สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษารอยต่อของผนังคอนกรีตสำเร็จรูปสำหรับบ้านพักอาศัยเพื่อแก้ไขปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝน

STUDY ON JOINT OF PREFABRICATED CONCRETE WALL OF HOUSES TO SOLVE LEAKAGE PROBLEM

T109114

โดย

นายภานุมาส สืบสุขปีติกุล

นายปวีน เทียมราช

นางสาวมาฤษา ชูนาวา

นายอัครพล นาคสมบูรณ์

เลขหมู่ 109114
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 19 ส.ค. 2553

b 12236664
i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON JOINT OF PREFABRICATED CONCRETE WALL OF HOUSES TO SOLVE LEAKAGE PROBLEM

MR.PANUMAS SURBSUKPITIKUL
MR.PAWEEN TEAMRACH
MISS.MARISA CHUNAWA
MR.AKKARAPON NAKSOMBOON

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษารอยต่อของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป สำหรับบ้านพักอาศัย เพื่อแก้ไขปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝน			
นักศึกษา	นายภานุมาส	สืบสุขปีติกุล	รหัสประจำตัว	48010676
	นายปวีน	เทียมราช	รหัสประจำตัว	49010562
	นางสาวมาฤษา	ชูนาวา	รหัสประจำตัว	49010756
	นายอัครพล	นาคสมบูรณ์	รหัสประจำตัว	49011167
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา			
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. แหลมทอง เหล่าคงถาวร			

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์	
อาจารย์ทรงกลด แซ่อึ้ง	
ดร. อาทิตย์ เพชรศศิธร	
ผศ. แหลมทอง เหล่าคงถาวร	

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(รศ.ดร. สุชัชวีร์ สุวรรณสวัสดิ์)

ประธานสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 12 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษารอยต่อของผนังคอนกรีตสำเร็จรูปสำหรับบ้านพักอาศัยเพื่อแก้ไขปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝน STUDY ON JOINT OF PREFABRICATED CONCRETE WALL OF HOUSES TO SOLVE LEAKAGE PROBLEM
นักศึกษา	นายภานุมาส สืบสุขปีติกุล นายปวีน เทียมราช นางสาวมาฤษา ชูนาวา นายอัครพล นาคสมบูรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. แหลมทอง เหล่าคงถาวร
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2552

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการนำระบบบ้านสำเร็จรูปมาใช้ในธุรกิจบ้านจัดสรรและอาคารชุดกันอย่างแพร่หลาย ถึงแม้ว่ามีการใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปมาไม่ต่ำกว่าสามสิบปีแล้ว แต่เทคนิควิธีการแก้ปัญหารอยต่อของโครงสร้างหล่อสำเร็จรูปก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก ยังพบปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนบริเวณรอยต่อของโครงสร้างสำเร็จรูป หลายโครงการได้แก้ปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนที่รอยต่อของโครงสร้างนี้โดยการอาศัยการเกร้าท์บริเวณรอยต่อ และใช้วัสดุยาแนวรอยต่อ ซึ่งจะให้ผลดีในระยะสั้น แต่มักจะเกิดปัญหาในระยะยาวเนื่องจากการเสื่อมสภาพของวัสดุยาแนว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษารูปแบบของรอยต่อผนังสำเร็จรูปเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝน โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบรอยต่อในแนวตั้งและแนวนอน แล้วทดสอบความต้านทานต่อการรั่วซึม ด้วยมาตรฐาน ASTM E-311 และเพิ่มความดันน้ำ ปริมาณน้ำ และระยะเวลาในการทดสอบ จากมาตรฐานอีก 3 , 5 และ 8 เท่า เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพอากาศในประเทศ จากผลการทดสอบพบว่าปัญหาการรั่วซึมบริเวณรอยต่อจะเกิดกับรอยต่อแนวตั้งมากกว่ารอยต่อแนวนอน และรอยต่อที่ออกแบบให้มีการป้องกันการรั่วซึมด้วยรูปร่างของรอยต่อ มีประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมมากกว่ารอยต่อที่อาศัยการป้องกันการรั่วซึมจากวัสดุยาแนวเพียงอย่างเดียว คือ ออกแบบให้รอยต่อมีรูปร่างที่ช่วยลดพลังงานของน้ำฝน เพิ่มระยะทางที่น้ำฝนจะต้องซึมผ่าน และมีช่องว่างเพื่อปรับลดความดันอากาศ ซึ่งทำให้ช่วยลดการใช้วัสดุยาแนวได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	STUDY ON JOINT OF PREFABRICATED CONCRETE WALL OF HOUSES TO SOLVE LEAKAGE PROBLEM
Name	MR. PANUMAS SURBSUKPITIKUL
	MR. PAWEEN TEAMRACH
	MISS. MARISA CHUNAWA
	MR. AKKARAPON NAKSOMBOON
Field	CIVIL ENGINEERING
School	CIVIL ENGINEERING
Faculty	ENGINEERING
Advisor	ASST. LAEMTHONG LAOKHONGTHAVORN

ABSTRACT

Today prefabricated housing system is widely used for habitat industry. Although it is used more than thirty years but techniques of leakage solving at the construction joints are still not well known. Many projects solve this problem by using cement grouting method at the construction joints which provides benefits in the short term, but it will cause a problem in long term due to the deterioration of the sealant material. Thus this research is aimed to study the pattern of finished wall boundaries to prevent leakage of water. the horizontal joints and the vertical joints were designed and tested according to ASTM E-311 for water leakage resistant with standard pressure and 3, 5 and 8 times of standard pressure conforming with Thai rainy condition. Test results showed that the leakage area happened at the vertical joint more than the horizontal joint. The joint patterns designed to prevent leakage by joint shape have more effective leakage protection than the joint pattern designed to prevent leakage basing on joint sealant. Effective proposed joints must be designed to have shape which decrease pressure of penetrated water, have longest distance of water penetration and have air chamber to reduce pressure of leakage. In addition, it can reduce using of sealant material also.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จ ก็คือ ผศ. แหลมทอง เหล่าคงถาวร ที่ปรึกษาโครงงานวิจัยฉบับนี้ ที่ได้ประสิทธิ์ประศาสน์ความรู้ ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ ช่วยเหลือตลอดจนตักเตือนและสั่งสอน อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการดำเนินการโครงงานพิเศษ และสำหรับชีวิตวิศวกร ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุด คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ที่ให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

และขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ที่ให้แรงกายแรงใจช่วยเหลือการวิจัยในโครงงานพิเศษจนสำเร็จลุล่วงไปได้ในที่สุด

ขอขอบคุณบริษัท พฤษา เรียลเอสเต็ล จำกัด ที่ให้ความรู้ด้านการผลิต การออกแบบระบบโครงสร้างสำเร็จทุกขั้นตอน รวมทั้งรูปแบบรอยต่อที่ใช้สำหรับบ้านพักอาศัยสองชั้นที่ใช้ในปัจจุบัน และข้อเสนอแนะรูปแบบรอยต่อที่ออกแบบในโครงงานวิจัยครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ขอกล่าวขอบพระคุณสำหรับอาจารย์และบุคคลากรทุกท่านของสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มอบทั้งวิทยาการและประสบการณ์แก่จัดทำโครงงานวิจัยตลอดระยะเวลาการศึกษาในสถาบันแห่งนี้

นายภานุมาส สืบสุขปีติกุล
นายปวีน เทียมราช
นางสาวมาฤษา ชูนาวา
นายอัครพล นาคสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ เรื่อง **หน้า**

ปกใน (ภาษาไทย) ..... **ก**

ปกใน (ภาษาอังกฤษ) ..... **ข**

หน้าอนุมัติ ..... **ค**

บทคัดย่อภาษาไทย ..... **ง**

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... **จ**

กิตติกรรมประกาศ ..... **ฉ**

สารบัญ ..... **ช**

สารบัญตาราง ..... **ญ**

สารบัญรูป ..... **ฎ**

บทที่ 1 บทนำ

1.1 กล่าวนำ 1

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 2

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3

1.5 วิธีการดำเนินงาน 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายและความเป็นมาของระบบการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป 6

2.2 ระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก 11

2.2.1 Long-Wall System 13

2.2.2 Cross-Wall System 15

2.2.3 Two-Way Span 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.3 รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง 17
2.3.1 คุณสมบัติและคุณลักษณะของรอยต่อโครงสร้าง 18
2.3.2 การออกแบบรอยต่อส่วนประกอบโครงสร้าง 19
2.3.3 รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง 19
2.3.4 รอยต่อกำแพงหรือผนังโครงสร้างแบ่งประเภท 20
ตามหลักการต่อ
2.3.5 การยึดส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นกำแพง 22
หรือผนังเข้าด้วยกัน
2.4 รอยต่อหรือข้อต่อส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนังในแนวเดียวกัน 23
2.5 รอยต่อส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นพื้น 29
2.5.1 รอยต่อส่วนประกอบโครงสร้างระหว่างพื้นกับส่วนรองรับ 30
2.5.2 รอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต 32
2.6 ประเภทของรอยต่อ 33
2.7 ทฤษฎีที่ว่าด้วยสาเหตุการรั่วซึมของน้ำฝน 45
2.8 วรรณกรรมปริทัศน์ 46
2.8.1 ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป 51
2.8.2 การนำระบบคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้ 54
ในโครงการก่อสร้างบ้านจัดสรร
2.8.3 บทวิเคราะห์วรรณกรรม 54

บทที่ 3 ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินการวิจัย

3.1 กล่าวนำ 55
3.2 วิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำฝนบริเวณรอยต่อ 55
3.3 การออกแบบรอยต่อ 57
3.4 การหล่อตัวอย่างผนังและพื้นสำเร็จรูป 61
3.5 การประกอบเครื่องฉีดน้ำสำหรับทดสอบ 64
3.6 ขั้นตอนบันทึกผลและคำนวณผลการทดสอบ 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 การทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบความต้านทานการซึมผ่านของน้ำฝนบริเวณรอยต่อ 66
(ASTM E-331)

4.2 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ 67

บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 82

5.2 วิจารณ์และเสนอแนะ 83

หนังสืออ้างอิง

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ตารางผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งและแนวนอน ที่ความดันน้ำต่าง ๆ ผก2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ก. 1 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 10 psf ผก2

ก. 2 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 30 psf ผก3

ก. 3 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 50 psf ผก4

ก. 4 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 80 psf ผก5

ก. 5 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 10 psf ผก6

ก. 6 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 30 psf ผก7

ก. 7 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 50 psf ผก8

ก. 8 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 80 psf ผก9

ก. 9 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 10 psf ผก10

ก. 10 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 30 psf ผก11

ก. 11 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 50 psf ผก12

ก. 12 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 80 psf ผก13

ก. 13 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 10 psf ผก14

ก. 14 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 30 psf ผก15

ก. 15 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 50 psf ผก16

ก. 16 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 80 psf ผก17

ก. 17 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 10 psf ผก18

ก. 18 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 30 psf ผก19

ก. 19 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 50 psf ผก20

ก. 20 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 80 psf ผก21

ก. 21 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 10 psf ผก22

ก. 22 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 30 psf ผก23

ก. 23 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 50 psf ผก24

ก. 24 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 80 psf ผก25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1	แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของขั้นตอนการวิจัย	5
2.1	โครงสร้างเสาหินสำเร็จรูปในประเทศอียิปต์	7
2.2	โครงสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนหินสำเร็จรูปในประเทศอิตาลี	8
2.3	โครงการที่พักอาศัย Marne la Vallee ใกล้กรุงปารีส	9
2.4	งานตกแต่งสถาปัตยกรรมด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป	9
2.5	โครงการ The Habitat ใน Montreal	10
2.6	วิธีการจัดวางผนังเพื่อรับน้ำหนักของพื้น	12
2.7	แสดงระบบโครงสร้างแบบ Long Wall	13
2.8	ตัวอย่างอาคารที่อยู่อาศัยในกรุงวอร์ซอ ซึ่งวางโครงสร้างแบบ Long Wall	14
2.9	การวางโครงสร้างรับน้ำหนักแบบ Long-wall ซึ่งใช้คานถ่ายน้ำหนัก จากพื้นมาสู่กำแพง	14
2.10	แสดงระบบโครงสร้างแบบ Cross-Wall	15
2.11	การวางชิ้นส่วนผนังด้านหน้าวิธีต่างๆ ในระบบ cross-wall	16
2.12	แสดงระบบโครงสร้างแบบ two-way span	16
2.13	แสดงระบบโครงสร้างแบบกรอบกลวง (ring-frame)	17
2.14	แสดงรอยต่อแบบต่อชน	20
2.15	แสดงรอยต่อแบบต่อเข้าปากกบ	21
2.16	แสดงรอยต่อแบบต่อเข้าปากคาบ	21
2.17	แสดงรอยต่อแบบเข้าลิ้นราง	21
2.18	แสดงแรงที่จะกระทำกับผนังได้ ในลักษณะของแรงเฉือน	22
2.19	ลำดับความสำคัญในการยึดต่อส่วนประกอบโครงสร้าง	23
2.20	รอยต่อแบบ ก	23
2.21	รอยต่อแบบ ข	24
2.22	รอยต่อแบบ ค	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.23	รอยต่อแบบ ง	26
2.24	แสดงรอยต่อส่วนประกอบ B สอดเข้าแนวผนัง A	27
2.25	ตัวอย่างการยึดรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นกำแพงหรือผนัง	28
2.26	Connection Between Spine and Wall Component	28
2.27	รอยต่อที่มีวัสดุฉนวนและชิ้นวัสดุชั้นผิวภายนอกหุ้ม	29
2.28	ลักษณะพื้นที่วางบนคั่นของโครงสร้างและวางบนกำแพง	30
2.29	น้ำหนัก W และ P ถ่ายลงสู่กำแพงส่วนล่างผ่าน Insitu Concrete	32
2.30	การวางชิ้นส่วนพื้นบนกำแพงเพื่อให้การถ่ายน้ำหนักผ่านInsitu Concrete โดยตรง	32
2.31	รอยต่อแบบปิด (Closed Joint)	34
2.32	รอยต่อแบบเปิด (Opened Joint)	34
2.33	รอยต่อระหว่างเสา-ฐานราก	41
2.34	รอยต่อระหว่างผนัง-ผนัง ในแนวราบ	42
2.35	รอยต่อระหว่างผนัง-ผนัง ยึดด้วยลวดเหล็ก	43
2.36	รอยต่อระหว่างผนัง-ผนัง ในแนวดิ่ง	43
2.37	รอยต่อของพื้นกลวงและตัน	44
2.38	แสดงรายละเอียดรอยต่อผนัง ค.ส.ล.สำเร็จรูป ที่ใช้หลักการความสมดุล ของความดันร่วมกับรอยต่อรูปแบบบังใบช่วยลดพลังงานเม็ดฝน	46
3.1	รอยต่อผนัง ค.ส.ล.สำเร็จรูป ที่ใช้หลักการความสมดุลของความดัน	57
3.2	แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวตั้งแบบที่ 1	58
3.3	แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวตั้งแบบที่ 2	58
3.4	แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวตั้งแบบที่ 3	59
3.5	แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวนอนแบบที่ 1	59
3.6	แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวนอนแบบที่ 2	60
3.7	แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวนอนแบบที่ 3	60
3.8	แสดงแบบหล่อตัวอย่าง (ซ้าย) และการทาน้ำมันที่ผิวไม้แบบ (ขวา)	61
3.9	แสดงการเทคอนกรีตหล่อตัวอย่าง (ซ้าย) และแต่งผิวหน้า (ขวา)	63
3.10	แสดงการประกอบชุดหัวฉีดน้ำ	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
3.11	แสดงการติดตั้งชุดหัวฉีดน้ำ	66
3.12	แสดงการบันทึกผลและคำนวณผลการทดสอบ	67
4.1	แสดงรอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 1	69
4.2	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำค่าต่างๆ	70
4.3	แสดงการรั่วซึมของรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 เมื่อฉีดน้ำความดัน 10 psf ถึงนาทีที่ 12 (ซ้าย) และ เมื่อฉีดน้ำความดัน 80 psf ถึงนาทีที่ 6 (ขวา)	70
4.4	แสดงรอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 2	71
4.5	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำค่าต่างๆ	72
4.6	แสดงรอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 3	73
4.7	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำค่าต่างๆ	73
4.8	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้ง ทั้ง 3 แบบที่ความดันน้ำ 10 psf	74
4.9	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้ง ทั้ง 3 แบบที่ความดันน้ำ 30 psf	75
4.10	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้ง ทั้ง 3 แบบที่ความดันน้ำ 50 psf	75
4.11	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้ง ทั้ง 3 แบบที่ความดันน้ำ 80 psf	76
4.12	แสดงรอยต่อแนวนอนรูปแบบที่ 1	77
4.13	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำค่าต่างๆ	77
4.14	แสดงการรั่วซึมของรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1	78
4.15	แสดงรอยต่อแนวนอนรูปแบบที่ 2	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.16	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำค่าต่างๆ	79
4.17	แสดงการรั่วซึมของรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2	79
4.18	แสดงรอยต่อแนวนอนรูปแบบที่ 3	80
4.19	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำค่าต่างๆ	80
4.20	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอน ทั้ง 3 แบบที่ความดันน้ำ 10 psf	81
4.21	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอน ทั้ง 3 แบบที่ความดันน้ำ 30 psf	82
4.22	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอน ทั้ง 3 แบบที่ความดันน้ำ 50 psf	82
4.23	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอน ทั้ง 3 แบบที่ความดันน้ำ 80 psf	83
ข1.	โรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปบ้านพักอาศัย บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)	ผข2
ข2.	Cleaning Station	ผข3
ข3.	Plotering Station	ผข4
ข4.	Shuttering Station และงานลงเหล็กเสริมรวมทั้งจุดยึดต่าง ๆ และช่องเปิด	ผข5
ข5.	Pouring Station และกระบวนการลำเลียงคอนกรีตจาก Plant ปูนผสมเสร็จ	ผข6
ข6.	กระบวนการปาดหน้าปูน	ผข7
ข7.	กระบวนการขัดหน้าหยาบและขัดหน้าเรียบ	ผข8
ข8.	Curing Station	ผข9
ข9.	Tilting Station	ผข9
ข10.	การกองเก็บใน Yard และการขนส่ง	ผข10
ข11.	ชมหมู่บ้านในโครงการ กระบวนการติดตั้งงานชิ้นส่วนสำเร็จรูป	ผข11
ข12.	รูปแบบการติดตั้งและการต่อเชื่อมแบบ Plate ภายในอาคาร	ผข12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ ชื่อรูป **หน้า**

ข13. รูปแบบการติดตั้งจุดสวม Dowel Bar และการประกอบชิ้นส่วนในรอยต่อแบบ Bolt ผข13
หรือ Dowel Bar ระหว่างพื้น Flat Slab กับผนังสำเร็จรูป

ข14. รูปแบบการประกอบติดตั้งเหล็กเสริม Joint และการ Sealant รอยต่อแบบแผ่นชนแผ่น..... ผข14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในสภาวะเศรษฐกิจซบเซา เนื่องจากปัจจัยทางการเมือง และผลกระทบจากปัญหาเศรษฐกิจในต่างประเทศ ประกอบกับราคาน้ำมัน ราคาวัสดุก่อสร้างและค่าแรงปรับตัวสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อการลงทุนในอุตสาหกรรมทุกสาขาที่ทำให้ต้นทุนสูงขึ้นและสภาพคล่องลดลง เพราะปริมาณอุปสงค์ลดลงอย่างมาก แต่สำหรับธุรกิจอุตสาหกรรมสร้างบ้านจัดสรรนั้น นอกจากต้องประสบกับปัญหาขาดสภาพคล่องทางเศรษฐกิจแล้ว ยังต้องประสบกับปัญหาการแข่งขันที่สูงในปริมาณของความต้องการที่เท่าเดิมหรือลดลง แต่จากตัวเลขของการขยายตัวอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาที่ผ่านมา และการคาดการถึงการขยายตัวอย่างต่อเนื่องในระยะยาว เนื่องจากการเพิ่มจำนวนของประชากรในประเทศรวมถึงการขยายตัวของเขตเมืองและที่อยู่อาศัยยังส่งผลเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ทั้งในกรุงเทพฯ และต่างจากจังหวัดมีผู้ประกอบการธุรกิจจัดสรรรายใหม่เพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี โดยเฉพาะในกรุงเทพฯ การขยายตัวของธุรกิจจัดสรร ประเภท บ้านพักอาศัยและอาคารชุด มีโครงการเกิดขึ้นใหม่ในบริเวณโดยรอบของเส้นทางรถไฟฟ้า ถนนสายหลัก และในพื้นที่รอบๆ สนามบิน ในสภาวะที่มีการแข่งขันกันสูงเช่นนี้ ผู้ประกอบการธุรกิจก่อสร้างบ้านจัดสรรต่างก็ต้องการลดต้นทุน ลดระยะเวลาในการก่อสร้าง และลดการสูญเสียวัสดุก่อสร้างที่ไม่จำเป็น ในขณะเดียวกันก็ต้องการควบคุมคุณภาพ และต้องการความสวยงามของเนื้องาน เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผู้บริโภค เพื่อลดปัญหาฝีมือแรงงานและปัญหาภาวะแรงงานขาดแคลน หลายโครงการได้หันมาใช้ระบบการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป (Prefabrication System) ในระยะกว่าสิบปีที่ผ่านมา ดังตัวอย่างเช่น การก่อสร้างหมู่บ้านนักกีฬาเอเชียนเกมส์ โครงการบ้านพฤกษา โครงการก่อสร้างอาคารชุดของบริษัทอารียาพร็อพเพอร์ตี้ เป็นต้น บ้านสำเร็จรูประบบผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Structure or Panel System) ก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่มีการใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปในปัจจุบัน เนื่องจากมีข้อดีที่ สามารถผลิตและควบคุมคุณภาพได้ง่าย สามารถต้านแรงลมและทนต่อแรงสั่นสะเทือนจากการเกิดแผ่นดินไหวได้ดีกว่าโครงสร้างแบบเสาและคาน มีการติดตั้งที่ง่ายและให้ความสวยงาม รวมถึงช่วยลดขยะบริเวณที่ก่อสร้าง และลดการสูญเสียพื้นที่ใช้สอยภายในตัวบ้านได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา (Problem Identification)

ถึงแม้ว่าได้มีการใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในหลายประเทศทั่วโลกมาไม่ต่ำกว่า สามสิบปีแล้ว และในประเทศไทยไม่ต่ำกว่าสิบปี แต่เทคนิควิธีการแก้ปัญหารอยต่อของโครงสร้างหล่อสำเร็จรูปก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเรื่องของสิทธิบัตรทางภูมิปัญญาหรือการจำกัดสภาวะคู่แข่ง จึงทำให้ในยังพบปัญหาของรอยต่อของโครงสร้างสำเร็จรูปที่ยังต้องทำการวิจัยและแก้ไขกันอยู่ในปัจจุบัน โดยเฉพาะปัญหาของการรั่วซึมของน้ำฝน ซึ่งเป็นปัญหาที่พบมากโดยเฉพาะในประเทศไทย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าภูมิอากาศในประเทศมีสภาพที่มีความร้อนและมีความชื้นสูง กอปรกับมีพายุและมีลมแรงในช่วงฤดูมรสุม จากการสำรวจพบว่า หลายโครงการได้แก้ปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนที่รอยต่อของโครงสร้างนี้ โดยการอาศัยการเกร้าท์บริเวณรอยต่อ และประเภทยาแนวรอยต่อหรืออุดรูรั่ว เช่น ซิลิโคน ฯลฯ ซึ่งให้ผลดีระยะสั้น แต่มักจะเกิดปัญหาในระยะยาว เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีอายุการใช้งานที่จำกัด เช่นประมาณ 5-7 ปี ก็จะเกิดการเสื่อมสภาพของสารกันซึมหรือวัสดุยาแนวรอยต่อ แต่กลับไม่ได้ให้ความสนใจกับการแก้ปัญหาการรั่วซึมโดยอาศัยกลไกของรอยต่อ ซึ่งช่วยแก้ปัญหาได้ดีตลอดอายุของโครงสร้างนั้นๆ เลย นั่นคือการออกแบบให้รอยต่อสามารถกันน้ำได้ด้วยตัวเองเหมือนกับรอยต่อของบานประตู หน้าต่าง โดยไม่ต้องพึ่งพาวัสดุยาแนวรอยต่อ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษารูปแบบของรอยต่อ และออกแบบรอยต่อของบ้านสำเร็จรูประบบผนังรับน้ำหนักเพื่อป้องกันปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนได้ตลอดอายุการใช้งานตามเวลาที่เหมาะสม

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.3.1. ศึกษารูปแบบรอยต่อ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยการรั่วซึมของน้ำฝน

1.3.2. เพื่อออกแบบรอยต่อของผนังระบบบ้านสำเร็จรูปเพื่อป้องกันปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนได้

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้เน้นการศึกษารูปแบบและลักษณะรอยต่อ รวมทั้งเทคนิคขั้นตอนการติดตั้งแผ่นผนังสำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบสำเร็จรูป 2 ชั้น ที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานในประเทศ เพื่อออกแบบและปรับปรุงคุณภาพของรอยต่อให้สามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนบริเวณรอยต่อ โดยจะออกแบบรอยต่อผนังในแนวดิ่งที่มุมห้อง และรอยต่อในแนวนอนระหว่างผนังห้องกับพื้นห้อง ซึ่งรอยต่อทั้งสองสัมผัสกับอากาศภายนอก การออกแบบมุ่งเน้นให้รอยต่อสามารถป้องกันการรั่วซึมของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำฝนได้โดยลักษณะของรอยต่อเอง คือลดการใช้สารกันซึมหรือวัสดุยาแนวรอยต่อต่าง ๆ ให้มากที่สุด เพื่อให้รอยต่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนได้ตลอดอายุการใช้งานตามเวลาที่เหมาะสม ถึงแม้สารกันซึมหรือวัสดุยาแนวรอยต่อจะเสื่อมสภาพแล้วก็ตาม

1.5 วิธีการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 1.1 และมีรายละเอียด ดังนี้

1.5.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจากทั้งในประเทศ และต่างประเทศเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบสำเร็จรูป และรอยต่อของแผ่นผนังรวมทั้งวัสดุที่เป็นส่วนประกอบ เทคนิค ขั้นตอนการติดตั้งต่างๆ

1.5.2 ศึกษาลักษณะของปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนบริเวณรอยต่อ และสอบถาม ขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งทำงานเกี่ยวกับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในระบบสำเร็จรูปที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวนอย่างน้อย 5 ท่าน จากบริษัทชั้นนำทางด้านนี้ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และหาแนวทางการแก้ไข

1.5.3 ออกแบบรอยต่อของแผ่นผนัง โดยออกแบบรอยต่อในแนวดิ่ง 3 รูปแบบ และรอยต่อในแนวนอน 3 รูปแบบ ซึ่งอาจปรับปรุงจากรอยต่อที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเพื่อให้สามารถป้องกันปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝน และมีคุณสมบัติของรอยต่อผนังตามมาตรฐาน

1.5.4 ขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรอยต่อที่ออกแบบไว้ เพื่อเป็นการปรับปรุงก่อนการหล่อตัวอย่างทดสอบ

1.5.5 หล่อตัวอย่างทดสอบตามที่ออกแบบโดยหนึ่งรูปแบบรอยต่อ จะประกอบด้วย 2 ตัวอย่างทดสอบที่ประกอบกัน ในแต่ละชิ้นตัวอย่างขนาด 0.3 × 1.5 × 0.1 เมตร ด้านหนึ่งเป็นรอยต่อแนวดิ่งอีกด้านเป็นรอยต่อแนวนอน กำลังคอนกรีตที่ใช้ การเสริมเหล็ก และการบ่มใช้มาตรฐานเดียวกับโรงงานผลิตชิ้นส่วน หลังจากตัวอย่างทดสอบพร้อมติดตั้งจะนำมาประกอบส่วนของรอยต่อเข้าด้วยกัน เพื่อทดสอบการรั่วซึมของน้ำตามมาตรฐาน และเก็บข้อมูลผลการทดสอบ

1.5.6 นำข้อมูลผลการทดสอบมาวิเคราะห์เพื่อเลือกรูปแบบรอยต่อที่เหมาะสมกับการนำไปใช้มากที่สุด ซึ่งอาจจำแนกออกตามลักษณะการใช้งานต่าง ๆ แล้วสรุปผลการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถเข้าใจรูปแบบของรอยต่อระหว่างผนังในลักษณะต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบสำเร็จรูปได้

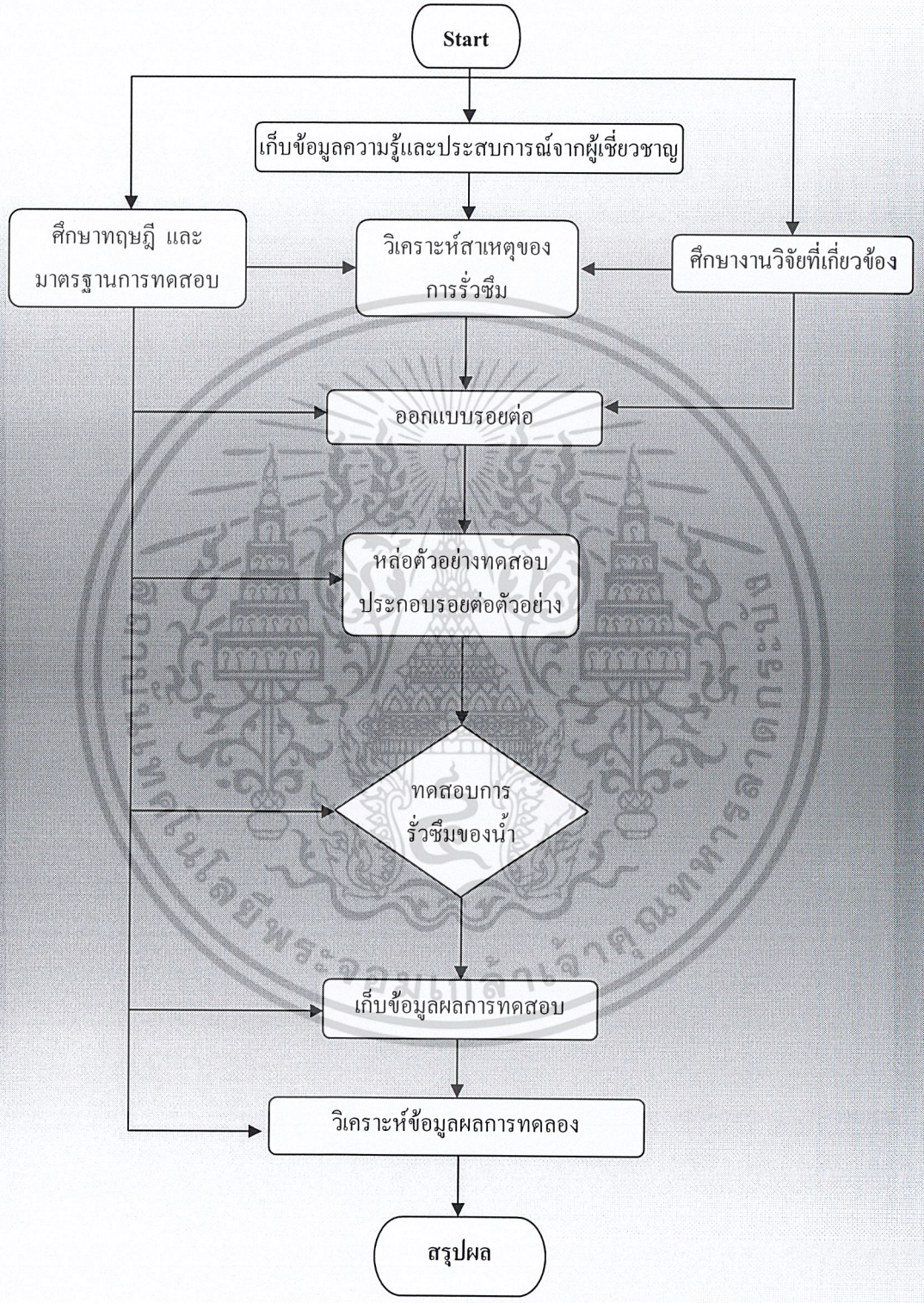
1.6.2 สามารถเข้าใจถึงขั้นตอนการประกอบ และวัสดุอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบของรอยต่อระหว่างผนังสำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบสำเร็จรูปได้

1.6.3 สามารถเข้าใจถึงสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝน บริเวณรอยต่อระหว่างผนังในลักษณะต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบสำเร็จรูปได้

1.6.4 สามารถออกแบบรอยต่อระหว่างผนัง และทดสอบรอยต่อที่ทำการออกแบบให้มีความทนทาน และสามารถแก้ไขปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนได้

1.6.5 เพื่อให้เป็นแนวทางในการศึกษา วิจัย และพัฒนาการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบสำเร็จรูป โดยใช้รอยต่อผนังให้มีมาตรฐาน เป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของขั้นตอนการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายและความเป็นมาของระบบการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป (Prefabrication System)

การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป เป็นการก่อสร้างที่อาศัยการใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ผลิตจากภายนอกมาติดตั้งตามตำแหน่งที่แท้จริงบนอาคาร โดยมีผู้ให้ความหมายที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

"พรีแฟบบริเคชั่น (Prefabrication) คืออุตสาหกรรมการก่อสร้างอันเป็นวิธีการผลิตชิ้นส่วนประกอบจำนวนมาก (Mass Production Components) เพื่อก่อสร้าง โดยอาศัยเครื่องมือ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ยก สำหรับปฏิบัติงาน" (GmbH, Bauverlag, Wiesbaden and Berlin, 1968)

"ความหมายของการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปโดยรวมคือวิธีการก่อสร้างโดยการผลิตส่วนประกอบของอาคารสำเร็จในโรงงานแล้วนำมาประกอบติดตั้งเป็นอาคารโดยอาศัยอุปกรณ์ยก (มามี โตบารมี,2540)

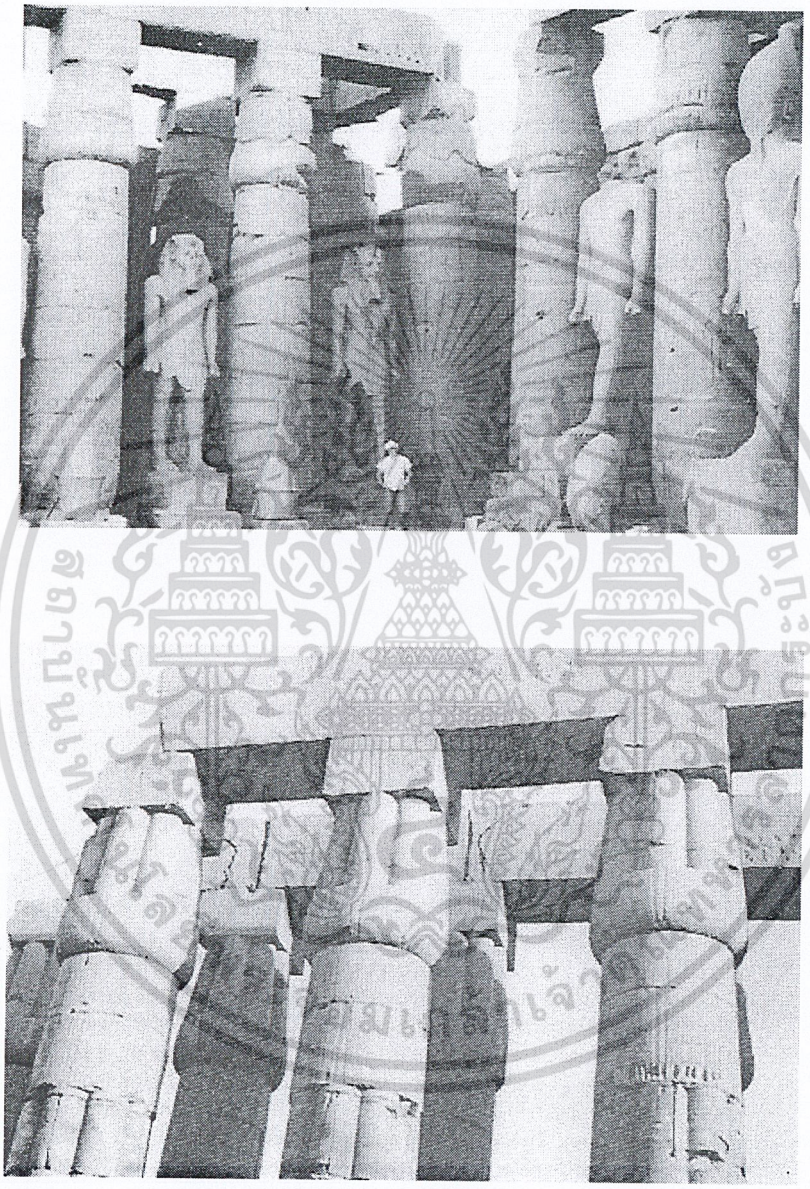
ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป (Prefabrication System) หรือการก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม (Industrialized Building System) มีความหมายถึง การนำโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่ทำสำเร็จรูปไว้แล้วมาประกอบรวมกันเข้าเป็นตัวอาคาร หรือเทคนิคการสร้างใด ๆ ก็ตามที่ยึดหลักกรรมวิธีการผลิตตามแนวระบบอุตสาหกรรมตามหลักการของระบบนี้ โครงอาคารส่วนใหญ่ เช่น เสา คาน พื้น จะผลิตหรือสำเร็จรูปมาจากโรงงาน แล้วนำมาต่อเชื่อมให้ติดกันเป็นตัวอาคาร ณ ที่ก่อสร้าง จึงเป็นระบบก่อสร้างที่ตรงกันข้ามกับวิธีการที่เคยปฏิบัติกัน ซึ่งแต่เดิมนั้นลำดับขั้นตอนของงานสร้างอาคารจะต้องตั้งต้นจากการตั้งแบบ ผูกเหล็กเสริม หล่อคอนกรีตเสา คาน และพื้นต่อเนื่องกันไปจนถึงชั้นหลังคา

การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปนั้น ได้แนวคิดมาจากการผลิตการจัดการงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เช่นการผลิตรถยนต์ ซึ่งจัดแยกผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ขึ้นก่อนแล้วจึงนำมาประกอบในรถทีหลัง มีการนำเอาเครื่องจักร เครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ มาช่วยประกอบการผลิต จึงทำให้สามารถผลิตได้เร็ว ปริมาณการผลิตสูงเป็นผลให้ราคาต้นทุนการผลิตต่ำลง

จุดมุ่งหมายของการปรับปรุงวิธีการสร้างอาคาร มาถือแนวตามระบบอุตสาหกรรม ก็เพื่อต้องการลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำเช่นเดียวกันทั้งยังสร้างได้เร็วกว่าระบบเดิมที่สร้างสำเร็จในที่อีกด้วย

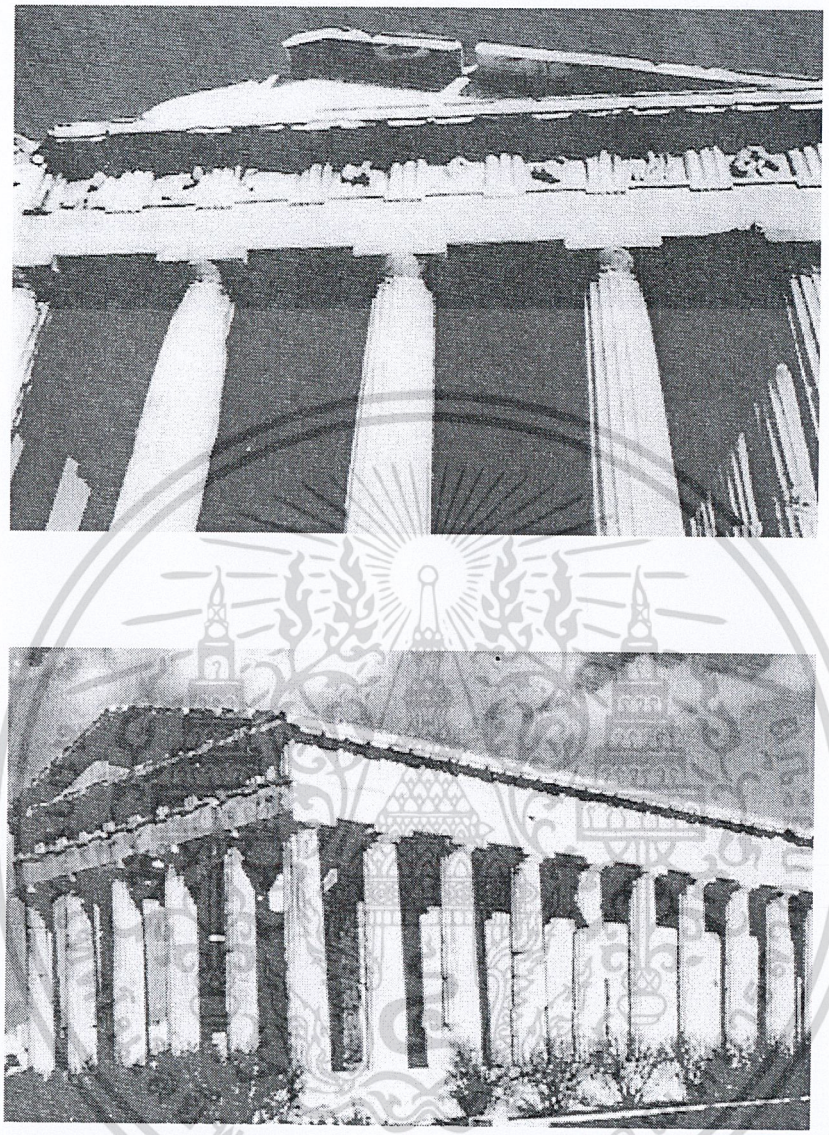
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตชิ้นส่วนขนาดใหญ่ของอาคารจากภายนอกหน่วยงานก่อสร้างไม่ใช่แนวความคิดที่เพิ่งเกิดขึ้น โครงสร้างที่มีชื่อเสียงในอดีตในประเทศอียิปต์และอิตาลีล้วนก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่เป็นหินทั้งในส่วนของเสา พื้นหรือหน้ามุข ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2



รูปที่ 2.1 โครงสร้างเสาหินสำเร็จรูปในประเทศอียิปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



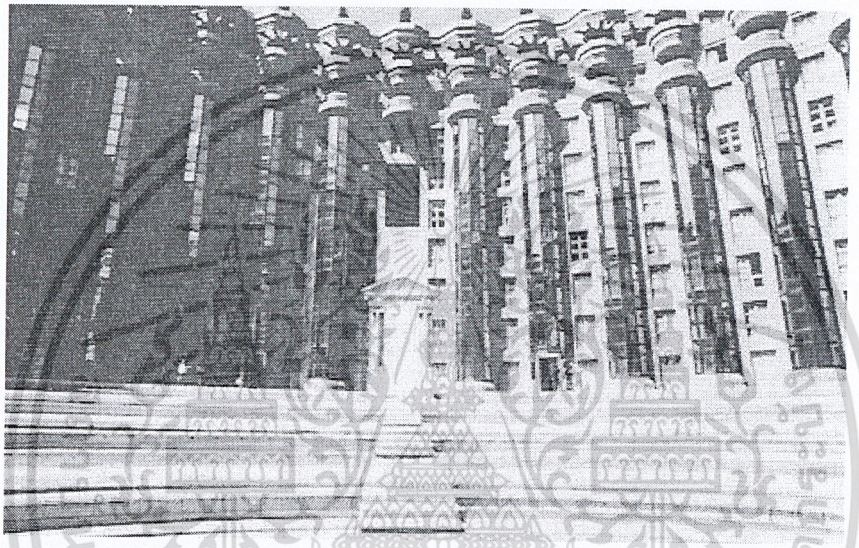
รูปที่ 2.2 โครงสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนหินสำเร็จรูปในประเทศอิตาลี

โดยที่ชิ้นส่วนบางชิ้นมีน้ำหนักตั้งแต่ 5, 10 จนถึง 100 ตัน และต้องทำการขนส่งจากพื้นที่ห่างไกลจากสถานที่ก่อสร้างนับสิบหรือร้อยกิโลเมตร ดังนั้นจึงนิยมใช้กับอาคารหรือโครงสร้างที่มีความสำคัญอย่างสูงเท่านั้น

