1.1.4.15 ตรวจสอบความเรียบร้อยต่างๆ

ภาพที่ 5.74 แสดงการตรวจสอบความเรียบร้อยทั้งหมด

5.1.1.4.16 ดำเนินการขั้นตอนอื่นๆ เช่นทาสี (ทางโครงการหมู่บ้านเป็นผู้ทาสีเอง)

ภาพที่ 5.75 แสดงหลังคาโดมที่เสร็จสมบูรณ์

ภาพที่ 5.76 แสดงหลังคาโดมที่เสร็จสมบูรณ์

5.2 การผลิตหลังคาโดมโดยใช้วัสดุระบบ หลังคายางมะตอย Asphalt Shingles

5.2.1 การผลิตหลังคายางมะตอยส่วนโดม ณ สถานที่ก่อสร้าง

5.1.1.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ก่อสร้าง การก่อสร้างส่วนหลังคาโดมของอาคาร The Wisdom Apartment นั้นติดตั้งอยู่ในตำแหน่งด้านหน้าที่ไม่สูงมากและยังมีพื้นที่หลังคาส่วนเชื่อมต่อ ทำให้มีพื้นที่ในการทำงานได้สะดวก แต่อย่างไรก็ตามการก่อสร้างหลังคาโดมยังคงมีความยากในการก่อสร้างจึงต้องใช้ผู้ที่มีประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญเป็นอย่างมาก เมื่อทางสถาปนิกโครงการได้เลือกใช้วัสดุหลังคาส่วนโดมเป็นกระเบื้องยางมะตอย จึงทำให้ทางบริษัท JWS. CONSTRUCTION ซึ่งเป็นผู้รับเหมาโครงการได้ทำการบริษัทผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางมะตอย ที่เป็นวัสดุสังเคราะห์นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญในการทำงานสูง มาเป็นผู้รับเหมาก่อสร้างและติดตั้งในส่วนหลังคาโดมนี้ทั้งหมด

ภาพที่ 5.77 แสดงตำแหน่งพื้นที่ก่อสร้าง ส่วนหลังคาโดมยางมะตอย

ภาพที่ 5.78 แสดงอาคารโครงการ The Wisdom Apartment

5.2.1.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่สำคัญในการผลิต

ในการศึกษาครั้งนี้จะเน้นเฉพาะวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่สำคัญในการผลิตงานปูแผ่นกระเบื้องยางมะตอยเท่านั้น ซึ่งประกอบด้วย

5.2.1.2.1 แผ่นยางกระเบื้องมะตอย Asphat Shsingle Roof รุ่น 2 ชั้น (Cambridge 30 Duble layaer) ซึ่งรับประกันวัสดุ 30 ปี มีใส้กลางเป็นแผ่นไฟเบอร์ หุ้มด้วยยางมะตอยทั้ง 2 ด้าน ที่ด้านหน้ามีผิวกรวดสีต่างๆ แบ่งร่องรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเรียงสลับกันในลักษณะคล้ายฟันมังกร

ภาพที่ 5.79 แสดงแผ่นยางมะตอย รุ่น 1 ชั้น

ภาพที่ 5.80 แสดงแผ่นยางมะตอย รุ่น 2 ชั้น

5.2.1.2.2 แผ่นไม้อัดหนา 4 มม. เพื่อใช้ปูเป็นพื้นผิวสำหรับยึดติดแผ่นกระเบื้องยางมะตอยของหลังคาโดม โดยจะติดแผ่นไม้อัดทั้งด้านนอกและด้านในหลังคาโดม

ภาพที่ 5.81 แสดงแผ่นไม้อัดหนา 4 มม.

5.2.1.2.3 เครื่องมือสำหรับตัดแผ่นไม้ โดยใช้เครื่องเจียร์ขนาดเล็กในการตัดผ่นไม้อัดให้ได้ขนาดตามต้องการ

ภาพที่ 5.82 แสดงเครื่องเจียร์สำหรับตัดแผ่นไม้

5.2.1.2.4 มีดคัตเตอร์สำหรับตัดแผ่นยาง

5.2.1.2.5 สว่าน และ น๊อตสำหรับยึดแผ่นไม้อัดเข้ากับโครงเหล็ก

ภาพที่ 5.83 แสดงสว่าน และ น๊อต

5.2.1.2.6 ปืนลมยิงลวดเย็บสำหรับยึดแผ่นยางเข้ากับแผ่นไม้อัด

ภาพที่ 5.84 แสดงปืนลมยิงลวดเย็บ

5.2.1.3 ขั้นตอนการผลิต

เมื่อทางบริษัทได้แบบแปลน รูปด้าน รูปตัด แบบขยายของอาคารส่วนโดมแล้ว จึงนำมาทำการขึ้นรูปให้ได้ชิ้นงานตามความต้องการ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทำงานดังนี้

5.2.1.3.1 วางแผนการทำงานทั้งหมดว่าควรจะต้องทำโครงเหล็ก และจุดยึดต่างๆอย่างไรบ้าง โดยตามแบบ จะแบ่งโดมด้านนอกออกเป็น 12 ด้าน ตามโครงสร้างของอาคารที่จะติดตั้งหลังคาโดม

5.2.1.3.2 จัดทำโครงเหล็กให้ได้ตามแบบก่อสร้าง โดยเตรียมวัดขนาดและดัดให้ได้ความโค้งที่ต้องการมาจากโรงงานเหล็ก โดยใช้ท่อเหล็กกลมขนาด Ø 4” หนา 3.2 มม. เป็นโครงสร้างหลัก และ ใช้ท่อเหล็กกลมขนาด Ø 2“ หนา 2.9 มม. เป็นโครงสร้างรอง

ภาพที่ 5.85 แสดงรูปแบบหลังคาโดม

ภาพที่ 5.86 แสดงโครงสร้างเหล็กหลังคาโดม

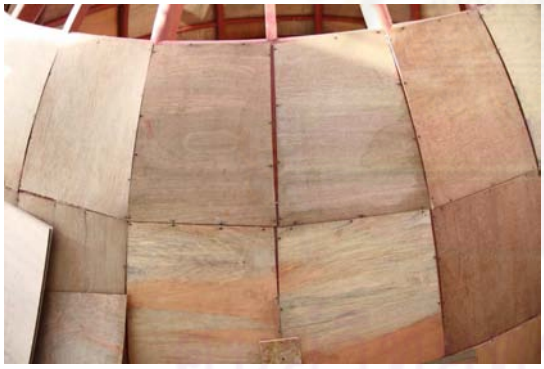
5.2.1.3.3 นำโครงเหล็กจากโรงงานมาประกอบในที่ก่อสร้าง โดยวางท่อเหล็กกลมขนาด Ø 4” หนา 3.2 มม.เป็นโครงสร้างหลักโดยยึดด้วยแผ่นเหล็กกลม ขนาด Ø 700 มม. หนา 6 มม. ที่ด้านบนแล้วปิดด้วยแผ่นเหล็กกลมขนาด Ø 300 มม. หนา 15 มม. ที่ด้านล่าง แล้วเสริมโครงสร้างรองแนวขวาง ด้วยเหล็กกลมขนาด Ø 2” หนา 2.9 มม. ทุกระยะ 1 เมตร แต่เนื่องจากตามแบบโครงสร้างเหล็กมีระยะความห่างที่มากเกินไป เมื่อหลังคาเป็นผิวโค้งทรงโดมจึงทำให้ไม่สามารถติดตั้งแผ่นไม้อัดยางกันน้ำหนา 10 มม. ตามความต้องการได้ ทำให้ทางผู้ติดตั้งต้องสั่งเสริมเหล็กเพิ่มเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการยึดแผ่นไม้ โดยการใช้เหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว มาเสริมโครงสร้างเดิมระหว่างกลางช่องว่างทั้งหมด ให้มีความละเอียดมากขึ้นเป็นเท่าตัว

ภาพที่ 5.87 แสดงการเสริมเหล็กโครงสร้างด้วยเหล็กฉาก

ภาพที่ 5.88 แสดงโครงสร้างทั้งหมด

5.2.1.3.4 เริ่มติดตั้งแผ่นไม้อัด โดยตามแบบกำหนดให้เป็นไม้อัดยางกันน้ำขนาดหนา 10 มม. แต่เนื่องจากขนาดโดมมีความกว้างไม่มากพอทำให้ไม่สามารถดัดแผ่นไม้ได้ตามที่ต้องการ จึงแก้ปัญหาโดยทำการเปลี่ยนเป็นแผ่นไม้อัดแบบธรรมดาหนา 4 มม. แทน

5.2.1.3.5 ตัดแบ่งไม้อัดให้ได้ขนาดและจำนวนแผ่นตามช่องของโครงเหล็ก แล้วยึดด้วยน๊อตขนาด 6 x 3/4 ทุกระยะ 15 ซม.