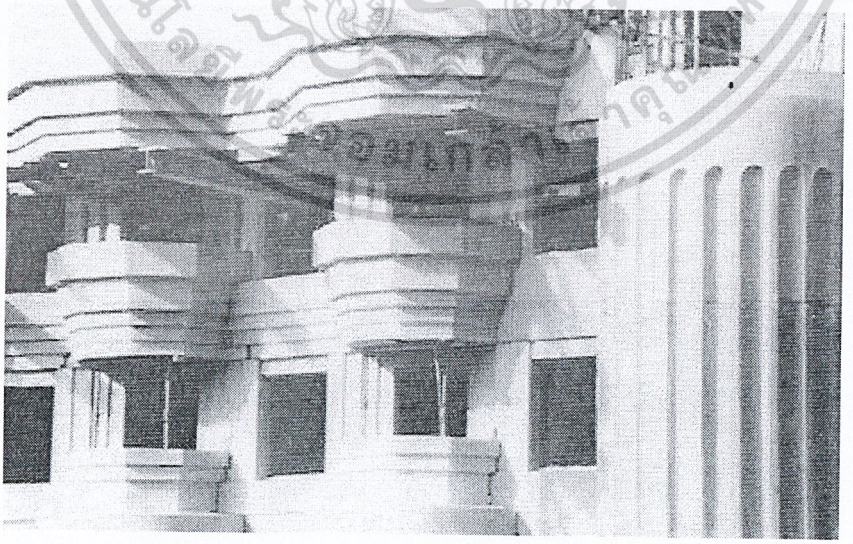
การพัฒนาการก่อสร้างสำเร็จรูปเกิดขึ้นอย่างจริงจังตั้งแต่หลังสมัยสงครามโลกครั้งที่ กลุ่ม 2 ประเทศยุโรปตะวันตกได้เป็นผู้ริเริ่มค้นคว้านำเอาการก่อสร้างอาคารด้วยระบบนี้มาใช้ ทั้งนี้เพราะประสบปัญหาการขาดแคลนที่อยู่อาศัย เนื่องจากภัยพิบัติจากสงครามรวมทั้งขาดแคลนแรงงานช่างฝีมือประเภทต่าง ๆ กลุ่มประเทศดังกล่าว เช่น ฝรั่งเศส อังกฤษ เยอรมัน ด้วยการสนับสนุนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รัฐบาล ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงวิธีการก่อสร้างอาคารขึ้นใหม่ โดยยึดหลักการว่าจะต้องสามารถสร้างให้ได้เร็ว และใช้แรงงานธรรมดาสร้างได้ เพื่อจะแก้ปัญหาดังกล่าว ประกอบกับการพัฒนาระบบขนส่งและเครื่องมือในการติดตั้งชิ้นส่วนที่ก้าวหน้าอย่างมาก ทำให้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปจึงเข้ามามีบทบาทสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อสร้างที่อยู่อาศัยจำนวนมากในเวลาอันสั้นด้วยคุณภาพที่ได้มาตรฐาน ในขณะเดียวกันการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปยังนำเสนอรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่แปลกใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 – 2.5 ซึ่งการก่อสร้างระบบอื่นไม่สามารถทำได้

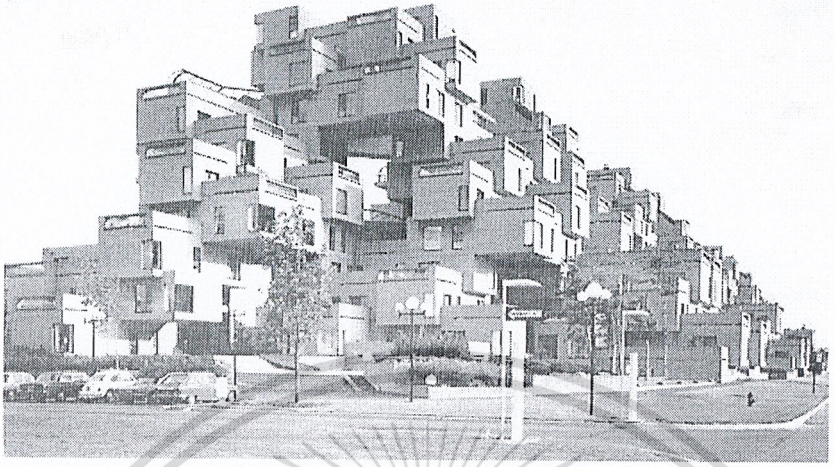


รูปที่ 2.3 โครงการที่พักอาศัย Marne la Vallee ใกล้กรุงปารีส



รูปที่ 2.4 งานตกแต่งสถาปัตยกรรมด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 โครงการ The Habitat ใน Montreal

โดยได้นำความคิดการจัดการการผลิต เทคนิคการประกอบและการติดตั้ง มาพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งปัจจุบัน การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปเป็นระบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มีสถาบัน เพื่อทำการวิจัยเทคนิคใหม่ให้กับการก่อสร้างของระบบนี้โดยเฉพาะ

ทางด้านสหรัฐอเมริกาเองเพิ่มมาตื่นตัวสนใจกับวิธีการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป หลังจากที่ผจญปัญหาเกี่ยวกับค่าแรงงานช่างฝีมือที่มีอัตราสูงมาก และความกดดันต่าง ๆ จากบรรดาสหภาพแรงงานประจวบกับรัฐบาลมีนโยบายที่จะส่งเสริมให้ประชาชนมีบ้านอยู่อาศัยกันอย่างทั่วถึง ทุกระดับชั้นจึงได้ให้การสนับสนุนให้ทุนแก่บริษัทก่อสร้างต่าง ๆ ทำการวิจัยค้นคว้าหาวิธีก่อสร้างตามระบบอุตสาหกรรมที่ทางยุโรปประสบผลสำเร็จมาแล้ว เพื่อให้ได้อาคารที่มีราคาถูกลง จึงได้มีการคิดค้นเทคนิคการผลิตและการติดตั้งขึ้นมาทดลองใช้ต่าง ๆ กันหลายสิบแบบ แต่ส่วนใหญ่ที่ยึดถือตามแนวยุโรปมีบริษัทก่อสร้างที่รับสร้างอาคารด้วยระบบอุตสาหกรรมที่โดยเฉพาะตามเทคนิคที่แต่ละบริษัทได้ออกแบบคิดค้นขึ้น

สำหรับในประเทศไทยระบบการก่อสร้างโดยการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้มีการใช้ในวงการก่อสร้างประมาณกว่า 30กว่าปีที่ผ่านมาแต่จำ นวนของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ใช้ในตัวอาคารมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณงานทั้งหมด สำหรับอาคารสูงในกรุงเทพมีการนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาใช้ในอาคารน้อยมาก ประมาณ 5 % ของการก่อสร้าง โดยส่วนใหญ่งานที่เป็นชิ้นส่วนสำเร็จได้แก่บันได (Parapets, Eaves และ Facade Panels

การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปเริ่มเป็นที่รู้จักในประเทศไทยมากขึ้นตั้งแต่ครั้งที่บริษัท ซีคอนจำกัด นำคานและพื้นสำเร็จรูปมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร และในช่วง10 ปีก่อนนี้บริษัท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางกอกแลนด์ จำกัด ได้นำระบบเข้ามาใช้กับคอนโดมิเนียมอุตสาหกรรมในโครงการเมืองทองธานี ถนนแจ้งวัฒนะ แต่ในครั้งนั้นดูจะไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ต่อมาการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นเมื่อคอนโดมิเนียมโครงการบ้านสวนธน ได้นำระบบนี้มาใช้และเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้นในการเลือกใช้ระบบก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป จนในปัจจุบันผู้ประกอบการหลายราย ได้พิจารณาเลือกใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเป็นระบบหลักของการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัย ทั้งส่วนของบ้านเดี่ยว ทาวเฮาส์ จนถึงประเภทอาคารชุด

ในปัจจุบันได้มีการจดทะเบียนลิขสิทธิ์วิธีการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม หรือระบบสำเร็จรูปไว้ในประเทศต่าง ๆ มากกว่า 1,000 ระบบขึ้นไป ส่วนใหญ่เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นในประเทศยุโรปทางตะวันออก และประเทศแถบสแกนดิเนเวีย แสดงได้ดังรูปที่ 2.5 ระบบเหล่านี้อาจแยกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ คือระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก, ระบบเสาและคาน, ระบบเสาและแผ่นพื้นและระบบกล่อง แสดงได้ดังรูปที่ 2.6

2.2 ระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Structure or Panel System)

ระบบนี้ไม่เป็นที่คุ้นเคยในประเทศไทยแต่ได้ใช้กันกว้างขวางในยุโรปในการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัย วิธีการก่อสร้างนั้น ผนังสำเร็จรูปขนาดเท่าความสูงของชั้นจะถูกนำมาติดตั้งบนพื้นสำเร็จรูป หลักจากนั้นก็จะนำแผ่นพื้นสำเร็จรูปวางบนผนังเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป

ผนังและพื้นในระบบนี้สามารถผลิตได้ง่าย ๆ โดยการหล่อกับแบบที่วางนอนกับพื้นในวิธีการหล่อแบบนี้ สามารถจะปรับความหนาของแผ่นได้โดยสะดวกในระบบหล่อชุดเดียวกัน การผลิตผนังอีกแบบหนึ่งก็คือการหล่อแผ่นในทางแนวตั้งเรียกว่า Battery Casing ในวิธีนี้แบบสำหรับหล่อจะวางตั้ง และมีแผ่นเหล็กกั้นเป็นช่อง ๆ ตามความหนาของผนังที่ต้องการ การเทคอนกรีตครั้งหนึ่งจะได้แผ่นผนังครั้งละจำนวนมาก ๆ

แผ่นพื้นเหล่านี้จะเสริมเหล็กตะแกรง นชั้ 2, มีการฝังท่อเดินไฟฟ้า, ท่อน้ำ ไว้เสร็จก่อนที่จะเทคอนกรีต ผิวคอนกรีตจะออกมาเรียบโดยไม่ต้องฉาบปูนอีกครั้ง เมื่อเทคอนกรีตจะต้องทิ้งระยะบ่มคอนกรีตเพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว ระยะเวลาที่ต้องรอก่อนที่จะสามารถถอนคอนกรีตออกจากแบบนี้สามารถเร่งให้เร็วขึ้นได้ โดยวิธีการอบด้วยไอน้ำ ซึ่งหลังจาก 24 ชั่วโมงแล้ว ก็สามารถถอดออกจากแบบได้สำหรับผนังที่จะต้องเจาะช่องประตูหน้าต่างก็เพียงกั้นแบบเป็นช่องเปิดไว้เท่านั้น ในแบบชุดเดิม

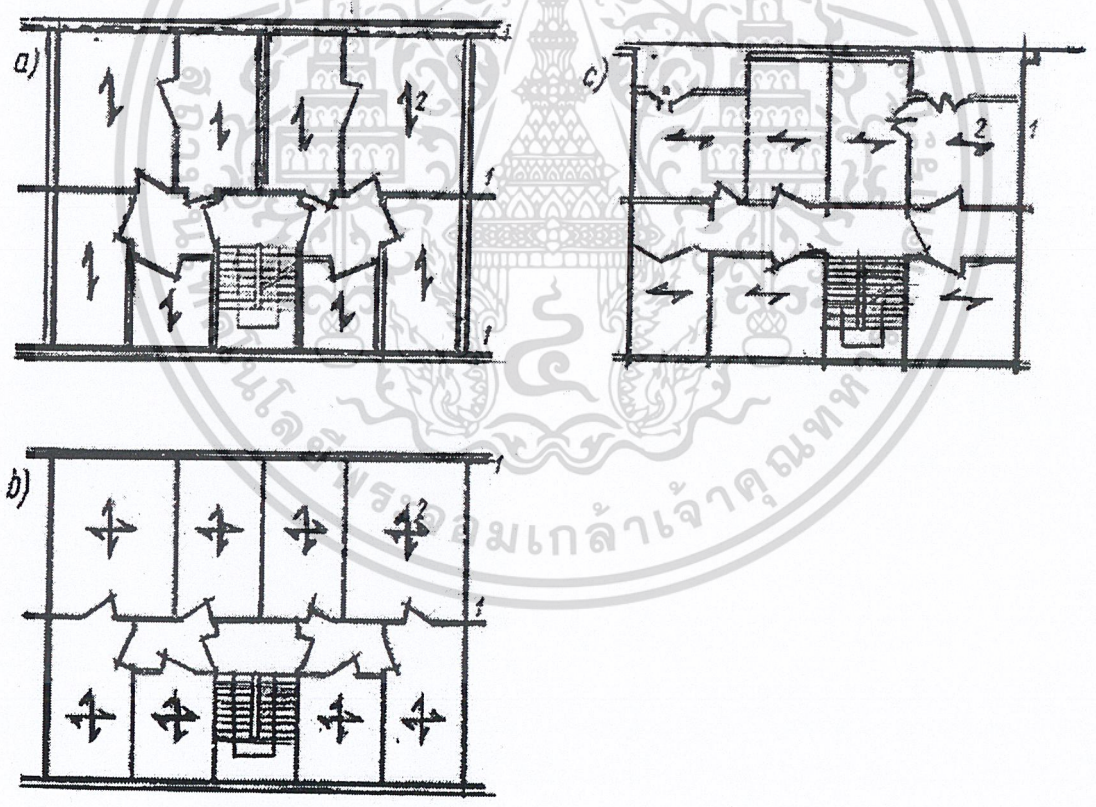
ในขั้นการผลิตชิ้นส่วนผนังและพื้นในระบบนี้นั้น เป็นระบบโครงสร้างที่สามารถผลิตชิ้นส่วนได้ง่ายที่สุดมากกว่าระบบอื่น ๆ ทั้งหมด ขั้นตอนต่อไปหลังจากผลิตก็คือการประกอบ และติดตั้งแผ่นผนังเหล่านี้เข้าที่ ซึ่งนับรวมตั้งแต่การขนส่งชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักมาก จากโรงงานไปถึงบริเวณการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อสร้าง การยกชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ขึ้นไปติดตั้งให้ได้วางอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ ทั้งในแนวราบและแนวดิ่งเหล่านี้เป็นขั้นตอนที่มีปัญหามาก จำเป็นต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญ และมีความประณีตในการทำงาน

การรับแรงทางด้านโครงสร้างของระบบนี้ ก็คือการถ่ายเทแรงจากพื้นลงที่แนวผนังรับน้ำหนักทั้งหมด ดังนั้นผนังจึงใช้ประโยชน์ไม่เฉพาะเพียงการเป็นผนังกั้นห้องเท่านั้น หากยังจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างแทนเสาและคานไปพร้อม ๆ กันด้วย นอกจากนี้แผ่นผนังจะทำหน้าที่โครงสร้างอย่างสำคัญในอาคารเพื่อต้านทานแรงลมอย่างมีประสิทธิภาพดีมากกว่าโครงสร้างแบบเสา และคานอีกด้วย

ระบบการวางผนังรับน้ำหนักมี ะบบวางแนวผนังรับน้ำหนักไปในทิศทางแนววิธี คือร 3 เดียวกับความยาวของอาคารเรียกว่าlong-wall system ระบบวางแผนผนังรับน้ำหนักให้ขวางกับความยาวของอาคารเรียกว่า cross-wall system และระบบที่วางรับน้ำหนักให้รับน้ำหนัก จากพื้นทั้ง 2 แนว เรียกว่าtwo-way span system รูปแบบของทั้ง 3 ระบบแสดงได้ดังรูปที่ 2.6



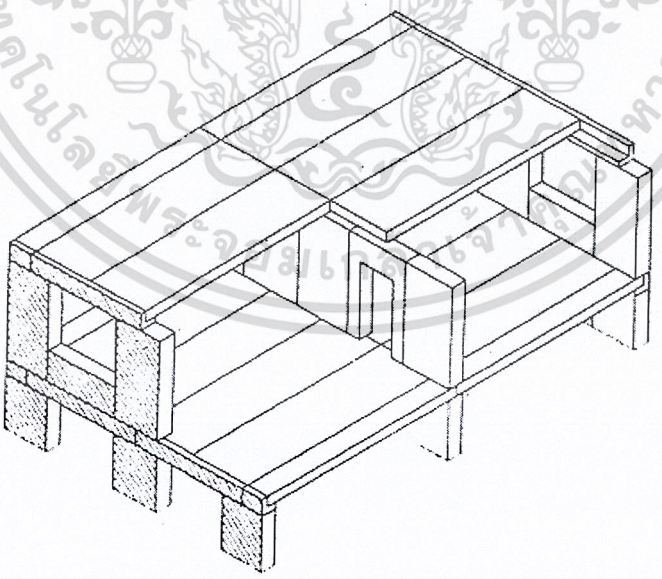
รูปที่ 2.6 วิธีการจัดวางผนังเพื่อรับน้ำหนักของพื้น

(a) long-wall system (b) two-way system (c) cross-wall system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

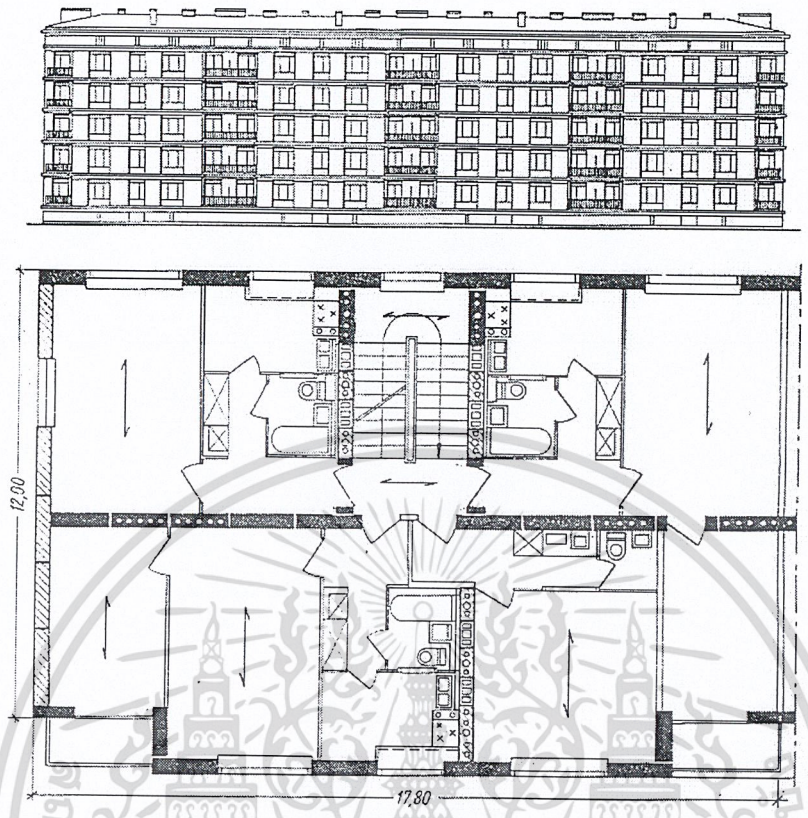
2.2.1 Long -Wall System ระบบนี้สังเกตได้โดยดูทิศทางของแผ่นพื้นที่วางพาดน้ำหนักมาลงผนังส่วนที่เป็นผนังด้านหน้า และผนังด้านหลังของอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 2.7 และ 2.8 ระบบนี้มีใช้อยู่บ้างในประเทศโปแลนด์ และประเทศในกลุ่มยุโรปตะวันออก อาคารที่ใช้ระบบนี้ว่าจะต้องมีช่องเปิดที่จะเป็นหน้าต่างของห้องเล็กกว่าปกติ เนื่องจากผนังส่วนที่เป็นหน้าต่างที่จะต้องใช้เป็นผนังที่รับน้ำหนักของพื้นที่ต้องนำมาพาดวางลงไว้ด้วย จึงไม่เหมาะสมสำหรับอาคารที่พักอาศัย โดยเฉพาะที่พักอาศัยในประเทศเขตร้อน เช่น ประเทศไทยที่ต้องการช่องเปิดด้านหน้า และหลังของห้องเพื่อให้อากาศได้พัดถ่ายเทความร้อนระบบ

ระบบนี้มีข้อดีอยู่ที่สามารถเปิดช่องโล่งได้ตลอดในแนวตามความยาวของอาคาร เพราะไม่จำเป็นต้องมีผนังในแนวขวางมากั้นแต่อย่างใด จึงสามารถนำไปใช้กับอาคารประเภทสำนักงาน หรือห้องเรียนได้แต่ความกว้างของห้องอาจถูกจำกัดด้วยความยาวของผนังพื้นที่อาจไม่สามารถพาดยาวได้ถึงระยะห่างของผนังจะรับน้ำหนักได้ ยกเว้นต้องออกแบบแผ่นพื้นเป็นพิเศษสำหรับวางพาดได้ระยะห่างมาก ๆ การแก้ไขปัญหานี้ อาจทำได้โดยวางคานพาดลงกำแพงรับน้ำหนักแบบ Long-wall แล้วให้แผ่นพื้นวางพาดลงคานแทนที่จะพาดลงผนังห้องโดยตรง ดังเช่นในรูปที่ 2.9 ซึ่งจะทำให้ระบบยุ่งยากมากขึ้น เนื่องจากเป็นระบบที่ผสมระหว่างระบบผนังรับน้ำหนักผสมเสา และคาน ชิ้นส่วนแทนที่จะมีส่วนสำคัญเพียงผนังกับพื้น ก็จำเป็นต้องมีชิ้นส่วนที่เป็นคานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยอีก

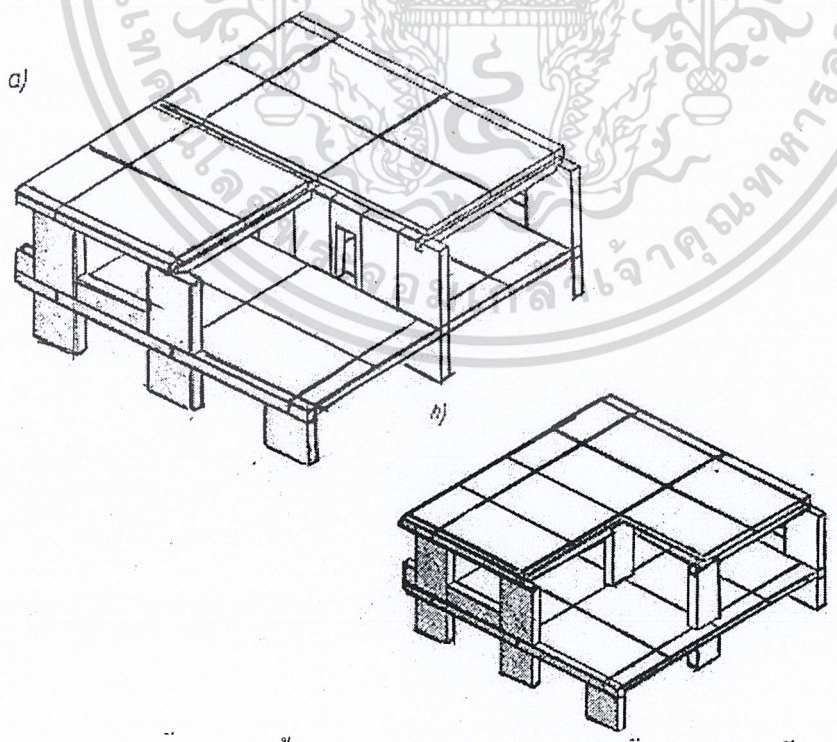


รูปที่ 2.7 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Long Wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างอาคารที่อยู่อาศัยในกรุงวอร์ซอ ซึ่งวางโครงสร้างแบบ Long Wall



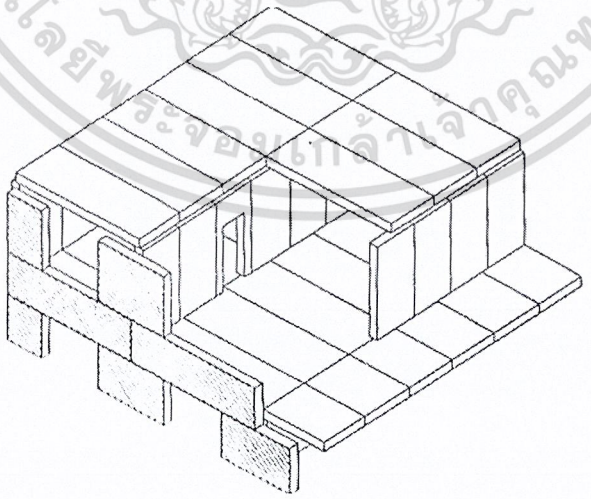
รูปที่ 2.9 การวางโครงสร้างรับน้ำหนักแบบ Long-wall ซึ่งใช้คานถ่ายน้ำหนัก จากพื้นมาสู่กำแพง

(a) ระบบของ Moscow (b) ระบบของ Czechoslovakian [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

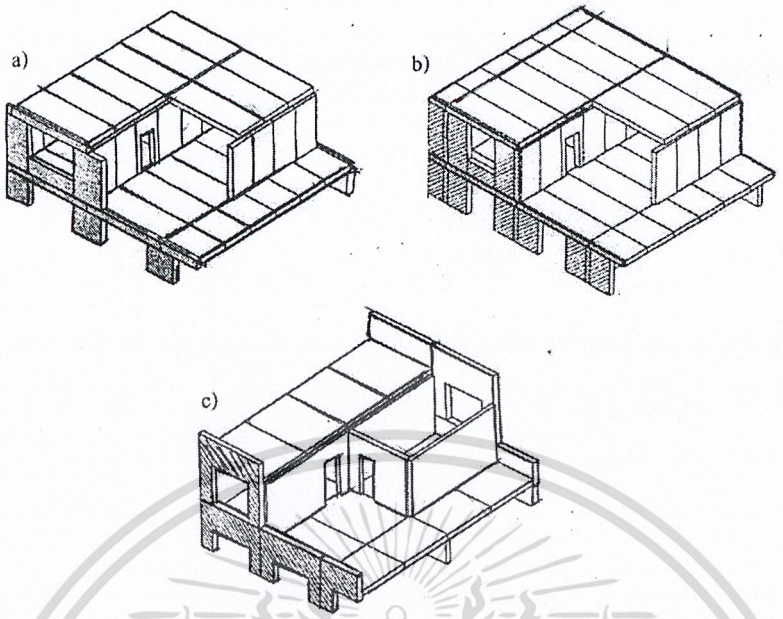
2.2.2 Cross -Wall System ระบบผนังรับน้ำหนักในปัจจุบันส่วนใหญ่นิยมวางแผ่นผนังรับน้ำหนักขวางกับความยาวของตัวอาคาร ดังรูปที่ 2.10 โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารประเภทที่อยู่อาศัย ซึ่งจำเป็นต้องมีผนังทางด้านขวางทึบตลอด เพื่อเป็นผนังกั้นระหว่างแต่ละหน่วยของที่พักอาศัยอยู่แล้ว ผนังทึบนี้ สามารถใช้เป็นผนังรับน้ำหนักได้ดีกว่าผนังที่มีช่องหน้าต่างเปิดอย่างเช่นผนังรับน้ำหนักในระบบ Long-wall โดยระบบ Cross-wall นั้น ผนังด้านหน้าจะไม่มีส่วนในการช่วยรับน้ำหนักจากพื้นเลย ดังนั้น จึงสามารถเปิดด้านด้านหน้าให้โล่งได้ตลอด หรือใช้เป็นหน้าต่างขนาดใหญ่ได้ตลอดด้านหน้าและด้านหลังของห้อง หรือหากต้องการผนังที่มีความหนาและน้ำหนักมากทางด้านหน้าก็อาจใช้วิธีให้ผนังด้านหน้าวางซ้อนกันขึ้นไปเพื่อรับน้ำหนักผนังส่วนนี้ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.10 หรืออาจใช้วิธีติดตั้งผนังด้านหน้าของห้องด้วยวิธีการอื่น ๆ ก็ได้อีกหลายวิธีดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 โดยแบบ a) ผนังด้านหน้าจะวางอยู่บนแผ่นพื้นโดยมีผนังด้านชั้นล่างลงเป็นโครงสร้างรับน้ำหนักในแบบ b) จะใช้คานทับหลังวางบนผนังด้านตลอดช่องเปิดเพื่อใช้คานนี้เป็นตัวรับน้ำหนักผนังด้านหน้าแล้วส่งน้ำหนักผ่านลงชั้นล่าง ๆ ถัดไปตามลำดับ ในแบบ c) ใช้วิธีประกอบด้านหน้าเข้ากับกำแพง cross-wall ที่ใช้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักอยู่แล้วโดยตรง

2.2.3 Two-Way Span ระบบนี้เป็นระบบที่ให้น้ำหนักของพื้นลงสู่ผนังทั้งสองแนว คือ ทั้งในแนว Cross-wall และ Long-wall นั่นคือผนังทั้งสองแนวจะถูกใช้เป็นผนังรับน้ำหนักทั้งหมด ในกรณี นี้พื้นที่ออกแบบจะแบ่งน้ำหนักไปลงผนังทั้งสี่ด้านแทนที่จะเป็นเพียงสองด้าน เช่น ระบบ cross-wall หรือ long-wall แสดงได้ดังรูปที่ 2.12 พื้นในระบบ two-way span นี้จะมีราคาถูกกว่าพื้นที่ใช้ในระบบทั้ง ระบบเดิมที่กล่าวมาแล้ว และประหยัดที่สุดหากขนาดของพื้นจะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2



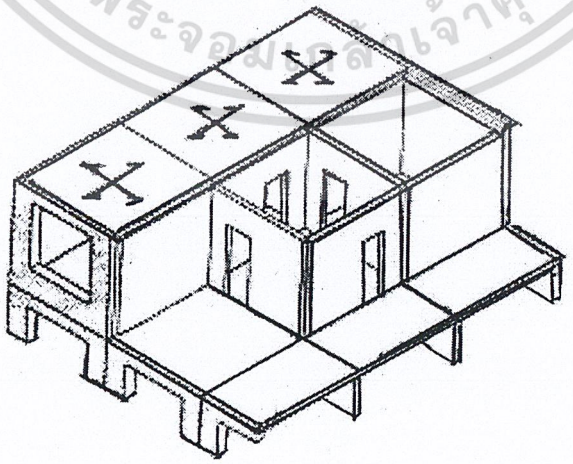
รูปที่ 2.10 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Cross-Wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การวางชิ้นส่วนผนังด้านหน้าวิธีต่างๆ ในระบบ cross-wall
a) ผนังวางอยู่บนคานเสริมพิเศษ b) ผนังวางบนพื้น c) ผนังเกาะติดอยู่กับด้านข้างของกำแพง

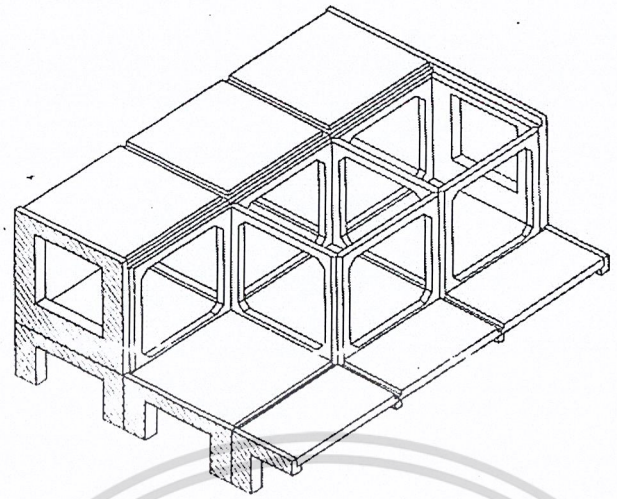
ข้อดีอีกประการหนึ่งนอกจากจะได้พื้นที่ประหยัดแล้วก็คือระบบนี้จะเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงมากกว่าระบบอื่น ๆ เนื่องจากมีองค์ประกอบของอาคารที่เป็นโครงสร้างในทุก ๆ แนว แต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญก็คือสถาปนิกจะขาดความเป็นอิสระในการออกแบบเป็นอย่างมากเช่นไม่สามารถจะเปิดห้องติดต่อกันโดยตลอดได้ วิธีการแก้ไขก็คือจะเป็นจะต้อใช้ระบบเสาและคานเข้ามาประกอบด้วยในส่วนที่ต้องการจะเปิดโล่งหรือโดยการใช้ผนังแบบที่เป็นกรอบกลวงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 แสดงระบบโครงสร้างแบบ two-way span

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.13 แสดงระบบโครงสร้างแบบกรอบกลวง (ring-frame)

2.3 รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง (The Connection Joints of the Structural Components)

การที่เรามีการออกแบบอาคาร โดยระบบประสานทางพิกัด เพราะเราหวังผลในทางเศรษฐกิจและประสิทธิภาพในระบบการผลิต ฉะนั้นระบบก่อสร้างสำเร็จรูปจึงมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองความมุ่งหมายที่สมบูรณ์ ต่อระบบประสานทางพิกัด

ส่วนประกอบ (Components) เป็นชิ้นส่วนประกอบของอาคารที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบอาคารสำเร็จรูป ทั้งที่มีการประสานพิกัดและไม่มีการประสานพิกัด แต่อาคารสำเร็จรูปที่ออกแบบโดยใช้ระบบการประสานทางพิกัด เป็นอาคารที่เราสามารถบรรลุเป้าหมายซึ่งวางไว้ข้างต้นได้

ส่วนประกอบของอาคาร มีส่วนประกอบโครงสร้าง และส่วนประกอบที่ไม่ใช่โครงสร้าง ส่วนประกอบทั้งหมดจะถูกนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ด้วยวิธีของการประสานรอยต่อ (Method of Connection)

ส่วนประกอบโครงสร้าง (Structural Components) เป็นส่วนประกอบอาคารที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักโดยตรง เราออกแบบได้กับอาคารที่ใช้โครงสร้างแบบโครงเสา และคาน หรือโครงประเภทอื่นๆ และอาคารที่ใช้โครงสร้างแบบกำแพง หรือผนังรับน้ำหนัก

109114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากอาคารสำเร็จรูป ประกอบด้วยส่วนประกอบโครงสร้างทั้งในระนาบตั้งและระนาบนอน และแต่ละชิ้นส่วนก็มีการกำหนดขนาดเราจะปฏิบัติงานก่อสร้าง ได้โดยสะดวกรวดเร็ว และชิ้นส่วนต่างๆเมื่อประกอบกันเป็นอาคารสมบูรณ์แล้ว อาคารนั้นนอกจากจะต้องมีความสามารถในการรับน้ำหนักจรแล้ว จะต้องมีความสามารถในการต่อต้านแรงกระทำภายนอก (External Forces) เช่น แรงลม ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย

การออกแบบส่วนประกอบโครงสร้าง ผู้ออกแบบคือสถาปนิกและวิศวกร จำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างระบบโครงสร้าง วัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ โครงสร้าง วิธีการประสานรอยต่อต่างๆของโครงสร้าง และโดยเฉพาะพฤติกรรมของส่วนประกอบโครงสร้าง (Structural Behavier) ในด้านการต่อต้านแรงกระทำภายนอกของอาคาร ที่มีการก่อสร้างโดยระบบสำเร็จรูปเป็นอย่างดี

แรงกระทำภายนอก (External Forces) มีโอกาสทำความเสียหาย ให้แก่ อาคารได้โดยง่ายมากกว่าแรงกระทำภายใน ซึ่งได้แก่ Dead Load และ Live Load แรงกระทำภายนอก กระทำต่ออาคารในทิศทางที่กำหนดแน่นอนไม่ได้ ฉะนั้นในการออกแบบโครงสร้างและรอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้างทั้งในแนวดิ่ง (Vertical Plane) และระนาบนอน (Horizontal Plane) ในลักษณะของ 3 มิติ จะต้องถูกนำมาพิจารณาอย่างถี่ถ้วน

รอยต่อโครงสร้างจะแตกต่างกันตามวัสดุ ระบบโครงสร้าง และวิธีการก่อสร้างสถาปนิกและวิศวกรหลายๆประเทศต่างคิดค้นระบบและวิธีของตน ซึ่งแตกต่างกันในรายละเอียด แต่ในหลักขั้นพื้นฐานก็คงใช้ระบบและหลักเกณฑ์ ที่เป็นหลักการของการผลิตทางอุตสาหกรรมอย่างเดียวกัน

2.3.1 คุณสมบัติและคุณลักษณะของรอยต่อโครงสร้าง

1) ส่วนประกอบโครงสร้างทั้งในระนาบตั้งและระนาบนอน เมื่อได้ประกอบกันเป็นอาคารสมบูรณ์แล้ว จะต้องมีความสามารถที่จะต่อต้านแรงกระทำภายนอกได้ทุกๆ แนวทางที่แรงภายนอกกระทำเพราะการที่ส่วนประกอบภายนอกส่วนใดส่วนหนึ่งมีการเคลื่อนที่ เสียหายหรือพัง จะเป็นสาเหตุให้โครงสร้างทั้งหมดพังได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่สูงมากขึ้น (High – Rise Building) ไม่ว่าโครงสร้างจะเป็น Load Bearing Structure หรือ Framed Structure

2) ข้อต่อหรือรอยต่อต่างๆ (Connection Joints) ส่วนประกอบโครงสร้างต้องผ่านการวิเคราะห์โดยละเอียดถี่ถ้วน ในการออกแบบทั้งหมดในด้านวิศวกรรม สถาปัตยกรรม วิธีการสร้างและการจัดระบบการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คุณสมบัติของรอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง จะต้องมีความสมบูรณ์ในด้าน

3.1) ทฤษฎี

3.2) การปฏิบัติในการผลิต

3.3) การปฏิบัติในการเคลื่อนย้ายขนส่ง

3.4) การปฏิบัติการประกอบติดตั้ง

4) รอยต่อต่างๆ จะต้องมีความสามารถในการป้องกันการรั่วไหล ซึมจากน้ำฝนหิมะและความร้อนความหนาว (ในระดับ Discomfort ได้เป็นอย่างดี)

2.3.2 การออกแบบรอยต่อส่วนประกอบโครงสร้าง จะต้องพิจารณา

1) วัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้าง

2) วิธีการต่อหรือการประสานต่อ

3) วิธีการก่อสร้าง หรือระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป

4) อุปกรณ์ต่อหรือยึด

5) วิธีการประกอบและติดตั้งส่วนประกอบโครงสร้าง

6) วัสดุที่ใช้อุดหรือยาแนวหรือปิดทับแนวต่อ

7) จำนวนชั้น ความสูงของอาคาร

8) ภาระในการรับแรง ทั้งแรงกระทำภายในและภายนอกของแต่ละประเภทชิ้นส่วน

9) เครื่องมือและเครื่องมือกลที่จะใช้ในการปฏิบัติการรอยต่อ และส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นไม้ หรือวัสดุบางอัดชนิดต่าง ๆ

10) การแสดงออกทางสถาปัตยกรรม ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาเป็นพิเศษ สำหรับส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนัง (Wall Components)

2.3.3 รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง ซึ่งใช้กับอาคารสำเร็จรูป

แบ่งประเภทตามระบบโครงสร้างมี 3 ประเภท

1) ประเภทกำแพงรับน้ำหนักมีรอยต่อดังต่อไปนี้

1.1) รอยต่อระหว่างกำแพงฐาน (Wall Foundation) กับฐานราก (Footing) ในกรณีที่ทำฐานรากและกำแพงฐานสำเร็จรูป เป็นส่วนประกอบโครงสร้างทั้งหมด (ใช้กับอาคารชั้นเดียว ซึ่งเป็นอาคารขนาดเบาได้)

1.2) รอยต่อระหว่างพื้นกำแพงรับน้ำหนักและกำแพงฐาน

1.3) รอยต่อระหว่างกำแพงรับน้ำหนักด้วยกัน (Wall Component)

1.4) รอยต่อระหว่างพื้นรับน้ำหนักด้วยกัน (Floor Component)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5) รอยต่อระหว่างกำแพงรับน้ำหนัก กับโครงสร้างหลังคา

2) ประเภทเสาและคาน มีรอยต่อดังต่อไปนี้

2.1) รอยต่อระหว่างเสาตอม่อกับฐานราก

2.2) รอยต่อระหว่างเสากับเสา

2.3) รอยต่อระหว่างเสากับคาน

2.4) รอยต่อระหว่างพื้นกับคาน

2.5) รอยต่อระหว่างพื้นด้วยกัน

2.6) รอยต่อระหว่างเสาและคานหลังคากับโครงสร้างหลังคา

3) ประเภทโครงสร้างผนังสำเร็จรูป ซึ่งแต่ละโครงสร้างจะมีขนาดตามตารางพิกัดแผนผังติดตั้งอยู่บนกำแพง ฐาน ซึ่งเป็นกำแพงรับน้ำหนัก นิยมใช้กับอาคารขนาดเบา มีรอยต่อดังต่อไปนี้

3.1) รอยต่อระหว่างกำแพงฐานกับฐานราก

3.2) รอยต่อระหว่างโครงสร้างผนังสำเร็จรูปกับกำแพงฐาน

3.3) รอยต่อระหว่างพื้นฐานกับกำแพงฐาน

3.4) รอยต่อระหว่างโครงสร้างผนังสำเร็จรูปด้วยกัน

3.5) รอยต่อระหว่างพื้นด้วยกัน

3.6) รอยต่อระหว่างโครงสร้างผนังสำเร็จรูปกับโครงสร้างหลังคา

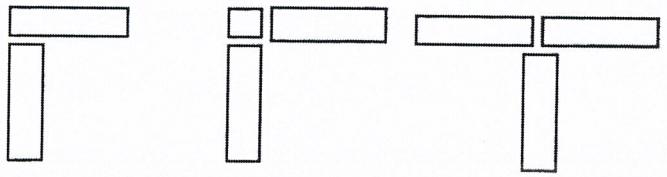
ในกรณีที่มีการออกแบบให้ส่วนฐานเป็นโครงสร้างเสาและคาน โดยให้ส่วนเหนือขึ้นไปเป็นระบบโครงสร้างผนังสำเร็จรูป รอยต่อระหว่างโครงสร้างผนังสำเร็จรูปกับคาน จะเป็นแบบเดียวกันกับรอยต่อในข้อ 3.2

หมายเหตุ สำหรับฐานรากและกำแพงฐานที่ใช้กับอาคารขนาดหนัก จะต้องหล่อกับที่ สำหรับห้องใต้ดิน (Basement) ควรหล่อกับที่เช่นกัน ถ้าทำเป็น (Components) ประกอบกัน รอยต่อจะมีมากและปัญหาการรั่วซึมจะมีมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

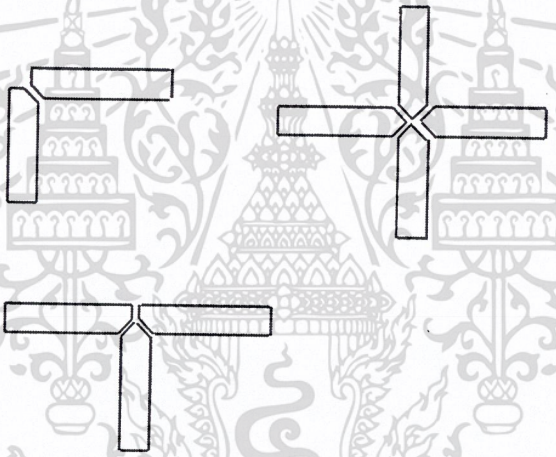
2.3.4 รอยต่อกำแพงหรือผนังโครงสร้างแบ่งประเภทตามหลักการต่อ

1) แบบต่อชน



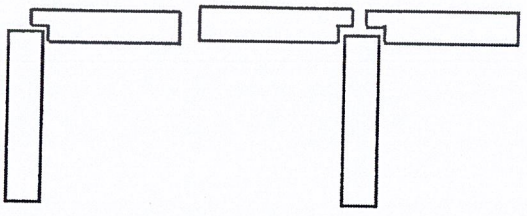
รูปที่ 2.14 แสดงรอยต่อแบบต่อชน

2) แบบต่อเข้าปากกบ



รูปที่ 2.15 แสดงรอยต่อแบบต่อเข้าปากกบ

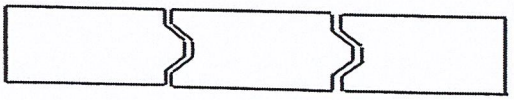
3) แบบต่อเข้าปากคาบ



รูปที่ 2.16 แสดงรอยต่อแบบต่อเข้าปากคาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) แบบต่อเข้าลิ้นราง นิยมใช้กับเข็มพืด (Sheet Pile) ซึ่งผลิตเป็นแผ่นๆ ขนาดตามพิกัดนิยมของเข็มพืดแต่ละชิ้นส่วนถือค่าเป็น 1 หน่วยพิกัดนิยม



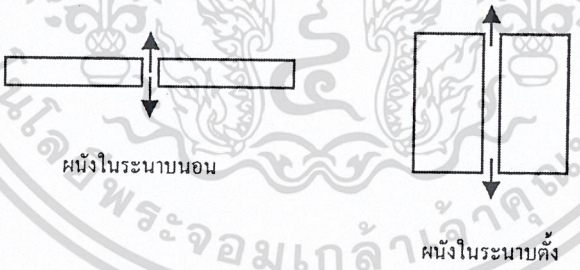
รูปที่ 2.17 แสดงรอยต่อแบบเข้าลิ้นราง

2.3.5 การยึดส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นกำแพงหรือผนังเข้าด้วยกัน

การยึดส่วนประกอบโครงสร้างเป็นกรรมวิธีที่ละเอียด ประสิทธิภาพในการผลิต การติดตั้ง การจัดงานก่อสร้าง ความมั่นคงแข็งแรง และความเรียบร้อยสวยงาม เป็นหลักการที่สำคัญยิ่งที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบรอยต่อ การกำหนดวิธียึด และการใช้อุปกรณ์ยึด

การพิจารณาทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างและการพิจาณาทางด้านสถาปัตยกรรม จะต้องพิจารณาร่วมกันทุกๆอย่าง ทั้งรอยต่อรอบนอกและรอยในของอาคาร