ภาพที่ 5.89 แสดงการติดไม้อัดด้านนอก

ภาพที่ 5.90 แสดงด้านในโครงสร้าง

ภาพที่ 5.91 แสดงการยึดแผ่นไม้ด้วยน๊อต

ภาพที่ 5.92 แสดงการตัดแผ่นไม้ให้พอดีกับช่อง

ภาพที่ 5.93 แสดงการตัดแผ่นไม้ให้ได้ขนาด

ภาพที่ 5.94 แสดงวิธีการยึดแผ่นไม้กับโครงสร้าง

5.2.1.3.6 ติดแผ่นกระดาษกันน้ำทับแผ่นไม้อัดให้ทั่วเพื่อช่วยกันน้ำรั่วซึม โดยเริ่มจากด้านล่างสุด เมื่อพบว่าหลังคามีความโค้งสูงจนไม่สามารถปูแผ่นกระดาษกันน้ำให้โค้งเข้ารูปได้ จึงทำการแก้ปัญหาโดยการตัดแผ่นกระดาษกันน้ำให้มีขนาดเล็กลง หรือกรีดตัดแผ่นเพื่อทำจีบซ้อนทับกัน จากนั้นจึงติดแผ่นกระดาษกันน้ำในชั้นต่อๆไป ซ้อนทับกันจนครบทั้งโดม

ภาพที่ 5.95 แสดงการปูแผ่นยางรองพื้น

ภาพที่ 5.96 แสดงปัญหาในการปูแผ่นให้ได้รูปทรงโดม

ภาพที่ 5.97 แสดงการยึดแผ่นยางกับแผ่นไม้อัด

ภาพที่ 5.98 แสดงแก้ปัญหาโดยการตัดซ้อนทับ

ภาพที่ 5.99 แสดงการปูแผ่นยางรองพื้น

ภาพที่ 5.100 แสดงการปูแผ่นยางรองพื้น

5.2.1.3.7 เริ่มติดแผ่นยางมะตอยชั้นแรก โดยการเริ่มต้นในชั้นล่างสุดก่อน และต้องใช้แผ่นปูเฉพาะโดยเรียกว่าแผ่น Starter ซึ่งจะมีแผ่นยางมะตอยอยู่ด้านล่าง เพื่อช่วยในการกันน้ำรั่วซึม

ภาพที่ 5.101 แสดงการวัดขนาดแผ่นที่จะนำมาปู

ภาพที่ 5.102 แสดงแผ่นยางมะตอย Starter

ภาพที่ 5.103 แสดงด้านหลังแผ่นยางมะตอย

ภาพที่ 5.104 แสดงวิธีการติดแผ่นยางมะตอย

5.2.1.3.8 เริ่มติดแผ่นยางมะตอยชั้นล่างสุด โดยทำการติดทับแผ่น Starter ทั้งแผ่น ซึ่งแผ่นยางที่นำมาติดตั้ง มีขนาดกว้าง 34 ซม. ยาว 100 ซม. โดยเริ่มติดจากด้าน

ล่างสุด แต่เนื่องจากหลังคาโดมมีความโค้งสูงทำให้ทางผู้ติดตั้งต้องทำการตัดแผ่นออกเป็นขนาดสั้นๆเพื่อให้ทำการมุงแผ่นกระเบื้องยางได้อย่างราบเรียบสวยงาม

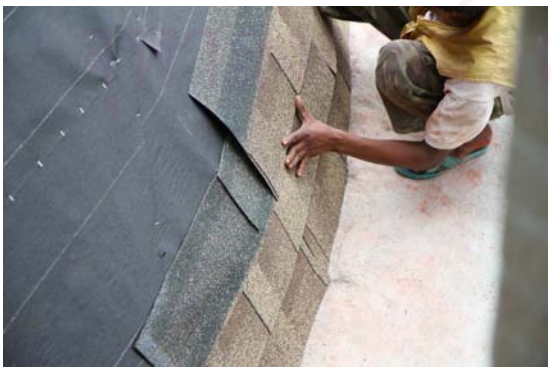
ภาพที่ 5.105 แสดงแผ่นยางมะตอยชนิด 2 ชั้น

ภาพที่ 5.106 แสดงแถบกาวด้านหลังแผ่นยางมะตอย

ภาพที่ 5.107 แสดงการติดแผ่นยางมะตอยทับแผ่น Starter

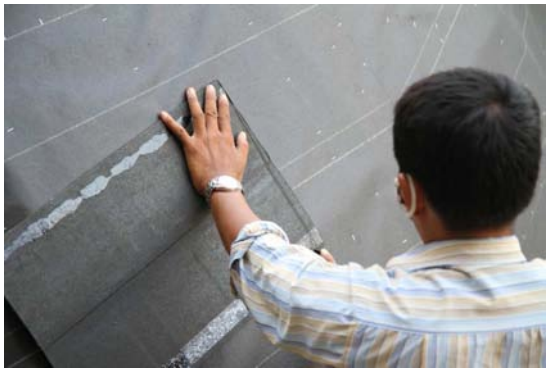
ภาพที่ 5.108 แสดงการติดแผ่นยางมะตอยทับแผ่น Starter

5.2.1.3.9 ติดแผ่นยางมะตอยในชั้นต่อๆไป โดยทำการติดทับจากชั้นล่างโดยมีระยะซ้อนครึ่งแผ่น (ประมาณ 7 ซม.) และตัดแบ่งซอยแผ่นให้เล็กลงเพื่อที่จะปูแผ่นให้ได้เข้ากับขนาดของความโค้งหลังคาโดมที่เปลี่ยนไปในทุกชั้นความสูง



ภาพที่ 5.109 แสดงการติดแผ่นยางมะตอยชั้นที่ 2

ภาพที่.110 แสดงการติดแผ่นยางมะตอยชั้นที่ 3และ4



ภาพที่ 5.111 แสดงการตัดแผ่นยางให้ได้ขนาด

ภาพที่ 5.112 แสดงการปูแผ่นยางซ้อนทับกัน

ภาพที่ 5.113 แสดงพื้นผิวเมื่อปูแผ่นยางมะตอยแล้ว

5.2.1.3.10 ติดแผ่นยางมะตอยในชั้นสุดท้ายโดยสอดแผ่นยางเข้าใต้แผ่นเหล็กของโครงสร้างหลังคา

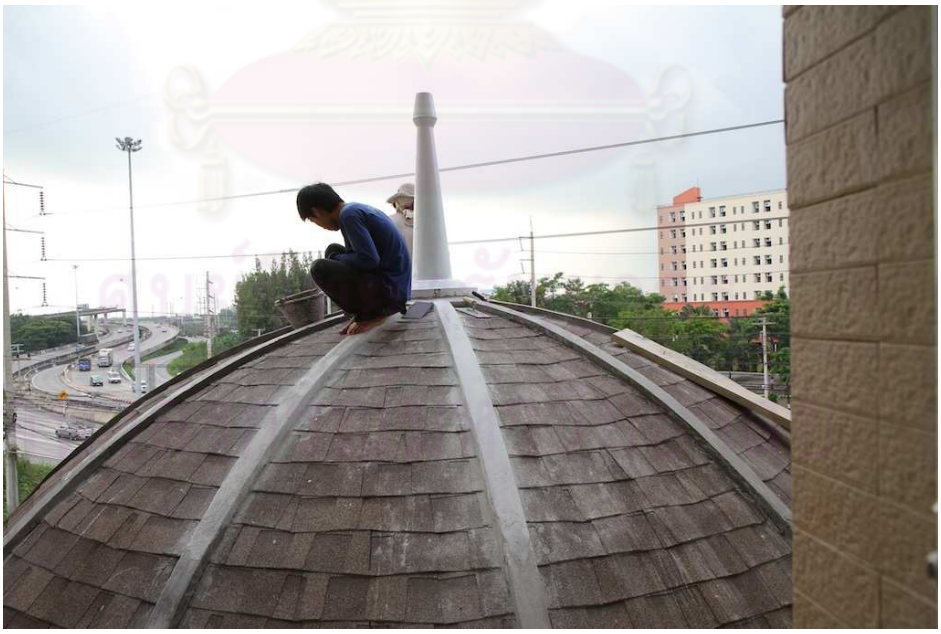
ภาพที่ 5.114 แสดงการติดแผ่นยางมะตอยชั้นสุดท้าย

ภาพที่ 5.115 แสดงการตัดแผ่นยางมะตอย

5.2.1.3.11 เก็บรอยต่อทั้งหมดโดยใช้ Sealant ในส่วนบนสุดในตำแหน่งที่ติดแผ่นเหล็กรับยอดแหลม และด้านล่างสุดที่ติดกับโครงสร้างอาคาร

ภาพที่ 5.116 แสดงการเก็บรอยต่อทั้งหมดโดยใช้ Sealant

5.2.1.3.12 ติดตั้งยอดแหลมของโดม โดยยึดด้วยน๊อตเข้ากับแผ่นเหล็ก

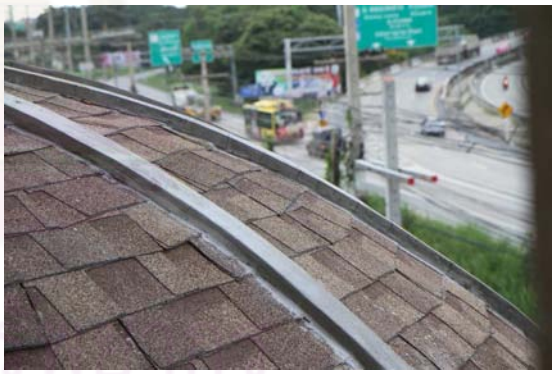


ภาพที่ 5.117 แสดงการติดตั้งยอดแหลมของโดม

5.2.1.3.13 ทำปูนเป็นแนวสันหลังคาเพื่อความสวยงามตามแบบ โดยใช้ปูนซีเมนต์มาขึ้นรูปตามแนวสันหลังคาโดยรอบ

ภาพที่ 5.118 แสดงการขึ้นปูนทำแนวสันหลังคา

ภาพที่ 5.119 แสดงการขึ้นขอบปูนด้านล่าง



ภาพที่ 5.120 แสดงขอบปูนแนวสันหลังคาโดม

5.2.1.3.14 ทาสีเก็บรายละเอียดที่ปูนสันหลังคาและยอดโดมให้เรียบร้อย

5.2.1.3.15 ติดแผ่นไม้อัดด้านในโดมให้เรียบร้อยแล้วทาสีภายใน

ภาพที่ 5.121 แสดงการติดไม้อัดด้านใน

ภาพที่ 5.122 แสดงการทาสีภายใน

ภาพที่ 5.123 แสดงภายในโครงสร้างหลังคาโดม

บทที่ 6

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

6.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายละเอียดโครงการ

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบรายละเอียดโครงการ

รายการ	**โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า**	The Wisdom Apartment
แบบอาคารที่ทำการศึกษา	อาคารพักอาศัย 2 ชั้น	อาคารพักอาศัย 8 ชั้น
ที่ตั้งโครงการ	หมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า นนทบุรี	ถ.เชียงรากอ.คลองหลวง ปทุมธานี
ขนาดหลังคาโดม	เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.62 เมตร	เส้นผ่านศูนย์กลาง 6.2 เมตร
ความสูงหลังคา	ขนาดโดมสูง 5.06 เมตร	ขนาดโดมสูง 3.20 เมตร
รูปแบบหลังคา	โดม 2 ชั้น มียอดแหลม ทำพื้นผิวทั้งด้านนอกและด้านใน	โดม 1 ชั้นมียอดแหลม ทำพื้นผิวเฉพาะด้านนอก
ขนาดพื้นที่ผิวหลังคา	97.44 + 74.31 = 171.75 ตร.ม.	60.35 ตร.ม.
ตำแหน่งการติดตั้ง	สูงจากระดับดิน 16 เมตร	สูงจากระดับดิน 7.15 เมตร
ระบบก่อสร้างหลังคา	คอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC.	ไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle
ราคาเหมารวมติดตั้ง	800,000 บาท	150,000 บาท
ระยะเวลาผลิตและติดตั้ง	ผลิต 18 วัน ติดตั้ง 3 วัน ทำสี 1 วัน	ผลิตและติดตั้ง 18 วัน

6.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตและเทคนิคการก่อสร้างชิ้นส่วนหลังคาโดม

การผลิตหลังคาโดมอาคารคลับเฮาส์ จากโครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่านั้นเลือกใช้การผลิตระบบ คอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. ได้เลือกบริษัท A เป็นผู้รับเหมาผลิตและติดตั้ง (ปัจจุบันในประเทศไทย มีบริษัทที่รับผลิตและติดตั้งวัสดุระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. อยู่ทั้งหมด 3 บริษัท) ซึ่งมีโรงงานการอยู่ที่ ถ.ลำลูกกาคลอง 8 ซึ่งได้ใช้วิธีการผลิตหลังคาโดมเป็นชิ้นส่วนสำเร็จจากโรงงานมาประกอบในพื้นที่ก่อสร้าง แล้วใช้เครนยกหลังคาโดมทั้งชิ้นขึ้นไปติดตั้งในตำแหน่งที่เตรียมไว้แล้ว รูปแบบและลักษณะหลังคาโดมเป็นแบบโดม 2 ชั้นมียอดแหลม ขนาดโดมส่วนล่างมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.62 เมตร สูง3.46 เมตร และโดมส่วนบนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.10 เมตร สูง 1.60 เมตร ทำให้มีความสูงรวม 5.06 เมตร (ไม่รวมยอดแหลม) ทำผิวคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. ทั้งด้านนอกและด้านในโดม ทำให้มีพื้นที่ผิวรวมทั้งหมด 171.75 ตร.ม. ติดตั้งที่ตำแหน่งสูงจากระดับดิน 11.6 เมตร โดยทางบริษัทคิดราคาแบบเหมารวมทั้งการผลิตและติดตั้ง (ไม่รวมทาสี) ในราคา 800,000 บาท ใช้เวลาในการผลิตและติดตั้งรวมทั้งสิ้นประมาณ 21 วัน

ส่วนการผลิตหลังคาโดมของโครงการ The Wisdom Apartment นั้นทางผู้รับเหมาโครงการเลือกใช้การผลิตหลังคาโดม ระบบไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle ซึ่งเป็นวัสดุนำเข้าจากต่างประเทศ โดยบริษัท B เป็นผู้นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเลือกใช้เป็นชนิดแผ่นกระเบื้องยางมะตอย Asphat Shingle Roof รุ่น 2 ชั้น (Cambridge 30 Duble layaer) ซึ่งรับประกันวัสดุ 30 ปี โดยทางโครงการเป็นผู้ทำโครงสร้างเหล็กตามแบบเตรียมไว้ให้ และทางบริษัท B เป็นผู้รับเหมาติดตั้งวัสดุด้านนอกหลังคาโดม (ไม่รวมการทำสี ทำฝ้าด้านใน และสันหลังคาตามแบบ) รูปแบบและลักษณะหลังคาโดมเป็นแบบโดมชั้นเดียวมียอดแหลม ขนาดโดมส่วนล่างมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.20 เมตร สูง 3.20 เมตร (ไม่รวมยอดแหลม) ผิวด้านนอกปูแผ่นยางมะตอย ด้านในทำฝ้าโดยใช้แผ่นไม่อัดทาสี มีพื้นที่ผิวด้านนอกรวมทั้งหมด 60.35 ตารางเมตร ติดตั้งในตำแหน่งสูงจากระดับดิน 7.15 เมตร โดยมีราคารวมทั้งหมดประมาณ 150,000 บาท ใช้เวลาในการผลิตและติดตั้งรวมทั้งสิ้นประมาณ 18 วัน

ตารางที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบรายละเอียดขั้นตอนการผลิตและติดตั้งหลังคาโดม

โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า	The Wisdom Apartment
1 วางแผนการทำงานทั้งหมด แบ่งโดมส่วนล่างด้านนอกออกเป็น 8 ชิ้น แบ่งโดมส่วนล่างด้านในออกเป็น 16 ชิ้น แบ่งโดมส่วนบนด้านนอกออกเป็น 8 ชิ้น	1 วางแผนการทำงานทั้งหมด แบ่งโดมด้านนอกออกเป็น 12 ด้าน - ทำสันโดมด้านนอก ทาสี - ทำฝ้าด้าน (ไม้อัดทาสี)
ณ โรงงานผลิต	
2 ขึ้น Model ต้นแบบ (ทำเพียง1 ด้าน) - เก็บรายละเอียดของ Model ต้นแบบ 3 ทำแม่พิมพ์สำหรับชิ้นงานด้านนอก 4 ขึ้นชิ้นงานจริง - วางตำแหน่งเหล็กสำหรับจุดเชื่อมยึด - ขึ้นขอบชิ้นงานเพื่อช่วยให้แข็งแรง - แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ - ทำเพิ่มให้ครบ 8 ชิ้น 5 ทำโครงเหล็กตามแบบ 6 ยึดโครงเหล็กกับชิ้นงานด้านนอก ทั้ง 8 ชิ้น 7 นำโมเดลต้นแบบมาทำผิวด้านในเพิ่ม สำหรับทำพิมพ์ด้านใน 8 ทำแม่พิมพ์ด้านใน	2 ทำโครงสร้างเหล็กตามแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า	The Wisdom Apartment
ณ โรงงานผลิต	
9 ทำชิ้นงานด้านใน แบ่งเป็น 16 ชิ้น 10 ขึ้นโมเดลต้นแบบเพื่อทำโดมส่วนบน 11 ทำแม่พิมพ์ของโดมส่วนบน 12 ทำชิ้นส่วนโดมส่วนบนให้ครบ 8 ชิ้น 13 ประกอบยึดชิ้นงานโดมส่วนบนกับโครงเหล็กให้เป็นชิ้นเดียว 14 ขนย้ายชิ้นงานทั้งหมดไปที่ก่อสร้าง	
ณ ที่ก่อสร้าง	
15 วางผังเพื่อติดตั้งชิ้นส่วนหลังคาตามแบบ 16 วางชิ้นงานตามตำแหน่งที่เตรียมไว้ - วัดให้ได้ระดับและความสูงตามแบบ - ยึดชิ้นงานเข้าด้วยกัน 17 เชื่อมชิ้นงานตามตำแหน่งที่เตรียมไว้ - เว้นชิ้นงานด้านสุดท้ายไว้เพื่อให้สามารถเข้าไปติดตั้งชิ้นงานด้านในได้ 18 ติดตั้งส่วนสันโดมทุกด้าน 19 ติดตั้งชิ้นงานด้านใน	3 ติดตั้งโครงเหล็กยึดติดกับโครงสร้างอาคาร 4 ติดตั้งแผ่นไม้อัด ตัดไม้อัดให้มีขนาดพอดีตามช่องของโครงสร้างเหล็ก ยึดไม้อัดกับโครงสร้างเหล็กด้วยน๊อต 6 ติดแผ่นยางมะตอยปูพื้น 7 ติดแผ่นยางมะตอยด้านล่างสุด (Starter) 8 ติดแผ่นยางมะตอยชั้นล่างสุดทับแผ่น Starter โดยใช้แม๊กยึดกับแผ่นไม้อัด 9 ติดแผ่นยางมะตอยในชั้นต่อไป

โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า	The Wisdom Apartment
ณ ที่ก่อสร้าง	
- เริ่มติดจากด้านล่างให้ครบ - เริ่มติดชิ้นงานด้านในด้านบน 20 ติดตั้งชิ้นงานด้านสุดท้าย - ตรวจสอบความแข็งแรง และความเรียบร้อย 21 เก็บรอยต่อชิ้นงานทั้งหมดด้วย Sealant 22 ยกชิ้นงานหลังคาโดมขึ้นติดตั้งด้วย Crane 23 ตรวจสอบระดับและตำแหน่งหลังคากับโครงสร้างอาคารที่เตรียมไว้ 24 เชื่อมยึดหลังคากับโครงสร้างอาคาร 25 ยกหลังคาโดมส่วนบนขึ้นติดตั้ง 26 เก็บรอยต่อทั้งหมดด้วย Sealant 27 ทาสี	- วัดและตัดแผ่นยางให้ได้ขนาด - ปูทับแผ่นยางด้านล่าง ครึ่งแผ่น 10 ติดตั้งแผ่นยางมะตอยชั้นสุดท้ายโดยสอดใต้แผ่นเหล็ก 11 เก็บรอยต่อทั้งหมดด้วย Sealant 12 ติดตั้งยอดแหลมของโดม 13 ทำแนวสันหลังคารอบโดม โดยขึ้นรูปด้วยปูนซีเมนต์ 14 ทาสีบริเวณปูนสันหลังคาโดมและยอดแหลม 15 ตัดแผ่นไม้อัดเพื่อทำฝ้าด้านใน 16 ติดแผ่นไม้อัด 17 เก็บรายละเอียด อุดรอยต่อทั้งหมด 18 ทาสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.3 การวิเคราะห์ปัญหาในการก่อสร้าง และเงื่อนไขที่เหมาะสม

ตารางที่ 6.3 แสดงปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้างผลิตและติดตั้งหลังคาโดม โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1 การขึ้น Model ต้นแบบและแม่พิมพ์ใช้ค่าใช้จ่ายสูง	- เพราะต้องทำ Model ต้นแบบขนาดเท่าของจริงเพื่อใช้ในการทำแม่พิมพ์	- การทำฝ้าภายในอาจไม่มีความจำเป็นที่ต้องใช้วัสดุ GRC. ก็ได้เพราะทำให้มีราคาสูงขึ้นมาก
2 การขึ้น Model ต้นแบบต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญสูงในการทำ	- การประกอบชิ้นส่วนหน้างาน มีความคลาดเคลื่อนทำให้ไม่สามารถประกอบชิ้นส่วนได้ตามแบบ ต้องมีการนำกลับมาแก้ไขที่โรงงานอีกครั้ง	- Model ต้นแบบต้องมีความเรียบร้อย แม่นยำ ได้ขนาดตามแบบคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 cm และควรทำการตรวจสอบให้แน่นอนก่อนทำแม่พิมพ์จริง
3 อุปกรณ์ฝังเพื่อช่วยในการยึด	- มีการฝังแผ่นเหล็กในเนื้อ GRC. เพื่อช่วยให้ติดตั้งได้ง่ายขึ้น แต่หน้างานจริงกลับไม่ได้ใช้ กลับใช้วิธีตัดเหล็กท่อนมาใช้เชื่อมยึดติดกันแทน	- ควรจะออกแบบจุดยึดฝังให้ง่ายในการประกอบ เช่นทำเพลทเหล็กไว้เพื่อรอเชื่อม หรือใช้น๊อตร้อยเชื่อมโครงสร้าง
4 การขนส่ง	- ชิ้นส่วน GRC. แต่ละชิ้นมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ทำให้ต้องใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่ และต้องใช้เครนช่วยในการยกชิ้นส่วนต่างๆ	- ควรมีการวางแผนที่ดีในขั้นตอนการวางแผนงานว่าควรจะแบ่งชิ้นงานเป็นกี่ชิ้นส่วน และแต่ละชิ้นมีขนาดเท่าไรบ้าง
5 การประกอบชิ้นส่วน	- ในชิ้นงานจริงมีความคลาดเคลื่อนของขนาดทำให้ไม่สามารถประกอบชิ้นงานได้สนิท และได้ทำการประกอบทีละด้าน เมื่อพบปัญหาทำให้แก้ไขได้ยาก ต้องรื้อออกประกอบใหม่ทั้งหมด	- ควรวางแผนในการประกอบชิ้นส่วน หรือทดลองประกอบคร่าวๆที่โรงงานก่อนว่าถูกต้องตามแบบหรือไม่ก่อนขนย้ายมาประกอบที่หน้างาน

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
6 การยกและติดตั้ง	- ในจุดที่ทำการติดตั้งมีความสูงมาก ทำให้มีความยากลำบากเพราะต้องรอช่วงเวลาที่ไม่มีลมพัดแรงจนทำให้ชิ้นงานแกว่ง	- ควรเช็คสภาพอากาศว่าวันไหนมีสภาพอากาศได้ เหมาะแก่การยกติดตั้ง หรือมีอุปกรณ์ในการช่วยถ่วงน้ำหนัก หรือดึงไม่ให้มีการแกว่ง หรือหมุนในขณะที่ยกชิ้นส่วนขึ้นประกอบ
7 การทำสี	- ในจุดที่ทำการติดตั้งมีความสูงมากทำให้มีความยากลำบากในการทำสี	- ควรทำสีให้เรียบร้อยก่อนการยกขึ้นไปติดตั้ง หรืออาจทำสีในเนื้องาน GRC. เลยเพื่อลดขั้นตอนการทำงาน

ตารางที่ 6.4 แสดงปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้างผลิตและติดตั้งหลังคาโดม โครงการ The Wisdom Apartment

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1 การขึ้นโครงสร้างเหล็ก	- ขึ้นโครงสร้างเหล็กแบบไม่รู้ถึงวิธีการมุงหลังคาจริง ทำให้ไม่สามารถมุงแผ่นไม้อัดตามมาตรฐานของวัสดุได้ จึงทำให้ต้องมีการเสริมเหล็กโครงสร้างเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการยึดแผ่นไม้อัดไม่ให้กระดก	- การออกแบบโครงสร้าง ควรที่จะศึกษามาตรฐานการมุงวัสดุหรือสอบถามไปยังตัวแทนจำหน่ายว่าควรจะต้องเตรียมโครงสร้างอย่างไรบ้าง

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
2 วัสดุที่ใช้ไม่ได้มาตรฐาน	- มาตรฐานวัสดุกำหนดให้ใช้แผ่นไม้อัดยางกันน้ำ หนา 10 mm. แต่งานจริงหลังคามีขนาดไม่ใหญ่มาก และมีความโค้งสูง ทำให้ไม่สามารถมุงแผ่นไม้อัดได้ จึงต้องเปลี่ยนมาใช้แผ่นไม้อัดธรรมดา หนา 4 mm. แทน	- การเปลี่ยนวัสดุ ควรเลือกใช้วัสดุอื่นให้มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับมาตรฐานเพื่อลดปัญหาที่เกิดในภายหลังให้มากที่สุด
3 การติดตั้งแผ่นไม้อัด	- ไม่ได้มีการวัดคำนวณขนาดแผ่นไม้ในการปูให้แน่นอน ทำให้ต้องเสียเวลาในการเอาแผ่นไม้มาทาบตามช่องของโครงสร้าง แล้วตัดแต่งทีละด้านจนได้ขนาด	- วัดและคำนวณขนาดความยาวให้แน่นอน แล้วตัดแผ่นไม้เป็นแผ่นใหญ่แบบกลีบส้ม ทำให้ใช้เวลาในการตัดและปูแผ่นไม้น้อยกว่า และยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับหลังคาด้วย
4 การใช้วัสดุในการติดตั้ง	- มาตรฐานวัสดุกำหนดให้ใช้ตะปู ในการยึดแผ่นยางมะตอยกับแผ่นไม้อัด เมื่อมีการลดขนาดความหนาแผ่นไม้ทำให้ไม่สามารถใช้ตะปูได้ จึงทำการเปลี่ยนไปใช้ปืนลมยิงลวดเย็บติดแผ่นกระเบื้องยางมะตอยแทน	- ควรจะใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทานใกล้เคียงกับมาตรฐานวัสดุ เช่น หากไม่สามารถใช้ตะปูธรรมดาได้ก็อาจเปลี่ยนไปใช้ตะปูเกลียวขนาดสั้นแทน
5 การปูแผ่นกระดาษกันน้ำรองพื้น	- เนื่องจากแผ่นยางมีขนาดใหญ่ทำให้ไม่สามารถปูลงบนพื้นผิวที่โค้งมากๆ ได้ ทำให้ต้องมีการตัดและพับแผ่นในลักษณะจีบผ้า และการตัดต่อแผ่นไม่ได้มีการวัดให้แน่นอน แต่ใช้วิธีการกะเอาด้วยสายตาทำให้หลังคามีพื้นผิวความหนาไม่เรียบ และอาจมีโอกาสรั่วซึมได้มาก	- ควรมีการวางแผนวัด ตัดซอยแผ่นปูให้มีขนาดเล็กลงและเหมาะสมกับความโค้ง เมื่อมีการปูซ้อนทับกันควรให้มีระยะทับซ้อนที่มากเพียงพอที่จะกันน้ำไม่ให้รั่วซึมได้ง่าย