ข้อควรระมัดระวัง เกี่ยวกับแรงที่จะกระทำกับผนังได้ ในลักษณะของแรงเฉือน



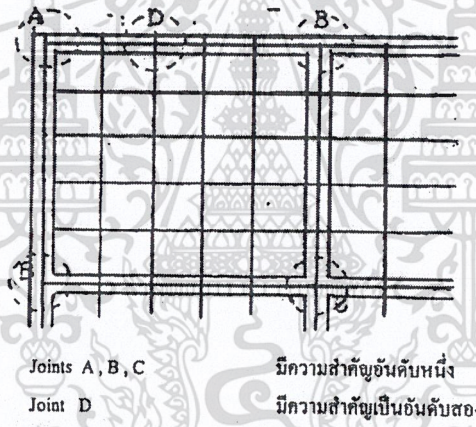
รูปที่ 2.18 แสดงแรงที่จะกระทำกับผนังได้ ในลักษณะของแรงเฉือน

จะต้องมีการยึดส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นกำแพงหรือผนัง ทั้งในระนาบราบหรือระนาบนอน(Horizontal Plane) และในระนาบตั้ง (Vertical Plane) เพื่อต่อต้านแรงเฉือนทั้ง 2 ระนาบได้ นอกจากจะต่อต้านแรงดึงที่เกิดจากแรงกระทำภายใน (Internal Forces) อันเป็นปรกติทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการออกแบบเพื่อการผลิตส่วนประกอบโครงสร้างทางวิธีการอุตสาหกรรมมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาความคลาดเคลื่อนในทางผลิต (Tolerances) และความเบี่ยงเบน (Deviations) ทำให้มิติหรือระยะต่างๆ ของส่วนประกอบโครงสร้างที่จะกำหนด ในการออกแบบ แปรลักษณะให้เป็น 3 มิติ คือ มิติมูลฐาน (Basic Dimension) มิติที่ยอมให้ใต้การควบคุม (Controlling Dimension) และมิติคลาดเคลื่อน (Tolerances) ซึ่งมิติที่ยอมให้ใต้ความควบคุมนี้ เราจะกำหนดเป็นขนาดใช้งาน ในการผลิตส่วนประกอบโครงสร้าง ฉะนั้นการออกแบบรอยต่อและการยึดหรือการต่อส่วนประกอบโครงสร้าง ก็จำเป็นต้องพิจารณามิติต่างๆ ดังกล่าวด้วย ทั้งนี้เพื่อพิจารณากำหนดมิติประสาน คือ มิติหรือระยะที่เตรียมไว้ เพื่อการติดตั้งส่วนประกอบโครงสร้าง และส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีใช้ส่วนประกอบโครงสร้าง

ความสำคัญในการยึดหรือต่อส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนังคอนกรีตรับน้ำหนักให้พิจารณาเช่นเดียวกันกับผนังรับน้ำหนัก ที่สร้างด้วยหิน อิฐ หรือบล๊อครับน้ำหนักทั่วไป



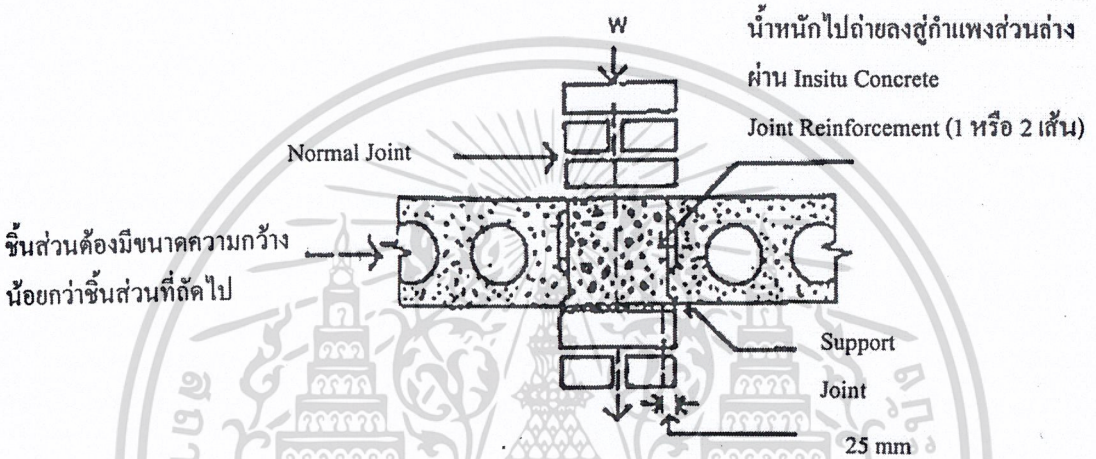
รูปที่ 2.19 ลำดับความสำคัญในการยึดต่อส่วนประกอบโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 รอยต่อหรือข้อต่อส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนังในแนวเดียวกัน (Wall-Wall Joint)

ตามแปลนที่แสดง คือ ข้อต่อหรือรอยต่อ D

หมายเหตุ การออกแบบรอยต่อ หรือข้อต่อขั้นพื้นฐาน ในการพิจารณารอยต่อโครงสร้างให้แก่อาคารสำเร็จรูปนั้น จะต้องเริ่มพิจารณาออกแบบรอยต่อ D ก่อน แล้วจึงพิจารณาออกแบบที่รอยต่อ A, B และ C ต่อไป



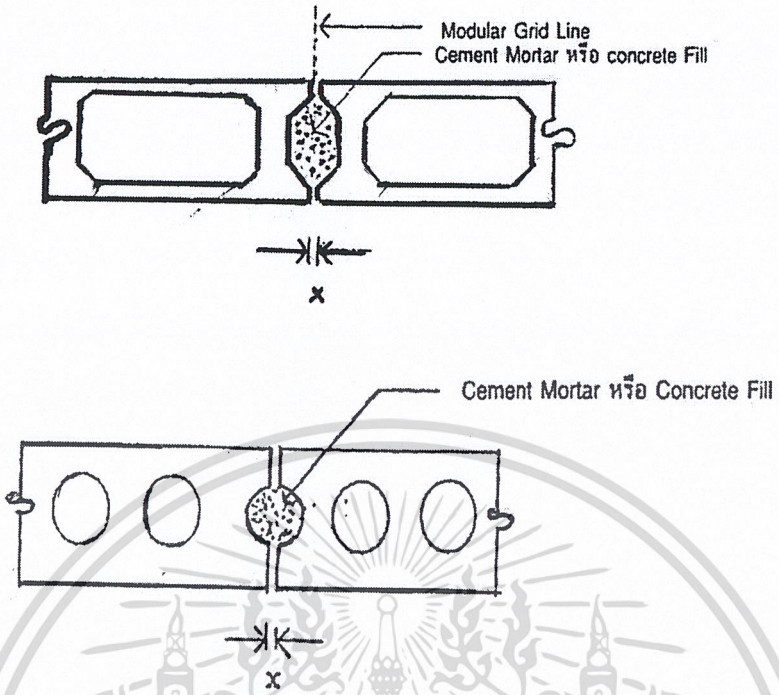
รูปที่ 2.20 รอยต่อแบบ ก

ระยะเวลา x = ประมาณ 1.5 หรือ 15 มม. (เป็นระยะที่เผื่อความคลาดเคลื่อน)

แบบ (ก) เป็นแบบที่มีการลบเหลี่ยมและยาแนวที่รอยต่อ จะช่วยให้ผนังคอนกรีตมีความสวยงาม ซึ่งเหมาะสำหรับผนังคอนกรีตเปลือย

ไม่มีการห่อหุ้มผนังด้วยวัสดุอื่นใดอีกชั้นหนึ่ง Concrete Fill หรือ Cement Mortar เมื่อแข็งตัวแล้วจะทำหน้าที่ยึดผนังต่อผนังเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 รอยต่อแบบ ข

ระยะ x = 3 มม.

แบบ (ข) เป็นแบบที่ไม่มีการลบเหลี่ยม และไม่มีการอุดยาแนว เหมาะสำหรับผนังที่มีการห่อหุ้มด้วยวัสดุอื่น (Pacing Materials) อีกชิ้นหนึ่ง เมื่อหุ้มแล้วจะไม่เห็นรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้าง

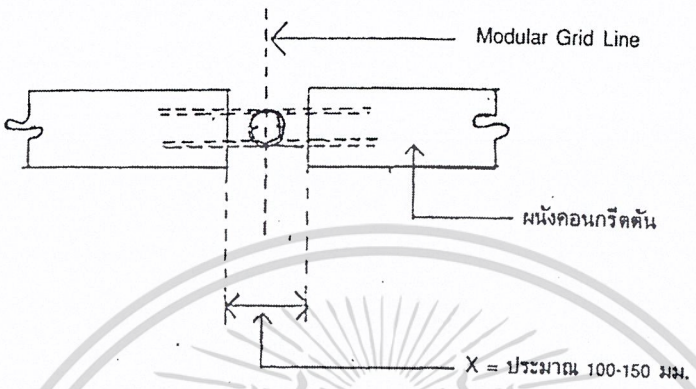
การยึดส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนัง ตามแบบ (ก) และ (ข) เป็นการยึดด้วย Cement Mortar หรือ Concrete Fill ซึ่งทำหน้าที่เป็นลิ้นสอด ระหว่างส่วนประกอบโครงสร้าง ซึ่งเมื่อติดตั้งแล้วจะอยู่ในลักษณะต่อชน

การยึดแบบนี้ มีความแข็งแรงในการต่อต้าน Vertical Shear และ Horizontal Shear น้อย จึงเหมาะสำหรับที่จะใช้กับอาคารพักขนาดเล็กไม่เกิน 2 ชั้น หรือ อาคารสาธารณะชั้นเดียว ที่มีช่องของแนวผนังไม่กว้างมาก

การผลิตส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนัง (Wall Components) อาจทำในลักษณะตัน หรือกลวง ผนังกลวงจะมีความหนาของกำแพงผนังมากกว่า แต่จะเบากว่า และมีคุณสมบัติในด้าน Heat Insulation และ Sound Insulation ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เมื่อพิจารณาถึงกรรมวิธีการผลิต ผนังกลวงจำเป็นต้องใช้ Form ภายในเพิ่มขึ้นและเทคนิคการผลิตสูงกว่า ซึ่งทำให้ราคาการผลิตสูงกว่าผนังตัน



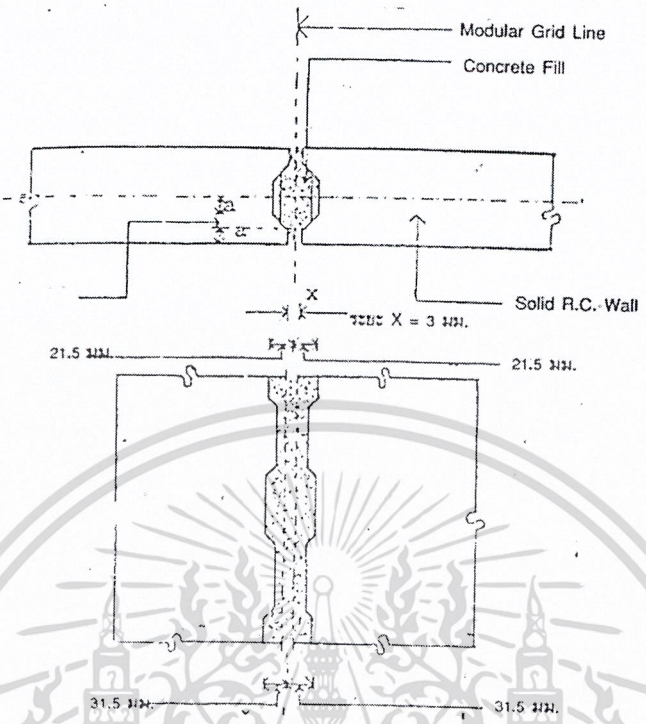
รูปที่ 2.22 รอยต่อแบบ ค

การยึดส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนังแบบ (ค) เป็นการยึดด้วยการหล่อคอนกรีตเชื่อมระหว่างผนัง โดยจะต้องมีเหล็กเสริมในผนังทั้งสอง ที่ยื่นออกจากผนังสำเร็จรูปทำหน้าที่เป็น Anchor เหล็กเสริมในผนังทั้งสองทาง ถ้ามีการเชื่อมให้ติดกันจะเพิ่มความแข็งแรงที่รอยต่อ (Joint) มากขึ้น แต่สิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น

แบบนี้จำเป็นต้องมีการติดตั้งแบบ (Form) เพื่อหล่อคอนกรีตที่แนวรอยต่อกับที่ทำการก่อสร้างเป็นวิธีการดั้งเดิม ที่มีการเริ่มการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป (Conservative Method)

อย่างไรก็ตาม สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่ด้อยการพัฒนาในเรื่อง เครื่องมือเครื่องจักรในการผลิต ความชำนาญในการผลิต และค่าแรงช่าง ก็ยังอยู่ในขั้นต่ำ วิธีการยึดแบบ (ค) ก็ควรรับการพิจารณา นำมาใช้ในประเทศไทยในปัจจุบันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

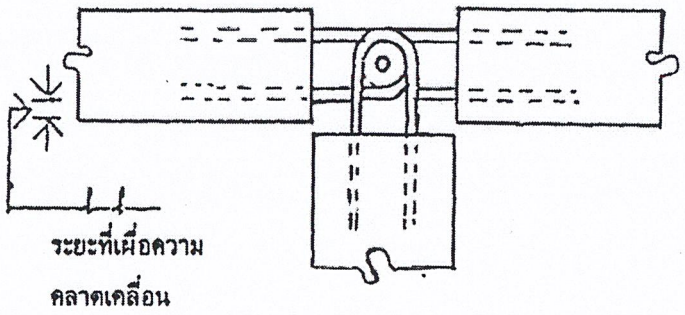


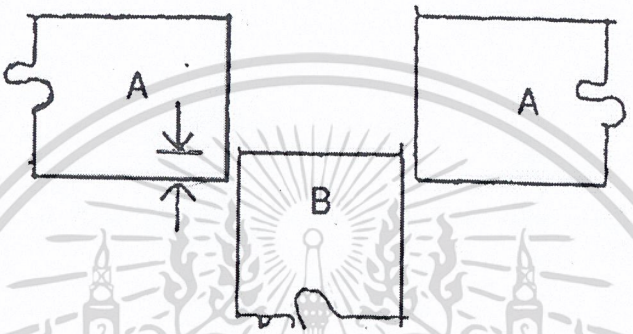
รูปที่ 2.23 รอยต่อแบบ ง

การยึดส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนังแบบ (ง) ซึ่งยึดด้วยคอนกรีตตามลักษณะของแนวฟัน (Tooth Line) หรือเรียกว่า (Wall Edge Castellated) ให้ความแข็งแรงได้ตามสมบูรณ์ โดยไม่ต้องใช้ Anchorage Bar หรือ Steel Loop Bars ช่วยเสริมภายใน Concrete Fill ใช้กับงานก่อสร้างขนาดหนัก (Heavy Construction) กำแพงผนังขนาด 150 มม. อย่างน้อยเป็นผนังตัน ในกรณีที่ทำหน้าที่เป็น Cross Wall ผนังรับน้ำหนักแบบ (ง) มีความสามรถต่อต้านแรงกระทำภายใน และแรงกระทำภายนอกได้ดี

สำหรับอาคารที่สูงมากขึ้น มีความจำเป็นต้องใช้ Tensile Reinforcement ก็มีการเสริมตามแนวรอยต่อนี้ได้ ซึ่งจะประกอบด้วย Anchorage Bars ช่วยยึดระหว่าง ผนังด้วยแล้ว แต่วิธีนี้เป็นการล้าสมัย ควรใช้ Tensile Connection อยู่ที่ Assembly Bolt ระหว่าง Floor กับ จะเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า เพราะการเสริมเหล็กและต่อเหล็กกับแรงดึงในช่องว่างของรอยต่อของ Wall Components ไม่สะดวก

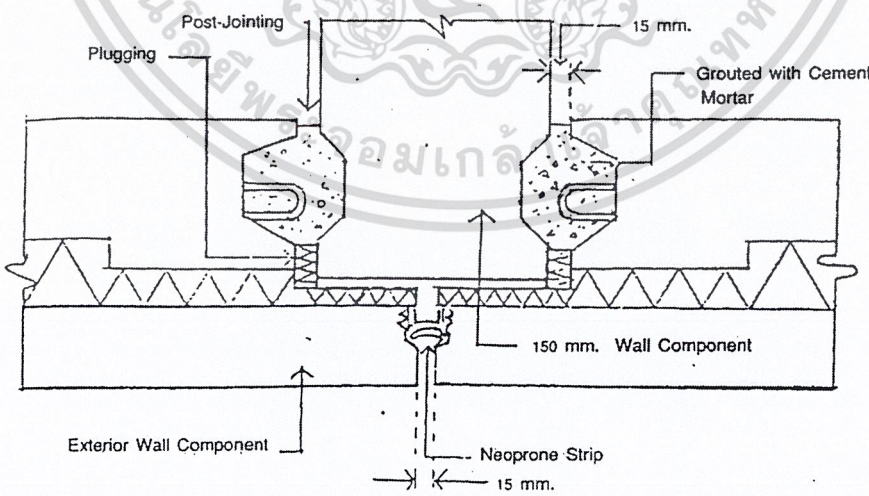
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





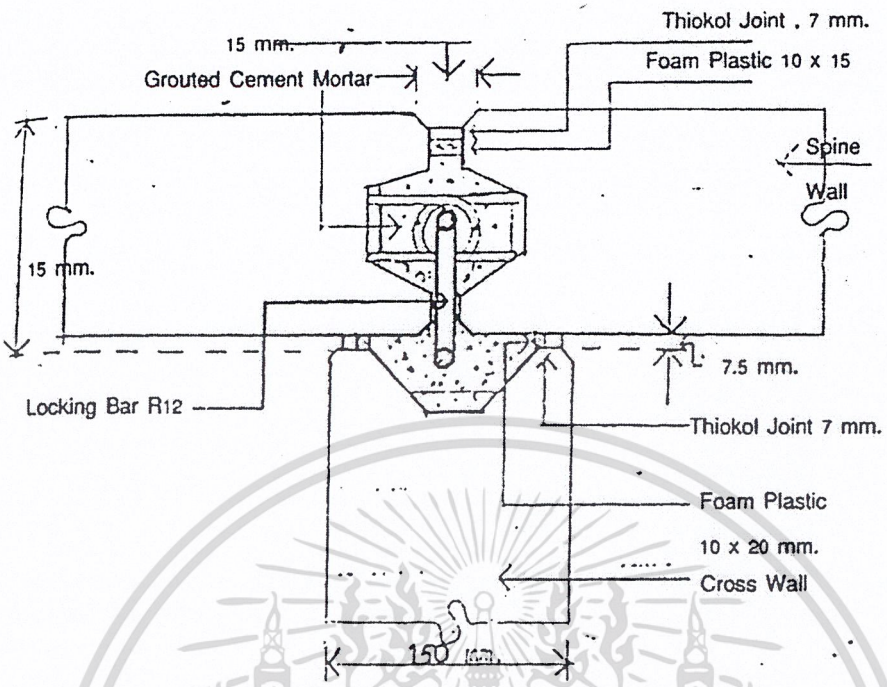
รูปที่ 2.24 แสดงรอยต่อส่วนประกอบ B สอดเข้าแนวผนัง A

นิยมออกแบบให้ Component B มีส่วนที่สอดลึกเข้าไปในแนวผนัง A เพื่อความรียบร้อยในการบรรจุคอนกรีต (Concrete Filling)



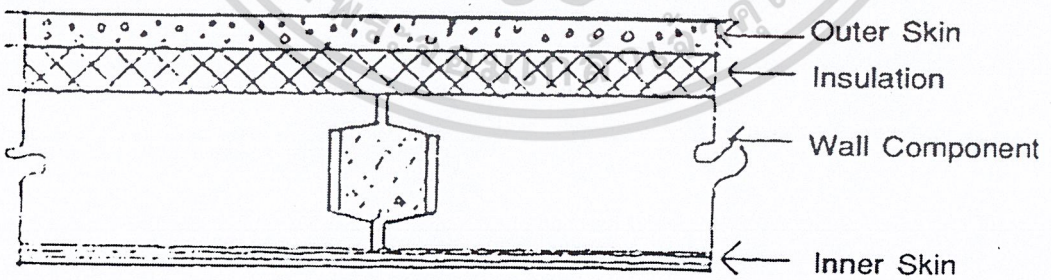
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างการยึดรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นกำแพงหรือผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 Connection Between Spine and Wall Component

ถ้า x = 3 มม. ตามมิตินิยมในประเทศหนึ่ง ใช้ได้ผลดีเพราะจะต้องมีวัสดุฉนวน (Insulation) และวัสดุชิ้นภายนอก (Outer Skin Material) หุ้มผนังโครงสร้างด้านนอก สำหรับผนังภายในจะต้องมีการฉาบปูนผิวหรือด้วยวัสดุ-เป็นประเภท Surfacing Materials ใดๆก็ตาม ทำให้มองไม่เห็นรอยต่อของผนังโครงสร้าง



รูปที่ 2.27 รอยต่อที่มีวัสดุฉนวนและชิ้นวัสดุชั้นผิวภายนอกหุ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในประเทศร้อน ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ Insulation บุผนัง ส่วนสำหรับการทำผิว หรือหุ้มผิวภายนอกและภายในอีกชั้นหนึ่งให้แก่ผนัง เป็นการตกแต่งก็ย่อมทำได้ โดยใช้ ระยะ x = 3 มม. เท่าเดิม แต่ถ้าต้องการผิวคอนกรีตเปลือย (Esposed Concretes) ตามกรรมวิธีของการผลิตผนังคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องเพิ่มระยะ "x" ให้กว้างขึ้น

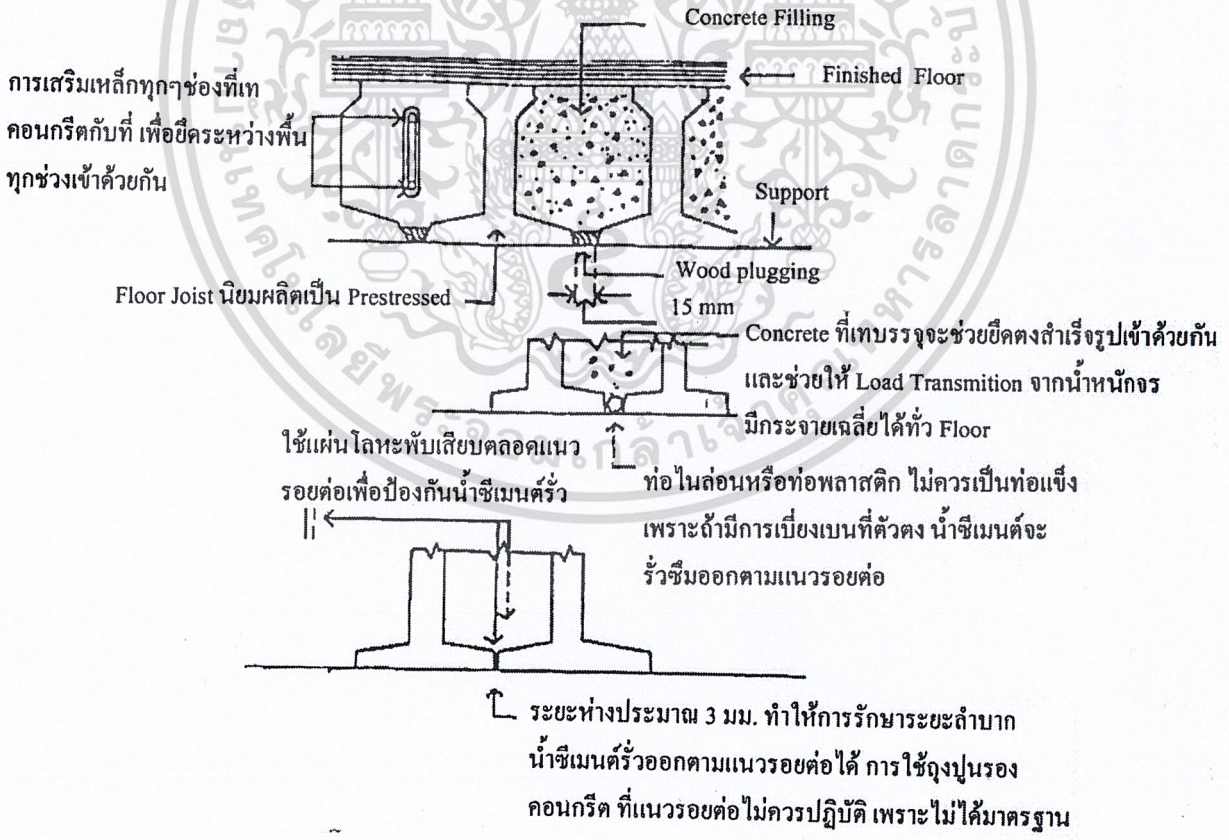
2.5 รอยต่อส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นพื้น (Floor - Floor Joint)

พื้นสำเร็จรูป (Floor Compoment) แบ่งออกเป็นลักษณะตามระบบ ได้เป็น 2 ลักษณะคือ

ลักษณะที่ 1 พื้นที่วางบนคั่นของโครงสร้างเสาและคาน

ลักษณะที่ 2 พื้นที่วางบนกำแพงหรือผนังรับน้ำหนัก

ทั้ง 2 มีรูปลักษณ์ และรายละเอียดแตกต่างกัน ตามเหตุผลระบบโครงสร้าง หรือเหมือนกันในกรณีที่ทำหน้าที่ในการรับแรงประเภทเดียวกัน



รูปที่ 2.28 ลักษณะพื้นที่วางบนคั่นของโครงสร้างและวางบนกำแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 รอยต่อส่วนประกอบโครงสร้างระหว่างพื้นกับส่วนรองรับ (Supports)

ส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นพื้น (Floor Component) อาจวางอยู่บนส่วนรองรับ (Supports) ที่เป็น

1) คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

2) กำแพงอิฐรับน้ำหนัก (Bearing Brick)

3) กำแพงคอนกรีตบล๊อคกลวงรับน้ำหนัก (Bearing Concrete Hollow Block)ซึ่งมีการเสริมเหล็กตลอดทางกำแพง ซึ่งกำแพงประเภทนี้ เรียก "Reinforced Masonry Wall"

4) กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ (Insitu Concrete Wall) ซึ่งนิยมกำแพงฐาน (Wall Foundation)

5) กำแพงสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Wall Component)

ตำแหน่งการวางชิ้นส่วนที่เป็นพื้น บนส่วนรองรับจะต้องผ่านการพิจารณาอย่างถี่ถ้วนการวางชิ้นส่วนที่เป็นพื้นที่ถูกต้อง จะต้อง

1) มีการถ่ายน้ำหนักจากพื้น และกำแพงที่อยู่เหนือขึ้นไปลงสู่กำแพงส่วนล่าง หรือจากพื้นลงสู่ลานที่รองรับ ในลักษณะรับน้ำหนักตามแนวศูนย์ถ่วง (Centric Load)

2) ถ้า Support เป็นกำแพงอิฐ หรือ คอนกรีตบล๊อคขอบกำแพง และผืนกำแพงจะต้องไม่เกิดความเสียหายในด้านแรงดึง (Tensile Failure) ในผืนกำแพงจาก Bending Moment

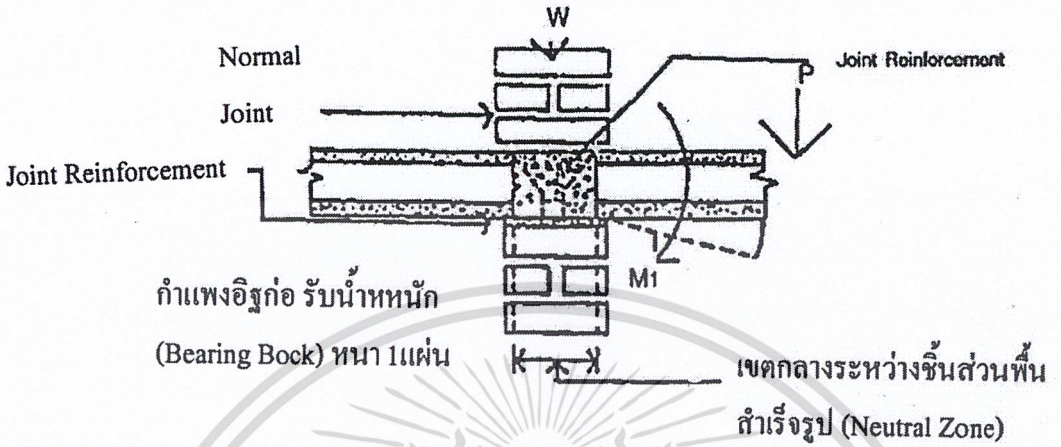
3) ระยะเขตกลางระหว่างชิ้นส่วนพื้นสำเร็จรูป จะต้องระยะพอเพียง เพื่อความสะดวกในการเทคอนกรีตบรรจุระหว่างรอยต่อ

4) สำหรับขอบด้านข้างของชิ้นส่วนพื้น จะต้องนั่งอยู่บนกำแพงที่ไม่ใช้รับน้ำหนักพื้น 2.5 มม. (สำหรับกำแพงอิฐ) โดยมีเขตกลางระหว่างขอบด้านข้าง ของชิ้นส่วนเป็น Insitu Concrete Filling ทั้งนี้เพื่อให้การถ่ายน้ำหนักจากกำแพงเหนือพื้นสู่กำแพงส่วนกลาง โดยการถ่ายน้ำหนักผ่าน Insitu Concreteโดยตรง

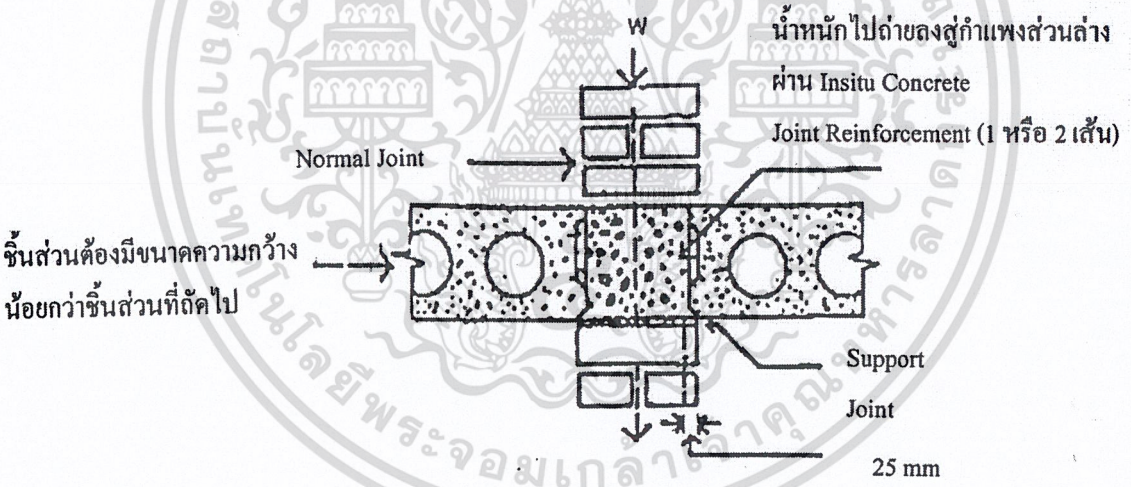
5) สำหรับการวางชิ้นส่วนบนกำแพง อาจวางได้โดยไม่ต้องเว้นเขตกลาง ไว้กรอกคอนกรีต (Concrete Filling) น้ำหนักจากกำแพงเหนือพื้น จะถ่ายลงกำแพงส่วนกลาง โดยผ่านขอบเขตสำเร็จรูป รายละเอียดการวางพื้นแบบนี้ ไม่เป็นที่รับรองเพราะจุดอ่อนจะอยู่ที่ Support Joint ซึ่งยากต่อการควบคุมคุณภาพและมาตรฐานการปฏิบัติงาน สำหรับส่วนดีก็มี คือ ชิ้นส่วนพื้นที่วางกำแพง จะมีขนาดเท่ากับชิ้นส่วนอื่นๆที่ถัดไป ไม่ควรใช้กับงานก่อสร้างขนาดใหญ่หรือกับอาคารที่ต้องการมาตรฐานสูงในการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวางชิ้นส่วนพื้นบนส่วนประกอบโครงสร้าง ที่เป็นกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กตำแหน่งการวางชิ้นส่วนพื้น ดูตามรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.29 น้ำหนัก W และ P ถ่ายลงสู่กำแพงส่วนล่างผ่าน Insitu Concrete



รูปที่ 2.30 การวางชิ้นส่วนพื้นบนกำแพงเพื่อให้มีการถ่ายน้ำหนักผ่าน Insitu Concrete โดยตรง

ตัวอย่างรอยต่อระหว่างพื้นกับพื้น และ พื้นกับกำแพงรับน้ำหนักเป็นเพียงตัวอย่างของบางระบบของวิธีการต่อเท่านั้น สำหรับชิ้นส่วนพื้นบนกำแพงอิฐรับน้ำหนักจะต้องมีการค้นคว้าทดลองโดยละเอียด เพราะมีโอกาสจะมีความผิดพลาดได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 รอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต (Connections (Joint) in Structural Concrete Components)

ความจริงอย่างหนึ่งที่เป็นที่ทราบกันดีระหว่างผู้สนใจทำการค้นคว้า ออกแบบโครงสร้างสำเร็จรูป ไม่ว่าจะเป็นระบบใดก็ตาม ความจริงนั้นก็คือ ผู้ใดสามารถพิชิตการออกแบบรอยต่อ ผู้นั้นคือผู้พิชิตการออกแบบโครงสร้างสำเร็จรูป ข้อความดังกล่าว ไม่ใช่เป็นการกล่าวเกินความจริงเลย ถ้าเราพิจารณาว่า ปัญหาที่ยากที่สุด ในการออกแบบโครงสร้างสำเร็จรูปนั้นก็คือ ปัญหาของการออกแบบรอยต่อระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ที่เราออกแบบมาแล้วเข้าด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างส่วนประกอบที่เป็นโครงสร้างของระบบ ซึ่งต้องทำหน้าที่ต่างๆต่อไปนี้

1) ต้องสามารถถ่ายน้ำหนักคงที่ และน้ำหนักจร ที่ใช้ในการออกแบบ ได้ปลอดภัยและมีค่าองค์ประกอบของความปลอดภัยที่สูงแน่นอน

2) สามารถรับหรือถ่ายน้ำหนักได้โดยที่ต้องไม่มีการเคลื่อนที่หรือบิดตัว และบริเวณรอยต่อนั้นๆ ไม่ควรมีหน่วยแรงสูง

3) ถ้าบริเวณก่อสร้างอยู่ในบริเวณที่มีการทำเหมืองใต้ดิน ขุดน้ำบาดาลมากๆ ในสภาพดินตามลุ่มแม่น้ำ หรือย่านที่มีแผ่นดินไหว รอยต่อนั้นต้องสามารถรับหน่วยแรงต่างๆ ที่อาจเพิ่มขึ้นได้เนื่องจากการทรุดตัว

4) ต้องช่วยรับค่าความคลาดเคลื่อน ที่อาจจะมีขึ้นในส่วนประกอบของระบบในระหว่างการผลิตหรือรอยต่อนั้นๆ ยังใช้ได้อยู่ ในกรณีที่สัดส่วนของส่วนประกอบไม่แตกต่างมากไปจากค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

5) ต้องง่ายต่อการประกอบ ง่ายต่อการดัดแปลง และไม่ต้องการค้ำยันชั่วคราวมากนักในระหว่างการทำงาน

6) ต้องง่ายต่อการตรวจสอบและง่ายต่อการปรับปรุงแก้ไข

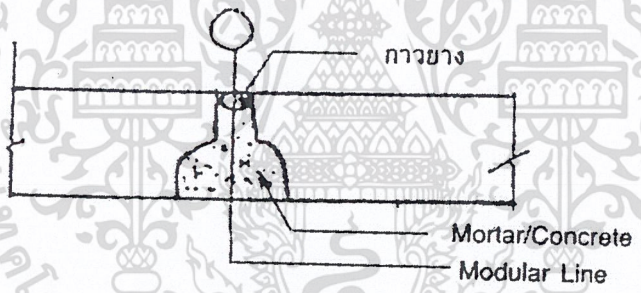
7) ต้องทำหน้าที่ในการป้องกันไม่ให้น้ำฝน ลม ไอความร้อน นอกอาคารเข้ามายังในอาคาร และอาจต้องช่วยป้องกันการลดความดังของเสียงด้วย

8) ต้องดูความเรียบร้อยกลมกลืน เข้าส่วนกับส่วนประกอบในระบบ ทั้งนี้แล้วแต่จุดประสงค์ของผู้ออกแบบ

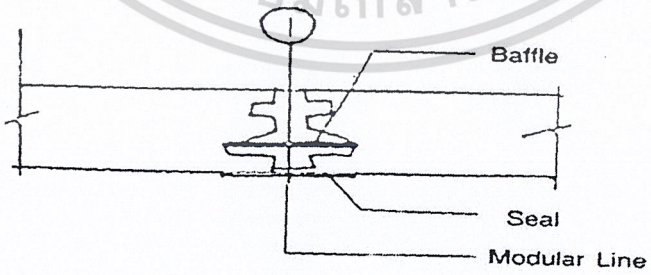
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ประเภทของรอยต่อ

แต่เดิมที่เดียวในระยะต้นๆของการก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป ผู้ออกแบบมักเลียนแบบการก่อสร้างในระบบการก่อสร้างในที่ โดยพยายามที่อุดรอยระหว่างส่วนประกอบต่างๆให้หนาแน่นดูกลมกลืนเข้ากับวัสดุก่อสร้าง ซึ่งเป็นที่มาของรอยต่อประเภทปิด (Closed Joints) แต่จากประสบการณ์ของผู้ผลิต ผู้ออกแบบ ซึ่งพบว่ารอยต่อชนิดนี้กันความชื้นจากภายนอกได้ก็จริง แต่มักกันความชื้นจากภายในอาคารไม่ให้ออกไปด้วยเหมือนกัน โดยเฉพาะที่อยู่ในเขตหนาว ในฤดูหนาวอาคารบ้านเรือนมักจะมีปัญหาของการกลั่นตัวของไอน้ำ กลายเป็นละอองน้ำจับตัวอยู่ตามผนังอาคาร เนื่องจากอุณหภูมิแตกต่างกัน ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร และความชื้นที่มีประจำในบ้านระหว่างการเตรียมอาหาร อาบน้ำ ซึ่งปัญหาความชื้นนี้ในบ้านเราก็เกิดเหมือนกัน โดยเฉพาะในฟดูฝน จึงมีการค้นคว้าออกแบบรอยต่อขึ้นแนวใหม่ เรียกว่า รอยต่อประเภทเปิด (Opened Joints) ซึ่งอนุญาตให้ความชื้นถ่ายเทออกจากอาคารไปสู่ภายนอกได้ แต่ยังคงคุณสมบัติในด้านอื่นๆของรอยต่อแบบปิดเอาไว้เท่าที่จะทำได้



รูปที่ 2.31 รอยต่อแบบปิด (Closed Joint)



รูปที่ 2.32 รอยต่อแบบเปิด (Opened Joint)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบรอยต่อ

ก่อนที่จะออกแบบรอยต่อ ทีมงานที่ออกแบบโครงสร้างสำเร็จรูปต้องตัดสินใจ และกำหนดกฎเกณฑ์ของการออกแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) รอยต่อที่จะออกแบบจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous) หรือแบบไม่ต่อเนื่อง (Simply Support or Hinged)

2) รอยต่อนั้นจะต้องออกแบบให้สามารถรับแรงหรือน้ำหนักทั้งแนวดิ่งและแนวราบมากน้อยเพียงใด

3) รอยต่อนั้นๆจะต้องออกแบบให้มีการยืดหยุ่น (Freedom of Movement) หรือแน่นหนา (Restraint) เพื่อที่ได้รับแรงกระทำหรือการเคลื่อนไหวของโครงสร้าง อันเนื่องมาจากความร้อน (Thermal Movement) การหดตัวเนื่องจาก Shrinkage และ เนื่องมาจาก Creep

อนึ่ง ผู้ออกแบบจะต้องนำเอาวิธีและขั้นตอนของการประกอบติดตั้งชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ เข้าด้วยกันมาร่วมในการคำนวณออกแบบรอยต่อด้วย ขั้นตอนของการประกอบและการออกแบบค้ำยันชั่วคราว ตลอดจนรายละเอียดของการยึด การยก ฯลฯ ชิ้นส่วนจะต้องได้รับการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วน และทำพร้อมกันไป กับการออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้าง รอยต่อระหว่างชิ้นส่วน การทำหุ่นจำลองด้วยไม้ตรงรอยต่อชิ้นส่วน จะช่วยในการวางแผนการก่อสร้างได้มาก เพราะเป็นการยากที่จะมองเห็นปัญหาต่างๆ 3 มิติ คือ ในแนวราบ แนวดิ่ง และแนวลึก จากแบบก่อสร้าง 2 มิติ

ก) รอยต่อแบบปิด (Closed Joint)

วิธีที่สะดวกที่สุดในการทำรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนพิกัด 2 ชิ้นส่วนก็คือ การที่เราใส่ตัวประสานหรือตัวอุดช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนทั้งสอง ตัวอย่างที่ง่ายที่สุดในกรณีนั้นได้แก่ การใช้ปูนก่ออุดช่องระหว่างรอยต่อของอิฐ

อีกวิธีหนึ่งคือการออกแบบให้ผิวของชิ้นส่วนที่จะต่อเข้าด้วยกันให้มีหน้าตัด ที่สามารถประกอบเข้าด้วยกันสนิท ยกตัวอย่าง เช่น การเซาะร่องและการไสไม้ชนิดพื้นเข้าร่อง อย่างไรก็ดีรอยต่อแบบนี้มีข้อเสียตรงที่ว่า ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนจะเป็นชิ้นที่ออกแบบพิเศษมีลักษณะของตนเอง และต้องประกบเข้ากับส่วนรับอีกชิ้นหนึ่ง ทำให้ขาดความคล่องตัวในการใช้แทนชิ้นส่วนอื่นๆ นอกจากนี้เนื่องจากครึ่งหนึ่งของรอยต่อออกแบบมาเป็น “ ตัวผู้ ” และครึ่งหนึ่งออกแบบมาเป็น “ ตัวเมีย ” ทำให้การประกอบติดตั้งต้องเป็นไปตามลักษณะของรอยต่อคือ เรียงไปตามขวามือตลอด หรือซ้ายมือโดยตลอดเป็นต้น เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ทำให้จำนวนชิ้นส่วนมีจำนวนมีชนิดเพิ่มนี้ เป็นภาระต่อหน่วยผลิตและหน่วยวางแผนก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) รอยต่อแบบเปิด (Open or Drained Joint)

รอยต่อแบบนี้พัฒนาขึ้นมา สำหรับการก่อสร้างคอนกรีตสำเร็จรูปแบบชิ้นส่วนรับน้ำหนักขนาดใหญ่ แต่ไม่มีเหตุผลขัดแย้งประการใดที่จะนำรอยต่อชนิดนี้มาใช้กับชิ้นส่วนที่ทำจากวัสดุอื่นๆ เช่น ไม้ หรือโลหะ หรือรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนที่ทำขึ้นจากวัสดุก่อสร้างต่างชนิดกัน

ต่อไปเป็นตัวอย่างของรอยต่อของโครงสร้างชนิดต่างๆที่ใช้กันแพร่หลายในยุโรป ตัวอย่างเหล่านี้ถูกออกแบบขึ้นมา เพื่อใช้กับลักษณะภูมิประเทศของท้องถิ่นนั้นๆ กฎบัญญัติที่บังคับ ดังนั้น การที่แสดงไว้ให้ดูในที่นี้ก็เพื่อเป็นตัวอย่างช่วยประกอบในการออกแบบภายใน ประเทศไทยของเราซึ่งต้องมีกรดัดแปลงแก้ไขและก็ปรับปรุงให้เข้ากับวัสดุก่อสร้าง เทคนิคการก่อสร้าง อุปกรณ์ เครื่องมือ ตลอดจนฝีมือของช่างก่อสร้างบ้านเรา การยกตัวอย่างรอยต่อจะยกตัวอย่างโดยแบ่งเป็นประเภทของการใช้งานออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ รอยต่อที่ใช้กับ Framed Structures เป็นพวกแรก กับรอยต่อที่ใช้กับ Panel Structures บางจำพวกเป็นประเภทถัดไป

ค) รอยต่ออาคารคอนกรีตสำเร็จรูปประเภท Framed Structures

รอยต่อระหว่างเสา-ฐานราก (Column – Foundation joints : CF)

รอยต่อประเภทนี้มี 4 ชนิดคือ

1. แผ่นรองใต้ฐานมีขนาดเท่ากับเสา (Column Size Base Plates) ดังรูป CF1, CF2 และ CF3
2. แผ่นรองใต้ฐานมีขนาดใหญ่กว่าตัวเสา (Oversize Base Plates) ดังรูป CF4, CF5, CF6 และ CF7
3. ฐานรับเสาแบบช่องเสียบ (Socket Base) ดังรูป CF8
4. รอยต่อแบบ Sleeve-grout ดังรูป CF9, CF10, CF11 และ CF12