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
6 การปูแผ่นกระเบื้องยางมะตอย	- เนื่องจากหลังคามีความโค้งมาก โดยเฉพาะด้านบน ทำให้ยิ่งต้องตัดแผ่นปูให้มีขนาดเล็กลงมากขึ้นเรื่อยๆ และการตัดแผ่นปูไม่ได้มีการวัดคำนวณให้แน่นอน แต่ใช้วิธีการกะด้วยสายตาเท่านั้น ทำให้แต่ละแผ่นไม่ได้มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน	- ควรมีการวางแผน วัดขนาดและตัดแผ่นที่จะทำการปูให้มีขนาดที่เหมาะสมในแต่ละชั้นความสูง และก่อนการปูควรมีการตีเส้นเพื่อให้สามารถเรียงแผ่นได้เป็นระเบียบเรียบร้อยและดูสวยงาม
7 การทำสันหลังคาโดม	- การทำสันหลังคาเพื่อเพิ่มความสวยงามตามแบบนั้น ไม่สามรถใช้คิ้วบัวสำเร็จรูปมาติดได้ ใช้วิธีการขึ้นปูนซีเมนต์ทีละด้าน ทับแผ่นหลังคายางมะตอยที่ปูไว้เรียบร้อยแล้ว ทำให้เสียเวลาในการขึ้นรูปมาก และปูนที่ขึ้นให้ได้ตามแบบนั้นมีความหนาไม่มากนักทำให้อาจเกิดโอกาสแตกร้าว หลุดร่อนในภายหลังได้	- เพื่อให้ได้รูปแบบตามที่ต้องการ อาจใช้วัสดุอื่นที่สามาถติดตั้งได้ง่ายกว่าการขึ้นปูนสด เช่น นำแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (Wood Cement Board) มาตัดเป็นเส้นแล้วนำมาติด เพราะมีความยืดหยุ่น สามารถดัดโค้งได้ง่าย ติดตังระบบแห้งได้อย่างรวดเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.4 การวิเคราะห์ข้อดีข้อเสีย

ตารางที่ 6.5 แสดงการวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียในการผลิตและติดตั้งหลังคาโดม

โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า	The Wisdom Apartment
ข้อดี	
1 สะดวกในการทำงานในที่ก่อสร้าง ไม่ต้องใช้พื้นที่ในการทำงานมาก และไม่ต้องยุ่งยากในขั้นตอนการผลิต เพราะผลิตสำเร็จมาจากโรงงาน 2 ประหยัดเวลาในการทำงาน เพราะที่หน้างานมีเพียงขั้นตอนในการติดตังเท่านั้น ซึ่งใช้เวลาเพียง 3 วัน 3 สามารถติดตั้งหลังคาโดมในกรณีที่มีความสูงมากๆได้โดยไม่มีอันตรายในการทำงาน 4 สามารถออกแบบรูปแบบหลังคาที่ซับซ้อนและอิสระขนาดใหญ่ได้ทุกรูปแบบ เพราะใช้วิธีการขึ้นรูปจากโมเดล 5 มีความสวยงาม เรียบร้อย สามารถทำลวดลายในเนื้องานคอนกรีตรูปแบบใดก็ได้ขึ้นอยู่ที่การทำโมเดลต้นแบบ 6 สามารถทำซ้ำหลายๆชิ้นได้ง่าย มีความเหมือนกันทุกประการ ประหยัดเวลาในการผลิตชิ้นต่อๆไป 7 มีน้ำหนักเบา ทำให้ประหยัดโครงสร้างอาคารที่รองรับหลังคาโดม	1 ราคาถูกกว่าการผลิตด้วยวิธีการอื่นๆ 2 สามารถผลิตและติดตั้งได้ง่าย ขั้นตอนการทำงานไม่มาก ไม่ต้องใช้เครนขนาดใหญ่ช่วย 3 ไม่ต้องทำโมเดลต้นแบบและแม่พิมพ์ ทำให้ประหยัดเวลาในการทำงาน 4 มีน้ำหนักเบา ทำให้ประหยัดโครงสร้างอาคารที่รองรับหลังคาโดม 5 สามารถติดตั้งได้บนหลังคาที่มีรูปทรงซับซ้อนได้ทุกรูปแบบ 6 มีอายุการใช้งานยาวนาน ทนต่อทุกสภาพภูมิอากาศ ทนต่อสารเคมี ความร้อนจากแดด ความแรงของลมและฝนได้ดี มีการรับประกันวัสดุถึง30 ปี 7 มีลวดลายในเนื้อวัสดุ จึงไม่ต้องมีการทำสีเพิ่มเติม และเมื่อปูซ้อนทับกันจะสามารถปกปิดความไม่เรียบร้อยได้ดี ทำให้ดูสวยงาม 8 มีสีให้เลือกใช้หลายสี

โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า	THE WISDOM APARTMENT
ข้อดี	
8 มีความสวยงาม เรียบร้อย สามารถทำลวดลายแบบใด้ก็ได้ ขึ้นอยู่ที่การทำโมเดลต้นแบบ 9 ชิ้นงานมีพื้นผิวเหมือนคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำให้สามารถทาสีทับ ทำสีในเนื้อคอนกรีต พ่นทราย ปูกระเบื้อง ได้ทุกรูปแบบ 10 อายุการใช้งานยาวนานมากกว่า 30 ปีขึ้นไป มีความแข็งแรงมาก ทนต่อทุกสภาพภูมิอากาศ ทนต่อสารเคมี ความร้อนจากแดด ความแรงของลมและฝนได้ดี เทียบเท่างานที่ผลิตจากคอนกรีตเสริมเหล็ก 11 ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา เพราะไม่ต้องมีการดูแลรักษามากนัก 12 ช่วยเพิ่มภาพลักษณ์ให้อาคารดูสวยงามหรูหรามีราคามากยิ่งขึ้น	
ข้อจำกัด	
1 ราคาสูงมาก ทั้งราคาตัววัสดุเอง และขั้นตอนการผลิตที่ต้องมีการทำโมเดลและแม่พิมพ์ 2 มีขั้นตอนในการทำงานมาก โดยเฉพาะขั้นตอนการผลิตในโรงงาน 3 ต้องใช้โมเดลต้นแบบ และแม่พิมพ์ ทำให้เสียเวลามาก	1 ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญในการปูแผ่นกระเบื้องยางมะตอย จึงจะได้งานออกมาเรียบร้อย สวยงาม 2 ในการปูหลังคาที่มีความโค้งมากๆ ทำได้ยาก ต้องมีการตัดแผ่นยางมะตอยให้เล็กลง อาจทำให้โอกาสหลุดร่อน รั่วซึมได้ง่ายกว่ามาตรฐานวัสดุ

โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า	THE WISDOM APARTMENT
ข้อจำกัด	
4 โมเดลและแม่พิมพ์ที่ทำขึ้นมา มีโอกาสนำไปใช้ทำซ้ำ หรือนำไปใช้ในงานอื่นๆน้อยมาก 5 ต้องใช้เครนขนาดใหญ่ในการยกชิ้นส่วนเพื่อขนย้าย และยกติดตั้ง 6 ต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญในการผลิตและติดตั้ง	3 ความแข็งแรงน้อย เนื่องจากในการทำหลังคาโดมที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ผิวหลังคามีความโค้งสูง จึงต้องลดขนาดความหนาแผ่นไม้เพื่อให้สามารถดัดโค้งได้ตามรูปทรงที่ต้องการ 4 ในการผลิตต้องทำในที่ก่อสร้างเกือบทั้งหมด จึงต้องใช้พื้นที่ในการทำงานมาก และอาจทำให้เกิดอันตรายในการทำงานได้ 5 ไม่สามารถติดทั้งในที่สูงมากๆได้ เพราะทำให้การทำงานยากลำบากมากขึ้น ต้องใช้พื้นที่ในการทำงาน 6 เนื้อวัสดุมีแบบเดียว เป็นพื้นผิวเป็นเม็ดทรายเท่านั้น เลือกได้แค่สีแต่ไม่สามารถทำพื้นผิวแบบอื่นๆได้ 7 การทำซ้ำให้เหมือนกันหลายๆงาน ควบคุมให้งานออกมาเหมือนกันได้ยาก และเสียเวลามาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายละเอียดราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลา ความแข็งแรง ความสวยงาม

ตารางที่ 6.6 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้าง ของโครงการหมู่บ้าน ชวนชื่นมารีน่า

รายการ	จำนวนคน	เวลาที่ใช้	ค่าแรง	ค่าวัสดุ	รวม
1 งานโครงสร้างเหล็ก	3	6	6,600	25,440	32,040
2 งานขึ้นโมเดล	4	4	6,800	22,000	28,800
3 งานทำแม่พิมพ์	2	2	1,600	22,000	23,600
4 งานทำชิ้นงาน	3	8	8,800	170,000	178,800
5 งานขนย้าย	4	1	1,200	5,000	6,200
6 งานประกอบ	8	4	11,200	60,000	71,200
7 งานติดตั้ง	6	1	2,200	20,000	22,200
รวม			38,400	324,440	**362,840**

ราคาวัสดุและค่าแรงรวมทั้งหมดอยู่ที่ 362,840 บาท แต่เนื่องจากลักษณะงานประเภทหลังคาโดมที่มีน้อย ทำได้ยาก มีความซับซ้อนในการผลิต บริษัทผู้รับเหมาต้องคิดบวกค่าประกอบการ ค่าดำเนินการโรงงานผลิต เครื่องมือเฉพาะด้าน และผลกำไรของบริษัท จึงตีราคารับเหมาทั้งหมดอยู่ที่ราคา 800,000 บาทรวมติดตั้ง ซึ่งเมื่อคิดพื้นที่ผิวของหลังคาทั้งด้านนอกและด้านในรวมทั้งหมด 171.75 ตารางเมตร จะทำให้ได้ราคาการผลิตหลังคาโดม GRC. อยู่ที่ตารางเมตรละ 4,657 บาท แต่ราคานั้นจะขึ้นอยู่กับรูปแบบ ลวดลาย ความเร่งด่วนของงาน ความสูงและความยากง่ายในการติดตั้ง และยังขึ้นอยู่กับปริมาณจำนวนโดมที่สั่งทำอีกด้วย ซึ่งจะทำให้การคิดราคาการรับเหมาที่ไม่ตายตัวแน่นอน

ตารางที่ 6.7 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้าง ของโครงการThe Wisdom Apartment

รายการ	จำนวนคน	เวลาที่ใช้	ค่าแรง	ค่าวัสดุ	รวม
1 งานโครงสร้างเหล็ก	3	6	6,600	29,680	36,280
2 งานปูไม้อัด	6	2	4,400	7,200	11,600
3 งานปูแผ่นยางรองพื้น	4	1	1,600	6,000	7,600
4 งานปูแผ่นยางมะตอย	6	2	4,400	54,000	58,400
5 งานทำสันหลังคา	3	4	3,600	120	3,720
6 งานทำฝ้าภายใน	4	2	2,800	5,200	8,000
7 งานทำสี	2	2	1,200	500	1,700
รวม			24,600	102,700	**127,300**

ราคาวัสดุและค่าแรงรวมทั้งหมดอยู่ที่ 127,340 บาท แต่เนื่องจากลักษณะงานเป็นแบบที่ผู้ประกอบการดำเนินการเองทั้งหมด ตั้งแต่การทำโครงเหล็ก ทำฝ้าภายใน ทาสี มีการว่าจ้างบริษัทนำเข้าแผ่นกระเบื้องยางมาทำการติดตั้งวัสดุเท่านั้น จึงทำให้มีราคาถูกกว่า หากคิดรวมค่าเสียหายของวัสดุแล้วจะทำให้มีราคารวมอยู่ที่ราคา 150,000 บาท ซึ่งเมื่อคิดพื้นที่ผิวของหลังคาทั้งด้านนอกและด้านในรวมทั้งหมด 60.35 ตารางเมตร จะทำให้ได้ราคาการผลิตหลังคาโดมปูกระเบื้องยางมะตอย อยู่ที่ตารางเมตรละ 2,485 บาท

ตารางที่ 6.8 แสดงการเปรียบเทียบ ระยะเวลาก่อสร้าง ของโครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า

โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า																					
รายการ	ระยะเวลา																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	ณ. โรงงานผลิต																		ที่ก่อสร้าง		
1 โครงเหล็ก																					
2 ขึ้นโมเดล																					
3 ทำแม่พิมพ์																					
4 ทำชิ้นงาน																					
5 ขนย้าย																					
6 งาน ประกอบ																					
7 ติดตั้ง																					

จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานส่วนใหญ่ของหลังคาโดมระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. นั้นส่วนใหญ่อยู่ที่ขั้นตอนในการผลิตที่โรงงานถึง 18 วันซึ่งใช้เวลาในการทำ Model ต้นแบบและแม่พิมพ์ 6 วัน ทำชิ้นงาน 8 วัน แต่ใช้เวลาติดตั้งที่หน้างานก่อสร้างเพียง 3 วัน และหากต้องการผลิตโดมรูปแบบเดียวกันเพิ่มขึ้นอีก จะสามารถผลิตหลังคาโดมอันต่อไปได้รวดเร็วมากเพราะมีแม่พิมพ์เดิมอยู่แล้ว

ตารางที่ 6.9 แสดงการเปรียบเทียบ ระยะเวลาก่อสร้าง ของโครงการ The Wisdom Apartment

โครงการ The Wisdom Apartment																		
รายการ	ระยะเวลา																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		ณ. ที่ก่อสร้าง																
1 โครงเหล็ก																		
2 ปูไม้อัด																		
3 ปูแผ่นกระดาษกันน้ำ																		
4 ปูแผ่นกระเบื้องยางมะตอย																		
5 ทำสันหลังคา																		
6 ทำฝ้าภายใน																		
7 ทำสี																		

จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานส่วนใหญ่ของหลังคาโดมระบบไม้อัดปูแผ่นกระเบื้องยางมะตอยนั้น ส่วนใหญ่อยู่ที่การทำโครงเหล็กกับการทำสันหลังคาปูน และการทำงานทั้งหมดจะอยู่ที่หน้างานก่อสร้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.10 แสดงการเปรียบเทียบ ความแข็งแรง ความสวยงาม

รายการ	**โครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่า**	The Wisdom Apartment
ส่วนประกอบ	ซิเมนต์ ทราย น้ำ ใยแก้ว	ใส้กลางเป็นแผ่นไฟเบอร์ หุ้มยางมะตอยทั้ง 2 ด้าน
น้ำหนัก	30 กิโลกรัม / ตารางเมตร	18 กิโลกรัม / ตารางเมตร
กำลัง	แรงดัด Bending Stress 20-30 Mpa แรงดึง Tensile Stress 8-11 Mpa แรงเฉือน Shear Stress 3-5 Mpa	-
แรงลม		สูงสุด 177 กม. / ชั่วโมง
ความร้อน	10-20x10^{-6} ^{o}C ป้องกันไฟดีเยี่ยม	ระบายความร้อนได้ดี
ความชื้น	ไอน้ำและน้ำแทรกซึมได้ต่ำ	-
เสียง	GRC. หนา 15 มม ความถี่ 250 Hz Transmission Loss 30 dB	-
ความเป็นกรด ด่าง	ทนต่อความเป็นกรดด่างได้ดี	-
อายุการใช้งาน	30-50 ปี	รับประกันวัสดุ 20 ปี
การติดตั้ง	ติดตั้งง่าย สามารถตัดเจาะได้	ติดตั้งง่าย
พื้นผิว	ทำพื้นผิวได้หลากหลาย	ผิวกรวดสีต่างๆ

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ

จากการพิจรณาการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างหลังคาโดมจาก โครงการหมู่บ้านชวนชื่น มารีน่า และโครงการ The Wisdom Apartment ซึ่งมีส่วนประกอบของหลังคาโดมที่มีรูปแบบและขนาดใกล้เคียงกันแต่เลือกใช้วัสดุและระบบการก่อสร้างที่แตกต่างกัน โดยผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบในรายละเอียดเกี่ยวกับกรรมวิธี และเทคนิคการก่อสร้าง ปัญหาอุปสรรค ต้นทุน และระยะเวลาการก่อสร้าง จากการสำรวจภาคสนามโดยการสังเกตการณ์ ถ่ายภาพ สัมภาษณ์ และจดบันทึกระหว่างทำการผลิตและก่อสร้างชิ้นส่วนหลังคาโดมมาสรุปผลวิจัยได้ดังนี้

7.1 สรุปผลการวิจัย

7.1.1 เงื่อนไขในการเลือกระบบการก่อสร้างคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC.

7.1.1.1 ต้องการผลิตหลังคาโดมจำนวนมาก ในโครงการที่มีรูปแบบการใช้หลังคาโดมจำนวนมากกว่า 1 โดม การเลือกวิธีการผลิตโดยใช้คอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. จะเหมาะสมกว่า เพราะมีการผลิตจากแม่พิมพ์ ทำให้มีความสะดวกรวดเร็ว และได้งานที่เหมือนกันทุกประการ

7.1.1.2 ต้องการผลิตหลังคาโดมที่มีรูปแบบที่ซับซ้อน หรือมีลวดลายในเนื้องาน การเลือกวิธีการผลิตโดยใช้ คอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. จะเหมาะสมกว่าเพราะสามารถทำลวดลายต่างๆในชิ้นงานต้นแบบเพียงครั้งเดียว แล้วทำแม่พิมพ์ จึงทำให้ได้ชิ้นงานที่เหมือนกันทุกประการ

7.1.1.3 การบริหารการจัดการและการควบคุมการผลิตการก่อสร้าง ระบบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. สามารถทำได้ง่ายกว่า เพราะขั้นตอนการผลิตส่วนมากจะอยู่ที่โรงงานผลิต GRC. ทำให้หน้าการก่อสร้างไม่ยุ่งยาก เพียงแค่ยกมาติดตั้ง และการผลิตที่โรงงานนั้นทำให้สามรถควบคุมการผลิตได้ง่าย และมีคุณภาพในการผลิตที่ดีกว่า

7.1.1.4 เทคนิคการก่อสร้าง เช่นในการก่อสร้างในส่วนที่มีความสูงมากๆ หรือไม่มีพื้นที่ในการทำงาน การใช้คอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. จะมีความสะดวกและปลอดภัยมากกว่า เพราะผลิตเป็นชิ้นส่วนจากโรงงานมาประกอบและติดตั้งในที่ก่อสร้าง แต่จำเป็นต้องมีพื้นที่ในการ

ทำงานของรถเครนหรือปั้นจั่น ซึ่งต้องไม่มีสิ่งกีดขวางทั้งในแนวราบและในอากาศ เช่นสายไฟต่างๆ เป็นต้น