โดยทั่วไปรอยต่อประเภทนี้จะอยู่ได้ระดับพื้น การเลือกประเภทรอยต่อแบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับรูปแบบเสา ดังนี้

1. เสาประเภทอัดแรงหรือไม่อัดแรง (Prestress or non-prestress)
2. เสาเดี่ยวหล่อในที่
3. เสาที่มีการยึดรั้ง หรือ จุดรองรับแบบ pin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยต่อระหว่างเสากับเสา (Column – Column joints : CC)

โดยทั่วไปมีรูปแบบชนิดรอยต่อระหว่างเสาดังนี้ คือ

1. รอยต่อแบบหมุดยึด (Bolted) ดังรูป CC1, CC2 และ CC3
2. รอยต่อเชื่อมยึดติดกับแผ่นรอง (Welded Plates) ดังรูป CC4 และ CC5
3. รอยต่อยึดด้วยท่อโลหะ (Tube to Tube) ดังรูป CC6
4. รอยต่อยึดด้วยการ Sleeve Grout ดังรูป CC7, CC8 และ CC9
5. รอยต่อยึดด้วยการเชื่อมเหล็กต่อทาบ (Welded Lap Bars) ดังรูป CC10
6. รอยต่อยึดด้วย Sleeve Tube ดังรูป CC11
7. รอยต่อยึดด้วยลวดเกลียวอัดแรง ดังรูป CC12

รอยต่อระหว่าง คานหลัก - เสา (Girder - Column joints : GC)

ประเภทของรอยต่อแบบ GC มีดังนี้

1. รอยต่อแบบเชื่อม, ใช้หมุดยึด หรือใช้เหล็ก Dowel ระหว่างเสากับคานหลัก (Simple welded bolted or Dowel connection) ดังรูป GC1 - GC16
2. รอยต่อแบบแขวน (Hanger connection) ดังรูป GC17 และ GC18
3. รอยต่อเพื่อรับโมเมนต์ (Composite moment connection) ดังรูป GC19, GC20
4. รอยต่อประยุกต์ใช้ในกรณีพิเศษ (Special Application) ดังรูป GC21 - GC24

รูปแบบของรอยต่อส่วนประกอบ โครงสร้างแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับการถ่ายแรงและลักษณะทางเขาคณิตของโครงสร้าง ซึ่งพิจารณาจากเงื่อนไขต่อไปนี้

1. สภาพการรองรับของคานหลัก (Girder bearing condition)

: บริเวณหลังคา คานหลักจะวางบนหัวเสาโดยตรง หรือบางครั้งหัวเสาอาจอยู่สูงกว่าระดับคานหลัก ซึ่งคานหลักจะถูกวางพาดบนปีกรับคานบริเวณหัวเสา

2. ความสูงระดับพื้นและเพดาน (Floor and Ceiling)
3. การต้านแรงด้าข้าง (Lateral force resistance)

: ถ้าโครงสร้างต้องต้านทานต่อแรงกระทำด้านข้าง รอยต่อจำเปนต้องสามารถถ่านโมเมนต์ที่เกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชนิดและขนาดแรงกระทำ (Load type and Magnitude)

: ขนาดปีกรับคานขึ้นอยู่กับแรงกระทำทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน นอกจากนี้แรงกระทำเยื้องศูนย์ต้องถูกนำมาพิจารณาด้วยเพราะทำให้เกิดการบิด (Torsino) ขึ้นได้

สำหรับรอยต่อของคานยื่น (Cantilever Girder) ที่ต้องมรการพาดผ่านเสา จำเป็นต้องออกแบบรอยต่อเป็นกรณีพิเศษ

รอยต่อระหว่าง คาน - คานหลัก (Beam - Girder joints : BG)

รอยต่อประเภทนี้จำเป็นเมื่อมีการวางคานซอยบนคานหลัก

รูป BG1 และ BG2 แสดงการางคานซอยบนปีกล่าง (Lower Bearing Pad) ของคานหลัก ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความลึกของคานซอยและคานหลัก รอยต่อประเภทนี้ใช้ในการเชื่อมต่อระบบพื้นที่มีการเท Topping

รูป GB3 แสดงรอยต่อแบบแขวน (Hanger Connection)

สำหรับรอยต่อแบบ Dowel-sleeve (BG4) ใช้ในกรณีที่ความลึกคานเพียงพอในการวางคานซอยบนคานหลัก แล้วทำการยึดด้วยหมุดยาว

รอยต่อระหว่าง คาน - คาน (Beam - Beam joints : BB)

รอยต่อลักษณะนี้จะพบในกรณีคานสามด้านต่อชนกับเสาเป็นรูปกางเขน หรือการต่อคานช่วงกลางคาน (mid-span) หรือในระบบคานต่อเนื่อง (Continuous beam)

ตัวอย่างรอยต่อ BB1 เป็นการต่อคานแบบพาดด้วยกัน รอยต่อบริเวณด้านบนจะมีเหล็กเสียบยึดระหว่างคานเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ตามแนวยาว

รอยต่อ BB2 รอยต่อบริเวณด้านล่างจะเป็นร่องเหล็กสำหรับต่อคาน ส่วนบริเวณด้านบนจะประกอบด้วยแผ่นเหล็กและยึดด้วยหมุด

รอยต่อ BB3 ใช้ Splice Sleeve ซึ่งช่วยในเรื่องการถ่ายโมเมนต์

ง) รอยต่ออาคารคอนกรีตสำเร็จรูปชนิด Large - panel types

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยต่อระหว่างผนัง-ผนัง (Wall - Wall joints : WW)

มีในแบบต่างๆดังนี้

1. โบลท์ยึดในแนวราบ (Horizontal-bolted) ดังรูป WW1
2. เชื่อมยึดในแนวราบ (Horizontal-welded) ดังรูป WW2 และ WW3
3. ปลอก Sleeve ยึดในแนวราบ ดังรูป WW4
4. ยึดด้วยลวดเหล็ก (Horizontal-post-tnesioned) WW5 และ WW6
5. โบลท์ยึดในแนวดิ่ง (Vertical-bolted) ดังรูป WW7 และ WW8
6. เชื่อมยึดในแนวดิ่ง (Vertical-welded) ดังรูป WW9 - WW12

รอยต่อระหว่างพื้น-พื้น (Slab - Slab joints : SS)

รอยต่อต่อทางด้านข้างของพื้นทำขึ้นเพื่อถ่ายแรงเฉือนและเพื่อการวางแนว สำหรับความหนาของพื้นดับเบิ้ลทีจะอยู่ระหว่าง 2 นิ้ว ถึง 12 นิ้ว และจะมากกว่านี้สำหรับพื้นกลวงหรือพื้นตัน

รอยต่อมาตรฐานใช้ระหว่างพื้นกลวงและพื้นตันจะถูกเกร๊าท์ เชียร์คีย์ (SS1) ขนาดและรูปร่างของคีย์จะเปลี่ยนไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ในการเกร๊าท์คีย์ จะถูกเติมใส่ด้วย ทราย-ซีเมนต์

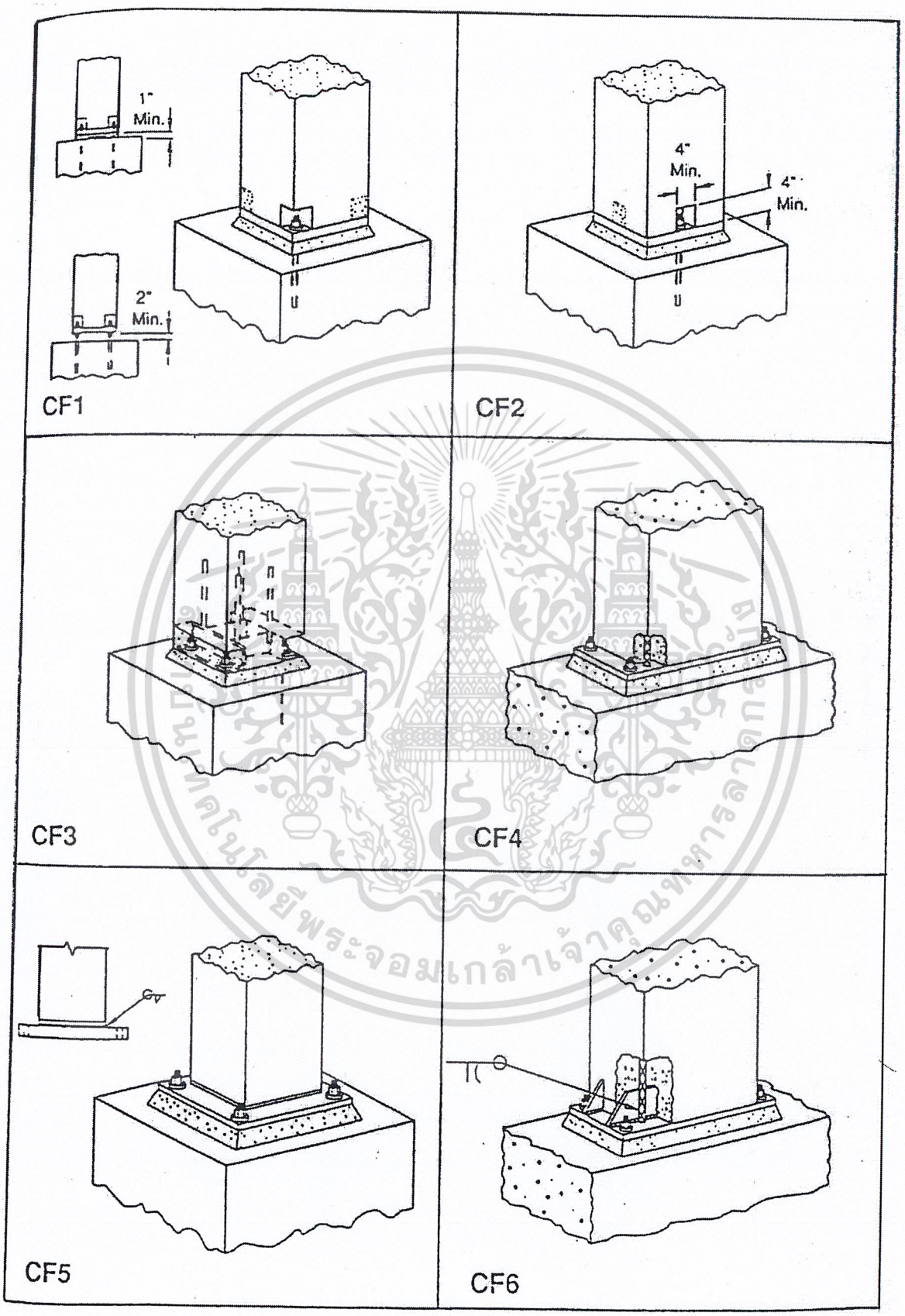
รอยต่อแบบ Mechanical Connection จะใช้แผ่นเหล็กแบนประกบข้างแผ่นพื้นและทำการยึดแผ่นพื้นทั้ง 2 ชิ้นด้วนสมอยึดหรือสลักยึดฝังในเนื้อคอนกรีตดังรูป SS2 - SS6

รอยต่อระหว่างพื้น - ผนัง (Slab - Wall joints : SW)

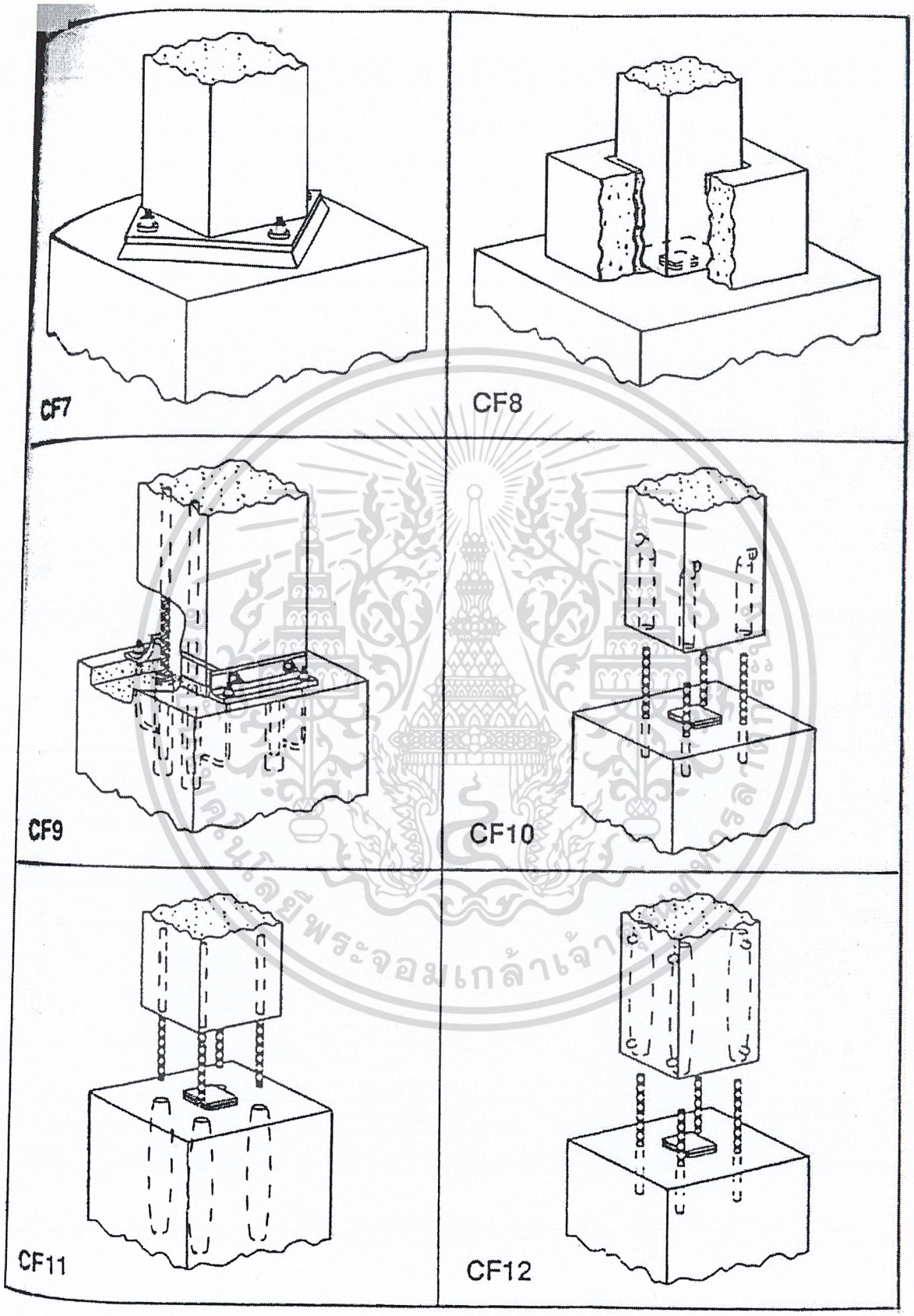
มีในแบบต่างๆดังนี้

1. รอยต่อของพื้นกลวงและตัน (Hollow - Core and Solid Slab Connection) ดังรูป SW1 - SW4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

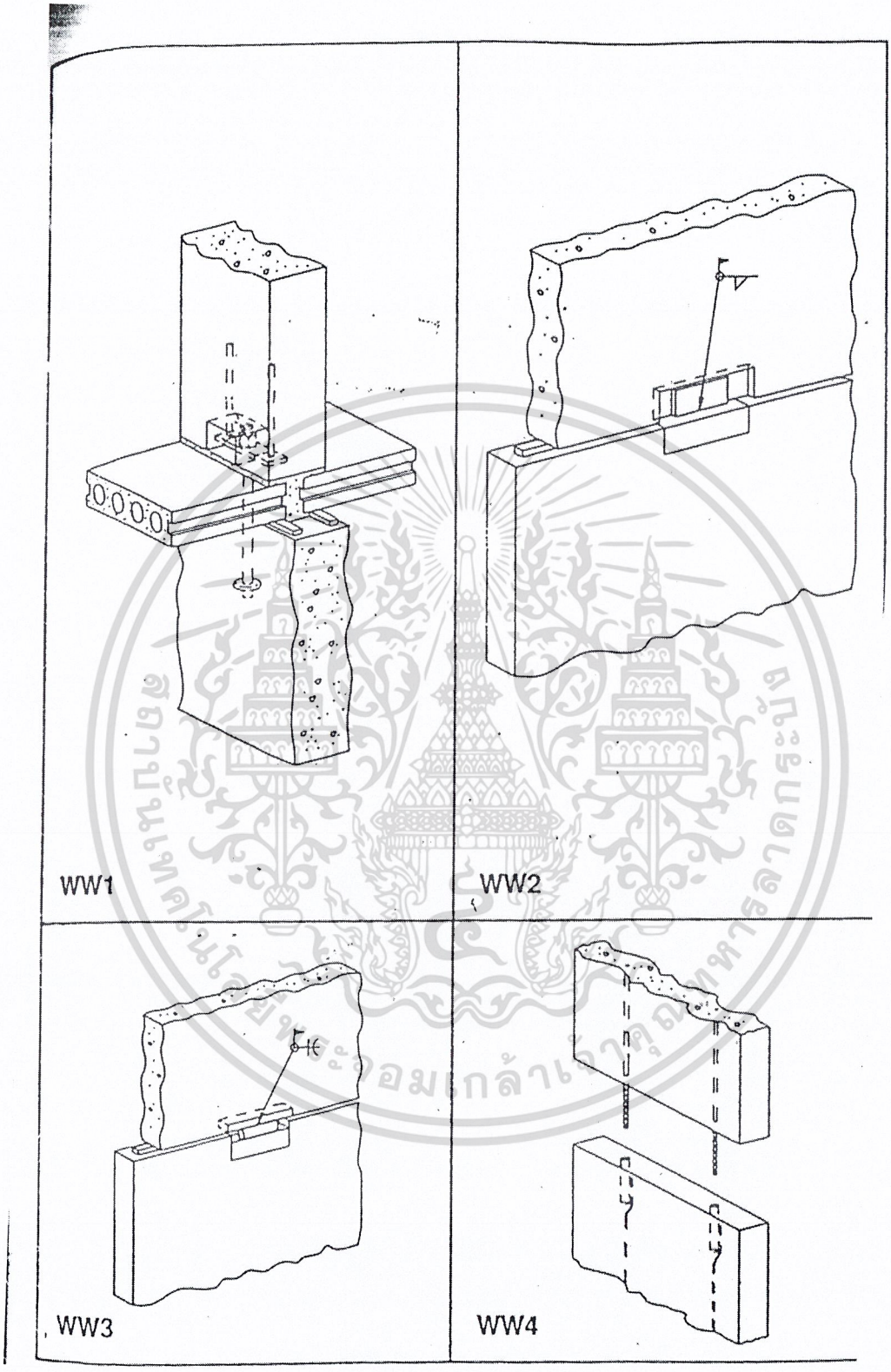


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



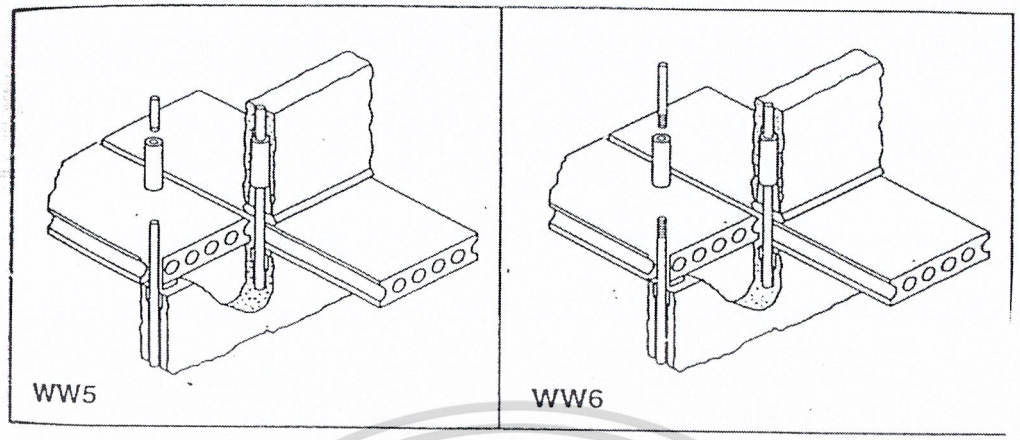
รูปที่ 2.33 รอยต่อระหว่างเสา-ฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

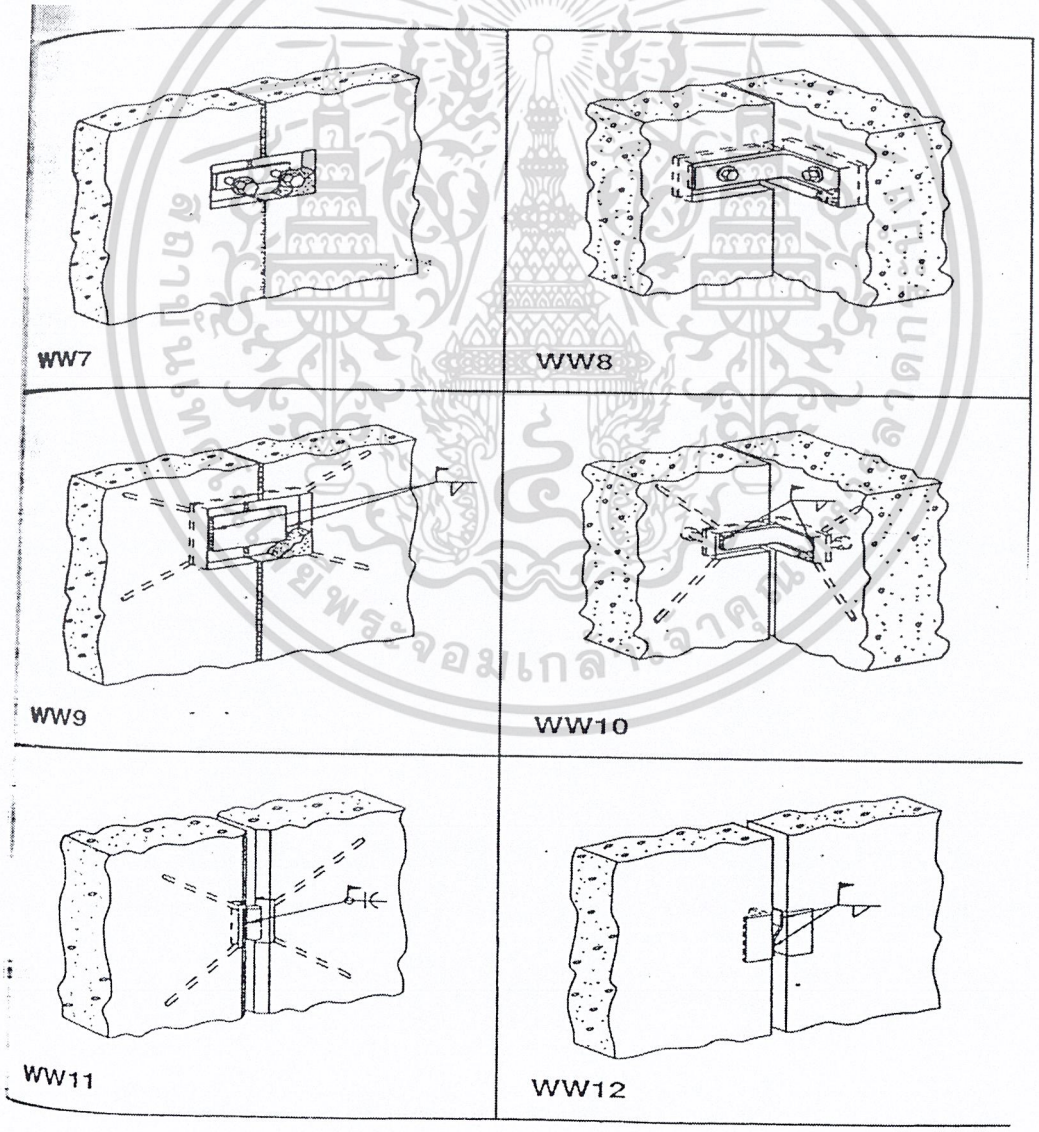


รูปที่ 2.34 รอยต่อระหว่างผนัง-ผนัง ในแนวราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

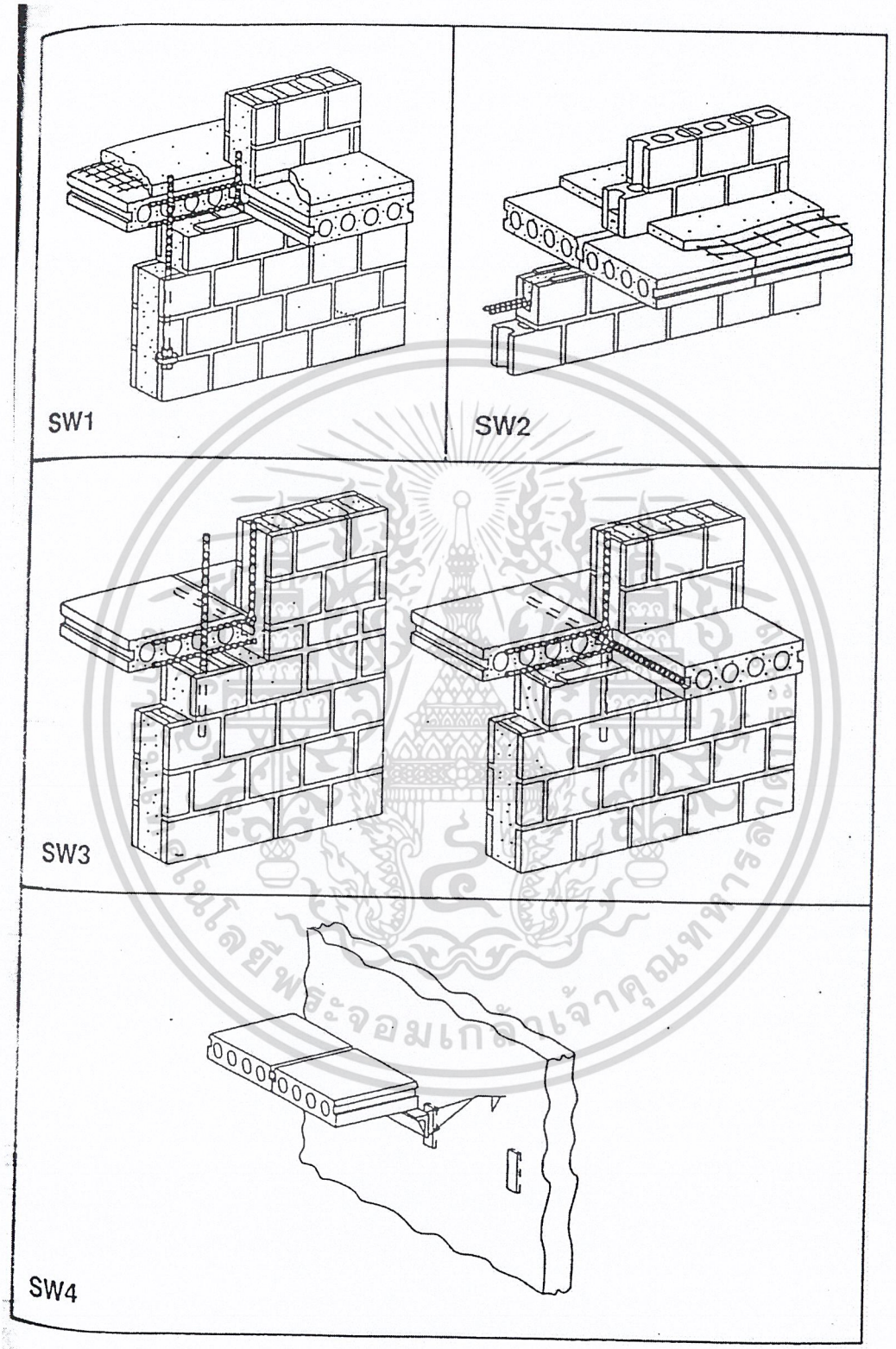


รูปที่ 2.35 รอยต่อระหว่างผนัง-ผนัง ยึดด้วยลวดเหล็ก



รูปที่ 2.36 รอยต่อระหว่างผนัง-ผนัง ในแนวดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 รอยต่อของพื้นกลวงและตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ทฤษฎีที่ว่าด้วยสาเหตุการรั่วซึมของน้ำฝน

น้ำฝนจะรั่วได้นั้นต้องมีแรงมากระทำต่อเม็ดฝนให้ไหลเข้าอาคาร แรงที่ว่านี้มาได้หลายรูป เช่น แรงดึงดูดของโลก พลังงานจลน์ในตัวน้ำฝนเอง แรงตึงผิวของน้ำ และ แรงกดดันอากาศ เป็นต้น จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ (ฝรั่ง) พบว่า*แรงที่มีผลต่อการรั่วซึมของน้ำฝนมากที่สุดคือ แรงกดดันอากาศนั่นเอง*

แรงกดดันอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด ที่จะก่อให้เกิดฝนรั่วเนื่องจากสาเหตุนี้ ยังต้องประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้อีก สิ่งประกอบกัน ขาดอย่างใดอย่างหนึ่งไม่ได้ คือ

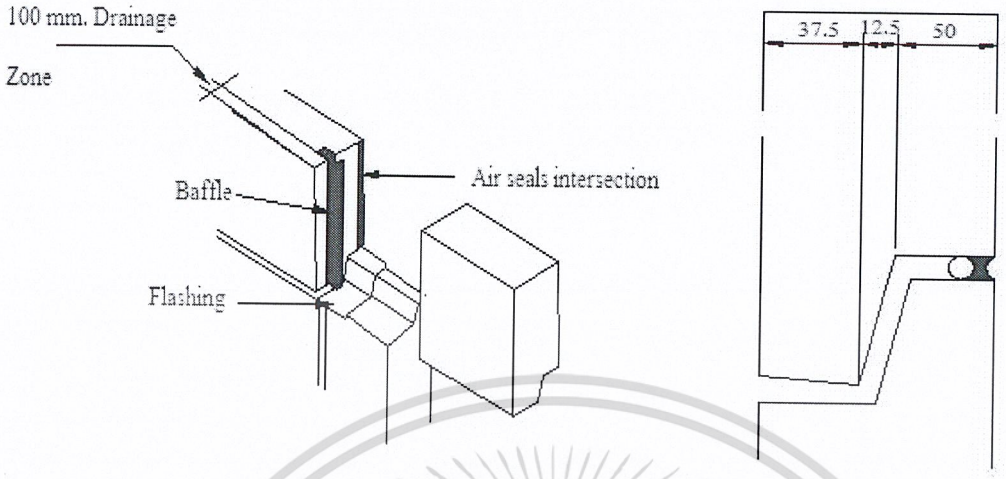
1. ต้องมีน้ำบนผิวอาคาร
2. ต้องมีรอยรั่วบนผิวอาคาร
3. ต้องมีความแตกต่างของความดันของอากาศภายนอกและภายในอาคาร

ซึ่งจะทำให้เกิดแรงผลักต่อน้ำฝนให้เข้ามาในตัวอาคาร ถ้าเราสามารถทำให้ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งใน 3 ประการนี้หมดไป ฝนตกจะไม่รั่ว

ปัจจัยแรก เรื่องของน้ำบนผิวอาคารคงเป็นไปไม่ได้ที่จะไม่มีน้ำเกาะบนผิวอาคารในอาคารขณะฝนตก แม้ว่าการใช้ชายคาที่ยื่นยาวๆ จะช่วยในเรื่องนี้ได้บ้าง แต่ก็ไม่ได้ผลร้อยเปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะอาคารสูง วิธีการนี้ยิ่งเป็นไปได้ยาก การป้องกันฝนรั่วในอดีตจนกระทั่งปัจจุบันมุ่งไปที่การกำจัดปัจจัย ประการที่สอง คือ การหาทางอุดรอยรั่วบนผิวอาคาร วิธีนี้เรียกว่า วิธีการยาแนวรอยรั่วบนผนังอาคาร (face-sealed system) โดยธรรมชาติของน้ำนั้นสามารถผ่านผนังเข้ามาแม้รอยรั่วจะเล็กมากก็ตามหมายความว่าถ้าจะกำจัดรอยรั่วบนผนังทั้งหมด การยาแนวจะต้องสมบูรณ์แบบอย่างที่สุด เราท่านคงทราบดีแล้วว่า เป็นเรื่องเหลือบ่ากว่าแรงแน่นอนที่จะเป็นจริงได้ สาเหตุนั้นมีมากมาย เช่น ปัญหาของวิธีการก่อสร้าง ความสกปรกของผิววัสดุขณะทำการยาแนวรอยต่อ รอยแตกเนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน การทรุดตัวไม่เท่ากัน รวมทั้งรังสีอัลตร้าไวโอเลต ซึ่งคอยทำลายสารที่ใช้ยาแนวต่าง ๆ อุปสรรคเหล่านี้ทำให้วิธีการกำจัดปัจจัยที่สองเป็นเรื่องที่ทำไม่ได้

ปัจจัยสุดท้าย คือ การป้องกันแรงที่จะมากระทำต่อหยดน้ำที่เกิดจากความแตกต่างของแรงกดดันอากาศภายระหว่างในและภายนอกตัวบ้านซึ่งในงานวิจัยนี้อาศัยรูปทรงของรอยต่อทำเกิดการสลายพลังงานของเม็ดฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 แสดงรายละเอียดรอยต่อผนัง ค.ส.ล.สำเร็จรูป ที่ใช้หลักการความสมดุลของความดันร่วมกับรอยต่อรูปแบบบังใบช่วยลดพลังงานเม็ดฝน

ผนังกันฝนหรือผนังความกดดันอากาศสมดุล (Rain Screen or Pressure Equalized Design) มีหลักการทำงานโดยอธิบายคร่าวๆ ได้ดังนี้ เมื่อลมพัดกระทบผนังในระหว่างฝนตก ความกดดันอากาศที่ไม่เท่ากันระหว่างภายในกับภายนอกจะเกิดขึ้นที่ผนังด้านนั้น และแรงดันนี้จะพยายามดันให้น้ำฝนรั่วเข้าไปภายในห้อง ผนังกันฝนที่มีช่องระบายอากาศที่ร่องรอยต่อ ซึ่งยอมให้อากาศไหลเข้าไปในโพรงระหว่างรอยต่อผนัง ความดันอากาศในช่องนี้จะสูงขึ้นจนเท่ากับความดันอากาศภายนอก ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ***ความสมดุลของความดัน*** ในสภาพนี้ฝนจะรั่วเข้ามาน้อยลง เพราะแรงที่มากระทำกับน้ำฝนจะน้อยลงหรือหมดไป

ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้หลักความสมดุลของความดันร่วมกับการใช้ลักษณะรูปทรงของรอยต่อในการช่วยลงพลังงานที่จะดันให้น้ำฝนรั่วผ่านรอยต่อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการรั่วซึมโดยเน้นไปที่การศึกษาลักษณะรอยต่อที่ให้ประสิทธิภาพในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 วรรณกรรมปริทัศน์

จากการศึกษาวารสารวิทยานิพนธ์และตำราวิชาการจากในประเทศและต่างประเทศ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในปี ค.ศ.1990 ผู้เชี่ยวชาญในด้านการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้นำความคิดเห็นของตนเสนอแนวทางเพื่อการบริหารจัดการการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปให้มีประสิทธิภาพสูงสุด Richardson [13] ให้ความเห็นไว้ว่าการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป จะมีส่วนช่วยในการลดระยะเวลาในการก่อสร้าง ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม เพิ่มความสามารถในการจัดการแรงงาน โดยอาศัยความได้เปรียบจากการผลิตในโรงงาน เพิ่มความถูกต้องและคุณภาพของงานก่อสร้าง ลดความต้องการแรงงานที่หน่วยงาน ช่วยลดกิจกรรมจำนวนมากออกจากสายงานวิกฤติ Richardson ได้นำเสนอหลักการสำหรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการออกแบบ

1.1 ผู้ผลิตเข้ามามีส่วนร่วมหรือเป็นที่ปรึกษาตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นการออกแบบ

1.2 ชิ้นส่วนต้องได้รับการออกแบบเพื่อระบบสำเร็จรูป ไม่เป็นการดัดแปลงจากแบบสำหรับการก่อสร้างแบบหล่อในที่

1.3 การออกแบบอยู่บนพื้นฐานและข้อกำหนดของระบบสำเร็จรูป ขนาดและรูปร่างต่างๆ สามารถทำได้จริง

1.4 วิธีการเชื่อมต่อและรายละเอียดของจุดเชื่อมที่เหมาะสมกับเงื่อนไขการทำงานที่หน่วยงาน

1.5 จุดเชื่อมต่อต้องจัดให้อยู่ในตำแหน่งที่สามารถติดตั้งได้ทันที ไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการทำงานที่หน่วยงาน

1.6 ระยะเผื่อในการติดตั้งมีการกำหนดอย่างชัดเจน

1.7 ทำการติดตั้งชุดตัวอย่าง (mock-up) หรือแบบจำลอง (model) ของชิ้นส่วนเพื่อกำหนดรายละเอียดและคุณภาพ

1.8 การกำหนดวิธีการติดตั้งโดยคำนึงถึงความปลอดภัย

1.9 การจัดการด้านการยกชิ้นส่วนเหมาะสมกับการผลิตและการติดตั้ง

1.10 การใช้ชิ้นส่วนข้างเคียงเป็นจุดรองรับชิ้นส่วนอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วน

2.1 มาตรฐานในการผลิตได้รับการกำหนดตั้งแต่ช่วงเริ่มต้น

2.3 จำนวนแบบหล่อมีความเหมาะสมกับจำนวนการใช้ซ้ำ

2.3 โปรแกรมการหล่อและการเลือกใช้แบบหล่อมีการกำหนดไว้อย่างชัดเจน แน่นอน

2.4 รอบการหล่อในแต่ละวันต้องอยู่ในระดับที่คุ้มกับค่าใช้จ่าย

2.5 คอนกรีตมีปริมาณเพียงพอสำหรับการหล่อในแต่ละวัน และมีการกำหนดปริมาณสำรองในกรณีฉุกเฉิน

2.6 หน่วยงานผลิตสามารถปรับปรุง ซ่อมแซม เครื่องมือในการผลิตได้ด้วยตัวเอง

2.7 การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนที่สมบูรณ์เท่านั้นที่สามารถนำไปเก็บ

2.8 ชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์ต้องไม่มีการนำส่งไปยังหน่วยงานก่อสร้าง

2.9 ผลตอบรับจากหน่วยงานก่อสร้างหรือส่วนควบคุมคุณภาพต้องได้รับการพิจารณาในด้านคุณภาพและประสิทธิภาพ

2.10 พนักงานในการผลิตต้องได้รับการอบรมเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน

3. ขั้นตอนการขนส่ง

3.1 รถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งต้องเหมาะสมกับน้ำหนักบรรทุกและการเข้าถึงหน่วยงาน

3.2 แนวทางในการขนส่งมีการกำหนดอย่างชัดเจน

3.3 ชั้นวางและค้ำยันต้องมีการจัดเตรียมเพื่อรองรับชิ้นส่วนตามตำแหน่งที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ เพื่อป้องกันการแตกร้าวเสียหาย

4. ขั้นตอนที่หน่วยงานก่อสร้าง

4.1 การสำรวจความถูกต้องของงานก่อสร้างที่หน่วยงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งชิ้นส่วนอย่างละเอียด

4.2 การกำหนดแผนวิธีก่อสร้าง (method statement) ระบุขั้นตอนวิธีการติดตั้งและผู้รับผิดชอบในส่วนที่ความเสี่ยง

4.3 พนักงานติดตั้งที่หน่วยงานต้องได้รับการทดสอบโดยการทำชิ้นส่วนตัวอย่าง

4.4 ผนังรับแรงและค้ำยันที่กำหนดต้องได้รับการติดตั้งแล้วเสร็จ

4.5 มีทางเข้าอย่างเพียงพอสำหรับการเลือกแนวทางในการขนส่ง

4.6 วิศวกรหรือช่างเขียนแบบต้องทำความเข้าใจกับแบบและรายละเอียดในการติดตั้งอย่างชัดเจนก่อนการติดตั้งจริง

4.7 งานนั่งร้านและจุดรองรับต่างๆ ต้องมีการออกแบบและกำหนดรายละเอียดตามคำแนะนำในข้อกำหนดมาตรฐาน

4.8 มีการกำหนดบุคคลเพื่อควบคุมคุณภาพในส่วนของงานอุดรอยต่อและงานป้องกันน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การติดตั้งควรดำเนินให้เร็วที่สุดเมื่อการขนส่งชิ้นส่วนมาถึงเพื่อป้องกันความเสียหายจากการกองเก็บ

4.10 การยกชิ้นส่วนต้องใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและมีการออกแบบจุดยกอย่างระมัดระวังจุดค้ำยันและรองรับชั่วคราวต้องได้รับการอนุมัติก่อนการทำงาน

4.11 การเปลี่ยนแปลงรายละเอียด การตัดชิ้นส่วนหรือดัดแปลงจุดเชื่อมต่อไม่อนุญาตให้ดำเนินการที่หน่วยงานโดยไม่ผ่านการอนุมัติจากวิศวกร

4.12 มีการจัดส่งรายงานความก้าวหน้าที่ถูกต้องจากหน่วยงานไปยังโรงงานผลิต

ในปี ค.ศ.2002 Badir Kadir and Hashim ได้ทำการศึกษาการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปในประเทศมาเลเซีย โดยการรวบรวมระบบก่อสร้างรูปแบบต่างๆ ที่มีอยู่ วิเคราะห์ปัญหาทางด้านเทคนิคที่มีผลต่อการยอมรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป วิเคราะห์ความได้เปรียบ เสียเปรียบของระบบก่อสร้างสำเร็จรูปภายใต้สภาพแวดล้อมของมาเลเซีย เพื่อรวบรวมการใช้งานระบบสำเร็จรูปที่มีในปัจจุบันและหาเหตุผลของการล่าช้าของโครงการที่ใช้ระบบสำเร็จรูป จากการศึกษาว่า ข้อได้เปรียบที่สำคัญที่สุดของระบบสำเร็จรูปคือ คุณภาพ ความเร็วในการก่อสร้างและการประหยัดค่าใช้จ่าย โดยมีข้อเสียเปรียบคือ เงินลงทุนที่สูงและความต้องการผู้เชี่ยวชาญในการปฏิบัติงานที่หน่วยงาน โดยเฉพาะในมาเลเซียระบบสำเร็จรูปจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานได้อย่างมาก ทั้งนี้ได้กำหนดปัจจัยในการเปรียบเทียบระบบ ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง
2. ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง
3. ความเร็วในการก่อสร้าง
4. ลดการใช้วัสดุ
5. ปริมาณแรงงานโดยรวม
6. แรงงานไร้ฝีมือ
7. แรงงานมีฝีมือ
8. ผู้เชี่ยวชาญ
9. เงินลงทุนเบื้องต้น
10. ความยืดหยุ่นในการออกแบบ
11. การใช้เครื่องจักรหนัก
12. ความง่ายในการติดตั้ง
13. คุณภาพของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ Tam และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาการใช้งานระบบสำเร็จรูปในฮ่องกง ในปี 2007 โดยมุ่งเน้นไปในด้านของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษาดำเนินการโดยสำรวจความคิดเห็นเพื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการใช้งานระบบสำเร็จรูป ข้อได้เปรียบ เสียเปรียบและแนวโน้มการพัฒนาในอนาคต ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความเห็นว่า การตรวจสอบอย่างละเอียดช่วยเพิ่มคุณภาพของการก่อสร้าง เป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญที่สุดในขณะที่การขาดความยืดหยุ่นในการแก้ไขแบบเป็นข้อเสียเปรียบสำคัญที่สุด โดยผู้วิจัยใช้ปัจจัยที่เป็นข้อได้เปรียบจำนวน 7 ปัจจัยและข้อเสียเปรียบจำนวน 10 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่เป็นข้อได้เปรียบ

1. แบบก่อสร้างมีการแก้ไขน้อย
2. มีการควบคุมคุณภาพมากได้ดีขึ้น
3. ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม
4. ลดระยะเวลาในการก่อสร้าง
5. ลดขยะจากการก่อสร้าง
6. สามารถรวมการออกแบบและการก่อสร้างไว้ด้วยกัน
7. ความสวยงาม

ปัจจัยที่เป็นข้อเสียเปรียบ

1. ขาดความยืดหยุ่นในการแก้ไขแบบ
2. เงินลงทุนเบื้องต้นสูง
3. ขาดงานวิจัยและข่าวสารความรู้
4. ใช้เวลาในการออกแบบเบื้องต้นมากขึ้น
5. ขาดการพิจารณาข้อได้เปรียบจากระบบดั้งเดิมอย่างจริงจัง
6. ข้อจำกัดด้านพื้นที่ว่างในหน่วยงานสำหรับกองชิ้นส่วน
7. ปัญหาการรั่วซึมบริเวณรอยต่อแผ่น
8. ขาดผู้รับเหมาที่มีประสบการณ์
9. ขาดความสวยงาม
10. ขาดความต้องการชิ้นส่วนสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปีเดียวกันนี้ Ahadzie Proverbs and Olomolaiye (2007)ได้ดำเนินการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสำเร็จของโครงการก่อสร้างที่พักอาศัยจำนวนมาก ในประเทศกำลังพัฒนา เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการทรัพยากรอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้จัดการโครงการ การศึกษาใช้การสำรวจความคิดเห็นโดยแบบสอบถามในเรื่องของปัจจัยวิกฤตต่อผลสำเร็จของโครงการในประเทศกานา และใช้การทดสอบ t-test เพื่อวิเคราะห์ระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยและใช้การวิเคราะห์ปัจจัย เพื่อจัดกลุ่มปัจจัย ผลการศึกษาสามารถจัดกลุ่มปัจจัยได้ 4 กลุ่ม คือ ผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม ความพึงพอใจของลูกค้า คุณภาพ ค่าใช้จ่ายและเวลา

2.8.1 ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

จากการศึกษาจากเอกสารต่างๆ การสำรวจ และสอบถามจากผู้รับเหมางานก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป พบว่าวิธีการก่อสร้างดังกล่าวมีทั้งข้อดีข้อเสียต่าง ๆ ดังนี้

ในปีพ.ศ.2540 มามี โตบารมีกุล (2540)ได้รวบรวมข้อดี ข้อเสีย ของการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป พบว่าวิธีการดังกล่าวมีข้อสรุปคือ

ข้อดีของการก่อสร้างอาคารคอนกรีตสำเร็จรูป

1. สามารถลดระยะเวลาก่อสร้างได้ เนื่องมาจากสามารถผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในโรงงานและดำเนินการก่อสร้างในส่วนของงานสนามในเวลาเดียวกัน

2. ลดความสูญเสียในงานคอนกรีต เช่น เมื่อเทคอนกรีตในที่จะทำมีคอนกรีตหกหล่นเนื่องจากการขนส่งและการเท ยิ่งทำในที่สูงหรือชิ้นส่วนที่แคบก็จะทำให้สูญเสียคอนกรีตมาก การทำงานในโรงงานของชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะทำให้สูญเสียคอนกรีตน้อย

3. งานคอนกรีตทำได้ง่ายขึ้น เช่นงานที่ต้องทำในที่สูงหรือพื้นที่ในการทำงานน้อย จะทำให้งานยุ่งยากและซับซ้อนต้องใช้เครื่องมือหลายอย่าง แต่ถ้าทำเป็นชิ้นส่วนสำเร็จในโรงงานแล้วยกขึ้นติดตั้งจะทำให้ง่ายกว่า

4. ใช้งานแบบหล่อได้หลายครั้งกว่า แบบหล่อที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะมีขนาด และรูปแบบที่ชัดเจนแน่นอน การเคลื่อนย้ายแบบมีไม่มากทำให้แบบเสียหายน้อย

5. ใช้งานแบบหล่อได้ง่ายกว่าไม่ยุ่งยาก เพราะว่าการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปการกำหนดรูปแบบที่ชัดเจน มีขั้นตอนการประกอบแบบที่แน่นอนชัดเจน และเป็นการทำงานแบบส่วนใหญ่อยู่ในโรงงานจึงง่ายต่อการปฏิบัติงาน

6. การควบคุมคุณภาพทำได้ง่ายกว่า การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นจะทำงานกันในโรงงาน พื้นที่จัดไว้ในการผลิตที่แน่นอน การขนส่ง การเก็บสต๊อก การติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทุกงานมีขอบเขตการทำงานที่ชัดเจน มีวิธีการที่แน่นอนจึงสามารถควบคุมคุณภาพของงานได้ง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ช่วยลดการเกิดเสียงดังจากการก่อสร้าง การผลิตชิ้นส่วนผลิตในโรงงานบริเวณสถานที่ก่อสร้างจะมีการทำงานจัดเก็บชิ้นส่วน งานติดตั้งและงานประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเท่านั้น ดังนั้นการเกิดเสียงจึงน้อยมาก

8. การก่อสร้างไม่ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปนั้นการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะทำในโรงงาน ไม่ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ

9. ต้นทุนการก่อสร้างต่ำกว่า ถ้ามีจำนวนอาคารที่ก่อสร้างในแบบเดียวกันจำนวนหนึ่ง ต้นทุนที่ต่ำกว่านั้นจะมาจากส่วนประกอบอื่น ๆ ด้วย เช่นระยะเวลาการก่อสร้างที่เสร็จเร็วกว่า จะทำให้ลดต้นทุนดอกเบี้ยการกู้เงิน ลดค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect cost) ลดการสูญเสียของวัสดุต่าง ๆ และใช้แรงงานคนน้อยกว่า ทำให้ลดการสูญเสียแรงงานจาการควบคุมงานไม่ทั่วถึงได้

ข้อเสียของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

1. ต้นทุนสูง การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นต้องใช้แบบหล่อที่มีความแข็งแรง ผลิตได้รูปแบบความต้องการ มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด การยกในโรงงาน การติดตั้ง ต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรเพื่อใช้ทำงาน

2. ความต้องการช่างที่ทำแบบหล่อต้องมีความชำนาญสูง เพราะแบบหล่อชิ้นส่วน คอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องได้ขนาดตามที่แบบกำหนดและมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย

3. ช่างและคนงานจะต้องได้รับการฝึกฝนอบรมก่อนทำการก่อสร้าง การก่อสร้างในระบบอาคารสำเร็จรูปจะต้องทำงานเป็นขั้นตอนจะข้ามขั้นการทำงานไม่ได้ และต้องใช้ช่างและคนงานที่มีความชำนาญและได้รับการฝึกฝน

4. การขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับโครงการที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯ จะมีปัญหาเรื่องการจราจรติดขัด ปัญหาการกำหนดเวลา การใช้รถบรรทุกขนส่ง และปัญหาน้ำหนักที่ขนส่ง

5. ต้องใช้เครื่องจักรกลหนักในการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป และต้องใช้คนขับที่มีความชำนาญสูง เนื่องจากงานติดตั้งเป็นงานที่ใช้ความละเอียดสูง

6. การติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปต้องเป็นลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้แน่นอน ปัญหาที่ตามมาก็คือ เมื่อการขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปบางชิ้นส่วนมาไม่ทัน หรือขาดสต็อกจะทำให้การก่อสร้างหยุดชะงักไม่สามารถติดตั้งชิ้นส่วนอื่นที่มีอยู่ได้

7. ดัดแปลงหรือต่อเติมอาคารได้ยาก ในกรณีที่อาคารที่ก่อสร้างเป็นระบบผนังรับแรง จะทำการทุบผนังเพื่อขยายห้องนั้นทำยากหรือทำไม่ได้ เช่น ลักษณะที่เป็นทาวนเฮาส์ 2 หลังติดกัน จะทำการทุบผนังเพื่อให้อาคารสองหลังต่อเนื่องเป็นหลังเดียวกัน นอกจากจะกำหนดไว้ก่อนทำการก่อสร้าง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. หาผู้รับเหมายาก ปัจจุบันการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปจะมีการลงทุนในช่วงแรกสูง และเทคนิคของการก่อสร้างยังเป็นลักษณะเฉพาะของผู้รับเหมาแต่ละรายอีกด้วย ในกรณีที่ผู้รับเหมารายแรกทำงานแล้ไม่ประสบความสำเร็จจะหาผู้รับเหมารายใหม่มาแทนยาก เนื่องจากติดปัญหาด้านเทคนิคและการลงทุน

9. ขาดแคลนแรงงานที่มีฝีมือ (Skilled Labor) แรงงานที่มีฝีมือเป็นปัจจัยสำคัไม่น้อยกว่าที่จะทำให้งานก่อสร้างประสบความสำเร็จ (ผู้บริหารโครงการในส่วนต่าง ๆ)

จากการพิจารณาข้อดีข้อเสียของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปพบว่า ข้อดีจะเน้นทางด้านความเร็วของการทำงาน ต้นทุนงานก่อสร้างส่วนงานระบบสำเร็จรูปต่ำควบคุมคุณภาพงานได้ง่ายกว่าและลดการสูญเสียวัสดุ จะเห็นว่าเป็นประโยชน์กับผู้ประกอบการผู้รับเหมา เป็นส่วนใหญ่ กับผู้บริโภคและอื่น ๆ มีน้อย

ส่วนข้อเสียนั้นเป็นปัญหาทางด้านความพร้อมของผู้ประกอบการ เช่นต้นทุนในช่วงแรกสูง จัดหาช่างและแรงงานที่มีความชำนาญได้ยาก และข้อเสียบางส่วนจะตกอยู่กับผู้บริโภค เช่น การดัดแปลงต่อเติมอาคารทำได้ยาก

ส่วนในด้านของ Jirawat Damrianant ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปสำหรับการก่อสร้างอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร พบว่า

1. ข้อดีของระบบก่อสร้างสำเร็จรูป คือ
   - 1.1 สามารถนำแบบหล่อมาใช้ซ้ำได้หลายครั้ง
   - 1.2 ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ
   - 1.3 ไม่จำเป็นต้องใช้แบบนั่งร้านในการก่อสร้างผนังกันตก
   - 1.4 การจัดการบริหารงานแบบหล่อทำได้ง่าย
2. ข้อเสียของระบบก่อสร้างสำเร็จรูป คือ
   - 2.1 ขาดช่างฝีมือ และผู้ผลิตจำหน่ายในเรื่องของแบบหล่อ
   - 2.2 จุดรอยต่อที่เกิดขึ้นจากการประกอบชิ้นส่วนไม่สวยงาม
   - 2.3 ต้องใช้ทาวเวอร์เครนในการติดตั้ง
3. การลงทุนในระบบก่อสร้างสำเร็จรูปจะต้องลงทุนในส่วนของแบบหล่อและส่วนของทาวเวอร์เครนสำหรับการติดตั้ง ถ้าแบบหล่อสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้และมีการใช้ทาวเวอร์เครน อย่างมีประสิทธิภาพ ต้นทุนของงานก่อสร้างระบบสำเร็จรูป สามารถระบุได้ชัดเจนว่า จะใช้ต้นทุนในการก่อสร้างต่ำกว่าระบบการก่อสร้างแบบหล่อในที่
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป จะใช้เวลาน้อยกว่าการก่อสร้างระบบหล่อในที่สำหรับงานชนิดเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การนำระบบคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้ในโครงการก่อสร้างบ้านจัดสรร

ในส่วนนี้ มามี โตบารมีกุล (2540) ยังได้ทำการศึกษาโครงการก่อสร้างอาคาร จำนวน 4 โครงการ ซึ่งดำเนินการก่อสร้างอยู่ในกรุงเทพมหานคร จากการศึกษาพบว่า ในแต่ละโครงการมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายคลึงกันคือ ในแต่ละโครงการมีการก่อสร้างอาคารที่เหมือนกันเป็นจำนวนมาก หรือถ้าเป็นอาคารสูงและมีขนาดใหญ่ก็จะมีจำนวนห้องภายในอาคารที่เหมือนกันเป็นจำนวนมากเช่นกัน จากการสอบถามผู้บริหารโครงการ นอกจากแต่ละโครงการจะมีลักษณะอาคารที่เหมือนกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับหลักการในเบื้องต้นสำหรับการเลือกใช้วิธีการก่อสร้างอาคารด้วยระบบสำเร็จรูปแล้ว ยังถูกจำกัดทางด้านต้นทุน และระยะเวลาในการก่อสร้างด้วย คือ ต้องการใช้อาคารเร็วขึ้น และการก่อสร้างต้องมีต้นทุนที่ต่ำ

2.8.3 บทวิเคราะห์วรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรม จะเห็นได้ว่า ลักษณะโครงการที่เหมาะสมกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปคือ โครงการที่มีลักษณะของโครงสร้างอาคารที่เหมือนกันเป็นจำนวนมาก และมีรูปแบบที่ไม่หลากหลาย เพื่อต้องการลดต้นทุนการก่อสร้างและเวลาในการก่อสร้าง ซึ่งสอดคล้องกันกับการก่อสร้างโครงการบ้านจัดสรร ในส่วนของวรรณกรรมที่ผ่านมามีการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ข้อดี-ข้อเสียต่างๆ ในรูปแบบทางด้านกายภาพ เช่นเปรียบเทียบกันทางด้านต้นทุนการก่อสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง แต่ยังขาดการวิเคราะห์ทางด้านทัศนคติ ในการตัดสินใจในการเลือกวิธีการก่อสร้างบ้านจัดสรร โดยผู้ที่มีส่วนในการตัดสินใจในการเลือกวิธีการก่อสร้าง คือ เจ้าของโครงการ ผู้บริหารโครงการ และผู้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.3 รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง 17
2.3.1 คุณสมบัติและคุณลักษณะของรอยต่อโครงสร้าง 18
2.3.2 การออกแบบรอยต่อส่วนประกอบโครงสร้าง 19
2.3.3 รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้าง 19
2.3.4 รอยต่อกำแพงหรือผนังโครงสร้างแบ่งประเภท 20
ตามหลักการต่อ
2.3.5 การยึดส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นกำแพง 22
หรือผนังเข้าด้วยกัน
2.4 รอยต่อหรือข้อต่อส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นผนังในแนวเดียวกัน 23
2.5 รอยต่อส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นพื้น 29
2.5.1 รอยต่อส่วนประกอบโครงสร้างระหว่างพื้นกับส่วนรองรับ 30
2.5.2 รอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต 32
2.6 ประเภทของรอยต่อ 33
2.7 ทฤษฎีที่ว่าด้วยสาเหตุการรั่วซึมของน้ำฝน 45
2.8 วรรณกรรมปริทัศน์ 46
2.8.1 ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป 51
2.8.2 การนำระบบคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้ 54
ในโครงการก่อสร้างบ้านจัดสรร
2.8.3 บทวิเคราะห์วรรณกรรม 54

บทที่ 3 ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินการวิจัย

3.1 กล่าวนำ 55
3.2 วิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำฝนบริเวณรอยต่อ 55
3.3 การออกแบบรอยต่อ 57
3.4 การหล่อตัวอย่างผนังและพื้นสำเร็จรูป 61
3.5 การประกอบเครื่องฉีดน้ำสำหรับทดสอบ 64
3.6 ขั้นตอนบันทึกผลและคำนวณผลการทดสอบ 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินการวิจัย

3.1. กล่าวนำ

ในการทดสอบความต้านทานการซึมผ่านของน้ำฝนบริเวณรอยต่อตามมาตรฐาน ASTM E-331(Reapproved 2009) นั้นเป็นการทดสอบโดยใช้น้ำฉีดพ่นบริเวณรอยต่อที่ทำการทดสอบ ภายใต้การควบคุมแรงดันน้ำ ปริมาณน้ำและระยะเวลาของการฉีดพ่นน้ำให้เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด จากนั้นสังเกตรอยรั่วซึมที่ผ่านมายังอีกด้านของรอยต่อ

3.2. วิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำฝนบริเวณรอยต่อ

3.2.1. จากวิทยานิพนธ์เรื่อง การติดตามผลการนำระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป มาใช้ในโครงการบ้านจัดสรร ประเภทบ้านเดี่ยว (นายศุภวิศท์ สุขวดี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2550)

ปัญหาที่สำคัญหลังการส่งมอบบ้านให้แก่ผู้บริโภค คือ ปัญหารั่วซึมหรือแตกร้าวตามรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งมีสาเหตุดังนี้

1) เกิดจากการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้าง

2) ดำเนินการก่อสร้างและมีกรอบระยะเวลาอันจำกัด

3) คนงานขาดทักษะและความชำนาญ

4) การออกแบบสถาปัตยกรรมที่ไม่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ

3.2.2. จากปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษาปัญหาและสาเหตุของปัญหาในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบสำเร็จรูปสองชั้น (นายฉัตรชัย รอดวัน นายวิทยา สีพา และนายวุฒิพงษ์ มณีโชติ สจล. ,2545)

สรุปสาเหตุของปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนบริเวณรอยต่อ ดังนี้

1) คนงานขาดความรู้ความชำนาญ

2) เครื่องจักรและอุปกรณ์

3) การออกแบบทางสถาปัตยกรรม

4) การเสื่อมสภาพของยาแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3. จากทฤษฎีที่ว่าด้วยสาเหตุการรั่วซึมของน้ำฝน

น้ำฝนจะรั่วได้นั้นต้องมีแรงมากระทำต่อเม็ดฝนให้ไหลเข้าอาคาร แรงที่ว่านี้มาได้หลายรูป เช่น แรงดึงดูดของโลก พลังงานจลน์ในตัวน้ำฝนเอง แรงตึงผิวของน้ำ และ แรงกดดันอากาศ เป็นต้น จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ชาวยุโรปพบว่า**แรงที่มีผลต่อการรั่วซึมของน้ำฝนมากที่สุดคือ แรงกดดันอากาศนั่นเอง**

ปัจจัยสำคัญที่สุด ที่จะก่อให้เกิดฝนรั่วเนื่องจากสาเหตุนี้ ยังต้องประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้อีก 3 สิ่งประกอบกัน ขาดอย่างใดอย่างหนึ่งไม่ได้ คือ

1) ต้องมีน้ำบนผิวอาคาร

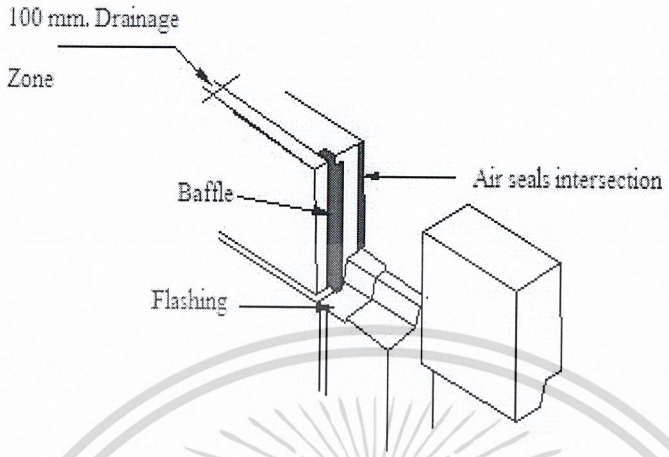
2) ต้องมีรอยรั่วบนผิวอาคาร

3) ต้องมีความแตกต่างของความดันของอากาศภายนอกและภายในอาคาร

ซึ่งจะทำให้เกิดแรงผลักต่อน้ำฝนให้เข้ามาในตัวอาคาร ถ้าเราสามารถทำให้ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งใน 3 ประการนี้หมดไป ฝนตกจะไม่รั่ว

ปัจจัยแรก เรื่องของน้ำบนผิวอาคารคงเป็นไปไม่ได้ที่จะไม่มีน้ำเกาะบนผิวอาคารในอาคารขณะฝนตก แม้ว่าการใช้ชายคาที่ยื่นยาวๆ จะช่วยในเรื่องนี้ได้บ้าง แต่ก็ไม่ได้ผลร้อยเปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะอาคารสูง วิธีการนี้ยิ่งเป็นไปได้ยาก การป้องกันฝนรั่วในอดีตจนกระทั่งปัจจุบันมุ่งไปที่การกำจัดปัจจัยที่สอง คือ การหาทางอุดรอยรั่วบนผิวอาคาร วิธีนี้เรียกว่า วิธีการยาแนวรอยรั่วบนผนังอาคาร (face-sealed system) โดยธรรมชาติของน้ำนั้นสามารถผ่านผนังเข้ามาแม้รอยรั่วจะเล็กมากก็ตามหมายความว่าถ้าจะกำจัดรอยรั่วบนผนังทั้งหมด การยาแนวจะต้องสมบูรณ์แบบอย่างที่สุด เราท่านคงทราบดีแล้วว่า เป็นเรื่องเหลือบ่ากว่าแรงแน่นอนที่จะเป็นจริงได้ สาเหตุนั้นมีมากมาย เช่น ปัญหาของวิธีการก่อสร้าง ความสกปรกของผิววัสดุขณะทำการยาแนวรอยต่อ รอยแตกเนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน การทรุดตัวไม่เท่ากัน รวมทั้งรังสีอัลตร้าไวโอเลต ซึ่งคอยทำลายสารที่ใช้ยาแนวต่าง ๆ อุปสรรคเหล่านี้ทำให้วิธีการกำจัดปัจจัยที่สองเป็นเรื่องที่ทำไม่ได้ปัจจัยสุดท้าย คือ การป้องกันแรงที่จะมากระทำต่อหยดน้ำที่เกิดจากความแตกต่างของแรงกดดันอากาศภายระหว่างในและภายนอกตัวบ้าน น้ำฝนจึงถูกแรงดันดังกล่าวผลักดันให้ซึมผ่านรอยต่อหรือรอยรั่วต่างๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 รอยต่อผนัง ค.ส.ล.สำเร็จรูป ที่ใช้หลักการความสมดุลของความดัน

ผนังกันฝนหรือผนังความกดดันอากาศสมดุล (Rain Screen or Pressure Equalized Design) มีหลักการทำงานโดยอธิบายคร่าวๆ ได้ดังนี้ เมื่อลมพัดกระทบผนังในระหว่างฝนตก ความกดดันอากาศที่ไม่เท่ากันระหว่างภายในกับภายนอกจะเกิดขึ้นที่ผนังด้านนั้น และแรงดันนี้จะพยายามดันให้น้ำฝนรั่วเข้าไปภายในห้อง ผนังกันฝนที่มีช่องระบายอากาศที่ร่องรอยต่อ ซึ่งยอมให้อากาศไหลเข้าไปในโพรงระหว่างรอยต่อผนัง ความดันอากาศในช่องนี้จะสูงขึ้นจนเท่ากับความดันอากาศภายนอก ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ***ความสมดุลของความดัน*** ในสภาพนี้ฝนจะรั่วเข้ามาน้อยลง เพราะแรงที่มากระทำกับน้ำฝนจะน้อยลงหรือหมดไป

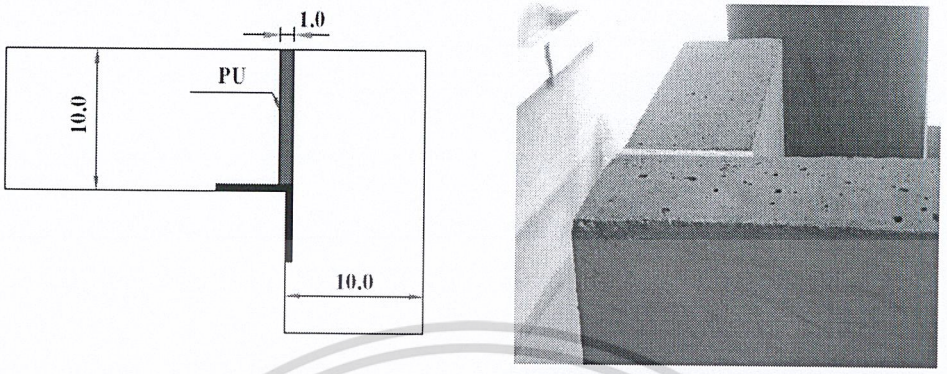
ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้หลักความสมดุลของความดันร่วมกับการใช้ลักษณะรูปทรงของรอยต่อในการช่วยลงพลังงานที่จะดันให้น้ำฝนรั่วผ่านรอยต่อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการรั่วซึมโดยเน้นไปที่การศึกษาลักษณะรอยต่อที่ให้ประสิทธิภาพในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝน

3.3. การออกแบบรอยต่อ

จากการสาเหตุ และปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เกิดปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนบริเวณรอยต่อ ผู้วิจัยได้ออกแบบรอยต่อรอยต่อระหว่างผนังกับผนังบริเวณมุมของบ้าน(รอยต่อแนวตั้ง) จำนวน 3 รูปแบบ และรอยต่อระหว่างผนังกับพื้น(รอยต่อแนวนอน) จำนวน 3 รูปแบบ ได้รูปแบบรอยต่อ ดังนี้

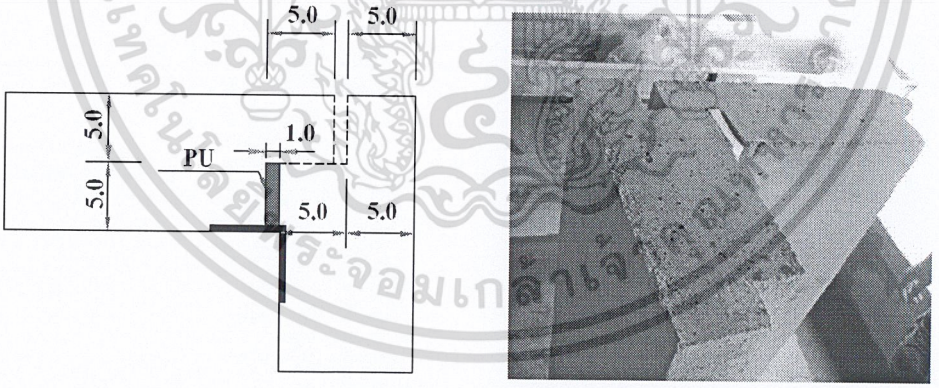
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1. รอยต่อแนวตั้ง



รูปที่ 3.2 แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวตั้งแบบที่ 1

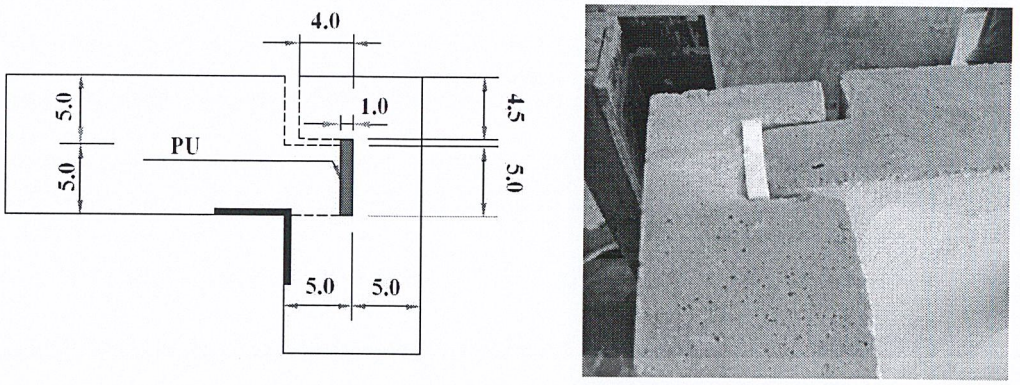
รอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 เป็นรอยต่อแบบเรียบทั้งแผ่น โดยนำ 2 แผ่นมาประกบกัน ซึ่งเป็นรูปแบบรอยต่อที่ใช้ในโครงการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในระบบสำเร็จรูปของบริษัท พฤกษา จำกัด (มหาชน) ดูจากภาคผนวก ข บริเวณแถบสีดำบริเวณรอยต่อจะเป็นโฟมหนา 1 เซนติเมตร ที่ใช้แทนยาแนว (ส่วนแถบสีดำที่ตั้งฉากและมีขนาดเล็กกว่า จะเป็นแผ่นเหล็กสำหรับยึด ทุกรอยต่อ)



รูปที่ 3.3 แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวตั้ง แบบที่ 2

รอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 จะใช้หลักการสมดุลความดันอากาศ โดยด้านที่ปะทะน้ำฝนจะมีช่องว่างขนาด 1 ×5 เซนติเมตร เพื่อเป็นช่องปรับสมดุลอากาศภายนอกที่มีค่าสูง เมื่อความดันอากาศสูงเคลื่อนที่เข้าสู่ช่องปรับความดันอากาศ ช่องปรับความดันอากาศจะปรับให้ความดันที่มีค่าสูงลดลงเหลือน้อยหรือเป็นศูนย์ ทำให้น้ำไม่มีความดัน จึงไม่สามารถเคลื่อนที่เข้าสู่รอยต่อได้

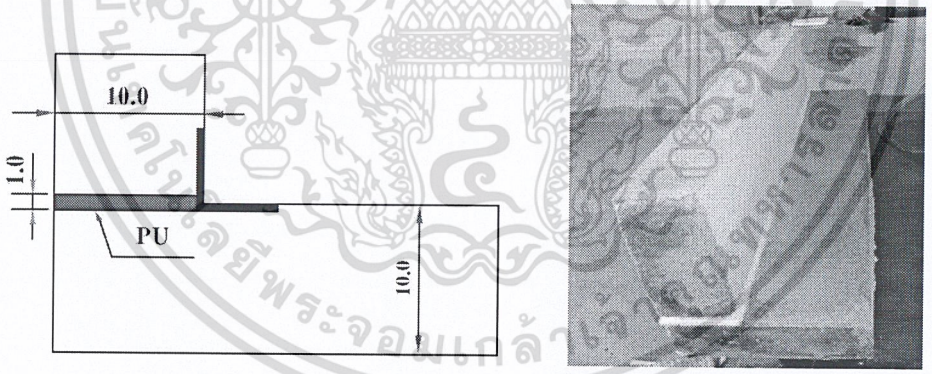
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวตั้ง แบบที่ 3

รอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 จะใช้หลักการสมดุลความดันอากาศแบบเดียวกับรอยต่อแบบที่ 2 แต่คณะผู้ทำวิจัยได้ออกแบบให้ระยะทางการเคลื่อนที่ของน้ำจากด้านนอก (ปะทะน้ำฝน) ถึงด้านใน (ไม่ปะทะน้ำฝน) ที่ทำเกิดการรั่วซึมของน้ำฝน มีระยะทางมากขึ้นมากกว่าและเปลี่ยนทิศทางที่น้ำซึมผ่านมากกว่ารอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2

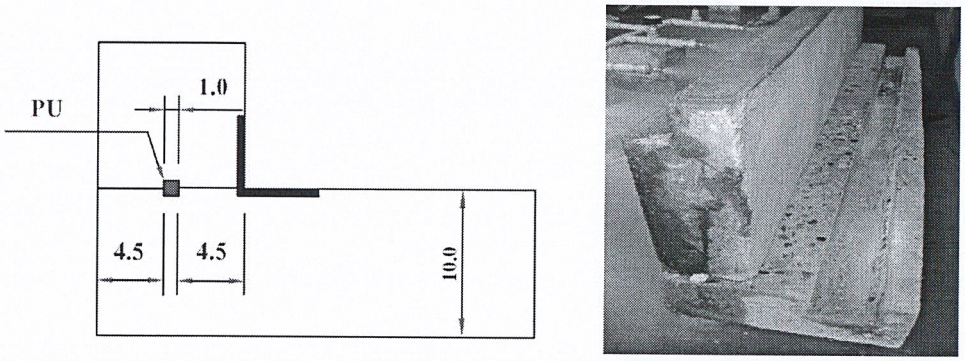
3.3.2. รอยต่อแนวนอน



รูปที่ 3.5 แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวนอน แบบที่ 1

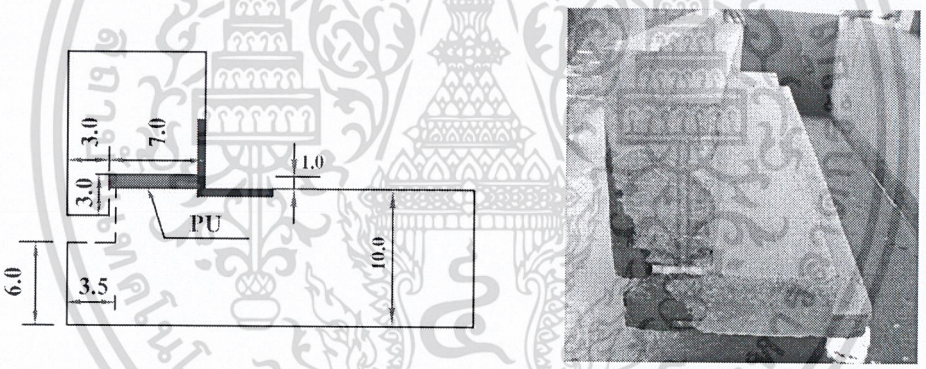
รอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 มีลักษณะเป็นแบบเรียบทั้งแผ่น โดยนำ 2 แผ่นมาประกบกัน ซึ่งรูปแบบนี้โครงการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในระบบสำเร็จรูปของบริษัท พฤกษา จำกัด (มหาชน) ใช้ในปัจจุบัน ดูจากภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวนอน แบบที่ 2

รอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 จะออกแบบให้มีเซาะร่องตรงกลางขนาด 1×1 เซนติเมตร โดยบริเวณร่องจะใช้โฟม เมื่อมีการฉีดพ่นน้ำบริเวณรอยต่อ น้ำจะต้องมีความดันที่มากพอจึงจะกระโดดข้ามร่อง แล้วทำให้เกิดการรั่วซึมได้



รูปที่ 3.7 แสดงการออกแบบรอยต่อในแนวนอน แบบที่ 3

รอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 จะใช้หลักการสมดุลความดันอากาศเช่นเดียวกับรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 และ 3 คือ ด้านปะทะน้ำฝนจะมีช่องปรับสมดุลอากาศ แล้วเมื่อผ่านช่องปรับสมดุลอากาศ น้ำจะต้องเคลื่อนที่ขึ้นไปในแนวดิ่งอีก 3 เซนติเมตร และต่อจากนั้นจะเป็นโฟมหนา 1 เซนติเมตร

หลักการออกแบบรอยต่อแนวนอนและแนวตั้ง จะสมมุติให้ยาแนวที่บริเวณรอยต่อเสื่อมสภาพแล้ว จึงไม่มีคุณสมบัติในการยึดเกาะผิวคอนกรีต ดังนั้นคณะผู้ทำวิจัยจึงเลือกใช้โฟมหนา 1 เซนติเมตร ทุกรอยต่อที่ทำการออกแบบ เนื่องจากโฟมมีคุณสมบัติในการยึดเกาะผิวคอนกรีต แต่มีความทึบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การหล่อตัวอย่างผนังและพื้นสำเร็จรูป

3.4.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1) ไม้อัดหนา 10 มิลลิเมตร

2) เลื่อยไฟฟ้า

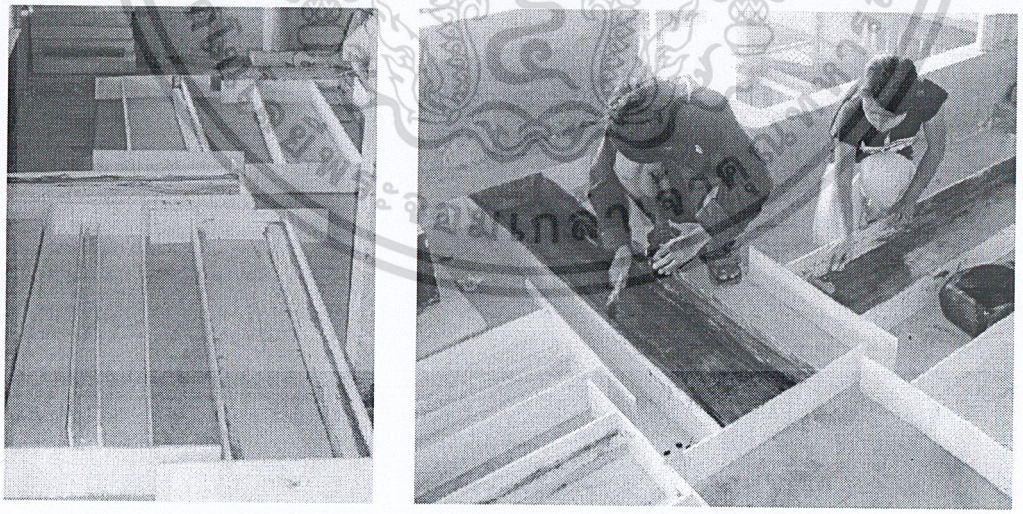
3) ค้อน , ตะปูเข็ม

4) กาวผง

5) ปูนซีเมนต์ , หิน , ทราย

3.4.2 ขั้นตอนการหล่อตัวอย่างผนังและพื้นสำเร็จรูป

1) ตัดไม้แบบตามขนาดที่ออกแบบไว้ และนำมาประกอบกันเป็นแบบหล่อผนังและพื้น แต่ละชิ้นมีขนาด กว้าง 0.1 เมตร ยาว 0.3 เมตร และสูง 1.5 เมตร จำนวน 6 ชิ้น ซึ่งตัวอย่างทดสอบแต่ละชิ้นจะใช้ด้านยาวด้านหนึ่งมาประกอบกันเป็นรอยต่อของผนังกับผนังบริเวณมุมของบ้าน(รอยต่อแนวตั้ง) และใช้ด้านยาวอีกด้านมาประกอบกันเป็นรอยต่อของผนังกับพื้น(รอยต่อแนวนอน) จึงมีตัวอย่างทดสอบทั้งหมด 6 ชิ้น หรือ 3 คู่ สามารถประกอบเป็นรอยต่อของผนังกับผนังได้ 3 แบบ และรอยต่อของผนังกับพื้นได้ 3 แบบ



รูปที่ 3.8 แสดงแบบหล่อตัวอย่าง (ซ้าย) และการทาน้ำมันที่ผิวไม้แบบ (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต มีรายการออกแบบ ดังนี้

ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่กำลังอัดประลัยเฉลี่ย (fc`) 400 กก./ตร.ซม.

หน่วยน้ำหนักหิน	1616.39	kg. / $m.^3$
อัตราการดูดซึมของวัสดุผสมหยาบ	0.92 %	Bulk Speacific Gravity 2.76
อัตราการดูดซึมของวัสดุผสมละเอียด	0.86 %	Bulk Speacific Gravity 2.68

ทรายมีค่า FM. 2.66

กำลังอัดประลัยเฉลี่ย (fc`) ของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 400 กก./ตร.ซม.

2.1) ใช้ค่ายุบตัว 8-10 ซม.

2.2) ข้อกำหนดให้ใช้ขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบเป็น 20 มม.

2.3) เมื่อขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบเป็น 20 มม. ค่ายุบตัว 8-10 ซม. ไม่ต้องใช้สารกักกระจายฟองอากาศจะได้ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ เท่ากับ 200 ลิตร/ลูกบาศก์เมตรของคอนกรีต

2.4) จากกำลังอัดประลัยเฉลี่ยที่ต้องการและเผื่อค่าความเบี่ยงเบน จะเลือกใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนัก เท่ากับ 0.38

2.5) ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการใช้ เท่ากับ 200/0.38 = 526.32 กก.

2.6) หาปริมาณของวัสดุผสมหยาบ จากตารางที่ เมื่อค่าโมดูลัสความละเอียดของวัสดุผสมละเอียดเท่ากับ 2.80 และขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบเป็น 20 มม. จะได้ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่น = 0.63 ลูกบาศก์เมตร/ลูกบาศก์เมตรของคอนกรีต

หน่วยน้ำหนักของหิน = 1616.39 กก./ลบ.เมตร

ดังนั้นน้ำหนักของวัสดุผสมหยาบที่ใช้ = 0.63×1616.39 = 1018 กก./ลบ.เมตรของคอนกรีต

2.7) หาปริมาณของวัสดุผสมละเอียด

ปริมาตรของน้ำ	= 200/1000	= 0.200	$ม.^3$
ปริมาตรของซีเมนต์	= 526.32 /(3.15 × 1000)	= 0.167	$ม.^3$
ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบ	= 1018/(2.76 × 1000)	= 0.369	$ม.^3$
ปริมาตรของฟองอากาศ	= 0.02 × 1.0	= 0.020	$ม.^3$
ดังนั้นปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย		= 0.756	$ม.^3$
ปริมาตรของทรายที่ต้องการใช้	= 1 – 0.756	= 0.244	$ม.^3$
น้ำหนักของทราย	= 0.244 × 2.68 × 1000	= 653.9	กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น คอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ต้องใช้ส่วนผสม

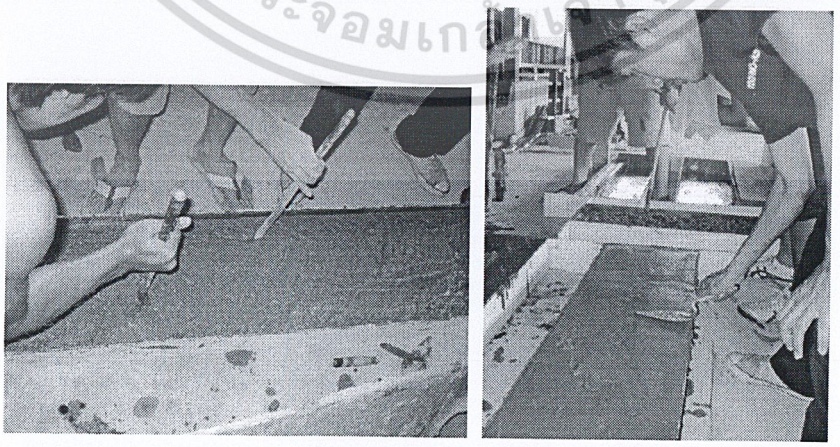
ปูนซีเมนต์	526.32	กก.
น้ำ	200	กก.
วัสดุผสมหยาบ	1018	กก.
วัสดุผสมละเอียด	653.92	กก.
รวม	2398.24	กก.

ในการหล่อตัวอย่างคอนกรีต ผสมคอนกรีตประมาณ (1.50 x 0.30 x 0.10) x 6 x 1.20 = 0.324 ลูกบาศก์เมตร

จึงใช้ส่วนผสม ดังนี้

ปูนซีเมนต์	170.53	กก.
น้ำ	64.80	กก.
วัสดุผสมหยาบ	329.83	กก.
วัสดุผสมละเอียด	211.87	กก.

3) หล่อตัวอย่างผนังและพื้น รวม 6 ตัวอย่าง โดยผสมครั้งเดียว ก่อนหล่อตัวอย่างจะต้องทาน้ำมันให้ทั่วก่อนเพื่อง่ายต่อการถอดแบบ ในการเทคอนกรีตจะต้องมีการเขย่าแบบเพื่อไม่ให้เกิดโพรงในตัวอย่างคอนกรีตหลังถอดแบบ หลังจากเทคอนกรีตจนเต็มแบบและปาดหน้าให้เรียบ นำแผ่นพลาสติกมาปิดผิวหน้าของคอนกรีตเพื่อไม่ให้คอนกรีตสูญเสียน้ำจากผิวหน้ามากจนเกิดไปซึ่งเป็นการบ่มคอนกรีตนั่นเอง ถอดแบบหล่อหลังจากหล่อตัวอย่างคอนกรีต ผ่านไป 1 วันแล้วนำแผ่นพลาสติกมาพันรอบตัวอย่างคอนกรีตเพื่อเป็นการบ่มต่อไปจนครบ 28 วัน



รูปที่ 3.9 แสดงการเทคอนกรีตหล่อตัวอย่าง (ซ้าย) และแต่งผิวหน้า (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. การประกอบเครื่องฉีดน้ำสำหรับทดสอบ

3.5.1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องสูบน้ำ

2) มาตรวัดความดันน้ำ

3) วาล์วเปิด-ปิดน้ำ

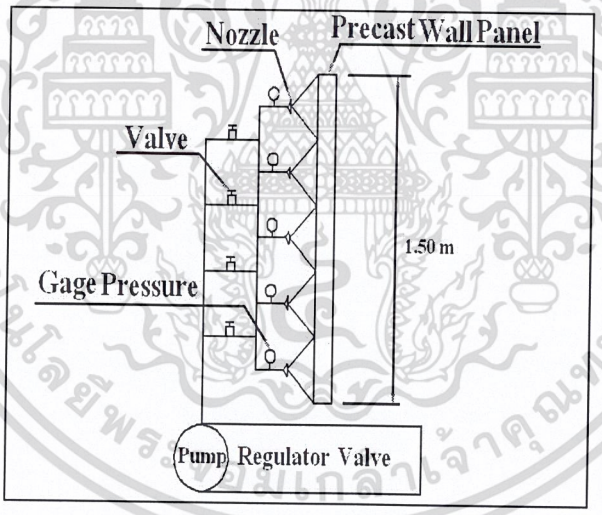
4) ท่อ PVC ขนาด ½ นิ้ว

5) กาวทาท่อ , เทปพันเกลียว

6) สายยางขนาด ½ นิ้ว , เข็มขัดรัดสายยาง

3.5.2. ขั้นตอนการประกอบเครื่องฉีดน้ำสำหรับทดสอบ

ประกอบตามแบบที่ได้ออกแบบที่แสดงดังรูป



รูปที่ 3.10 แสดงการประกอบชุดหัวฉีดน้ำ (สาธิต คำเงิน,2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การควบคุมความดันตามมาตรฐาน ASTM : E331

ค่ามาตรฐาน ASTM : E331 ปริมาณน้ำฝน 5 gal/ft^2/hr หรือ ปริมาณน้ำฝน 8″/hr , และความดัน 10 psf

จากความสัมพันธ์ 1 gallon = 4.546 lit (British Imperial gallon)

1 gallon = 3.785 lit (America Imperial gallon)

การคำนวณ 1.5 m × 0.25 m

150/30.48 = 4.92 ft.

25/30.48 = 0.82 ft.