7.1.1.5 เวลาในการก่อสร้าง หากต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้าง ระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. นั้นใช้เวลาน้อยมากโดยเฉพาะในหน้างานก่อสร้าง มีเพียงขั้นตอนการประกอบและติดตั้ง ซึ่งใช้เวลาเพียง 3 วันเท่านั้น

7.1.1.6 ขนาดหลังคาโดมที่เหมาะสมในการผลิตระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. สามารถผลิตได้ทุกขนาดขึ้นอยู่กับการแบ่งชิ้นส่วนในการผลิตและติดตั้ง

7.1.1.7 รูปแบบพื้นผิวและเนื้อวัสดุ ระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. นั้นสามารถทำพื้นผิวได้หลากหลายมากกว่า เช่นการทาสี การผสมสีในเนื้อคอนกรีต การพ่นทราย การทำ Texture รูปแบบต่างๆ การปูกระเบื้อง หรือการโชว์เนื้อคอนกรีต ทำให้ได้ผลงานที่ออกมาหลากหลาย เรียบร้อย และสวยงาม

7.1.2 เงื่อนไขในการเลือกระบบการก่อสร้าง ไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle

7.1.2.1 ต้องการผลิตหลังคาที่มีรูปแบบซับซ้อน มีความโค้ง เพราะระบบแผ่นยางมะตอยนั้นทำได้ง่าย มีวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก สามารถมุงได้บนหลังคาทุกรูปแบบ

7.1.2.2 ต้องการผลิตหลังคาที่ต้องการให้มีน้ำหนักเบา มีความทนทานสูง ไม่ต้องการใช้โครงสร้างที่ใหญ่โต

7.1.2.3 ต้องการผลิตหลังคาโดมที่ราคาไม่สูงมากนัก เพราะไม่จำเป็นต้องทำโมเดลต้นแบบ หรือแม่พิมพ์ก่อน สามารถทำได้ง่ายไม่ต้องใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อน หรือช่างที่มีความชำนาญสูงมากนัก

7.1.2.4 เทคนิคการก่อสร้าง การผลิตระบบแผ่นยางมะตอยนั้นเป็นการผลิตในที่ก่อสร้าง จึงต้องที่มีพื้นที่สะดวกที่ในการทำงาน มีความสูงไม่มากนัก สามารถทำงานได้ง่ายไม่มีอันตราย เหมาะกับโครงการที่ไม่มีพื้นที่ในการทำงานของรถปั้นจั่น หรือมีสิ่งกีดขวางในแนวราบหรือในอากาศ เช่นสายไฟฟ้าเป็นต้น

7.1.2.5 ขนาดหลังคาโดมที่เหมาะสมในการผลิตระบบแผ่นยางมะตอย นั้นควรเป็นหลังคาที่มีขนาดและความโค้งไม่มากนัก เช่นหลังคาโดมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 6 เมตรขึ้นไป เพราะจำเป็นต้องมีการปูแผ่นไม้อัดยางกันน้ำก่อน ซึ่งสามารถดัดโค้งได้ไม่มากนัก และดัดโค้งได้ทางเดียวเท่านั้น หากมีความโค้งมากยิ่งทำให้ต้องมีการซอยแผ่นไม้อัด และแผ่นหลังคายางมะตอยให้เล็กลงจนกว่าจะสามารถปูได้ ทำให้งานที่ออกมาดูไม่สวยงามและเรียบร้อย และอาจส่งผลให้เกิดการรั่วซึมได้ง่ายมากขึ้น

7.1.3 ปัญหาในการก่อสร้างหลังโดมระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC.

7.1.3.1 ปัญหาในการผลิต การผลิตคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. นั้นมีขั้นตอนและวิธีการที่ซับซ้อนมาก ต้องมีการทำโมเดลต้นแบบเพื่อใช้ในการทำแม่พิมพ์ก่อนที่จะนำไปใช้ผลิตชิ้นงานจริง และยังต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์เฉพาะทางในการผลิต อีกทั้งผู้ผลิตยังต้องมีความรู้ความชำนานที่สูงมากจึงจะสามารถทำชิ้นงานได้ออกมาสวยงามแข็งแรง ในกรณีศึกษาโครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่านั้นได้กำหนดให้ผลิตหลังคาโดม GRC. ทั้งภายนอกและภายใน จึงทำให้ต้องมีการขึ้นโมเดล 2 รอบ เพื่อใช้สำหรับทำแม่พิมพ์ทั้งด้านนอกและด้านใน ทำให้มีความยุ่งยากในการผลิตมากขึ้น และหากมีความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยจะทำให้ไม่สามารถประกอบชิ้นงานด้านนอกเข้ากับชิ้นงานด้านในได้ และหากต้องแก้ไขชิ้นงานนั้นหมายถึงการที่ต้องไปเริ่มทำโมเดลต้นแบบใหม่หมดตั้งแต่ขั้นตอนแรก ซึ่งทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก จึงควรแก้ไขโดยการวัดและคำนวณขนาดหลังคาให้ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประกอบน้อยที่สุด

7.1.3.2 ปัญหาในการติดตั้ง จากกรณีศึกษาโครงการหมู่บ้านชวนชื่นมารีน่านั้นพบว่าปัญหาส่วนมากในด้านการประกอบชิ้นส่วนนั้นเกิดจากการที่ ไม่ได้ออกแบบจุดเชื่อมต่อ หรือจุดยึดของชิ้นงานต่างๆให้ดีพอ ทำให้การประกอบจึงเสียเวลามาก และดูไม่มีมาตรฐานการประกอบที่ดีพอ บางจุดไม่สามารถประกอบกันให้แนบสนิทได้ ต้องทำการบีบ ดัด หรือตัดชิ้นงานบางส่วน เพื่อให้สามารถประกอบชิ้นงานเข้าตามแบบให้ได้ จึงควรแก้ไขโดยการออกแบบจุดเชื่อมต่อระหว่างชิ้นงานให้ง่ายในการประกอบ

7.1.4 ปัญหาในการก่อสร้างหลังคาโดมระบบไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle

7.1.4.1 ปัญหาในการทำโครงสร้างเหล็กสำหรับหลังคาโดม จากกรณีศึกษาโครงการ THE WISDOM APARTMENT พบว่าในการออกแบบหลังคานั้นตอนแรกนั้นทำโดยการ

กำหนดโครงสร้างคร่าวๆไว้ก่อนโดยไม่ได้หาข้อมูล หรือปรึกษาบริษัทตัวแทนจำหน่ายว่าต้องทำการเตรียมโครงสร้างอย่างไรบ้าง ทำให้ตอนเริ่มงานจริงจึงไม่สามารถติดตั้งหลังคาได้ เพราะหลังคาโดมมีขนาดไม่ใหญ่มาก ทำให้ผิวหลังคามีความโค้งสูงจนไม่สามารถปูไม้อัดยางกันน้ำตามมาตรฐานซึ่งมีความหนา 10 มม. ได้ทำให้ต้องแก้ปัญหาโดยการเพิ่มเหล็กโครงสร้างให้ถี่มากขึ้นเท่าตัว เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการยึดน๊อตไม่ให้แผ่นไม้กระดก ทำให้เสียเวลาในการทำงานมาก จึงควรแก้ไขโดยการศึกษาหรือขอข้อมูลการติดตั้งจากตัวแทนจำหน่ายวัสดุก่อน เพื่อให้สามารถออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมในการติดตั้งแผ่นยางมะตอยได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐาน

7.1.4.2 ปัญหาในการติดตั้งแผ่นไม้อัดและแผ่นกระเบื้องยางมะตอย หลังจากการแก้ปัญหาโดยการเสริมโครงสร้างเหล็กให้ถี่ขึ้นแล้วยังพบว่า ยังไม่สามารถติดตั้งแผ่นไม้อัดได้อยู่ดี จึงต้องทำการลดขนาดความหนาแผ่นไม้ลงเหลือเป็นแผ่นไม่อัดธรรมดาหนา 4 มม. แทน โดยตัดเป็นแผ่นเล็กๆพอดีช่องของโครงสร้าง ทำให้การตัดแผ่นไม้ให้พอดีและติดลงไปบนช่องที่มีขนาดไม่เท่ากันทุกช่องนั้นยากลำบาก และเสียเวลาเป็นอย่างมาก เมื่อถึงขั้นตอนการปูแผ่นยางมะตอยนั้นก็ทำได้ยากมากเช่นกัน ยิ่งในชั้นที่สูงขึ้นหลังคาจะมีความโค้งมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ต้องตัดแผ่นยางให้เล็กลงแล้วปูซ้อนทับกันจนทำให้งานดูออกมาไม่เรียบร้อยสวยงาม เหลือเศษแผ่นไม้อัดและแผ่นกระเบื้องยางมะตอยเหลือทิ้งจำนวนมาก และเนื่องจากมีการลดขนาดความหนาแผ่นไม้อัดลง ทำให้ไม่สามารถใช้ตะปูในการยึดติดวัสดุตามมาตรฐานได้ จึงทำการปรับเปลี่ยนมาใช้ปืนลมยิงลูกแม็กในการติดตั้งแทน ทำให้ได้งานที่ไม่ได้ตามมาตรฐานของวัสดุอีกด้วย จึงควรแก้ไขโดยการวัดและตัดแต่งแผ่นให้มีขนาดที่พอดีกับโครงสร้างและมีเท่ากันทุกแผ่นจากโรงงาน เพื่อนำมาติดตั้งในที่ก่อสร้างได้เลย