4.92 ft × 0.82 ft. = 4.03 ft^2

18.925 lit/ft^2/hr × 4.03 ft^2 = 76.268 lit/hr

72.268/3600 = 0.0212 l/s = 21.2 ml/s

กระบอกตวง มีปริมาตรสูงสุด = 500 ml.

รองน้ำจับเวลา = 10 sec. โดยทำการตวงปริมาตรน้ำและจับเวลาดังกล่าว จำนวน 3 ครั้ง

220 ml

218 ml

221 ml

average = 219.7 ml/10 sec = 21.9 ml/s

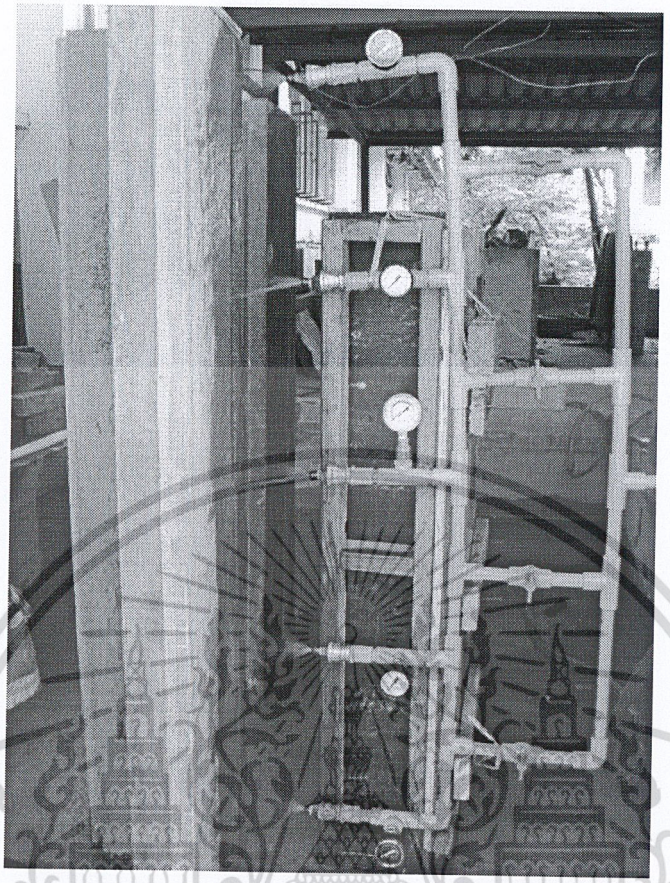
5 gal/ft^2/hr = 21.2 ml/s

3 เท่า = 15 gal/ft^2/hr = 63.6 ml/s

5 เท่า = 25 gal/ft^2/hr = 106.0 ml/s

8 เท่า = 40 gal/ft^2/hr = 169.6 ml/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้งชุดหัวฉีดน้ำ

จากรูป 3.7 จะเห็นว่าตำแหน่งที่ติดตั้งมาตรวัดความดันจะอยู่ใกล้กับหัวฉีด เนื่องจากต้องการวัดค่าความดันน้ำที่แต่หัวฉีดให้ได้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น และติดตั้งวาล์วปรับปริมาณน้ำเพื่อให้สามารถปรับปริมาณน้ำแต่ละหัวฉีดให้เท่ากัน

3.6 ขั้นตอนการบันทึกผลและคำนวณผลการทดสอบ

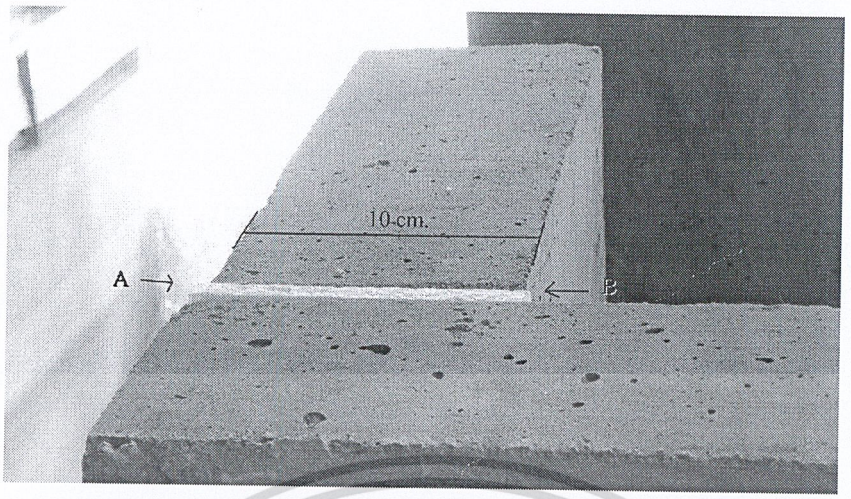
การทดลอง จะทำการบันทึกผล จะทำการวัดระยะการเคลื่อนที่ของน้ำจากด้าน A ไปยังด้าน B โดยจะคิดระยะทางทั้งหมดที่น้ำเคลื่อนที่จาก A ไป B มีค่าเท่ากับ 100 **%** เช่น

สมมุติ ระยะ AB = 10 cm. เมื่อฉีดน้ำตรงบริเวณรอยต่อเวลาผ่านไป 3 นาที ทำการแกะแบบออกจากกันเพื่อวัดระยะการเคลื่อนที่ของน้ำได้ 1 cm.

= (1/10)×100 = 10 **%** คือระยะเคลื่อนที่ ของน้ำผ่านไป 3 นาที มีค่า 10 **%** นำแบบมาประกอบเหมือนเดิม และทำการฉีดน้ำต่ออีก 2 นาที แกะแบบ วัดระยะการเคลื่อนที่ของน้ำได้ 2.5 cm.

= (2.5/10)×100 = 25 **%** คือระยะเคลื่อนที่ ของน้ำผ่านไป 5 นาที มีค่า 25 **%** ทำซ้ำแบบนี้จนครบ 240 นาที หรือ จนจะเกิดการรั่วซึม (100%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงการบันทึกผลและคำนวณผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบความต้านทานการซึมผ่านของน้ำฝนบริเวณรอยต่อ (ASTM E-331)

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าความต้านทานการซึมผ่านของน้ำฝนบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างแผ่นพื้นกับแผ่นผนัง และรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนัง โดยที่รอยต่อทั้งสองแบบเป็นรอยต่อในส่วนที่สัมผัสกับอากาศภายนอก

วิธีการทดสอบ

1. นำตัวอย่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาประกอบเข้าด้วยกัน โดยจะใช้ด้านยาวของตัวอย่างทดสอบมาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งตัวอย่างทดสอบแต่ละชิ้นจะใช้ด้านยาวด้านหนึ่งมาประกอบกันเป็นรอยต่อของผนังกับผนังบริเวณมุมของบ้าน(รอยต่อแนวตั้ง) และใช้ด้านยาวอีกด้านมาประกอบกันเป็นรอยต่อของผนังกับพื้น(รอยต่อแนวนอน) จึงมีตัวอย่างทดสอบทั้งหมด 6 ชิ้น หรือ 3 คู่ สามารถประกอบเป็นรอยต่อของผนังกับผนังได้ 3 แบบ และรอยต่อของผนังกับพื้นได้ 3 แบบ ดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3

จากรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.3 จะเห็นว่ามีการใช้แผ่นโฟมหนา 1.0 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร กว้างตามขนาดความกว้างของช่องในรอยต่อที่จะต้องยาแนวซึ่งใช้โฟมแทนวัสดุยาแนวที่เสื่อมสภาพแล้วหลังผ่านการใช้งานมานาน เหตุที่เลือกใช้โฟม เพราะโฟมเป็นวัสดุที่ไม่มีการยึดติดกับผิวสัมผัสคอนกรีต แต่ยังคงคุณสมบัติที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน ซึ่งคล้ายกับวัสดุยาแนวที่เสื่อมสภาพแล้วหลังผ่านการใช้งานมานานที่ไม่ยึดเกาะกับผิวคอนกรีต แต่ยังมีคุณสมบัติที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน

2. ติดตั้งชุดหัวฉีดน้ำที่บริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้แนวของหัวฉีดตรงกับแนวรอยต่อและมีระยะห่างจากชิ้นตัวอย่างทดสอบถึงหัวฉีดประมาณ 20 – 40 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.7

3. ทดสอบความต้านทานการซึมผ่านของน้ำฝน บริเวณรอยต่อตามมาตรฐาน ASTM E-331 ซึ่งมีข้อกำหนดดังนี้คือ พ่นน้ำในปริมาณ 5 แกลลอน ต่อ ตารางฟุต ต่อ ชั่วโมง (เทียบเท่ากับปริมาณน้ำฝน 8 นิ้วต่อชั่วโมง) ภายใต้แรงดัน 10 lbs/ft^2 เป็นระยะเวลา 15 นาทีต่อการทดสอบหนึ่งครั้ง แล้วจะต้องไม่ปรากฏรอยรั่วซึมใดๆ ที่อีกด้านของรอยต่อ จึงจะผ่านการทดสอบ ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้ทดสอบรอยต่อแต่ละรูปแบบจำนวน 3 ครั้ง จะต้องผ่านการทดสอบทั้ง 3 ครั้งที่ทำการทดสอบจึงจะผ่านการทดสอบ โดยใช้การสังเกตการณ์รั่วซึมของน้ำ หากซึมผ่านรอยต่อจนมาถึงอีกด้าน

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้ดาวน์โหลดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

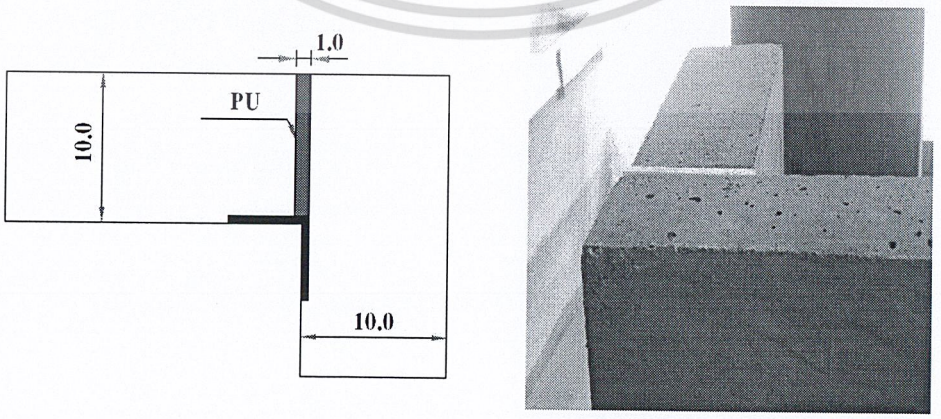
ของรอยต่อจนสังเกตเห็นได้ ถือว่าเกิดการรั่วซึมขึ้นแล้ว และในระหว่างการทดสอบจะมีการถอดตัวอย่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ประกอบกันออกเพื่อสังเกตพฤติกรรมการซึมไหลของน้ำและจดบันทึกผลตามเวลาที่กำหนด แล้วจึงประกอบตัวอย่างชิ้นส่วนเข้าไปใหม่แล้วทำการทดสอบต่อไป

4. ทำตามวิธีที่ 1, 2 และ 3 อีกแต่เพิ่มแรงดันและปริมาณน้ำ เป็น 3, 5 และ 8 เท่าจากมาตรฐาน และระยะเวลาในการทดสอบให้ยาวนานขึ้นเพื่อสังเกตการซึมผ่านรอยต่อของน้ำ เหตุที่ต้องเพิ่มแรงดันและปริมาณน้ำให้มากขึ้นจากมาตรฐาน เนื่องจาก ได้ศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำในกรุงเทพและเขตปริมณฑล จากกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าปริมาณน้ำฝนมีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำฝนเทียบเท่าจากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E 331 (พ่นน้ำในปริมาณ 5 แกลลอน ต่อ ตารางฟุต ต่อ ชั่วโมง ภายใต้แรงดัน 10 lbs/ft^2) ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณน้ำฝน 8 นิ้วต่อชั่วโมง แต่ปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบการเกิด 10 ปีในกรุงเทพและเขตปริมณฑลมีค่าสูงถึงประมาณ 65 นิ้วต่อชั่วโมง หรือประมาณ 8 เท่าจากมาตรฐาน และปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปีที่น้อยกว่าคือมีโอกาสเกิดขึ้นได้บ่อยกว่าก็มีค่าน้อยลงมา แต่ก็ยังมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ผู้ทำการวิจัยจึงกำหนดให้ทดสอบด้วยปริมาณน้ำฝน 3, 5, และ 8 เท่าจากมาตรฐาน และระยะเวลาในการทดสอบให้ยาวนานขึ้นเพื่อสังเกตการซึมผ่านรอยต่อของน้ำดังที่กล่าวมา จากนั้นบันทึกผลการทดสอบ โดยมีข้อกำหนดของการทดสอบคือหาก "***ไม่มีการรั่วซึม*** *หมายถึงการทดสอบทั้ง 3 ครั้งภายใต้แรงดันเดียวกันไม่เกิดการรั่วซึม*" ส่วนถ้าหาก "***มีการรั่วซึม*** *หมายถึงการทดสอบอย่างน้อย 1 ครั้งจากการทดสอบ 3 ครั้งภายใต้แรงดันเดียวกัน เกิดการรั่วซึม*" และใช้สัญลักษณ์แทนด้วย NP = ไม่มีการรั่วซึม (Not penetrated), P = มีการรั่วซึม (Penetrated)

4.2 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

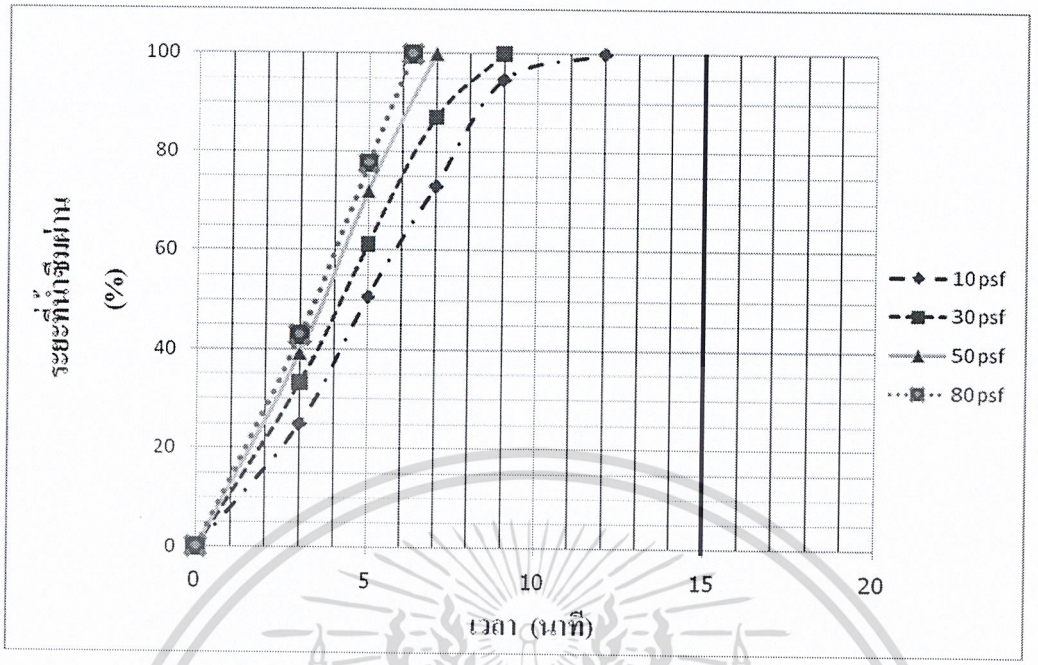
4.2.1 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์การซึมผ่านรอยต่อแนวตั้ง

รอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 1



รูปที่ 4.1 แสดงรอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 1

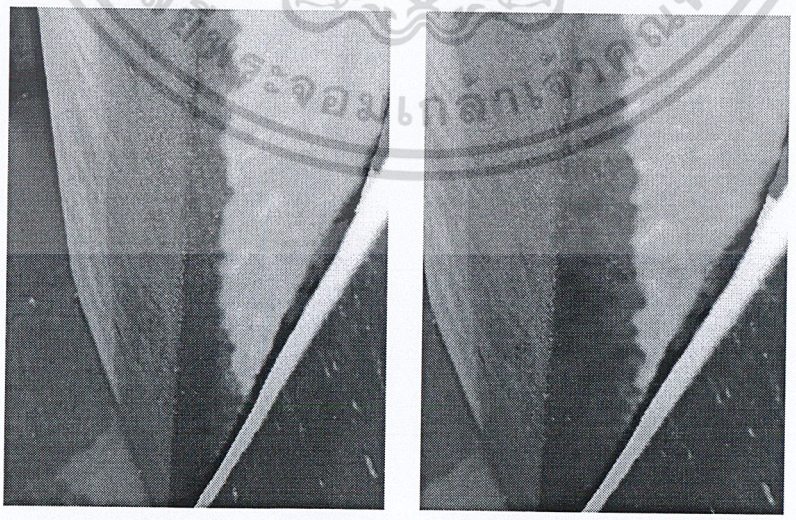
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำค่าต่างๆ

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อแรงดันน้ำเพิ่มมากขึ้น อัตราการรั่วซึมผ่านรอยต่อเพิ่มขึ้นตามไปด้วยสังเกตจากความชันของเส้นกราฟที่มากขึ้น จนทำให้รอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ไม่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน

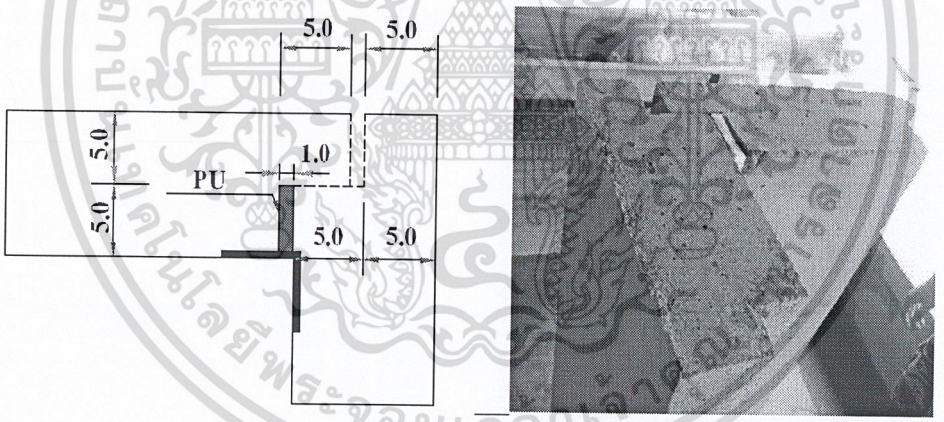


รูปที่ 4.3 แสดงการรั่วซึมของรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 เมื่อฉีดน้ำความดัน 10 psf ถึงนาทีที่ 12 (ซ้าย) และเมื่อฉีดน้ำความดัน 80 psf ถึงนาทีที่ 6 (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

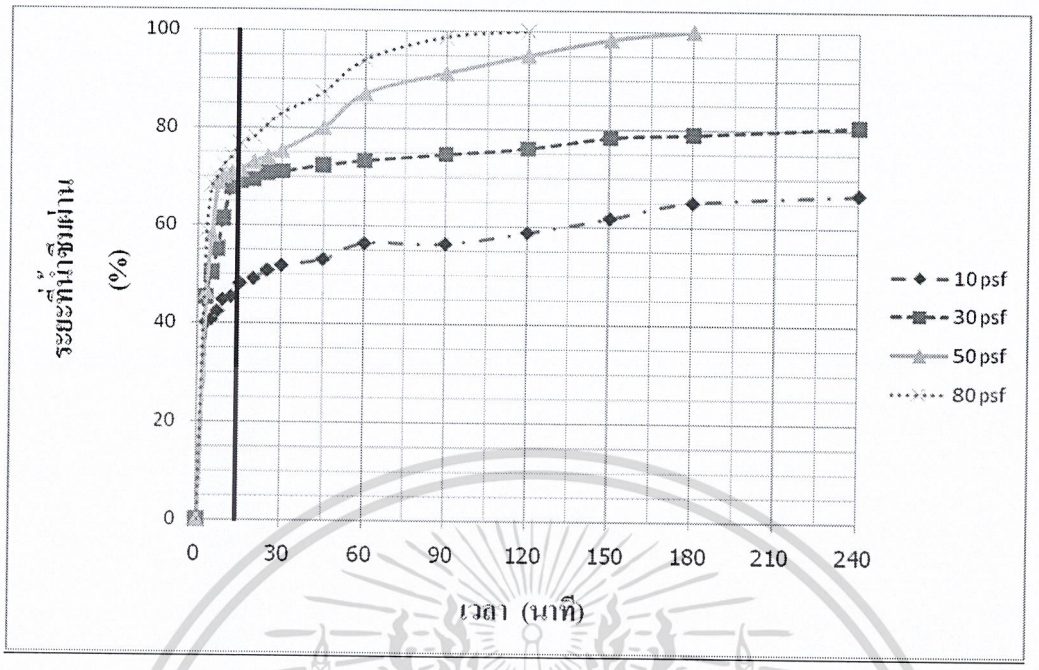
จากภาพที่ 4.3 จะเห็นว่าแรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำซึมผ่านรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ได้เร็วขึ้น ถึงแม้รอยต่อจะแนบสนิทกับแผ่นโฟม ซึ่งใช้แทนสารกันซึมที่เสื่อมสภาพ ในสภาพความเป็นจริงเมื่อสารกันซึมหรือวัสดุยาแนวรอยต่อเสื่อมสภาพลง ความสามารถในการยึดเกาะกับผิวคอนกรีตจะลดลง หรือคุณสมบัติในการป้องกันน้ำซึมผ่านของเนื้อสารจะลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำที่มีแรงดัน ซึมผ่านไปได้ ในการทดสอบใช้แผ่นโฟมอัดที่ผิวของแผ่นโฟมไม่ยึดเกาะกับผิวของแผ่นผนังคอนกรีต ประกอบกับรูปร่างลักษณะของรอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 1 ที่เรียบเสมอกันตลอดทั้งแนวรอยต่อ จึงไม่มีการป้องกันน้ำซึมผ่านด้วยสิ่งอื่นเลยนอกจากสารกันซึมที่นำมายาแนวรอยต่อไว้ เมื่อสารกันซึมเสื่อมสภาพลงน้ำจึงซึมผ่านได้อย่างง่ายดาย จากผลการทดสอบเมื่อใช้แรงดันน้ำเพียง 10 psf ปริมาณน้ำ 5.07 gal/ft^2/hr เกิดการรั่วซึมเมื่อเวลาผ่านไปเพียงนาทีที่ 12 จึงไม่ผ่านมาตรฐานที่กำหนด และเมื่อเพิ่มแรงดันน้ำขึ้นอีกเป็น 30 psf , 50 psf และ 80 psf การรั่วซึมเกิดเร็วยิ่งขึ้นคือ นาทีที่ 9 ,7 และ 6 ตามลำดับซึ่งไม่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน

รอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 2



รูปที่ 4.4 แสดงรอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



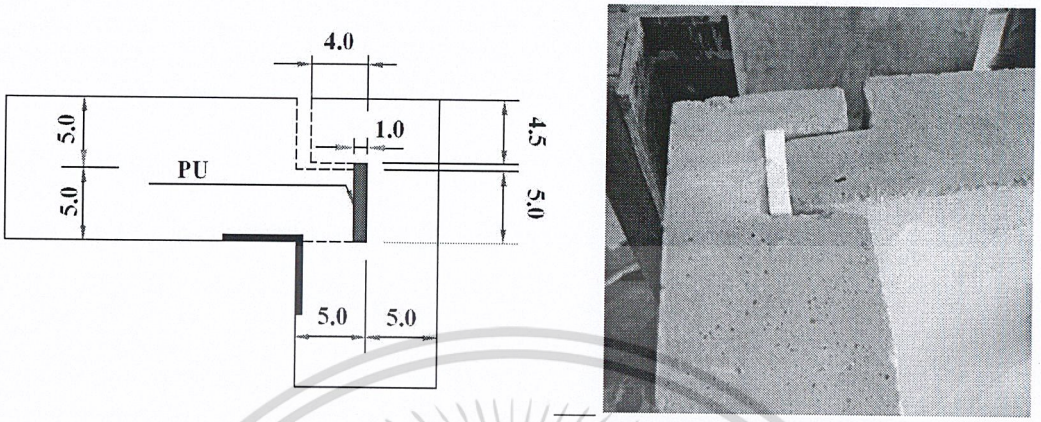
หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำค่าต่างๆ

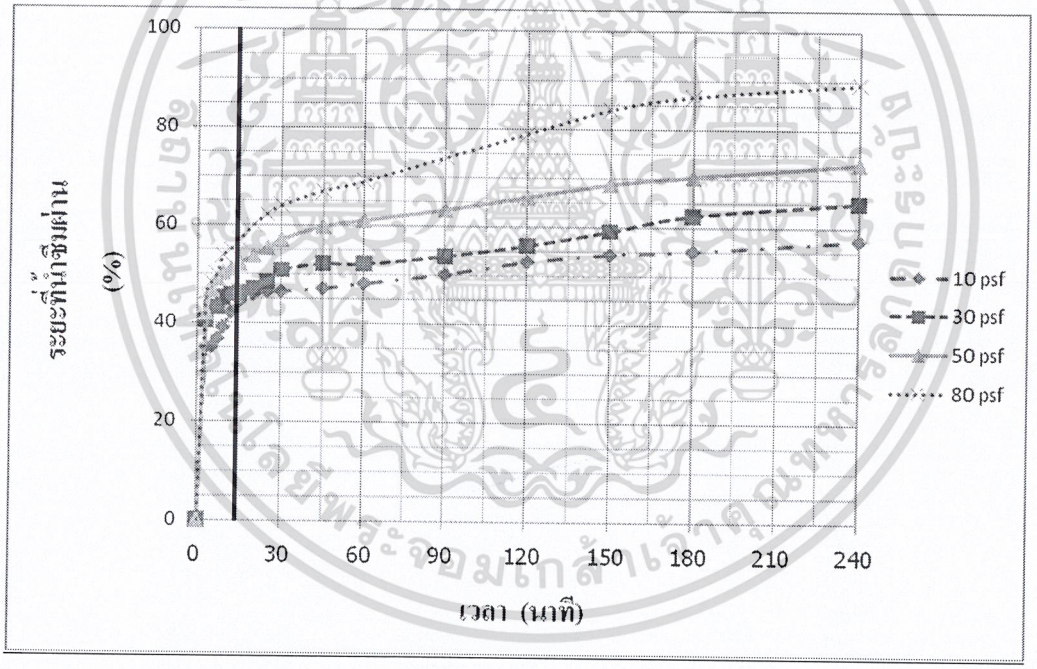
จากรูปที่ 4.5 เมื่อเริ่มทำการทดสอบจะเห็นว่าเมื่อเริ่มทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์การรั่วซึมเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 50 – 70 % อย่างรวดเร็ว นั่นเป็นเพราะรูปแบบของรอยต่อที่มีช่องปรับลดความดันอากาศซึ่งจะเปิดกทันทีที่เริ่มทดสอบ แต่จากเส้นกราฟจะเห็นว่าเมื่อการปรับสมดุลยของความดันอากาศประกอบกับรูปร่างของแบบรอยต่อที่มีเหลี่ยมมุม(สังเกตจากรูปที่ 4.4) ที่ช่วยลดความแรงของน้ำที่มาปะทะและเพิ่มระยะที่น้ำจะต้องซึมผ่านไปยังอีกด้านของรอยต่อเมื่อเทียบกับรอยต่อที่เรียบเสมอกัน ทำให้เปอร์เซ็นต์การรั่วซึมในเวลาต่อมาเริ่มลดลง และเริ่มจะหยุดการรั่วซึมได้สำหรับแรงดันน้ำที่ 10 psf และ 30 psf ส่วนในช่วงแรงดันน้ำที่ 50 psf และ 80 psf จะเห็นว่าความชันของเส้นกราฟเพิ่มมากขึ้นแสดงถึงอัตราการรั่วซึมที่เพิ่มขึ้นจึงเกิดการซึมผ่านรอยต่อในชั่วโมงที่ 2 และ 3 ของการทดสอบตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 3



รูปที่ 4.6 แสดงรอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 3

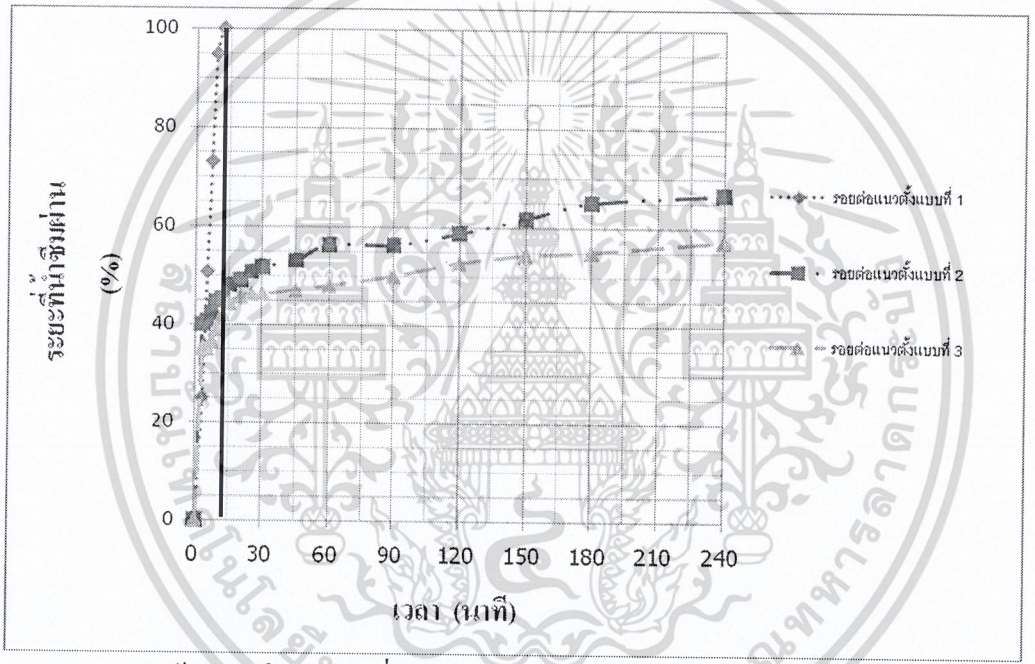


หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.7 เมื่อเริ่มทำการทดสอบจะเห็นว่าเมื่อเริ่มทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์การรั่วซึมเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 40 – 50 % อย่างรวดเร็วตามค่าแรงดันน้ำ นั่นเป็นเพราะรูปแบบของรอยต่อที่มีช่องปรับลดความดันอากาศซึ่งจะเปียกทันทีที่เริ่มทดสอบเช่นเดียวกับรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 แต่เมื่อสังเกตรูปที่ 9 จะเห็นว่ารอยต่อแนวตั้งรูปแบบที่ 3 มีเหลี่ยมมุมที่มากกว่า รูปแบบที่ 2 ทำให้ระยะที่น้ำจะต้องซึมผ่านไปยังอีกด้านของรอยต่อมีมากกว่า การป้องกันการรั่วซึมจึงดีกว่า สังเกตจากเส้นกราฟที่แรงดัน 80 psf แม้เวลาผ่านไปถึง 4 ชั่วโมง แต่ก็ยังซึมผ่านรอยต่อไม่ได้และเส้นกราฟมีแนวโน้วอัตราการรั่วซึมที่น้อยลง ส่วนเส้นกราฟที่แรงดัน 50, 30, และ 10 psf นั้นมีอัตราการรั่วซึมที่น้อยกว่าและเริ่มจะหยุดการรั่วซึมได้เร็วกว่าตามลำดับ

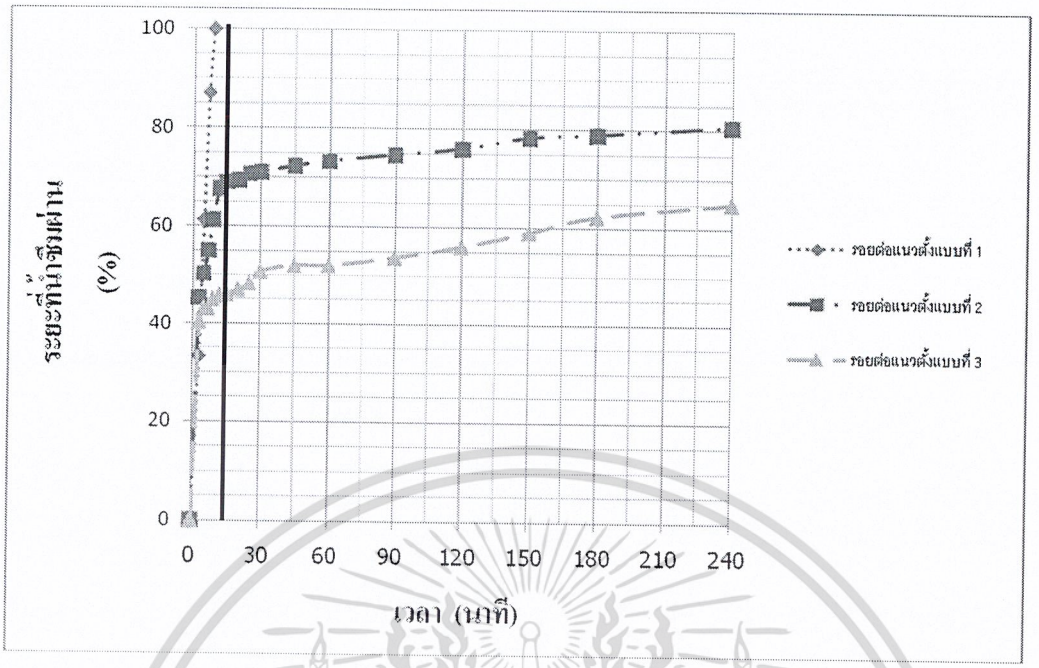


หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งทั้ง 3 แบบ ที่ความดันน้ำ 10 psf

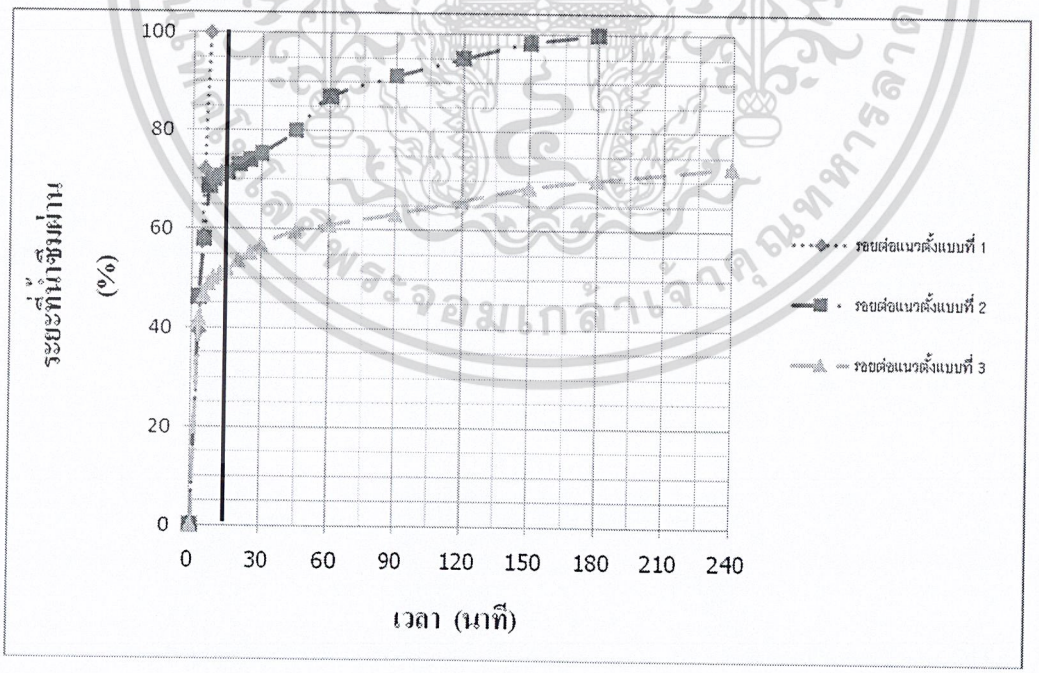
จากรูปที่ 4.8 เมื่อนำอัตราการรั่วซึมของรอยต่อแนวตั้งทั้ง 3 แบบ ที่แรงดันน้ำตามมาตรฐาน ASTM E-311 (10 psf ปริมาณ 5 gal/ft^2/hr ในระยะเวลา 15 นาที) มาเปรียบเทียบกัน จะเห็นว่ารอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ซึ่งเป็นรูปแบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันนั้น ไม่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานในสภาพที่สารกันซึมหรือวัสดุยาแนวเสื่อมสภาพเนื่องจากอาศัยประสิทธิภาพจากสารกันซึมในการป้องกันการรั่วซึมเพียงอย่างเดียว ส่วนรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 และ 3 สามารถทนต่อการรั่วซึมได้นาน ถึงกว่า 4 ชั่วโมง และยิ่งเวลานานขึ้นอัตราการรั่วซึมยิ่งน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

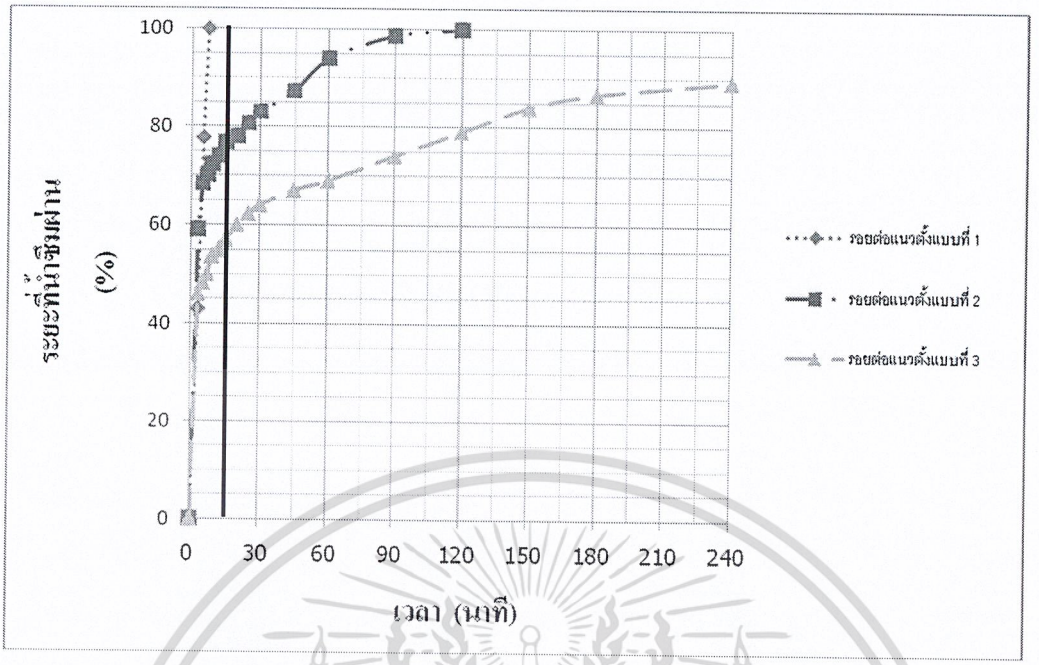
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งทั้ง 3 แบบ ที่แรงดันน้ำ 30 psf



หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งทั้ง 3 แบบ ที่แรงดันน้ำ 50 psf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

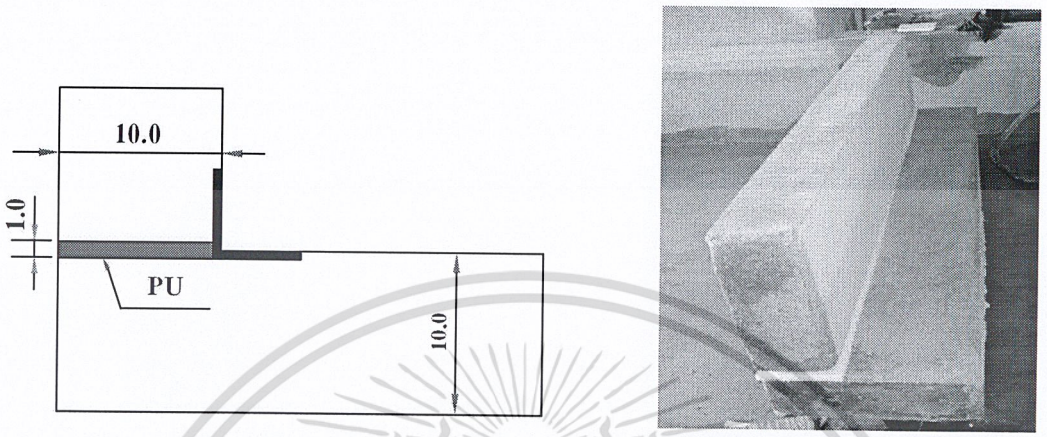
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งทั้ง 3 แบบ ที่แรงดันน้ำ 80 psf

จากรูปที่ 4.9 เมื่อทดสอบการรั่วซึมที่แรงดันน้ำ 30 psf รอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 และ 3 เกิดการรั่วซึมเพิ่มมากขึ้นที่เวลาเดียวกันเมื่อทดสอบด้วยแรงดันน้ำที่น้อยกว่าและเริ่มเห็นถึงประสิทธิภาพของการต้านทานการรั่วซึมของรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ดีกว่าแบบที่ 2 ชัดเจนขึ้น และจากรูปที่ 4.10 และ 4.11 ที่เพิ่มแรงดันน้ำเป็น 50 psf และ 80 psf ตามลำดับ จะเห็นแนวโน้มของเส้นกราฟรอยต่อแบบที่ 2 มีอัตราการซึมผ่านของน้ำที่มากกว่ารอยต่อแบบที่ 3 สังเกตจากความชันของเส้นกราฟที่มีความชันมากขึ้นเมื่อเพิ่มแรงดันน้ำในการทดสอบ เหตุที่รอยต่อแบบที่ 3 มีอัตราการรั่วซึมที่น้อยกว่านั้นเนื่องจากมีระยะทางการเคลื่อนที่ของน้ำมากกว่ารอยต่อแบบที่ 2 ทำให้น้ำซึมผ่านไปได้ยากกว่า และใช้เวลานานกว่า

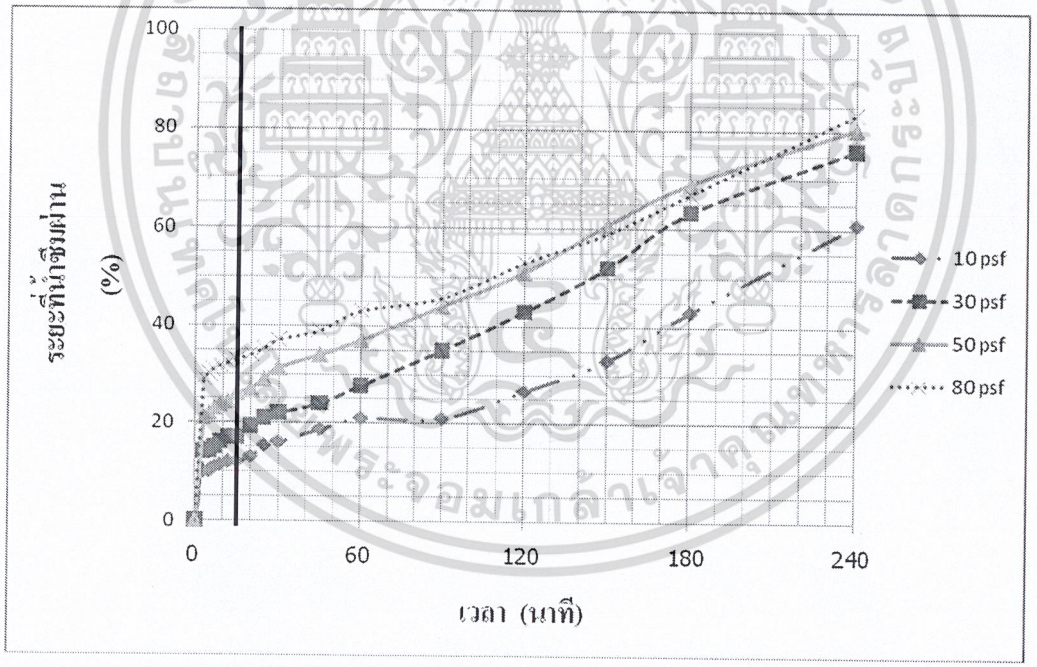
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดสอบรอยต่อของผนังกับพื้น(รอยต่อแนวนอน)

รอยต่อแนวนอนรูปแบบที่ 1



รูปที่ 4.12 แสดงรอยต่อแนวนอนรูปแบบที่ 1



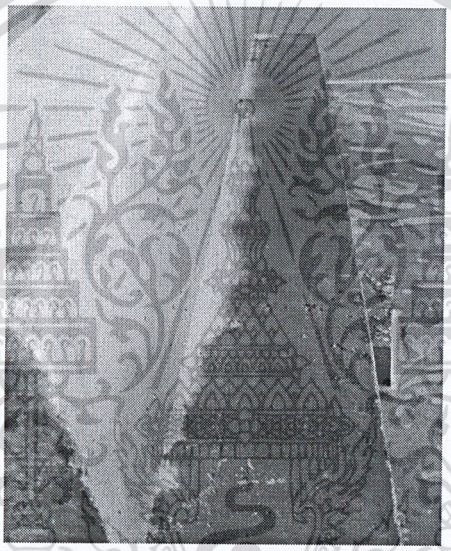
หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

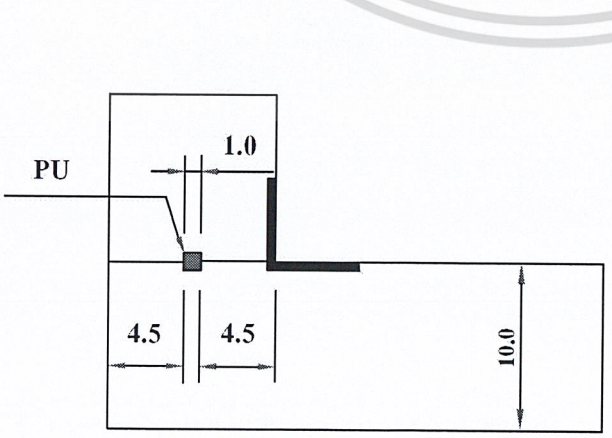
แนวรอยต่อที่เป็นแนวนอน น้ำจะผ่านแนวรอยต่อไปด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกอย่างรวดเร็ว ไม่ไหลไปสะสมกันบริเวณรอยต่อ อย่างรอยต่อแนวตั้งจึงแทบจะไม่พบปัญหาการรั่วซึมกับรอยต่อบริเวณนี้จากการใช้งานจริง

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นว่าอัตราการรั่วซึมในช่วงเริ่มต้นถึงประมาณนาทีที่ 5 จะมีค่าสูงหลังจากนั้นอัตราการรั่วซึมจะค่อนข้างคงที่ และมีแนวโน้มเช่นเดียวกันในทุกช่วงแรงดันน้ำ ทั้งนี้เนื่องจาก (จากรูปที่ 4.12) รอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 มีลักษณะแบนเรียบน้ำจึงซึมผ่านบริเวณด้านที่ปะทะน้ำโดยตรงได้เร็ว และค่อย ๆ ช้าลงเมื่อซึมผ่านด้านหน้าเข้าไป ซึ่งแรงดันจากภายนอกแทบจะไม่มีผล แต่น้ำก็ยังคงซึมต่อไปเรื่อย ๆจนผ่านรอยต่อไปยังอีกด้านในที่สุด



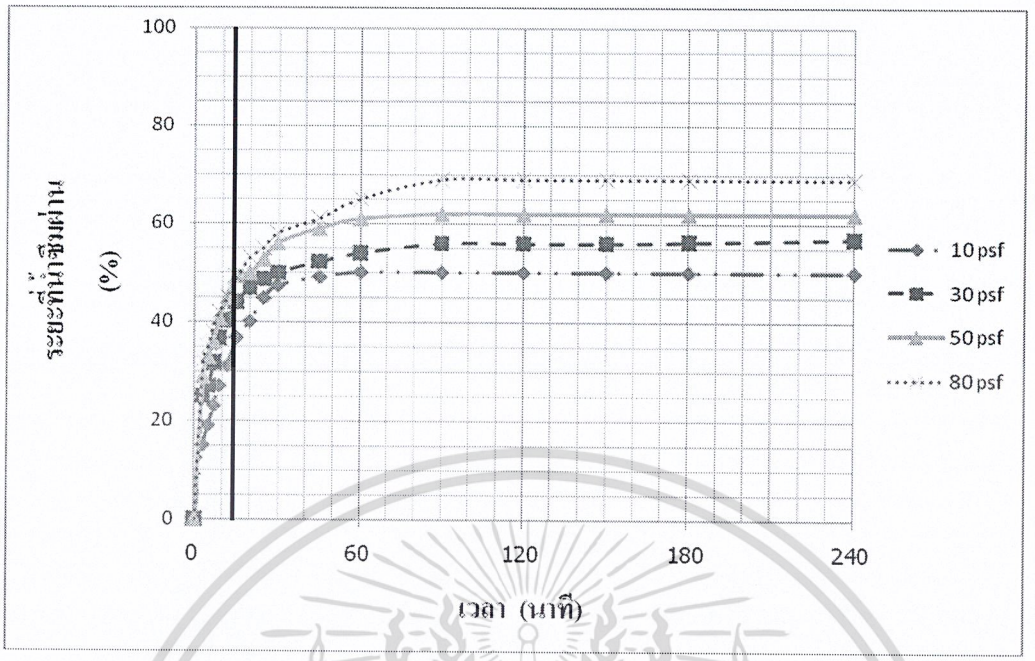
รูปที่ 4.14 แสดงการรั่วซึมของรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1

รอยต่อแนวนอนรูปแบบที่ 2



รูปที่ 4.15 แสดงรอยต่อแนวนอนรูปแบบที่ 2

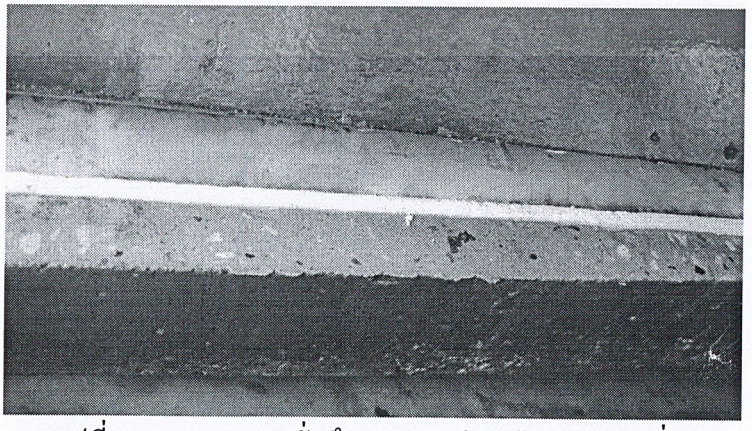
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 ที่ค่าความดันต่าง ๆ

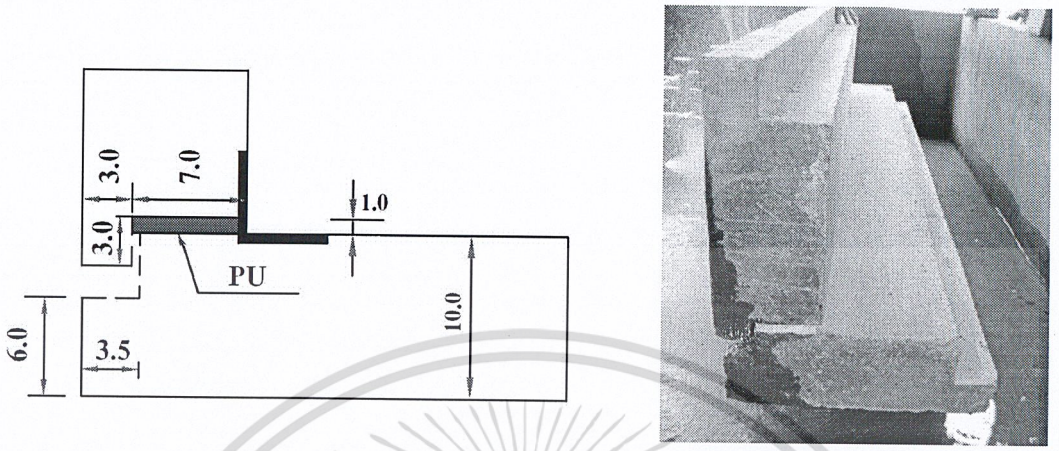
จากรูปที่ 4.16 จะเห็นว่าอัตราการรั่วซึมในช่วงเริ่มต้นถึงประมาณนาทีที่ 10 จะมีค่าสูงหลังจากนั้นอัตราการรั่วซึมจะลดลงจนแทบจะไม่มีการรั่วซึมเพิ่ม และมีแนวโน้มคล้ายกันในทุกช่วงแรงดันน้ำ ทั้งนี้เนื่องจาก (จากรูปที่ 4.15) รอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 มีลักษณะแบนเรียบแต่มีส่วนที่เป็นสารกันซึมเป็นแถบยาวและมีร่องอยู่กลางแนวรอยต่อ เมื่อน้ำซึมผ่านบริเวณด้านที่ปะทะน้ำ น้ำจะถูกระบายออกทางด้านข้างโดยมีแถบสารกันซึมที่อยู่กลางแนวรอยต่อกั้นไว้ น้ำจึงซึมผ่านแถบสารกันซึมไปได้ยาก เนื่องจากน้ำระบายออกด้านข้างได้เร็ว



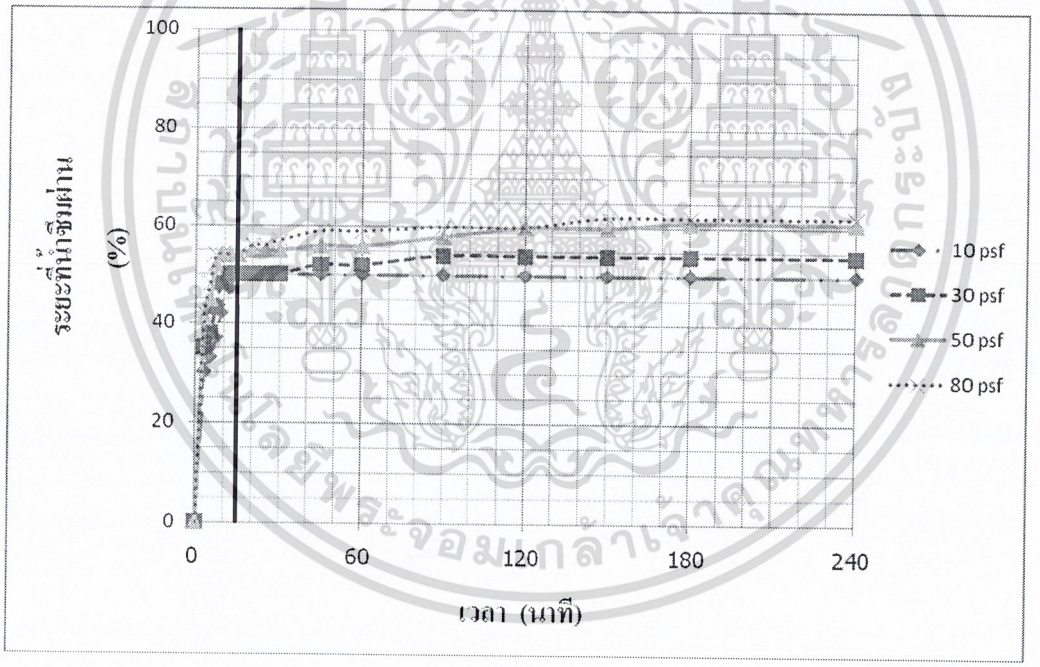
รูปที่ 4.17 แสดงการรั่วซึมของรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยต่อแนวนอนรูปแบบที่ 3



รูปที่ 4.18 แสดงรอยต่อแนวนอนรูปแบบที่ 3

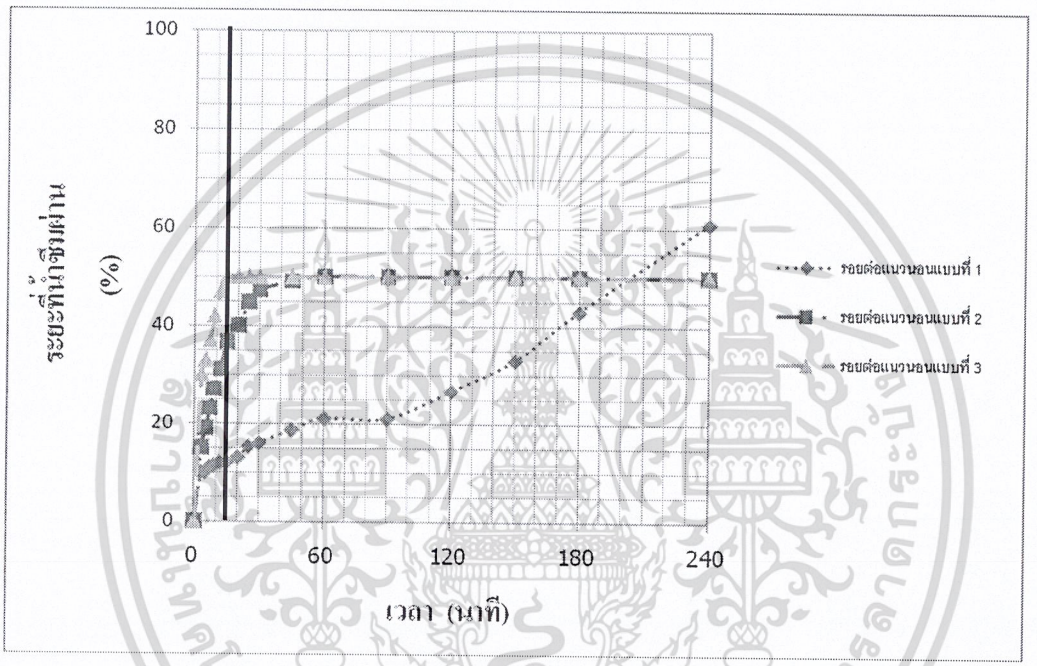


หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

รูปที่ 4.19 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 ที่ค่าความดันต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

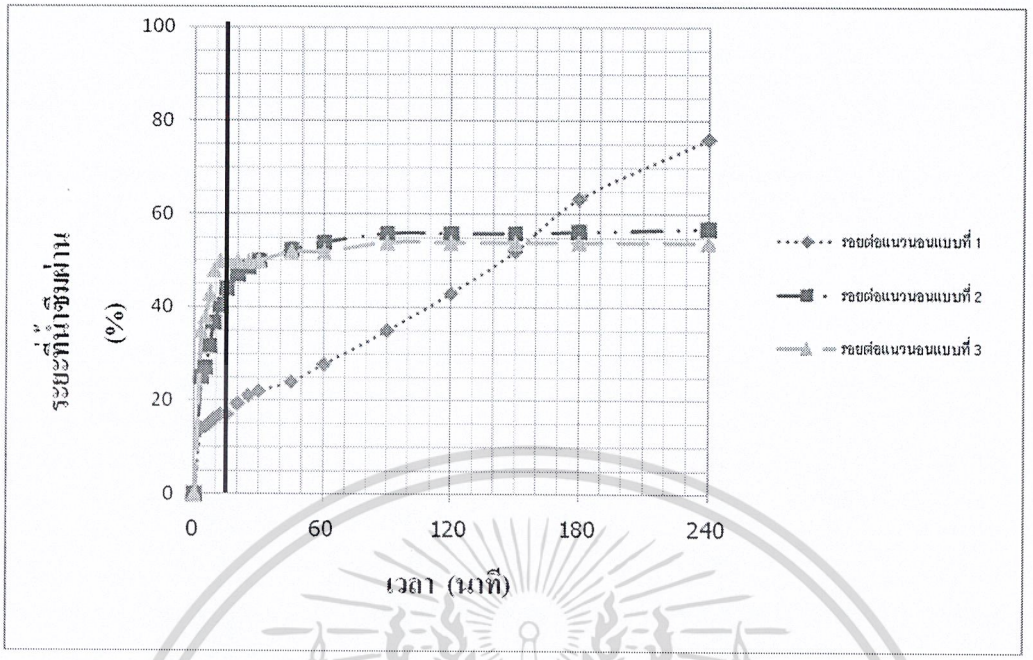
จากรูปที่ 4.19 จะเห็นว่าอัตราการรั่วซึมในช่วงแรกจะมีค่าสูง หลังจากนั้นการรั่วซึมแทบจะหยุดและมีแนวโน้มคล้ายกันในทุกช่วงแรงดันน้ำ ทั้งนี้เนื่องจาก (จากรูปที่ 4.18) รอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 มีช่องปรับลดความดันอากาศซึ่งจะเปียกทันทีที่เริ่มทดสอบ และรูปแบบรอยต่อมีส่วนที่ยกระดับขึ้นก่อนจะถึงช่วงที่มีการใช้สารกันซึม แรงดันน้ำช่วงที่มีค่าน้อยคือ 10 psf และ 30 psf น้ำจึงแทบจะซึมไปไม่ถึงช่วงที่ใช้สารกันซึมเลย ส่วนช่วงแรงดัน 50 psf และ 80 psf น้ำซึมไปถึงส่วนที่เป็นสารกันซึมได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น



หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

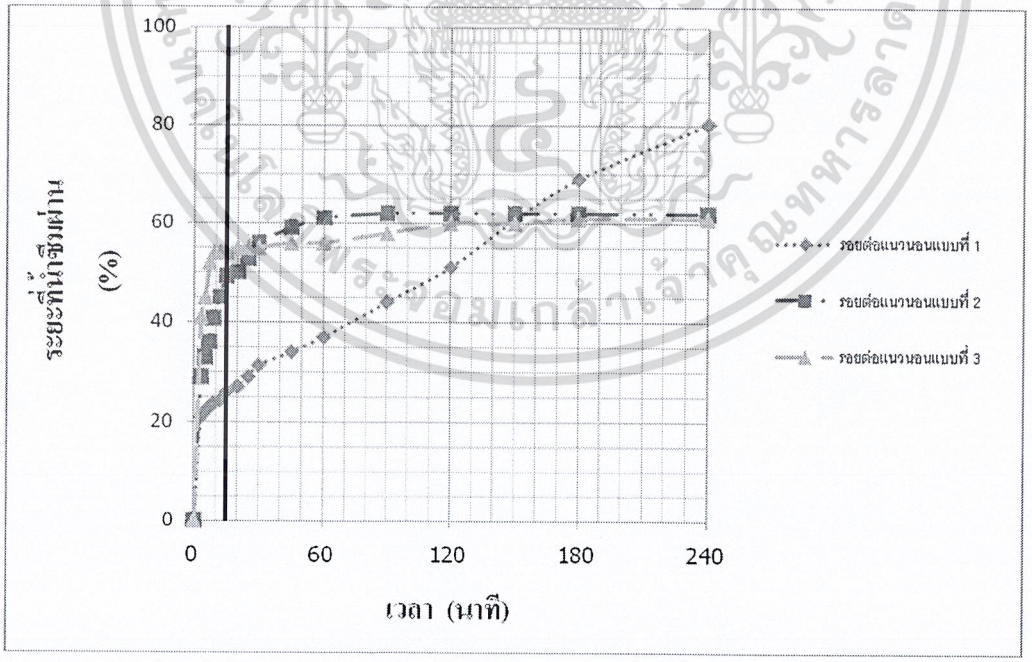
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอนทั้ง 3 แบบที่แรงดันน้ำ 10 psf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

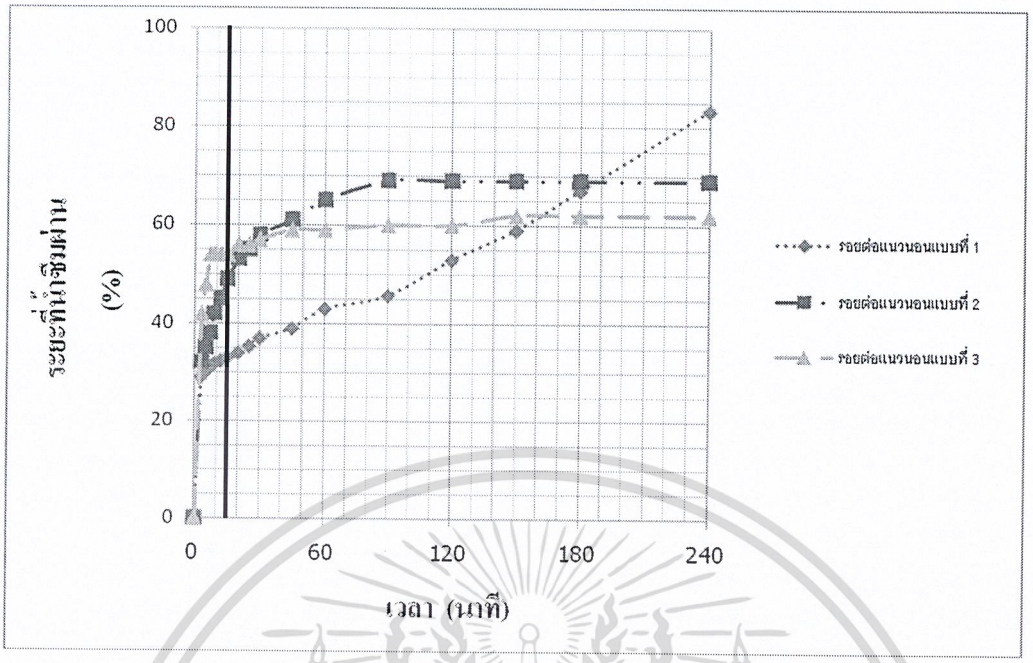
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำรั่วซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอนทั้ง 3 แบบ ที่แรงดันน้ำ 30 psf



หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

รูปที่ 4.22 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอนทั้ง 3 แบบ ที่แรงดันน้ำ 50 psf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ เส้นสีดำทึบในแนวดิ่ง คือ ระยะเวลาในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-E331

รูปที่ 4.23 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวนอนทั้ง 3 แบบ ที่แรงดันน้ำ 80 psf

จากรูปที่ 4.20 เมื่อนำอัตราการรั่วซึมของรอยต่อแนวตั้งทั้ง 3 แบบ ที่แรงดันน้ำตามมาตรฐาน ASTM E-311 (10 psf ปริมาณ 5 gal/ft^2/hr ในระยะเวลา 15 นาที) มาเปรียบเทียบกัน จะเห็นว่ารอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ซึ่งเป็นรูปแบบที่นิยมใช้ในปัจจุบัน พบว่าเกิดการรั่วซึมอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้จะใช้เวลานาน แต่ก็จะทำให้เกิดการรั่วซึมผ่านรอยต่อไปได้ในที่สุด เนื่องจากลักษณะรอยต่อที่ใช้ประสิทธิภาพจากสารกันซึมในการป้องกันการรั่วซึมเพียงอย่างเดียว เมื่อสารกันซึมเสื่อมสภาพ การรั่วซึมจึงเกิดขึ้น ส่วนรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 และ 3 นั้น การรั่วซึมเกิดขึ้นมากในช่วงแรก แต่กลไกของรูปแบบรอยต่อก็สามารถหยุดการรั่วซึมไว้ได้ เนื่องจากการออกแบบให้รูปร่างของรอยต่อสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีในระดับหนึ่ง ผลการทดสอบจึงเป็นดังที่แสดงในกราฟรูปที่ 4.20

จากรูปที่ 4.21 , 4. 22 และ 4. 23 เมื่อทดสอบการรั่วซึมที่แรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นเป็น 30, 50 และ 80 psf พบว่าลักษณะเส้นกราฟคล้ายกับการทดสอบที่แรงดันน้ำ 10 psf แต่ทุกแบบรอยต่อ มีค่าการรั่วซึมสูงสุดเพิ่มขึ้น แต่การรั่วซึมยังคงไม่มากพอที่จะซึมผ่านรอยต่อไปได้ โดยที่รอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ยังคงมีการรั่วซึมอย่างต่อเนื่องหลังเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ส่วนรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 และ 3 สามารถหยุดการรั่วซึมได้ที่เปอร์เซ็นการรั่วซึมประมาณ 50 – 70 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบได้ข้อมูล ความต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำฝนบริเวณรอยต่อ ทั้งรอยต่อแนวตั้งและรอยต่อแนวนอน และได้วิเคราะห์ผลดังที่กล่าวมาในบทที่แล้ว สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

1. จากผลการทดสอบจะเห็นว่าปัญหาการรั่วซึมบริเวณรอยต่อจะเกิดกับรอยต่อแนวตั้งได้มากกว่ารอยต่อแนวนอนเนื่องด้วยรอยต่อแนวนอน น้ำจะผ่านแนวรอยต่อไปด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกอย่างรวดเร็ว ไม่ไหลไปสะสมกันบริเวณรอยต่อ อย่างรอยต่อแนวตั้งจึงแทบจะไม่พบปัญหาการรั่วซึมกับรอยต่อบริเวณนี้

2. รอยต่อที่ถูกออกแบบให้มีเหลี่ยมมุมหรือลักษณะรอยต่อบังใบ เมื่อน้ำที่มีแรงดันมากระทบกับรอยต่อ รูปร่างของรอยต่อจะทำให้น้ำเปลี่ยนทิศทาง และเพิ่มระยะทางที่น้ำจะต้องซึมผ่านรอยต่อ น้ำจึงซึมผ่านได้ยากขึ้น ส่วนช่องเปิดด้านที่ปะทะกับน้ำ มีไว้เพื่อปรับความดันอากาศ เพื่อลดแรงดันน้ำที่ผ่านเข้ามาในช่องรอยต่อ จากผลการทดสอบรอยต่อในแนวตั้งพบว่ารอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 และ 3 มีประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมมากกว่ารอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ซึ่งรอยต่อใช้ประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมจากวัสดุยาแนวเพียงอย่างเดียว

3. จากการทดสอบการรั่วซึมของรอยต่อในแนวตั้งพบว่า รอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมมากกว่ารอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากมีรูปร่างรอยต่อที่มีเหลี่ยมมุม ที่จะเปลี่ยนทิศทางการซึมของน้ำได้มากกว่า ระยะทางที่น้ำซึมผ่านรอยต่อจึงมากกว่า รอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 น้ำจึงซึมผ่านไปได้ยากกว่า สังเกตได้จากความชันของกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านเทียบกับเวลาของรอยต่อแนวตั้งทั้ง 3 แบบที่แรงดันน้ำ 50 และ 80 psf ซึ่งจะเห็นความชันที่แตกต่างกันซึ่งแสดงถึงอัตราการซึมผ่านรอยต่อของรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่มากกว่า(ความชันเส้นกราฟมากกว่า) รอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 เช่นที่เวลา 180 นาที ของการทดสอบที่แรงดันน้ำ 50 psf รอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 เกิดการั่วซึมแล้วในขณะที่ รอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 มีระยะน้ำซึมผ่านรอยต่อเพียง 70 % เท่านั้น ดังนั้นการออกแบบให้รอยต่อมีรูปร่าง ลักษณะที่สามารถช่วยสลายพลังงานของน้ำฝนได้มากกว่าจะเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการรั่วซึมของน้ำฝนได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากการทดสอบการรั่วซึมของรอยต่อในแนวนอนพบว่า รอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ยังมีแนวโน้มการซึมอย่างต่อเนื่องหลังเวลาผ่านไปถึง 4 ชั่วโมง ส่วนรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 และ 3 นั้น การซึมเกิดขึ้นมากในช่วงแรก แต่กลไกของรูปแบบรอยต่อก็สามารถหยุดการรั่วซึมไว้ได้ เนื่องจากการออกแบบให้รูปร่างของรอยต่อสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ โดยแทบจะไม่ใช้ประสิทธิภาพจากสารยาแนว

5.2 วิจารณ์และเสนอแนะ

1. สำหรับรอยต่อในแนวตั้งแบบที่ 3 ถึงแม้จะมีประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมมากที่สุด แต่การนำไปใช้งานจริงอาจทำได้ยาก ต้องมีการใช้เครื่องมือในการติดตั้งที่มีความแม่นยำสูง เพราะรอยต่อประกอบกันได้ยาก และอาจเกิดการเสียหายของรอยต่อขณะติดตั้งได้ง่าย

2. สำหรับรอยต่อในแนวตั้งแบบที่ 2 ซึ่งมีประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมที่น้อยกว่ารอยต่อในแนวตั้งแบบที่ 3 แต่การประกอบและติดตั้งในการใช้งานจริงทำได้ง่ายกว่า จึงมีความเป็นไปได้ในการใช้งานจริงมากว่า

3. สำหรับการทดสอบการรั่วซึมที่ความดันและปริมาณน้ำมากถึง 8 เท่าจากมาตรฐานASTM E 331 ในส่วนของการใช้งานจริง โอกาสที่ปริมาณน้ำฝนจะมากขนาดนี้นั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเป็นปริมาณน้ำฝนในรอบการเกิด 10 ปี (ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา)

4. สำหรับรอยต่อในแนวนอนที่จะนำไปในระบบผนังรับแรง ควรพิจารณาถึงหน้าตัดรับแรงด้วย

5. สำหรับการทดสอบความต้านทานการรั่วซึม อาจเพิ่มรูปแบบรอยต่อ และทำการทดสอบเพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการมีช่องปรับความดันอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการหนังสืออ้างอิง

สาธิต คำเงิน, 2550. ชุดผนังคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปชนิดถอดประกอบได้. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายวิทยา สีพา,นายวุฒิพงษ์ มณีโชติ, 2545. การศึกษาปัญหาในการก่อสร้างและสาเหตุของปัญหาในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบสำเร็จรูปสองชั้น. ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายพนม แก้วช่วง,นายชาติสยาม คำพันธ์, 2542. บ้านพักอาศัยสำเร็จรูป.ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นายไพโรจน์ คุณานนท์, 2536.การพิจารณาเลือกใช้พื้นสำเร็จรูปคอนกรีตอัดแรงแบบต่างๆ. ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นายศุภวิศท์ สุขวดี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2550.การติดตามผลการนำระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปมาใช้ในโครงการบ้านจัดสรร ประเภทบ้านเดี่ยว.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มามี โตบารมีกุล,2540.การศึกษาระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในกรุงเทพและปริมณฑล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Badir Kadir and Hashim,A.H. 2002."Industrialized Building Systems Construction in Malaysis."Journal of Architectural Engineering.Vol. 8,No.1:Page19-23.

GmbH, Bauverlag, Wiesbaden and Berlin, B. 1968. Building with Large Prefabricated. Amsterdam : Elsevier

Tam และคณะ,2007."Towards Adoption of Prefabrication in construction." Building and Environment.Vol. 42 :Page 3642-3654

Ahadzie Proverbs and Olomolaiye,P.O.2007."Critical Success Criteria for Mass House Building Projects in Developing Countries."International Journal of Project Management. Article in press :Page 1-13

Jirawat Damrianant,Application of prefabrication System for hight-rise Building Construction in Bangkok : A Case Study.AIT thesis No.ST-93-5.Asia Institute of Technology,Bangkok.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

อรรถนพ ลาภชุ่มสี, 2543. การก่อสร้างที่พักอาศัยระบบอุตสาหกรรมในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นายวิทยา สีพา,นายวุฒิพงษ์ มณีโชติ, 2545. การศึกษาปัญหาในการก่อสร้างและสาเหตุของปัญหาในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบสำเร็จรูปสองชั้น. ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มามี โตบารมีกุล,2540.การศึกษาระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในกรุงเทพและปริมณฑล.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นายพนม แก้วช่าง,นายชาติสยาม คำพันธ์, 2542. บ้านพักอาศัยสำเร็จรูป. ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 1 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 10 psf

หมายเหตุ การทดสอบรอยต่อทุกแบบ ถ้าระยะที่น้ำซึมผ่าน 100 % แสดงว่าเกิดการรั่วซึมของน้ำฝน

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 10 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 5.07 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	23	27	25	25
5	52	58	54	50.7
7	71	75	73	73
9	94	98	92	94.7
12	100	100	100	100
15	100	100	100	100
20	100	100	100	100
25	100	100	100	100
30	100	100	100	100
45	100	100	100	100
60	100	100	100	100
90	100	100	100	100
120	100	100	100	100
150	100	100	100	100
180	100	100	100	100
240	100	100	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 2 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 30 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 30 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 16.21 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	32	34	34	33.3
5	54	57	55	61.3
7	86	88	87	87
9	100	100	100	100
12	100	100	100	100
15	100	100	100	100
20	100	100	100	100
25	100	100	100	100
30	100	100	100	100
45	100	100	100	100
60	100	100	100	100
90	100	100	100	100
120	100	100	100	100
150	100	100	100	100
180	100	100	100	100
240	100	100	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 3 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 50 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 50 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 26.40 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	38	40	40	39.3
5	67	70	68	72
7	100	100	100	100
9	100	100	100	100
12	100	100	100	100
15	100	100	100	100
20	100	100	100	100
25	100	100	100	100
30	100	100	100	100
45	100	100	100	100
60	100	100	100	100
90	100	100	100	100
120	100	100	100	100
150	100	100	100	100
180	100	100	100	100
240	100	100	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 4 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 80 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 80 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 41.73 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	42	42	45	43
5	76	78	79	77.7
7	100	100	100	100
9	100	100	100	100
12	100	100	100	100
15	100	100	100	100
20	100	100	100	100
25	100	100	100	100
30	100	100	100	100
45	100	100	100	100
60	100	100	100	100
90	100	100	100	100
120	100	100	100	100
150	100	100	100	100
180	100	100	100	100
240	100	100	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 5 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 10 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 30 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 5.07 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	39	39	39	40
5	40	40	40	40.7
7	40	45	45	42.3
9	45	45	45	44.7
12	45	47	47	45.3
15	48	49	49	48
20	48	50	50	49
25	50	50	50	50.7
30	51	52	52	51.7
45	53	53	53	53
60	55	54	54	56.3
90	56	54	54	56.3
120	58	58	58	58.7
150	60	60	60	61.7
180	62	65	65	65
240	66	68	68	66.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 6 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 30 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 30 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 16.21 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	45	47	44	45.3
5	50	52	49	50.3
7	54	56	55	55
9	61	62	61	61.3
12	67	69	67	67.7
15	69	70	68	69
20	70	70	68	69.3
25	71	71	70	70.7
30	71	72	70	71
45	73	73	72	72.3
60	73	74	73	73.3
90	74	75	75	74.7
120	75	77	76	76
150	77	80	78	78.3
180	78	80	79	79
240	80	82	80	80.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 7 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 50 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 50 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 26.40 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	46	48	45	46.3
5	58	59	57	58
7	69	70	67	68.7
9	70	71	69	70
12	70	71	70	70.7
15	71	72	71	71.3
20	73	74	72	73
25	73	76	73	74
30	74	77	75	75.3
45	83	85	81	80
60	91	92	90	87
90	94	95	92	91.3
120	94	96	95	95
150	98	98	99	98.3
180	100	100	100	100
240	100	100	100	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 8 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 80 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 80 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 41.73 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	57	59	58	59
5	67	69	69	68.3
7	69	71	70	70
9	72	73	72	72.3
12	73	75	74	74
15	76	77	77	76.7
20	77	79	78	78
25	78	79	79	78.7
30	78	80	79	79
45	86	89	87	87.3
60	93	96	93	94
90	99	99	98	98.7
120	100	100	100	100
150	100	100	100	100
180	100	100	100	100
240	100	100	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 9 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 10 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 10 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 5.07 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	35	36	34	35
5	34	35	36	35
7	35.8	36.7	37.6	36.7
9	39	39	39	39
12	41	42	43	42
15	43.1	45.5	44.3	44.3
20	45.6	44.7	46.8	45.7
25	46.2	46.3	46.4	46.3
30	46.3	46.3	46.3	46.3
45	47	47	47	47
60	47.5	49.5	48	48
90	50	50	50	50
120	52.7	51.4	54	52.7
150	54.3	54	54.6	54.3
180	55	55	55	55
240	57.3	57.1	57.5	57.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 10 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 30 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 30 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 16.21 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	40.3	40	40.6	40.3
5	43	43	43	43
7	43	43	43	43
9	45	45	45	45
12	45.7	45.7	45.7	45.7
15	46	46	46	46
20	47	47	47	47
25	48	48.3	48.6	48.3
30	50.7	50.7	50.7	50.7
45	51	52	53	52
60	51	52	53	52
90	53.5	52.7	54.9	53.7
120	56	56	56	56
150	59.5	59	58.5	59
180	62.1	62.3	62.5	62.3
240	66	65	64	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 11 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 50 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 50 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 26.40 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	42	42	42	42
5	46.5	46.7	46.9	46.7
7	49	48	50	49
9	50.3	49.3	51.3	50.3
12	51	51	51	51
15	52	53	51	52
20	53.7	53.5	53.9	53.7
25	55.4	55.3	55.2	55.3
30	57	58	56	57
45	59.7	59.6	59.8	59.7
60	61	61	61	61
90	63.3	63	63.6	63.3
120	66	65	67	66
150	68.6	68.7	68.8	68.7
180	70	70.3	70.6	70.3
240	73	72	74	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 12 ผลการทดสอบรอยต่อแนวตั้งแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 80 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 80 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 41.73 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	45	46	47	46
5	48.3	48.3	48.3	48.3
7	50	50	50	50
9	53.7	53.7	53.7	53.7
12	55.5	55	54.5	55
15	57	57	57	57
20	61	60	59	60
25	62.3	62.3	62.3	62.3
30	64	64	64	64
45	65.4	65	64.6	65
60	67	67	67	67
90	69.3	69.3	69.3	69.3
120	82	80	81	81
150	84	84	84	84
180	86.7	86.7	86.7	86.7
240	89.3	89.3	89.3	89.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 13 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 10 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 10 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 5.07 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	10	10	10	10
5	10	10	10	10
7	11	11	11	11
9	11.3	11.3	11.3	11.3
12	12	12	12	12
15	12	12	12	12
20	13	13	13	13
25	15.3	15.3	15.3	15.3
30	16.5	16	15.5	16
45	18.7	18.7	18.7	18.7
60	21	21	21	21
90	21	21	21	21
120	25.7	26.7	27.7	26.7
150	33	33	33	33
180	44	43	42	43
240	61	61	61	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 14 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 30 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 30 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 16.21 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	14	14	14	14
5	14.1	14.5	14.3	14.3
7	15	15	15	15
9	16	16	16	16
12	17	17	17	17
15	17	17	17	17
20	19.1	19.5	19.3	19.3
25	21.5	20.5	21	21
30	23	22	21	22
45	24	24	24	24
60	27.7	27.7	27.7	27.7
90	35	35	35	35
120	43.5	42.5	43	43
150	52	52	52	52
180	63.3	63.3	63.3	63.3
240	76	76	76	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 15 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 50 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 50 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 26.40 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	21	21	21	21
5	22	22	22	22
7	23	23	23	23
9	23.6	23.8	23.7	23.7
12	24.3	24.5	24.1	24.3
15	26	25	27	26
20	27	27	27	27
25	29	29	29	29
30	31.5	31.3	31.1	31.3
45	34	34	34	34
60	37.5	36.5	37	37
90	45	44	43	44
120	51	51	51	51
150	60.7	60.7	60.7	60.7
180	69.5	69	68.5	69
240	80.3	80.3	80.3	80.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 16 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 1 ที่ความดันน้ำ 80 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 80 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 41.73 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	29	29	29	29
5	31	30	29	30
7	31	31	31	31
9	31.5	31.7	31.9	31.7
12	32.4	32.3	32.2	32.3
15	33.5	33	32.5	33
20	34	34	34	34
25	35.3	35.3	35.3	35.3
30	36.2	37	37.8	37
45	39	39	39	39
60	43	43	43	43
90	45.7	45.7	45.7	45.7
120	53	53	53	53
150	59	59	59	59
180	66.2	67.8	67	67
240	83.3	83.3	83.3	83.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 17 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 10 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 10 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 5.07 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	16	16	13	15
5	20	19	18	19
7	25	22	22	23
9	28	26	27	27
12	32	29	32	31
15	38	36	36	36.7
20	41	39	40	40
25	45	44	45	44.7
30	47	48	48	47.3
45	48	50	49	49
60	50	50	50	50
90	50	50	50	50
120	50	50	50	50
150	50	50	50	50
180	50	50	50	50
240	50	50	50	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 18 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 30 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 30 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 16.21 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	24	24	27	25
5	26	27	28	27
7	31	31	33	31.7
9	35	36	38	36.7
12	40	40	41	40.3
15	43	44	45	44
20	45	48	48	47
25	48	49	49	48.7
30	49	50	51	50
45	52	52	53	52.3
60	54	53	55	54
90	56	56	56	56
120	56	56	56	56
150	56	56	56	56
180	56	56	57	56.3
240	57	57	57	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 19 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 50 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 50 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 26.40 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	28	29	27	29
5	33	35	31	33
7	37	37	34	36
9	41	42	39	40.7
12	45	46	44	45
15	49	51	48	49.3
20	50	52	48	50
25	53	53	52	52.7
30	56	57	55	56
45	59	60	59	59.3
60	61	62	60	61
90	62	62	62	62
120	62	62	62	62
150	62	62	62	62
180	62	62	62	62
240	62	62	62	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 20 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 2 ที่ความดันน้ำ 80 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 80 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 41.73 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	30	33	33	32
5	33	35	37	35
7	38	38	40	38.7
9	42	42	43	42.3
12	44	45	46	45
15	48	49	50	49
20	50	54	55	53
25	54	55	56	55
30	58	59	59	58.7
45	61	60	62	61
60	66	63	66	65
90	69	69	69	69
120	69	69	69	69
150	69	69	69	69
180	69	69	69	69
240	69	69	69	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 21 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 10 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 10 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 5.07 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	30.7	30	29.3	30
5	34	32	33	33
7	37.6	36.4	37	37
9	41	43	42	42
12	47.5	47	46.5	47
15	50	50	50	50
20	50	50	50	50
25	50	50	50	50
30	50	50	50	50
45	50	50	50	50
60	50	50	50	50
90	50	50	50	50
120	50	50	50	50
150	50	50	50	50
180	50	50	50	50
240	50	50	50	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 22 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 30 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 30 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 16.21 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	36	35	34	35
5	37.5	38	38.5	38
7	43.6	42.4	43	43
9	49	48	447	48
12	50	50	50	50
15	50	50	50	50
20	50	50	50	50
25	50	50	50	50
30	50	50	50	50
45	51.5	52	52.5	52
60	52.5	52	51.5	52
90	54	54	54	54
120	54	54	54	54
150	54	54	54	54
180	54	54	54	54
240	54	54	54	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 23 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 50 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 50 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 26.40 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	41.1	41	40.9	41
5	44	45	446	45
7	52.5	52	51.5	52
9	54	54	54	54
12	54	54	54	54
15	54	54	54	54
20	55	55	55	55
25	55	55	55	55
30	55	55	55	55
45	56.5	55.5	56	56
60	56.5	56	55.5	56
90	58	58	58	58
120	60	60	60	60
150	60	60	60	60
180	61	61	61	61
240	61	61	61	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก. 24 ผลการทดสอบรอยต่อแนวนอนแบบที่ 3 ที่ความดันน้ำ 80 psf

เวลา (นาที)	ความดันน้ำ 80 psf และปริมาณน้ำเฉลี่ย 41.73 gal/ft^2/hr			
	ระยะที่น้ำซึมผ่าน (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
3	42	41	43	42
5	47.5	48	48.5	48
7	54	54	54	54
9	54	54	54	54
12	54	54	54	54
15	54	54	54	54
20	56	56	56	56
25	56	56	56	56
30	57	57	57	57
45	58.5	59.5	59	59
60	58.5	59.5	59	59
90	60	60	60	60
120	60	60	60	60
150	62.4	62	61.6	62
180	62.4	62	61.6	62
240	62	62	62	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ศึกษาดูงานบริษัท พฤกษา จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการผลิตแผ่น Prefabricated

โรงงานการผลิตแบ่งเป็น 3 หมวด คือ โรงงานที่ 1 เป็นโรงงานใช้เทคโนโลยีจากประเทศเยอรมัน ในการผลิตแผ่น Bearing Wall ใช้การหล่อแผ่นในแนวนอน ใช้สำหรับการผลิตแผ่นผนัง Bearing Wall ของบ้าน โรงงานที่ 2 ผลิต Fracture Elements ต่าง ๆ เช่น เสารั้ว ผนังรั้วต่าง ๆ ส่วนพื้นผลิตด้านนอกโรงงาน และโรงงานที่ 3 ผลิต Façade งานคอนโด

รูปที่ ข1. โรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป บ้านพักอาศัย บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

ทางพฤกษาฯ ได้เริ่มจากการออกแบบบ้าน โดยฝ่าย R&D จะออกแบบบ้านเบื้องต้น จากนั้นจะส่งทางโรงงานเพื่อทำการผลิตแบบ Design รอยต่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยการออกแบบเป็นพิกัด หลังจากนั้นจะส่งต่อด้านการผลิตและติดตั้ง

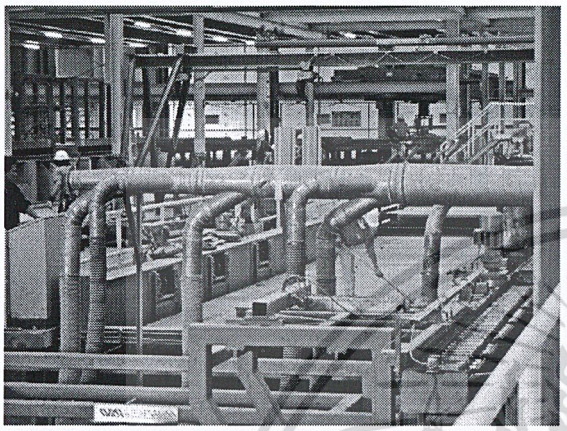
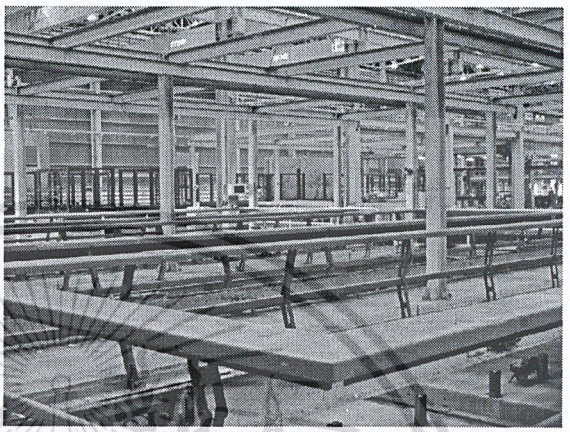
ลักษณะการผลิต จะเป็นการผลิตโดยแผ่นเหล็กในแนวนอน โดยในโรงงานจะแบ่งเป็น Station โดยจะมีโปรแกรมในแต่ละ Station ซึ่งมีเจ้าหน้าที่ดูแลในแต่ละ Station โดยเฉพาะ ซึ่งแผ่นเหล็ก (Pallet) จะเคลื่อนที่ในแต่ละ Station ด้วยเครื่องจักร

การผลิต เริ่มจากทำความสะอาดแบบหล่อในแนวนอนแล้วทาน้ำมันบนผิวแบบหล่อ จากนั้นสู่กระบวนการ Plotting Station ว่าต้องการหน้าตัดแบบใด จากนั้นติดตั้งแบบหล่อด้านข้าง ติดตั้งกรอบวัสดุประตู หน้าต่าง จากนั้นเข้าสู่ Station ของการผูกเหล็ก เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ วัสดุเรียบร้อยแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการเท กระบวนการขัดผิวหน้าให้ได้ระดับ การขัดหน้า จากนั้นเข้าสู่กระบวนการบ่ม เมื่อได้ระยะเวลาการบ่มจากตู้อบก็จะเข้าสู่กระบวนการ Remove แบบหล่อออก โดยแบบหล่อต่าง ๆ ก็จะเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาดและใช้ใหม่ ส่วนชิ้นงานที่สำเร็จแล้วก็เข้าสู่กระบวนการยกและส่งเข้าเก็บใน Stock Yard เพื่อการขนส่งและติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

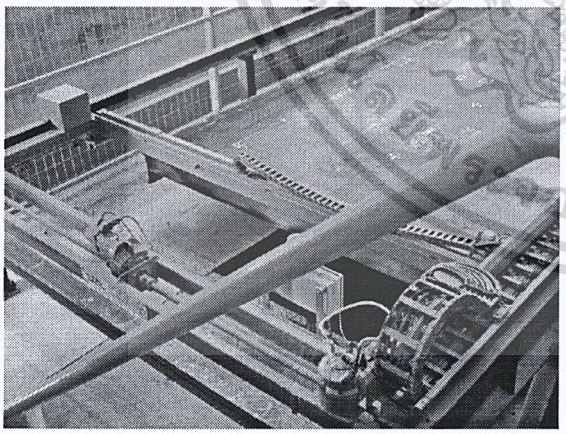
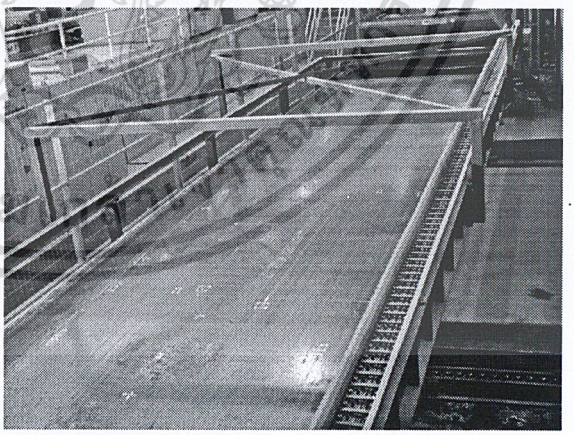
รายละเอียดกระบวนการผลิต

Cleaning Station : เริ่มจากการทำความสะอาดแบบและทาน้ำมัน หลังจากนั้นแบบหล่อจะเลื่อนเข้าไปสู่ Blocking Station

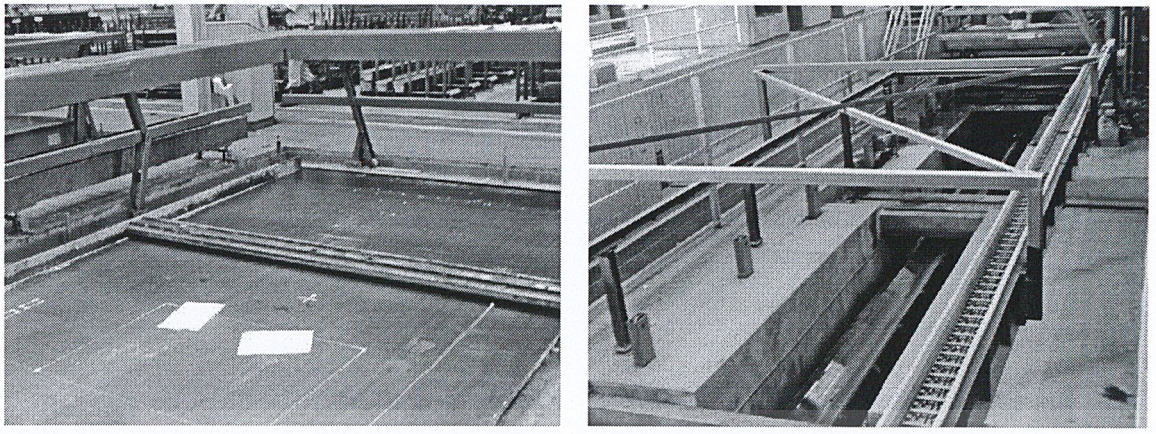



รูปที่ ข2. Cleaning Station

Plotting Station : มีอุปกรณ์ในการออกแบบชิ้นวัสดุด้วยอุปกรณ์พ่นสี โดยคอมพิวเตอร์จะอ่านแบบว่ามี Dimension อย่างไรบ้าง เพื่อทำการ Plot รูปแบบของชิ้นงานลงบน Pallet จากนั้นจะถูกส่งยัง Shuttering Station

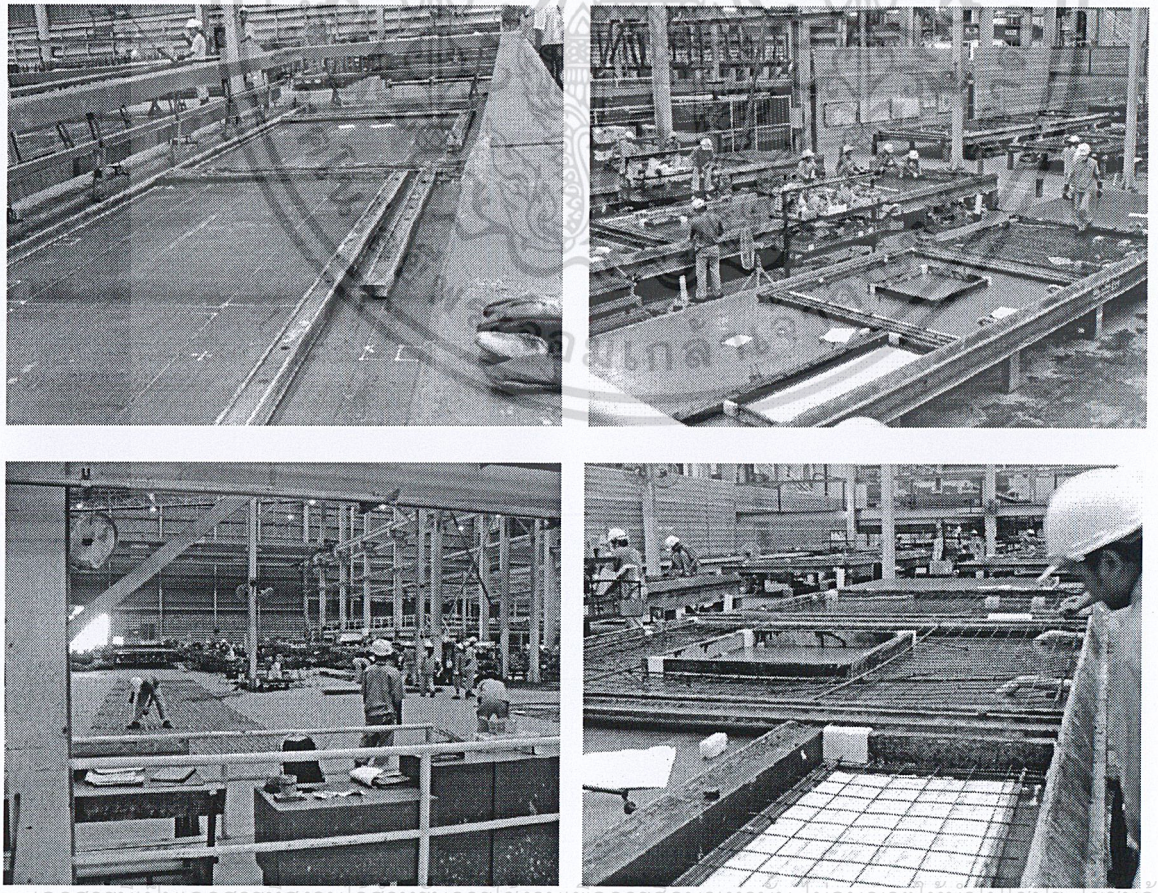



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

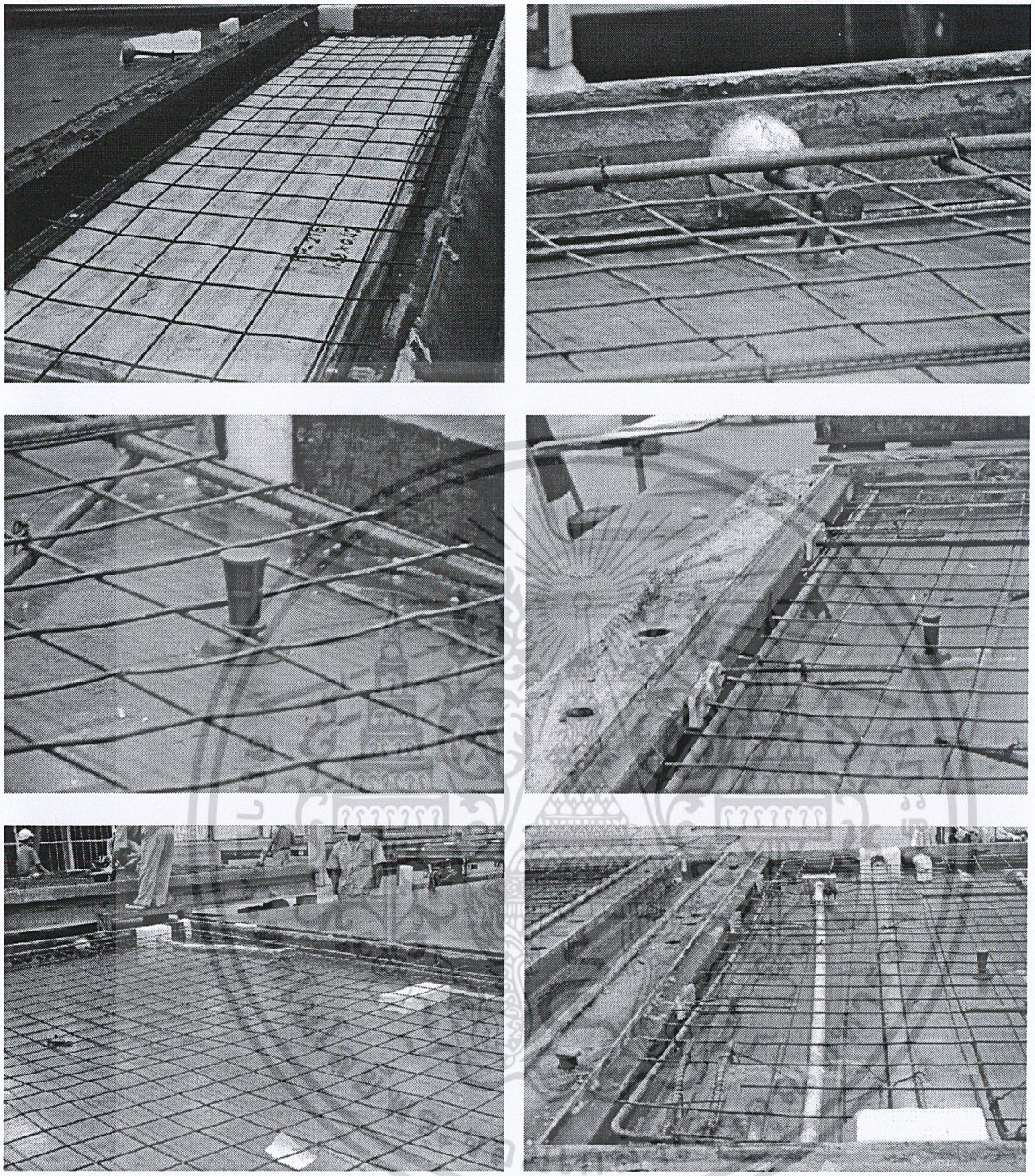


รูปที่ ข3. Plotering Station

Shuttering Station : เป็นขั้นตอนการกั้นแบบด้านข้างรอบชิ้นงานในการหล่อแผ่นขึ้นรูป จากนั้นจะถูกส่งไปตรวจสอบช่องเปิดต่าง ๆ เช่น ประตูหน้าต่าง รวมถึงหูยกแบบ ก็ต้องมีการติดตั้งซึ่งโปรแกรมจะทำการออกแบบไว้แล้ว โดย Dimension ต่าง ๆ จะถูก Fix ตามที่ Design ไว้อย่างถูกต้อง จากนั้น Pallet จะถูกเลื่อนออกจาก Plotting Station ในส่วนการผูกเหล็กนั้นได้ถูกเตรียมไว้ด้านนอก Line การผลิตและจะทำการยกติดตั้งทันทีเพื่อลดปัญหาความล่าช้า เมื่อ Pallet พร้อมแล้วก็จะเข้ากระบวนการเทคอนกรีต



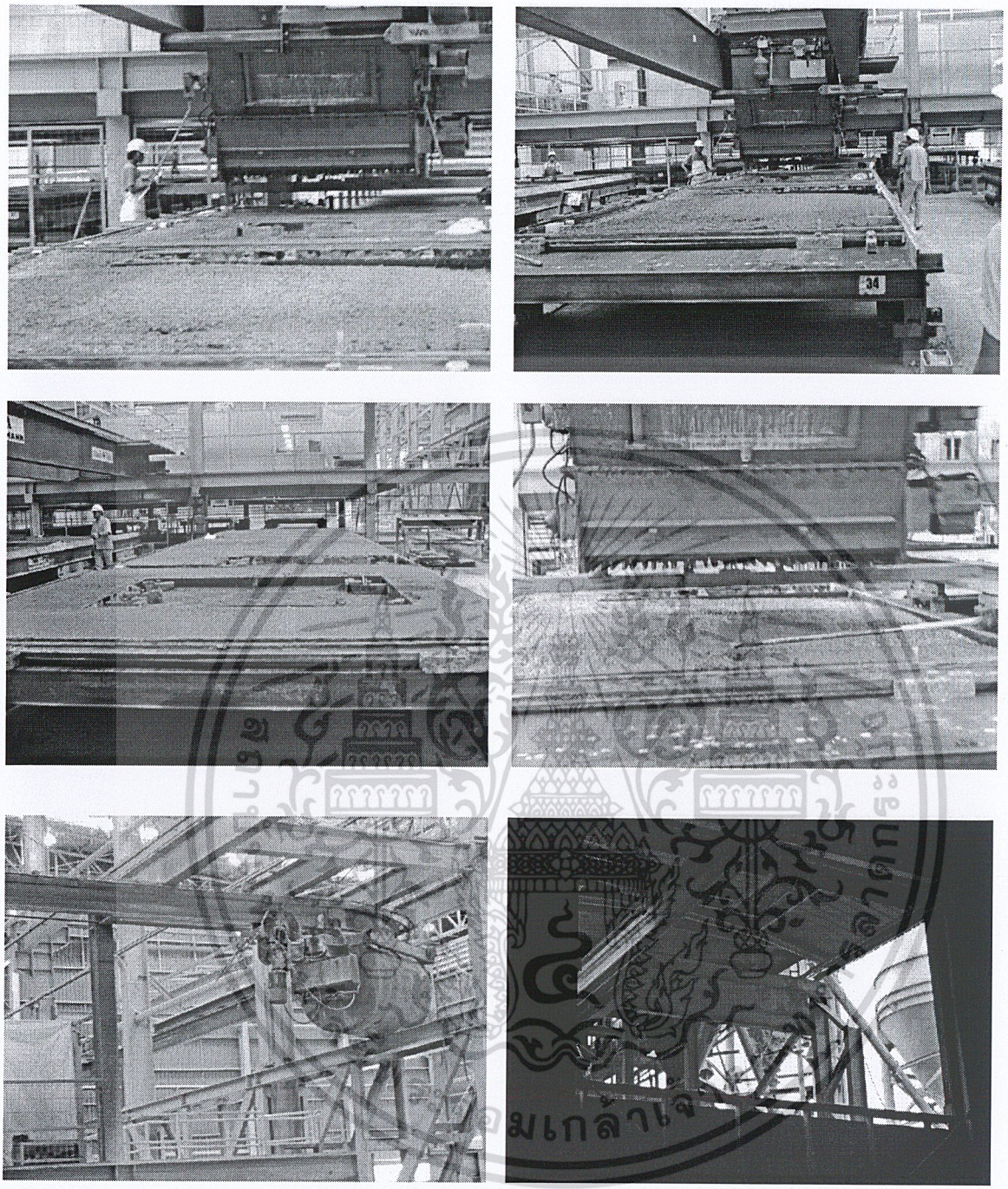
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข4. Shuttering Station และงานลงเหล็กเสริมรวมทั้งจุดยึดต่าง ๆ และช่องเปิด

Pouring Station : การเทคอนกรีตโดยมีเจ้าหน้าที่คอยควบคุมการเท โดยใต้ Pallet นั้นจะมีเครื่องสั่น (Vibrator) ช่วยในการทำให้คอนกรีตแน่นขึ้น โดยวัสดุที่ใช้ซีเมนต์ หิน ทรายและน้ำ (แต่ก่อนได้ใช้เถ้าลอยในการผลิตคอนกรีต ปัจจุบันไม่มีการใช้แล้ว) โดยจะควบคุมความชื้นต่าง ๆ ของหิน ทราย หลังจากทำการผสมคอนกรีตแล้วจะบรรจุใน Bucket และเคลื่อนที่เข้าไปในตัวเทคอนกรีต Pouring Station ทำการเทคอนกรีต หลังจากนั้นตัว Pallet จะเคลื่อนสู่กระบวนการขัดหน้า

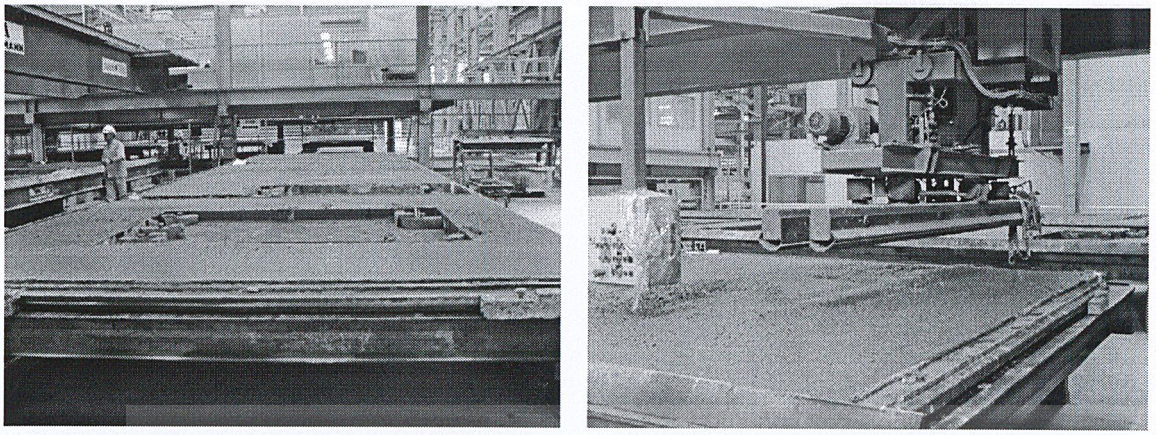
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



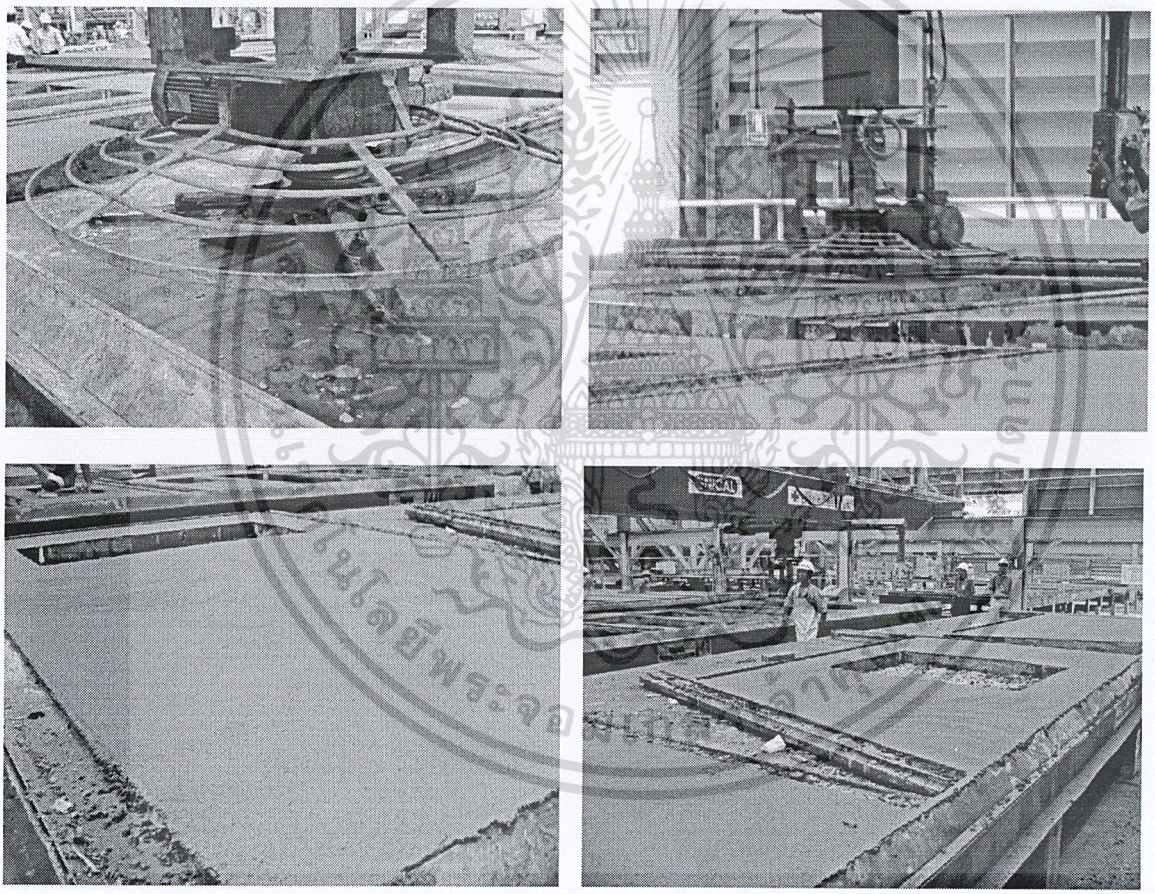
รูปที่ ข5. Pouring Station และกระบวนการลำเลียงคอนกรีตจาก Plant ปูนผสมเสร็จ

กระบวนการขัดหน้า : การขัดหน้าต้องรอให้คอนกรีต Set ตัวในระดับหนึ่งก่อนประมาณ 2 ชั่วโมง จึงทำการขัดหน้า เพื่อให้ชิ้นงานมีผิวที่เรียบ หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการขัดหน้าแล้ว จะเข้าสู่ Curing Tempered ใส่ตู้อบในกระบวนการ Curing Station ต่อไป

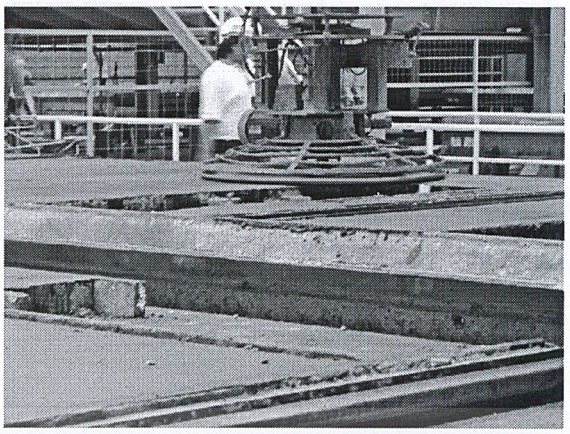
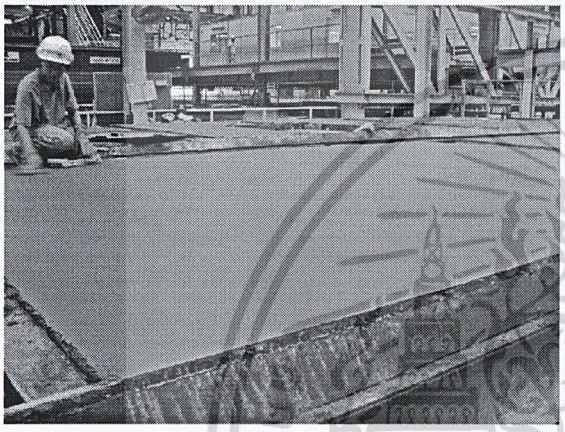
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข6. กระบวนการปาดหน้าปูน

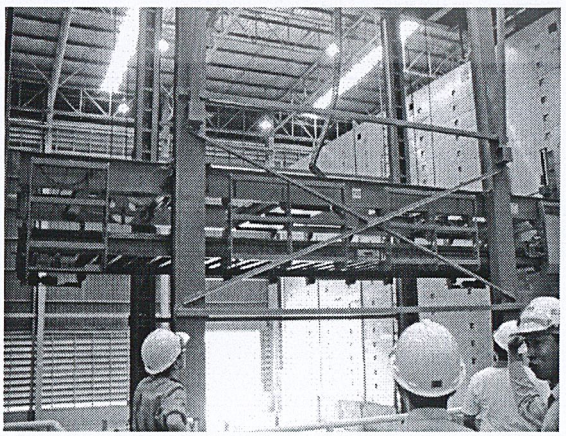
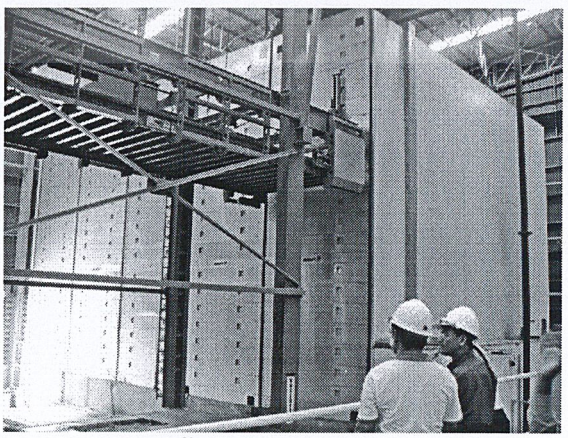


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

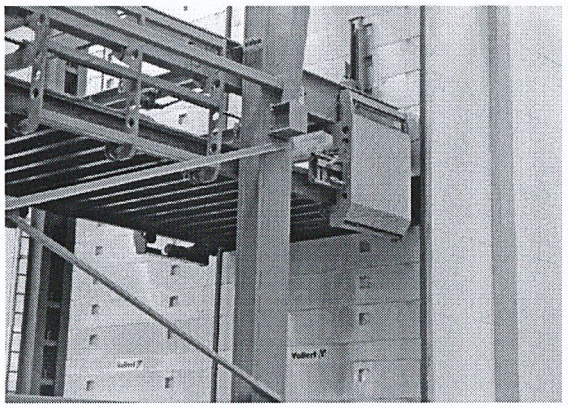
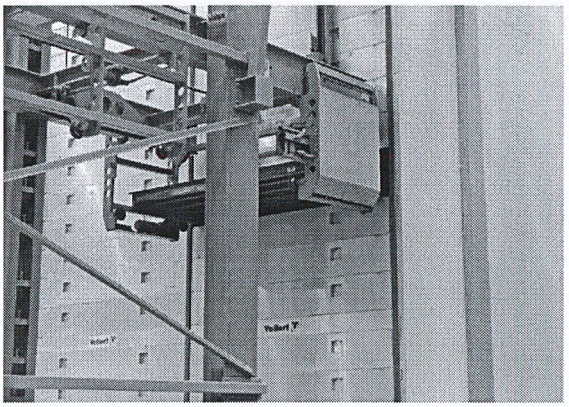



รูปที่ ข7. กระบวนการขัดหน้าหยาบและขัดหน้าเรียบ

Curing Station : เป็นขั้นตอนใส่ชิ้นงานใน Curing Tempered มีลักษณะเป็นตู้อบ โดยมีลิ้นชักเปิด-ปิดในแต่ละชั้นสำหรับชิ้นส่วนสำเร็จรูป ดังนั้นในขณะที่คอนกรีต Set นั้นก็จะเกิด Hydration Heat ขึ้นมา ในกระบวนการที่ต้องการคือไม่ต้องการให้เกิดการสูญเสีย Hydration Heat ดังนั้นความร้อนที่คายออกมาในแต่ละชิ้นส่วนก็จะถูกอบในตู้อบนี้ ดังนั้นตู้อบนี้จึงไม่ต้อง Apply ความร้อนเพิ่มเติม หลังจากการบ่มที่อายุ 6-8 ชั่วโมง คอนกรีตก็จะได้กำลังตามที่ต้องการ หลังจากนั้นตัวชิ้นงานจะถูกดึงออกจากลิ้นชัก ส่งไปที่ Tilting Station

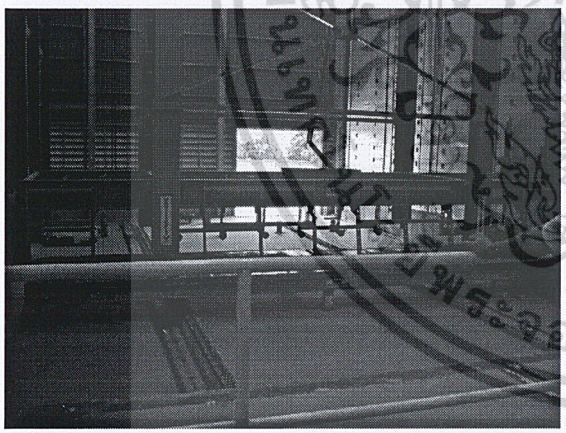



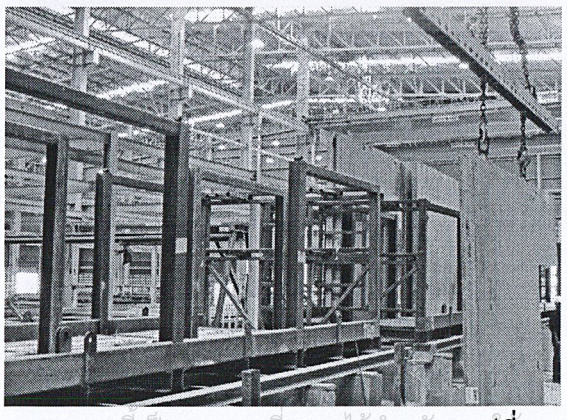
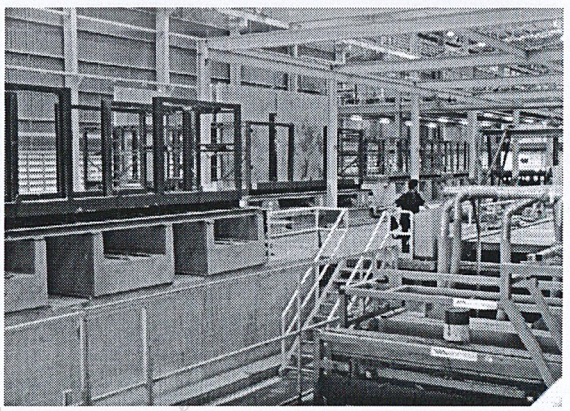
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข8. Curing Station

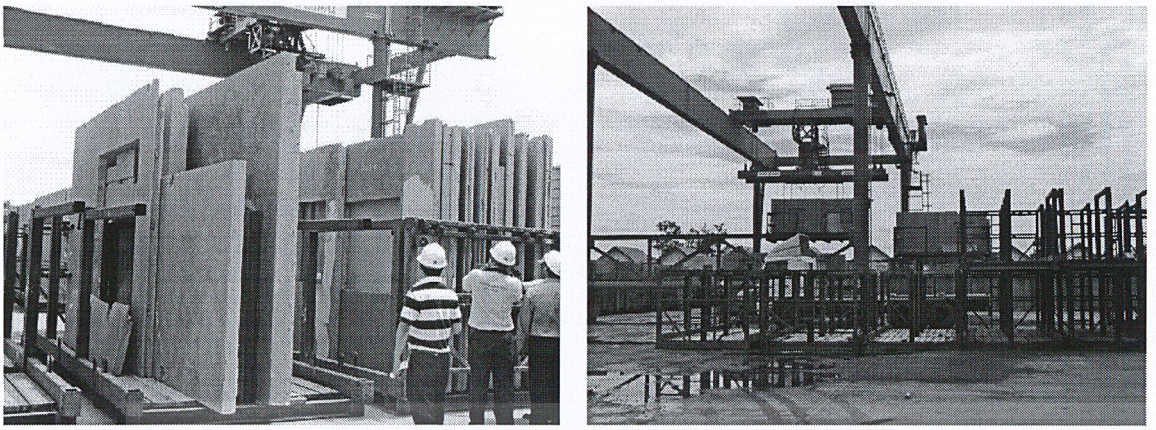
Tilting Station : ชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ก็จะถูกแกะออก หลังจากนั้น Pallet ก็จะถูกนำไปสู่กระบวนการ Cleaning Station ต่อไป เพื่อทำความสะอาดและทาน้ำมัน ในกระบวนการ Tilting Station นี้ตัวชิ้นงานพร้อมแบบ Pallet จะถูกยกให้เอียงในแนวตั้งโดยระบบ Hydraulic เนื่องจากการออกแบบการยกนั้นออกแบบในแนวตั้งเพียงอย่างเดียว หากยกในแนวนอนจะเกิดการแตกร้าวและวิบัติได้ โดยจะใช้เครนยกกองเก็บใน Rack และกองเก็บใน Stock Yard ในส่วนของ Pallet ที่ใช้แล้วก็จะกลับสู่กระบวนการผลิตต่อไป เมื่อมี Order การสร้างบ้าน ชิ้นส่วนที่อยู่ใน Rack จะถูกขนถ่ายโดยรถ Trailer สู่หน้างานและติดตั้งต่อไป



รูปที่ ข9. Tilting Station

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข10. การกองเก็บใน Yard และการขนส่ง

การก่อสร้างบ้านชิ้นส่วนสำเร็จรูป

เริ่มจากการสำรวจพื้นที่ งานตอกเข็ม สกัดหัวเข็ม เทฐานราก งานคานคอดิน และงานพื้น Flat Slab โดยมีการติดตั้งท่อ Drain ท่อน้ำต่าง ๆ หลังจากนั้นแผ่นที่ถูกส่งมาจะถูกติดตั้งทีละแผ่น โดยมีเหล็ก Dowel ที่ยื่นจากพื้นเพื่อสวมเข้ากับผนังชิ้นส่วนสำเร็จรูป และมีการติดตั้ง Block เหล็กเพื่อกันแผ่นล้ม

รอยต่อนั้น จะมีรอยต่อภายนอกและภายใน ภายในจะใช้ Bolt หรือการเชื่อม Plate ติดกัน ส่วนรอยต่อภายนอกนั้นจะเป็น Joint ที่เท Grout และมีการใส่ Backing Rod และ DPU กันน้ำ

ในส่วนของพื้นมีการเททับหน้าปรับระดับเพื่อทำการปูกระเบื้องต่อไป โดยพื้นนั้นจะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยบ้านหลังหนึ่งจะมี 6 – 8 แผ่น โดยจะวางบนผนังสำเร็จรูป ซึ่งการเชื่อมพื้นนั้นจะเป็นการเชื่อมแบบแผ่นต่อแผ่นหรือแผ่นกับผนัง และเทคอนกรีตให้เต็มเพื่อให้ได้โครงสร้างที่เป็นชิ้นเดียวกันทั้งหมด

หลังจากทำการเชื่อมแผ่นพื้นแล้วก็จะติดตั้งผนังชั้น 2 โดยการสร้าง Block เหมือนเดิม บางชิ้นส่วนจะมีการสร้างลวดลายบนชิ้นงานสำเร็จรูปเลย เช่น ลายหิน ลายไม้ เป็นต้น สามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ โดยชิ้นส่วนของบ้านนั้น ทางบริษัทฯ ต้องการให้เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้มากที่สุด ไม่ว่าจะเป็น เสาโชว์ โดยการทำเป็นชิ้นส่วนหลาย ๆ ส่วนที่ยื่นออกมาแบ่งเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อความรวดเร็ว ในส่วนของการยึดติดชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับตัวบ้านนั้นอาจใช้ Plate เชื่อมเพื่อป้องกันความเสียหายและเพิ่มความแข็งแรง

โครงหลังคา ทางบริษัทฯจะจ้างบริษัททำโครงหลังคามาประกอบและยกติดตั้งกับตัวอาคาร เพื่อลดระยะเวลาการติดตั้งให้รวดเร็วขึ้น หลังจากนั้นมีการปรับพื้นบริเวณรอบบ้านและภายในบ้าน เก็บงานตกแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

1. มีความมั่นคงแข็งแรงมากกว่าการก่ออิฐฉาบปูน
2. พื้นที่ใช้สอยมีความสะดวกและมากกว่า เพราะไร้คานและเสา ทำให้การจัดวางเฟอร์นิเจอร์มีความลงตัวมากขึ้น
3. มีความทนไฟมากกว่าอิฐและไม้
4. ความสามารถในการต้านแรงดันน้ำสูง
5. เป็นฉนวนกันความร้อน
6. เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
7. ลดต้นทุนในการผลิต ทำให้ได้บ้านที่ราคาถูกลง
8. ลดระยะเวลาในการก่อสร้าง

ชมหมู่บ้านที่ใช้ระบบงาน prefab

K.กิตินันท์ QA บ้านภัสสร

ภัสสร วิลเลจ (บ้านเดี่ยวราคาย่อมเยาว์)

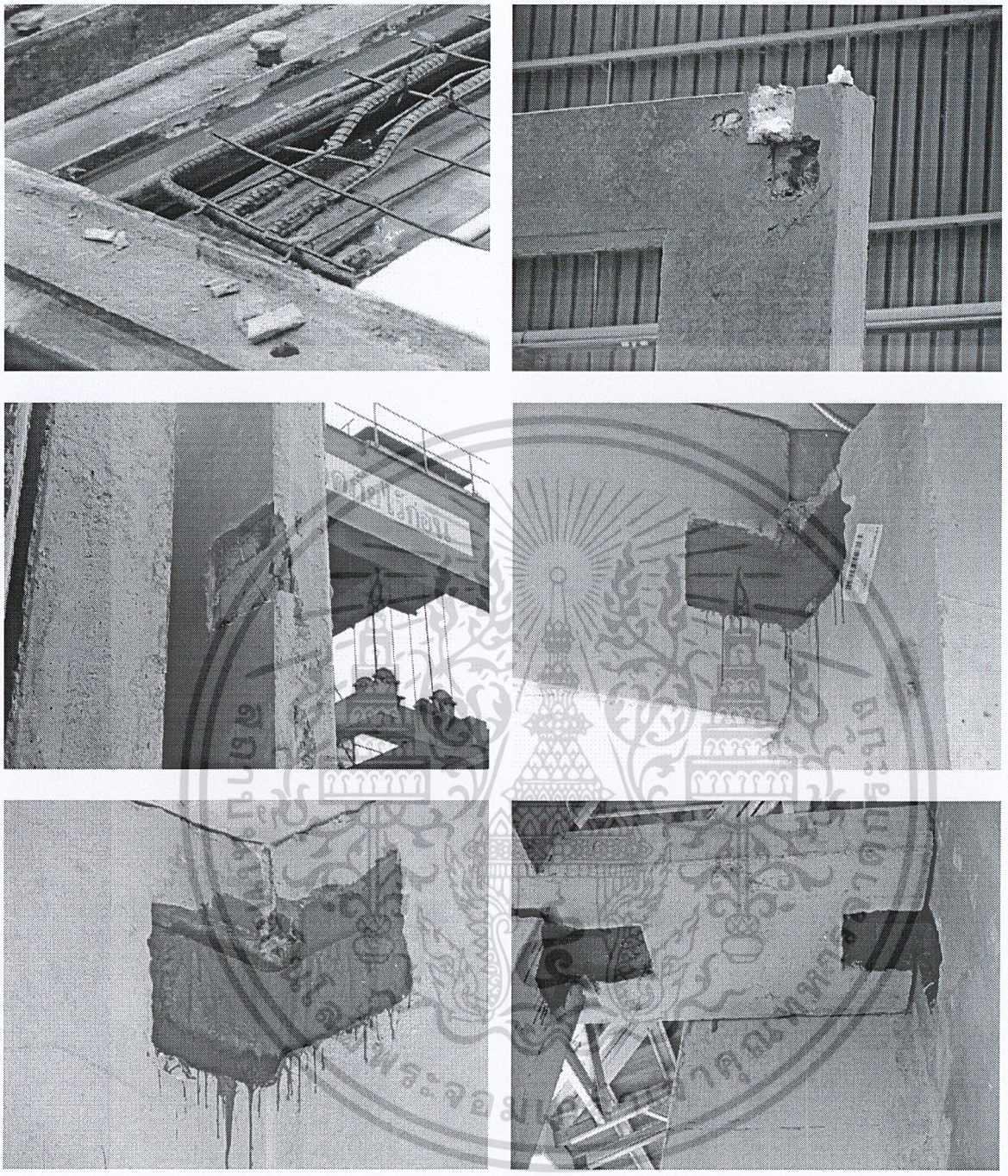
พฤกษา (ทาวน์เฮ้าส์)

The Plant (บ้านเดี่ยว)

PU อายุการใช้งาน 10 ปี ถ้าเสื่อมสภาพมีตัวปกป้องอีกอันนึ่ง Sealant, Backing Rod เพราะPU ทาสีไม่ติด

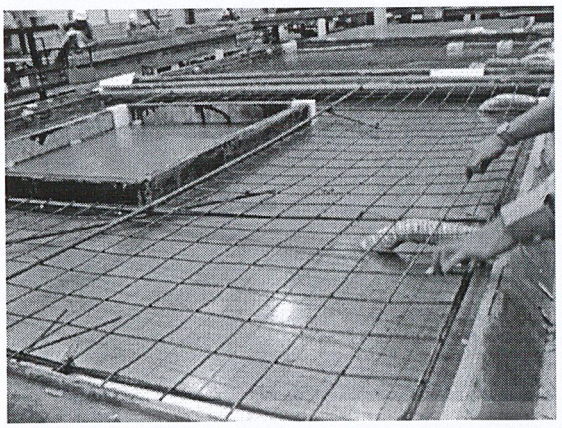
รูปที่ ข11. ชมหมู่บ้านในโครงการ กระบวนการติดตั้งงานชิ้นส่วนสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

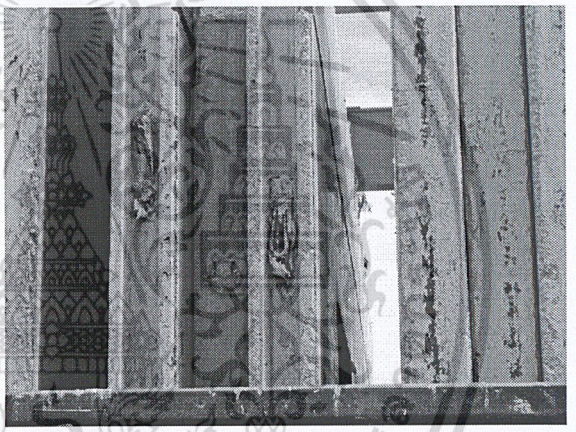


รูปที่ ข12 รูปแบบการติดตั้งและการต่อเชื่อมแบบ Plate ภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข13. รูปแบบการติดตั้งจุดสวม Dowel Bar และการประกอบชิ้นส่วนในรอยต่อแบบ Bolt หรือ Dowel Bar ระหว่างพื้น Flat Slab กับผนังสำเร็จรูป



รูปที่ ข14. รูปแบบการประกอบติดตั้งเหล็กเสริม Joint และการ Sealant รอยต่อแบบแผ่นชนแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้