7.1.4.3 ปัญหาในการทำสันหลังคาให้ได้ตามรูปแบบที่ต้องการ จากกรณีศึกษานั้นพบว่า การทำสันหลังคาให้ได้ตามแบบนั้นมีความยากในการขึ้นรูปปูนซีเมนต์ลงบนแผ่นกระเบื้องยางมะตอยที่ปูเรียบร้อยแล้ว เพราะต้องทำการค่อยๆขึ้นรูปปูนสดทีละน้อย จนได้ขนาดความหนาตามที่ต้องการ ซึ่งต้องทำทั้งแนวสันทั้ง 12 ด้านทำให้เสียเวลามาก และเนื่องจากสันปูนมีขนาดไม่หนามาก รวมถึงทำบนแผ่นกระเบื้องยางมะตอยที่มีความนิ่มยืดหยุ่นได้ จึงทำให้เห็นรอยแตกร้าวตั้งแต่ตอนขึ้นรูป จึงควรแก้ไขโดยการใช้วัสดุอื่นที่ติดตั้งได้ง่ายกว่าเช่น ตัดแผ่นไม้อัดซีเมนต์ให้ได้ขนาดที่ต้องการตามแบบแล้วนำไปยึดติดกับหลังคาตามแบบแทน

7.1.5 ผลการเปรียบเทียบด้านต้นทุน และระยะเวลาการก่อสร้าง

7.1.5.1 ต้นทุนการก่อสร้างระหว่างระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. และระบบไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle พบว่าระบบการก่อสร้างแบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว

GRC. นั้นมีค่าใช้จ่ายเหมารวมการผลิตและติดตั้งอยู่ที่ 4,657 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าระบบไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle ที่มีค่าใช้จ่ายเหมารวมการผลิตและติดตั้งอยู่ที่ 2,485 บาทต่อตารางเมตร

ซึ่งในความเป็นจริงนั้นราคาต้นทุนของวัสดุทั้ง 2 ระบบนั้นไม่แตกต่างกันมาก เส้นใยแก้วไฟเบอร์สำหรับทำ GRC. นั้นราคาอยู่ที่กิโลกรัมละ 190 บาท หากคิดราคาต่อปูนซีเมนต์ 1ลูก หนัก 50 กก. ใช้ทราย 25 กก. จะใช้ใยแก้วไฟเบอร์ 2 กก. รวมราคาวัสดุประมาณ 590 บาท สามารถผลิต GRC. ที่ความหนา 1 ซม. ได้ 2 ตารางเมตร ดังนั้น 1 ตารางเมตรจะใช้ต้นทุนวัสดุประมาณ 300 บาทเท่านั้นไม่ต่างจากแผ่นกระเบื้องยามมะตอยที่มีราคานำเข้ามาขายที่ 600 บาทซึ่งบวกกำไรค่านำเข้าแล้ว ต้นทุนจริงจึงน่าจะอยู่ที่ประมาณ 300 บาท จะเห็นได้ว่าราคาต้นทุนวัสดุของทั้ง 2 ระบบนั้นไม่แตกต่างกัน แต่ขั้นตอนการผลิตที่ทำให้ราคาการผลิตของระบบคอนกรีตเสริมใยแก้วนั้นมีราคาที่สูงกว่ามาก ดังนั้นหากมีการคิดหาวิธีที่จะลดขั้นตอนในการทำงานให้น้อยลง และทำได้ง่ายมากขึ้น จะทำให้ราคาการผลิตหลังคาโดมของระบบคอนกรีตเสริมใยแก้วนั้นมีราคาไม่แพงมากไปกว่าการผลิตด้วยระบบไม้อัดปูแผ่นยางมะตอย

7.1.5.2 ระยะเวลาในการก่อสร้างระหว่างระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. และระบบไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle พบว่าใช้ระยะเวลาในการผลิตและติดตั้งรวมทั้งหมดหากคิดที่ขนาดโดมเท่ากัน (เส้นผ่านศูนย์กลาง7.6เมตร) นั้นจะใช้เวลาไม่แตกต่างกันมาก คือประมาณ 21 วัน แต่ระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. นั้นจะใช้เวลาในการติดตั้งที่หน้างานก่อสร้างน้อยกว่ามากคือใช้เวลาในการประกอบและติดตั้งเพียง 3 วัน ทำให้สะดวกในการทำงานที่หน้างานก่อสร้างมากกว่าระบบไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle

7.2 **ข้อเสนอแนะ**

7.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ประกอบการ

7.2.1.1 ผู้ต้องการเลือกใช้ระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. นั้นควรเข้าใจว่าการที่ระบบการก่อสร้างแบบระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. นั้นมีราคาสูงเพราะมีการผลิตที่ซับซ้อนและต้องใช้เครื่องมือเฉพาะในการผลิตมากกว่า รวมถึงต้นทุนวัสดุในการผลิต และต้องมีค่าใช้จ่ายในการขึ้นโมเดลต้นแบบและแม่พิมพ์ในการผลิตชิ้นงานด้วย หากโครงการมีความต้องการใช้หลังคาโดมที่มีขนาดและรูปแบบที่เท่ากันมากกว่า 1 โดม การเลือกใช้ระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. นั้นจะมีความเหมาะสมเป็นอย่างมาก แต่ถ้าหากต้องการให้ได้หลังคาโดมตามแบบที่

ต้องการ แต่มีราคาไม่สูงมาก หลังคาโดมระบบไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle นั้น อาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสมมากกว่า

7.2.1.2 ในขั้นตอนการออกแบบควรมีความเข้าใจถึงระบบโครงสร้างและกรรมวิธีการติดตั้งวัสดุ ข้อจำกัดในการผลิตและติดตั้งของวัสดุแต่ละประเภท เพื่อให้สามารถเลือกระบบการก่อสร้างให้เหมาะสมกับรูปแบบที่ต้องการ และจะช่วยให้การผลิตและติดตั้งนั้นเป็นไปอย่างราบรื่น ประหยัดเวลา สวยงาม และได้ตามมาตรฐานการผลิต

7.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้รับเหมาและผู้ผลิต

7.2.2.1 ผู้ผลิตควรมีการวางแผนงานที่รัดกุม มีการตรวจสอบควบคุมคุณภาพในการผลิตและติดตั้งอย่างถี่ถ้วน ให้ถูกต้องและแม่นยำตามแบบมากที่สุด เพื่อลดปัญหาในการติดตั้ง และควรมีการเตรียมการฝึกอบรมแรงงานให้มีความเข้าใจและชำนาญงานมากขึ้น จะทำให้งานประกอบและติดตั้งนั้นมีประสิทธิภาพ มีความเรียบร้อยสวยงามมากขึ้น

7.2.2.2 จากปัญหาการติดตั้งระบบคอนกรีตเสริมใยแก้ว GRC. ผู้วิจัยเสนอวิธีแก้ไขให้ออกแบบจุดยึดและเชื่อมต่อระหว่างชิ้นงานให้ง่ายในการติดตั้ง และได้มาตรฐานที่ดีกว่า

7.2.2.3 จากปัญหาการติดตั้งระบบไม้อัดปูกระเบื้องยางมะตอย Asphalt Shingle ผู้วิจัยเสนอวิธีแก้ไขให้ทำการวัดและตัดแผ่นไม้อัดให้มีขนาดพอดีในลักษณะกลีบส้ม ทำให้แผ่นไม้ที่ปูมีรอยต่อน้อยที่สุด และการติดตั้งแผ่นยางมะตอย ควรมีการวัดและตัดแผ่นวัสดุแต่ละแผ่นให้มีขนาดที่เท่ากัน ตีเส้นแบ่งทำแนวในการติดตั้งวัสดุ จะช่วยให้งานออกมาเรียบร้อยสวยงามและประหยัดเวลามากขึ้น

7.2.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยพบว่าในการผลิตหลังคาประเภทโดมนั้น ยังมีวัสดุประเภทอื่นที่สามารถทำหลังคาโดมได้เช่นกัน เช่นหลังคาโดมแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก หลังคาโดมเหล็ก หลังคาโดมกระจก ซึ่งในแต่ละระบบนั้นมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป หากมีการศึกษาวัสดุชนิดอื่นเพิ่มเติมเพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ จะเป็นการเพิ่มทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุและระบบในการติดตั้งมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

พิภพ สุนทรสมัย. วัสดุวิศวกรรมการก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที. เอส. บี. โปรดักส์, 2548.

ภาษาอังกฤษ

AMBROSE, J.E. BUILDING STRUCTUES. United States of America: John Wiley & Sons, 1993.

SALVADORI, M. WHY BUILDING STAND UP -The Strength of Architecture. United States of America: The Murray Printing Company, 1980.

MEHTA, P.K. CONCRETE STRUCTURE PROPERTIES AND MATERIALS. United States of America: Prentice-Hall,Inc., 1986.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายศิลป์ ภูมิชัยวิวัฒน์ เกิดวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2520 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานครฯ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศรีปทุม ได้ทำงานตำแหน่งสถาปนิกในบริษัทเอกชน เป็นเวลา 4 ปี และได้ออกมาประกอบธุรกิจส่วนตัวก่อนที่จะเข้าทำการศึกษาต่อในหลักสูตร สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย