# บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด

# COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON MODULAR SYSTEM


กมลเขตร์ สุทธากุล

KAMONKHAT SUTTAKUL


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด

# COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON MODULAR SYSTEM

กมลเขตร์ สุทธากุล

KAMONKHAT SUTTAKUL

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 74846
วัน,เดือน,ปี 11 ต.ค. 2550

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2550

# COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION MODULAR SYSTEM

KAMONKHAT SUTTAKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTAIL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF INDUSTRAIAL EDUACTION IN ARCHITECTURE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

**บัณฑิตวิทยาลัย**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**

---

**หัวข้อวิทยานิพนธ์** บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด

Computer Assisted Instruction on Modular System

**ชื่อนักศึกษา** นายกมลเขตร์ สุทธากุล

**รหัสประจำตัว** 45063118

**ปริญญา** ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

**สาขาวิชา** สถาปัตยกรรม

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** รศ.สมพล ดำรงเสถียร

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม

| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ | | ลายมือชื่อ |
|---|---|---|
| รศ.สุรศักดิ์ | กังขาว | |
| รศ.สมพล | ดำรงเสถียร | |
| ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ | กลิ่นหอม | |
| อาจารย์สันติ | กวินวงศ์ไพบูลย์ | |
| รศ.ดร.ปรียาพร | วงศ์อนุตรโรจน์ | |

**วัน / เดือน / ปี ที่สอบ** 23 เมษายน 2550 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

**สถานที่สอบ** ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

**บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว**

**(รศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข)**

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

**วันที่** 30 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2550

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด |
| **นักศึกษา** | นายกมลเขตร์ สุทธากุล |
| **รหัสประจำตัว** | 45063118 |
| **ปริญญา** | ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | สาขาสถาปัตยกรรม |
| **พ.ศ.** | 2550 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมพล ดำรงเสถียร |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม |

## บทคัดย่อ


การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัด โดยตั้งสมมุติฐานไว้ว่า คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป และสามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า 80/80

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษามหาวิยาลัยราชภัฏจันทรเกษม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาการวิทยาศาสตร์ ระดับปริญญาตรี โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (สถาปัตยกรรม) เรื่องระบบประสานทางพิกัด จำนวน 20 คน

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัด ที่พัฒนาขั้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี และมีประสิทธิภาพ 85.25 / 80.75

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Computer Assisted Instruction on Modular System |
| **Student** | Mr.Kamonkhat Suttakul |
| **Student ID.** | 45063118 |
| **Degree** | Master of Industrial Education |
| **Program** | Master of Architecture |
| **Year** | 2007 |
| **Thesis Advisor** | Associate Professor Sompol Dumrongsatian |
| **Thesis Co-Advisor** | Assistant Professor Dr. Lertlak Klinhom |


## ABSTRACT

The purposes of this research were to construct and find out quality and efficiencies of Computer - Assisted Instruction on Modular System. The hypotheses of the research were set on quality at good level and efficiencies criteria at 80 / 80

The sample were 20 students ramdomly selected from scince bachetor degree on Architectural Technic brance Faculty of Industrial Technology, Chandrakasem Rajabhat University students.

From The research found that the developed Computer - Assisted Instruction Instruction on Modular System with subject – meet quality in excellent level, Technical Media produce quality in the good level and the efficiency meet at 85.25/ 80.75

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.สมพล ดำรงเสถียร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำให้ความช่วยเหลือและ ตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาตรวจสอบกระบวนการวิจัย ให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์จนสมบูรณ์ และผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ความช่วยเหลือตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย ให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเครื่องมือให้มีคุณภาพ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กมลเขตร์ สุทธากุล

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....2

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย..... .3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... ..3

1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 ขอบข่ายเนื้อหาวิชาระบบประสานทางพิกัด.....5

2.2 ความหมายและลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....10

2.3 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....11

2.4 ลักษณะของประเภทบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....14

2.5 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....16

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน .....18

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... .....22

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....22

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....22

3.3 การเก็บรวบรวม.....27

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล .....28

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....30

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....30

4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ.....33

4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....33

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....34

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....34

5.2 สมมติฐานการวิจัย.....34

5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....34

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....35

5.5 วิธีการดำเนินการวิจัย.....35

5.6 สรุปผลการวิจัย.....36

5.7 อภิปรายผล.....36

5.8 ข้อเสนอแนะ.....37

บรรณานุกรม.....38

ภาคผนวก.....40

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ.....41

ภาคผนวก ข ผู้ทรงคุณวุฒิ.....49

ภาคผนวก ค เนื้อหาวิชาระบบประสานทางพิกัด.....55

ภาคผนวก ง แบบทดสอบ.....126

ภาคผนวก จ ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัด.....168

ภาคผนวก ฉ ภาพการทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง.....177

ประวัติผู้เขียน.....181

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 หน่วยการเรียนการสอนวิชาระบบประสานทางพิกัด และจำนวนคาบเรียน.....7

2.2 แสดงการวิเคราะห์เนื้อหาการเรียนการสอนเพื่อสร้างแบบทดสอบ.....9

4.1 แสดงข้อมูลและผลการประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ในรายละเอียดค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....31

4.2 แสดงข้อมูลและผลการประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ในรายละเอียดค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....32

4.3 แสดงผลการทดลองหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในการทดลองแต่ละครั้ง.....33

ค.1 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้กับระบบประสานทางพิกัด.....65

# สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

ค.1 แสดงการเกิดมิติที่อาศัยซึ่งกันและกัน.....57
ค.2 แสดงรอยต่อแบบสัมผัสหรือเว้นร่อง.....58
ค.3 แสดงรอยต่อแบบผิวสัมผัส.....58
ค.4 แสดงรอยต่อแบบขอบ(Edge).....59
ค.5 แสดงการต่อแบบจุด (Point).....59
ค.6 แสดงรอยต่อร่วม.....60
ค.7 แสดงความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิต.....61
ค.8 แสดงมิติประสาน.....62
ค.9 ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $4m^2$ กับ $12m^2$.....69
ค.10 ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $3m^2$ กับ $12m^2$.....69
ค.11 ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $3m^2$ กับ $6m^2$.....70
ค.12 ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $4m^2$ กับ $6m^2$.....70
ค.13 ตารางพิกัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....71
ค.14 ตารางพิกัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....71
ค.15 ตารางพิกัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....71
ค.16 ตารางพิกัดไม่ต่อเนื่อง.....72
ค.17 ตารางพิกัดต่อเนื่อง.....72
ค.18 แสดงตัวอย่างการวางผังรั้วสำเร็จรูป.....75
ค.19 แสดงตำแหน่งการวางผังของรั้วสำเร็จรูป.....75
ค.20 แสดงรูปพื้นสำเร็จรูป.....77
ค.21 แสดงการวางพื้นสำเร็จรูป.....78
ค.22 แสดงรูประบบพื้นสำเร็จรูปแบบหลายชิ้น.....79
ค.23 แสดงรูประบบพื้นสำเร็จรูปชิ้นเดียว.....80
ค.24 แสดงการวางพื้นสำเร็จรูปOne Way Slab.....80
ค.25 แสดงพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงทางเดียว.....81
ค.26 แสดงพื้นสำเร็จรูปแบบ Two Way Slab.....82
ค.27 แสดงการวางพื้นสำเร็จรูปแบบรับแรงสองทาง.....82
ค.28 แสดงระบบคานตัวทีประกอบกับแผ่นพื้นคอนกรีตด้วยคานตัวที.....84
ค.29 แสดงระบบคานตัวทีประกอบกับแผ่นพื้นคอนกรีต.....84

# สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า


ค.30 แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปตัวที....86
ค.31 แสดงแผ่นพื้นสำเร็จรูปตัวยูคว่ำ....87
ค.32 แสดงตารางแผ่นพื้นสำเร็จรูปแบบกลวงชนิดต่างๆ....88
ค.33 แสดงแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปแผ่นเรียบ....91
ค.34 แสดงขยายแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปแผ่นเรียบ....92
ค.35 แสดงการขนส่งพื้นสำเร็จรูป....93
ค.36 แสดงการยกด้วยเครื่องมือกลขนาดใหญ่และด้วยแรงกล....93
ค.37 การวางพื้นสำเร็จรูปบนคานชนิดต่างๆ....96
ค.38 การเว้นช่องเปิดบนพื้นสำเร็จรูป....97
ค.39 การเสริมเหล็กเสริมและเทคอนกรีตทับหน้า....97
ค.40 การเสริมเหล็กเสริมรับแรงเฉือน(Shear Keys) บริเวณรอยต่อตามขวางพื้น....98
ค.41 แสดงผนังสำเร็จรูป....99
ค.42 แสดงการเตรียมแบบหล่อผนังสำเร็จรูป....100
ค.43 แสดงวงกบและบล็อกไฟฟ้า....100
ค.44 แสดงการหล่อและการถอดแบบผนังสำเร็จรูป....101
ค.45 แสดงการทำความสะอาดแบบหล่อผนังสำเร็จรูป....101
ค.46 แสดงขั้นตอนเตรียมอุปกรณ์และติดตั้งผนังสำเร็จรูป....102
ค.47 แสดงติดตั้งผนังรับน้ำหนัก DOUBLE WALL และ SOILD WALL....103
ค.48 แสดงการวางเหล็กเสริมตามแบบ....103
ค.49 แสดงการเดินท่อไฟฟ้า ท่อประปา....104
ค.50 แสดงผนังเบา สำเร็จรูป(Light Weight Wall)....104
ค.51 แสดงวัสดุคอนกรีตมวลเบา....105
ค.52 แสดงการทำงานและติดตั้งวัสดุมวลเบา....106
ค.53 แสดงวัสดุมวลเบาที่ใช้กับการสร้างอาคาร....106
ค.54 แสดงการตอกเข็มของรั้วสำเร็จรูป....107
ค.55 แสดงการติดตั้งฐานราก....107
ค.56 แสดงการติดตั้งเสาโดยวางเสาบนเหล็กในฐานราก....107
ค.57 แสดงการติดตั้งแผ่นผนังรั้วสำเร็จรูป....108
ค.58 แสดงรั้วสำเร็จรูป....108

# สารบัญภาพ (ต่อ)


ภาพที่ หน้า

ค.59 แสดงผนังแขวน (Curtain Wall).....108

ค.60 แสดงแบบขยายการติดตั้งผนังแขวน.....111

ค.61 แสดงแบบขยายการติดตั้งผนังแขวนกับตัวอาคาร.....111

ค.62 แสดงการยึดและปิดรอยต่อของผนัง.....112

ค.63 แสดงภาพรอยต่อของตารางพิกัด.....113

ค.64 แสดงภาพรอยต่อแบบชน.....114

ค.65 แสดงภาพรอยต่อแบบเข้าปากกบ.....114

ค.66 แสดงภาพรอยต่อแบบปากคาบ.....115

ค.67 แสดงภาพรอยต่อแบบต่อเข้าลิ้นราง.....115

ค.68 แสดงภาพรอยต่อแบบเปิด(Opened Or Drained Joint).....116

ค.69 แสดงภาพรอยต่อแบบ(Wall- Wall Joint).....116

ค.70 แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนัง กับชิ้นส่วนผนัง.....120

ค.71 แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับกำแพง.....121

ค.72 แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับ Light- Weight Concrete Block เชื่อมด้วยรอยต่อด้วย Adhesive.....121

ค.73 แสดงถึงขนาดชิ้นส่วนผนังกับคอนกรีต.....121

ค.74 แสดงการใช้ผนังรับน้ำหนักในมิตินิยม.....122

ค.75 แสดงหน่วยเพิ่มพิกัดในระบบประสานทางพิกัด.....123

ค.76 แสดงโครงสร้างไม้สำเร็จรูป.....124

ค.77 แสดงการติดตั้งโครงสร้างไม้สำเร็จรูป.....124

ค.78 แสดงรอยต่อโครงสร้างไม้สำเร็จรูป.....125

ค.79 แสดงตัวอย่างบ้านที่ใช้หลังคาสำเร็จรูป.....125

จ.1 แสดงภาพหน้าแรกของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด.....169

จ.2 แสดงภาพหน้าที่ 2 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด.....169

จ.3 แสดงภาพหน้าลงทะเบียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด.....170

จ.4 แสดงภาพวิธีลงทะเบียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด.....170

# สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

จ.5 แสดงภาพหน้ายินดีต้อนรับเข้าสู่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด....171
จ.6 แสดงภาพหน้าเมนูหลักของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด....171
จ.7 แสดงภาพหน้าบทเรียนที่1 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด....172
จ.8 แสดงภาพหน้าบทเรียนที่2 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด....172
จ.9 แสดงภาพหน้าบทเรียนที่3 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด....173
จ.10 แสดงภาพหน้าบทเรียนที่4 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด....173
จ.11 แสดงภาพหน้าบทเรียนที่5 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด....174
จ.12 แสดงภาพหน้าแบบทดสอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด....174
จ.13 แสดงภาพแบบทดสอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัดเมื่อตอบถูก....175
จ.14 แสดงภาพผลการทดสอบแบบทดสอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด....175
จ.15 แสดงภาพออกจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด....176
ฉ.1 แสดงภาพผู้เรียนกำลังทำการลงทะเบียนเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด....178
ฉ.2 แสดงภาพผู้วิจัยทำการสาธิตการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด แก่ผู้เรียน....178
ฉ.3 แสดงภาพการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัดไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง....179

# สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ฉ.4 แสดงภาพกลุ่มตัวอย่างทำการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสาททางพิกัด.....179
ฉ.5 แสดงภาพผู้วิจัยทำการอธิบายการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสาททางพิกัด แก่ผู้เรียน.....180

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง ได้พัฒนามากในปัจจุบัน การนำเอาเทคนิคสมัยใหม่เข้ามาใช้ในงานก่อสร้างอาคาร ที่อำนวยประโยชน์และให้ความสำเร็จตามเป้าหมายของประเทศที่พัฒนาแล้วในด้านเทคนิค มาใช้ในประเทศด้อยพัฒนา โดยมิได้คำนึงถึงข้อดีข้อเสียในด้านเศรษฐกิจนั้น ผลที่ได้ปรากฏมาในหลายประเทศคือ การขัดแย้งในด้านการปฏิบัติ และปัญหาต่างๆ ตามมา วิทยาการที่เจริญขึ้นบนพื้นฐานเทคนิควิทยาท้องถิ่น จะช่วยให้มีการพัฒนา วัสดุก่อสร้าง แรงงาน อุปกรณ์ (เรืองศักดิ์ กันตะบุตร. 2528 : 4) ทำให้สามารถก่อสร้างอาคารได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ การวางแผนผังอาคาร ด้วยหลักของการประสานทางพิกัด(Modular Coordination)

ในมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ได้เปิดสอนหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แผนกวิชา เทคนิคสถาปัตยกรรม ในหลักสูตรมีรายวิชา ระบบประสานทางพิกัด จำนวน 2 หน่วยกิตทฤษฎี 1 คาบปฏิบัติ 2 คาบ ซึ่งเป็นวิชาที่มีเนื้อหามากและเข้าใจยาก เนื่องจากผู้สอนต้องอธิบายหลักการ และการประสานทางพิกัดของโครงสร้างประเภทต่างๆ รวมถึงหลักแนวคิดในการวางแผนผังอาคารด้วยตารางพิกัด และตัวอย่างตัวอย่างของโครงสร้างต่างๆ วัสดุสำเร็จรูปต่างๆ ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเห็นภาพอย่างชัดเจน สื่อการสอนควรสามารถอธิบายโดยให้ผู้เรียนเห็นภาพในรูปแบบสามมิติได้ รวมทั้งควรมีการเคลื่อนไหวด้วย ซึ่งสื่อการสอนที่เหมาะสมควรเป็นสื่อการสอนที่เป็นลักษณะที่เป็นสื่อผสม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองรวมทั้งโต้ตอบกับสื่อการสอนนั้นด้วย ซึ่งเดิมการเรียนการสอนเป็นแบบบรรยายประกอบแผ่นใส นักศึกษาจะต้องใช้จินตนาการอย่างมากในการเรียนรู้ และในการเรียนรู้แต่ละครั้งพบว่านักศึกษาจำนวนหนึ่งเรียนได้ช้าไม่สามารถเรียนได้ทันเพื่อน เนื่องจากนักศึกษาแต่ละบุคคลมีการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ทำให้นักศึกษาขาดความสนใจ และขาดความเอาใจใส่ที่จะเรียนรู้ต่อไป มีผลทำให้นักศึกษาขาดความรู้ ความเข้าใจ นอกจากนี้นักศึกษาบางคนต้องการเรียนบทเรียนล่วงหน้าหรือต้องการทบทวนบทเรียนที่เรียนมา แต่ไม่สามารถทำได้จึงเป็นการไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ ผู้วิจัยจึงคิดที่จะนำเอาเนื้อหา วิชา ระบบประสานทางพิกัด มาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นนี้ โดยที่ผู้เรียนแต่ละคนจะได้ศึกษาด้วยตนเองมากที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่ความสามารถระหว่างบุคคลจะเอื้ออำนวย (วีระ ไทยพานิช. 2527 : 9 - 19)

ในปัจจุบันพบว่าคอมพิวเตอร์เป็นสื่อที่มีคุณภาพ เมื่อมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนจะทำให้มีปฏิสัมพันธ์กันได้ในระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกับการเรียนการสอนระหว่างครูกับนักเรียน ที่อยู่ในห้องเรียนปกติ( กิดานันท์ มลิทอง. 2536 : 187) นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ยังช่วยเพิ่มแรงจูงใจเพราะเป็นประสบการณ์สำหรับนักเรียน

แสง สี เสียง และภาพที่สามารถเคลื่อนไหวสามารถตอบโต้กับนักเรียนได้อีกด้วย ทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะจดจำได้ดีขึ้น และยังช่วยทำให้เกิดทัศนคติต่อการเรียน โดยเฉพาะนักเรียนที่เรียนช้าแลสามารถเก็บข้อมูลได้มากอีกด้วย

นอกจากนี้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถให้ผู้เรียนเรียนได้ด้วยตนเองอย่างอิสระและให้ผลย้อนกลับอย่างมีประสิทธิภาพสามารถตอบสนองต่อผู้เรียนได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้ทราบผลการเรียนของตนเอง ประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ สามารถช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียนได้ โดยการออกแบบโปรแกรมให้มีภาพ เสียง และให้สามารถโต้ตอบกับผู้เรียนได้อย่างรวดเร็ว (อรพรรณ พรสีมา. 2530 : 88)

การให้ข้อมูลป้อนกลับเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญเป็นแรงจูงใจในการเรียนรู้และความก้าวหน้าของผู้เรียน เกิดการเรียนรู้ขณะให้ข้อมูลกลับ ทำให้มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียน สามารถแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองได้ และวิธีการทำให้รู้ผลการกระทำอย่างทันทีทันใดว่าคำตอบนั้นถูกหรือผิด ซึ่งถือว่าเป็น Reinforcement เพราะการเรียนรู้ผลการเรียนจะช่วยให้ผลการเรียนดีขึ้น (พรรณี ชูทัย. 2528 : 176)

นอกจากนี้ยังต้องขึ้นอยู่กับการออกแบบบทเรียนให้มีหลักเกณฑ์ และเทคนิคที่ดี โดยประยุกต์จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการสอนที่เป็นขั้นตอน เช่น ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นเสนอเนื้อหา ขั้นคำถาม ขั้นตรวจคำตอบ และขั้นปิดบทเรียนหรือขั้นประเมินผล (วสันต์ อติศัพท์. 2530 : 19-21)

ดังนั้นเพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจถึงหลักการต่างๆ ของระบบประสานทางพิกัด และช่วยให้นักศึกษาที่เรียนอ่อน สามารถใช้เวลานอกเวลาเรียนในการเพิ่มเติมความรู้ เพื่อปรับปรุงการเรียนของตน ผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาใช้สอนในเนื้อหาวิชา ระบบประสานทางพิกัด สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แผนกวิชา เทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันราชภัฏ เพื่อเป็นประโยชน์โดยตรงแก่ผู้เรียนและผู้สอนในรายวิชา ระบบประสานทางพิกัด ตลอดจนเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนและเทคโนโลยีมัลติมีเดียต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด ที่มีคุณภาพ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด

## 1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1. คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด อยู่ในระดับดีขึ้นไป

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน E1/E2

## 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 กรอบแนวคิดส่วนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ไพโรจน์ ตรีรณธนากุล และคณะ. (2542 : 4-13) ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ในลักษณะของ Interactive MultiMedia Computer Assisted Instruction : IMMCAI) โดยเริ่มจากหัวเรื่องเป้าหมายที่กำหนด วัตถุประสงค์ และกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้บทเรียน การพัฒนาจะดำเนินได้เป็น 5 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. ขั้นวิเคราะห์ (Analysis)
2. ขั้นออกแบบ (Design)
3. ขั้นพัฒนา (Development)
4. ขั้นสร้าง (Implementation)
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)

1.4.2 กรอบแนวคิดในการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. ด้านเนื้อหา
2. ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1.4.3 กรอบแนวคิดด้านการหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยใช้เกณฑ์มาตรฐานของ $E_1/E_2$

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนพัฒนาขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ในรายวิชาระบบประสานทางพิกัด โดยเน้นเนื้อหาเฉพาะภาคทฤษฎี เท่านั้น

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ

2.1.1 นักศึกษาในระดับปริญญาตรี แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาระบบประสานทางพิกัด จำนวน 30 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ

2.2.1 นักศึกษาในระดับปริญญาตรี แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาระบบประสานทางพิกัด จำนวน 20 คน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) หมายถึงการนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์มาเป็นสื่อการเรียนการสอน โดยนำเนื้อหาวิชา ระบบประสานทางพิกัด ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม มาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2. แบบทดสอบ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของผู้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัดเมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้ครบทุกเรื่องแล้ว

3. คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง ผลที่ได้จากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากผู้สอน นักศึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

4. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ หมายถึง สัดส่วนระหว่างประสิทธิภาพของกระบวนการต่อประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เพื่อช่วยให้การพิจารณาบทเรียนคอมพิวเตอร์ โดยตั้งเกณฑ์ไว้ 80/80

5. วิชาระบบประสานทางพิกัด หมายถึง ศึกษาความหมาย และความสำคัญของระบบประสานทางพิกัดในงานสถาปัตยกรรม หลักการของระบบประสานทางพิกัด การออกแบบสถาปัตยกรรมโดยคำนึงขนาดของวัสดุและผลิตภัณฑ์ การเขียนแบบสถาปัตยกรรมโดยใช้ระบบประสานทางพิกัด ความสำคัญของระบบที่มีต่อการออกแบบวัสดุก่อสร้าง เพื่อการลิตทางอุตสาหกรรม และการเขียนแบบที่ใช้ในงานก่อสร้างอาคารที่เป็นสากล

6. $E_1$ หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนได้แต่ละบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ

7. $E_2$ หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนได้แต่ละบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัดผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ขอบข่ายเนื้อหาวิชาระบบประสานทางพิกัด

2.2 ความหมายและลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.4 ลักษณะการเรียนกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.5 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

## 2.1 ขอบข่ายเนื้อหาวิชาระบบประสานทางพิกัด

### 2.2.1 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาความหมายและความสำคัญของระบบประสานทางพิกัดในงานสถาปัตยกรรม หลักการของระบบประสานทางพิกัด การออกแบบสถาปัตยกรรมโดยคำนึงขนาดของวัสดุและผลิตภัณฑ์การเขียนแบบสถาปัตยกรรม โดยใช้ระบบประสานทางพิกัดความสำคัญของระบบที่มีต่อการออกแบบวัสดุก่อสร้าง เพื่อการลิตทางอุตสาหกรรม และการเขียนแบบที่ใช้ในงานก่อสร้างอาคารที่เป็นสากล

### 2.1.2 จุดประสงค์

2.1.1.1 เพื่อผลิตบัณฑิตทางด้านช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ให้มีความรู้และความสามารถในการที่จะประกอบอาชีพทางด้านสถาปัตยกรรม

2.1.1.2 เพื่อผลิตบัณฑิตให้มีความรู้ความสามารถในการที่จะนำไปประกอบอาชีพและอาชีพอิสระได้

2.1.1.3 เพื่อผลิตบัณฑิตให้มีความรู้ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และพัฒนางานทางด้านสถาปัตยกรรม

2.1.1.4 เพื่อผลิตบัณฑิตให้มีพื้นฐานในด้านการศึกษาในระดับที่สูงกว่าปริญญาตรีต่อไป

2.1.1.5 เพื่อผลิตบัณฑิตให้มีเจตคติ คุณธรรม จริยธรรมที่ดีต่อวิชาชีพได้

**2.1.3 คุณสมบัติเฉพาะโปรแกรมวิชา**

สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ในสายวิชาสถาปัตยกรรม

**2.1.4 โครงสร้างหลักสูตร**

หลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยหมวดวิชาและกลุ่มวิชาดังนี้

2.1.4.1 หมวดวิชาการศึกษาทั่วไป (General Education) หมายถึง วิชาการศึกษาที่นักศึกษาทุกคน ต้องเรียนเพื่อให้มีความรู้อย่างกว้างขวาง และรู้รอบในสิ่งที่จำเป็นเพื่อพัฒนาและเสริมสร้างคุณลักษณะความเป็นมนุษย์และพลเมืองที่ดีให้แก่บัณฑิต ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่พึงต้องมีในยุคนี้ และอนาคตในการที่จะปรับตัวให้เข้ากับสภาพการเปลี่ยนแปลง และการแข่งขันอย่างรุนแรงในสังคมและให้ดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุข หมวดวิชาการศึกษาทั่วไป แบ่งเป็น 4 กลุ่มวิชา คือ

- กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร
- กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์
- กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์
- กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.1.4.2 หมวดวิชาการศึกษาเฉพาะด้าน (Specialized Education) หมายถึง วิชาเฉพาะทางใดทางหนึ่งที่นักศึกษาแต่ละคนจะเลือกเรียน เพื่อให้มีความรู้ ความสามารถ มีทักษะ รู้เทคนิควิธี และเข้าใจกระบวนการงานอาชีพ ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ หมวดวิชาเฉพาะด้านแบ่งเป็น 3 กลุ่มวิชาคือ

- กลุ่มวิชาเนื้อหา หรือกลุ่มวิชาเอก – โท
- กลุ่มวิชาวิทยาการจัดการ
- กลุ่มวิชาปฏิบัติการและฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

2.1.4.3 หมวดวิชาเลือกเสรี (Free Elective) หมายถึง วิชาที่ให้นักศึกษาเลือกเรียนได้ตามความถนัดและความสนใจ เพื่อให้มีโลกทัศน์ที่กว้างขึ้น

**2.1.5 หลักสูตรรายวิชาระบบประสานทางพิกัด**

หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (ต่อเนื่อง) แผนกวิชา เทคนิคสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ รายวิชาที่ผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีรายละเอียดดังนี้

| | |
|---|---|
| รายวิชา | ระบบประสานทางพิกัด (Modular System) |
| รหัสวิชา | 5554402 |
| หน่วยกิต | 2(1-2) |
| เวลาเรียน | 54 คาบต่อภาคเรียน |

**2.1.5.1 คำอธิบายรายวิชา**

ศึกษาความหมาย และความสำคัญของระบบประสานทางพิกัดในงานสถาปัตยกรรม หลักการของระบบประสานทางพิกัด การออกแบบสถาปัตยกรรมโดยคำนึงขนาดของวัสดุและผลิตภัณฑ์ การเขียนแบบสถาปัตยกรรม โดยใช้ระบบประสานทางพิกัดความสำคัญของระบบที่มีต่อการออกแบบวัสดุก่อสร้าง เพื่อการลิตทางอุตสาหกรรม และการเขียนแบบที่ใช้ในงานก่อสร้างอาคารที่เป็นสากล

**2.1.5.2 หน่วยการเรียนการสอนวิชาระบบประสานทางพิกัด**

ในการเรียนการสอนวิชาระบบประสานทางพิกัด หลักสูตรสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2544 จำนวน 2 หน่วยกิต เรียนสัปดาห์ละ2 คาบ ทฤษฎี 1 คาบ ปฏิบัติ 2 คาบ คาบละ 50 นาที ใช้เวลาทั้งหมด 16 สัปดาห์ รวม 32 คาบ ดังรายละเอียดดังนี้

**ตารางที่ 2.1** หน่วยการเรียนการสอนวิชาระบบประสานทางพิกัด และจำนวนคาบเรียน

| สัปดาห์ที่ | หน่วยที่ | ชื่อหน่วยการสอน | จำนวนคาบ(คาบ) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ทฤษฎี | ปฏิบัติ |
| 1 | 1 | **บทที่ 1** ระบบประสานทางพิกัด<br>1.1 ความหมายของระบบประสานทางพิกัด<br>1.2 มิติ<br>1.3 มิติอาศัยซึ่งกันและกัน<br>1.4 วิธีหลีกเลี่ยง มิติอาศัยซึ่งกันและกันที่ไม่จำเป็น | 1 | 2 |
| 2 | 2 | 1.5 รอยต่อแบบสัมผัสหรือเว้นร่อง<br>1.6 ความเบี่ยงเบน<br>1.7 ความคลาดเคลื่อน<br>1.8 มิติประสาน | 1 | 2 |
| 3 | 3 | **บทที่ 2** ตารางพิกัดแผนผัง<br>2.1 ตารางพิกัดแผนผัง<br>2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้กับระบบประสานทางพิกัด | 1 | 2 |
| 4 | 4 | 2.3 พิกัดแผนผังและตารางพิกัดแผนผัง<br>2.4 ระบบโครงสร้างแบบต่างๆ(ประเภทของระบบประสานทางพิกัด) | 1 | 2 |
| 5 | 5 | **บทที่ 3** วัสดุสำหรับระบบประสานทางพิกัด<br>3.1 ระบบพื้นสำเร็จรูป | 1 | 2 |

**ตารางที่ 2.1** (ต่อ)

| สัปดาห์ที่ | หน่วยที่ | ชื่อหน่วยการสอน | จำนวนคาบ(คาบ) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ทฤษฎี | ปฏิบัติ |
| 6 | 6 | 3.2 ระบบผนังเบา (Light Weight Wall) | 1 | 2 |
| 7 | 7 | 3.3 ระบบผนังแขวน (Curtain Wall) | 1 | 2 |
| 8 | | สอบกลางภาค | 1 | 2 |
| 9 | 8 | **บทที่ 4** รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้างระบบประสานทางพิกัด<br>4.1 ชนิดของรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต | 1 | 2 |
| 10 | 9 | 4.2 ประเภทของรอยต่อ | 1 | 2 |
| 11 | 10 | 4.3 หน้าที่ของรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต | 1 | 2 |
| 12 | 11 | 4.4 รอยต่อของอาคารระหว่างโครงสร้างคอนกรีต | 1 | 2 |
| 13 | 12 | **บทที่** 5 วิธีการออกแบบระบบประสานทางพิกัด<br>5.1 ความหมายของการออกแบบระบบประสานทางพิกัด | 1 | 2 |
| 14 | 13 | 5.2 การออกแบบส่วนประกอบพิกัด | 1 | 2 |
| 15 | 14 | 5.3 การนำระบบประสานทางพิกัดมาใช้ | 1 | 2 |
| 16 | | สอบปลายภาค | 1 | 2 |

เวลาที่ใช้ในการเรียนวิชา ระบบประสานทางพิกัด หลักสูตรวิทยาสาสตร์บัณฑิต(ต่อเนื่อง) แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 2 หน่วยกิต ทฤษฎี 1 คาบ ปฏิบัติ 2 คาบ ใช้เวลาเรียนทั้งหมด 16 สัปดาห์ รวม 32 คาบ สำหรับเนื้อหาที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชา ระบบประสานทางพิกัด โดยสอนเฉพาะเนื้อหาที่เป็นทฤษฎีเท่านั้น

**ตารางที่ 2.2** แสดงการวิเคราะห์เนื้อหาการเรียนการสอนเพื่อสร้างแบบทดสอบ

| ลำดับที่ | เนื้อหา | ความรู้ | ความจำ | เข้าใจ | นำไปใช้ | วิเคราะห์ | สังเคราะห์ | จำนวนข้อสอบหมด |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 60 |
| 1. | **บทที่ 1** ระบบประสานทางพิกัด<br>1.1 ความหมายของระบบประสานทางพิกัด | - | - | 2 | - | - | - | **2** |
| 2. | 1.2 มิติ | - | - | 2 | - | - | - | **2** |
| 3. | 1.3 มิติอาศัยซึ่งกันและกัน | - | - | 2 | - | - | - | **2** |
| 4. | 1.4 วิธีหลีกเลี่ยง มิติอาศัยซึ่งกันและกันที่ไม่จำเป็น | - | - | 2 | - | - | - | **2** |
| 5. | 1.5 รอยต่อแบบสัมผัสหรือเว้นร่อง | - | - | 2 | - | - | - | **2** |
| 6. | 1.6 ความเบี่ยงเบน | - | - | 2 | - | - | - | **2** |
| 7. | 1.7 ความคลาดเคลื่อน | - | - | 2 | - | - | - | **2** |
| 8. | 1.8 มิติประสาน | - | - | 2 | - | - | - | **2** |
| 9. | **บทที่ 2** ตารางพิกัดแผนผัง<br>2.1 ตารางพิกัดแผนผัง | 2 | - | 2 | - | - | - | **4** |
| 10. | 2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้กับระบบประสานทางพิกัด | - | 2 | 2 | - | - | - | **4** |
| 11. | 2.3 พิกัดแผนผังและตารางพิกัดแผนผัง | 2 | - | 2 | - | - | - | **4** |
| 12. | 2.4 ระบบโครงสร้างแบบต่างๆ | 2 | - | 2 | - | - | - | **4** |
| 13. | **บทที่ 3** วัสดุสำหรับระบบประสานทางพิกัด<br>3.1 ระบบพื้นสำเร็จรูป | 4 | 4 | 6 | 6 | - | - | **20** |
| 14. | 3.2 ระบบผนังเบา (Light Weight Wall) | - | - | 2 | 2 | - | - | **4** |
| 16. | 3.3 ระบบผนังแขวน (Curtain Wall) | - | - | 2 | 2 | - | - | **4** |

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

| ลำดับที่ | เนื้อหา | ความรู้ | ความจำ | เข้าใจ | นำไปใช้ | วิเคราะห์ | สังเคราะห์ | จำนวนข้อสอบทั้งหมด |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 60 |
| 17. | **บทที่ 4** รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้างระบบประสานทางพิกัด<br>4.1 ชนิดของรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต | - | - | 2 | 2 | - | - | 4 |
| 18. | 4.2 ประเภทของรอยต่อ | - | - | 2 | 2 | - | - | 4 |
| 19. | 4.3 หน้าที่ของรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต | - | - | 2 | - | - | - | 2 |
| 20. | 4.4 รอยต่อของอาคารระหว่างโครงสร้างคอนกรีต | - | - | 2 | - | - | - | 2 |
| 21. | **บทที่ 5** วิธีการออกแบบระบบประสานทางพิกัด<br>5.1 ความหมายของการออกแบบระบบประสานทางพิกัด | - | - | 2 | 2 | - | - | 4 |
| 22. | 5.2 การออกแบบส่วนประกอบพิกัด | - | - | - | - | 2 | 2 | 4 |
| 23. | 5.3 การนำระบบประสานทางพิกัดมาใช้ | - | - | - | - | 2 | 2 | 4 |
| **รวม** | | **10** | **6** | **44** | **16** | **4** | **4** | **84** |

## 2.2 ความหมายและลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

นวัตกรรมการศึกษาด้านคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีชื่อเรียกอยู่ในภาษาอังกฤษอยู่หลายคำ เช่น Computer Assisted Instruction (CAI),Computer Assisted Learning(CAL), Computer Based Instruction (CBI), Computer Based Training(CBT), แต่มีคำที่นิยมใช้อยู่ 2 คำคือ CAI และ CAL โดยคำว่า CAI เป็นที่นิยมใช้แพร่หลายในสหรัฐอเมริกา ขณะที่คำว่า CAL เป็นที่นิยมใช้ในกลุ่มประเทศทางยุโรป แต่อย่างไรก็ดีคำเหล่านี้มีความหมายเหมือนกันนั่นเอง (วสันต์ อติศัพท์. 2530 : 17)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นสื่อหรือเครื่องมือในการเรียนการสอน (ผดุง อารยะวิญญู. 2524 : 1) โปรแกรมสำหรับการเรียนการสอน มักบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับ

ที่ครูจะสอน แต่แทนที่ครูจะเป็นผู้เสนอเนื้อหาวิชาด้วยตนเอง ครูก็บรรจุเนื้อหาเหล่านั้นไว้ในโปรแกรม และนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นผู้ถ่ายทอดวิชาแทนครู

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน การทบทวน การทำแบบฝึกหัด การวัดผล โดยเรียนจากบทเรียนสำเร็จที่ได้จัดทำไว้เป็นพิเศษสำหรับการสอนวิชานั้นมีการทดสอบความรู้ ตรวจคำตอบแล้วชมเชยถ้าทำถูก หรือตำหนิเมื่อทำผิดหรืออาจสั่งให้กลับไปศึกษาบทเรียนเก่าอีกครั้ง(ทั กษิณา สวนานนท์)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง วิธีการเรียนซึ่งใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อ ในการเสนอเนื้อหาด้วยบทเรียนโปรแกรมที่เตรียมไว้อย่างเหมาะสม เป็นการเรียนโดยตรงและเป็นการเรียนแบบที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับคอมพิวเตอร์ (วีระ ไทยพานิช. 2526 : 8)

คอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอน คือการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเรียนการสอน โดยที่เนื้อหารายวิชา แบบฝึกหัด การทดสอบ จะถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนจะเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะสามารถเสนอเนื้อหาวิชาซึ่งอาจจะเป็นทั้งรูปและตัวหนังสือ และภาพกราฟฟิค สามารถถามคำถาม รับคำตอบจากผู้เรียน ตรวจคำตอบและการแสดงผลการเรียนในรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับให้กับผู้เรียน (ขณิษฐา ชานนท์. 2532 : 8)

จากความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังกล่าว สามารถสรุปความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ว่าหมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอน โดยสามารถใช้รูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น โปรแกรมฝึกทักษะ โปรแกรมทบทวนบทเรียน เป็นต้นอาจใช้ประกอบการเรียนการสอนเป็นบางส่วนหรือทั้งหมดของบทเรียนผู้เรียนจะศึกษาเนื้อหาวิชาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์

## 2.3 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

จากตัวอย่างระบบสื่อการสอนที่มีผู้ทำขึ้นแล้ว เราสามารถนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับแนวพื้นฐานของระบบการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และสอดคล้องกับการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3.1 การวิเคราะห์เนื้อหา เป็นการเลือกสรรเนื้อหาที่จะนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเลือกเนื้อหาที่มีการฝึกทักษะทำซ้ำบ่อยๆ มีภาพประกอบเป็นเนื้อหาที่คิดว่าถ้าใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้วจะประหยัดเวลาในการสอนได้มากกว่าวิธีเดิม เป็นเนื้อหาที่สามารถจำลองอยู่ในรูปการสาธิตได้ จากนั้นนำเนื้อหาของวิชามาวิเคราะห์และจำแนกเป็นหน่วย และหัวเรื่อง เพื่อกำหนดแนวคิดที่แยกย่อยลงไปตามลำดับ กำหนด “คำหลัก” ที่จะนำไปเป็นฐานในการกำหนดสื่อ

2.3.2 การวิเคราะห์ผู้เรียน เป็นการทำความรู้จักกลุ่มเป้าหมายที่จะนำสื่อไปใช้ ต้องศึกษาในส่วนที่เกี่ยวกับวุฒิภาวะและระดับสติปัญญา วุฒิภาวะทางกาย ภาษา ลักษณะทาง

2.3.3 การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นการกำหนดสิ่งที่ผู้เรียนควรรู้และความสามารถของผู้เรียนเมื่อการเรียนสิ้นสุดลง จุดประสงค์การเรียนรู้นี้ต้องสอดคล้องกับหัวเรื่อง โดยกำหนดเป็นจุดประสงค์ทั่วไปก่อนแล้วเปลี่ยนเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.3.4 การกำหนดแนวคิด เป็นการกำหนดแนวคิดที่สิ่งสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยสรุปในภาพรวมของสาระและหลักการที่สำคัญของเนื้อหา

2.3.5 การสร้างบทเรียนบนกระดาษ เป็นการนำเนื้อหาจากการวิเคราะห์และสิ่งที่คาดหวังจากผู้เรียนมาผสมผสานเรียงลำดับ โดยการเขียนผังงาน (Layout content) เพื่อแสดงการเริ่มต้นและจุดจบของเนื้อหา แสดงการเชื่อมต่อและความสัมพันธ์ของการเชื่อมโยงบทเรียนแสดงปฏิสัมพันธ์ของกรอบต่างๆ ของบทเรียนและเลือกวิธีการเสนอเนื้อหาของบทเรียน ซึ่งอาจจะสร้างในลักษณะแบบเส้นทางเดียว (Linear Program) ประกอบด้วยกรอบเนื้อหาหรือกรอบคำถามเรียงต่อกันไปเรื่อยๆ ผู้เรียนต้องเรียนเนื้อหาเหมือนกันหมด หรือแบบแตกกิ่ง (Branching Program) ซึ่งผู้เรียนสามารถเลือกเรียนได้ตามระดับความรู้ ความเข้าใจและขีดความสามารถของผู้เรียน วางแนวทางในการนำเสนอในรูปของสตอรีบอร์ด (Storyboard) ออกแบบสำหรับการแสดงบนจอภาพโดยคำนึงการให้สี แสง เสียง ภาพ กราฟฟิกต่างๆ ขนาดและแบบตัวอักษรการตอบสนองการเสริมแรงต่างๆ โดยอาศัยหลักจิตรวิทยาการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียนจากนั้นนำหัวข้อย่อยของเนื้อหามาเขียนเป็นกรอบในกระดาษก่อน ในแต่ละหัวข้อย่อยอาจเขียนได้หลายกรอบก็ได้ แต่ละกรอบต้องมีจุดประสงค์การเรียนรู้เพียงข้อเดียว บางกรอบอาจมีคำอธิบายตัวอย่างและคำถาม แต่บางกรอบอาจไม่มีคำถามก็ได้

2.3.6 การสร้างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบทดสอบต้องใช้เกณฑ์ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ดังนั้นจึงต้องทำหลังจากการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วจึงคิดกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบนี้ได้

2.3.7 การเลือกภาษาที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ภาษาที่ใช้ในการเขียนบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถทำให้ 2 วิธี

2.3.7.1 การใช้โปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language) เป็นการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้น เช่น ภาษาเบสิก (Basic) ภาษาปาสคาล (Pascal) ภาษาซี (C) ซึ่งผู้เขียนโปรแกรมต้องมีความรู้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอย่างดีในกรณีนี้อาจเป็นการร่วมมือกันระหว่างผู้สอนเนื้อหาและโปรแกรมเมอร์

2.3.7.2 การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป หรือโปรแกรมสร้างบทเรียน (Authoring System) หรือเรียกว่าโปรแกรมการประพันธ์ (Authoring Language) ซึ่งโปรแกรมนี้ออกแบบไว้สำหรับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยเฉพาะ ดังนั้นการใช้งานจึงง่ายและสะดวกต่อครูผู้สอนที่ไม่

มีทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างโปรแกรมของต่างประเทศที่ค่อนข้างจะมีมาตรฐาน เช่น PLATO, Authoware, Hyper Card, VITAL และ Ten CORES

2.3.8 การผลิตคู่มือคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งเป็นคู่มือสำหรับนักศึกษาเพื่อใช้ควบคู่กับการใช้บทเรียนโดยที่คู่มือประกอบด้วย คำนำ สารบัญ รายละเอียดของบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ช่วยสอน วิธีการศึกษาบทเรียน แผนผังแนวคิด วัตถุประสงค์การเรียนรู้ แบบฝึกหัดของแต่ละหน่วยย่อย

2.3.9 การประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยแบ่งการประเมินคุณภาพออกเป็น 2 ด้าน

2.3.9.1 ด้านเนื้อหา

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์
2. การแบ่งเนื้อหามีความเหมาะสม
3. ความถูกต้องของเนื้อหา
4. ความเหมาะสมในการจัดลำดับการนำเสนอเนื้อหา
5. การใช้ภาษาที่ถูกต้อง มีความเหมะสมกับผู้เรียน และสื่อความหมายได้ชัดเจน
6. โครงสร้างของเนื้อหาชัดเจน เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่

2.3.9.2 ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1. ด้านภาพนิ่ง
   1.1 ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม
   1.2 สีและความชัดเจนของภาพที่ใช้
   1.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในการสื่อความหมาย
   1.4 ความสมดุลของการจัดวางภาพในแต่ละกรอบ
   1.5 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ประกอบเนื้อหา
2. ด้านเสียง
   2.1 ระดับความดังของเสียงที่ใช้อธิบายเนื้อหาเหมาะสม
   2.2 ระดับความดังของดนตรีที่ใช้ประกอบเหมะสม
   2.3 ความชัดเจนของเสียงอธิบาย
   2.4 ความถูกต้องของเสียงอธิบายตามหลักภาษา
3. ด้านตัวอักษร
   3.1 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ อ่านง่ายและชัดเจน
   3.2 รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ สวยงาม อ่านง่าย และชัดเจน
   3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร และสีของพื้นที่ใช้
   3.4 ความเหมาะสมของการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละกรอบ
   3.5 ความถูกต้องของข้อความตามหลักภาษา

4. ด้านภาพเคลื่อนไหว

4.1 ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม

4.2 ความชัดเจนของภาพที่ใช้

4.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในการสื่อความหมาย

4.4 ความสมดุลของการจัดวางภาพในแต่ละกรอบ

5. ด้านปฏิสัมพันธ์

5.1 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนตอบโต้กับบทเรียน

5.2 การควบคุมบทเรียนทำได้ง่าย และสะดวก

5.3 ความเหมาะสมของการเชื่อมโยงเนื้อหาภายในหน่วยเรียน

5.4 ความเหมาะสมของการเชื่อมโยงระหว่างบทเรียนแต่ละหน่วยการเรียน

5.5 ความเหมาะสมของการให้ข้อมูลย้อนกลับ และการเสริมแรงรูปแบบการโต้ตอบกับบทเรียนเป็นมาตรฐานเดียวกัน

## 2.4 ลักษณะของประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.4.1 ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ เป็นบทเรียนการสอนรายบุคคลที่ได้รับการพัฒนาและนำเอาหลักมาจากบทเรียนสำเร็จรูปมาออกแบบ โดยใช้คอมพิวเตอร์สื่อแทนสิ่งพิมพ์ ทำให้บทเรียนสมบูรณ์ยิ่งขึ้นเพราะ คอมพิวเตอร์สามารถแก้ ข้อบกพร่องของบทเรียนโปรแกรม ได้ เช่น ความเร็วในการเสนอเนื้อหาการซ่อนคำตอบการเสริมแรงเป็นต้น(ไพฑูรย์ จารุสาร. 2536 : 15)

2.4.2 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นักการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศได้แบ่งประเภทคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้ (ขนิษฐา ชานนท์. 2532 : 10)

2.4.2.1 สอนเนื้อหา (Tutorial) บทเรียนในแบบการสอนมีลักษณะคล้ายบทเรียนสำเร็จรูป โดยจัดเนื้อหาย่อยๆ เป็นระบบและเรียงต่อเนื่องกันไป ผู้เรียนจะศึกษาตามระดับที่โปรแกรมไว้ มีการแทรกคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนแล้วแสดงผลย้อนกลับ (Feedback) ตลอดจนการเสริมแรง และยังสามารถให้นักเรียนย้อนกลับไปบทเรียนเดิมหรือข้ามบทเรียนที่นักเรียนรู้แล้วไปได้ด้วย นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับนักเรียน และผลการเรียนได้อีกด้วย การสอนด้วนบทเรียนนี้เหมาะสมที่จะใช้สอนความคิดรวบยอดในด้านต่างๆ ซึ่งคอมพิวเตอร์อาจสอนได้ดีกว่าครู (อรพันธุ์ ประสิทธิรัตน์ .2530:23)

2.4.2.2 ฝึกทักษะ (Drill and Practice) เป็นโปรแกรมที่สร้างง่ายและเรียนจะตอบถูกใช้เสริมเมื่อครูผู้สอนได้สอนเนื้อหาบทเรียนไปแล้ว โดยออกแบบไว้สำหรับการทบทวน การทำแบบฝึกหัดฝึกทักษะ โดยมุ่งพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น การสะกดการอ่าน และนิยมใช้กันมากในการฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ คำถามในโปรแกรมแบบนี้ ควรได้ผ่านการวิเคราะห์หาค่าสถิติมาแล้ว โปรแกรมที่ดีควรมีการประเมินข้อบกพร่องของผู้เรียน ว่าจำเป็น

ต้องฝึกหัดที่ระดับความรู้ใดและบอกสาเหตุของความบกพร่องในการตอบผิด ส่วนประกอบของโปรแกรมแบบฝึกหัดมีดังนี้

1. บทนำ
2. การเลือกคำถามหรือปัญหา
3. คำถามและคำตอบ
4. การตัดสินคำตอบ
5. ให้ข้อมูลป้อนกลับ
6. จบโปรแกรม

2.4.2.3 สถานการณ์จำลอง (Simulation) คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ในการเสนอจำลองสถานการณ์ต่างๆ ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ กับสิ่งนั้นและได้รับปฏิกริยาย้อนกลับเหมือนกับในสถานการณ์จริงเนื่องจากในบางบทเรียนไม่สามารถทดลองให้เห็นได้จริง เช่น การเคลื่อนที่ของลูกปืน การเดินทาง การใช้คอมพิวเตอร์จำลองแบบให้เข้าใจบทเรียนได้ง่าย เช่น การสอนเรื่องเลนส์ การจำลองแบบอาจช่วยย่นระยะเวลาได้ โครงสร้างของบทเรียนแสดงได้ดังภาพประกอบต่อไปนี้

2.4.2.4 เกมการศึกษา (Instructional Games) การใช้สอนเนื้อหาวิชาในรูปแบบของเกมเพื่อการเรียนการสอนกำลังเป็นที่นิยมใช้กันมาก เช่น เกมคำตอบ เกมเติมคำ เกมการคิดแก้ปัญหา ฯลฯ โดยมีกติกาแพ้ ชนะ เมื่อจบเกมแล้วนักเรียนจะได้รับความรู้และความสนุกสนานเพลิดเพลินไปพร้อมๆ กันด้วย เนื่องจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถเสนอภาพ กราฟิกที่มีสีสวยงาม และทำภาพประกอบเสียงได้ จึงทำให้ดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

2.4.2.5 การสอบ (Testing) เป็นการทดสอบนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนเนื้อหา หรือฝึกปฏิบัติไปแล้วด้วยคอมพิวเตอร์ โดยโครงสร้างข้อสอบวิชาที่ต้องการสอบไว้ล่วงหน้าในแผ่นโปรแกรม เมื่อถึงเวลาก็แจกแผ่นโปรแกรมที่บรรจุข้อสอบ ให้นักเรียนคนละแผ่น แล้วทำข้อสอบโดยป้อนคำตอบลงบนแป้นพิมพ์ เมื่อทำเสร็จแต่ละเครื่องจะตรวจและแจ้งผลให้ทราบทันที เมื่อครบทุกข้อแล้วจะประเมินผลการสอบของนักเรียนคนนั้นว่าผ่านหรือไม่ทันทีเช่นกัน

2.4.2.6 โปรแกรมสาธิต (Demonstration) โปรแกรมประเภทนี้มีลักษณะคล้ายกับการการสาธิตของครู วัตถุประสงค์ของโปรแกรมนี้ เพื่อใช้สาธิตประกอบการบรรยายเนื้อหาหัวข้อใดหัวข้อหนึ่งเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในสิ่งที่เรียนได้ดียิ่งขึ้น ส่วนใหญ่เป็นการแสดงขั้นตอนหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เช่น การโคจรของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาล โครงสร้างของอะตอม การหมุนเวียนของโลหิต การไหลของกระแสน้ำในมหาสมุทร การย่อยอาหาร การเขียนกราฟแสดงรายละเอียด เป็นต้น

## 2.5 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนที่นำไปใช้ในการสอน ควรนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองใช้ (Try Out) ตามขั้นตอนที่กำหนดแล้วปรับปรุงแก้ไขให้ได้มาตรฐานเสียก่อน เพื่อจะได้ทราบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีคุณภาพเพียงใด มีสิ่งใดที่ยังบกพร่องอยู่โดยการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจากประชากรที่จะใช้จริง (สุโขทัยธรรมธิราช. 2527)

### 2.5.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียน เรียนรู้ในระดับที่ผู้ผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะพึงพอใจว่า หากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพ ถึงกระนั้นแล้วแสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอบนักเรียน การที่จะกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น กระทำโดยการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_1$(ประสิทธิภาพของกระบวนการ) $E_2$ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นที่พอใจ โดยกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมดนั้น คือ $E_1/E_2$ หรือประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

การที่จะกำหนดเกณฑ์ $E_1/E_2$ ให้มีค่าเท่าใดนั้น ให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณา โดยปกติเนื้อหาที่เกี่ยวกับความรู้ ความจำ มักตั้งไว้ที่ 80/80, 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะ หรือเจตคติอาจตั้งไว้ 70/70, 75/75 (สุโขทัยธรรมธิราช. 2527)

การกำหนดประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรมนิยมกำหนดเป็น 80/80 สำหรับเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้ ความจำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน +2.5 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2520) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ในการยอมรับ 80/80 และมีระดับความผิดพลาดไว้ ร้อย+2.5 โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ

2.5.1.1 สูงกว่าเกณฑ์ เมื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพ ตั้งแต่82.5/82.5

2.5.1.2 เท่าเกณฑ์ เมื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพ 80/80

2.5.1.3 ต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า 77.5/77.5

เกณฑ์ประสิทธิภาพคิดจาก

80 ตัวแรก หมายถึง จำนวนร้อยละของผู้ทำแบบทะสอบระหว่างเรียนที่ทำให้ถูกต้องร้อยละ80

80 ตัวหลัง หมายถึง จำนวนร้อยละของผู้ทำแบบทดสอบหลังเรียนที่ทำถูกในแต่ละข้อของแบบทดสอบหลังเรียนจะต้องมีผู้ตอบถูกอย่างน้อยร้อยละ80

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง


**2.5.2 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้สูตร $E_1/E_2$ ซึ่ง $E_1$ เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ และ $E_2$ เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2520 : 136)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} x100$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} x100$$

เมื่อ $E_1$ คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$E_2$ คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

**2.5.3 ขั้นตอนการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**

เมื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว จะต้องนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมองหาประสิทธิภาพ 3 ขั้นตอน ดังนี้คือ

2.5.3.1 ทดสอบภาคสนามเบื้องต้นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักเรียน 1 คน โดยเลือกผู้เรียนที่กล้าแสดงความคิดเห็น และระดับผลการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ระดับ 1 คน เพื่อดูว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความเหมาะสมกับผู้เรียนอย่างไร และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีข้อบกพร่องอย่างไรที่จะได้นำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

2.5.3.2 ทดสอบภาคสนามครั้งใหญ่นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วจากการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่งไปทดลองใช้กับนักเรียน โดยเลือกระดับผลการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ระดับละ 2 คน รวมเป็น 5 คน หลังจากนั้นนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง

2.5.3.3 ทดลองเชิงปฏิบัติการ นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ทดสอบกับกลุ่มเล็กและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่สุ่มมาแบบมีระบบจำนวน 30 คน นำผลที่ได้ไป

74846

หาค่าประสิทธิภาพ และค่าดัชนีประสิทธิผล เพื่อตรวจสอบหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความเหมาะสมเพียงใด

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

ชวลิต อธิปัตยกุล (2544 : บทคัดย่อ) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตร ปีที่3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 คณะศิลปกรรม วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี จำนวน 60 คน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย โดยที่กลุ่มตัวอย่างยังไม่เคยเรียนเนื้อหาเรื่อง จิตกรรมฝาผนังสมัยอยุธยามาก่อน แล้วแบ่งออกเป็นจำนวน 3 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน ได้แก่ กลุ่มหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนปกติผลการศึกษาค้าปรากฏว่าประสิทธิภาพของบทเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเท่ากับ 88.00/82.16 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ผลการเรียนระหว่างเรียนด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าการเรียนด้วยการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยการเรียนด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เฉลี่ย 8016 ผลการเรียนด้วยการสอนปกติได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.00 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องจิตกรรมฝาผนังสมัยอยุธยา สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุดาวัลย์ จันทร์ลอย (2546 : บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาการออกแบบเขียนแบบภูมิสถาปัตยกรรม1 เรื่องการจัดสวนแบบญี่ปุ่นที่มีประสิทธิภาพ โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาการออกแบบเขียนแบบภูมิสถาปัตยกรรม เรื่องการจัดสวนแบบญี่ปุ่นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 2 แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สาขาวิชาการก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคดุสิต ภาคเรียนที่2 ปีการศึกษา2545 จำนวน20คน ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาการออกแบบเขียนแบบภูมิสถาปัตยกรรม เรื่องการจัดสวนแบบญี่ปุ่น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.25/85.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ปฏิพากย์ ปุ่มอุดม (2543 : บทคัดย่อ ) การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาการถ่ายภาพทางการพิมพ์1 เรื่องการผลิตภาพลายเส้น ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาการพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2538 โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย คือ ผู้วิจัยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แล้วนำไปทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาแผนกวิชาการพิมพ์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ของสถานศึกษาที่เปิดทำการสอนสาขาวิชาการพิมพ์ 5 แห่ง จำนวนแห่งละ 8 คน รวมทั้งสิ้น 40 คน ก่อนที่นักศึกษาจะเข้าสู่บทเรียนผู้วิจัยได้ทำการทดสอบพื้นฐานความรู้ด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และออกแบบให้บรรจุอยู่ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และให้ผู้เรียนเรียนเนื้อหาที่มีอยู่ 4 หัวข้อ ในระหว่างการเรียนผู้วิจัยให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด

ท้ายบท หลังจากจบเนื้อหาแต่ละบท เมื่อเรียนจบบทเรียนแล้วให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบ มาคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัยปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยจัดสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.92/81.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 และมีสัดส่วนความสัมพันธ์ของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่า 1.03 ซึ่งถือว่าได้เกินเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์ และจากการทดลองหาความแตกต่างของคะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน มีค่าสูงกว่าคะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ปรเมศวร์ รัตนเวฬุ (2544 : บทคัดย่อ) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตร ชั้นปีที่2 สาขาออกแบบการผลิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น จำนวน 60 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน โดยที่กลุ่มที่ 1 เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มที่ 2 เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่ 3 ที่เรียนด้วยวิธี โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี Independent Sample t – test ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการเขียนแบบรูปทรงปิรามิดตัดตรงที่ได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.33/82.83 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบใช้แบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ศิโรตม์ ชมบุญ (2543 : บทคัดย่อ) การวิทยานิพนธ์ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องพระราชบัญญัติควบคุมอาคารสูง และอาคารขนาดใหญ่พิเศษผู้วิจัยได้นำเนื้อหาของพระราชบัญญัติควบคุมอาคารซึ่งเป็นกฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ.2535 มาทำเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยได้แบ่งตามเนื้อหาพระราชบัญญัติได้เป็น 6 หมวด จากนั้นได้นำเนื้อหามานำเสมอในลักษณะของภาพกราฟฟิกและข้อความประกอบที่มีความกระชับต่อจากนั้นได้ทำแบบทดสอบแล้วไปทดสอบกับกลุ่มประชากรจำนวน 50 คน เพื่อนำผลของข้อสอบไปวิเคราะห์ ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.74 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.50 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.70 ซึ่งถือว่าเป็นข้อสอบที่ดีสามารถนำไปใช้ได้ จากนั้นนำข้อสอบมาบรรจุไว้ในโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แล้วนำเนื้อหาไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาตรวจสอบ และนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อตรวจสอบโดยนำข้อผิดพลาดมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจนถูกต้องเหมาะสม แล้วจากนั้นนำบทเรียนที่ผ่านการตรวจสอบแล้วไปทดสอบกับนักศึกษาจำนวน 3 คน เพื่อวิเคราะห์หาข้อผิดพลาดและปรับปรุง เมื่อได้นำไปปรับปรุงแล้วก็นำไปทดสอบจริงกับนักศึกษาจำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนที่สร้างขึ้นโดยให้นักศึกษาเรียนทีละหมวด ซึ่งแต่ละหมวดมีแบบทดสอบย่อยระหว่างหมวดเพื่อทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย

สอนเรื่องพระราชบัญญัติควบคุมอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.50/85.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดและเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

แสงอากาศ พิมพ์ศรี (2545 : บทคัดย่อ) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 โรงเรียนประจักษ์ศิลปาคมกิ่งอำเภอประจักษ์ศิลปาคม จังหวัดอุดรธานี จำนวน60คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ 1 เรียนโดยการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน กลุ่มที่ 2 เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และกลุ่มที่ 3 โดยวิธีการสอนตามแผนการสอนปกติ โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ t – test independent ผลการวิจัยพบว่า

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง สัญลักษณ์ในงานเขียนแบบ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.75/83.50 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียน โดยการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยวิธีการสอนตามแผนการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05

อุดม นิลรัตน์สุวรรณ (2543 : บทคัดย่อ) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เลือกลงทะเบียนวิชา 02070004 ประวัติศาสตร์ศิลป์4 เรื่องลัทธิคิวบิสม์ จำนวน30คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้บทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยให้กลุ่มตัวอย่างศึกษาเนื้อหาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและทำการทดสอบทันทีที่เรียนจบเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยค่าที t – test ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาประวัติศาสตร์ศิลป์4 เรื่องลัทธิคิวบิสม์ มีประสิทธิภาพ 84.83/83.08 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 และค่าเฉลี่ยแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้บทเรียน เท่ากับ 4.6 อยู่ในเกณฑ์ดี

### 2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

Friedman (1974 : 799-A) ได้ศึกษา การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า ในระยะแรกผู้เรียนจะมีปัญหาด้านความเข้าใจในบทเรียน แต่ต่อมาจะเข้าใจดีและรวดเร็วขึ้น นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังประหยัดเวลาในการเรียนไปได้อีก 3-4 สัปดาห์

Marrell (1985 : 3502-A) ผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยตรงจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความสามารถด้านพุทธิพิสัยสูงกว่านักเรียนไม่ได้ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยในเนื้อหาและนักเรียนที่ไม่ได้ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วย

Modisett (1980 : 577-A) ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ใช้แบบฝึกหัดธรรมดา การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เสียค่าใช้จ่ายแพงกว่าธรรมถึง 3.5 เท่า แต่เมื่อเทียบค่าใช้จ่ายต่อเดือนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้วพบว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก เมื่อใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน 5 เดือน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนแบบธรรมดา 10.5 เดือน

Oates (1983 : 2822-A) ผลการวิจัยปรากฏว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลต่อการส่งเสริมความชำนาญทักษะพื้นฐานทางภาษาของนักศึกษาที่เรียนการเขียนข่าว มีนักศึกษาประมาณ 30% หรือสูงกว่า ที่ทำการทบทวนปรับปรุงทักษะทางภาษาของตนทันทีที่สอบเสร็จและอีก 5-6% มาทำทบทวนปรับปรุงการเรียนหลังสิ้นสุดภายเรียนแล้ว ส่วนนักศึกษาที่ไม่ได้เรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะไม่มีการทบทวนปรับปรุงการเรียนของตนเองหลังสิ้นสุดการเรียนแล้ว

Oden (1982 : 355-A) ผลวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่เรียนจากการสอบแบบยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งคะแนนที่วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและวัดทัศนคติ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยยึดหลักแนวคิดในการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอนของ Robert Gagne' และใช้รูปแบบ รวมถึงลักษณะการนำเสนอของบทเรียนสำเร็จรูปแบบสาขาหรือแบบแตกแขนง (Branching Programming) โดยที่ผู้เรียนที่มีความรู้ในเนื้อหาของบทเรียน และโดยการทดสอบย่อยจากตัวบทเรียนก็สามารถข้ามไปเรียนต่อไปได้ แต่ถ้าผู้เรียนไม่มีความเข้าใจในเนื้อหาจากตัวบทเรียนนั้น ๆ ผู้เรียนสามารถเข้าไปเรียนในกรอบที่เป็นเนื้อหาเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหานั้นดียิ่งขึ้น

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัดการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้เรียบเรียงวิธีการดำเนินการวิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนของการวิจัยดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การดำเนินการทดลอง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

## 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ที่ผ่านการเรียนในรายวิชา ระบบประสานทางพิกัด จำนวน 30 คน

### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาระบบประสานทางพิกัด จำนวน 20 คน

## 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชา ระบบประสานทางพิกัด

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนรู้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด ระหว่างเรียนแต่ละหน่วย และหลังเรียนครบทุกหน่วย

3. แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชา ระบบประสานทางพิกัด

### 3.2.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด ได้ดำเนินการสร้างบทเรียนตามขั้นตอนของ ไพโรจน์ ตรีรณธนากุล และคณะ (2542 : 4-13) ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ดำเนินได้เป็น 9 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. การวิเคราะห์เนื้อหา

2. การวิเคราะห์ผู้เรียน

3. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

4. การกำหนดแนวคิด

5. การสร้างบทเรียนบนกระดาษ

6. การสร้างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

7. การเลือกภาษาที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

8. การผลิตคู่มือคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

9. การประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

รายละเอียดของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 9 ขั้นตอนหลัก ผู้วิจัยได้ดัดแปลงการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์เนื้อหา กำหนดเนื้อหา เรื่อง รายวิชา ที่จะนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเลือกเนื้อหาวิชาระบบประสานทางพิกัด ตามหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ.2543 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม (ตามหลักสูตรสถาบันราชภัฏ พ.ศ.2543 หมวดวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : 104-134) และนำเนื้อหาของวิชามาวิเคราะห์และจำแนกเป็นหน่วย และหัวเรื่อง เพื่อกำหนดแนวคิดที่แยกย่อยลงไปตามลำดับ

2. การวิเคราะห์ผู้เรียน กลุ่มเป้าหมายที่จะนำสื่อไปใช้คือ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาระบบประสานทางพิกัด จำนวน 30 คน

3. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ของวิชาระบบประสานทางพิกัด ตามหลักสูตรสถาบันราชภัฏ พ.ศ.2543 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม ต้องสอดคล้องกับหัวเรื่อง โดยกำหนดเป็นจุดประสงค์ทั่วไปก่อนแล้วเปลี่ยนเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4. การกำหนดแนวคิด เป็นการกำหนดแนวคิดที่สิ่งสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่องของวิชาระบบประสานทางพิกัด ตามหลักสูตรสถาบันราชภัฏ พ.ศ.2543 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม โดยสรุปในภาพรวมของสาระและหลักการที่สำคัญของเนื้อหา

5. การสร้างบทเรียนบนกระดาษ นำเนื้อหามากำหนดการนำเสนอในรูปแบบ story board และนำเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และแก้ไข ปรับปรุงให้สมบูรณ์

6. การสร้างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จะต้องทำหลังจากการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วจึงคิดกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบนี้ได้

7. การเลือกภาษาที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เลือก software หรือโปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะสมและสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่กำหนดไว้ เป็นตัวจัดการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และจัดเตรียมรูปภาพ เสียง หรือการถ่ายวีดีโอ หรือภาพนิ่ง หรือ Captionเข้าในโปรแกรมเพื่อสร้างบทเรียน

8. การผลิตคู่มือคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คู่มือสำหรับนักศึกษาเพื่อใช้ควบคู่กับการใช้บทเรียนวิชาระบบประสานทางพิกัด ตามหลักสูตรสถาบันราชภัฏ พ.ศ.2543 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรมโดยที่คู่มือประกอบด้วย คำนำ สารบัญ รายละเอียดของบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ช่วยสอนวิธีการศึกษาบทเรียน แผนผังแนวคิด วัตถุประสงค์การเรียนรู้ แบบฝึกหัดของแต่ละหน่วยย่อย

9. การประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จัดส่งให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 6 ท่าน เพื่อประเมินสื่อการสอน ซึ่งมีผู้ทรงคุณวุฒิแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้คือ

ผู้ทรงคุณวุฒิการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่านได้แก่

| | |
|---|---|
| ผศ.พรพิมล เขาสมบูรณ์ | อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา |
| ผศ.รัตนา เกษมสวัสดิ์ | อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา |
| ผศ. ดร.วินิจ เทือกทอง | อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา |

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ทำการประเมินคุณภาพได้แก่

| | |
|---|---|
| อาจารย์ศุภกิจ สดใส | อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร |
| อาจารย์มณฑล จันทร์แจ่มใส | อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร |
| อาจารย์ฤทธิรงค์ พงษ์เจริญ | อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหา วิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา |

**3.2.2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

1. ศึกษาและวิเคราะห์จุดประสงค์และเนื้อหาเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด ตามหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ.2543 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม

2. กำหนดจุดประสงค์ที่จะออกข้อสอบ ให้ครอบคลุมเนื้อหาตามหลักสูตรและเรื่องที่ทำวิจัย โดยพิจารณาว่าจะวัดพฤติกรรมย่อยแต่ละพฤติกรรมอย่างละกี่ข้อ

3. ทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยยึดตามจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อกำหนดข้อสอบของแต่ละวัตถุประสงค์ และกำหนดขั้นตอนการวัดผล

4. กำหนดรูปแบบของคำถามและศึกษาวิถีการเขียนข้อสอบ โดยเลือกสร้างแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด ได้ 0 คะแนน

5. ตรวจทานข้อสอบ คือนำข้อสอบที่ได้เขียนไว้มาพิจารณาอีกครั้ง โดยพิจารณาความถูกต้อง สามารถวัดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการได้หรือไม่ ภาษาที่ใช้ชัดเจนหรือไม่ ทำการแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

6. เสนอแบบทดสอบต่อผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข

7. นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน พิจารณาประเมิน ตรวจสอบว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดตามจุดประสงค์ที่ระบุไว้หรือไม่ โดยหาค่าความสอดคล้องข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบ การพิจารณากำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อไว้ดังนี้

คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

คะแนน –1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

บันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อแล้วนำไปหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งข้อที่ใช้ได้จะต้องมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

สูตรการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์. 2538 : 88-89)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

8. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบกับ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม สถาบันราชภัฏพระนคร ที่ไม่เคยเรียนวิชานี้มาก่อน จำนวน 30 คน

9. นำผลการทดสอบทำการวิเคราะห์เพื่อหาความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีหาค่า KR-20 ตามสูตรที่กำหนดไว้

โดยใช้สูตรในการหาความยากง่ายของแบบทดสอบ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 81)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P = ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

R = จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

N = จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

สูตรสัดส่วนความแตกต่างระหว่างกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ เป็นการหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ดังนี้ (เอกวิทย์ แก้วประดิษฐ์. 2537 : 112)

$$D = \frac{Ru - Re}{n/2}$$

เมื่อ r = ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ

$R_u$ = จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง

$R_c$ = จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน

N = จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

สูตรหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ใช้สูตร KR – 20 ของ Kuder- Richardson Formula 20 (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 145)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \{ 1 - \frac{\sum pq}{S^2_t} \}$$

เมื่อ $r_{tt}$ = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

K = จำนวนแบบทดสอบทั้งหมด

p = สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อหนึ่งๆ (R/N)

เมื่อ R แทนจำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้น ๆ

N แทนจำนวนผู้สอบ

q = สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อหนึ่งๆ เท่ากับ (1 – p)

$S^2$ = ความ แปรปรวนของข้อสอบทั้งสองฉบับ

10. นำแบบทดสอบไปใช้จริง

**3.2.3 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**

1. กำหนดหัวข้อและสร้างแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็นสองด้านคือ ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

โดยมีค่าความยากง่ายของข้อสอบ

โดยลักษณะของแบบประเมินในแต่ละด้านจะมีช่องให้เลือกประเมิน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า เป็น 5 ระดับ และมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ 5 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ดีมาก

ระดับ 4 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ดี

ระดับ 3 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ปานกลาง

ระดับ 2 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ พอใช้

ระดับ 1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินคุณภาพ

4.50 – 5.00 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ดีมาก

3.50 – 4.49 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ดี

2.50 – 3.49 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ปานกลาง

1.50 – 2.49 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ พอใช้

1.00 – 1.49 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

ในการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะต้องได้ผลในระดับดีขึ้นไป จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

2 นำแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและนำไปปรับปรุงตามคำแนะนำ

3. ได้แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ปรับปรุงแล้ว เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ ใช้แสดงความคิดเห็นเพื่อการประเมิน

## 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ติดต่อขอรับหนังสือขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย และขอเชิญผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย จากภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและคณะสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. การเก็บรวบรวมเพื่อหาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาและ ด้านเทคนิคการผลิตสื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม และทำการประเมินตามรายการแบบ

ประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่แจกให้ นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติและปรับปรุงแก้ไข

3. แจกแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด ให้แก่ผู้เรียนและผู้สอน เพื่อนำไปทำการอภิปรายผลต่อไป

## 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

3.4.1 หาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด ที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ และวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนและผู้สอน โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Diviation) (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 163 – 179)

3.4.1.1 เฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $X$ = คะแนนแต่ละค่าในชุดข้อมูล

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

$\sum X$ = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$n$ = จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.4.1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Diviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \overline{X})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ S.D. = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$X$ = ค่าคะแนนแต่ละค่าในชุดข้อมูล

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากผู้ทรงคุณวุฒิ

$n$ = จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.4.2 หาประสิทธิ์ภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด ที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

3.4.2.1 นำข้อมูลที่ได้มาทำการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้สูตร $E_1/E_2$ ซึ่ง $E_1$ เป็นประสิทธิภาพของกระบนการ และ $E/_2$ เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (ชัยยง พรหมวงศ์. 2521 : 136)

$$E_1 = \frac{\sum X / N}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum F / N}{A} \times 100$$

เมื่อ $E_1$ = ประสิทธิภาพของกระบนการ

$E_2$ = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ = คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน

$\sum F$ = คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

A = คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N = จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัด การผู้วิจัยได้ทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัดเพื่อไปทดลองใช้กับนักศึกษาในระดับปริญญาตรี แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมที่ผ่านการเรียนในรายวิชาระบบประสานทางพิกัด จำนวน 20 คน เพื่อทำการหาประสิทธิภาพและพัฒนาบทเรียนให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัด ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ

4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

## 4.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัด นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา 3 ท่าน ทำการประเมินสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อทำการเปรียบเทียบเป็นคะแนนแบบอิงเกณฑ์ ได้ผลของเกณฑ์ความเห็นสรุปได้ดังนี้

**ตารางที่ 4.1** แสดงข้อมูลและผลการประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ในรายละเอียดค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

| รายการประเมิน | ด้านเนื้อหา | | ระดับคุณภาพ |
|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | |
| 1. เนื้อหาในบทเรียนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด | 4.66 | 0.58 | ดีมาก |
| 2. เนื้อหาในบทเรียนมีความถูกต้อง | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 3. ความเหมาะสมของการใช้ภาษา | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 4. ความถูกต้องของตัวสะกดและไวยากรณ์ | 4.66 | 0.58 | ดีมาก |
| 5. เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 6. ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา | 4.6 | 0.58 | ดีมาก |
| 7. ความเหมาะสมในรูปแบบ หรือวิธีการนำเสนอชัดเจนและขั้นตอนเหมาะสม | 4.33 | 0.58 | ดี |
| 8. ความเหมาะสมของรูปภาพในด้านสื่อความหมาย | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 9. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพและคำบรรยาย | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 10. ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา | 4.66 | 0.58 | ดีมาก |
| 11. แบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนที่นำเสนอมีความตรงประเด็นครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์ | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 12. แบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนที่ใช้ช่วยทำให้นักศึกษาเข้าใจเนื้อหามากขึ้น | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 13. บทเรียนสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนทั่ว ๆ ไป | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 14. ผู้เรียนสามารถใช้บทเรียนได้ด้วยตัวเองโดยง่าย | 4.66 | 0.58 | ดีมาก |
| รวม | 4.78 | 0.14 | ดีมาก |

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหามีความคิดเห็นโดยแบ่งตามหัวข้อรายการประเมิน 14 รายการสรุปได้ว่า คุณภาพของสื่อการเรียนการสอนด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.14 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

**ตารางที่ 4.2** แสดงข้อมูลและผลการประเมินสื่อการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ในรายละเอียดค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

| รายการประเมิน | ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ | | ระดับคุณภาพ |
|---|---|---|---|
| | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | |
| 1. สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ | 4.33 | 0.58 | ดี |
| 2. สามารถกำหนดเนื้อหาตามการตอบสนองของนักศึกษาแต่ละคนอย่างรวดเร็ว | 4.00 | 1.41 | ดี |
| 3. การวางรูปแบบของหน้าจอ | 4.66 | 0.58 | ดี |
| 4. ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 5. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร โดยภาพรวม | 4.00 | 1.41 | ดี |
| 6. ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้ โดยภาพรวม | 4.00 | 1.41 | ดี |
| 7. ความเหมาะสมของสีภาพ โดยภาพรวม | 4.33 | 0.58 | ดี |
| 8. ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในบทเรียน | 4.00 | 0.58 | ดี |
| 9. บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 10. การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม | 4.00 | 1.41 | ดี |
| 11. การออกแบบข้อความได้สวยงามและเร้าใจ | 4.00 | 1.41 | ดี |
| 12. ความเหมาะสมของเสียงประกอบ | 4.00 | 1.41 | ดี |
| 13. ผู้เรียนสามารถออกจากโปรแกรมและสามารถกลับมาเรียนที่ได้อย่างรวดเร็ว | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 14. การนำเสนอมีความกระชับและเข้าใจง่าย | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 15. ความสะดวกและง่ายต่อการใช้โปรแกรม | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 16. ความปลอดภัยและง่ายต่อการติดตั้งโปรแกรม | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| รวม | 4.44 | 0.11 | ดี |

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีความคิดเห็นโดยแบ่งตามหัวข้อรายการประเมิน 16 รายการสรุปได้ว่า คุณภาพของสื่อการเรียนการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.11 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี

## 4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ

จากการนำแบบทดสอบเรื่องระบบประสานทางพิกัด ไปทำการทดสอบกับกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม จำนวน 20 คน เพื่อต้องการคัดเลือกข้อสอบนำไปใช้ในการทดลอง โดยแบบทดสอบที่จะนำไปใช้ในการทดสอบนั้นจะต้องนำไปวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ

ผู้วิจัยหาค่าความยากง่ายของข้อสอบที่ได้คือ 0.40 – 0.75 และค่าอำนาจจำแนกที่ได้คือ 0.20 – 0.60 และวิจัยได้หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 (Kuder Richardson20) เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบในการวิจัย ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบได้เท่ากับ 0.88 สรุปว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของบทเรียนมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นแบบทดสอบในการวิจัยครั้งต่อไป

## 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัด ผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัด ไปทดลองจริงกับนักศึกษาในระดับปริญญาตรี แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมที่ผ่านการเรียนในรายวิชาระบบประสานทางพิกัด จำนวน 20 คน ผลการวิจัยดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** แสดงผลการทดลองหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการทดลองแต่ละครั้ง

| รายการ | คะแนนรวม ($\sum X$) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| คะแนนจากการทำแบบฝึกหัด ( 50คะแนน) | 1,023 | 85.25 |
| คะแนนจากการทำแบบทดสอบ (30คะแนน) | 646 | 80.75 |

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ $E_1$ เท่ากับ 85.25 และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ $E_2$ มีค่าเท่ากับ 80.75 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 85.25/ 80.75ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80 / 80 ที่ตั้งไว้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยมุ่งศึกษา และพัฒนาเทคโนโลยีการศึกษา เพื่อการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.2 สมมติฐานการวิจัย

5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

5.6 สรุปผลการวิจัย

5.7 อภิปรายผล

5.8 ข้อเสนอแนะ

## 5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1 เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด ที่มีคุณภาพ

5.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด

## 5.2 สมมติฐานการวิจัย

5.2.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบประสานทางพิกัด อยู่ในระดับดีขึ้นไป

5.2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง วิชาระบบประสานทางพิกัด เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของ $E_1/E_2$

## 5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

### 5.3.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ นักศึกษาในระดับปริญญาตรี แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมที่ผ่านการเรียนในรายวิชาระบบประสานทางพิกัด จำนวน 30 คน

**5.3.2 กลุ่มตัวอย่าง**

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษาในระดับปริญญาตรี แผนกวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมที่ผ่านการเรียนในรายวิชาระบบประสานทางพิกัด จำนวน 20 คนได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยการจับฉลาก

## 5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัด มีรายละเอียดดังนี้

5.4.1 แบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหา ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหามีความคิดเห็น โดยแบ่งตามหัวข้อและมีความคิดเห็นอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.14

5.4.2 แบบประเมินสื่อการสอนด้านการผลิตสื่อ ทรงวุฒิด้านการผลิตสื่อมีความคิดเห็น โดยแบ่งตามหัวข้อและมีความคิดเห็นอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.11

5.4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ระบบประสานทางพิกัด เป็นแบบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีค่าความยากง่ายของข้อสอบที่ได้คือ 0.40 – 0.75 ค่าอำนาจจำแนก 0.20 – 0.60 และค่าความเชื่อมั่น 0.88

5.4.4 ประสิทธิภาพของกระบวนการ E1 เท่ากับ 85.25 และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E2 มีค่าเท่ากับ 80.75 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 85.25/ 80.75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

## 5.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

5.5.1 ติดต่องานบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลงานวิจัย หนังสือขออนุญาตทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

5.5.2 นำหนังสือจากบัณฑิตศึกษาติดต่อ หัวหน้าโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (สถาปัตยกรรม) คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสถาบันราชภัฏจันทรเกษม เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิจัย

5.5.3 ดำเนินการทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่

5.5.3.1 การทดลองเพื่อปรับปรุงคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับนักศึกษา

5.5.3.2 การดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อหาประสิทธิภาพ ($E_1/E_2$)

5.5.4 นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

5.5.4.1 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

## 5.6 สรุปผลการวิจัย

5.6.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาระบบประสานทางพิกัดที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดี

5.6.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาระบบประสานทางพิกัดที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเท่ากับ 85.25/ 80.75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

## 5.7 อภิปรายผล

**5.7.1 ด้านการหาประสิทธิภาพการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**

จากการวิจัย พบว่าเมื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัดซึ่งเป็นบทเรียนที่มีรูปแบบการนำเสนอที่ชัดเจนและมีความต่อเรื่องอย่างเป็นระบบ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหา จากบทเรียนและทำความเข้าใจได้ง่าย ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและตั้งใจในการเรียนมากขึ้น โดยที่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมานั้นได้ยึดหลักขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งประกอบด้วย 9 ขั้นตอนของ ไพโรจน์ ตรีรณธนากุล และคณะ (2542 : 4-13) มาใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตสื่อและเนื้อประเมนผลให้อยู่ในระดับดีจากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นผลทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชา ระบบประสานทางพิกัดมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80ซึ่งมีค่าเท่ากับ 85.25/ 80.75

เมื่อพิจารณาโดยละเอียดพบว่า การทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยที่นักศึกษาอาศัยผลการศึกษาของการเรียนที่ผ่านมาจะได้ผลลัพธ์น้อยกว่าการที่นักศึกษาได้เรียนในแต่ละหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทำให้เกิดความคิดรวบยอดที่ดีขึ้น นอกจากนี้แล้ว บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถให้นักศึกษาเรียนซ้ำแล้วซ้ำอีกได้ตามต้องการ และสามารถย้อนกลับไปเรียนในเนื้อหาเดิมหรือทำความเข้าใจกับเนื้อหานั้น ๆ ได้นานเท่าที่ต้องการ โดยไม่มีแรงกดดันจากลุ่มเพื่อนและผู้สอนมาเกี่ยวข้องประกอบกัน การรู้ผลคะแนนของการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ทำให้นักศึกษาสามารถแก้ไขทราบข้อบกพร่องได้ทันทีเนื่องจากภายในข้อสอบมีคำตอบเฉลย ผลตอบของตนเองจะเป็นแรงหนุนให้ผู้เรียนสนใจที่จะตอบคำถามใหม่ต่อไปเรื่อย ๆ

ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาระบบประสานทางพิกัด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้กับผู้เรียนเนื้อหานี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 5.8 ข้อเสนอแนะ

### 5.8.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรบรรจุลงไปในแผ่นซีดีรอมผู้เรียนจะได้สามารถเรียนได้จากแผ่นซีดีรอมหรือต้องการสำเนา และบันทึกข้อมูลลงเครื่องคอมพิวเตอร์ก็สามารถทำได้ และควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถที่จะเรียนรู้เนื้อหาวิชาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยตนเอง และมีอิสระในการเรียนมากขึ้น

2. ต้องศึกษาเนื้อหาที่จะนำมาสร้างให้เข้าใจอย่างถ่องแท้และศึกษาทฤษฎีหลักการ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ให้พร้อมก่อน เพื่อเกิดแนวคิดในการสร้างบทเรียน โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ที่วางไว้ตั้งแต่แรก

3. ศึกษาวิจัยเพื่อหารูปแบบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ได้มีการสร้างขึ้นแล้ว หลาย ๆ ตัวอย่าง เพื่อให้ได้ซึ่งเทคนิควิธีการ

4. ก่อนการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรมีการแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และตัวบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อช่วยให้นักเรียนที่ไม่คุ้นเคยกับเครื่องและบทเรียนคอมพิวเตอร์จะได้ไม่รู้สึกยุ่งยากหรือกลัวต่อการใช้คอมพิวเตอร์

### 5.8.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ต้องศึกษาเนื้อหาที่จะนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้เกิดความเข้าใจ เพื่อให้เกิดแนวความคิดในการนำเสนอรูปแบบที่น่าสนใจในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น

2. การทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรใช้วิธีอื่น ๆ เพื่อให้มีการพัฒนาอย่างหลากหลาย เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเว็บไซต์

# บรรณานุกรม


กินดานันท์ มลิทอง. 2531. **เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : ภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขนิษฐา ชานนท์. 2531. "เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน". **เทคโนโลยีการศึกษา. ฉบับปฐมฤกษ์ :** 7-13

ชวลิต อธิปัตยกุล. 2544. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจิตรกรรมฝาผนังสมัยอยุธยา" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางอาชีวะและเทคนิคการศึกษา, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2550. **ระบบการสอน(CAI)**. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. โรงพิมพ์จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2521. **ระบบสื่อการสอน.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2526. **เทคโนโลยีการศึกษาหลักการ และแนวปฏิบัติ.** กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช

ต่อตระกูล ยมนาค. 2528. **ระบบพื้นสำเร็จรูป**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541. **คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ดวงกมล โพรดักชั่น

ประเสริฐ ผลดี. 2527. **การออกแบบโครงสร้าง.** กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์

ปรัชญา สุทธิพันธ์. 2528. **การก่อสร้างระบบอุตสาหกรม.** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปฏิพากย์ ปุ่นอุดม. 2543. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาถ่ายภาพทางการพิมพ์1 เรื่องการผลิตภาพลายเส้น" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางอาชีวะและเทคนิคการศึกษา, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปรเมศวร์ รัตนเวฬุ . 2544 . "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการเขียนแบบรูปทรงปิรามิดตัดตรง" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางอาชีวะและเทคนิคการศึกษา , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ยืน ภู่วรวรรณ. 2531. "การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอน" **ไมโครคอมพิวเตอร์.** 36(กุมภาพันธ์) : 120-129

เรืองศักดิ์ กันตะบุตร. 2528. **วิทยาการอาคาร.** กรุงเทพฯ : นิยมวิทยา

เรืองศักดิ์ กันตะบุตร. 2529. **การวางผังด้วยตารางพิกัด**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2535. **วิจัยการศึกษา.** กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์

วสันต์ อติศัพท์. 2530. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน" **วารสารศึกษาศาสตร์.**1(18) : 17-27

วาสนา ชาวหา. 2533. **สื่อการเรียนการสอน.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์

ศิโรตม์ ชมบุญ. 2543. **"บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง พระราชบัญญัติควบคุมอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ"** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แสงอากาศ พิมพ์ศรี. 2545. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องสัญลักษณ์ในงานเขียนแบบ" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางอาชีวะและเทคนิคการศึกษา , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุทัศน์ จุฬามาณี. 2544. **เทคโนโลยีอาคาร 9.** กรุงเทพฯ : งานตำราและเอกสารการพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สำนักงานมาตรฐานการศึกษา สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ. 2543. **รหัสและคำอธิบายรายวิชาหลักสูตรสถาบันราชภัฏ พ.ศ.2543** :สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ.

สิทธิโชค สุนทรโอกาส. 2543. **เทคโนโลยีอาคาร.**กรุงเทพฯ **:สกายบุ๊กส์**

สุดาวัลย์ จันทร์ลอย. 2546. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องวิชาการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม 1 เรื่องการจัดสวนญี่ปุ่น" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุโขทัยธรรมธิราช. 2527. มหาวิทยาลัย. สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. **เอกสารการสอนชุดวิชาสื่อการสอนระดับประถมศึกษา หน่วยที่ 8-10.** พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สหมิตร

อรพันธุ์ ประสิทธรัตน์. 2530. **คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน.** กรุงเทพฯ **: คราฟแมนเพรส**

อำนวย พานิชกุล. 2517. **การวิเคราะห์โครงสร้าง.** พระนคร **:** แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุดม นิลรัตน์สุวรรณ . 2543. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาประวัติศาสตร์ศิลป์4 เรื่องลัทธิคิวบัสม์" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางอาชีวะและเทคนิคการศึกษา , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Carter, J. 1984. "Instructional Learner Feedback : A Literature Review with Implication upon retention of Software Development." The Computer Teaching. (October)

Cohen, B.V .1985.. "A Re-examination of Feedback in Computer-Base Instructional Design". Educational Technology. 25(1) (January)

Gagne,R.M. and Briggs.L.J. 1979, **Principles of Instruction Deign**. 2 ed. New York : Holt, Rinchart and Winstion, Inc

Seles, G.C. and Corrier A.C. : 1978. "The Effect of Learning Style and Type of Feedback on Achievement in A Computer-Based Learning". International Journal Instructional Media.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
# หนังสือราชการ

ที่ ศธ 0524.04/ 1140

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

22 มีนาคม 2550

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการวิจัย

เรียน อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

ด้วย นายกมลเขตร์ สุทธากุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายกมลเขตร์ สุทธากุล ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาสถาปัตยกรรมเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ที่ ศธ 0524.04/ 3503

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.รัตนา เกษมสวัสดิ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

ด้วย นายกมลเขตร์ สุทธากุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด" โดยมี ผศ.สุทัศน์ จุฬามาณี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายกมลเขตร์ สุทธากุล มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ที่ ศธ 0524.04/ 3508

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.วินิจ เทือกทอง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

ด้วย นายกมลเขตร์ สุทธากุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด" โดยมี ผศ.สุทัศน์ จุฬามาณี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายกมลเขตร์ สุทธากุล มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ที่ ศธ 0524.04/ 3508

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.พรพิมล เขาสมบูรณ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

ด้วย นายกมลเขตร์ สุทธากุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด" โดยมี ผศ.สุทัศน์ จุฬามาณี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายกมลเขตร์ สุทธากุล มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ที่ ศธ 0524.04/ 3508

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์มณฑล จันทร์แจ่มใส

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายกมลเขตร์ สุทธากุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด" โดยมี ผศ.สุทัศน์ จุฬามาณี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายกมลเขตร์ สุทธากุล มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ที่ ศธ 0524.04/ 3508

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ ฤทธิรงค์ พงษ์เจริญ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายกมลเขตร์ สุทธากุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด" โดยมี ผศ.สุทัศน์ จุฬามาณี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายกมลเขตร์ สุทธากุล มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ที่ ศธ 0524.04/ 3503

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ศุภกิจ สดใส

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายกมลเขตร์ สุทธากุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ระบบประสานทางพิกัด" โดยมี ผศ.สุทัศน์ จุฬามาณี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายกมลเขตร์ สุทธากุล มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ภาคผนวก ข

# ผู้ทรงคุณวุฒิ

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน ได้แก่**

1. ผศ.พรพิมล เขาสมบูรณ์ อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
2. ผศ.รัตนา เกษมสวัสดิ์ อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
3. ผศ.ดร.วินิจ เทือกทอง อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่านได้แก่**

1. อาจารย์ศุภกิจ สดใส อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
2. อาจารย์มณฑล จันทร์แจ่มใส อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
3. อาจารย์ฤทธิรงค์ พงษ์เจริญ อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

**แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา)**

**วิชา ระบบประสานทางพิกัด**

---

**คำชี้แจง**

โปรดพิจารณาประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด ตามที่ท่านเห็นว่าบทเรียนมีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับใด โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องระดับความคิดเห็นของแต่ละข้อ ระดับความคิดเห็นมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ดีมาก | ได้คะแนน | 5 |
| ดี | ได้คะแนน | 4 |
| ปานกลาง | ได้คะแนน | 3 |
| พอใช้ | ได้คะแนน | 2 |
| ปรับปรุง | ได้คะแนน | 1 |

| รายการประเมิน | ระดับความคิดเห็น | | | | | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ดีมาก (5) | ดี (4) | ปานกลาง (3) | พอใช้ (2) | ปรับปรุง (1) | |
| 1. เนื้อหาในบทเรียนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด | | | | | | |
| 2. เนื้อหาในบทเรียนมีความถูกต้อง | | | | | | |
| 3. ความเหมาะสมของการใช้ภาษา | | | | | | |
| 4. ความถูกต้องของตัวสะกดและไวยากรณ์ | | | | | | |
| 5. เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน | | | | | | |
| 6. ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา | | | | | | |
| 7. ความเหมาะสมในรูปแบบ หรือวิธีการนำเสนอชัดเจนและขั้นตอนเหมาะสม | | | | | | |
| 8. ความเหมาะสมของรูปภาพในด้านสื่อความหมาย | | | | | | |

| รายการประเมิน | ระดับความคิดเห็น | | | | | ระดับความคิดเห็น |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ดีมาก (5) | ดี (4) | ปานกลาง (3) | พอใช้ (2) | ปรับปรุง (1) | |
| 9. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพและคำบรรยาย | | | | | | |
| 10. ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา | | | | | | |
| 11. แบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนที่นำเสนอมีความตรงประเด็นครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์ | | | | | | |
| 12. แบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนที่ใช้ช่วยทำให้นักศึกษาเข้าใจเนื้อหามากขึ้น | | | | | | |
| 13. บทเรียนสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนทั่ว ๆ ไป | | | | | | |
| 14. ผู้เรียนสามารถใช้บทเรียนได้ด้วยตัวเองโดยง่าย | | | | | | |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่...../...../.....

**แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)**

**วิชา ระบบประสานทางพิกัด**

---

**คำชี้แจง**

โปรดพิจารณาประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด ตามที่ท่านเห็นว่าบทเรียนมีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับใด โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องระดับความคิดเห็นของแต่ละข้อ ระดับความคิดเห็นมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ดีมาก | ได้คะแนน | 5 |
| ดี | ได้คะแนน | 4 |
| ปานกลาง | ได้คะแนน | 3 |
| พอใช้ | ได้คะแนน | 2 |
| ปรับปรุง | ได้คะแนน | 1 |

| รายการประเมิน | ระดับความคิดเห็น | | | | | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ดีมาก (5) | ดี (4) | ปานกลาง (3) | พอใช้ (2) | ปรับปรุง (1) | |
| 1. สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ | | | | | | |
| 2. สามารถกำหนดเนื้อหาตามการตอบสนองของนักศึกษาแต่ละคนอย่างรวดเร็ว | | | | | | |
| 3. การวางรูปแบบของหน้าจอ | | | | | | |
| 4. ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา | | | | | | |
| 5. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร โดยภาพรวม | | | | | | |
| 6. ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้โดยภาพรวม | | | | | | |

| รายการประเมิน | ระดับความคิดเห็น | | | | | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ดีมาก (5) | ดี (4) | ปานกลาง (3) | พอใช้ (2) | ปรับปรุง (1) | |
| 7. ความเหมาะสมของสีภาพ โดยภาพรวม | | | | | | |
| 8. ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในบทเรียน | | | | | | |
| 9. บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน | | | | | | |
| 10. การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม | | | | | | |
| 11. การออกแบบข้อความได้สวยงามและเร้าใจ | | | | | | |
| 12. ความเหมาะสมของเสียงประกอบ | | | | | | |
| 13. ผู้เรียนสามารถออกจากโปรแกรมและสามารถกลับมาเรียนที่ได้อย่างรวดเร็ว | | | | | | |
| 14. การนำเสนอมีความกระชับและเข้าใจง่าย | | | | | | |
| 15. ความสะดวกและง่ายต่อการใช้โปรแกรม | | | | | | |
| 16. ความปลอดภัยและง่ายต่อการติดตั้งโปรแกรม | | | | | | |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่...../...../.....

ภาคผนวก ค

# เนื้อหาวิชาระบบประสานทางพิกัด

# เนื้อหาสำหรับการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
# เรื่องวิชาระบบประสานทางพิกัด

## บทที่ 1 ระบบประสานทางพิกัด Modular Co-Ordination System

### 1.1 ความหมายของระบบประสานทางพิกัด

Modular Co-Ordination System คือการประสานทางมิติ โดยใช้หน่วยพิกัดมูลฐาน หรือหน่วยคูณพิกัด หมายถึงกระบวนการการประกอบใดๆ ที่มิติคงที่เป็นตัวกำหนดด้วยมิติ, เวลา, น้ำหนัก หรือความเข้มต่างๆเป็นต้น โดยให้ตัวกำหนดนี้สามารถแทรก ตัวเองเข้าไปได้ทุกระยะ หรือจังหวะ ความจริงแล้วกระบวนการนี้เกิดขึ้นเองโดยตามธรรมชาติอยู่แล้ว เมื่อนำเอากระบวนการนี้มาใช้กับการก่อสร้างอาคาร จึงได้พยายามหาหน่วยพิกัดในทางมิติต่างๆมากำหนดหรือเป็นตัวควบคุมกระบวนการ

### 1.2 มิติ (Dimensions)

ในขั้นงานการวางผังอาคารและการออกแบบอาคาร มิติเป็นเรื่องเกี่ยวข้องที่สำคัญมาก และหากเป็นงานวางผังและออกแบบอาคารในระบบอุตสาหกรรมด้วยแล้ว มิติของส่วนประกอบสำเร็จรูปกับเนื้อที่ที่เตรียมไว้สำหรับติดตั้งส่วนประกอบนั้น ควรกำหนดให้แน่ชัดและมีการประสานกันพอดี เรียกว่ามิติประสาน แสดงถึงขนาดเนื้อที่ตามความต้องการของส่วนประกอบ เมื่อรวมรอยต่อของชิ้นส่วนแต่ละชั้นเข้ากันแล้ว มิติประสานนี้ จะใช้ได้ผลดีเมื่องานต่างๆที่เกี่ยวเนื่องกับมิติประสานนี้มีความถูกต้องแน่นอนอย่างดี

เมื่อกำหนดระบบมิติประสานขึ้นแล้ว การนำไปใช้ในขั้นต่างๆของงานอาจนำไปใช้ในต่างสถานที่ ต่างวาระ หลายครั้งหลายตอน เช่นใช้ในการออกแบบโดยสถาปนิก วิศวกร ใช้ในการผลิตในโรงงาน ใช้กับการติดตั้งโดยคนงานเป็นต้น การวัดหรือการใช้มิติในลักษณะในลักษณะที่แตกต่างกันทำทำให้เกิดปัญหาในการวัดขึ้น สาเหตุอาจมาจากความชำนาญในฝีมือของช่างไม่พอ ความไม่ละเอียดในการผลิตหรือสาเหตุอื่นๆ จนทำให้ส่วนประกอบมีขนาดผิดไปจากที่คำนวนไว้ ความเบี่ยงเบน (DEVIATION) จึงจำเป็นต้องกำหนดให้มีขึ้นแน่นอนในเรื่องมิติที่อาศัยซึ่งกันและกัน และความคลาดเคลื่อน โดยกำหนดค่าความเบี่ยงเบนควรมีเท่าใด

### 1.3 มิติอาศัยซึ่งกันและกัน (Inter-Derendence Dimensions)

มิติที่ใช้ในการทำงานที่ความสัมพันธ์โดยตรงกับมิติที่มีอยู่ก่อน

ในการงานก่อสร้างอาคารย่อมประกอบด้วนงานหลายชนิดหลายประเภทที่เกี่ยวข้องกัน ปัญหาหนึ่งที่ทำให้เกิดผลเสียในด้านการก่อสร้าง คืองานที่ต้องรอกันอยู่ คนงานบางกลุ่มไม่สามารถจะทำงานต่อเนื่องกันได้ ต้องรอให้คนงานกลุ่มอื่นทำงานส่วนนั้นให้เสร็จก่อน ปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเพราะงานส่วนต่างๆ จำเป็นต้องอาศัยมิติอาศัยซึ่งกันและกัน เช่น หน้าต่างจะติดตั้งไม่ได้ถ้าผนังพื้นยังติดตั้งไม้เสร็จ เป็นต้น งานออกแบบก่อสร้างในระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป พบว่าการจัดลำดับของงานที่เตรียม

ไว้ช่วยตัดปัญหาเรื่องเวลาที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ในการรอไปได้ แต่กลับมีปัญหาในด้านความแม่นยำในการวัดขนาดแทน เพราะการที่จะผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้มีขนาดแม่นยำตามต้องการนั้นทำได้ยาก และยังทำให้ต้นทุนการผลิต ค่าแรง ฯลฯ สูงขึ้น ในการก่อสร้างขนาดใหญ่จำนวนมากๆ จึงไม่สามารถที่จะกำหนดให้มีความแน่นไปทั่วทุกจุดได้การออกแบบจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้มิติอาศัยซึ่งกันและกันในส่วนที่ไม่จำเป็น

**1.4 วิธีหลีกเลี่ยง มิติอาศัยซึ่งกันและกันที่ไม่จำเป็น**

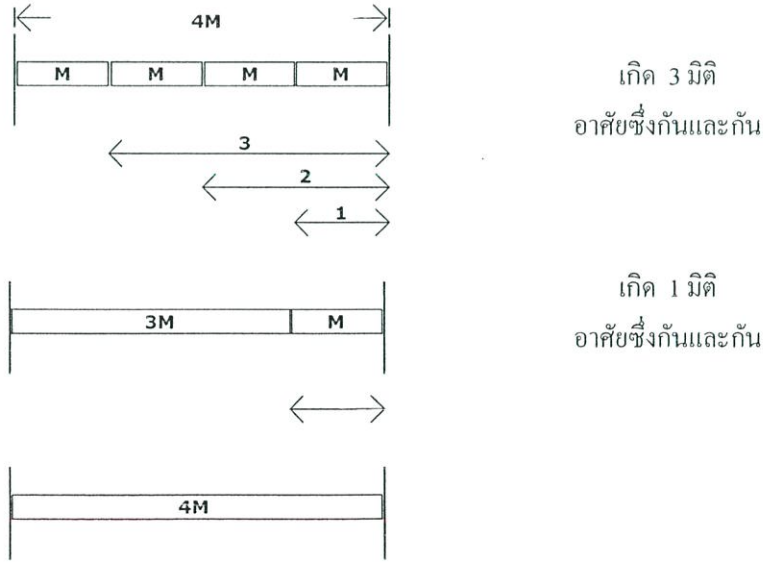
การทำงานให้ได้ง่ายและสะดวก ย่อมเป็นที่ต้องการมานานแล้ว เคยมีมีผู้ตั้งหลักในการหลีกเลี่ยงปัญหา อันเกิดจากมิติอาศัยซึ่งกันและกันที่ไม่จำเป็นไว้ดังนี้

1) การใช้รอยต่อสัมผัส หรือการเว้นร่อง ควรให้น้อยแห่งที่สุด เพราะยิ่งมีรอยต่อหลายแห่งยิ่งทำให้เกิดมิติอาศัยซึ่งกันและกัน หลายครั้ง ซึ่งเป็นผลให้เกิดการคลาดเคลื่อนมากยิ่งขึ้น

2) การติดตั้งควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งแบบผิวสัมผัส เปลี่ยนมาใช้แบบขอบต่อผิว หรือขอบต่อแทน

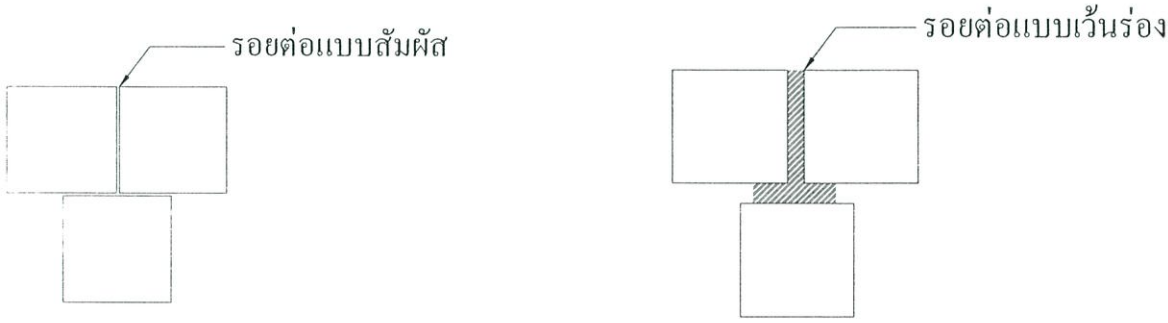
3) หลีกเลี่ยงการติดตั้งชิ้นส่วนที่มีรอยต่อหลายแบบในเวลาเดียว เพราะทำงานลำบากเนื่องจากการยืดหดของวัสดุและความไม่แน่นอนในการผลิต

หลักเกณฑ์ข้างบนนี้ ในปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ก็ได้ยังยึดถือหลักเกณฑ์เหล่านี้อยู่ เช่น รอยต่อของผนังกับพื้นเป็นต้น




**ภาพที่ ค.1** แสดงการเกิดมิติที่อาศัยซึ่งกันและกัน

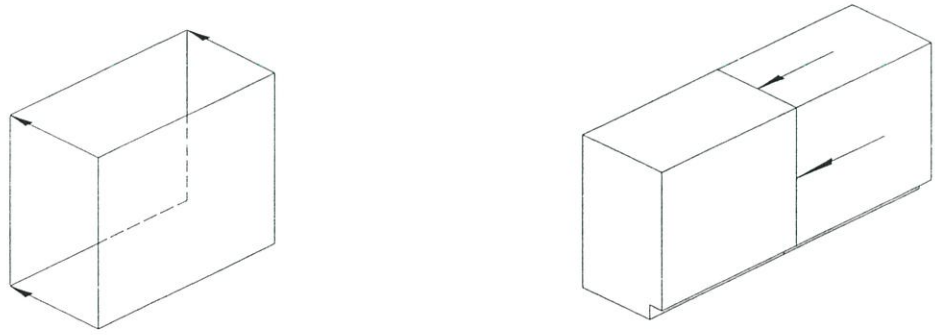
**1.5 รอยต่อแบบสัมผัสหรือเว้นร่อง (Contact Or Space)** ในการติดตั้งชิ้นส่วน 2 ชิ้นขึ้นไปด้วยกัน การทำงานนิยมที่จะเว้นเนื้อที่สำหรับชิ้นส่วนโดยรวมรอยต่อไว้ด้วยแล้ว ถ้ารอยต่อที่ใช้เป็นรอยต่อแบบสัมผัส (Contact Or Space) การทำงานอาจเกิดปัญหาเนื่องจากการยืดหดของวัสดุ ขนาดชิ้นส่วนไม่มีความแน่นพอ การติดตั้งไม่มีความชำนาญ ในทางตรงข้าม ถ้ารอยต่อที่ใช้เป็นรอยต่อโดยเว้นร่องการทำงานจะสะดวกขึ้น สามารถทำให้เตรียมเนื้อที่ที่ต้องการได้ง่ายกว่า และเมื่อติดตั้งเสร็จเรียบร้อย จะเห็นรอยต่อชัดเจน




**ภาพที่ ค.2** แสดงรอยต่อแบบสัมผัสหรือเว้นร่อง

การเลือกวิธีต่อเชื่อมระหว่างผิวหน้า, ขอบ, จุด (Surface, Edge , Point)

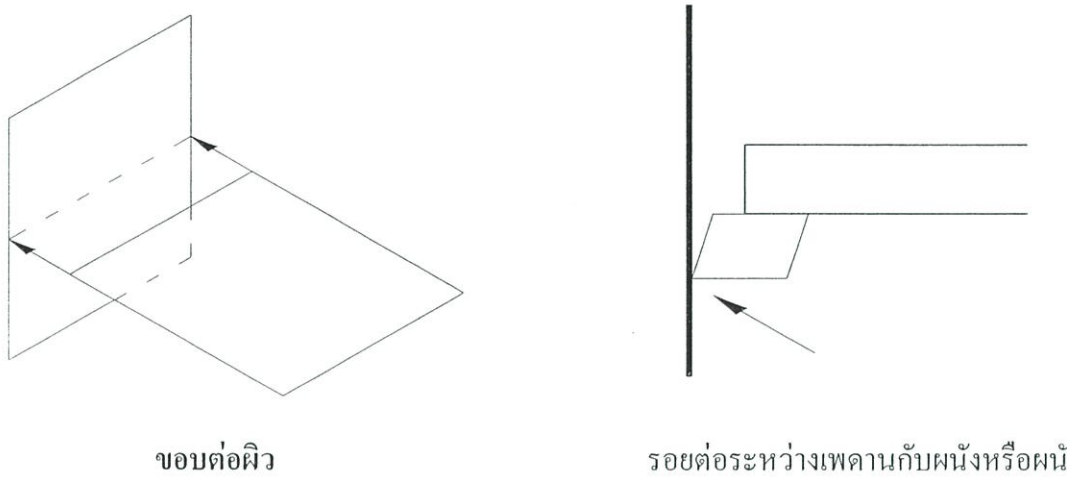
ผิวหน้า (Surface) ส่วนประกอบของครุภัณฑ์ครัว (ตู้) ที่จะนำมาประกอบเข้าด้วยกันโดยมีผิวหน้าแนบสนิท ในด้านการทำงานทำได้ลำบาก เพราะส่วนประกอบที่ผลิตจากโรงงานไม่มีความแม่นเพียงพอ ชนิดของวัสดุที่ใช้ยืดหดได้ การออกแบบรอยต่อแบบนี้นับว่ายากที่สุดในการ



**ผิวต่อผิว** **การต่อต้ 2 ใบ**

**ภาพที่ ค.3** แสดงรอยต่อแบบผิวสัมผัส

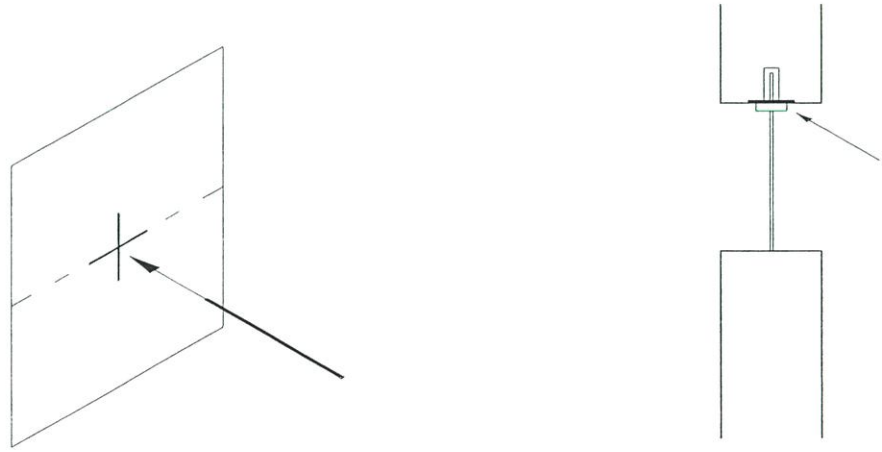
ขอบ(Edge) การต่อแบบนี้ส่วนมากเป็นการต่อระหว่างผนังภายในและผนังกั้นห้อง แก้ไขปัญหาโดยการทำบัวมอบ ดังในรูป ในกรณีนี้แม้ขนาดส่วนประกอบจะไม่ดีพอก็สามารถทำงานได้



**ขอบต่อผิว** รอยต่อระหว่างเพดานกับผนังหรือผนัง

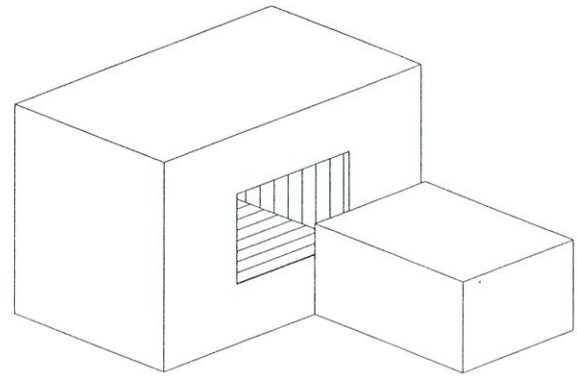
**ภาพที่ ค.4** แสดงรอยต่อแบบขอบ(Edge)

จุด (Point) การต่อแบบ จุกกับผิวหน้า เช่น การต่อของเสา,ผนัง จะช่วยให้ติดตั้งทำได้ง่ายและเร็ว แก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนของส่วนประกอบ ความเบี่ยงเบน และการไม่มีความแม่นในการทำงาน



**ภาพที่ ค.5** แสดงการต่อแบบจุด (Point)

รอยต่อร่วม



**ภาพที่ ค.6** แสดงรอยต่อร่วม

รอยต่อชนิดนี้จำเป็นที่จะต้องมีความแน่นอน และความประณีตเป็นพิเศษ เพราะความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจะทำให้มิติที่อาศัยซึ่งกันและกัน ในระหว่างส่วนประกอบคลาดเคลื่อนไป จนทำความลำบากในการติดตั้งเป็นอย่างมาก

**1.6 ความเบี่ยงเบน**

ความเบี่ยงเบนคือ ความแตกต่างในการวัดระยะของส่วนประกอบกับขนาดทางพิกัดของส่วนนั้น ความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในโรงงาน ในการผลิตส่วนประกอบในโรงงาน ความเบี่ยงเบนอาจเกิดจากความไม่แม่นในการวัดและควบคุมขนาด

**ขนาดและประเภทของชิ้นส่วนที่ใช้**

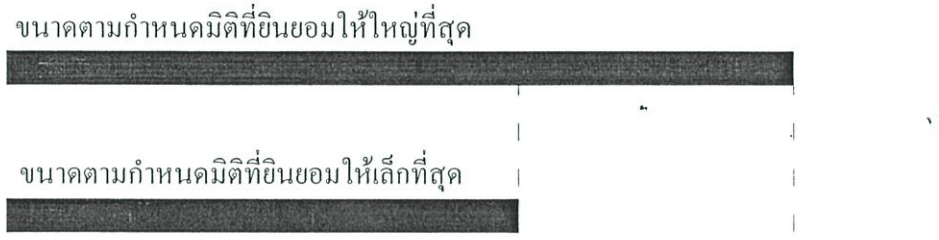
วิธีการทำงานในการติดตั้ง

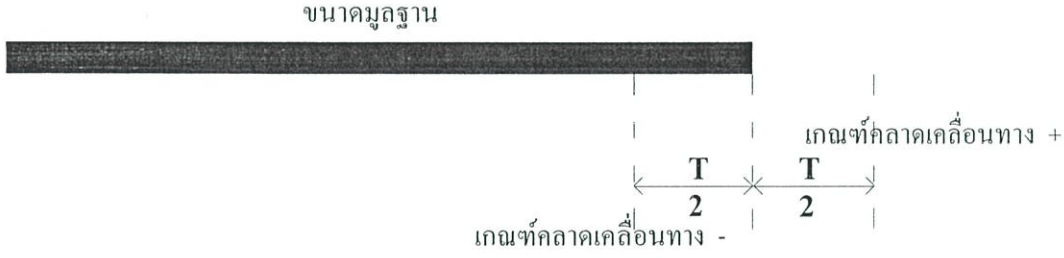
ขนาดของอาคารที่ติดตั้งส่วนประกอบเรียบร้อยแล้วเปลี่ยนไปจากขนาดเดิม (บางส่วนหรือทั้งหมด) เมื่อส่วนประกอบแต่ละชิ้นการทำงานแต่ละขั้นไม่มีความแม่นพอ เกิดความเบี่ยงเบนขึ้น จะเป็นผลให้ลำบากในการติดตั้งส่วนประกอบในที่สุดการคิดตำแหน่งของส่วนประกอบ ควรควรติดตั้งตั้งแต่ระยะที่เหลือจากการติดตั้งส่วนประกอบชิ้นอื่นที่เกี่ยวข้องแล้ว ปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากความเบี่ยงเบนควรพิจารณาแก้ไขในงานทุกขั้นที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิด และยึดหลักความเบี่ยงเบนที่แท้จริงเป็นสำคัญ

**1.7 ความคลาดเคลื่อน**

เมื่อเป็นที่ยอมรับว่า ความเบี่ยงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงยาก จึงได้กำหนดความคลาดเคลื่อนขึ้น โดยถือหลักที่ว่า จะยอมให้เกิดระยะเบี่ยงมากสุดได้เท่าใด

ความคลาดเคลื่อนคือ ค่าของความต่างของขนาดตามขนาดที่ยินยอมให้ใหญ่สุดกับขนาดที่ยินยอมให้เล็กสุด และความคลาดเคลื่อนมีได้ 2 ประการ คือความคลาดเคลื่อนเกิดจากการผลิต และความคลาดเคลื่อนเกิดจากการผลิต และความคลาดเคลื่อน ณ ที่ก่อสร้าง
ขนาดตามกำหนดในขั้นแบบร่าง เรียกว่า ขนาดมูลฐาน (Basic Sizes)




**ภาพที่ ค.7** แสดงความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิต

ขนาดตามกำหนดในการผลิต ทำงาน เรียกว่า ขนาดใช้งานจริง (Work Sizes) การกำหนดความคลาดเคลื่อนให้ง่ายและทำงานสะดวกที่สุด ควรกำหนดให้ความเบี่ยงเบนของขนาดมูลฐานในทางลดลง (Negative) และทางเพิ่มขึ้น (Positive) มีค่าเท่ากัน และถ้างานนั้นๆ ไม่มีความจำเป็น ต้องกำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อน (เนื่องมาจากงานไม่ต้องการความแม่นเลย) ก็สามารถใช้ขนาดมูลฐานได้ในการติดตั้งส่วนประกอบหลายๆชิ้นเข้าด้วย ระยะที่วัดได้ (Actual Measurment) หลังจากการติดตั้งนั้นจะมีขนาดอยู่ในระหว่างผลรวมของความคลาดเคลื่อนทั้งหมด อาจมีค่าน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนของส่วนประกอบแต่ละชิ้นรวมกัน ซึ่งจะสามารถทราบความคลาดเคลื่อนรวม ของชิ้น ส่วนทั้งหมดได้อย่างชัดเจน

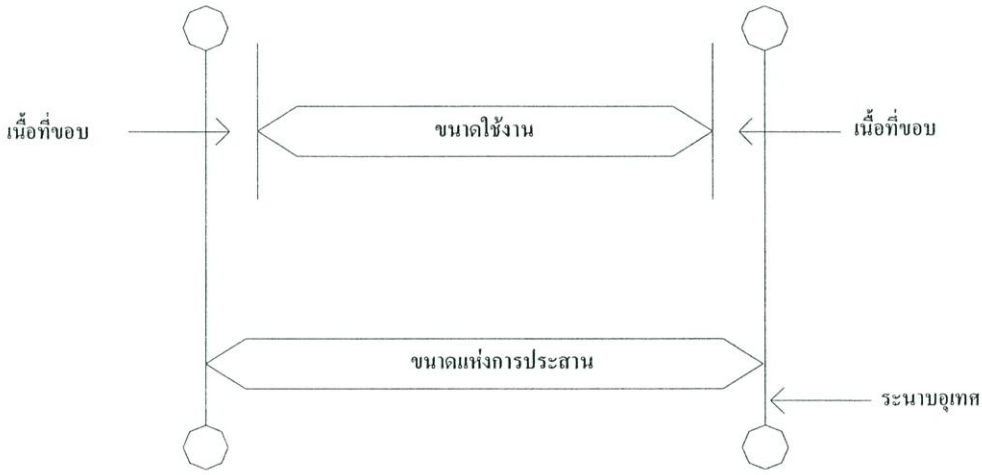
ในทางปฏิบัติอาจมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก ผลรวมของความคลาดเคลื่อนทั้งหมด อาจมีค่าน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนของส่วนประกอบแต่ละชิ้นรวมกัน

**1.8 มิติประสาน (Co-Ordinating Dimension)**

มิติประสานคือ มิติหรือระยะที่เตรียมไว้ เพื่อติดตั้งส่วนประกอบหรือกลุ่มของส่วนประกอบ หรือส่วนมูล(Element)

ขนาด = ขนาดใช้งาน + เนื้อที่ตรงขอบทั้งสองด้าน

Co-Ordinating Size = WORK Size +2 Maargins




**ภาพที่ ค.8** แสดงมิติประสาน

1) การเลือกมิติประสาน การเลือกมิติประสานสำหรับส่วนประกอบสำเร็จรูป จะตัดสินใจได้จากประสบการณ์ที่พบบ่อยในการติดตั้ง และขนาดส่วนประกอบที่กำหนดเป็นขนาดใช้งานควรวัดให้แน่นอน และกำหนดตายตัวในขณะออกแบบ ขนาดประสานจะแปรเปลี่ยนไปตามเนื้อที่รอยต่อทั้งสองข้าง ซึ่งรอยต่อนี้จะมีขนาดที่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับการออกแบบและอีกหลายสิ่งหลายอย่าง ในการประกอบส่วนประกอบอาคารหลายชิ้นเข้าด้วยกัน มิติประสานของส่วนประกอบเหล่านี้จะไม่แน่นอนเหมือนกับที่กำหนดไว้ในส่วนประกอบชิ้นเดียวกัน เช่นส่วนประกอบพื้นเข้าลิ้น

ในบางกรณี ส่วนประกอบโครงสร้างมีรอยต่อที่ไม่แน่นอน (การก่ออิฐผนัง) เพื่อสะดวกในการทำงานตามลำดับขั้น จึงกำหนดขอบเขตเนื้อที่ของโครงสร้างนั้นไว้ให้แน่นอน และส่วนประกอบโครงสร้างให้ดำเนินไปภายในขอบเขตนั้นๆ เพื่อถือเป็นมิติประสานสานหลักในการดำเนินงานชนิดอื่นต่อไป

2) มิติประสานที่ไม่แน่นอน ถ้าความเบี่ยงเบนของส่วนประกอบขึ้นมากกว่าที่จะอยู่ในรอยต่อได้มิติประสานจะเปลี่ยนไปทันที พิจารณาตามลักษณะของส่วนประกอบที่นำมาใช้ เช่น ครุภัณฑ์ในห้องครัวที่ต้องติดตั้งโดยวิธีต่อแบบผิวสัมผัส เป็นต้องผลิตขนาดส่วนประกอบครุภัณฑ์ให้มีความเบี่ยง

เลนไปในทางลด เพื่อการติดตั้งจะสะดวกสำหรับเนื้อที่ที่ไม่พอดี และอาจใช้บัวไม้ปิดให้เรียบร้อยได้ แต่ถ้าเป็นผนังเบากั้นห้องภายใน ควรที่จะต้องผลิตให้มีความเบี่ยงเบนของส่วนประกอบไปในทางเพิ่ม เพราะสามารถตัดส่วนเกินได้โดยง่ายเป็นต้น

3) การทำเครื่องหมายบอกมิติ (Marking Out Of Dimenstion) ความพยายามที่จะรักษามิติให้มีความแม่นนั้น สามารถทำได้เฉพาะในโรงงานหรือในห้องทำงานเท่านั้น ในขณะทำงาน ณ ที่ก่อสร้างการที่จะรักษาทำได้ยาก

ความจำเป็นที่จะต้องกำหนดมิติที่แม่นในการทำงานจึงควรมีระบบในการวัดดังนี้

การวัดจากจุด เส้นหรือระนาบอุเทศ

การวัดภายหลังที่ติดตั้งส่วนประกอบไปแล้ว

การวัดที่เกิดจากการไม่มีการทำเครื่องหมายบอกมิติที่แน่นอน แต่ให้พิจารณาจากวิธีติดตั้ง

การวางผังเพื่อหาจุด เส้น ระนาบอุเทศในการก่อสร้าง ควรที่จะวางผังด้วยความระมัดระวัง โดยเครื่องมือที่มีความแม่นด้วยกล้องจับระดับ เป็นต้น

4) วิธีการวัดและเครื่องมือที่ใช้ (Measuring,Methods And Tools) โดยทั่วไป ความไม่แม่นที่เกิดจากการวัดที่ไม่ชำนาญ หรือเครื่องมือที่ไม่ละเอียดพอนั้น ควรเกิดขึ้นน้อยจนสามารถอยู่ในความคลาดเคลื่อนได้

# บทที่ 2
# ตารางพิกัดแผนผัง

## 2.1 ตารางพิกัดแผนผัง

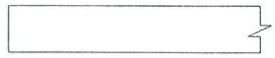
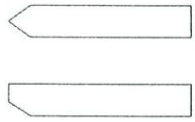
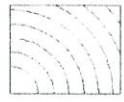
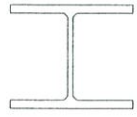
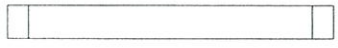
ตารางพิกัดแผนผัง เป็นแม่บทสำคัญในการออกแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอาคารที่ใช้หลักการประสานทางพิกัด ตารางพิกัด ที่มีลักษณะการใช้วัสดุระบบโครงสร้าง และระบบการก่อสร้างต่างกัน ย่อยหมายถึง ลักษณะสถาปัตยกรรมที่จะให้ผลต่างกันไปด้วย ตารางพิกัดแผนผัง เป็นประโยชน์ไม่แต่เพียงการออกแบบอาคารในลักษณะของการผลิตทางอุตสาหกรรม แต่จะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบอาคารที่มีการก่อสร้างในระบบที่เรานิยมกันด้วย

การวางตารางพิกัดที่ผิดพลาดไม่สอดคล้องกับระบบโครงสร้าง และระบบการก่อสร้าง จะก่อให้เกิดปัญหาและข้อขัดแย้งต่างๆ ในงานก่อสร้าง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในการวาง แผนผังอาคารตามตารางพิกัด

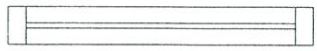
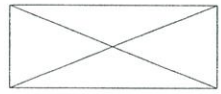
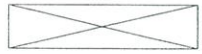
สัญลักษณ์ที่ใช้ในระบบประสานทางพิกัดในปี พ.ศ.2529 ได้มีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงสัญลักษณ์ที่เป็นตัวอักษรบางตัวได้แก่ค่าของ “m” ได้ใช้ “M” แทน “m” ตามมาตราฐานของ ISO (International Standard Organization) ซึ่งทางสำนักงานมาตราฐาน กระทรวงอุตสาหกรรม ได้กำหนดตัว “พ” ให้มีความหมายอย่างเดียวกับ “M” คือพิกัดมูลฐาน (Basic Module)

## 2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้กับระบบประสานทางพิกัด

**ตารางที่ ค.1** แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้กับระบบประสานทางพิกัด

| | |
|---|---|
|  | = กำแพงรับน้ำหนักก่อสร้างกับที่ |
| | = กำแพงรับน้ำหนักสำเร็จรูปใช้ผนัง คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นจำนวนหลัก และจำนวนเสริมตามความจำเป็น |
|  | = กำแพงรับน้ำหนักสำเร็จ ผลิตเป็นชิ้นส่วนเสริมที่มุมและที่จุดประสานของผนังต่อแนว |
| | = การเชื่อมรอยต่อของผนัง ด้วยคอนกรีตหล่อกับที่ (Concrete) |
|  | = เสาไม้ |
|  | = เสาเหล็ก WF |
|  | = ผนังเบา กรอบหรือโครงเป็นไม้ |
| | = ผนังเบาวัสดุอื่นๆ |

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

| | |
|---|---|
|  | = ผนังเบา กรอบหรือโครงเป็นไม้ |
|  | = เค่าผนังเป็นไม้ |
|  | = พุกไม้สอดระหว่างชิ้นส่วนผนังขนาดเบา |
| | = วัสดุที่ก่อรับน้ำหนักและวัสดุก่อไม่รับน้ำหนัก |
| **A** | = ชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปที่เป็นจำนวนหลักในการผลิต (ประเภทรับน้ำหนัก) |
| **B** และ **C** | = ชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้น จำนวนตามความจำเป็น(ประเภทรับน้ำหนัก) |
| *Mp* | = พิกัดนิยม มีขนาดพิกัดตามขนาดชิ้นส่วนรับผนังรับน้ำหนักหรือไม่รับน้ำหนัก ก็ตามที่มีขนาดใหญ่ พิกัดที่นำมาใช้เป็น “หน่วยพิกัดแผนผัง (Planning Module) ถ้าจะใช้สัญลักษณ์ภาษาไทยให้ใช้ “พผ” = “MP” |

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

| | |
|---|---|
| M' | = พิกัดแผนผังที่ใช้ตามขนาดของวัสดุก่อที่ผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ซึ่งมีลักษณะเป็นหน่วยคูณพิกัดด้วย (Multi Module) |
| M | = มิติมูลฐานที่ได้กำหนดใช้ขึ้น (BasicDimension ) ในประเทศไทย= 10 ซม. เป็นการกำหนดมาตราฐานของกรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสากรรม ในหลักการประสานทางพิกัด "M" เป็นหน่วยพิกัดมูลฐาน (Basic Module) |

## 2.3 พิกัดแผนผังและตารางพิกัดแผนผัง

พิกัดแผนผัง "ได้จากการกำหนดขึ้นเองของผู้ออกแบบตามความเหมาะสม โดยพิจารณาจากหน่วยพิก(Basic Module) และขนาดมาตราฐานของวัสดุผลิตทางอุตสาหกรรม พิกัดแผนผังที่มีค่าเป็นผลคูณของหน่วยพิกัดมูลฐาน ในลักษณะของหน่วยคูณพิกัด (Multi Module)

หน่วยคุณพิกัดนี้ เรานำมาใช้เป็นหน่วยพิกัดแผนผังโดยสร้างเป็นตารางพิกัดแผนผัง เป็นตารางสี่เหลี่ยม จัตุรัส (Square Grid) อาจเป็นตารางสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Grid) หรือตารางสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (Diagonal Grid) ก็ได้ แต่สำหรับตารางพิกัดที่เป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นแบบที่ใช้ได้ในขอบเขตที่กว้างขวางและได้ผลต่อการออกแบบอาคารในลักษณะ การประสานทางพิกัดมากที่สุด สำหรับตารางแบบอื่นอาจมีโอกาสใช้ได้เฉพาะกับอาคารที่ ออกแบบให้ชิ้นส่วนโครงสร้าง (Structural Component) และชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรม( Architectural Component) แบบพิเศษซึ่งต้องสั่งทำเฉพาะอาคารเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเป็นข้อเสียเปรียบในทัศนทางเศรษฐกิจ

### 2.3.1 ขนาดของหน่วยพิกัดแผนผัง

หน่วยพิกัดแผนผัง อาจใช้เท่ากับ 3M , 4M , 9M , หรือ 12M แล้วแต่การพิจารณาของผู้ออกแบบ แต่ด้วยหลักการที่ถูกต้อง หน่วยพิกัดแผนผังจะต้องสัมพันธ์กับมิติตามพิกัดของ วัสดุผลิตอุตสาหกรรม ถ้าไม่มีความสัมพันธ์กันเราจะไม่สามารถออกแบบอาคารที่มีการประสานทางพิกัดได้โดยสมบูรณ์ได้ จากสัญลักษณ์ที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้เฉพาะในหนังสือเล่มนี้ เราจะเห็นได้ว่า พิกัดแผนผัง Mp ควรใช้ = M'

เช่นอาคารที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อคกว้าง 40 เซนติเมตร ตามนอน

ซึ่ง Mp= 4M นั่นคือ Mp= M' = 4M

แต่ถ้าใช้คอนกรีตบล็อคกว้าง 30 เซนติเมตร ตามนอน

ซึ่ง M'= 3M นั่นคือ Mp= M' = 3M

ถ้าใช้วัสดุคอนกรีตบล็อคดังกล่าว

1 ตารางพิกัดแผนผัง = $1M^2p$ หรือ $1(M')^2$

= 4M x 4M

หรือ = 3M x 3M แล้วแต่จะกำหนด

สำหรับอาคารที่ใช้ชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีความกว้างมากขึ้นซึ่งได้แก่ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กหรือผนังสำเร็จรูปแบบต่างๆ ขนาดของชิ้นส่วนเหล่านี้จะต้องได้รับการพิจารณาในเรื่องของพิกัดทางการปฏิบัติ (Handling module) และพิกัดทางการผลิต (Production module)

ฉะนั้น ตารางพิกัด เราควรใช้ตารางพิกัด 2 ขนาด ร่วมกันในอาคารเดียวกันก็ได้ เช่น ตารางพิกัดของวัสดุก่อคือ 3M หรือ 4M เช่น ขนาดของ ตารางพิกัดแผนผัง

$1M^2p$ = 12M x 12M

อย่างไรก็ตามในบางกรณี เราอาจใช้ตารางพิกัด 2 ขนาด ร่วมกันในอาคารเดียวกันก็ได้ เช่น ตารางพิกัดแผนผังสำหรับชิ้นส่วนโครงสร้างเราใช้เป็นตารางเดียวกันกับฝ้าเพดาน ซึ่งมีขนาดพิกัด1.20 หรือ 0.60

$2M^2p$ = 1.2 0 x 1.2 0 หรือ 0.60 x 0.60 ก็ได้

หรือเขียนเป็นมิลลิเมตร ตามความนิยมสากลที่ใช้ระบบเมตริค

$M^2p$ = 1200$mm.^2$ หรือ 600 $mm.^2$ ซึ่งอาจเขียนเป็น

$M^2p$ = 12M x 12M หรือ 6M x 6M

เพราะว่า หน่วยพิกัดมูลฐาน M = 10 เซนติเมตร

สำหรับตารางพิกัดแผนผังตามวัสดุก่อ (ก่อเป็นผนังไม่รับน้ำหนัก) เราอาจใช้ขนาด

400 mm. X 400 mm. หรือ (4M x 4M)

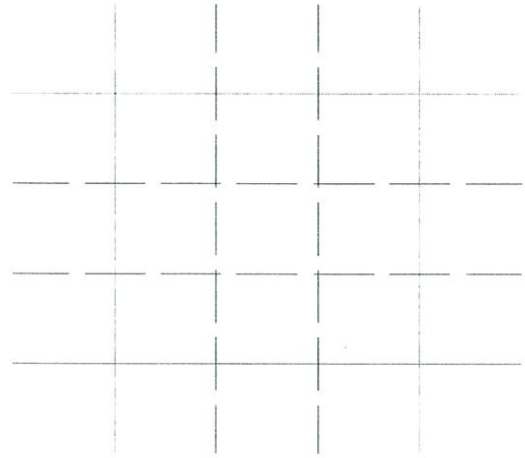
หรือ 300 mm. X 300 mm. หรือ (3M x 3M)

ซึ่งเราใช้สัญลักษณ์เป็น M' X M'

ตารางพิกัดนี้อาจอยู่ซ้อนกันได้ โดยเป็นลักษณะเส้นหนัก เบา ซึ่งเป็นเทคนิคของการวางตารางพิกัดแผนผังอีกแบบหนึ่ง

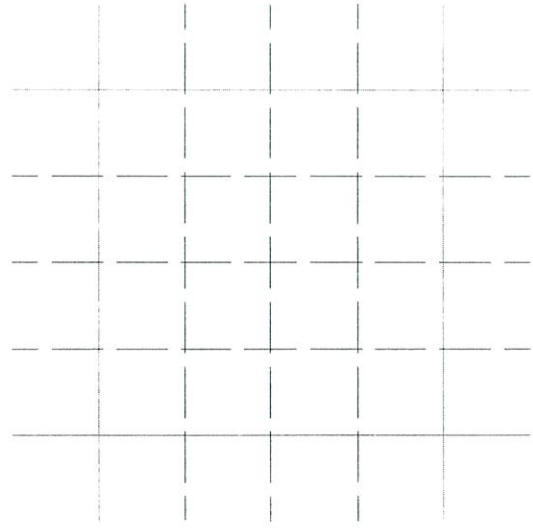
ข้อสังเกต

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ตาราง | $3m^2, 4m^2$ | อยู่ร่วมกับ | $12m^2$ | ได้ |
| $3m^2$ | | อยู่ร่วมกับ | $6m^2$ | ได้ |
| $4m^2$ | | อยู่ร่วมกับ | $6m^2$ | ไม่ได้ |



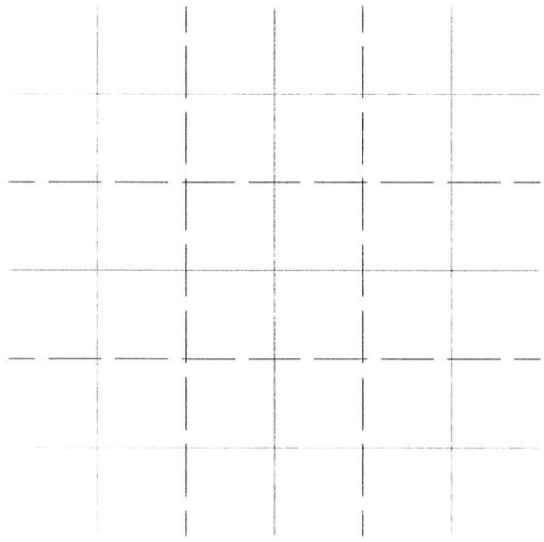
ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $4m^2$ กับ $12m^2$

**ภาพที่ ค. 9** ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $4m^2$ กับ $12m^2$



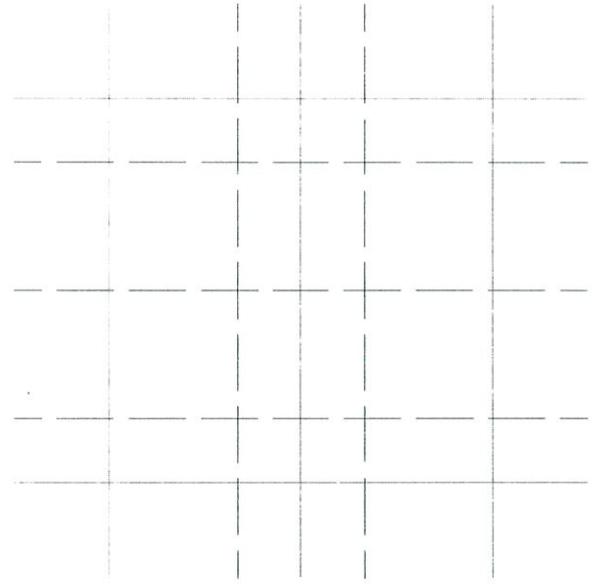
ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $3m^2$ กับ $12m^2$

**ภาพที่ ค.10** ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $3m^2$ กับ $12m^2$



ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $3m^2$ กับ $6m^2$

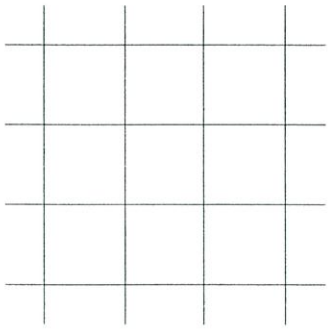
**ภาพที่ ค.11** ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $3m^2$ กับ $6m^2$



ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $4m^2$ กับ $6m^2$

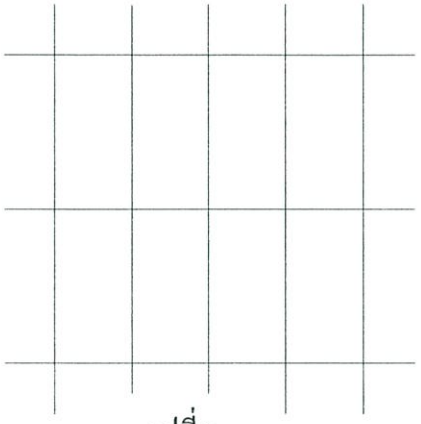
**ภาพที่ ค.12** ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $4m^2$ กับ $6m^2$

ตารางพิกัดที่นิยมใช้กัน มีลักษณะตารางตาสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square grid) ตามรูปที่ 1



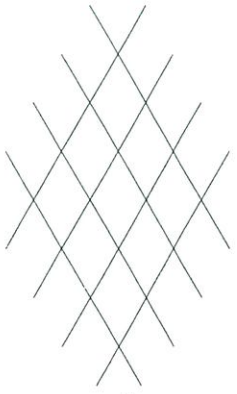
**รูปที่ 1**

**ภาพที่ ค.13** ตารางพิกัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส



**รูปที่ 2**

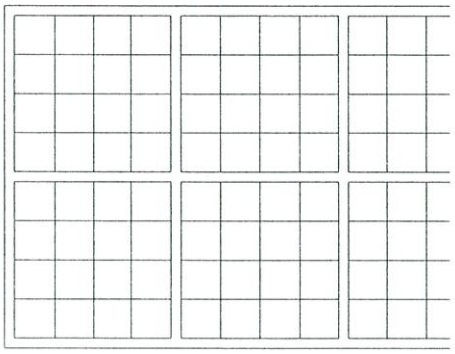
**ภาพที่ ค.14** ตารางพิกัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า



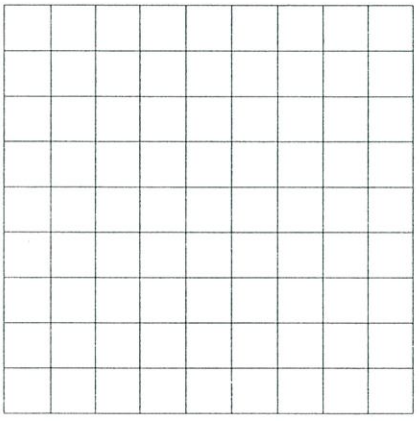
**รูปที่ 3**

**ภาพที่ ค.15** ตารางพิกัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ตารางพิกัดแผนผังที่มีลักษณะสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ตามรูปที่2. และ 3. มีลักษณะการใช้ที่จำกัด การจัดตารางพิกัดแผนผัง มี 2 วิธี



**ภาพที่ ค.16** ตารางพิกัดไม่ต่อเนื่อง



**ภาพที่ ค.17** ตารางพิกัดต่อเนื่อง

ชิ้นส่วน (Component) ที่แบ่งประเภทตามหน้าที่ใช้สอยของอาคาร มี 3 ประเภท

ประเภทที่ 1 Roof Component

ประเภทที่ 2 Wall Component

ประเภทที่ 3 Floor Component

ชิ้นส่วน (Component) มีลักษณะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่แสดงในตารางพิกัดแผนผัง มี 2 ประเภท

ประเภทที่ 1 ชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรม (Architectural Component) เป็นชิ้นส่วนที่ไม่ทำหน้าที่รับน้ำหนักอาคาร (Non-bearing- Component)

ประเภทที่ 2 ชิ้นส่วนทางโครงสร้าง (Structural Component) เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักอาคารโดยตรง (Bearing Component)

ทั้ง 2 ประเภทนี้ เรียก Wall Component

## 2.4 ระบบโครงสร้างแบบต่างๆ (ประเภทของระบบประสานทางพิกัด)

หน่วยพิกัด คือหน่วยของขนาดที่ใช้เป็นตัวเพิ่ม ในการประสานทางมิติ หน่วยพิกัดดังกล่าวอาจมีหน่วยที่ใช้วัดขนาด โดยการทวีคูณ โดยการลบออก หรือโดยแบ่งออกก็ได้ ในการก่อสร้าง ได้มีการใช้ระบบประสานทางพิกัด และมีการพิจารณาใช้หน่วยพิกัดประเภทต่างๆ ดังนี้

2.4.1 Material Module (หน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้าง) หน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้างเห็นตัวอย่างได้ชัดในกรณีไม้ซุงซึ่งเป็นวัตถุดิบในการนำมาใช้ โดยมีขบวนการในรูปแบบของธรรมชาติมากที่สุด ขนาดของหน่วยพิกัดในข้อนี้ จะขึ้นอยู่กับ

1. ขนาดตามธรรมชาติของวัตถุดิบ
2. ความจำเป็นทางด้านเทคโนโลยี
3. คุณสมบัติได้จากด้านคุณภาพของวัตถุ
4. ความต้องการของตลาดและสภาวะทางเศรษฐกิจของการผลิต

ในปัจจุบัน ขนาดของวัสดุก่อสร้างโดยทั่วไป ขึ้นอยู่กับวิธีการก่อสร้าง แบบดั่งเดิมใช้ได้กับเครื่องมือขนาดเล็ก ใช้แรงคน โดยมีการช่วยเหลือหรืออาศัยเครื่องมืออื่นช่วยเล็กน้อย ในอนาคต แนวโน้มของหน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้าง จะต้องมีความสำคัญอย่างมากกับเทคนิคการก่อสร้าง เทคนิคการผลิตในระบบอุตสาหกรรม ทั้งจากโรงงานผลิตวัสดุ และการประกอบเป็นตัวอาคารในสถานที่ก่อสร้าง

2.4.2 Performance Module(หน่วยพิกัดในการใช้งาน) หน่วยพิกัดในการใช้งานถูกกำหนดขึ้นมาจากการเก็งผลประโยชน์มาก ข้อเสียน้อย เมื่อคำนึงถึงการนำเอาวัสดุไปใช้อย่างไรในกรณีนี้ ไม่เกี่ยวกับเรื่องทางกล ทางการป้องกันเสียง ทางเคมี ทางไฟฟ้า หรือ ทางความร้อนเย็น แต่ไปเกี่ยวข้องกับด้านคุณสมบัติทางโครงสร้าง และสภาวะทางเทคนิค และทางด้านเศรษฐศาสตร์มากกว่า ตัวอย่างเช่น การใช้วัสดุอย่างหนึ่งทีมีขนาดความหนาอย่างหนึ่ง กำลังอาจไม่พอ แต่ถ้าใช้ขนาดโตตามหน่วยพิกัดก็โตไป การนำมาใช้งาน จำเป็นต้องเลือกขนาดที่โต ซึ่งไม่ประหยัด หรือใช้ขนาดเล็ก แต่ต้องมีการปรับปรุงให้กำลังมากขึ้นด้วยวิธีอื่นอีก หรือถ้านำวัสดุมา ใช้ซึ่งก็เหมาะสมดีแล้ว แต่ต้องมี

การปรับปรุงให้กำลังมากขึ้น ด้วยวิธีอื่นไปอีก หรือถ้านำวัสดุมาใช้ซึ่งก็เหมาะสมดี แต่น้ำหนักตัวของวัสดุอาจมากเกินที่จะยอมรับได้

เมื่อวัสดุก่อสร้างมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น ไม้ พลาสติก โลหะ แร่ จะเห็นว่าหน่วยการใช้งาน จะเกิดขึ้นจากหน่วยพิกัดมูลฐานเฉพาะวัสดุแต่ละชนิด

2.4.3 Geometric Module(หน่วยพิกัดทางเลขาคณิต) หน่วยพิกัดทางเลขาคณิต หมายถึงระบบสัมพันธ์ของสัดส่วนของทั้งโครงสร้างของส่วนมูลเฉพาะแห่ง และของแผนผังทั่วไปดังนั้น จึงควบคุมไปถึงระเบียบการพิกัดที่ถูกเลือกมาใช้ เพื่อให้เกิดการปรับตัวภายในและให้ทำได้หลายๆ วิธีสามารถกระทำได้โดยเพิ่มส่วน โดยการลดส่วนลงก็ได้ โดยการใช้พิกัดตัวเลขได้หลายชุด ด้วยวิธีใช้หน่วยพิกัดทางเลขาคณิตจะเกี่ยวโยงไป ไม่เพียงแต่เรื่องส่วนย่อยที่ได้สัดส่วนของขนาดกว้างยาว ซึ่งใช้

เป็นส่วนมูลอาคาร การใช้ยังเกี่ยวโยงไปถึงเรื่องโครงสร้าง เรื่องของสัดส่วนประกอบส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทุกชนิดด้วย

การพิจารณาหน่วยพิกัดนี้ ต้องคำนึงถึงหน่วยพิกัดจุดกับจุด เส้นกับเส้น พื้นที่กับพื้นที่ และปริมาตรกับปริมาตรด้วย

2.4.4 Handling Module (หน่วยพิกัดทางการปฏิบัติการ) บังคับโดยธรรมชาติทางกายภาพของหน่วยพิกัดนั้น โดยคำนึงถึงการขนส่ง การเก็บ และการติดตั้ง การยกเคลื่อนย้ายด้วยเครื่องจักร และด้วยแรงงานธรรมดา การบรรจุเคลื่อนย้ายด้วยพาหนะขนส่ง

2.4.5 Structural Module (หน่วยพิกัดทางโครงสร้าง) หน่วยพิกัดทางโครงสร้างสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับขนาดความโตและช่วงพาดขนาดของตัววัสดุ ซึ่งบรรจุระหว่างโครงสร้าง หรือส่วนอื่นที่พาดอยู่ช่วงบน ความลึกความหนาของคาน ของพื้น หน่วยพิกัดโครงสร้างมีความสำคัญไปถึงการวางรอยต่อ การใช้โครงองค์อาคารอื่นๆ พาดอยู่อย่างไรบนโครงสร้างสำคัญ

2.4.6 Element Module (หน่วยพิกัดส่วนมูล) เป็นหน่วยพิกัดขนาดกว้างยาว รูปร่างลักษณะ ซึ่งจำแนกแยกย่อยออกเป็น ชนิดทางพื้นผิวโปร่งแสง โปร่งใส เป็น โครงกรอบ และอาจจำแนกเป็นลักษณะทางรูปร่าง เช่น เป็นรูปโค้ง เป็นรูปหักมุม เป็นส่วนมูลรับน้ำหนัก เป็นส่วนมูลไม่รับน้ำหนัก เป็นส่วนมูลเปิดเลื่อนได้ เป็นส่วนมูลติดตาย เป็นส่วนมูลวางตั้ง เป็นส่วนมูลทางนอน

2.4.7 Joint Module(หน่วยพิกัดรอยต่อ) จุดที่จะยึดแข้งแรง ต่างจากแนวชนที่ชิดกัน เพื่อความเรียนร้อย หน่วยพิกัดรอยต่อวงจำกัดไว้ตรงตำแหน่งต่างๆ นอกเหนือไปจากแนวที่ชิดกันระหว่างแผ่นส่วนมูลฐานดังกล่าว รอยต่อที่กล่าวถึงนี้ ต้องต่อด้วยวิธีกล ให้ง่ายและสะดวกแก่การประกอบให้ติดตั้งแผ่นมูลฐานไว้ ได้ตามต้องการให้มีความมั่นคงแข็งแรงเพียงพอ และอาจใช้อุปกรณ์การต่อ ยึดติดตรงตำแน่งที่กำหนดไว้ วางเป็นจังหวะพิกัดได้ หน่วยพิกัดรอยต่อดังกล่าวนี้ ซับซ้อน ยุ่งยาก และสัมพันธ์กัน ต้องพิจารณาทั้ง 3 มิติ

2.4.8 Component Module (หน่วยพิกัดส่วนประกอบอาคาร) หน่วยพิกัดหน่วยนี้พิศดารนอกเหนือที่จัดไว้ใน Structure Module หรือ Element Module ได้ตัวอย่าง เช่น ลิฟต์ ตัวบันได เป็นต้น

2.4.9 Tolerance Module (หน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อน) หน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อน ซึ่งตำแหน่งควรไว้เป็นระยะตามความจำเป็น เมื่อผิดผลาดทีละเล็กทีละน้อย มากเข้าก็จัดตำแหน่งที่จะเป็นหน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อนเสียทีก็ได้

2.4.10 Installation Module (หน่วยพิกัดการติดตั้งอุปกรณ์) หน่วยพิกัดการติดตั้งอุปกรณ์ครอบคลุมไปถึง ทั้งความสัมพันธ์ระหว่างกัน ทั้งตำแหน่งที่ตั้งด้วยของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น สายเคเบิ้ล ช่องเดินท่อ ช่องออก ท่อที่มีอยู่ในระบบการก่อสร้างทั้งสิ้น หมวดใหญ่ๆ ของอุปกรณ์ จัดเป็น 4 หมวดใหญ่ดังกล่าว และมีหมวดย่อยอีก เช่นอุปกรณ์ไฟฟ้า แสงสว่าง

2.4.11 Fixture Module (หน่วยพิกัดเครื่องใช้อาคาร)หน่วยพิกัดขนาดอุปกรณ์เครื่องใช้ เครื่องเรือน ติดกับที่ทั้งหลาย เช่น ตู้ โต๊ะ เครื่องครัว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตลาด จากห้องทดลองและอุปกรณ์ต่างๆ

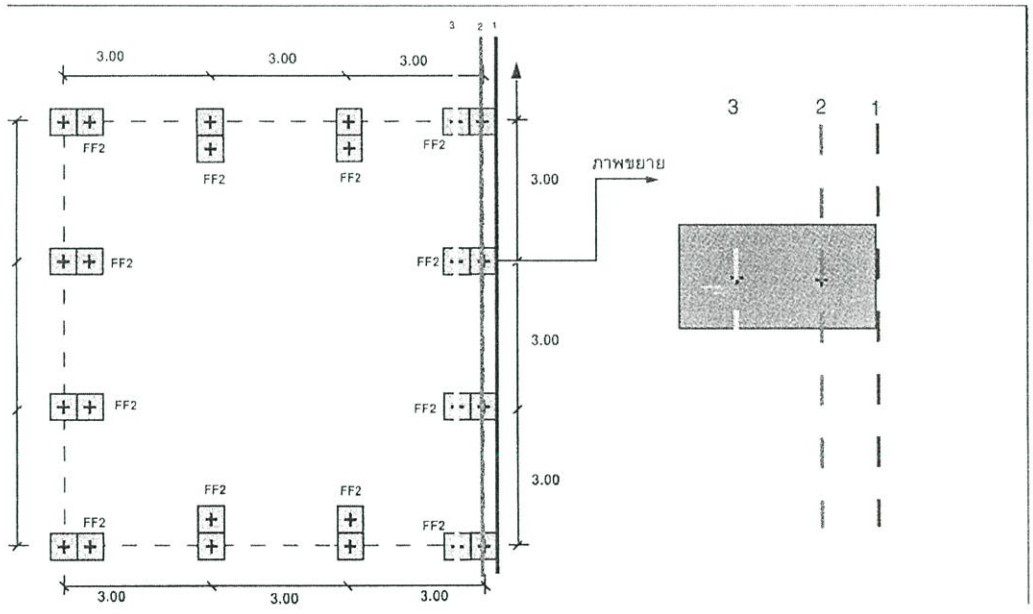
2.4.12 Planning Module (หน่วยพิกัดการออกแบบ) หน่วยพิกัดการออกแบบวางแผน เป็นผลรวมของหน่วยพิกัดทั้งหลาย การปรับ นำมาใช้รวมกันได้ หน่วยพิกัดนี้จะควบคุมหัวข้อต่างๆ ของหน่วยพิกัดที่กล่าวมาข้างต้น ให้นำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.13 ตัวอย่างการวางผังรั้วสำเร็จรูปโดยใช้ตารางพิกัด

กำหนดระยะตอกเข็มทั้ง 2 ต้นเข้ามาจากเขตที่ดินแล้วทำการขึงเอ็นเพื่อให้รู้แนวที่จะตอกเข็ม(ตามแนวหมายเลข2และ3)

แบ่งระยะเสารั้วเพื่อทำการปักหมุดลิ่มบอกตำแหน่งที่จะตอกเข็มที่จะตอกทุกๆระยะ ตลอดความยาวที่จะก่อสร้างรั้ว

เมื่อได้หมุดกำหนดตำแหน่งเสาเข็มแล้ว ควรทำเครื่องหมาย โดยใช้สเปรย์ฉีดหมุดให้ชัดเจน

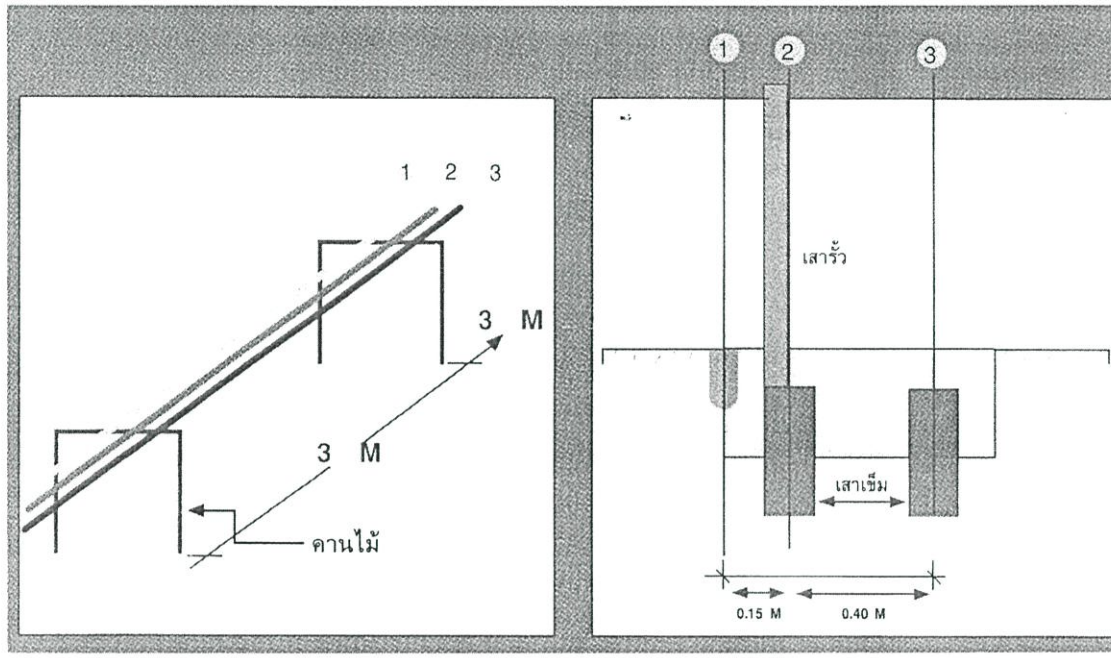



**ภาพที่ ค.18** แสดงตัวอย่างการวางผังรั้วสำเร็จรูป

การวางผังตีแนวกำหนดตำแหน่งแนวรั้วและฐานราก

การวางผังเป็นการระบุตำแหน่งของเสาเข็ม และแนวฐานรากซึ่งบ่งบอกถึงแนวรั้วบนพื้นที่ที่จะติดตั้งรั้ว การวางผังอย่างถูกต้อง และรวดเร็วควรปฏิบัติดังนี้

กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของแนวรั้วจากมุดที่ดิน ทำการตีคานไม้แล้วขึงเอ็นที่แนวมุดที่ดินเพื่อให้เห็นอาณาบริเวณของขอบเขตพื้นที่ (ตามหมายเลขที่1) ควรทำการแบ่งซอยตีคานเป็นจุดๆ ทุกๆ 3 เมตรอาจใช้เครื่องมือเช่นกล้องเล้งแนวเพื่อการตรวจสอบรั้วได้



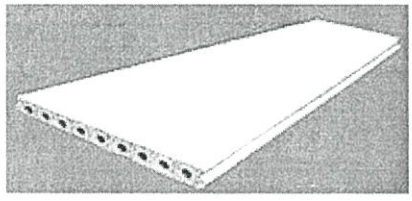

**ภาพที่ ค.19** แสดงรูปตำแหน่งการวางผังของรั้วสำเร็จรูป

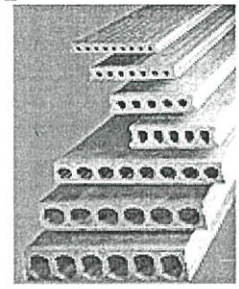
# บทที่ 3
# วัสดุสำหรับระบบประสานทางพิกัด

## 3.1 ระบบพื้นสำเร็จรูป

### 3.1.1 ประวัติและความเป็นมาของพื้นสำเร็จรูป

ระบบพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป ได้มีผู้คิดค้นผลิตออกมาในรูปร่างและลักษณะต่าง ๆ กันมากมายหลายแบบ ทางกลุ่มประเทศทางยุโรปตะวันออก เช่น ประเทศรัสเซีย โปแลนด์ เหล่านี้ได้ทำการผลิตและใช้ระบบพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปนับเป็นหลายสิบปีขึ้นไป





**ภาพที่ ค.20** แสดงรูปพื้นสำเร็จรูป

สำหรับการพัฒนาระบบพื้นสำเร็จรูปในสหรัฐอเมริกา ได้เคยถูกจัดทำขึ้นตามลำดับดังนี้

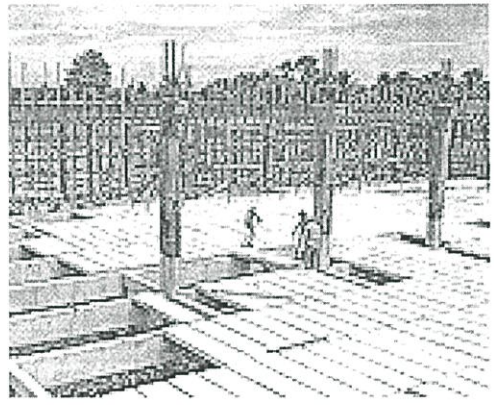
- ค.ศ. 1900 โดยเริ่มจากการนำระบบพื้นสำเร็จรูป มาสร้างเป็นดาดฟ้าของอาคารหลังหนึ่งใน Brooklyn, New York
- ค.ศ. 1905 ระบบโครงพื้นสำเร็จรูปสำหรับอาคารสี่ชั้นใน Pennsylvania
- ค.ศ. 1911 ระบบหน้าตัดแบบ U-Channel Section ได้ถูกนำมาใช้ใน St. Louis
- ค.ศ. 1946 ระบบพื้นครีบแผ่นบาง (Thin-Sheli,Rib Slab) ได้ถูกใช้กับอาคารหลังหนึ่งในเมือง Mechnicsburg, Pensylvania
- ค.ศ. 1948 ระบบโครงสร้าง Rib Slab ถูกพัฒนาขึ้นใน Texas
- ค.ศ. 1951 ระบบ Hollow Precast Concrete Slab ได้ถูกสร้างขึ้นที่ Chicago
- ค.ศ. 1953 ระบบ Pretension Precast U-Channel Section Rib Slab ได้ถูกพัฒนาขึ้นใน Colorado

สำหรับบทนี้ จะทำการสอนเฉพาะพื้นสำเร็จรูปในประเทศไทยเท่านั้น ทั้งนี้เพราะในปัจจุบันระบบพื้นสำเร็จรูปในประเทศไทย กำลังได้รับความนิยม และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุก และความประหยัดในด้านการก่อสร้าง และเวลาอีกด้วย

โดยทั่วไป ระบบโครงสร้างพื้นอาคาร เป็นระบบโครงสร้างตามแนวนอน ที่ทำหน้าที่รับและเปลี่ยนนำหนักบรรทุกจร (Live Load) และน้ำหนักบรรทุกตายตัว (Dead Load) สู่โครงสร้างตามแนวดิ่งของอาคาร สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน มีระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้กันอย่างแพร่หลายอยู่ 3 ประเภทคือ

1) ระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่ (Conventional Cast-Insitu Reinforced Concrete Slab-Beams) ระบบนี้เป็นที่รู้จักกันดีและใช้กันอย่างกว้างขวางจนถึงปัจจุบัน ซึ่งจะต้องใช้เวลาในการก่อสร้างยาวนานกว่าระบบอื่น ๆ

2) ระบบพื้นสำเร็จรูปวางบนคาน ค.ส.ล. หรือคานเหล็ก (The Precast Concrete Slab With Reinforced Concrete Beams Or Steel Beams)



**ภาพที่ ค.21** แสดงการวางพื้นสำเร็จรูป

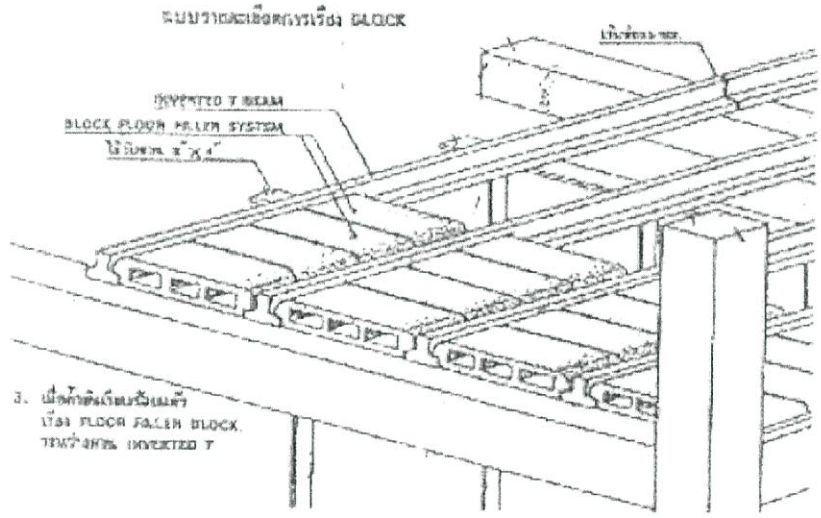
สำหรับระบบนี้ เริ่มเป็นที่รู้จักและนำมาใช้เมื่อประมาณ 20 ปีที่ผ่านมานี้เอง ซึ่งระบบนี้ได้รับการพิสูจน์กันแล้วว่า สามารถช่วยประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมากกว่าระบบที่ 1 จึงเริ่มมีการใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน สำหรับระบบพื้นสำเร็จรูปวางบนคานเหล็ก เพิ่งเริ่มมีการนำมาใช้เมื่อประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา เป็นระบบที่ไม่ต้องใช้ไม้แบบ และใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยแต่ยังมีราคาแพง เมื่อเทียบกับระบบพื้นสำเร็จรูปวางบนคาน ค.ส.ล.

3) ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (The Post-Tensioned Flat Plate) ระบบนี้เป็นระบบที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่า ช่วยให้การก่อสร้างง่าย และประหยัดขึ้น และประหยัดขึ้น แต่เพียงเฉพาะอาคารบางประเภทเท่านั้น

**3.1.2 ประเภทของพื้นสำเร็จรูป**

ประเภทของพื้นสำเร็จรูปแบ่งตามระบบ ได้ 2 ระบบ คือ

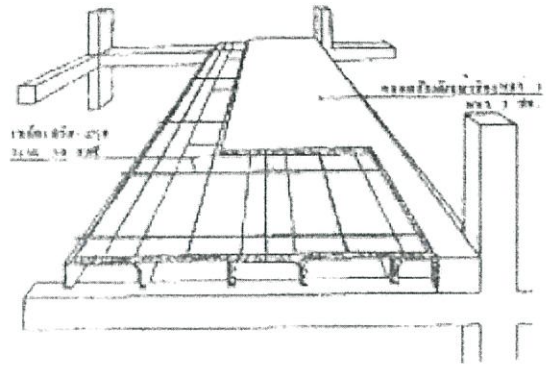
**1) ระบบพื้นหลายชิ้น (The Composite Floor Element System)** เป็นระบบการทำงานร่วมกันระหว่างตงคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete Joints) กับวัสดุที่นำมาวางระหว่างตง เช่น คอนกรีตบล๊อค ไม้อัด หรือแผ่นคอนกรีต ซึ่งทำหน้าที่เหมือนเป็นไม้แบบของคอนกรีตทับหน้า ระบบนี้ เป็นระบบที่มีราคาต่ำ แต่จะต้องมีค้ำยันช่วยชั่วคราวเพราะในแต่ละชิ้นส่วนที่นำมาประกอบกัน จะไม่มีประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักของตัวเอง ถ้ายังไม่รวมตัวเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันคอนกรีตทับหน้าควรระมัดระวังและทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต



**ภาพที่ ค.22** แสดงรูประบบพื้นสำเร็จรูปแบบหลายชิ้น

**2) ระบบพื้นชิ้นเดี่ยว (The Single Floor Element System)** เป็นระบบที่ถูกผลิตให้เปรียบเสมือนกับพื้นหน่วยหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง หรือระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดาก็ได้ การติดตั้งจะนำมาวางชนกันบนที่รับน้ำหนักทั้ง 2 ข้าง ซึ่งภายหลังการติดตั้ง ตัวพื้นระบบนี้บางชนิด จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้บางส่วนโดยไม่จำเป็นต้องมีค้ำยันช่วย

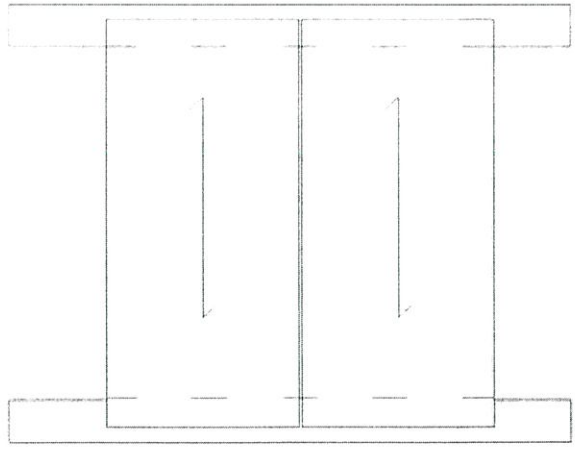
ในด้านการออกแบบ ระบบโครงสร้างพื้น ได้ถูกพิจารณาว่า เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของระบบโครงสร้างอาคาร เพราะมีราคาประมาณ 40 % ของราคาค่าก่อสร้างอาคารทั้งหมด และต้องใช้เวลาในการก่อสร้างยาวนานที่สุด ดังนั้น คำแนะนำที่ดีเพื่อช่วยให้สามารถเลือกใช้ระบบพื้นที่เหมาะสมและประหยัดที่สุด จะเป็นประโยชน์และสำคัญยิ่งในปัจจุบัน



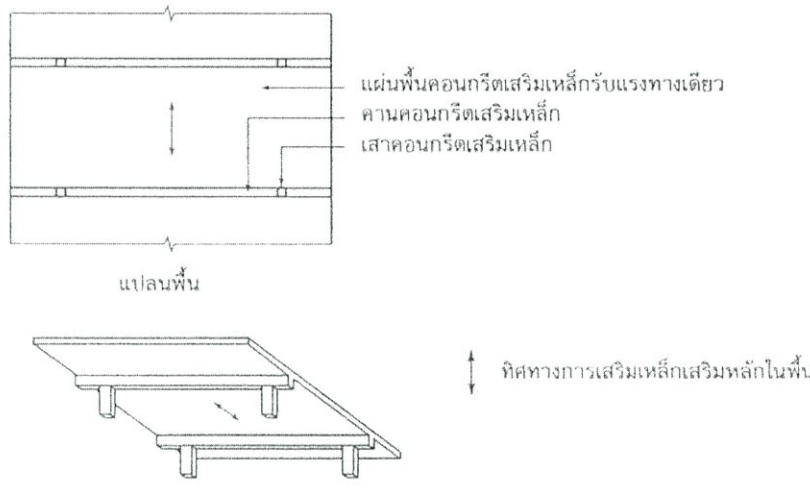
**ภาพที่ ค.23** แสดงรูประบบพื้นสำเร็จรูปชิ้นเดียว

**3.1.3 ประเภทของพื้นสำเร็จรูปแบ่งตามโครงสร้าง**

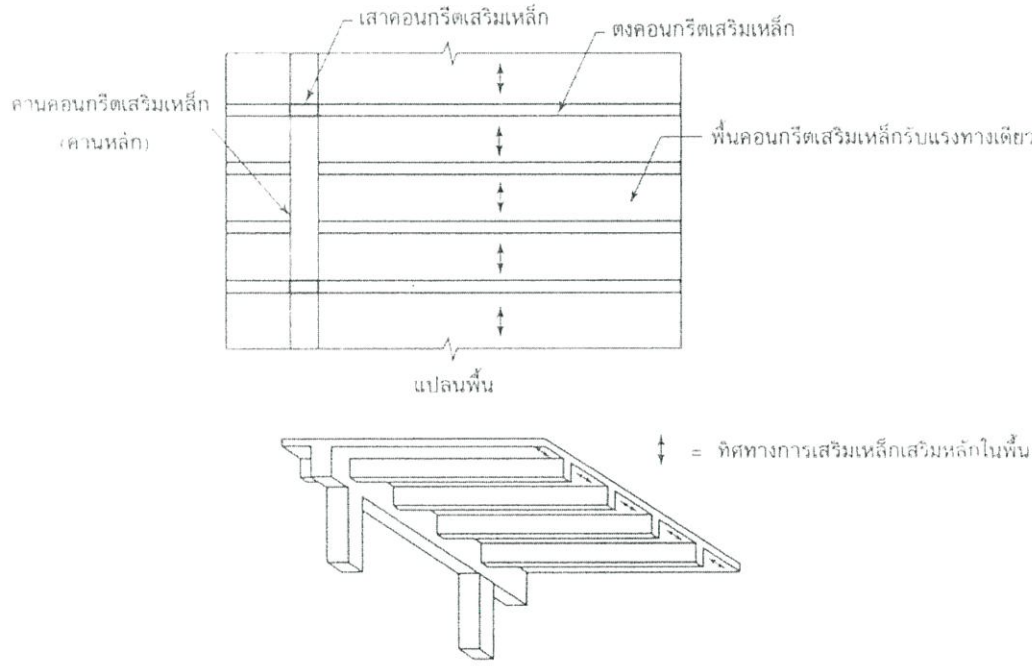
**1) ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนพื้นที่รองรับเพียง 2 ด้าน** และเสริมเหล็กเพื่อรับแรงในทิศทางเดี่ยวเท่านั้น เรียกว่า One Way Slab ซึ่งระบบพื้นสำเร็จที่ใช้ในประเทศไทยในปัจจุบัน เป็นระบบ One Way Design ทั้งสิ้น ซึ่งก็มีข้อดีก็คือ ผู้ผลิตสามารถผลิตเป็นชิ้นส่วนขนาดใหญ่หรือเล็กได้ ตามความสามารถในการรับน้ำหนักได้ตามความต้องการ สะดวกในการติดตั้งและมีความคล่องตัวในการจัดวางให้ระบบพื้นวางให้เต็มในช่วงคานพอดี



**ภาพที่ ค.24** แสดงการวางพื้นสำเร็จรูปแบบ One Way Slab



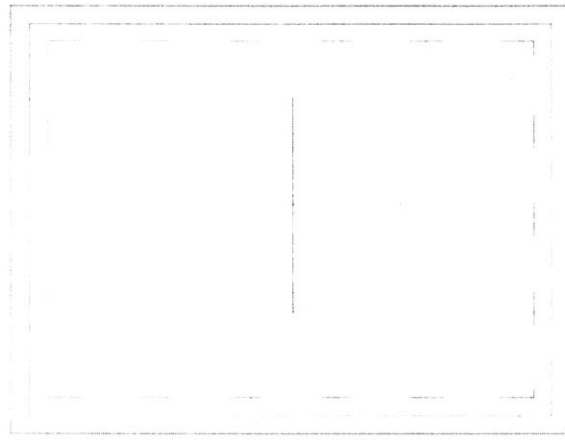

*(ก) แบบวางบนคานคอนกรีต*



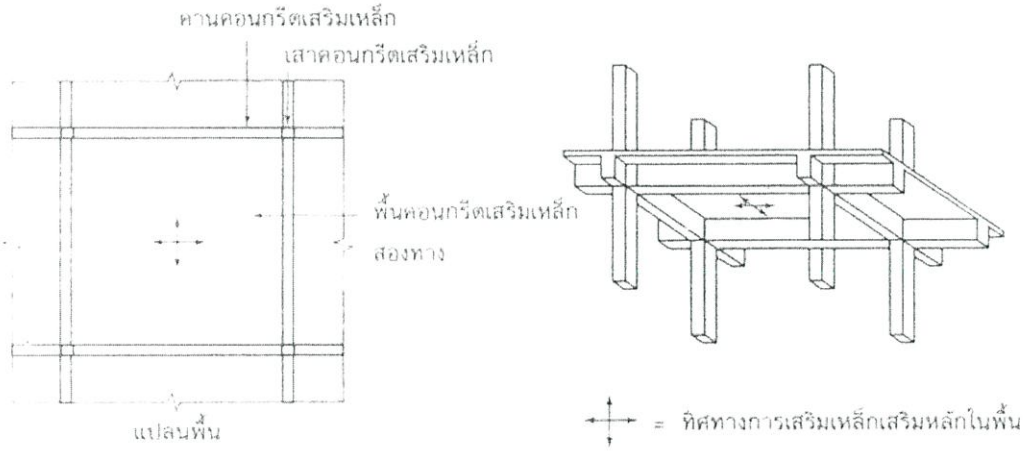

*(ข) แบบวางบนคานและตงคอนกรีต*

**ภาพที่ ค.25** แสดงพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงทางเดียว

2. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ช้างบนที่รองรับทั้ง 4 ด้านและเสริมเหล็กให้รับแรงได้ทั้ง 2 ทิศทาง ซึ่งเราเรียกว่า ระบบ TWO WAY SLAB ระบบนี้มีข้อดีที่เหนือเก่าระบบแบบ ONE WAY SLAB คือ คานประหยัดในการเสริมเหล็ก ข้อเสียของระบบนี้คือน้ำหนักของแผ่นพื้นมีน้ำหนักมาก ต้องใช้เครื่องมือขนาดใหญ่ในการยกเพื่อทำการติดตั้ง



**ภาพที่ ค.26** แสดงพื้นสำเร็จรูปแบบ TWO WAY SLAB




*(ก) แบบวางบนคานคอนกรีต*

**ภาพที่ ค.27** แสดงการางพื้นสำเร็จรูปแบบรับแรงสองทาง

### 3.1.4 รูปร่างลักษณะของระบบพื้นสำเร็จรูป

**3.1.4.1 ระบบคานซอยประกอบวัสดุแซม (Ribbed Floor With Infilling)** คานซอยมีผู้ผลิตเป็นรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น ตัวไอ ตัวที หรือเป็นสี่เหลี่ยม ส่วนมากเป็นการผลิตในแบบคอนกรีตบางรูปร่างต่าง ๆ หรือแม้กระทั้งใช้กระเบื้องกระดาษรูปโค้งครึ่งวงกลม ดังมีรายละเอียดดังนี้

1) ระบบคานตัวที ลักษณะทั่วไปประกอบด้วยบล็อคพื้นคอนกรีต และคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวทีหงาย

ข้อดี

- มีน้ำหนักเบา สามารถติดตั้งได้โดยแรงงาน
- สามารถติดตั้งได้รวดเร็ว
- ราคาถูก
- สามารถตัดและดัดแปลงได้ง่าย

ข้อเสีย

- ต้องใช้ค้ำยันช่วย
- เกิดการเสียหายได้ง่าย จากการยกและติดตั้ง
- ต้องมีคอนกรีตทับหน้า เพื่อช่วยในการรับน้ำหนัก
- ต้องมีเหล็กเสริมเพื่อป้องกันการแตกร้าว

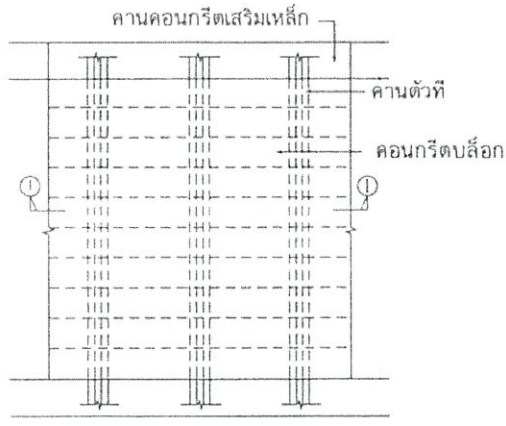
2) ระบบคานตัวทีประกอบกับแผ่นพื้นคอนกรีต เป็นระบบแผ่นพื้นประกอบด้วยคานตัวที (Inverted T)

ข้อดี

- สามารถติดตั้งโดยใช้แรงคน
- ไม่ต้องใช้ไม้แบบ
- ไม่ต้องฉาบท้องพื้น

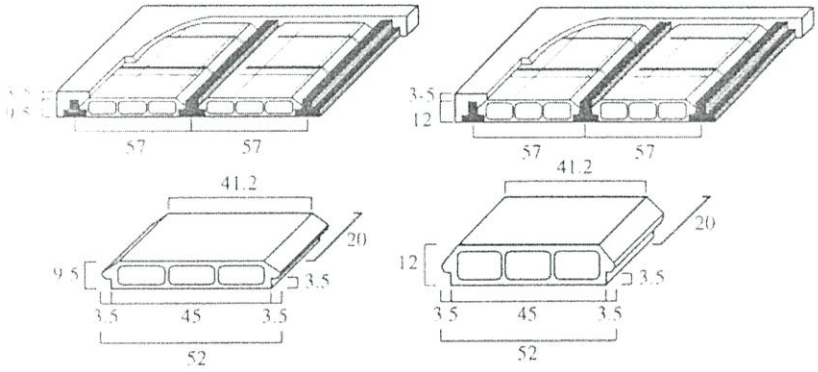
ข้อเสีย

- ต้องใช้ค้ำยัน
- สามารถเกิดความเสียหายได้ง่าย
- ต้องมีคอนกรีตทับหน้าช่วยในการรับน้ำหนัก
- มีเหล็กเสริมป้องกันการแตกร้าว

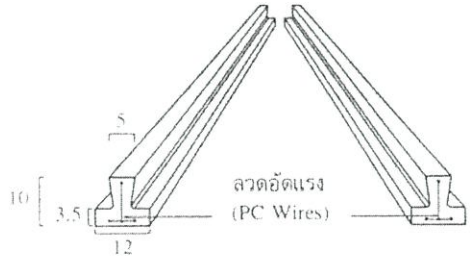



*แปลนการวางคานตัวทีและบล็อก*

**ภาพที่ ค.28** แสดงระบบคานตัวทีประกอบกับแผ่นพื้นคอนกรีตด้วยคานตัวที




*บล็อกพื้นขนาด 4"* *บล็อกพื้นขนาด 5"*




**ภาพที่ ค.29** แสดงระบบคานตัวทีประกอบกับแผ่นพื้นคอนกรีต

3) ระบบตงคอนกรีตอัดแรง

เป็นระบบพื้น ที่ประกอบด้วยตงคอนกรีตอัดแรงและพื้นคอนกรีตหล่อกับที่ ในการก่อสร้างจะต้องใช้เหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม.เสียบคานตามรูที่เจาะ แล้วใช้ไม้หน้าสาม และไม้อัดประกอบอีกจึงจะเทคอนกรีตได้

ข้อดี

- ราคาค่าก่อสร้างถูก
- ไม่ต้องมีค้ำยันช่วยในการติดตั้ง
- สามารถตัดและดัดแปลงได้ง่าย
- น้ำหนักเบา

ข้อเสีย

- ต้องใช้ไม้แบบช่วยในการก่อสร้าง
- ก่อนที่จะทำการบรรทุกน้ำหนัก ต้องรอให้คอนกรีตแข็งตัวก่อน

**3.1.5 ระบบแผ่นคอนกรีตรูปร่างต่าง ๆ**

เป็นระบบโครงพื้นที่ถูกผลิตในรูปแบบของพื้นหน่วยหนึ่ง โดยสามารถสรุปรูปหน้าตัดพื้นประเภทต่าง ๆ ได้ 5 ประเภทดังนี้

**1) Single-Tee Section**

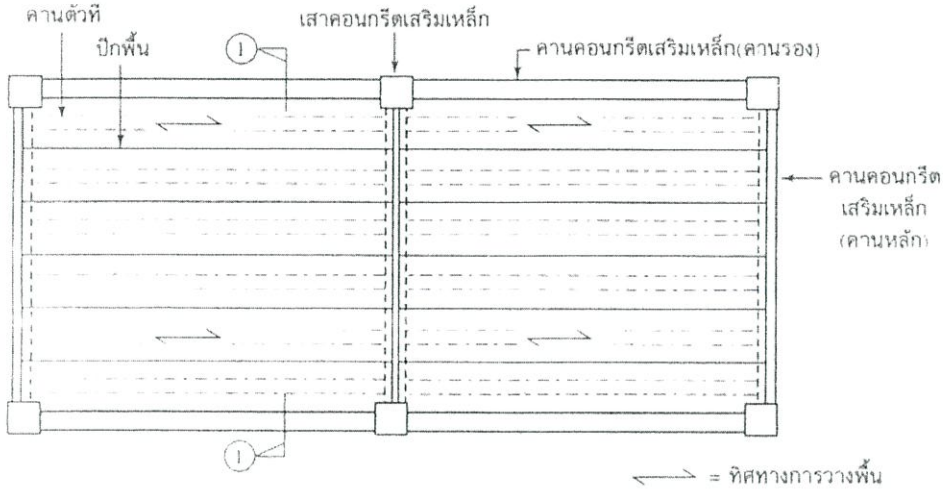
เป็นระบบที่ถูกออกแบบให้มีน้ำหนักเบา สามารถยกได้ด้วยมือ หรือ เครื่องมือง่าย ๆ ออกแบบเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา

ข้อดี

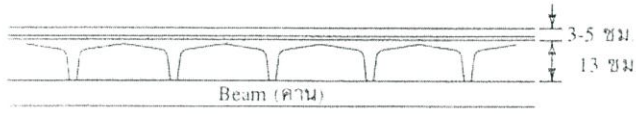
- สามารถติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว
- ไม้ต้องใช้ค้ำยันถ้าพาดช่วงสั้นน้อยกว่า 4 เมตร
- สามารถได้ด้วยคน หรือเครื่องจักรแบบง่าย ๆ

ข้อเสีย

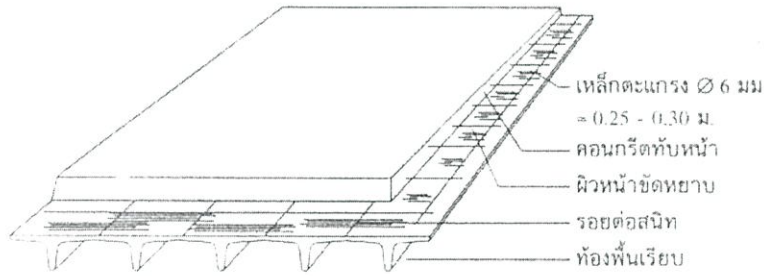
- ก่อนที่จะทำการบรรทุกน้ำหนักรอยต่อที่ปีกจะต้องได้เชื่อมติดกัน
- จะต้องเพิ่มค้ำยันถ้าช่วงพาดเกิน 4.00 เมตร
- ชิ้นส่วนสามารถเกิดการเสียหายได้ง่าย
- ต้องเพิ่มคอนกรีตที่ช่องเปิดใต้ปีกที่จุดรับน้ำหนักทั้ง 2

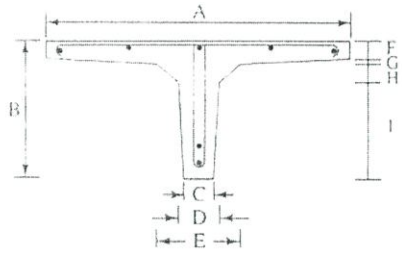



*แปลนการวางพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปตัวที*




*รูปตัดตามขวาง (1) - (1)*




ขยายพื้นตัวที

รายละเอียดหน้าตัด

(Section Details)

| | |
|---|---|
| A | 30 |
| B | 13 |
| C | 3 |
| D | 4 |
| E | 9 |
| F | 2 |
| G | 0.5 |
| H | 1.5 |
| I | 9 |

หน่วยเป็นเซนติเมตร

(Dimensions in Centimeter)

**ภาพที่ ค.30** แสดงแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปตัวที

**2) U-Channel Section**

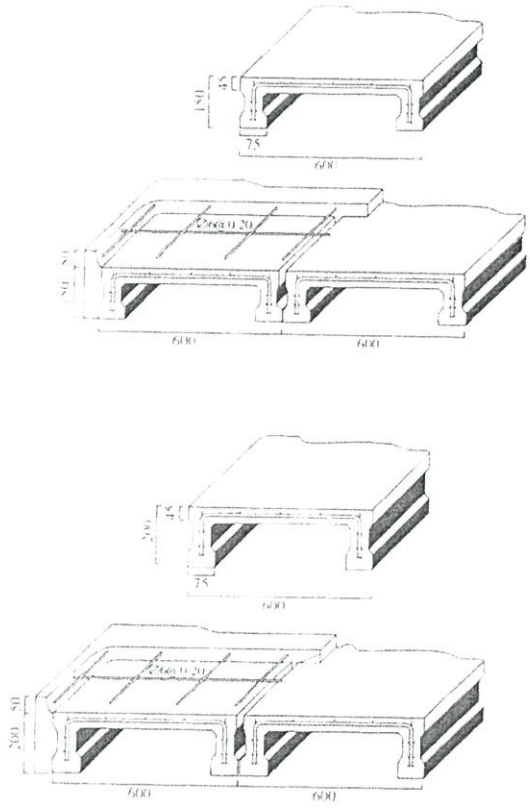
พื้นระบบนี้ ถ้าไม่เป็นห่วงเรื่องน้ำรั่วซึม ก็ไม่จำเป็นต้องใช้การเสริมเหล็กกันแตก (Temperature Steel) ในคอนกรีตทับหน้าการออกแบบเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา

ข้อดี

- ทุกชิ้นส่วนสามารถตั้งอยู่ได้ด้วยตัวเอง และคนงานสามารถทำงานบนพื้นที่ติดตั้งได้ทันที
- ไม่จำเป็นต้องมีค้ำยันในระหว่างการติดตั้ง

ข้อเสีย

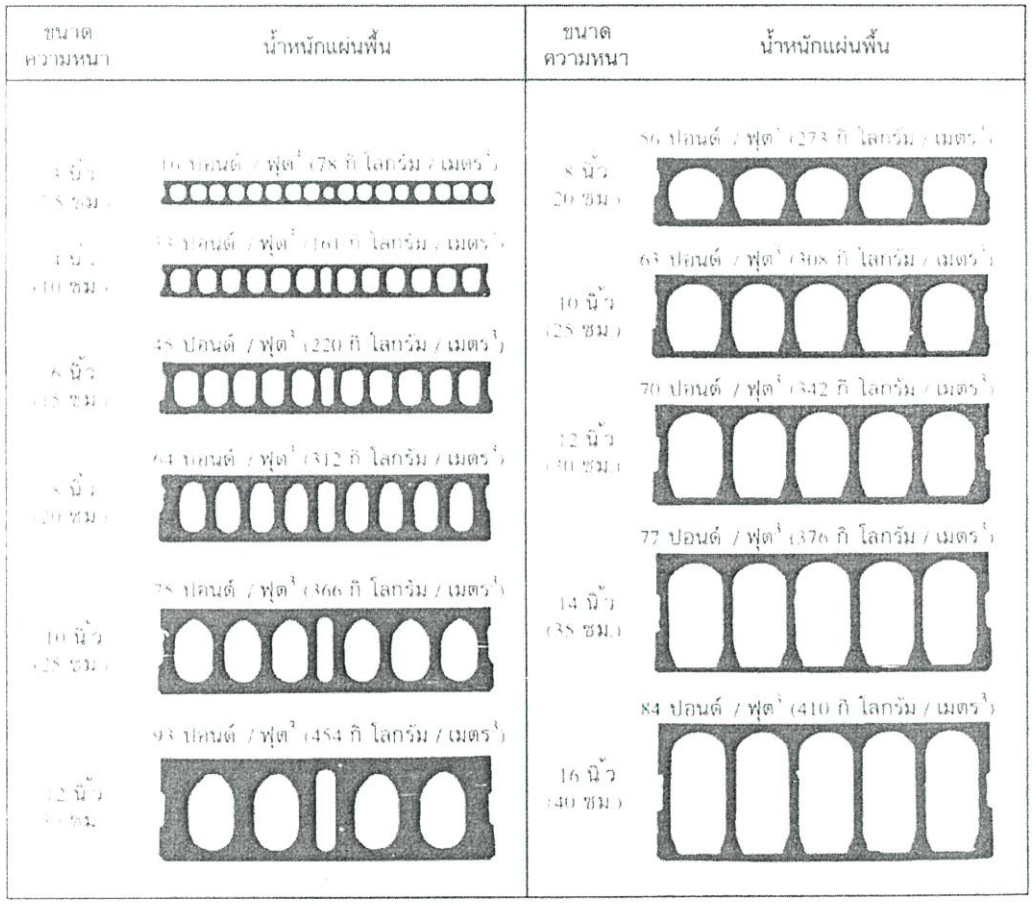
- ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่พอสมควรในการติดตั้ง เนื่องจากน้ำหนักของพื้น



**ภาพที่ ค.31** แสดงแผ่นพื้นสำเร็จรูปตัวยูคว่ำ

### 3.2 ระบบพื้นกลาง (Hollow Core Section)

ระบบนี้ เป็นที่แพร่หลายมากในต่างประเทศ แถบประเทศยุโรป ในประเทศไทย ได้มีการผลิตขึ้นในปี พ.ศ. 2507 แต่ไม่สามารถแข่งขันกับระบบเทหล่อกับที่ได้เนื่องจากค่าแรงงานและวัสดุในขณะนั้นมีราคาต่ำ ใต้ท้องพื้นของระบบนี้จะราบเรียบ รูกลางของพื้นจะช่วยลดน้ำหนักของพื้นและเป็นฉนวนความร้อน และยังสามารถเดินท่อภายในรูกกลวงได้ รูกลางจะเป็นรูปต่าง ๆ กัน เช่นวงกลม วงรี สี่เหลี่ยม สำหรับรูปวงรี จะทำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและประหยัดวัสดุว่ารูกลางชนิดอื่น หน้าตัดของพื้นระบบนี้ ได้รับการพัฒนามาจากหน้าตัดดับเบิ้ลที่และหน้าตัด U-Channel
Section พื้นระบบนี้ สามารถพาดช่วงได้ยาวถึง 12 เมตร




**ภาพที่ ค.32** แสดงตารางแผ่นพื้นสำเร็จรูปแบบกลวงชนิดต่างๆ

ข้อดี

- สามารถใช้กับช่วงพาดได้ยาวกว่าหน้าตัดอื่น ๆ
- ไม่จำเป็นต้องใช้ค้ำยันขณะติดตั้ง
- สามารถรับน้ำหนักบรรทุกบางส่วนได้ โดยไม่ต้องใช้คอนกรีตทับหน้า

ข้อเสีย

- กรรมวิธีในการผลิตค่อนข้างซับซ้อน
- ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการยกและติดตั้ง
- ความหนาของพื้นที่ จะมีขนาดใหญ่ตามความต้องการของวัสดุทับหน้า

## 3.3 ระบบพื้นคอนกรีตตัน (Solid)

ระบบนี้ จะเป็นระบบที่สามารถใช้การออกแบบเป็น Two-Way Slab ได้ซึ่งจะทำให้ประหยัดกว่าระบบ One Way Slab ตามที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด แต่มีปัญหาที่จะต้องนำพื้นสำเร็จรูปขนาดใหญ่ เช่น ขนาด 4.00 X 4.00 ตารางเมตรขึ้นไป วางทีเดียวทั้งแผ่น แต่ก็เป็นที่นิยมใช้ในประเทศแถบยุโรปตะวันออก ในประเทศไทยได้มีการทดลองทำโดยการหล่อเป็นแผ่นคอนกรีตบาง ๆ เสร็จแล้วไปเทคอนกรีตทับหน้าในบริเวณที่ก่อสร้างอีกครั้งหนึ่งภายหลัง ระบบนี้จะค่อย ๆ พัฒนาไปได้ดีถ้าหากสามารถค้นคว้าหาวัสดุที่เบากว่านี้ได้

## 3.4 ข้อแนะนำในการเลือกใช้พื้นสำเร็จรูป

ในการจะเลือกใช้พื้นสำเร็จรูป มีหัวข้อในการพิจารณาดังต่อไปนี้

### 3.4.1 รายละเอียดของพื้นสำเร็จรูป

ให้ทำการประเมินผลจากรายละเอียดของพื้นสำเร็จ โดยให้มีหัวข้อสังเกตดังนี้

รายละเอียดหน้าตัด มักออกแบบให้มีรูปทรงทางเลขาคณิต ลักษณะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

1) ราคาค่าก่อสร้าง คำนวณได้จากราคาของพื้น + ราคาค่าขนส่ง + ราคาค่าติดตั้ง สามารถติดได้เป็นราคาต่อหน้าและเหล็กเสริม ก็สามารถประเมินเป็นราคาสำหรับการอ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบราคาได้ด้วย

2) น้ำหนักต่อหน่วยความยาวนั้น ไม่รวมน้ำหนักคอนกรีตทับหน้าด้วย

3) วิธีการติดตั้ง แสดงให้เห็นด้วยลักษณะ 3 ลักษณะคือ

- Labour แสดงว่า ชิ้นส่วนเล็กสามารถใช้คนยกได้
- Hoist แสดงว่า ชิ้นส่วนขนาดกลาง ยกได้ด้วย Tackle หรือ Forklift
- Crane แสดงว่า ชิ้นส่วนใหญ่มากยกได้ด้วย Tower Crane หรือ Mobile Crane เท่านั้น

**3.4.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการรับน้ำหนัก**

คือการเปรียบเทียบความสามารถในการรับน้ำหนัก ในช่วงความยาวต่าง ๆ กันและน้ำหนักบรรทุกจรที่กำหนดให้ โดยการตรวจสอบเอกสารข้อมูลของบริษัทผู้ผลิต

**3.4.3 ตารางชี้แนะ**

เราสามารถพิจารณาความเหมาะสมของวัสดุของพื้นสำเร็จรูปที่ใช้ในท้องตลาดได้โดยง่ายโดยดูจากตาราง ในตารางจะมีข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของพื้นสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ ที่ใช้กับพื้นบางประเภทเท่านั้น เช่น Span Lengths จำกัด รับน้ำหนักได้จำกัด เหล่านี้เป็นต้น ฉะนั้นข้อมูลในตารางจึงสามารถใช้ได้ในกรณีส่วนใหญ่ของ Span Lengths และน้ำหนักในการออกแบบทั่วไป

**3.4.4 ความทนไฟ**

ในตึกหลายชั้น ความทนไฟของวัสดุพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ เป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาความเหมาะสมของวัสดุนั้น ๆ เพื่อความปลอดภัยด้านเพลิงไหม้ ความทนไฟของพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จส่วนใหญ่ ขึ้นอยู่กับประเภทของสิ่งรวมที่ใช้ ความหนาของส่วนประกอบต่างๆ และความหนาของส่วนคอนกรีตปกคลุม (Reinforcenent) โดยปกติ จะแสดงอัตราการทนไฟ โดยใช้ตัวเลขจำนวนชั่วโมงที่วัสดุจะสามารถทนไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่พังลง ซึ่งเมื่อเราเปรียบเทียบกับมาตรฐานของโลกแล้ว ก็จะสามารถสรุปได้ว่า ไม่มีพื้นสำเร็จรูปชนิดใดที่จะสามารถทนไฟได้นานเกิน 1 ชั่วโมงเลย

**3.4.5 การพิจารณาเลือกช่วยความยาวของพื้นสำเร็จรูป**

พื้นสำเร็จรูปส่วนใหญ่ ที่ผลิตสู่ตลาดในประเทศ จะมีลักษณะการออกแบบวางบนที่รองรับ 2 ด้าน ซึ่งเป็นลักษณะของ One Way Slab ทำให้เกิดโมเมนต์บวกที่กึ่งกลางของช่วงพื้นนั้น ตามสูตรดังนี้

M = 1/8 WLE

M = โมเมนต์ ซึ่งเป็นลักษณะเป็นหน่วย K6/M

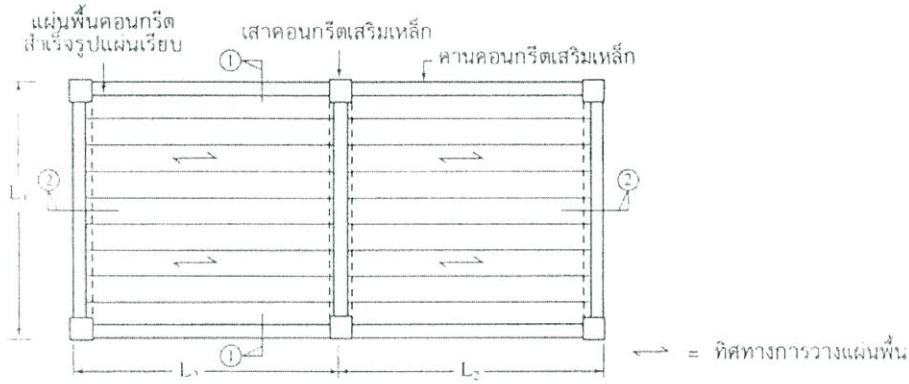
W = น้ำหนักแผ่กระจาย มีค่าเป็นหน่วย K6/M

L = ความยาวของช่วงพื้น มีค่าเป็นเมตร

จะเห็นได้ว่า โมเมนต์ จะแปรผันกับความยาวของช่วงพื้นกำลัง 2 เพราะฉะนั้นการวางพื้นสำเร็จรูป จึงต้องพยายามวางให้มีช่วงความยามสั้นที่สุด เพื่อให้เกิดโมเมนต์ที่พื้นสำเร็จรูปน้อยที่สุด ก็จะทำให้เลือกใช้พื้นประหยัดได้ แต่ในบางกรณี ก็ไม่จำเป็นต้องวางที่ช่วงความยาวสั้นเสมอไป จะต้องพิจารณาถึงคานที่รับน้ำหนักจากพื้นประกอบกันไปด้วย ในบางครั้ง การวางพื้นฝากบนคานที่มีความยาวของช่วงคานมาก ก็จะให้คานมีขนาดใหญ่มากขึ้นเพื่อจะรับน้ำหนักจากพื้นให้ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดโมเมนต์ในคานมากยิ่งขึ้น จึงต้องพิจารณาเปรียบเทียบดูในแง่ของความเหมาะสมและประหยัดควบคู่กันไป

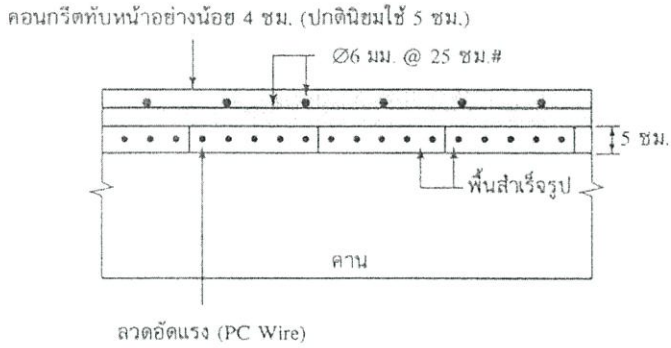
น้ำหนักจร หรือจ้ำหนักบรรทุกที่พื้นจะรับ เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ประกอบการพิจารณาพื้นสำเร็จรูป ที่มีความยาวของพื้นมาก ย่อมรับน้ำหนักได้น้อยกว่าพื้นที่มีความยาวสั้น จึงต้องดูสภาพการใช้งานของอาคารด้วยว่า ลักษณะของน้ำหนักจรมากน้อยเพียงใด เพื่อเลือกชนิด และช่วงความยาวของพื้นให้เหมาะสม

นอกจากนั้น การขนส่งในที่คับแคบและจำกัด ก็มีส่วนในการพิจารณาเลือกชนิดและความยาวของพื้นสำเร็จรูปเช่นกัน ควรคำนึงถึงความสะดวกและเป็นไปได้ในด้านการขนส่งพื้นและการยกติดตั้งแล้วแต่กรณีไป

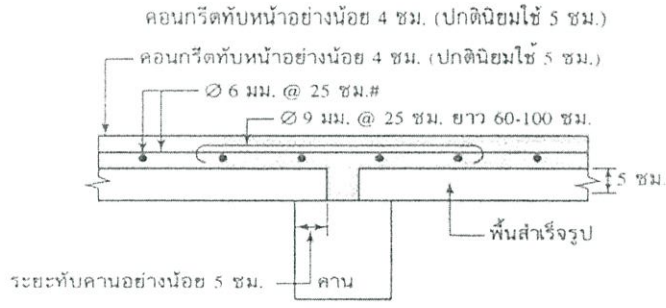



*แปลนการวางพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปแผ่นเรียบ*

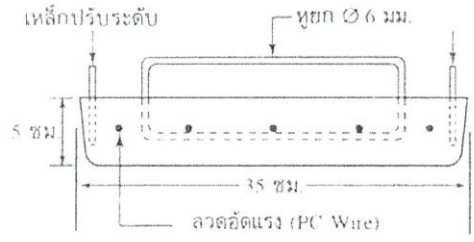
**ภาพที่ ค.33** แสดงแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปแผ่นเรียบ




*รูปตัดตามขวาง ① - ①*




*รูปตัดตามยาว ② - ②*




*ขยายแผ่นพื้น*

**ภาพที่ ค.34** แสดงขยายแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปแผ่นเรียบ

## 3.5 การขนส่งและการติดตั้งพื้นสำเร็จรูป

**ภาพที่ ค.35** แสดงการขนส่งพื้นสำเร็จรูป

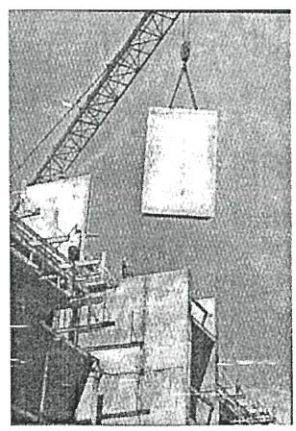
ปัจจัยสำคัญในการขนส่งพื้นสำเร็จรูป และการติดตั้ง มักจะอยู่ที่การยกตัวพื้นเอง ทั้งการยกขึ้นลงรถบรรทุก และการยกขึ้นทำการติดตั้ง ชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก ย่อมสามารถยกได้ง่าย และสะดวกว่าชิ้นส่วนใหญ่ ๆ ดังนั้น จึงแบ่งประเภทการยกออกเป็น 3 ลักษณะการยกกล่าวคือ

1) การยกด้วยแรงคน ซึ่งคงสามารถใช้ได้กับระบบเล็ก ๆ เช่น ระบบโครงพื้นหลายชิ้น (Composite Floor Element System) เพราะแต่ละชิ้นส่วน น้ำหนักไม่มากนักสามารถยกได้ โดยคนเพียง 1-2 คน

2) การยกด้วยเครื่องมือกลอย่างง่าย ได้แก่ รอกต่าง ๆ รถยกขนาดเล็กเหมาะกับพื้นที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมา และไม่สามารถยกได้ด้วยแรงคน เช่น ระบบพื้นกลางขนาดเล็ก (Small Hollow-Core) เป็นต้น

3) การยกด้วยเครื่องกลขนาดใหญ่ หรือเครน เป็นต้น เหมาะกับพื้นที่มีขนาดใหญ่มาก เช่น ระบบพื้นกลางใหญ่ (Hollow-Core) เป็นต้น

จุดกำหนดในการยก จะถูกออกแบบและจัดเตรียมไว้เรียบร้อยจากโรงงานผู้ผลิตมาแล้ว ตลอดจนวิธีการยกและข้อแนะนำ ซึ่งควรศึกษารายละเอียดประกอบจากผู้ผลิตโดยตรง



**ภาพที่ ค.36** แสดงการยกด้วยเครื่องมือกลขนาดใหญ่และด้วยแรงคน

ราคาระบบพื้นสำเร็จรูปต่าง ๆ นั้นได้มีการแข่งขันกันในระหว่างบริษัทผู้ผลิต และมีการค้นคิดและผู้ผลิตระบบพื้นที่ราคาถูกกว่าระบบเดิมออกสู่ท้องตลาดอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ระบบพื้นสำเร็จรูปมีราคาถูกลง

การเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างโดยระบบพื้นสำเร็จรูป กับการหล่อคอนกรีต กับที่ธรรมดานั้น จะต้องเปรียบเทียบทั้งระบบพื้น ทั้งสองอย่างเทียบกัน คือ จะต้องคิดราคาของคานที่รับพื้นแต่ละแบบด้วย โดยมีข้อแนะนำในการคิดราคาเปรียบเทียบ ดังนี้

ราคาก่อสร้างพื้นหล่อกับที่ = ราคาไม้แบบคานและพื้น + ราคาเหล็กคานและพื้น
+ ราคาคอนกรีตคานพื้น + ค่าแรงช่างไม้
+ ค่าแรงช่างเหล็ก + ค่าแรงปูน

ราคาก่อสร้างพื้นสำเร็จรูป = ราคาวัสดุสำเร็จรูป + ราคาขนส่งวัสดุสำเร็จรูป
+ ค่าแรงติดตั้งวัสดุสำเร็จรูป + ราคาค้ำยัน (ถ้าใช้)
+ ราคาเหล็กตะแกรง(ถ้าใช้) + ราคาคอนกรีต
ทับหน้า (ถ้าใช้) + ค่าแรงตั้งค้ำยัน (ถ้าใช้) +
*ค่าแรงช่างปูนแต่งแนวรอยต่อ (ถ้าใช้) + ค่าแรง*
ช่างผูกเหล็ก + ค่าแรงเทคอนกรีตทับหน้า (ถ้าใช้)
+ ราคาของ และค่าแรงคอนกรีตหล่อกับที่ สำหรับ
รับพื้นสำเร็จรูป

จะเห็นได้ว่า หากใช้พื้นสำเร็จรูป จะตัดค่าใช้จ่ายในการใช้ไม้แบบและค่าแรงช่างไม้ราคาแพงออกไปได้ แต่ก็ต้องเปรียบเทียบดูกับค่าขนส่ง ค่าติดตั้ง และราคาชิ้นส่วนพื้นสำเร็จรูปซึ่งเป็นส่วนสำคัญของระคาของระบบพื้นสำเร็จรูปมาเปรียบเทียบกันก่อนตัดสินใจ

### 3.5.2 การพิจารณาในการเลือกใช้พื้นสำเร็จรูป

ในปัจจุบัน การเลือกใช้ระบบพื้นสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะรูปร่าง และคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ แตกต่างกันไป และมีหลายระบบให้เลือก เป็นประโยชน์แก่ผู้ออกแบบให้สามารถระบุ ให้ใช้พื้นสำเร็จรูป ในระบบของตน โดยไม่ต้องระบบชนิดหรือชื่อบริษัทลงไปแทน โดยอาจ จะระบุคุณสมบัติเฉพาะที่ต้องการเช่น ระบุความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกเป็นเท่าใด เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติอื่น ๆ นอกจากนี้ ก็อาจมีความสำคัญสำหรับอาคารแต่ประเภทเป็นพิเศษก็ได้ จึงควรที่สถาปนิกและวิศวกร จะได้พิจารณาความต้องการของตนในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

### 3.5.3 ความต้องการทางด้านสถาปัตยกรรม

ความต้องการทางด้านสถาปัตยกรรม ที่จะต้องพิจารณาเป็นพิเศษ ในกรณีที่ใช้กับอาคารแต่ละประเภท

1) รูปร่างลักษณะของพื้น พื้นสำเร็จรูป มีลักษณะของท้องพื้นต่าง ๆ ลักษณะใหญ่แบ่งได้เป็น พวกใต้พื้นเป็นแนวคานซอย พวกใต้ท้องเรียบ และประเภทที่ต้องฉาบปูนใต้พื้น รูปร่าง

ลักษณะใต้ท้องพื้นนี้ จะต้องพิจารณามาก ในกรณีที่อาคารนั้นต้องการความสวยงาม ส่วนอาคารประเภทโรงงานไม่จำเป็นต้องพิจารณาในข้อนี้

2) ความเรียบร้อยของรอยต่อ พื้นสำเร็จรูป จะต้องมีรอยต่อเสมอรอยต่อที่มีระหว่างแผ่นพื้น จะต้องตกแต่งโดยเสียงค่าแรงงาน และค่าวัสดุถูกที่สุด โดยมีความเรียบร้อยสวยงาม

3) ลักษณะผิวของคอนกรีต พื้นที่ผลิตจากโรงงานที่ใช้แบบและวิธีเทคอนกรีตที่ดีจะมีผิวเรียบ ปราศจากรูพรุน และมีคุณภาพของผิวคอนกรีตสม่ำเสมอเท่าเทียมกันทุก ๆ ชิ้นส่วน

4) การดูแลรักษาความสะอาด รูปร่างของพื้น ที่มีประสิทธิภาพทางโครงสร้างดีมักจะมีรูปร่างที่เป็นซอกและมุมมาก เช่น คานรูปตัว ไอ หรือตัว แอล เป็นต้น คานพวกนี้เมื่อใช้งาน จะมีฝุ่นละอองและหยักไย่ จับอยู่ได้ ทำให้ต้องคอยดูแลความสะอาดอยู่เสมอ

**3.5.4 คุณสมบัติทางด้านโครงสร้าง**

เป็นหน้าที่ของวิศวกรโครงสร้างโดยตรงในการพิจารณาคุณสมบัติเหล่านี้ และมีรายละเอียด ในการพิจารณาคุณสมบัติทางด้านโครงสร้างดังนี้

1) น้ำหนักของพื้นสำเร็จรูปที่ทางบริษัทผู้ผลิตให้มา ในรายละเอียดของแผ่นพื้นแต่ละชนิดนั้น เป็นน้ำหนักของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเท่านั้น ไม่ได้รวมเอาน้ำหนักของคอนกรีตทับหน้าเข้าไปด้วย

2) ความสามารถในการรับน้ำหนักจร พื้นสำเร็จรูปแต่ละชนิด รับน้ำหนักได้ไม่เหมือนกัน ควรจะต้องเลือกใช้ให้ถูกชนิดและประเภทของพื้น เช่น ทำเป็นบ้านพักอาศัย ที่จอดรถ โรงงาน ฯลฯ เป็นต้น

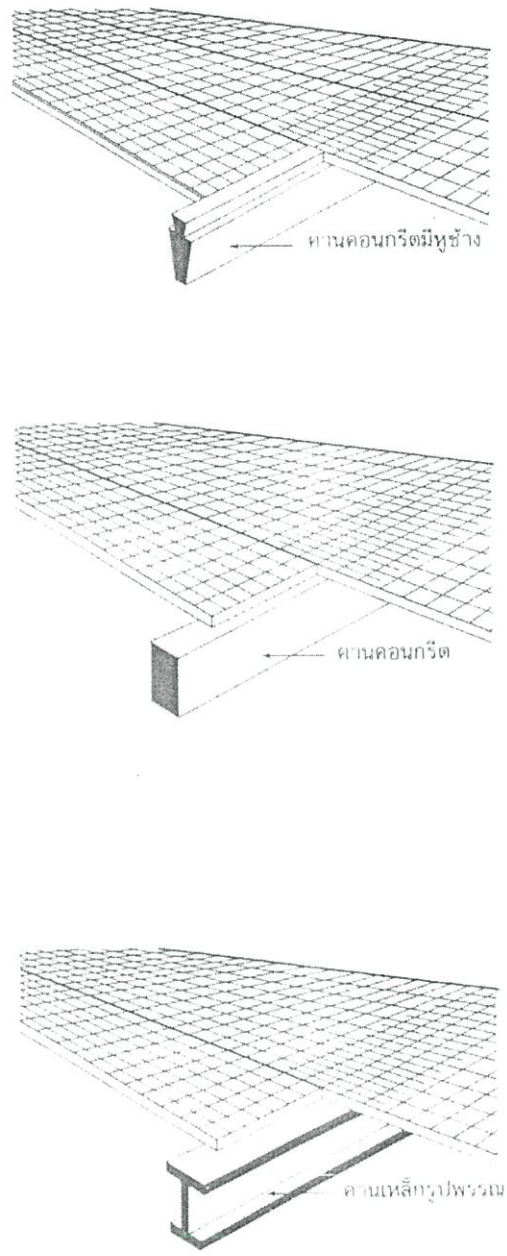
3) วิธีการวางระบบพื้นบนคาน การเลือกระบบพื้นสำเร็จรูปมาใช้ จำเป็นต้องให้เหมาะสมกับคานรับพื้น ที่ได้ออกแบบไว้ ลักษณะการวางพื้นสำเร็จรูปบนคานสามารถกระทำได้ 3 วิธีด้วยกันคือ

- วางบนหลังคาน
- วางบนบ่าคาน
- เสียบเข้าไปในคาน

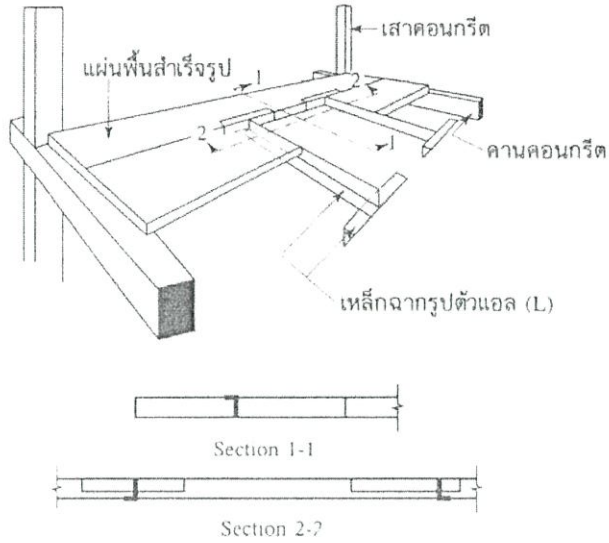
4) ความสะดวกในการเดินและเจาะช่องไฟฟ้า หากอาคาร มีความจำเป็นต้องเดินท่อไฟฟ้า หรือท่ออื่น ๆ ผังลงในพื้น จะต้องพิจารณาในเรื่องนี้เป็นอย่างมากกว่า จะทำได้สะดวกและทำได้หรือไม่

5) ความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้ง อัตราความเร็วของการติดตั้งควรจะต้องพิจารณาประกอบด้วย ทั้งนี้เพราะ จะได้ทราบถึงเวลาในการดำเนินการก่อสร้างในขั้นตอนอื่น ๆ ด้วย

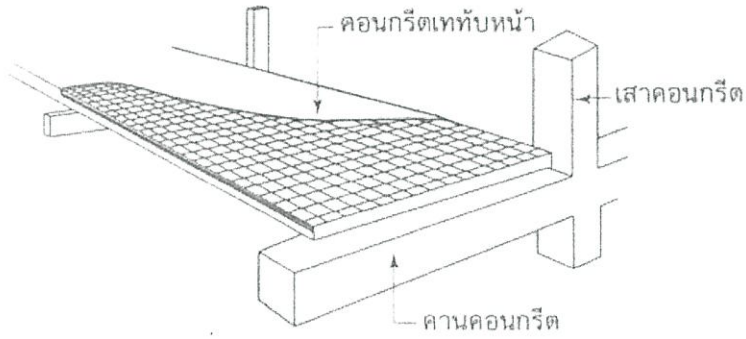
6) ราคา จะต้องมีการเปรียบเทียบราคา ระหว่างการทำพื้นในระบบหล่อกับที่กับการทำพื้นสำเร็จรูป ทั้งนี้เพราะระบบสำเร็จรูปมีค่าขนส่ง กับค่าติดตั้ง เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยดังนั้น จึงควรพิจารณาดูว่าจะใช้อย่างไรจึงจะเหมาะสม

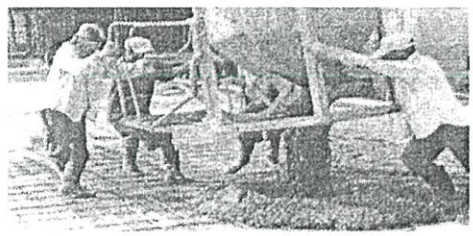


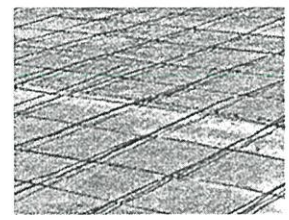

**ภาพที่ ค.37** การวางพื้นสำเร็จรูปบนคานชนิดต่างๆ



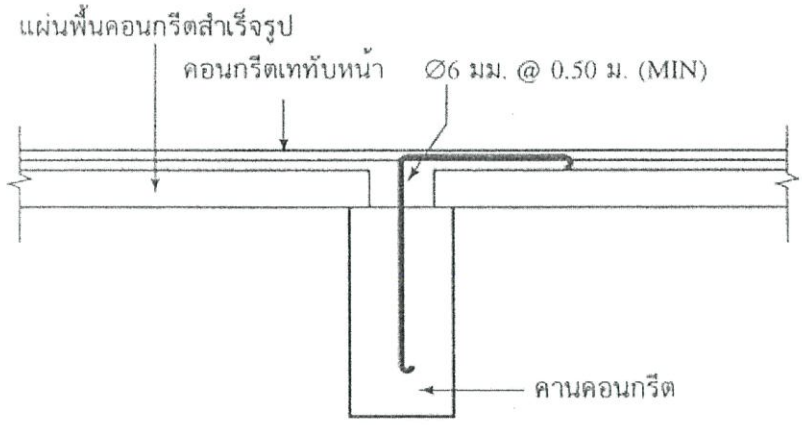

**ภาพที่ ค.38** การเว้นช่องเปิดบนพื้นสำเร็จรูป





**ภาพที่ ค.39** แสดง การเสริมเหล็กเสริมและเทคอนกรีตทับหน้า




**ภาพที่ ค.40** แสดงการเสริมเหล็กเสริมรับแรงเฉือน(Shear Keys) บริเวณรอยต่อตามขวางพื้น

**3.5.5 สรุปผลของประโยชน์ของพื้นสำเร็จรูป**

ประโยชน์ของพื้นสำเร็จรูปในปัจจุบัน นับได้ว่า มีผลต่อการก่อสร้างอย่างมาก ในภาวะที่ค่าแรงและวัสดุถีบตัวสูงขึ้นมาก และระยะเวลาในการก่อสร้างต้องรีบเร่ง เพื่อให้เหมาะสมในด้านการลงทุน จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ระหว่างระบบพื้นสำเร็จรูปกับพื้นหล่อกับที่ พอจะสรุปได้เป็น 3 ประเด็นดังนี้

**3.5.6 ความมั่นคงแข็งแรงและความสวยงาม**

ในแง่ของความแข็งแรง พื้นสำเร็จรูปมีมากพอ และสามารถเลือกหาใช้ให้เหมาะสมได้ กับประเภทของงานนั้น ๆ เนื่องจากมีผู้ผลิตมาก และหลายแบบให้เลือก ตลอดจนกรรมวิธีในการติดตั้งและเทคนิคใหม่ๆ ช่วยให้เกิดความมั่นใจในความแข็งแรงของพื้นสำเร็จรูปได้ ประกอบกับการพิจารณาในแง่ความสวยงาม ซึ่งจะปรากฏแก่สายตาในอาคารบางประเภท ที่ไม่มีฝ้าเพดานเป็น ส่วนใหญ่ ซึ่งก็สามารถเลือกใช้ประเภทฝ้าเพดานที่ด้านล่างพื้นเรียบ ก็จะเกิดความสวยงาม

**3.5.7 ความรวดเร็ว**

การใช้พื้นสำเร็จรูป มีผลอย่างมาก ในด้านการประหยัดเวลา โดยเฉพาะช่วงของการทำพื้นอาคาร ทั้งระยะเวลาในการติดตั้ง และความสะดวกจากการที่จะทำการก่อสร้างต่อไปได้เลยโดยไม่ต้องรอเวลา เหมือนกับการเทพื้นหล่อกับที่ ซึ่งต้องรอให้คอนกรีตแข็งตัวจนใช้งานได้ โดยสรุปจะพบว่าระบบพื้นสำเร็จรูป จะช่วยเร่ง เวลาของงานก่อสร้าง จากระบบหล่อกับที่ ให้เร็วขึ้นมาได้อีก 15-35 % เพราะความสามารถในการวางพื้นของเครื่องยกต่อ 1 ตัว สามารถ วางได้ถึงวันละ 600 ตารางเมตร ซึ่งหมายถึงการประหยัดเวลาและแรงงานเป็นอย่างมาก

**3.5.8 ราคาก่อสร้าง**

ยังไม่มีผลอย่างเด่นชัดนัก ในการที่จะสรุปว่า การใช้ระบบพื้นสำเร็จรูปจะทำให้อาคารทั้งหลังถูกลง ถ้าเป็นระบบพื้นสำเร็จรูปขนาดใช้แรงคน หรือเครื่องมือกลขนาดเล็ก จะมีผลทำให้ราคาถูกลง

บ้าง แต่ถ้าเป็นระบบพื้นสำเร็จที่ต้องใช้เครื่องจักรกลยก จะต้องคำนึงถึงค่าค่าเครื่องจักรกล ที่ต้องนำมาใช้ในการยกติดตั้งด้วย และหากพื้นที่น้อยด้วยแล้ว คงจะทำให้ราคายิ่งสูงขึ้น ดังนั้น พื้นที่มาก ๆ จะทำให้ราคาถูกกว่าพื้นที่น้อย ๆ ในการเช่าเครื่องจักรกลมายกติดตั้ง

ดังนั้น พอจะประเมินสรุปได้ว่า ระบบพื้นสำเร็จรูปนั้น มีประโยชน์ในการก่อสร้างอย่างมาก มีความไว้วางใจได้ในด้านความมั่นคงแข็งแรง สามารถประหยัดเวลาในการก่อสร้างได้อย่างมาก ส่วนในด้านราคานั้น โดยส่วนรวม คงจะต่ำกว่าระบบหล่อกับที่ แต่จะประหยัดได้มากน้อยเพียงใด ก็ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบอื่น ๆ อีก เช่น ขนาดพื้นที่มาก ๆ จะประหยัดกว่าพื้นที่น้อย ๆ เป็นต้น

นอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงส่วนประกอบอื่น ๆ อีก เช่น การขนส่งวัสดุ ค่าแรงคนงานและวัสดุ ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามภาวะของตลาดการค้าทั่วไป รวมทั้งขีดความสามารถและเทคนิคของผู้ผลิตและทำการติดตั้งด้วย

## 3.6 ผนังหนังสำเร็จรูป

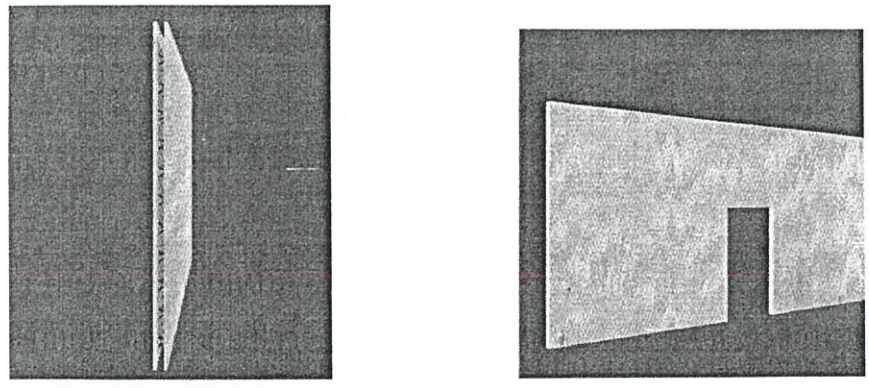
ชนิดของผนังสำเร็จรูป ผนังสำเร็จรูปจะมีการแบ่งตามรูปแบบของการใช้งาน คือ ผนังสำเร็จรูปแบบที่สามารถรับน้ำหนักและผนังสำเร็จรูปที่ไม่รับน้ำหนัก

**3.6.1 ผนังสำเร็จรูปรับน้ำหนัก** เป็นระบบที่ใช้เทคโนโยลีที่ทันสมัย ส่วนมากนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในแทบประเทศทางยุโรป วิธีการก่อสร้างนั้นโดยการหล่อผนังกับที่ วิธีการหล่อผนังสำเร็จรูปนั้นสามารถปรับความหนาของแผ่นผนังได้ ผนังสำเร็จรูปที่มีขนาดเท่ากับคามสูงของชั้น จะนำมาติดตั้งบนพื้นสำเร็จรูป เนื่องจากงานก่อสร้างที่ต้องการคุณภาพและความรวดเร็วในการก่อสร้าง

ผนังสำเร็จรูปแบ่งตามการใช้งาน

ชนิดที่ 1 DOUBLE WALL ใช้ในงานก่อสร้างกำแพงบ้าน คานช่องลิฟท์ ช่องบันไดหนีไฟ

และชนิดที่ 2 SOILD WALL แผ่นผนังกั้นห้อง ใช้ในงานก่อสร้างผนังกันสาด ระเบียง รั้วบ้านมีทั้งคอนกรีตและคอนกรีตมลเบา



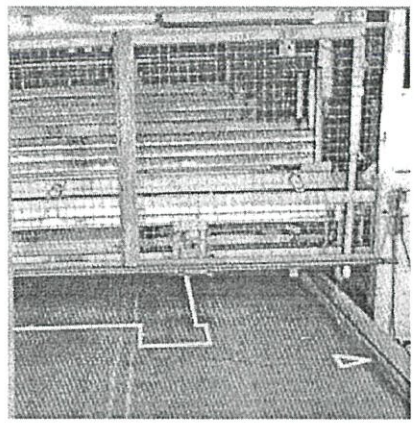
DOUBLE WALL SOILD WALL

**ภาพที่ ค.41** แสดงผนังสำเร็จรูป

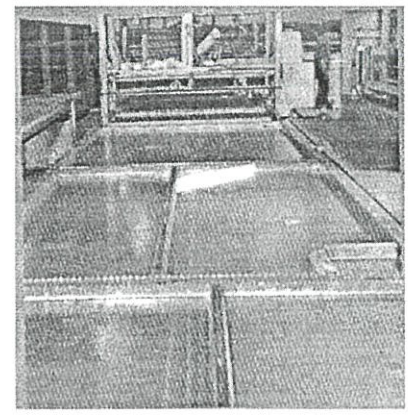
**3.6.2 ขั้นตอนการผลิตผนังสำเร็จรูปแบบรับน้ำหนักดังนี้**

ขั้นตอนที่ 1 การจัดเตรียมแบบหล่อ ขนาด 3 เมตร X18 เมตร โดยเขียนแบบแล้ว potter ลงบนแบบหล่อ

ขั้นตอนที่ 2 กั้นแบบหล่อตามแบบจาก โปรแกรม AUTOCAD



**ขั้นตอนที่1**



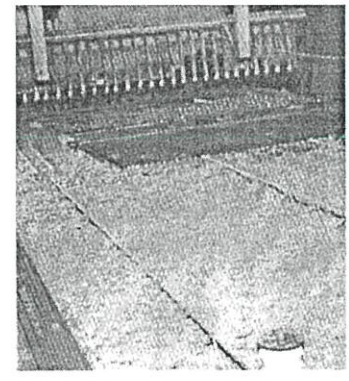
**ขั้นตอนที่2**

**ภาพที่ ค.42** แสดงการเตรียมแบบหล่อผนังสำเร็จรูป

ขั้นตอนที่ 3 วางวงกบประตู หน้าต่าง และช่องเปิดพร้อมเหล็กเสริม

ขั้นตอนที่ 4 วางบล็อกไฟฟ้า ประปาและเทคอนกรีตลงบนพื้นแบบหล่อ

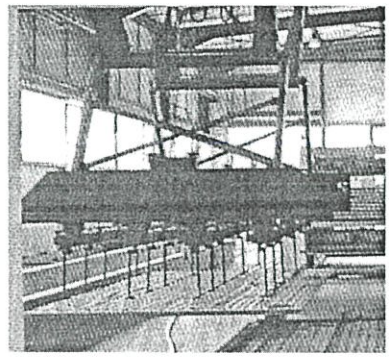
**ขั้นตอนที่3**

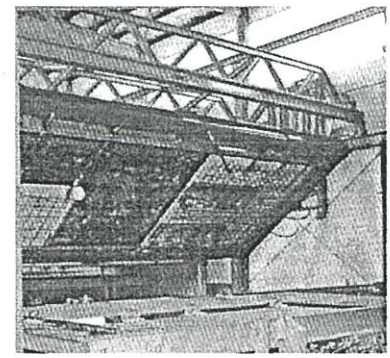


**ขั้นตอนที่4**

**ภาพที่ ค.43** แสดงการวางวงกบและบล็อกไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 5 ถอดแบบหล่อผนังสำเร็จรูปที่เทคอนกรีตแล้วนำไปที่บ่อคอนกรีต
ขั้นตอนที่ 6 กรณีที่เป็นผนังรับน้ำหนัก DOUBLE WALL จะนำที่แห้งแล้วมาประกบ

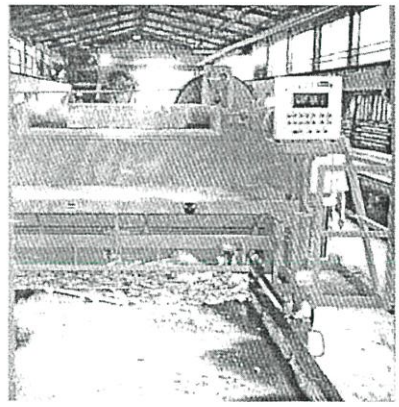


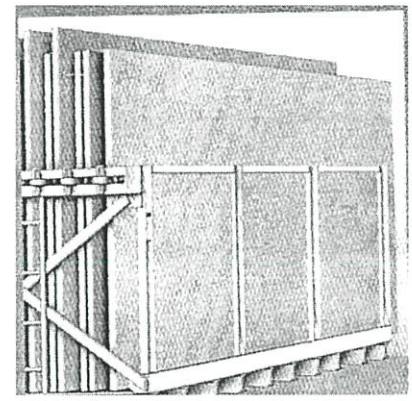


**ขั้นตอนที่ 5** **ขั้นตอนที่ 6**

**ภาพที่ ค.44** แสดงการหล่อและการถอดแบบผนังสำเร็จรูป

ขั้นตอนที่ 7 ทำความสะอาดแบบหล่อเพื่อเตรียม ขั้นตอนการผลิตใหม่
ขั้นตอนที่ 8 กรณีที่เป็นผนังรับน้ำหนัก DOUBLE WALL จะนำที่แห้งแล้วมาประกบ



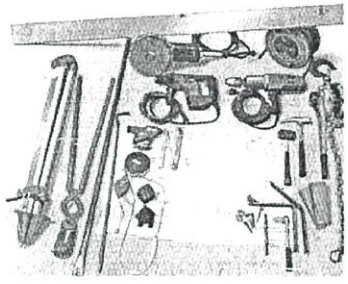


**ขั้นตอนที่7** **ขั้นตอนที่8**

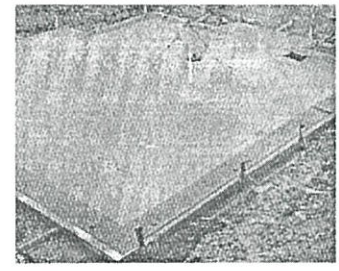
**ภาพที่ ค.45** แสดงการทำความสะอาดแบบหล่อผนังสำเร็จรูป

**3.6.3 ลำดับขั้นตอนวิธีการติดตั้ง**

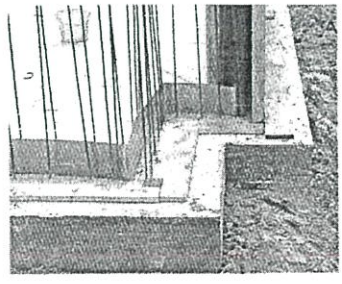
1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในการก่อสร้าง
2. สำรวจพื้นที่และวางผังในการก่อสร้าง
3. กั้นขอบผนังตามแบบที่กำหนด
4. ติดตั้งชิ้นงานแผ่นผนังสำเร็จรูปที่หน้างานก่อสร้าง
5. ยึดแผ่นผนังสำเร็จรูปให้มั่นคง
6. ติดตั้งผนังรับน้ำหนัก DOUBLE WALL และ SOILD WALL ทั้งหมดทั้งชั้น
7. วางตงไม้รับพื้นพร้อมเสาค้ำปรับระดับ
8. วางพื้นตามแบบที่กำหนดและปรับระดับพื้นจนหมด
9. วางเหล็กเสริมตามแบบและเดินท่อไฟฟ้า ท่อประปา
10. เทคอนกรีตลงบนผนังและพื้น
11. เสียบเหล็กเสริมต่อระห่างชั้น
12. ขัดผิวคอนกรีตให้เรียบ
13. เดินสายไฟฟ้าและท่อน้ำประปา
14. ก่อสร้างขั้นต่อไป



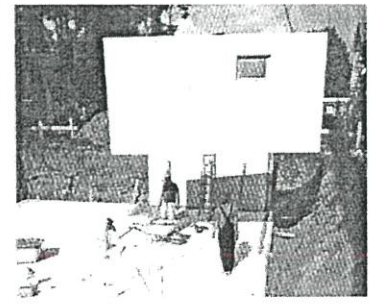
**ขั้นตอนที่ 1**



**ขั้นตอนที่ 2**

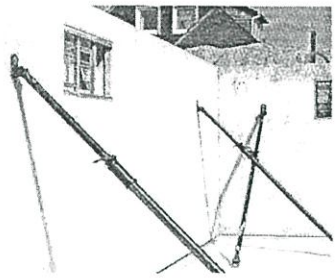


**ขั้นตอนที่ 3**

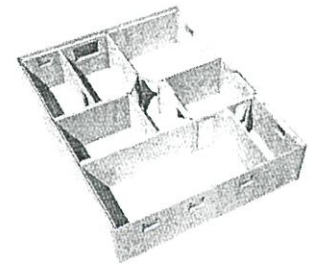


**ขั้นตอนที่ 4**

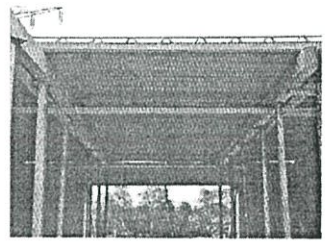
**ภาพที่ ค.46** แสดงขั้นตอนเตรียมอุปกรณ์และติดตั้งผนังสำเร็จรูป



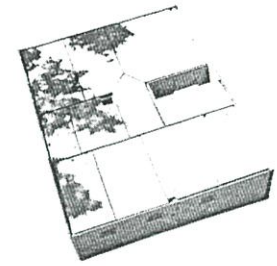
ขั้นตอนที่ 5



ขั้นตอนที่ 6



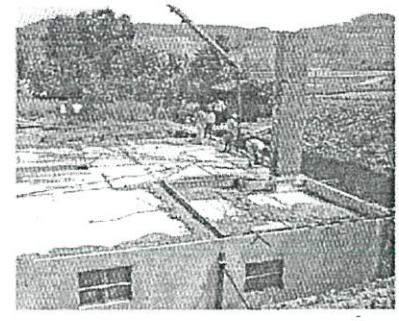
ขั้นตอนที่ 7



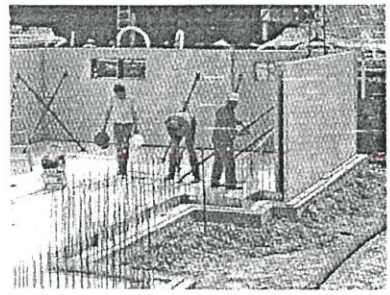
ขั้นตอนที่ 8

ภาพที่ ค.47 แสดงติดตั้งผนังรับน้ำหนัก DOUBLE WALL และ SOILD WALL

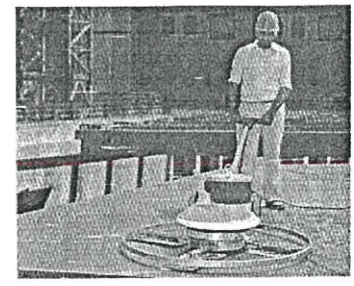
ขั้นตอนที่ 9



ขั้นตอนที่ 10

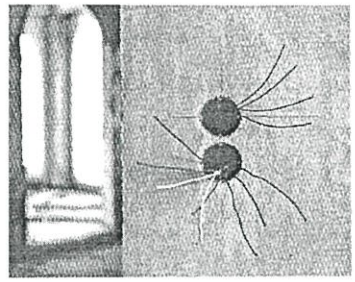


ขั้นตอนที่ 11

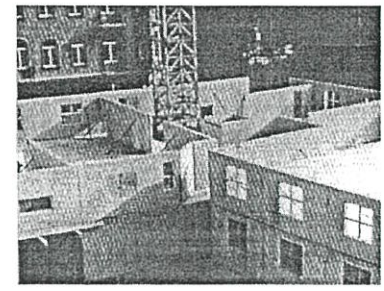


ขั้นตอนที่ 12

ภาพที่ ค.48 แสดงการวางเหล็กเสริมตามแบบ



ขั้นตอนที่13



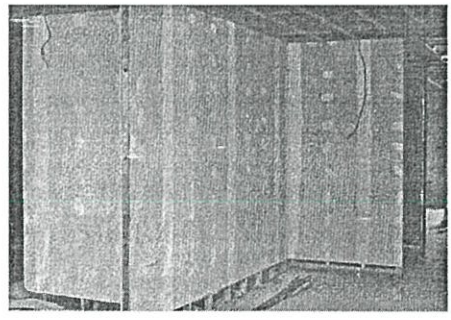
ขั้นตอนที่14

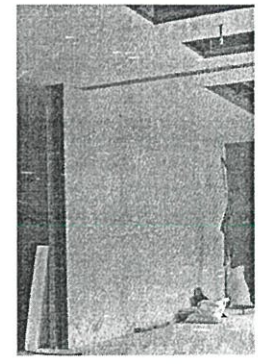
**ภาพที่ ค.49** แสดงการเดินท่อไฟฟ้า ท่อประปา

## 3.7 ผนังเบา สำเร็จรูป (Light Weight Wall)

ผนังอาคารเป็นส่วนหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบของอาคาร ที่มีความสำคัญในฐานะที่มีหน้าที่แบ่งพื้นที่ขนาดของห้อง และเป็นโครงสร้างอาคารที่ไม่ได้ออกแบบให้รับน้ำหนักของอาคารโดยตรง และน้ำหนักเบา

ผนังเบาคือ ผนังที่มีโครงสร้างที่ประกอบยึดติดกันอย่างแข็งแรงด้วยการเชื่อม หรือยึดประสานแน่นด้วยน็อต ขันเกลียวแน่น หรือย้ำด้วยรีเวท หรือเหล็กประกับอยู่ภายใน แล้วบุทับด้วยผิวหน้าด้วยวัสดุก่อสร้างประเภทแผ่นอีกชั้นหนึ่ง





**ภาพที่ ค.50** แสดงผนังเบา สำเร็จรูป (Light Weight Wall)

3.7.1 ประโยชน์ของการใช้ผนังเบา ผนังเบามีประโยชน์ในการก่อสร้างที่ต้องปรับปรุงแก้ไขงานเดิมที่มีการเปลี่ยนแปลงประโยชน์ใช้สอย และต้องการออกแบบให้เป็นงานที่มีลักษณะกึ่งถาวร หรือออกแบบเพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาคารให้เบาลง และยังเหมาะสำหรับเป็นผนังภายในและภายนอกอาคาร นอกจากนี้ การออกแบบผนังเบายังเหมาะสมกับอาคารสูงๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนบนสุดของอาคารและยังสามารถลดต้นทุนให้กับงานก่อสร้างให้กับการทุกประเภทโดยเฉพาะอาคารสูง และยังเพิ่มคุณภาพให้กับงานก่อสร้าง เพราะแผ่นผนังได้ขนาดมาตรฐาน

วัสดุที่ใช้ทำผนังเบา วัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้ในการออกแบบผนังเบาในอดีตที่ผ่านมามีข้อจำกัดอยู่เพียงไม่กี่ชนิด เช่น กระเบื้องแผ่นเรียบ ไม้อัด ปัจจุบันได้มีการพัฒนาและได้รับอิทธิพลจากต่างประเทศ อาคารสูงหลายสิบชั้นเข้ามามีบทบาท ดังนั้นโอกาสที่จะต้องใช้วัสดุเบาๆ จึงมีความเป็นไปได้มาก เช่น

กระจก

หินอ่อนหรือ หินแกรนิต

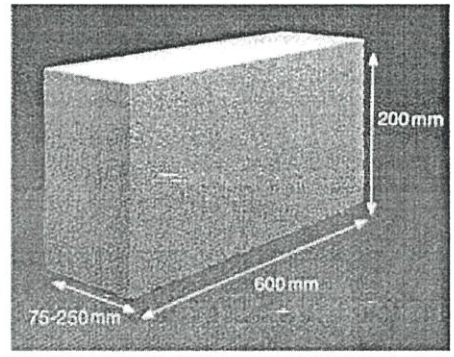
อิฐบล๊อกแก้ว

โลหะประเภทเคลือบ งานอลูมิเนียมต่างๆ

วัสดุก่อสร้างในลักษณะที่ถูกอัดเป็นแผ่น ได้แก่ กระเบื้องกระดาษ , แผ่นซีโลกรีต, ไม้อัด เป็นต้น

3.7.2 ตัวอย่างวัสดุสำเร็จรูปที่ใช้ในระบบประสานทางพิกัด

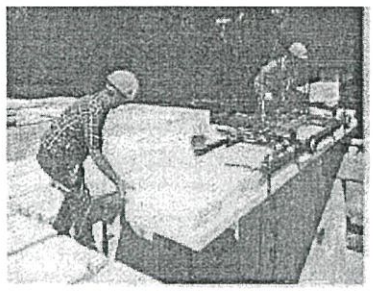
3.7.2.1 คอนกรีตมวลเบา Q CON แบ่งออกได้หลายชนิดตามรูปแบบการใช้งาน ได้แก่ Q-CON บล็อก ใช้ก่อผนังได้ทั้งภายในและภายนอก สำหรับงานอาคารและงานบ้านทั่วไป แผ่นพื้นและแผ่นผนัง ผลิตได้ยาวสูงสุด 6.00 เมตร เหล็กเสริม 2 ชั้น รับน้ำหนักได้ 50/1000 กก./ตรม. ส่วนทับหลังสำเร็จรูป ใช้แทนการหล่อเสาเอ็นทับหลังเหนือช่องเปิดประตูหน้าต่าง ซึ่งสามารถเลือกขนาดได้ตามความต้องการ



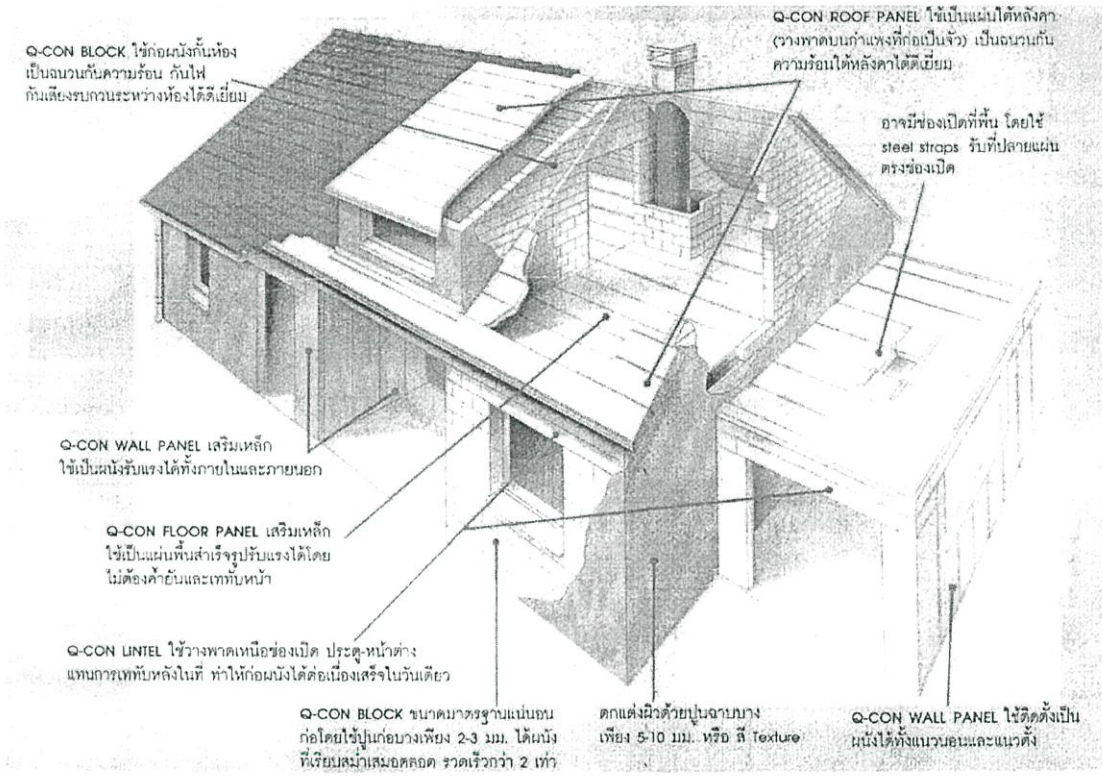

**ภาพที่ ค.51** แสดงวัสดุคอนกรีตมวลเบา

3.7.2.2 คุณสมบัติของวัสดุคอนกรีตมวลเบา Q-CON

ผลิตวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย ปูนขา ยิบซั่ม และสารกระจายฟองอากาศ วัสดุคอนกรีตมวลเบาสามารถกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมอญ 4 เท่า ไม่เก็บความร้อนไว้ในตัววัสดุเอง รักษาอุณหภูมิให้คงที่ช่วยประหยัดการลดขนาดเครื่องปรับอากาศและลดค่าไฟฟ้าลงได้ 25 % ตัววัสดุเองมีขนาดใหญ่แต่น้ำหนักเบา หนักเพียงครึ่งหนึ่ง ของออิฐมอญและ 1 ใน 4 ของโครงสร้างทนไฟได้นานกว่าอิฐมอญถึง 2- 4 เท่า และยังสามารถดูดซับเสียงได้ดี ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 0.10 ซม. ฉาบปูน 2 ด้าน กันเสียงได้ถึง 43 เดซิเบล



**ภาพที่ ค.52** แสดงการทำงานและติดตั้งวัสดุมวลเบา




**ภาพที่ ค.53** แสดงวัสดุมวลเบาที่ใช้กับการสร้างอาคาร

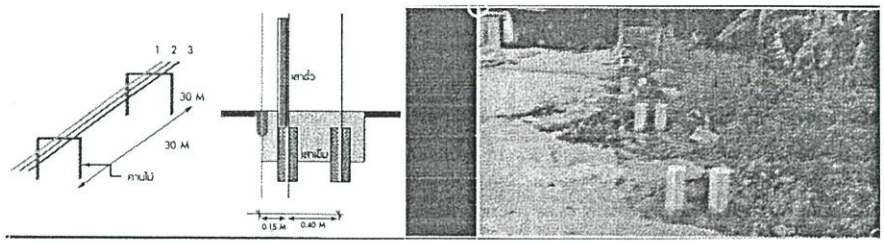
## 3.8 ระบบรั้วสำเร็จรูปเฟนเซอร์

เป็นระบบสำเร็จรูปที่ช่วยให้ ระยะเวลาในการก่อสร้างลดลงอย่างมาก สร้างได้รวดเร็วกว่าอิฐบล็อกผลิตโดยเครื่องจักร และเทคโนโลยีจากประเทศญี่ปุ่น

คุณสมบัติของวัสดุมีการเคลือบสีกันเชื้อรา กำลังคอนกรีตประมาณ 150-200 กก./ซม. เสริมเหล็ก 2 ด้านรับแรงตามวิศวกรรม ผิวเรียบ แกร่ง ไม่อมน้ำ

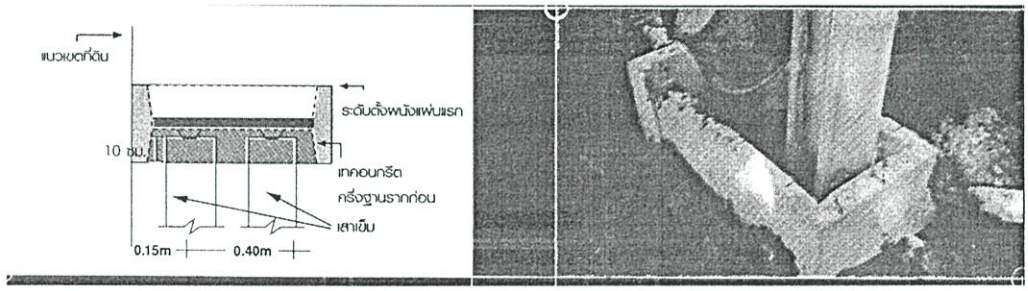
วิธีการติดตั้งระบบรั้วสำเร็จรูป

ขั้นตอนที่ 1 วางผังตีแนวและตอกเข็มเพื่อกำหนดแนวและตำแหน่งของการตอกเข็ม ทำการตอกเข็มให้หัวอยู่ในระดับเดียวกับฐานราก



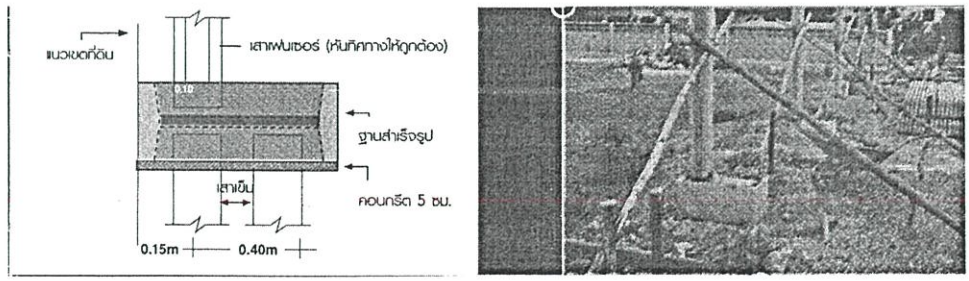

**ภาพที่ ค.54** แสดงการตอกเข็มของรั้วสำเร็จรูป

ขั้นตอนที่ 2 ติดตั้งฐานรากโดยการเทลีนปรับระดับแล้วครอบฐานรากลงบนเข้มทั้ง 2 ต้นผูกเหล็กเสาเข็มเข้ากับฐานราก



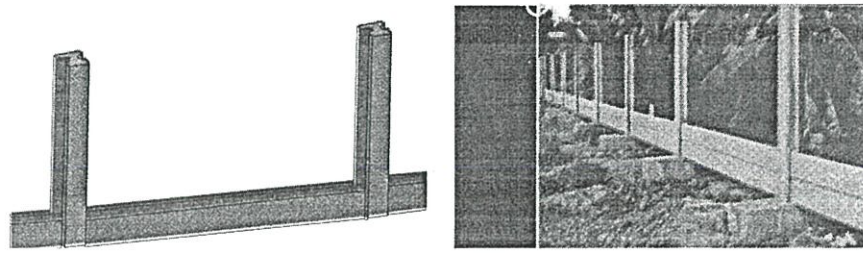

**ภาพที่ 5.5** แสดงการติดตั้งฐานราก

ขั้นตอนที่ 3 ติดตั้งเสาโดยวางเสาบนเหล็กในฐานราก ขึงเอ็นกำหนดแนวระนาบเสา ปรับดิ่งเสาพร้อมค้ำยันและเทคอนกรีต



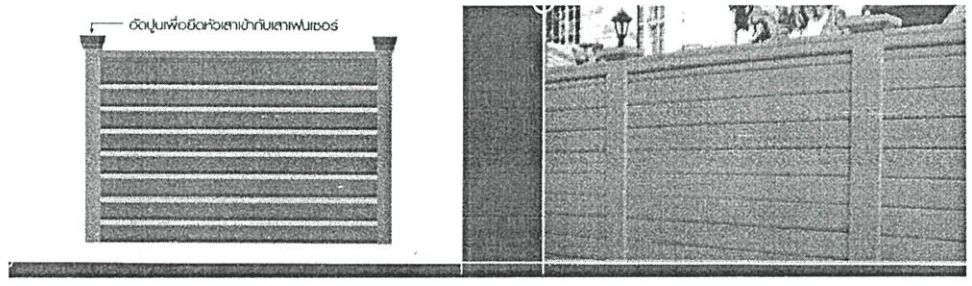

**ภาพที่ ค.56** แสดงการติดตั้งเสาโดยวางเสาบนเหล็กในฐานราก

ขั้นตอนที่ 4 ติดตั้งแผ่นผนังและแผ่นผนังบนสุด บัวหัวเสาถ้ามีโดยเสียบเข้าร่องเสา ตรวจสอบระดับทุกการเสียบแผ่น 3-4 แผ่น



**ภาพที่ ค.57** แสดงการติดตั้งแผ่นผนังรั้วสำเร็จรูป

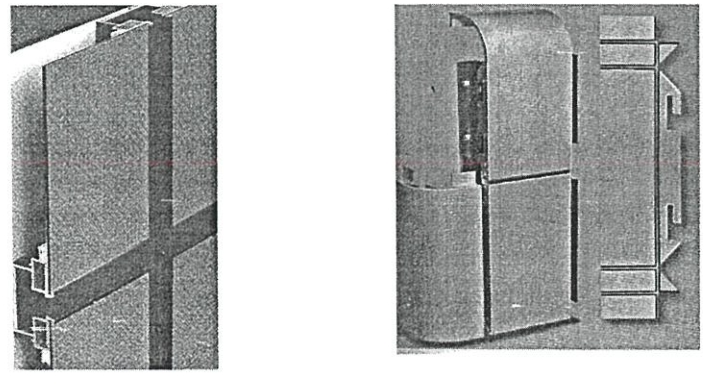
ขั้นตอนที่ 5 เก็บงานโดยการอัดปูนบริเวณร่องเสา ทาสีเก็บรอยต่อให้เรียบร้อย




**ภาพที่ ค.58** แสดงรั้วสำเร็จรูป

## 3.8 ระบบผนังแขวน (Curtain Wall)

ผนังแขวน (Curtain Wall) หมายถึง ผนังภายนอกที่ห้อหุ้มอาคาร และไม่เป็นที่รองรับน้ำหนักของโครงสร้างใดๆ นอกจากน้ำหนักของตัวมันเอง มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา และสะดวกในการติดตั้ง



**ภาพที่ ค.59** แสดงผนังแขวน (Curtain Wall)

ความเป็นมาของผนังแขวน (Curtain Wall) เริ่มมีตั้งแต่ปลายศตวรรษที่ 19 สมัย Bauhaus มีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงการก่อสร้างด้วยกำแพงรับน้ำหนัก มาเป็นระบบเสา คาน รวมทั้งเกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรม เกิดการผลิตใหม่ แข่งขันกันในวงการก่อสร้าง ทำให้เกิดวัสดุต่างๆ ที่บรรจุใน Frame หรือกรอบที่ยึดผนัง แขวน (Curtain Wall) เช่นอลูมิเนียม, กระจก เป็นต้น และเรายังเรียกชื่อ Curtain Wall แตกต่างกันไปในแต่ละประเทศอีกด้วย ได้แก่ Cladding ใช้เรียกชื่อในประเทศอังกฤษ, Panel Wall, Sheath Wall ก็ใช้เรียกในอเมริกา แต่ที่ใช้เรียกกันทั่วไปก็คงใช้ CURTAIN WALL พอจะหาคำจำกัดความของผนังแขวน (Curtain Wall)

**3.8.1 ข้อพิจารณาคุณสมบัติของ Curtain Wall และการแก้ปัญหาที่เกิดจากการนำ Curtain Wall มาใช้**

**3.8.1.1 การต้านแรงลม Curtain Wall** ถูกออกแบบมาให้ต้านแรงลมด้วยตัว Mullion หรือตัวโครงโลหะที่ยึดกระจกซึ่งมีทั้งตัวเรียกว่า Vertical Mullion ทั้งสองตัวจะเป็นตัวรับแรงลมแล้วถ่ายแรงให้กับโครงสร้างตรงส่วนที่ Mullion ยึดติดกับโครงอาคารซึ่งได้แก่ ส่วนของการรับพื้น ซึ่งรัดรอบอาคารหรือพื้น Slab โดยตรง วิธีนี้ทำให้ลดความหนาของวัสดุผนังลงได้ ซึ่งได้แก่ตัวแผ่นกระจก หรือแผ่นอลูมิเนียม นอกจากนี้เรายังซ่อนตัวโครง Mullion เหล่านี้ไว้ในอาคาร เช่น อาคารการบินไทย

ความแข็งแรงของ Curtain Wall อยู่กับส่วนยึดของ Mullion กับตัวโครงสร้างหลัก เช่น คาน พื้น เป็นต้น รายละเอียดส่วนนี้ต้องการความชำนาญพิเศษของผู้เชี่ยวชาญทางด้าน Curtain Wall โดยเฉพาะและมักเป็นผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ

**3.8.1.2 การป้องกันความชื้น** ในที่นี้หมายถึงฝนเป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่เราเลือกใช้มักจะกันน้ำได้ทั้งสิ้น เช่นกระจก เหล็ก อลูมิเนียม สแตนเลส ซึ่งเป็นวัสดุที่ผิวไม่เป็นพรุนและไม่เป็นสนิมง่าย ถ้าเป็นเหล็กมักต้องทาสีกันสนิมทุกปี และต้องการบำรุงรักษามากกว่า ส่วนที่สำคัญก็คือตรงบริเวณรอยต่อของผนังไม่ว่าจะเป็นกระจกต่อกับกระจก, กระจกต่อกับเฟรมอลูมิเนียมหรือโครง Mullion ทั้งตัวตั้งกับตัวนอน รอยต่อหรือ Joint นี้ ต้องการความประณีตในการออกแบบซึ่งต้องอาศัยความรู้ความชำนาญ

**1) การป้องกันเพลิงไหม้** หากเป็นผนังกระจกการป้องกันเพลิงจะเสียค่าใช้จ่ายสูง เพราะต้องใช้กระจกประเภทที่ทนความร้อนสูง เช่น Wire Galss (กระจกเสริมลวด) ซึ่งเอเทียบกับผนังอิฐแล้ว ผนังอิฐมีการทนไฟได้ดีกว่า แต่ก็มีน้ำหนักมากกว่า เช่น กัน

**2) การให้แสงสว่างและทัศนียภาพ** ซึ่งเป็นข้อได้ของ Curtain Wall เพราะระบบโครงสร้างของผนังทำให้เราสามารถเจาะช่องหน้าต่างได้มากกว่า ทำให้เกิดแสงสว่างภายในอาคาร แต่ความร้อนก็ตามเข้ามาด้วย ทำให้เกิดปัญหากับอาคารที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ

**1) ข้อดีของ Curtain Wall**

- ทำให้อาคารมีความโดดเด่นทางสถาปัตยกรรม
- การติดตั้งรวดเร็ว ประหยัดเวลาก่อสร้าง

- มีน้ำหนักเบา ลด Dead Load ที่กระทำต่อโครงสร้างและเป็น Flexible Wall Structure
- พื้นผิวภายนอก ไม่ต้องดูแลซ่อมแวมเหมือนการทาสีปูกระเบื้อง

**2) ข้อเสีย Curtain Wall**

- การสะท้อนแสงของผนังอาคาร รบกวนผู้ที่สัญจรไปมาและอาคารข้างเคียง
- กระจกหลุดถ้าประกอบไม่ถูกวิธี
- กระจกแตกร้าวอันเนื่องมาจากการขนส่ง
- สนิมเหล็กของโครงสร้าง Curtain Wall

**3) การออกแบบ Curtain Wall**

การออกแบบ Curtain Wall ต้องอาศัยเทคโนโลยีโดยเฉพาะ ผู้ออกแบบCurtain Wall จะต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือสถาปนิกที่มีประสบการณ์ด้านนี้โดยตรง

สิ่งที่ผู้ออกแบบ CURTAIN WALL พิจารณาเพ่อให้สมบูรณ์ต่อการนำไปใช้ได้แก่

- การซึมผ่านของอากาศ (Air Infiltration)
- การซึมผ่านของน้ำ (Water Penetration)
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermal Movement)
- การควบคุมคุณภาพ (Quaily Control)
- ที่ปรึกษาด้าน Curtain Wall (Curtain Wall Consultant)

**4) การซึมผ่านของอากาศ (Air Infiltration)**

Curtain Wall เปรียบเสมือนผนังกั้นระหว่างภายในอาคารกับสภาพแวดล้อมภายนอกและจะทำการกรองแสงสว่าง อากาศความร้อน ความเย็น เข้าสู่อาคาร ดังนั้น Curtain Wall จึงทำหน้าที่เหมือนเครื่องกรองชนิดหนึ่ง

**5) การซึมผ่านของน้ำ(Water Penetration)**

จากการประเมินการขั้นต่ำ ในกรณีที่ปล่อยน้ำสัมผัสผิว Curtain Wall ด้านนอกในอัตรา 6.24 ปอนด์ต่อตางฟุตนาที (6.21 ลิตรต่อตารางเมตร) แล้วจะต้องไม่ปรากฏร่องรอยของน้ำให้เห็นบนผนังด้านในของ Curtain Wall และบางประเภทที่ใช้ใน Hong Kong จะถูกออกแบบมาให้ทนทานต่อการซึมผ่านของน้ำในอัตราส่วน 50 P.S.F (49.76 ลิตรต่อตารางเมตร)

**6) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermal Movement)**

การออกแบบ Curtain Wall นั้นต้องออกแบบให้พร้อมที่จะรองรับสภาพการขยายตัว และการหดตัวอันเนื่องมาจากอุณหภูมิ ในกรณีนี้ ปัญหาพื้นฐานจะเป็นเรื่องของการป้องกันการส่งผ่านความร้อนอย่างดี การจะนำวัสดุมาใช้ทำเป็น Spandrel Panel จำเป็นต้องแทรกฉนวน

ป้องกันการเปลี่ยนอุณหภูมิไว้ระหว่างผนังชั้นใน กับผนังชั้นนอก พร้อมกันนี้ต้องป้องกันไม่ให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเป็นไปโดยสะดวก

**7) การควบคุมคุณภาพ (Quality Control)**

มีการนำระบบ Qc มาใช้ในการบริหารองค์การได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การควบคุมคุณภาพ Curtain Wall ก็ควรจะกระทำเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเช่นกัน ซึ่งได้แก่การตรวจสอบ การขึ้นรูปอลูมิเนียม

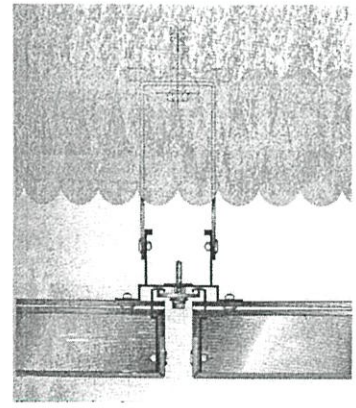
การตรวจสอบมี 2 อย่างคือ

1) ตรวจสอบขนาด ได้แก่ ความหนาของ Curtain Wall ขนาดของ Panel ความเรียบร้อยของพื้นผิว และการติดตั้งได้ฉากต่างๆ

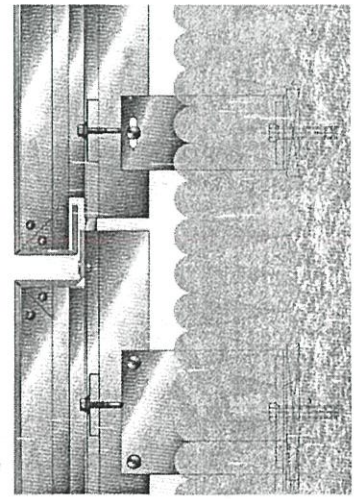
2) การตรวจสอบความแข็งแกร่ง เช่น ผิวอลูมิเนียมที่ผ่านกรรมวิธี Anodized จะมีความแกร่งสูงกว่าผิวที่ทำด้วยวิธี Fluroc Arbon

**8) ที่ปรึกษาด้าน Curtain Wall (Curtain Wall Consultant)**

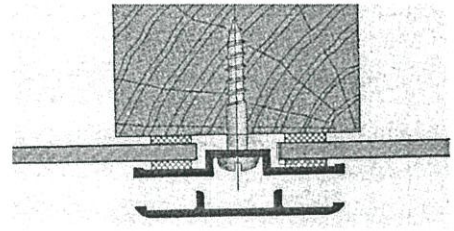
เป็นผู้มีประสบการณ์ในการออกแบบ Curtain Wall และเป็นที่สามารถแนะนำการเลือกใช้วัสดุ ตรวจทานการออกแบบ แบบก่อสร้างและการติดตั้ง



**ภาพที่ ค.60** แสดงแบบขยายการติดตั้งผนังแขวน



**ภาพที่ ค.61** แสดงแบบขยายการติดตั้งผนังแขวนกับตัวอาคาร



**ภาพที่ ค.62** แสดงการยึดและปิดรอยต่อของผนัง

# บทที่ 4
# รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้างระบบประสานทางพิกัด

## 4.1 ชนิดของรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต

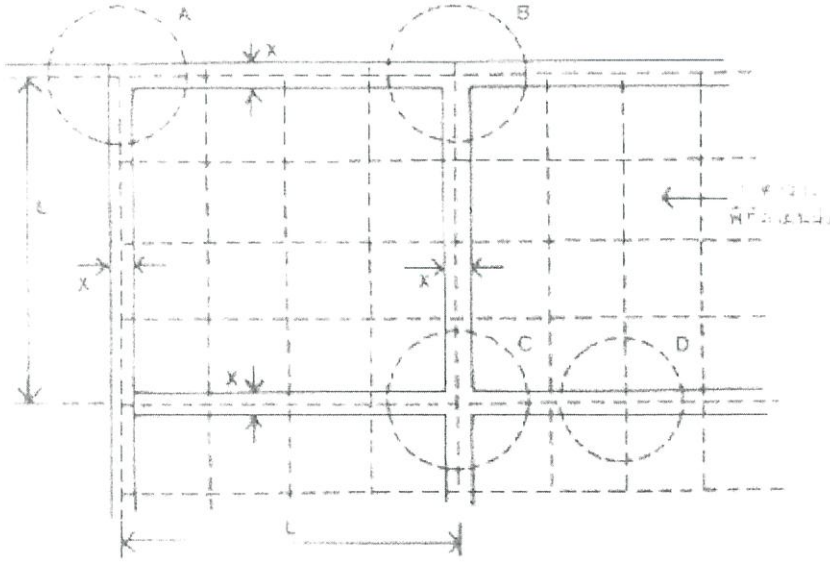
ปัญหาที่ยากที่สุดในการออกแบบโครงสร้างสำเร็จรูป ก็คือ ปัญหาของการออกแบบ รอยต่อระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ที่เราออกแบบมาแล้ว เข้าด้วยกันโดยเฉพาะ อย่างยิ่ง ระหว่างส่วนประกอบที่เป็นโครงสร้างของระบบ ซึ่งต้องทำหน้าที่ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) ต้องสามารถถ่ายน้ำหนักคงที่ (Dead Load) และน้ำหนักจร (Live Lode) ที่ใช้ในการออกแบบ ได้ปลอดภัยและมีค่าองค์ประกอบของความปลอดภัย (Factor Of Safety) ที่สูงแน่นอน

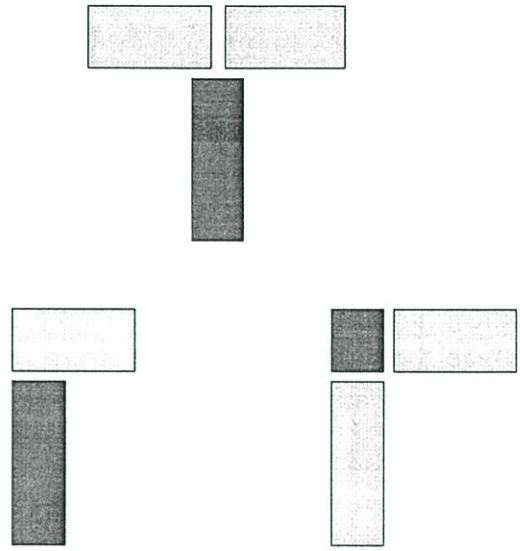
2) สามารถรับหรือถ่ายน้ำหนักได้ โดยที่ต้องไม่มีการเคลื่อนที่ (Displacement) หรือบิดตัว (Rotation) และบริเวณรอยต่อนั้น ๆ ไม่ควรมีหน่วยแรงประจำสูง (High Local Stress)

3) ต้องง่ายต่อการประกอบ ง่ายต่อการดัดแปลง และไม่ต้องการค้ำยันมากนักในระหว่างการทำงาน

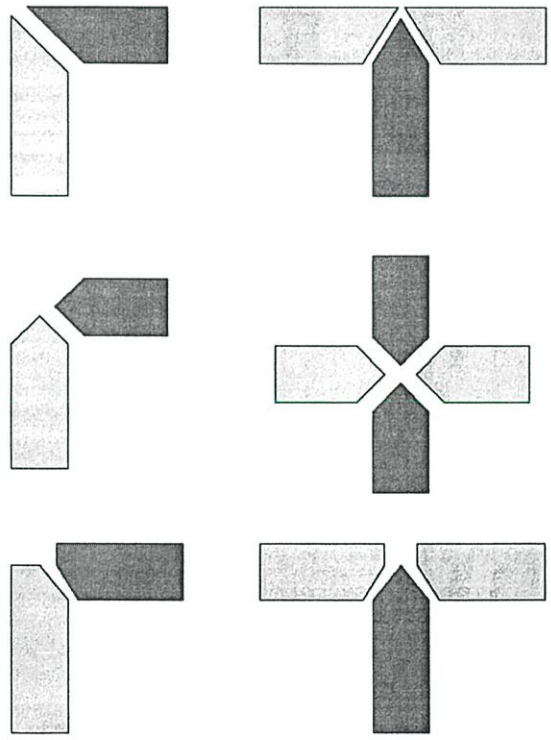
4) ง่ายต่อการตรวจสอบและง่ายต่อการปรับปรุงแก้ไข



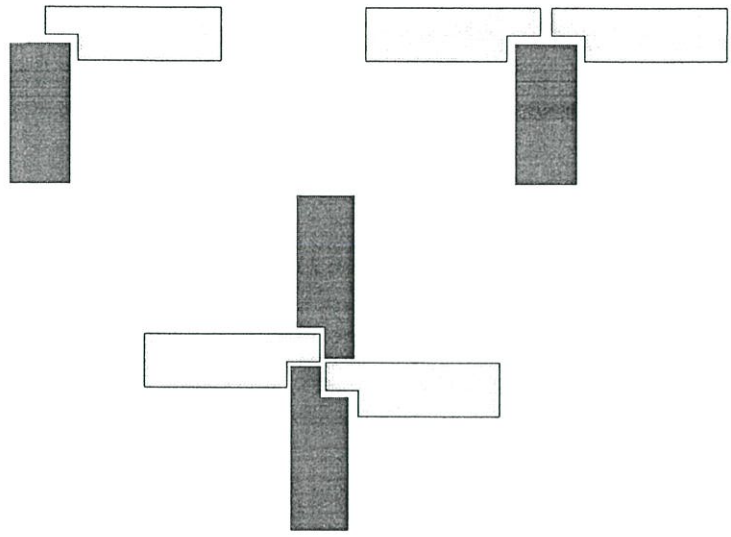

**ภาพที่ ค.63** แสดงภาพรอยต่อของตารางพิกัด



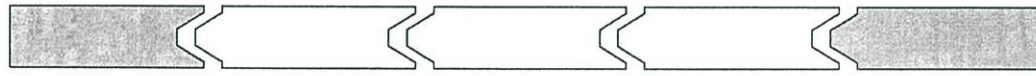
**ภาพที่ ค.64** แสดงภาพรอยต่อแบบชน



**ภาพที่ ค.65** แสดงภาพรอยต่อแบบเข้าปากกบ



**ภาพที่ ค.66** แสดงภาพรอยต่อแบบปากคาบ



**ภาพที่ ค.67** แสดงภาพรอยต่อแบบต่อเข้าลิ้นราง

## 4.2 ประเภทของรอยต่อ

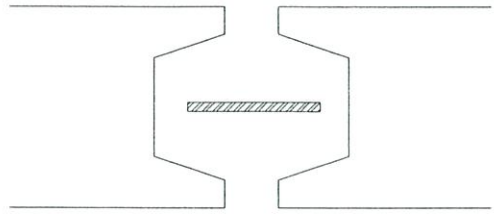
### 4.2.1 รอยต่อแบบปิด (Closed Joint)

วิธีที่สะดวกที่สุด ในการทำงานรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป 2 ชิ้นก็คือ การที่เราใส่ตัวประสาน หรืออุดช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนทั้งสอง ตัวอย่างที่ง่ายที่สุดในกรณีนี้คือการใช้ปูนก่อ (Mortra)

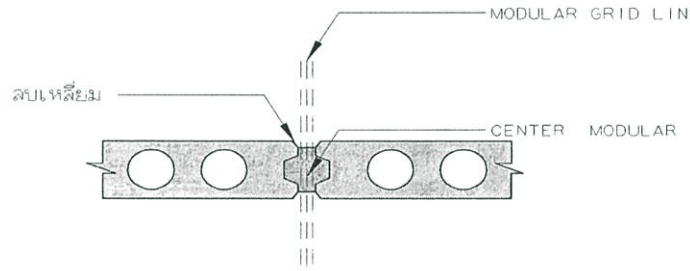
อีกวิธีหนึ่งก็คือ การออกแบบให้ผิวของชิ้นส่วนที่จะต่อเข้าด้วยกัน ให้มีหน้าตัด(Profile) ซึ่งสามารถประกอบเข้ากันได้สนิท ตัวอย่างเช่น การเซาะร่องและการใสไม้พื้นเข้าร่อง รอยต่อแบบนี้ มีข้อเสียตรงที่ว่า ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นเป็นชิ้นที่ออกแบบพิเศษมีลักษณะของตัวเอง และต้องประกอบเข้ากับส่วนรับอีกส่วนหนึ่ง ทำให้ขาดความคล่องตัวไม่สามารถใช้แทนชิ้นส่วนอื่นๆ ได้

### 4.2.2 รอยต่อแบบเปิด (Opened Or Drained Joint)

รอยต่อชนิดนี้ พัฒนามาสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตสำเร็จรูปแบบ ชิ้นรับน้ำหนักขนาดใหญ่ (Large Precast Concrete Panels) แต่ไม่มีเหตุผลขัดแย้งประการใดที่จะนำรอยต่อชนิดนี้ มาใช้กับชิ้นส่วนที่ทำด้วยวัสดุอื่นๆ เช่น ไม้ หรือ โลหะ หรือ รอยต่อ ระหว่างชิ้นส่วนที่ทำจากวัสดุก่อสร้างชนิดต่างกัน



**ภาพที่ ค.68** แสดงภาพรอยต่อแบบเปิด(Opened Or Drained Joint)




**ภาพที่ ค.69** แสดงภาพรอยต่อแบบ(Wall- Wall Joint)

**4.2.3 หน้าที่ของรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต**

การก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป จะมีการผลิตส่วนต่างๆ ของอาคาร (เช่น Wall Component, Structural Component) ในโรงงานก่อน แล้วนำมาประกอบหรือติดตั้งในที่ก่อสร้าง จนเป็นอาคารที่สมบูรณ์ทั้งหลัง ในการประกอบติดตั้ง หรือนำเอาชิ้นส่วนย่อยๆ มาต่อเรียงกันนั้น จะมีช่องว่างหรือรอยต่อ (Gap) เกิดขึ้นเสมอ เพราะในทางปฏิบัติเราไม่สามารถผลิตและติดตั้งชิ้นส่วนที่มีขนาด พอดีกับมิติ (Dimension) หรือช่องว่างต่างๆ ได้ตามต้องการ การออกแบบและการผลิตชิ้นส่วน จึงต้องเผื่อหรือเว้น เป็นรอยต่อระหว่างชิ้นส่วน เพื่อวัตถุประสงค์สำคัญดังนี้

1) ทำหน้าที่เป็นรอยต่อทางโครงสร้าง เพื่อให้ชิ้นส่วนมีความแข็งแรง สามารถรับแรงต่อเนื่องเป็นอันเนื่อง เช่น รอยต่อที่เรียกว่า Concrete Filled ของผนังรับน้ำหนัก ซึ่งเป็นจุดที่เหล็กเสริมในผนังคอนกรีตมาเชื่อมหรือทาบต่อกัน หรืออาจเห็นช่องสำหรับเชื่อมหรือขันน็อตของตัวต่อแบบอื่นๆ เช่น แผ่นเหล็กหรือบ่าเหล็ก(Corbel) ที่ยื่นออกมาจากผนังสำเร็จรูป

2) เป็นช่องว่าง เพื่อให้สามารถติดตั้งได้สะดวก และใช้ความคลาดเคลื่อนของขนาดและตำแหน่งของชิ้นส่วนต่างๆ ในการก่อสร้าง

3) เป็นช่องสำหรับให้ความอิสระในการยืดหดตัวของชิ้นส่วนผนัง เนื่องจากความร้อนและอุณหภูมิที่ต่างกัน และความชื้น หรือที่เรียกว่า Movement Joint

# บทที่ 5
# วิธีการออกแบบระบบประสานทางพิกัด
# (Modular Design Practice)

## 5.1 ความหมายของการออกแบบระบบประสานทางพิกัด

ปัจจุบันการก่อสร้างได้หันมานิยมการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาอุตสาหกรรมทางด้านการก่อสร้าง การดำเนินการวางแปลนและออกแบบส่วนประกอบของอาคารเพื่อนำไปใช้ในระบบนี้ มีวิธีแตกต่างออกไปจาก การทำงานแบบเดิม กล่าวคือ การออกแบบส่วนต่างๆ ของอาคารจำเป็นต้องใช้ระบบประสานทางพิกัดเข้ามาช่วย เพื่อการก่อสร้างที่สะดวกและรวดเร็ว ประหยัดระยะเวลาในการทำงาน

การเลือกระยะควบคุม ทั้งทางด้านติดจากพื้นถึงฝ้าเพดาน หรือหลังคา หรือพื้นถึงพื้น กับส่วนสูงของหน้าต่าง ประตู และทางด้านแนวนอน คือระยะระหว่างเสาถึงเสา หรือผนังถึงผนัง จะพิจารณาได้จากข้อมูลเหล่านี้คือ

1) ขนาดเนื้อที่ใช้สอยของอาคาร

2) ขนาดโครงสร้าง ซึ่งจะเป็นระบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทและขนาดของอาคาร

3) ขนาดของส่วนประกอบของอาคาร และอุปกรณ์สำเร็จรูป ที่จะต้องใช้ในอาคารมากที่สุด

ในกรณีที่มีวัสดุหรือส่วนประกอบหลายชนิด หลายขนาดที่ไม่ประสานกัน เนื่องจากต้องใช้ชิ้นส่วนบางประเภทที่มีอยู่ในท้องตลาด เช่น พื้นเป็นขนาดหนึ่ง ประตูหน้าต่างและหลังคาเป็นอีกขนาดหนึ่ง ให้พิจารณาดูว่า ในอาคารนั้นมีส่วนประกอบใดที่สำคัญ

และต้องใช้เป็นจำนวนมาก ก็ใช้ส่วนประกอบนั้น เป็นตัวกำหนดขนาดพิกัด เพื่อใช้เป็นมิติประสานกับส่วนอื่นๆ ต่อไปตัวอย่างเช่น อาคารหลังนี้ มีพื้นที่เป็นส่วนสำคัญ และต้องใช้เป็นจำนวนมากที่สุด ขนาดความกว้างของพื้นเป็น 0.30 เมตร = 3M เราสามารถกำหนดขนาดมิติของส่วนประกอบพิกัดโดยทั่วไป ทางแนวนอนให้ประสานกับ 3M ซึ่งระยะควบคุมจะเท่ากับผลคูณของ 3M

ขนาดพิกัดดังกล่าว ซึ่งโดยมาตรฐานยุโรป นิยมใช้ 3M (300 มม.) เป็นหน่วยพิกัดตามแนวนอน และ 1 M (100 มม. ) เป็นหน่วยพิกัดตามแนวตั้ง ขนาดดังกล่าวนี้ เป็นขนาดมูลฐาน (Basic Sizes) ไม่ใช่ขนาดที่ใช้งานจริง (Working Sizes) เพราะขนาดที่ใช้งานจริงจะต้องเพื่อขนาดของแนวรอยต่อ(Joints)หรือความคลาดเคลื่อน (Tolerances) ไว้ด้วย

การเลือกวัสดุ (Materail Selection)

วัสดุก่อสร้างที่ใช้เป็นวัสดุโครงสร้างในปัจจุบัน ในระบบประสานทางพิกัด มีดังนี้

1) Wood
2) Steel
3) Aluminum
4) Bearng Brick
5) Cut Stone
6) Bearing Hollow Block
7) Plain Concrete
8) Reinforced Concrete

วัสดุแต่ละชนิด มีขอบข่ายความสามารถในการรับน้ำหนัก และแรงประเภทต่างๆ แตกต่างกันฉะนั้นๆ การใช้วัสดุกับอาคารขนาดใด จำนวนชั้นของอาคารและระบบโครงสร้างอย่างใด จำเป็นต้องอยู่ในการพิจารณาขั้นพื้นฐาน ก่อนที่จะเริ่มทำการออกแบบผังอาคารทุกประเภท โดยเฉพาะในระบบประสานทางพิกัด ที่มีต่อการออกแบบก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป

วัสดุแต่ละชนิด มีธรรมชาติและคุณสมบัติแตกต่างกัน การออกแบบข้อต่อหรือรอยต่อ (Connection Joints) และแนวรอยต่อของการก่อสร้าง (Construction Joints) ผู้ออกแบบจำเป็นที่จะต้องมีความเข้าใจ ธรรมชาติของวัสดุก่อสร้างนั้นๆ วิธีการก่อสร้างที่ถูกต้องของวัสดุนั้นๆ ตลอดจนอุปกรณ์ในการก่อสร้าง และเครื่องมือหรือเครื่องกล (Hand Tools Or Machine Tools) ที่จะใช้ในการก่อสร้าง ผู้ออกแบบจึงสามารถออกแบบอาคารในระบบการประสานทางพิกัดและสำเร็จรูปได้

## 5.2 การออกแบบส่วนประกอบพิกัด

การออกแบบส่วนประกอพิกัดมีวัตถุประสงค์ที่ผลิตส่วนประกอบขึ้นมาให้ใช้แพร่หลายในงานก่อสร้างอาคารทั่วไป

**การออกแบบส่วนประกอบพิกัดขึ้นใหม่ มีวิธีปฏิบัติดังต่อไปนี้**

**ขั้นตอนที่ 1 การเลือกส่วนประกอบ(Choice Of Modularcomponent)**

ต้องกำหนดมิติของส่วนประกอบพิกัดแบบต่างๆ กัน เลือกเอาส่วนประกอบที่สำคัญโดยเฉพาะ ซึ่งจะต้องใช้เป็นจำนวนมากซ้ำๆ กัน ออกแบบส่วนประกอบเหล่านี้

**ขั้นตอนที่ 2 ขอบเขตที่ใช้ได้ (Range Of Applicability)**

จำนวนของงานที่ต้องทำสำหรับกำหนดมิติของส่วนประกอบพิกัดโดยทั่วไปเพิ่มขึ้นตามขอบเขตที่ใช้ได้ของส่วนประกอบที่ต้องการ

การกำหนดรายละเอียดของส่วนประกอบพิกัด(Modular Component)ขึ้นอยู่กับ

1) ชนิดของอาคารซึ่งจะนำเอาชิ้นส่วนประกอบอาคารไปใช้ เช่นที่อยู่อาศัย สำนักงาน โรงเรียน ซึ่งประเภทของอาคารจะเป็นตัวกำหนดการออกแบบชิ้นส่วนประกอบ ทั้งในด้านขนาดของโครงสร้างและความแข็งแรง

2) ความสลับซับซ้อนของแปลนอาคาร ซึ่งจะนำชิ้นส่วนประกอบไปใช้

3) ความสูงของอาคารที่จะนำชิ้นส่วนไปใช้ ความสูงของอาคารจะเป็นตัวกำหนดการออกแบบชิ้นส่วน ในด้านการรับน้ำหนักและแรงลม

4) ระบบโครงสร้างของอาคาร เป็นแบบเสาคาน หรือผนังรับน้ำหนัก

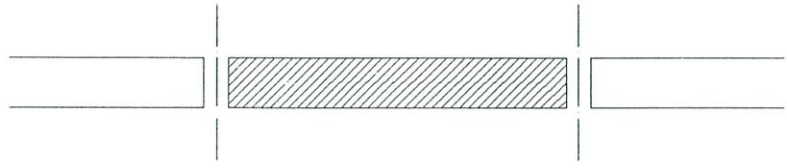
**ขั้นตอนที่ 3 ขนาดมิติตามพิกัดของส่วนขั้นประกอบ (Nominal Modular Dimension Of The Component)**

ตามขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้เลือกชนิดและลักษณะของส่วนประกอบแล้ว อาจจะกะมิติคร่าวๆ ได้ ทั้งนี้จะต้องรู้รายละเอียด โดยเฉพาะของส่วนประกอบ ตลอดจนความประสงค์ในด้านการใช้สอย เมื่อได้พิจารณาขนาดมิติของส่วนประกอบแล้วขั้นต่อไปคือ พิจารณาขนาดมิติพิกัดของส่วนประกอบ

**ขั้นตอนที่ 4 การพิจารณารายละเอียด (Details)**

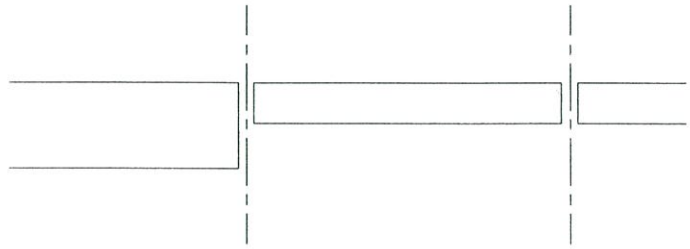
รอยต่อต่างๆ ความเบี่ยงเบนทางพิกัด ความคลาดเคลื่อน ข้อสำคัญการเลือกรายละเอียดจะต้องแก้ปัญหารอยต่อ โดยเฉพาะของการต่อส่วนประกอบมี 4 วิธีคือ

วิธีที่ 1 ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ (แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนัง กับชิ้นส่วนผนัง เช่น การก่ออิฐต่างๆ



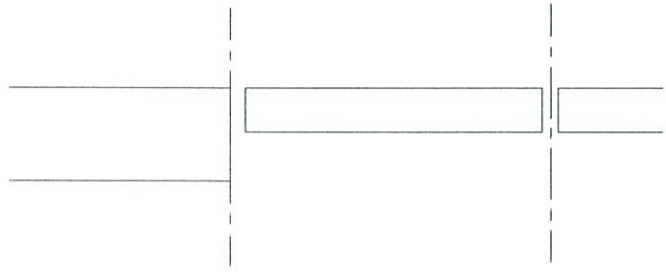
**ภาพที่ ค.70** แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนัง กับชิ้นส่วนผนัง

วิธีที่ 2 ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งของรอยต่อ (แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับกำแพง เช่น การก่ออิฐ1 ก้อน ดังภาพ



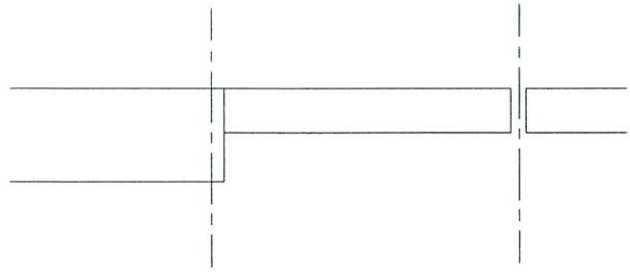
**ภาพที่ ค.71** แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับกำแพง

วิธีที่ 3 ส่วนประกอบที่ต่อ โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งหนึ่งของรอยต่อ (แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับ Light- Weight Concrete Block เชื่อมด้วยรอยต่อด้วย Adhesive)



**ภาพที่ ค.72** แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับ Light- Weight Concrete Block เชื่อมด้วยรอยต่อด้วย Adhesive

วิธีที่ 4 ส่วนประกอบที่ต่อกันโดยไม่มีช่องว่าง ต้องพิจารณามิติพิกัดกันใหม่ (แสดงถึงขนาดชิ้นส่วนผนังกับคอนกรีต



**ภาพที่ ค.73** แสดงถึงขนาดชิ้นส่วนผนังกับคอนกรีต

**ขั้นที่ 5 ความแตกต่างของส่วนประกอบ (Varints Of Components)**

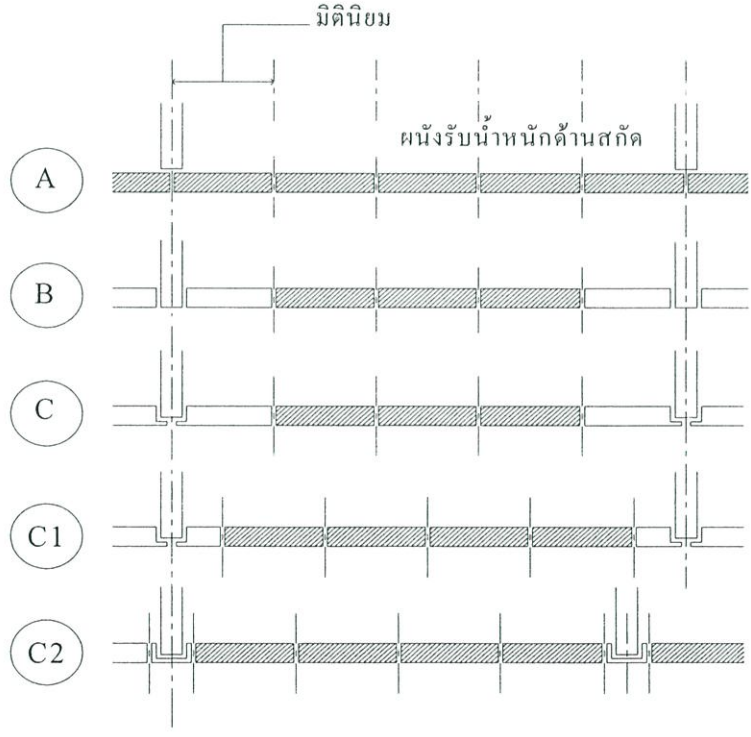
เมื่อส่วนประกอบพิกัดได้อกแบบขึ้นมาใช้งานก่อสร้างอาคารแล้ว ยังต้องหาส่วนประกอบที่แตกต่างออกไปอีก เช่นผนังรับน้ำหนัก ซึ่งต้องใช้หนากว่าธรรมดาเป็นต้น นอกจากนั้นผนังหนานี้อาจต้องทำพิเศษแตกต่างกันออกไป

การพิจารณาส่วนประกอบที่แตกต่างกันออกไป (Determination Of Varints Of Components) ถ้าต้องใช้ผนังรับน้ำหนักในอาคาร ส่วนประกอบของผนังหนาต้องทำเป็นพิเศษ

A ถ้าผนังหน้าอยู่ในแนวนอกของผนังรับน้ำหนัก อาจจะกำหนดมิติที่เหมาะสมได้ทั้งสองทาง คือผนังหน้าและผนังรับน้ำหนัก แต่มีปัญหาเรื่องขจัดเสียงที่ผ่านรอยต่อระหว่างผนังหน้าและผนังรับน้ำหนัก และในทางปฏิบัติไม่สามารถใช้วิธีการนี้ได้

B ผนังหน้าอยู่ระหว่างผนังรับน้ำหนัก จะมีรอยต่อระหว่างผนังหน้ากับผนังรับน้ำหนักและพื้น ซึ่งเป็นสื่ออากาศเย็น วิธีขจัดต้องทำผนังหน้าพิเศษ ส่วนตัวริมจะไม่ได้พิกัด

C ทำส่วนประกอบตัวริมทั้ง 2 ด้านเป็นพิเศษ สำหรับให้เก็บเสียงและความอบอุ่นภายในห้อง เป็นวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด อาจใช้ C1 หรือ C2 แทนก็ได้ดังรูป




**ภาพที่ ค.74** แสดงการใช้ผนังรับน้ำหนักในมิตินิยม

**ภาพที่ ค.75** แสดงหน่วยเพิ่มพิกัดในระบบประสานทางพิกัด

## 5.3 การนำระบบประสานทางพิกัดมาใช้

ระบบการประสานทางพิกัด เป็นระบบที่เกิดขึ้น เพื่อมุ่งหมายที่จะช่วยแก้ปัญหาในด้านการออกแบบก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพ รวดเร็วและประหยัด แต่ในขณะเดียวกัน ผู้ที่นำไปใช้จะต้องมีความเข้าใจในระบบนี้อย่างเพียงพอ ไม่เช่นนั้น อาจมีปัญหายุ่งยากจนไม่สามารถได้ผลตามความประสงค์ ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้น อาจแยกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1) ปัญหาที่เกิดขึ้นทางด้านวิชาการ เช่นการทำความเข้าใจหลักการ จุดมุ่งหมายลำดับขั้นตอนความสำคัญของระบบนี้ ตลอดจนการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบ การประสานของส่วนประกอบ เพื่อให้มีการออกแบบอย่างมีประสิทธิภาพ

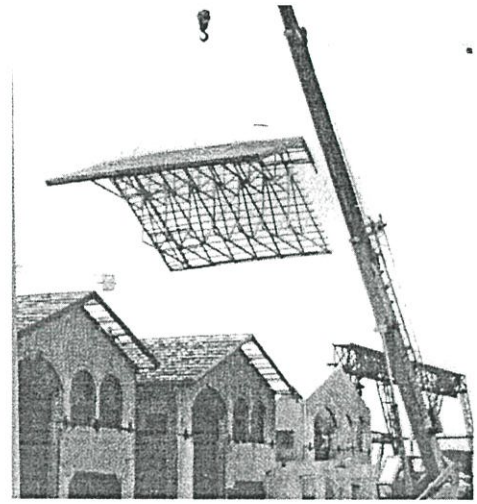
2) ปัญหาที่เกิดขึ้น ในการนำไปใช้ในการออกแบบ การผลิต และการนำไปติดตั้ง ซึ่งเป็นเรื่องการทำงาน การควบคุมมิติ ความคลาดเคลื่อน และมาตรฐานฯลฯ

ปัญหาทั้ง 2 ข้อนี้เป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้โดยไม่ลำบาก เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับด้านวิชาการ การแก้ปัญหา ควรเป็นหน้าที่ของกลุ่มวิชาการ ทำการค้นคว้าหาทางแก้ปัญหา

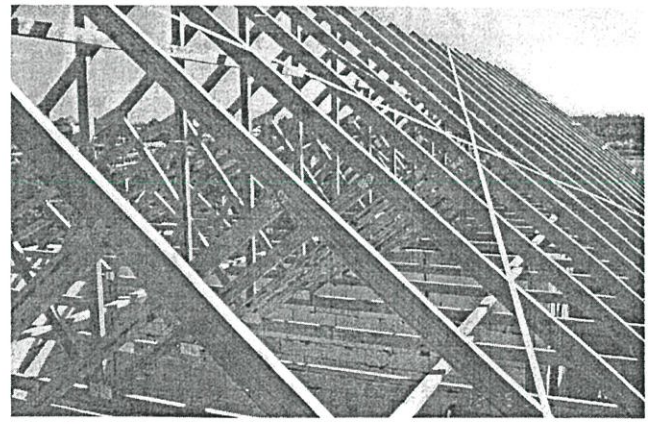
ปัญหาในขั้นของการนำไปใช้ นับได้ว่าเป็นเรื่องยุ่งยากพอสมควร เพราะขั้นของการนำไปใช้ เป็นขั้นที่หวังผลมากที่สุด การแก้ปัญหาในขั้นตอนนี้ จึงต้องได้รับความร่วมมือกันระหว่าง สถาปนิก วิศวกร และผู้ทำการผลิต

## 5.4 ตัวอย่างโครงสร้างระบบใหม่ที่ออกแบบให้เป็นวัสดุสำเร็จรูป

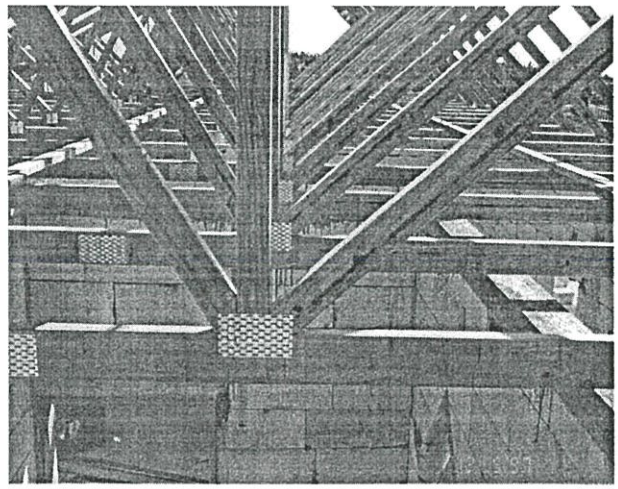
ระบบโครงสร้างไม้สำเร็จรูป ระบบก่อสร้างทีจี เลเซอร์บิลท์ เป็นวิวัฒนาการของการก่อสร้างโครงสร้างไม้ สำเร็จรูป จากประเทศออสเตรเลีย เป็นระบบที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ จึงมีความเที่ยงตรงและแม่นยำทุกขั้นตอน ตั้งแต่การถอดแบบจนถึงการติดตั้ง มีน้ำหนักเบาสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและติดตั้ง ไม่จำเป็นต้องใช้เสาและคานภายในรองรับในระยะความก้างสูงสุด 30 เมตร ดังรูป



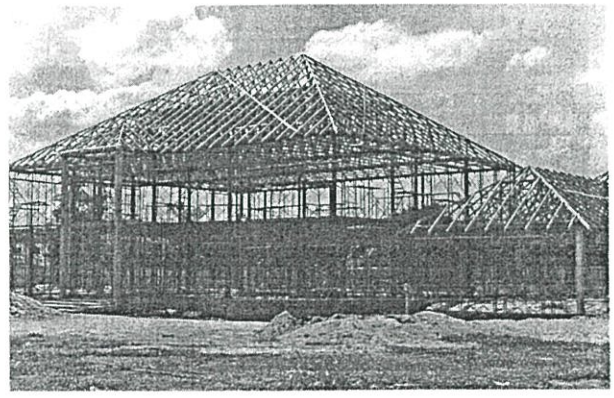
**ภาพที่ ค.76** แสดงโครงสร้างไม้สำเร็จรูป



**ภาพที่ ค.77** แสดงการติดตั้งโครงสร้างไม้สำเร็จรูป



**ภาพที่ ค.78** แสดงรอยต่อโครงสร้างไม้สำเร็จรูป



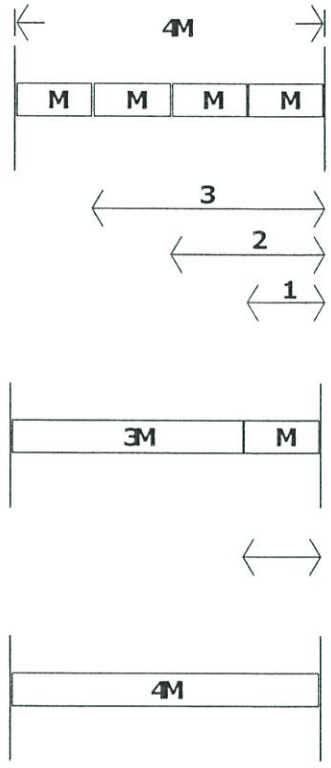
**ภาพที่ ค.79** แสดงตัวอย่างบ้านที่ใช้หลังคาสำเร็จรูป

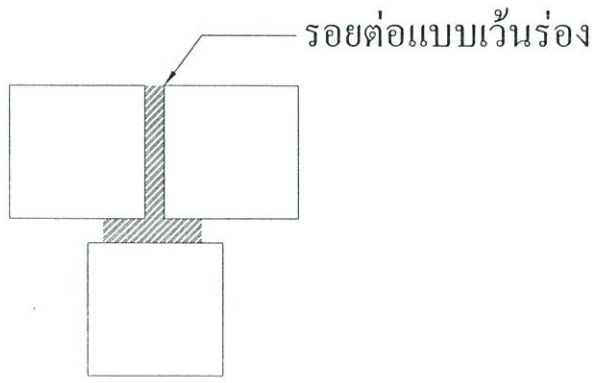
ภาคผนวก ง

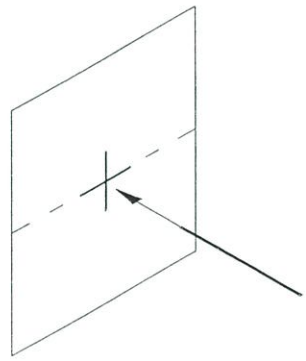
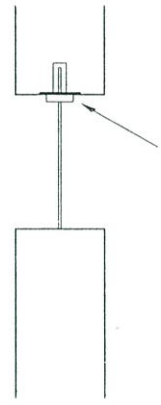
# แบบทดสอบ

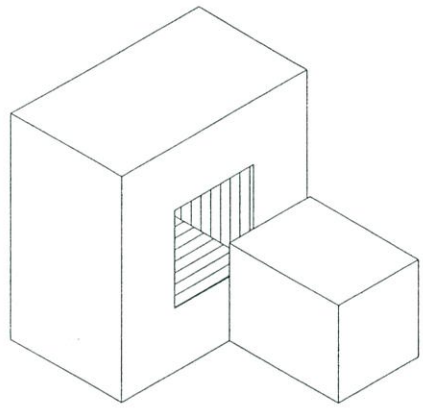
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 1 | *บทที่ 1*<br>*ระบบประสานทางพิกัด (Modular Co-Ordination System)*<br>*1.1 ความหมายของระบบประสานทางพิกัด*<br>ระบบประสานทางพิกัด (Modular Co-Ordination System) คืออะไร<br>**ก. การประสานทางมิติ**<br>ข. กระบวนการประกอบที่มิติเป็นตัวกำหนด<br>ค. มิติของส่วนประกอบสำเร็จรูป<br>ง. การกำหนดหน่วยพิกัดในทางมิติ | | | | |
| 2 | ระบบประสานทางพิกัด (Modular Co-Ordination System) หมายถึงอะไร<br>ก. การประสานทางมิติ<br>**ข. กระบวนการประกอบที่มิติเป็นตัวกำหนด**<br>ค. มิติของส่วนประกอบสำเร็จรูป<br>ง. การกำหนดหน่วยพิกัดในทางมิติ | | | | |
| 3 | ระบบประสานทางพิกัด (Modular Co-Ordination System) หมายถึงอะไร<br>ก. การประสานทางมิติ<br>ข. กระบวนการประกอบที่มิติเป็นตัวกำหนด<br>ค. มิติของส่วนประกอบสำเร็จรูป<br>**ง. การกำหนดหน่วยพิกัดในทางมิติ** | | | | |
| 4 | *1.2 มิติ (Dimensions)*<br>มิติ (Dimensions) มีความสำคัญกับงานในขั้นตอนใด<br>**ก. การวางผังอาคารและการออกแบบอาคาร**<br>ข. ขนาดเนื้อที่ตามความต้องการของส่วนประกอบ<br>ค. ส่วนประกอบสำเร็จรูป พื้นที่ติดตั้ง การประสาน<br>ง. การรวมรอยต่อของชิ้นส่วนแต่ละชั้นเข้ากันแล้ว | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 5 | ข้อใดหมายถึงมิติประสาน<br>ก. การวางผังอาคารและการออกแบบอาคาร<br>ข. ขนาดเนื้อที่ตามความต้องการของส่วนประกอบ<br>**ค. ส่วนประกอบสำเร็จรูป พื้นที่ติดตั้ง การประสาน**<br>ง. การรวมรอยต่อของชิ้นส่วนแต่ละชั้นเข้ากันแล้ว | | | | |
| 6 | *1.3 มิติอาศัยซึ่งกันและกัน (Inter-Derendence Dimensions)*<br>มิติอาศัยซึ่งกันและกัน (Inter-Derendence Dimensions) คืออะไร<br>ก. การทำงานที่มีความต่อเนื่องกัน<br>ข. การจัดลำดับของงานที่เตรียมไว้<br>**ค. งานหลายชนิดหลายประเภทที่เกี่ยวข้องกัน**<br>ง. ความแม่นยำในการวัดขนาด | | | | |
| 7 | ข้อใดคือปัญหาของการใช้ระบบมิติอาศัยซึ่งกันและกัน<br>ก. การทำงานที่มีความต่อเนื่องกัน<br>ข. การจัดลำดับของงานที่เตรียมไว้<br>ค. งานหลายชนิดหลายประเภทที่เกี่ยวข้องกัน<br>**ง. ความแม่นยำในการวัดขนาด** | | | | |
| 8 | *1.4 วิธีหลีกเลี่ยง มิติอาศัยซึ่งกันและกันที่ไม่จำเป็น*<br>วิธีหลีกเลี่ยง มิติอาศัยซึ่งกันและกันที่ไม่จำเป็น ใช้ระบบใดเป็นการแก้ปัญหา<br>**ก. ระบบรอยต่อ**<br>ข. ระบบพื้นมีขอบ<br>ค. ระบบพื้นคอนเกรีตเสริมเหล็ก<br>ง. ระบบรอยต่อของผนังกับพื้น | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 9 |  เกิด 3 มิติอาศัยซึ่งกันและกัน<br>เกิด 1 มิติอาศัยซึ่งกันและกัน<br>จากภาพเป็นวิธีหลีกเลี่ยง มิติอาศัยซึ่งกันและกันที่ไม่จำเป็นในข้อใด<br>**ก. การใช้รอยต่อสัมผัส หรือการเว้นร่อง**<br>ข. การติดตั้งควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งแบบผิวสัมผัส<br>ค. หลีกเลี่ยงรอยต่อหลายแบบในเวลาเดียวกัน<br>ง. การติดตั้งแบบพื้นมีขอบ | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 10 | *1.5 รอยต่อแบบสัมผัสหรือเว้นร่อง (Contact Or Space)*<br>  <br><br>รอยต่อแบบสัมผัสหรือเว้นร่อง ช่วยแก้ปัญหาในข้อใด<br>ก. ลดปริมาณปูนซีเมนต์<br>ข. ป้องกันการแตกร้าว<br>**ค. ช่างติดตั้งไม่มีความชำนาญ**<br>ง. การขยายตัวของคอนกรีต | | | | |
| 11 | การออกแบบรอยต่อของพื้นผิวชนิดใดยากที่สุด<br>**ก. ผิวหน้า (Surface)**<br>ข. ขอบ(Edge)<br>ค. เส้น (Line)<br>ง. จุด (Point) | | | | |
| 12 | ข้อใดคือวิธีแก้ไขปัญหารอยต่อของขอบ<br>ก. ทำประกับ<br>ข. ทำบังใบ<br>ค. ทำขอบ<br>**ง. ทำบัวมอบ** | | | | |

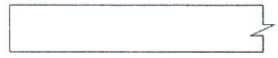
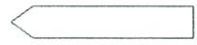
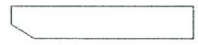
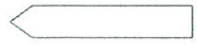
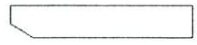
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 13 |  <br>จุดกับผิว<br>  <br>ชิ้นส่วนผนังที่วางบน bolt และ<br>รอยต่อในภาพเป็นรอยต่อชนิดใด<br>ก. รอยต่อแบบผิวสัมผัส<br>ข. รอยต่อแบบขอบ<br>**ค. รอยต่อแบบจุด**<br>ง. รอยต่อแบบรวม | | | | |

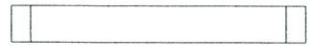
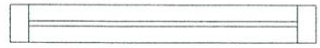
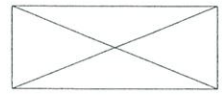
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 14 | รอยต่อแบบใดมีความเบี่ยงเบนมากที่สุด<br>ก. รอยต่อแบบผิวสัมผัส<br>ข. รอยต่อแบบขอบ<br>ค. รอยต่อแบบจุด<br>**ง. รอยต่อแบบรวม** | | | | |
| 15 |  <br>รอยต่อในภาพเป็นรอยต่อแบบใด<br>ก. รอยต่อแบบผิวสัมผัส<br>ข. รอยต่อแบบขอบ<br>ค. รอยต่อแบบจุด<br>**ง. รอยต่อแบบรวม** | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 16 | *1.6 ความเบี่ยงเบน*<br>ความเบี่ยงเบนคืออะไร<br>ก. ความคลาดเคลื่อนของระยะของส่วนประกอบกับขนาดทางพิกัด<br>**ข. ความแตกต่างในการวัดระยะของส่วนประกอบกับขนาดทางพิกัด**<br>ค. มาตรฐานที่สามารยอมให้ได้<br>ง. ความเปลี่ยนแปลงที่มีค่าตัวแปรที่แน่นอน | | | | |
| 17 | ข้อใดไม่ใช่สาเหตุของความเบี่ยงเบน<br>**ก. ระยะการทำงานที่นานเกินไป**<br>ข. การคิดตำแหน่งของส่วนประกอบ<br>ค. ขนาดและประเภทของชิ้นส่วนที่ใช้<br>ง. วิธีการทำงานในการติดตั้ง | | | | |
| 18 | *1.7 ความคลาดเคลื่อน*<br>ความคลาดเคลื่อนคืออะไร<br>ก. ความแตกต่างในค่าความเบี่ยงเบนที่ยินยอมให้ใหญ่สุดกับขนาดที่ยินยอมให้เล็กสุด<br>**ข. ค่าของความต่างของขนาดตามขนาดที่ยินยอมให้ใหญ่สุดกับขนาดที่ยินยอมให้เล็กสุด**<br>ค. ความเปลี่ยนแปลงขนาดตามสภาวะแวดล้อม<br>ง. ความเปลี่ยนแปลงเพื่อความสะดวกในการติดตั้ง | | | | |
| 19 | ข้อใดคือสาเหตุของความคลาดเคลื่อน<br>**ก. ความคลาดเคลื่อน ณ สถานที่ก่อสร้าง**<br>ข. ความคลาดเคลื่อนของการติดตั้ง<br>ค. ความคลาดเคลื่อนของการออกแบบ<br>ง. ความคลาดเคลื่อนของการใช้งานจริง | | | | |
| 20 | ขนาดมูลฐาน (Basic Sizes) คือสิ่งใด<br>ก. ขนาดตามกำหนดในขั้นแบบร่าง<br>ข. ขนาดตามกำหนดในขั้นแก้ไขแบบร่าง<br>ค.ขนาดตามกำหนดในขั้นแก้ไข ณ ก่อสร้าง<br>ง. ขนาดตามกำหนดในขั้นก่อสร้าง | | | | |

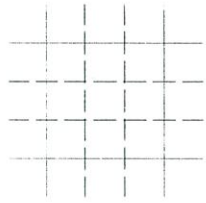
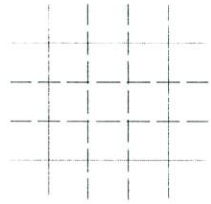
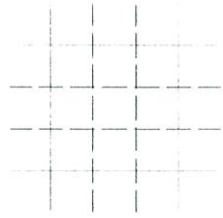
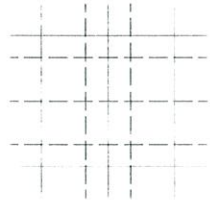
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 21 | *1.8 มิติประสาน (Co-Ordinating Dimension)*<br>มิติประสาน (Co-Ordinating Dimension) คืออะไร<br>ก. ระยะที่เตรียมไว้เพื่อติดตั้ง<br>**ข. ระยะที่เตรียมไว้เพื่อติดตั้งส่วนประกอบ**<br>ค. ระยะที่เตรียมไว้เพื่อติดตั้ง<br>ง. ระยะที่เตรียมไว้เพื่อติดตั้ง | | | | |
| 22 | มิติประสานหลักคือข้อใด<br>ก. ส่วนประกอบสำเร็จรูป<br>ข. ส่วนประกอบที่กำหนดเป็นขนาดใช้งาน<br>ค. ส่วนประกอบอาคารที่กำหนดตายตัวในขณะออกแบบ<br>**ง. ส่วนประกอบโครงสร้างให้ดำเนินไปภายในขอบเขต** | | | | |
| 23 | มิติประสานที่ไม่แน่นอนคืออะไร<br>**ก. ความเบี่ยงเบน**<br>ข. ความคลาดเคลื่อน<br>ค. ความไม่แม่นยำ<br>ง. ความไม่ชำนาญ | | | | |
| 24 | การกำหนดมิติที่แม่นยำในการทำงานได้จากระบบใด<br>ก. การวัดจากจุด เส้น<br>ข. การวัดจากเส้นระนาบ<br>ค. การวัดก่อนที่ติดตั้งส่วนประกอบ<br>ง. การวัดที่เกิดจากการมีการทำเครื่องหมายบอกมิติที่แน่นอน | | | | |
| 25 | ระนาบอุเทศคืออะไร<br>ก. การวัดจากจุด เส้น<br>ข. การวัดจากเส้นระนาบ<br>ค. การวัดก่อนที่ติดตั้งส่วนประกอบ<br>ง. การวัดที่เกิดจากการมีการทำเครื่องหมายบอกมิติที่แน่นอน | | | | |

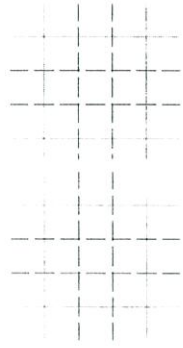
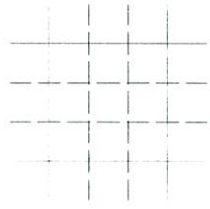
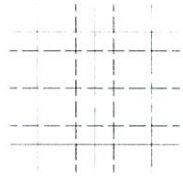
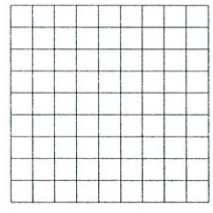
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| | *บทที่ 2 ตารางพิกัดแผนผัง* | | | | |
| | *2.1 ตารางพิกัดแผนผัง* | | | | |
| 26 | ตารางพิกัดแผนผังคืออะไร<br>ก. มิติอาศัยซึ่งกันและกัน<br>ข. มิติประสาน<br>**ค. ระบบประสานทางพิกัด**<br>ง. ระบบตารางพิกัด | | | | |
| 27 | การวางตารางพิกัดจะต้องออกแบบระบบใดให้สอดคล้องกัน<br>ก. ระบบการผลิต และระบบการติดตั้ง<br>**ข. ระบบโครงสร้าง และระบบการก่อสร้าง**<br>ค. ระบบก่อนและหลังการติดตั้ง<br>ง. ระบบภายนอก และระบบภายใน | | | | |
| 28 | การก่อสร้างที่ใช้ระบบประสานทางพิกัดจำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลในข้อใดในการออกแบบ<br>ก. มิติอาศัยซึ่งกันและกัน<br>ข. มิติประสาน<br>ค. ระบบประสานทางพิกัด<br>ง. ระบบตารางพิกัด | | | | |
| 29 | ข้อใดคือตัวย่อของพิกัดมูลฐาน (Basic Module)<br>ก. B<br>ข. M<br>ค. b<br>ง. m | | | | |

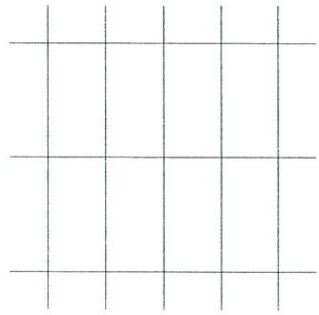
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 30 | *2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้กับระบบประสานทางพิกัด*<br>ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ “กำแพงรับน้ำหนักก่อสร้างกับที่”<br>  <br>ก.<br> <br>ข.<br>  <br>  <br>ค.<br>ง. | | | | |
| 31 | ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ “การเชื่อมรอยต่อของผนัง ด้วยคอนกรีตหล่อกับที่”<br> <br>ก.<br> <br>ข.<br>  <br>  <br>ค.<br>ง. | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 32 | ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ “ผนังเบา กรอบหรือโครงเป็นไม้”<br>ก.  <br>ข. <br>ค.  <br>ง.  | | | | |
| 33 | ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ “พิกัดนิยม”<br>ก. Mp<br>ข. M’<br>ค. A<br>ง. B และ C | | | | |
| 34 | ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ “ชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปที่เป็นจำนวนหลักในการผลิต (ประเภทรับน้ำหนัก)”<br>ก. Mp<br>ข. M’<br>ค. A<br>ง. B และ C | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 35 | *2.3 พิกัดแผนผังและตารางพิกัดแผนผัง*<br>ตารางพิกัดใช้รูปทรงเรขาคณิตใดในการออกแบบ<br>ก. วงกลม<br>ข. สามเหลี่ยม<br>**ค. สี่เหลี่ยม**<br>ง. หกเหลี่ยม | | | | |
| 36 | ตารางพิกัดนิยมใช้ตารางสี่เหลี่ยมชนิดใดในการออกแบบมากที่สุด<br>**ก. สี่เหลี่ยมจัตุรัส**<br>ข. สี่เหลี่ยมผืนผ้า<br>ค. สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน<br>ง. สี่เหลี่ยมคางหมู | | | | |
| 37 | ออกแบบให้ชิ้นส่วนโครงสร้างและชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรมมีข้อเสียอย่างไร<br>ก. งบประมาณ<br>ข. ความแข็งแรง<br>ค. ระยะเวลาในการก่อสร้าง<br>ง. ช่างผู้ชำนาญ | | | | |

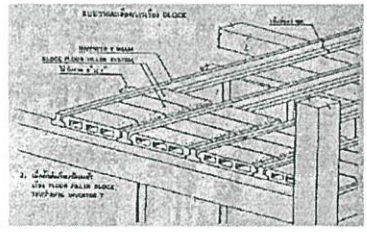
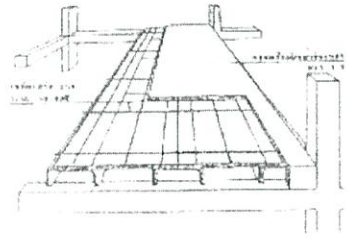
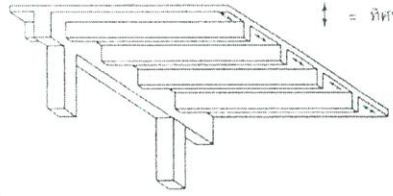
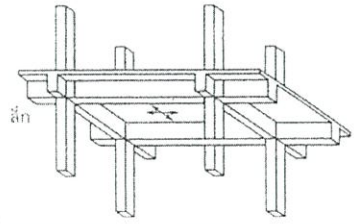
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 38 | ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $4m^2$ กับ $12m^2$ คือข้อใด<br>ก.  <br>ข.  <br>ค.  <br>ง.  | | | | |

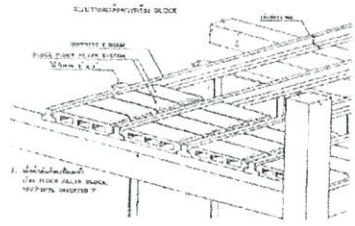
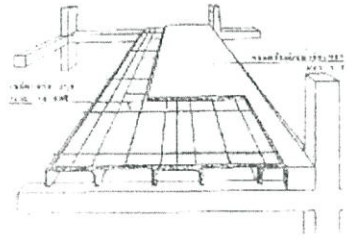
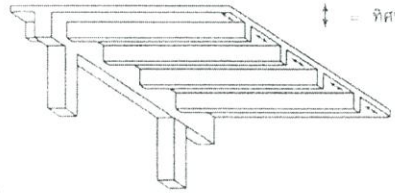
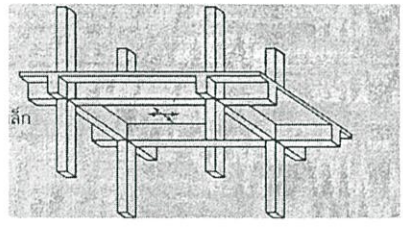
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 39 | ตารางพิกัดร่วมระหว่าง $4m^2$ กับ $6m^2$ คือข้อใด<br>ก.  <br>ข.  <br>ค.  <br>**ง.** | | | | |
| 40 |  <br>ข้อใดคือรูปแบบการจัดตารางพิกัดในภาพ<br>ก. ตารางพิกัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส<br>ข. ตารางพิกัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า<br>ค. ตารางพิกัดไม่ต่อเนื่อง<br>**ง. ตารางพิกัดต่อเนื่อง** | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 41 |  <br>ข้อใดคือรูปแบบการจัดตารางพิกัดในภาพ<br>ก. ตารางพิกัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส<br>**ข. ตารางพิกัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า**<br>ค. ตารางพิกัดไม่ต่อเนื่อง<br>ง. ตารางพิกัดต่อเนื่อง | | | | |
| 42 | ชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรมและชิ้นส่วนทางโครงสร้างมีหน้าที่ในกา<br>รับน้ำหนักของอาคารตามข้อใด<br>ก. Roof Component<br>**ข. Wall Component**<br>ค. Floor Component<br>ง. Base Component | | | | |
| 43 | *2.4 ระบบโครงสร้างแบบต่างๆ*<br>หน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้าง (Material Module) คือข้อใด<br>ก. หน่วยของขนาดที่ใช้เป็นตัวลดในการประสานทางมิติ<br>**ข. หน่วยของขนาดที่ใช้เป็นตัวเพิ่มในการประสานทางมิติ**<br>ค. มีหน่วยที่วัดได้โดยการหาร<br>ง. มีหน่วยที่วัดได้โดยการบวก | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 44 | ขนาดของหน่วยพิกัดในรูปแบบของธรรมชาติขึ้นอยู่กับข้อใด<br>**ก. ขนาดตามธรรมชาติของวัตถุดิบ**<br>ข. ความจำเป็นทางด้านเทคนิค<br>ค. คุณสมบัติได้เชิงปริมาณ<br>ง. ความต้องการของประชากร | | | | |
| 45 | "ระบบสัมพันธ์ของสัดส่วนของทั้งโครงสร้างของส่วนมูลเฉพาะแห่งและของแผนผังทั่วไป" หมายถึงหน่วยพิกัดในข้อใด<br>ก. หน่วยพิกัดในการใช้งาน (Performance Module)<br>**ข. หน่วยพิกัดทางเลขาคณิต (Geometric Module)**<br>ค. หน่วยพิกัดทางการปฏิบัติการ (Handling Module)<br>ง. หน่วยพิกัดทางโครงสร้าง (Structural Module) | | | | |
| 46 | "หน่วยพิกัดในการใช้งานถูกกำหนดขึ้นมาจากการเก็งผลประโยชน์มาก" หมายถึงหน่วยพิกัดในข้อใด<br>**ก. หน่วยพิกัดในการใช้งาน (Performance Module)**<br>ข. หน่วยพิกัดทางเลขาคณิต (Geometric Module)<br>ค. หน่วยพิกัดทางการปฏิบัติการ (Handling Module)<br>ง. หน่วยพิกัดทางโครงสร้าง (Structural Module) | | | | |
| 47 | "จุดที่จะยึดแข็งแรงต่างจากแนวชนที่ชิดกันเพื่อความเรียนร้อย" หมายถึงหน่วยพิกัดในข้อใด<br>ก. หน่วยพิกัดส่วนมูล(Element Module)<br>**ข. หน่วยพิกัดรอยต่อ (Joint Module)**<br>ค. หน่วยพิกัดส่วนประกอบอาคาร (Component Module)<br>ง. หน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อน (Tolerance Module) | | | | |

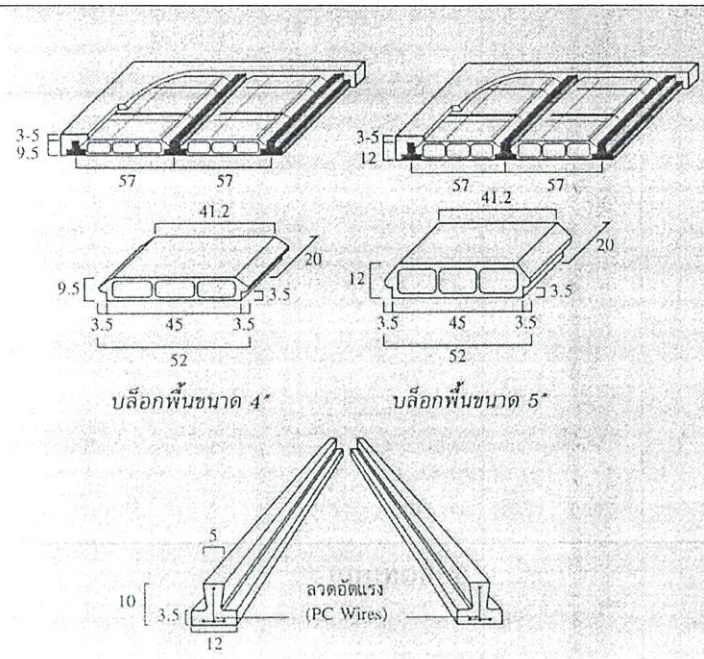
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 48 | "หน่วยพิกัดการวางแผนเป็นผลรวมของหน่วยพิกัดทั้งหลาย" หมายถึงหน่วยพิกัดในข้อใด<br>**ก. หน่วยพิกัดการออกแบบ (Planning Module)**<br>ข. หน่วยพิกัดเครื่องใช้อาคาร (Fixture Module)<br>ค. หน่วยพิกัดการติดตั้งอุปกรณ์ (Installation Module)<br>ง. หน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อน (Tolerance Module) | | | | |
| 49 | *บทที่ 3 วัสดุสำหรับระบบประสานทางพิกัด*<br>*3.1 พื้นสำเร็จรูป*<br>ประเทศแรกที่นำระบบพื้นสำเร็จรูปคือประเทศใด<br>ก. ประเทศรัสเซีย<br>**ข. ประเทศสหรัฐอเมริกา**<br>ค. ประเทศโปแลนด์<br>ง. ประเทศเยอรมัน | | | | |
| 50 | ในปัจจุบันระบบพื้นสำเร็จรูปในประเทศไทยได้รับความนิยม เนื่องจาก<br>**ก. ประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุก**<br>ข. ไม่ต้องอาศัยช่างที่ชำนาญก็สามารถทำงานได้<br>ค. ราคาถูกและสามารถซื้อได้ง่าย<br>ง. วิศวกรสามารถคำนวณโครงสร้างได้ง่าย | | | | |
| 51 | ระบบพื้นชนิดใดที่ช่วยให้การก่อสร้างง่าย และประหยัดขึ้น แต่เพียงเฉพาะอาคารบางประเภท<br>ก. ระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อกับที่<br>ข. ระบบพื้นสำเร็จรูปวางบนคานคอนกรีตเสริมเหล็ก<br>**ค. ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง**<br>ง. ระบบพื้นสำเร็จรูป | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 52 | ระบบพื้นหลายชิ้น (The Composite Floor Element System) เป็นระบบการทำงานร่วมกันในข้อใด<br>**ก. คานคอนกรีตอัดแรงกับวัสดุที่นำมาวางระหว่างคาน**<br>ข. ตงคอนกรีตอัดแรงกับวัสดุที่นำมาวางระหว่างตง<br>ค. คานคอนกรีตอัดแรงกับคอนกรีตบล็อก<br>ง. ตงคอนกรีตอัดแรงกับคอนกรีตบล็อก | | | | |
| 53 | ภาพในข้อใดคือระบบพื้นหลายชิ้น (The Composite Floor Element System)<br>ก.  <br>ข.  <br>ค.  <br>ง.  | | | | |

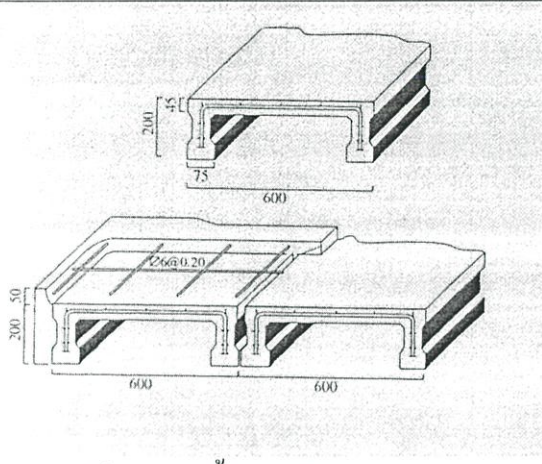
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 54 | ภาพในข้อใดคือระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนที่รองรับทั้ง 4 ด้าน<br>ก.  <br>ข.  <br>ค.  <br>ง.  | | | | |
| 55 | ระบบพื้นชนิดใดที่มีความประหยัดด้านการเสริมเหล็ก<br>ก. ระบบพื้นหลายชิ้น (The Composite Floor Element System)<br>ข. ระบบพื้นชิ้นเดี่ยว (The Single Floor Element System)<br>ค. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนพื้นที่รองรับเพียง 2 ด้าน<br>**ง. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนที่รองรับทั้ง 4 ด้าน** | | | | |
| 56 | ระบบพื้นชนิดใดที่มีน้ำหนักมากเกินกว่าที่แรงคนธรรมดาจะสามารถยกได้<br>ก. ระบบพื้นหลายชิ้น (The Composite Floor Element System)<br>ข. ระบบพื้นชิ้นเดี่ยว (The Single Floor Element System)<br>ค. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนพื้นที่รองรับเพียง 2 ด้าน<br>ง. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนที่รองรับทั้ง 4 ด้าน | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 57 | ระบบพื้นชนิดใดที่มีความสะดวกในการติดตั้งและมีความคล่องตัวในการจัดวางให้ระบบพื้นวางให้เต็มในช่วงคาน<br>ก. ระบบพื้นหลายชิ้น (The Composite Floor Element System)<br>ข. ระบบพื้นชิ้นเดี่ยว (The Single Floor Element System)<br>**ค. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนพื้นที่รองรับเพียง 2 ด้าน**<br>ง. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนที่รองรับทั้ง 4 ด้าน | | | | |
| 58 | ระบบพื้นชนิดใดต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างยาวนานที่สุด<br>ก. ระบบพื้นหลายชิ้น (The Composite Floor Element System)<br>**ข. ระบบพื้นชิ้นเดี่ยว (The Single Floor Element System)**<br>ค. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนพื้นที่รองรับเพียง 2 ด้าน<br>ง. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนที่รองรับทั้ง 4 ด้าน | | | | |
| 59 | ระบบพื้นชนิดใดมีงบประมาณในการก่อสร้างต่ำและประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักต่ำด้วย<br>**ก. ระบบพื้นหลายชิ้น (The Composite Floor Element System)**<br>ข. ระบบพื้นชิ้นเดี่ยว (The Single Floor Element System)<br>ค. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนพื้นที่รองรับเพียง 2 ด้าน<br>ง. ระบบพื้น ที่ออกแบบให้ใช้วางบนที่รองรับทั้ง 4 ด้าน | | | | |
| 60 | ข้อใดคือทางแก้ไขปัญหาประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักต่ำของระบบพื้นหลายชิ้น (The Composite Floor Element System)<br>ก. ต้องมีค้ำยันช่วย<br>ข. เทคอนกรีตทับหน้า<br>ค. เพิ่มการเสริมเหล็ก<br>ง. วางพื้นให้เต็มคานพอดี | | | | |
| 61 | ระบบพื้นแบบใดไม่ต้องมีค้ำยันช่วยในการติดตั้ง<br>ก. ระบบคานตัวที<br>ข. ระบบคานตัวทีประกอบกับแผ่นพื้นคอนกรีต<br>ค. ระบบตงคอนกรีตอัดแรง<br>ง. ระบบคานคอนกรีตอัดแรง | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 62 | ระบบพื้นแบบใดมีน้ำหนักเบา สามารถติดตั้งได้โดยแรงงานและติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว<br>**ก. ระบบคานตัวที**<br>ข. ระบบคานตัวทีประกอบกับแผ่นพื้นคอนกรีต<br>ค. ระบบตงคอนกรีตอัดแรง<br>ง. ระบบคานคอนกรีตอัดแรง | | | | |
| 63 | ระบบพื้นแบบใดไม่ต้องใช้ไม้แบบและไม่ต้องฉาบท้องพื้น<br>ก. ระบบคานตัวที<br>**ข. ระบบคานตัวทีประกอบกับแผ่นพื้นคอนกรีต**<br>ค. ระบบตงคอนกรีตอัดแรง<br>ง. ระบบคานคอนกรีตอัดแรง | | | | |
| 64 | ระบบพื้นแบบใดสามารถตัดและดัดแปลงได้ง่าย<br>ก. ระบบคานตัวที<br>ข. ระบบคานตัวทีประกอบกับแผ่นพื้นคอนกรีต<br>ค. ระบบตงคอนกรีตอัดแรง<br>ง. ระบบคานคอนกรีตอัดแรง | | | | |
| 65 | ข้อใดคือข้อเสียของระบบพื้นสำเร็จรูปทุกระบบ<br>ก. เกิดความเสียหายได้ง่าย จากการยกและติดตั้ง<br>ข. ต้องใช้ไม้แบบช่วยในการก่อสร้าง<br>ค. ต้องมีคอนกรีตทับหน้าช่วยในการรับน้ำหนัก<br>ง. มีเหล็กเสริมป้องกันการแตกร้าว | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 66 |  <br>จากภาพคือระบบพื้นชนิดใด<br>ก. ระบบคานตัวที<br>**ข. ระบบคานตัวทีประกอบกับแผ่นพื้นคอนกรีต**<br>ค. ระบบตงคอนกรีตอัดแรง<br>ง. ระบบคานคอนกรีตอัดแรง | | | | |
| 66 | ระบบพื้นแบบใดต้องเพิ่มคอนกรีตที่ช่องเปิดใต้ปีกที่จุดรับน้ำหนักทั้ง 2<br>ก. Single-Tee Section<br>ข. U-Channel Section<br>ค. Double-Tee Section<br>ง. Solid-Plank Section | | | | |
| 67 | ระบบพื้นแบบใดไม้ต้องใช้ค้ำยันถ้าพาดช่วงสั้นน้อยกว่า 4 เมตร<br>ก. Single-Tee Section<br>ข. U-Channel Section<br>ค. Double-Tee Section<br>ง. Solid-Plank Section | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 68 | ระบบพื้นแบบใดเหมาะสำหรับใช้พาดพื้นช่วงยาว<br>ก. Single-Tee Section<br>ข. U-Channel Section<br>**ค. Double-Tee Section**<br>ง. Solid-Plank Section | | | | |
| 69 | ระบบพื้นแบบใดท้องพื้นเรียบสม่ำเสมอ<br>ก. Single-Tee Section<br>ข. U-Channel Section<br>ค. Double-Tee Section<br>**ง. Solid-Plank Section** | | | | |
| 70 | ระบบพื้นแบบใดสามารถบรรทุกน้ำหนักได้บางส่วนโดยไม่ต้องมีคอนกรีตทับหน้า<br>ก. Single-Tee Section<br>ข. U-Channel Section<br>**ค. Double-Tee Section**<br>ง. Solid-Plank Section | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 71 |  <br>จากภาพเป็นระบบพื้นแบบใด<br>ก. Single-Tee Section<br>**ข. U-Channel Section**<br>ค. Double-Tee Section<br>ง. Solid-Plank Section | | | | |
| 72 | ข้อใดคือข้อเสียของระบบพื้นกลวง (Hollow Core Section)<br>ก. สามารถพาดช่วงได้ยาวถึง 12 เมตร<br>ข. สามารถบรรทุกน้ำหนักได้บางส่วนโดยไม่ต้องมีคอนกรีตทับหน้า<br>**ค. กรรมวิธีในการผลิตค่อนข้างซับซ้อน**<br>ง. การบรรทุกน้ำหนักถูกจำกัดโดยพื้นที่ของปีก | | | | |
| 73 | ข้อใดคือข้อดีของระบบพื้นกลวง (Hollow Core Section)<br>**ก. สามารถพาดช่วงได้ยาวถึง 12 เมตร**<br>ข. สามารถบรรทุกน้ำหนักได้บางส่วนโดยไม่ต้องมีคอนกรีตทับหน้า<br>ค. กรรมวิธีในการผลิตค่อนข้างซับซ้อน<br>ง. การบรรทุกน้ำหนักถูกจำกัดโดยพื้นที่ของปีก | | | | |

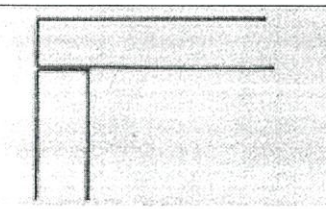
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 74 | ข้อใดคือระบบพื้นคอนกรีตตัน (Solid)<br>**ก. ออกแบบเป็นระบบ Two-Way Slab แต่ประหยัดกว่าระบบ One Way Slab**<br>ข. ความหนาของพื้นที่ จะมีขนาดใหญ่ตามความต้องการของวัสดุทับหน้า<br>ค. รูกลวงจะเป็นรูปวงรี จะทำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด<br>ง. เป็นการพัฒนามาจากหน้าตัดดับเบิ้ลที่และหน้าตัด U-Channel Section | | | | |
| 75 | ข้อใดไม่ใช่ข้อแนะนำในการเลือกใช้พื้นสำเร็จรูป<br>ก. การเปรียบเทียบความสามารถในการรับน้ำหนัก<br>ข. ตารางชี้แนะ<br>ค. ความมั่นคงแข็งแรงและความสวยงาม<br>**ง. ความสะดวกและรวดเร็ว** | | | | |
| 76 | ข้อใดคือสาเหตุที่หน้าตัดของพื้นสำเร็จรูปเป็นรูปทรงเรขาคณิต ลักษณะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก<br>ก. ความสามารถในการรับน้ำหนักได้ดี<br>ข. สามารถคำนวณค่าก่อสร้างแม่นยำและง่าย<br>**ค. สามารถติดตั้งได้หลายวิธีตามความเหมาะสม**<br>ง. สามารถดัดแปลงได้หลายรูปแบบ | | | | |
| 77 | พื้นสำเร็จรูปมีความทนไฟได้กี่ชั่วโมง<br>**ก. 1 ชั่วโมง**<br>ข. 2 ชั่วโมง<br>ค. 3 ชั่วโมง<br>ง. 4 ชั่วโมง | | | | |
| 78 | การออกแบบคานที่มีขนาดใหญ่เนื่องจากข้อใด<br>ก. การวางพื้นบนคานที่มีความยาวของช่วงคานมาก<br>ข. การวางพื้นบนคานที่มีความยาวเกิน 4 เมตร<br>ค. ความยาวของพื้นที่วางบนคานมากเกินไป<br>ง. โมเมนต์ในคานมีมากเกินไป | | | | |

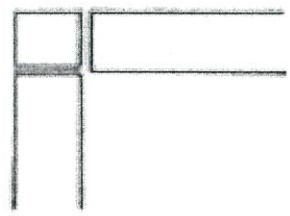
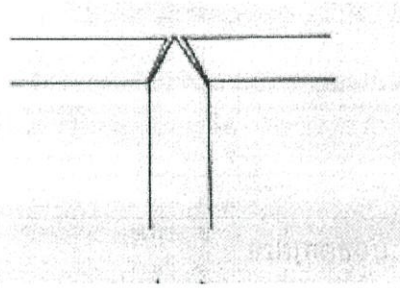
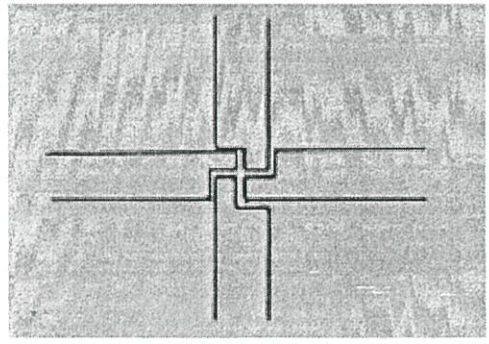
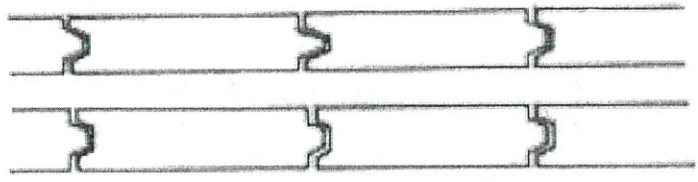
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 79 | สาเหตุใดที่ทำให้พื้นรับน้ำหนักได้น้อยลง<br>ก. การวางพื้นบนคานที่มีความยาวของช่วงคานมาก<br>ข. การวางพื้นบนคานที่มีความยาวเกิน 4 เมตร<br>**ค. ความยาวของพื้นที่วางบนคานมากเกินไป**<br>ง. โมเมนต์ในคานมีมากเกินไป | | | | |
| 80 | ข้อใดไม่ใช่การขนส่งและการติดตั้งพื้นสำเร็จรูป<br>ก. การยกด้วยแรงคน<br>ข. การยกด้วยเครื่องมือกลอย่างง่าย<br>**ค. การยกด้วยเครื่องกลขนาดกลาง**<br>ง. การยกด้วยเครื่องกลขนาดใหญ่ | | | | |
| 81 | ข้อใดคือองค์ประกอบของการประมาณราคาพื้นสำเร็จรูป<br>ก. ค่าขนส่ง ค่าแรงช่างไม้ และราคาก่อสร้างพื้นสำเร็จรูป<br>ข. ค่าขนส่ง ค่าติดตั้ง และราคาก่อสร้างพื้นสำเร็จรูป<br>ค. ค่าขนส่ง ค่าแรงช่างไม้ และราคาชิ้นส่วนพื้นสำเร็จรูป<br>**ง. ค่าขนส่ง ค่าติดตั้ง และราคาชิ้นส่วนพื้นสำเร็จรูป** | | | | |
| 82 | การใช้ระบบพื้นสำเร็จรูปสามารถตัดค่าใช้จ่ายในส่วนใดของการก่อสร้างได้<br>ก. ไม้แบบและค่าแรงช่างไม้<br>ข. ปูนแต่งแนวรอยต่อและค่าแรงช่างปูน<br>ค. เทคอนกรีตทับหน้าและค่าแรงช่างปูน<br>ง. เหล็กตะแกรงและค่าแรงช่างเหล็ก | | | | |
| 83 | ข้อเสียการพิจารณาในการเลือกใช้พื้นสำเร็จรูปในด้านสถาปัตยกรรมคือข้อใด<br>ก. รูปร่างลักษณะของพื้น<br>ข. ความเรียบร้อยของรอยต่อ<br>ค. ลักษณะผิวของคอนกรีต<br>ง. การดูแลรักษาความสะอาด | | | | |

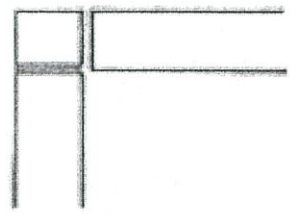
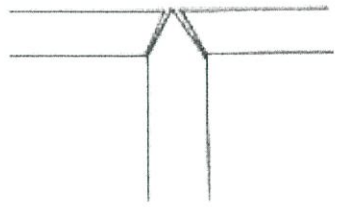
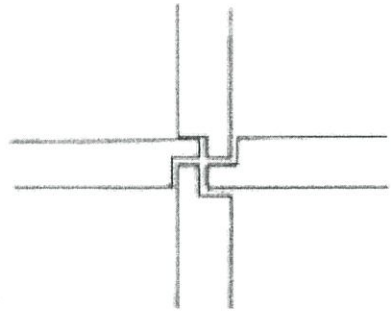
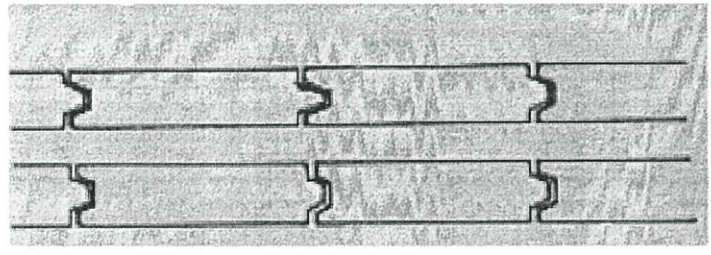
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 84 | ข้อใดในการพิจารณาในการเลือกใช้พื้นสำเร็จรูปในด้านโครงสร้างสำคัญที่สุด<br>ก. ราคา<br>**ข. ความสามารถในการรับน้ำหนักจร**<br>ค. ความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้ง<br>ง. ความสะดวกในการเดินและเจาะช่องไฟฟ้า | | | | |
| 85 | ข้อใดไม่ใช่วิธีการวางระบบพื้นบนคาน<br>**ก. วางบนกลางคาน**<br>ข. วางบนหลังคาน<br>ค. วางบนบ่าคาน<br>ง. เสียบเข้าไปในคาน | | | | |
| 86 | ข้อใดคือประโยชน์ของพื้นสำเร็จรูป<br>ก. เทคนิคของผู้ผลิต<br>ข. ความรวดเร็ว<br>ค. การติดตั้ง<br>ง. การขนส่งวัสดุ | | | | |
| 87 | ข้อใดคือประโยชน์ของพื้นสำเร็จรูป<br>ก. ค่าแรงคนงาน<br>ข. คาวัสดุและอุปกรณ์<br>ค. ความมั่นคงแข็งแรงและความสวยงาม<br>ง. ความสามารถของช่างผู้ชำนาญ | | | | |
| 88 | 3.2 ผนังเบา (Light Weight Wall)<br>ผนังเบาคือข้อใด<br>ก. ผนังที่ไม่ได้ออกแบบให้รับน้ำหนักของอาคารโดยตรง<br>ข. ผนังที่ออกแบบให้มีน้ำหนักเบา<br>ค. ผนังห้องน้ำ<br>ง. ผนังกั้นห้อง | | | | |

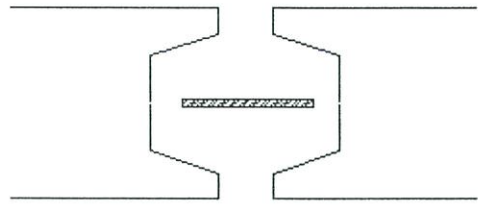
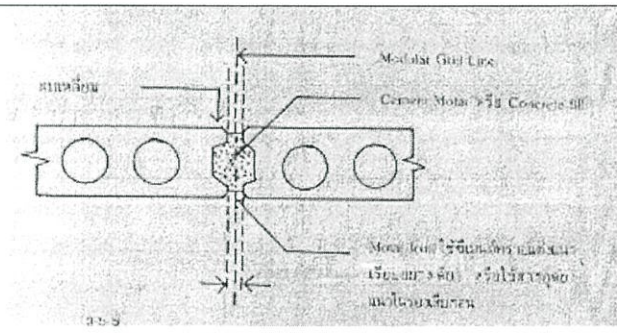
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 89 | ข้อใดคือวิธีประกอบยึดติดตั้งของผนังเบา<br>ก. ตอก เจาะ เชื่อม<br>ข. ตอก ประกับ เชื่อม<br>**ค. เจาะ ประกับ เชื่อม**<br>ง. เจาะ ตอก เชื่อม | | | | |
| 90 | ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของผนังเบา<br>ก. ปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงการใช้สอย<br>ข. ลักษณะงานเป็นแบบกึ่งถาวร<br>**ค. ลักษณะงานเป็นแบบชั่วคราว**<br>ง. ลดน้ำหนักของตัวอาคาร | | | | |
| 91 | ผนังเบาเหมาะกับอาคารสูงโดยเฉพาะส่วนใดของอาคาร<br>ก. ส่วนใต้ดิน<br>ข. ส่วนที่ติดกับพื้นดิน<br>ค. ส่วนกลางของอาคาร<br>**ง. ส่วนบนสุดของอาคาร** | | | | |
| 92 | ข้อใดไม่ใช่วัสดุที่ใช้ทำผนังเบา<br>**ก. วอลเปเปอร์**<br>ข. กระจก<br>ค. หินอ่อน<br>ง. อลูมิเนียม | | | | |
| 93 | *3.3 ระบบผนังแขวน (Curtain Wall)*<br>ผนังแขวน (Curtain Wall) หมายถึงอะไร<br>ก. ผนังภายนอกที่แขวงกับอาคารและไม่รับน้ำหนักของโครงสร้าง<br>**ข. ผนังภายนอกที่ห้อหุ้มอาคารและไม่รับน้ำหนักของโครงสร้าง**<br>ค. ผนังภายนอกที่ห้อหุ้มอาคารและรับน้ำหนักของโครงสร้าง<br>ง. ผนังภายนอกที่แขวงกับอาคารและรับน้ำหนักของโครงสร้าง | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 94 | ข้อใดคือข้อเสียของระบบผนังแขวน (Curtain Wall)<br>ก. การต้านแรงลม<br>**ข. การป้องกันความชื้น**<br>ค. การป้องกันเพลิงไหม้<br>ง. การให้แสงสว่างและทัศนียภาพ | | | | |
| 95 | ข้อใดคือข้อดีของระบบผนังแขวน (Curtain Wall)<br>ก. การต้านแรงลม<br>ข. การป้องกันความชื้น<br>ค. การป้องกันเพลิงไหม้<br>**ง. การให้แสงสว่างและทัศนียภาพ** | | | | |
| 96 | ข้อใดที่จำเป็นจะต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบผนังในการเลือกใช้<br>**ก. การต้านแรงลม**<br>ข. การป้องกันความชื้น<br>ค. การป้องกันเพลิงไหม้<br>ง. การให้แสงสว่างและทัศนียภาพ | | | | |
| 97 | *บทที่ 4 รอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้างระบบประสานทางพิกัด*<br>*4.1 ชนิดของรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต*<br>การออกแบบรอยต่อในโครงสร้างคอนกรีตเพื่อสิ่งใด<br>**ก. สามารถรับและถ่ายน้ำหนักได้**<br>ข. สามรถทนต่อความชื้นและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้<br>ค. คงทนแข็งแรงและสวยงาม<br>ง. เป็นงานสถาปัตยกรรมที่โดดเด่น | | | | |
| 98 | การออกแบบรอยต่อในโครงสร้างคอนกรีตเพื่อสิ่งใด<br>ก. สามารถลดการใช้พลังงานได้<br>ข. สามารถทนต่อสภาพมลภาวะ<br>ค. สามารถทำดูแลรักษาง่าย<br>**ง. ง่ายต่อการประกอบ** | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 99 |  <br>จากภาพเป็นรอยต่อแบบใด<br>**ก. รอยต่อของตารางพิกัด**<br>ข. รอยต่อแบบชน<br>ค. รอยต่อแบบเข้าปากกบ<br>ง. รอยต่อแบบปากคาบ | | | | |
| 100 | <br>จากภาพเป็นรอยต่อแบบใด<br>ก. รอยต่อของตารางพิกัด<br>**ข. รอยต่อแบบชน**<br>ค. รอยต่อแบบเข้าปากกบ<br>ง. รอยต่อแบบปากคาบ | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 101 | รอยต่อแบบปากกาบคือข้อใด<br>ก.  <br>ข.  <br>ค.  <br>ง.  | | | | |

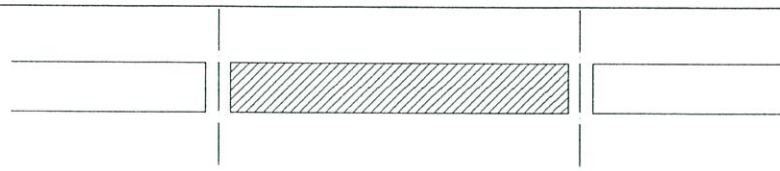
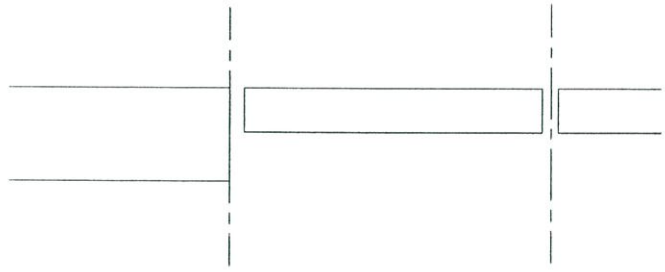
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 102 | รอยต่อแบบต่อเข้าลิ้นรางคือข้อใด<br>ก.  <br>ข.  <br>ค.  <br>ง.  | | | | |

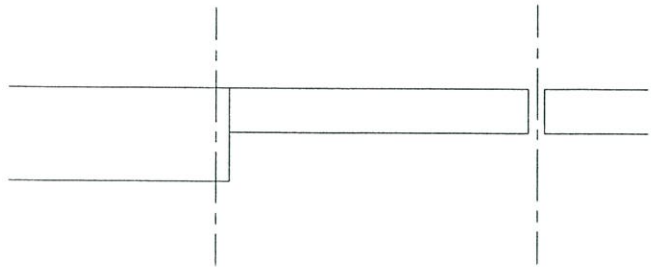
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 103 | *4.2 ประเภทของรอยต่อ*<br>  <br>จากภาพเป็นรอยต่อประเภทใด<br>**ก. รอยต่อแบบเปิด**<br>ข. รอยต่อแบบปิด<br>ค. รอยต่อแบบเข้าปากกบ<br>ง. รอยต่อแบบปากคาบ | | | | |
| 104 |  <br>จากภาพเป็นรอยต่อประเภทใด<br>ก. รอยต่อแบบเปิด<br>**ข. รอยต่อแบบปิด**<br>ค. รอยต่อแบบเข้าปากกบ<br>ง. รอยต่อแบบปากคาบ | | | | |
| 105 | ข้อเสียของรอยต่อแบบปิด (Closed Joint) คืออะไร<br>ก. การติดตั้งต้องใช้ความระมัดระวัง<br>ข. ขาดความคล่องตัวในการทำงาม<br>ค. ความชื้นสามารถเข้าสู่รอยต่อได้ง่าย<br>ง. งานต้องการช่างชำนาญเป็นพิเศษ | | | | |

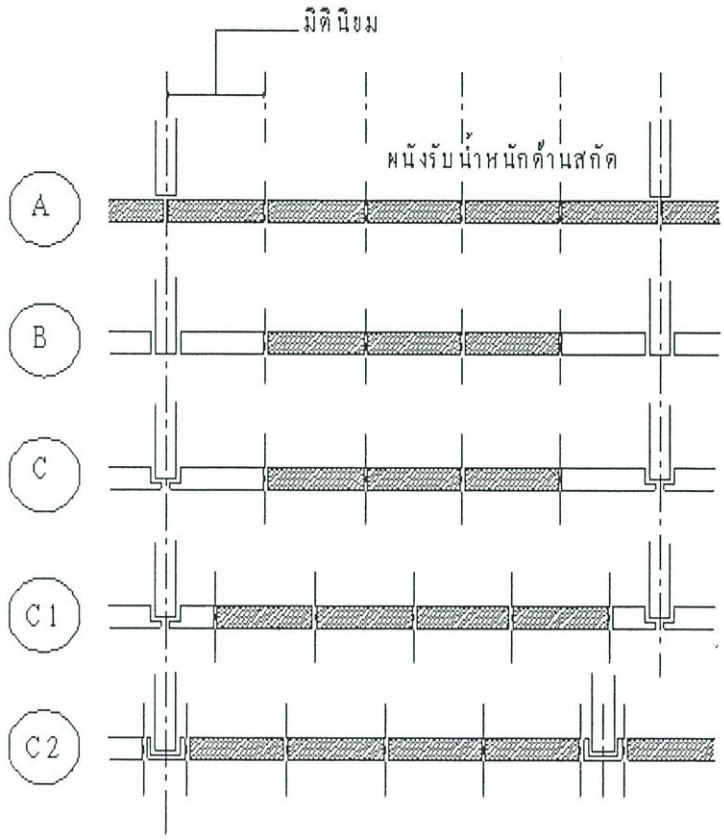
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 106 | ข้อดีของรอยต่อแบบปิด (Closed Joint) คืออะไร<br>**ก. สามารถประกอบเข้ากันได้สนิท**<br>ข. ความยืดหยุ่นสูง<br>ค. สามารถรับน้ำหนักวัสดุชิ้นใหญ่ได้<br>ง. ใช้ร่วมกับวัสดุอื่นได้ดี | | | | |
| 107 | ข้อดีรอยต่อแบบเปิด (Opened Or Drained Joint) คืออะไร<br>ก. สามารถประกอบเข้ากันได้สนิท<br>ข. ความยืดหยุ่นสูง<br>**ค. สามารถรับน้ำหนักวัสดุชิ้นใหญ่ได้**<br>ง. ใช้ร่วมกับวัสดุอื่นได้ดี | | | | |
| 108 | 4.3 หน้าที่ของรอยต่อระหว่างส่วนประกอบโครงสร้างคอนกรีต<br>ข้อใดไม่ใช่วัตถุประสงค์ของการออกแบบและการผลิตชิ้นส่วนจำเป็นต้องเว้นเป็นรอยต่อระหว่างชิ้นส่วน<br>**ก. เพื่อความสวยงาม**<br>ข. เพื่อความสะดวก<br>ค. เพื่อความยืดหยุ่น<br>ง. เพื่อความแข็งแรง | | | | |
| 109 | ข้อใดไม่ใช่วัตถุประสงค์ของการออกแบบและการผลิตชิ้นส่วนจำเป็นต้องเว้นเป็นรอยต่อระหว่างชิ้นส่วน<br>ก. เพื่อการขนส่ง<br>ข. เพื่อทนทานต่อสภาพแวดล้อม<br>**ค. เพื่อความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้**<br>ง. เพื่อความคงทนถาวร | | | | |
| 110 | 4.4 รอยต่อของอาคารระหว่างโครงสร้างคอนกรีต<br>ข้อใดไม่ใช่มิติที่ใช้ในการออกแบบรอยต่อของอาคารระหว่างโครงสร้างคอนกรีต<br>**ก. มิติความเบี่ยงเบน**<br>ข. มิติความคลาดเคลื่อน<br>ค. มิติมูลฐาน<br>ง. มิติที่ยอมให้ได้การควบคุม | | | | |

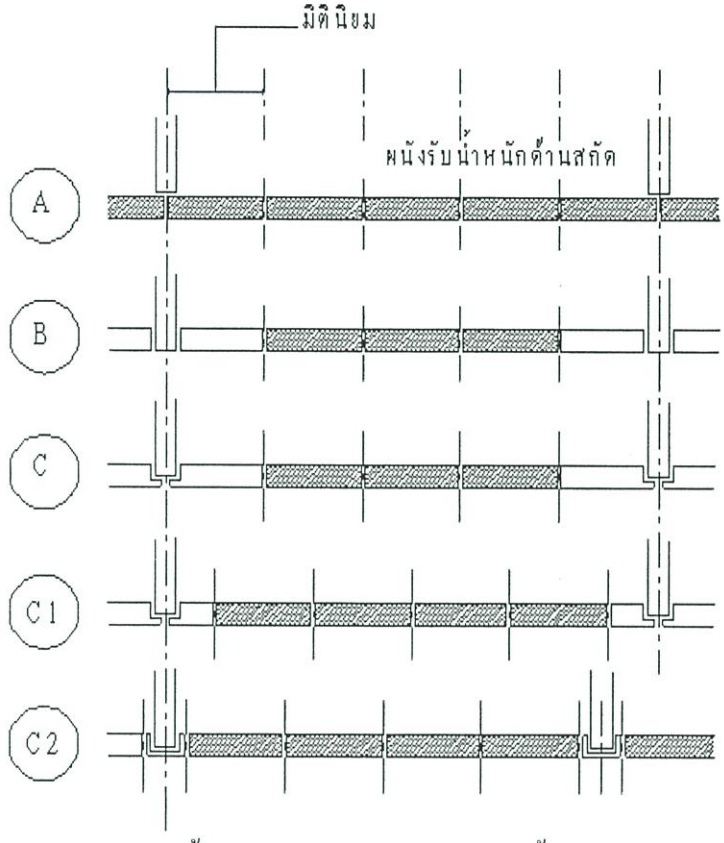
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 111 | ในการเลือกส่วนประกอบโครงสร้างที่เป็นคอนกรีตหรือคอนกรีตเสริมพิจารณาจากข้อใด<br>ก. ความคงทนถาวร<br>**ข. วัสดุภายในประเทศ**<br>ค. สะดวกในการใช้งาน<br>ง. มีเทคนิคไม่ซับซ้อน | | | | |
| 112 | รอยต่อของอาคารระหว่างโครงสร้างคอนกรีตทำเพื่ออะไร<br>**ก. ทนต่อสภาวะอากาศ**<br>ข. ความสวยงามและประณีต<br>ค. สามารถเข้ากับโครงสร้างได้ดี<br>ง. สามารถดูแลรักษาอาคารได้ | | | | |
| 113 | บทที่ 5 *วิธีการออกแบบระบบประสานทางพิกัด(Modular Design Practice)*<br>*5.1 ความหมายของการออกแบบระบบประสานทางพิกัด*<br>การออกแบบระบบประสานทางพิกัดคืออะไร<br>ก. การควบคุมการผลิต<br>ข. การเลือกระยะควบคุม<br>ค. การเลือกวัสดุ<br>ง. การควบคุมการติดตั้ง | | | | |
| 114 | ข้อใดไม่ใช้ข้อพิจารณาการออกแบบระบบประสานทางพิกัด<br>ก. ขนาดเนื้อที่ใช้สอยของอาคาร<br>ข. ขนาดโครงสร้างของอาคาร<br>ค. ขนาดของส่วนประกอบของอาคาร และอุปกรณ์สำเร็จรูป<br>ง. ขนาดรอยต่อของอาคาร | | | | |
| 115 | มาตรฐานยุโรป 3M มีขนาดเท่าข้อใด<br>ก. 0.30 เมตร<br>ข. 300 เซนติเมตร<br>ค. 300 มิลลิเมตร<br>ง. 30 เมตร | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 116 | ใดไม่ใช้วัสดุที่ใช้ในระบบประสานทางพิกัด<br>ก. คอนกรีตเสริมแรง<br>ข. คอนกรีตบล็อก<br>ค. หิน<br>**ง. ศิลาแลง** | | | | |
| 117 | ใดไม่ใช้วัสดุที่ใช้ในระบบประสานทางพิกัด<br>ก. ไม้<br>ข. เหล็ก<br>ค. อลูมิเนียม<br>**ง. อันลอยต์** | | | | |
| 118 | *5.2 การออกแบบส่วนประกอบพิกัด*<br>การกำหนดรายละเอียดของส่วนประกอบพิกัดขึ้นอยู่กับข้อใด<br>**ก. ระบบโครงสร้างของอาคาร**<br>ข. สามารถปรับเปลี่ยนดัดแปลงได้ง่าย<br>ค. ความสูงของวัสดุที่นำมาประกอบ<br>ง. ประเภทของโครงสร้างของอาคาร | | | | |
| 119 | การกำหนดรายละเอียดของส่วนประกอบพิกัดขึ้นอยู่กับข้อใด<br>**ก. ประเภทของสิ่งปลูกสร้าง**<br>ข. สัดส่วนของอาคาร<br>ค. น้ำหนักของโครงสร้างอาคาร<br>ง. การปรับเปลี่ยนแบบกึ่งถาวร | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 120 |  <br>รอยต่อจากภาพเป็นรอยต่อด้วยวิธีใด<br>**ก. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ**<br>ข. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งของรอยต่อ<br>ค. ส่วนประกอบที่ต่อ โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งหนึ่งของรอยต่อ<br>ง. ส่วนประกอบที่ต่อกันโดยไม่มีช่องว่าง | | | | |
| 121 |  <br>รอยต่อจากภาพเป็นรอยต่อด้วยวิธีใด<br>ก. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ<br>ข. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งของรอยต่อ<br>ค. ส่วนประกอบที่ต่อ โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งหนึ่งของรอยต่อ<br>ง. ส่วนประกอบที่ต่อกันโดยไม่มีช่องว่าง | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 122 |  <br>รอยต่อจากภาพเป็นรอยต่อด้วยวิธีใด<br>ก. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ<br>ข. ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งของรอยต่อ<br>ค. ส่วนประกอบที่ต่อ โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งหนึ่งของรอยต่อ<br>**ง. ส่วนประกอบที่ต่อกันโดยไม่มีช่องว่าง** | | | | |

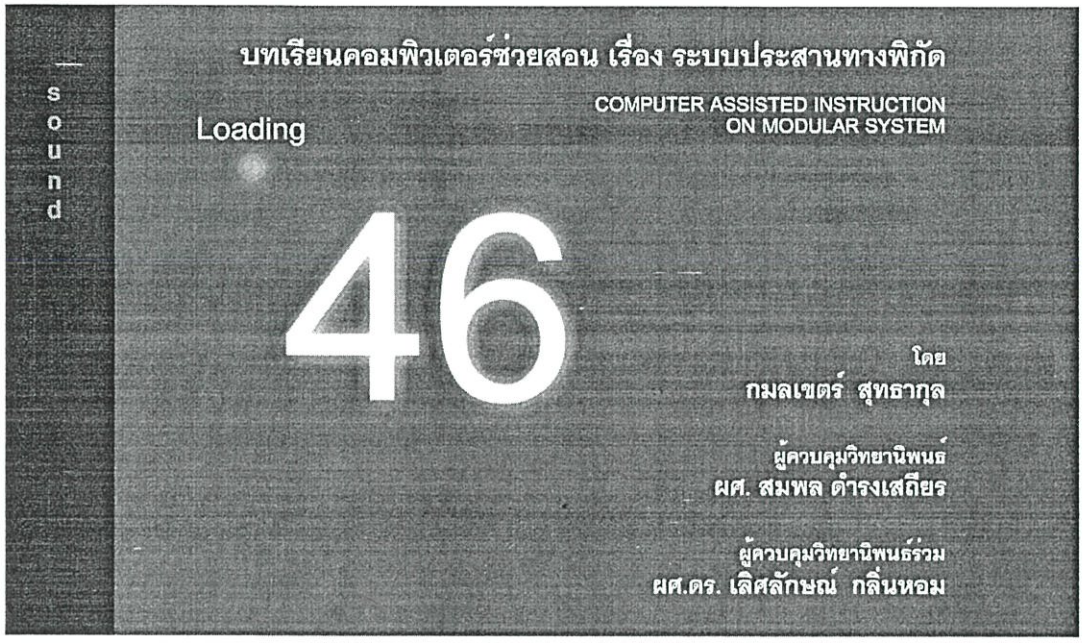
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 123 |  <br>จากภาพข้อความนี้ “ผนังหน้าอยู่ในแนวนอกของผนังรับน้ำหนักอาจจะกำหนดมิติที่เหมาะสมได้ทั้งสองทาง” หมายถึงผนังในตำแหน่งใด<br>**ก. A**<br>ข. B<br>ค. C 1<br>ง. C 2 | | | | |

| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 124 |  <br>จากภาพข้อความนี้ “ผนังหน้าอยู่ระหว่างผนังรับน้ำหนัก จะมีรอยต่อระหว่างผนังหน้ากับผนังรับน้ำหนัก และพื้น” หมายถึงผนังในตำแหน่งใด<br>ก. A<br>**ข. B**<br>ค. C 1<br>ง. C 2 | | | | |

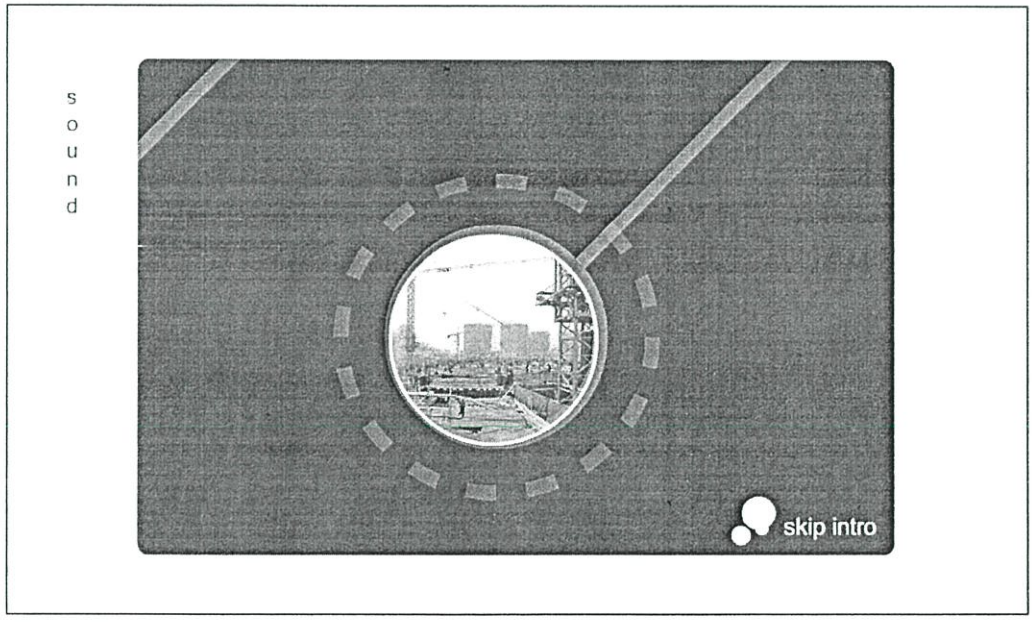
| ข้อที่ | แบบทดสอบ | ระดับค่าความสอดคล้อง | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 | 0 | 1 | หมายเหตุ |
| 125 | *5.3 การนำระบบประสานทางพิกัดมาใช้*<br>ระบบประสานทางพิกัดใช้แก้ปัญหาในด้านใด<br>**ก. ความรวดเร็วและงบประมาณประหยัด**<br>ข. ความรวดเร็วและความสะดวกในการปรับเปลี่ยน<br>ค. ความคงทนถาวรและงบประมาณประหยัด<br>ง. ความคงทนถาวรและความสะดวกในการปรับเปลี่ยน | | | | |
| 126 | วิธีการแก้ปัญหาในการนำระบบประสานทางพิกัดไปใช้คือข้อใด<br>ก. การใช้วัสดุและงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพ<br>ข. การออกแบบที่เหมาะสม<br>ค. การมีหลักการที่แน่นอนและชัดเจน<br>**ง. การร่วมมือในการวางแผนในทุก ๆ ด้าน** | | | | |
| 127 | ปัญหาการนำระบบประสานทางพิกัดไปใช้ข้อใดแก้ไขได้ยากที่สุด<br>ก. การทำความเข้าใจในหลักการ<br>ข. การทำงานตามลำดับขั้นตอน<br>**ค. การควบคุมมิติ**<br>ง. การแก้ไขปัญหาระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | | | | |
| 128 | ข้อใดคือปัญหาที่เกิดขึ้นทางด้านวิชาการ<br>**ก. การประสานของส่วนประกอบ**<br>ข. การเข้าใจในลำดับขั้นตอน<br>ค. การใช้วัสดุมีคุณภาพ<br>ง. การควบคุมความคลาดเคลื่อนและมาตรฐาน | | | | |
| 129 | ข้อใดคือในการนำไปใช้ในการออกแบบ การผลิต และการนำไปติดตั้ง<br>ก. การประสานของส่วนประกอบ<br>ข. การเข้าใจในลำดับขั้นตอน<br>ค. การใช้วัสดุมีคุณภาพ<br>**ง. การควบคุมความคลาดเคลื่อนและมาตรฐาน** | | | | |

ภาคผนวก จ

# ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบประสานทางพิกัด




**ภาพที่ จ.1** แสดงภาพหน้าแรกของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด




**ภาพที่ จ.2** แสดงภาพหน้าที่ 2 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด

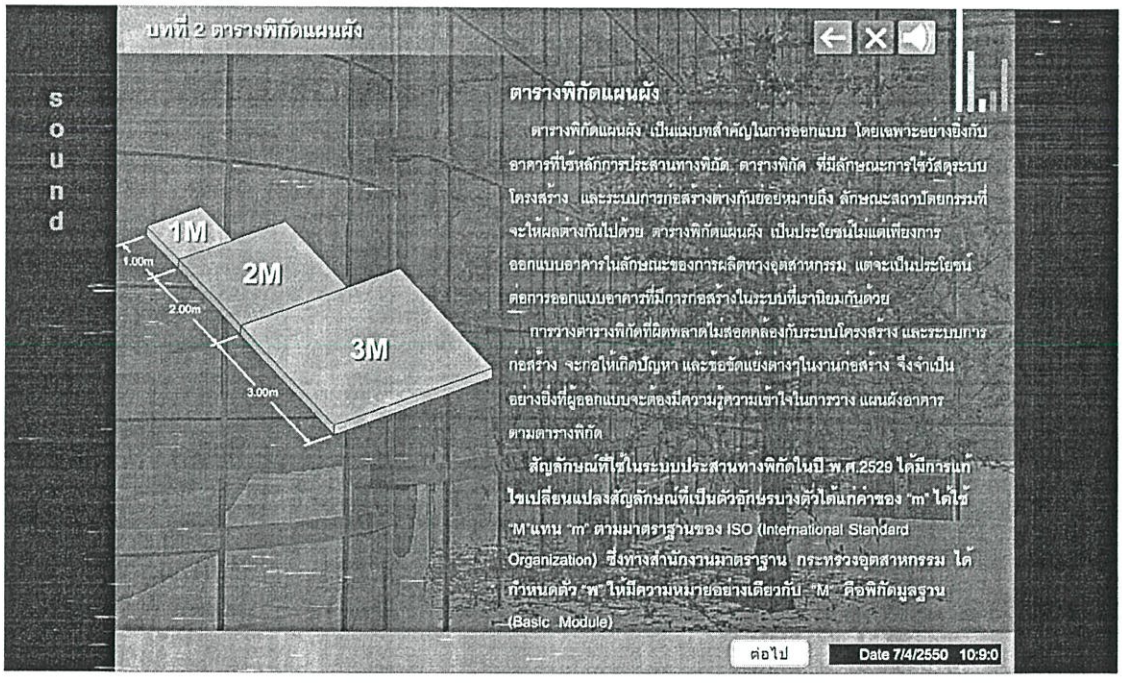
ภาพที่ จ.3 แสดงภาพหน้าลงทะเบียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด

ภาพที่ จ.4 แสดงภาพวิธีลงทะเบียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด

ภาพที่ จ.5 แสดงภาพหน้ายินดีต้อนรับเข้าสู่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด

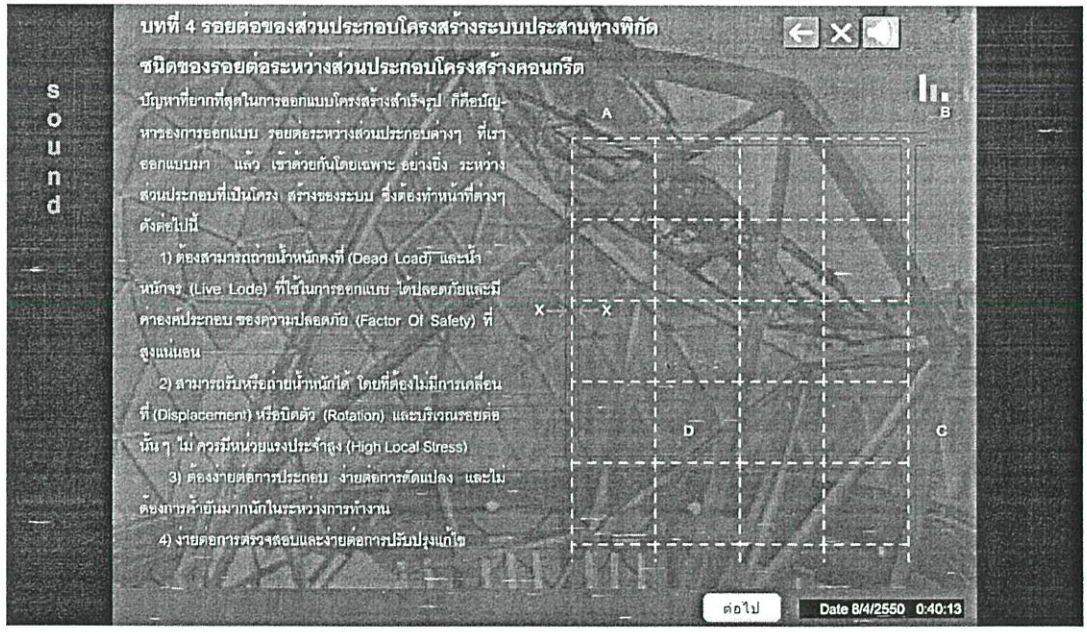
**ภาพที่ จ.6** แสดงภาพหน้าเมนูหลักของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด

**ภาพที่ จ.7** แสดงภาพหน้าบทเรียนที่ 1 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด

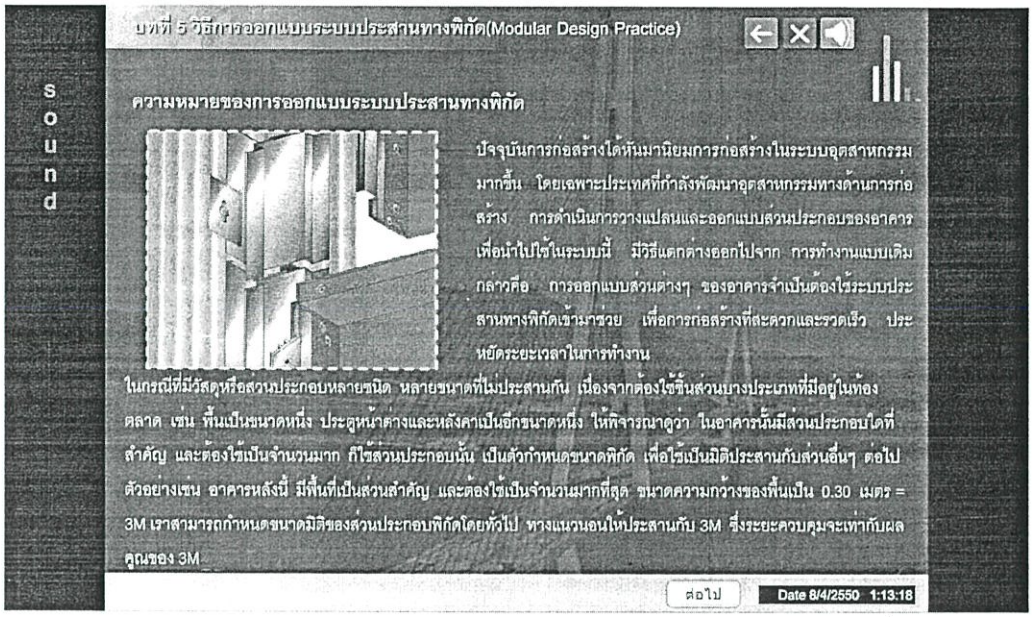



**ภาพที่ จ.8** แสดงภาพหน้าบทเรียนที่2 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด

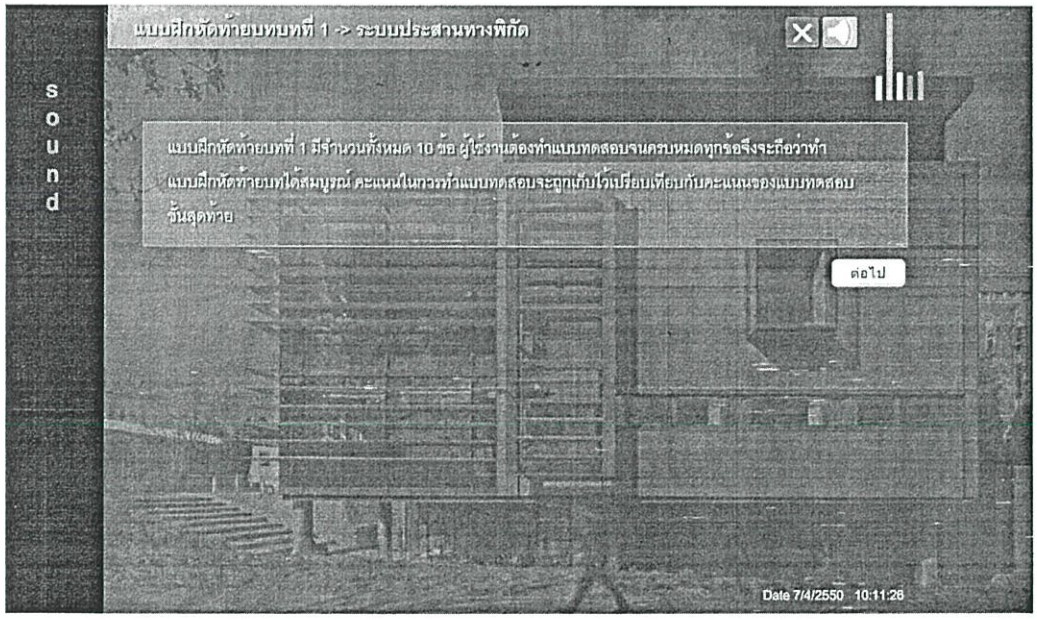
ภาพที่ จ.9 แสดงภาพหน้าบทเรียนที่3 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด



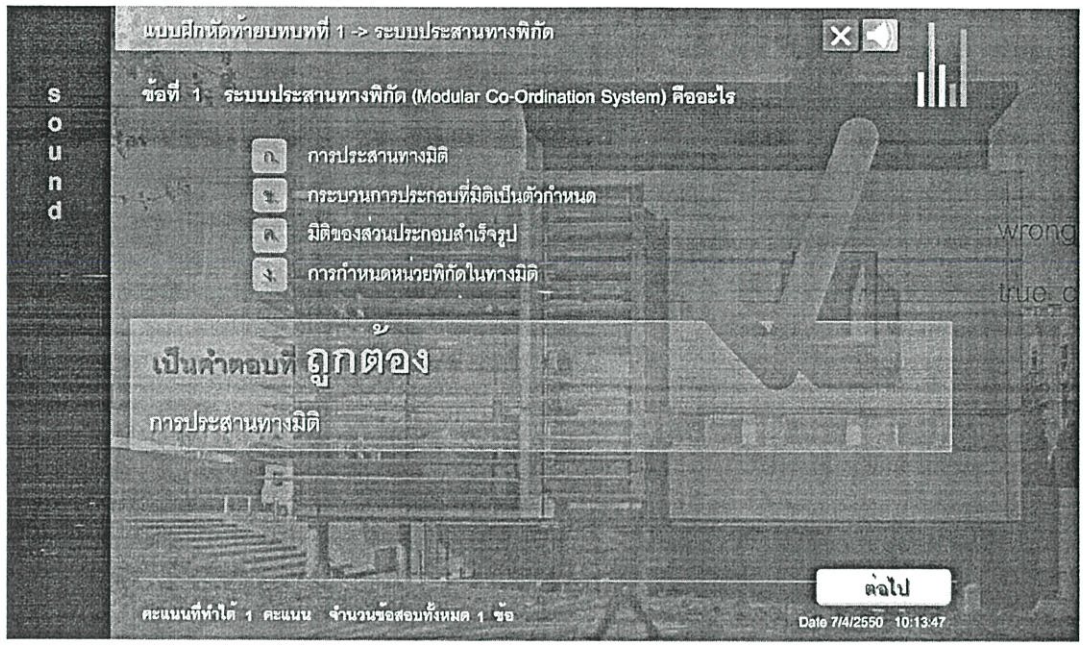

ภาพที่ จ.10 แสดงภาพหน้าบทเรียนที่4 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด



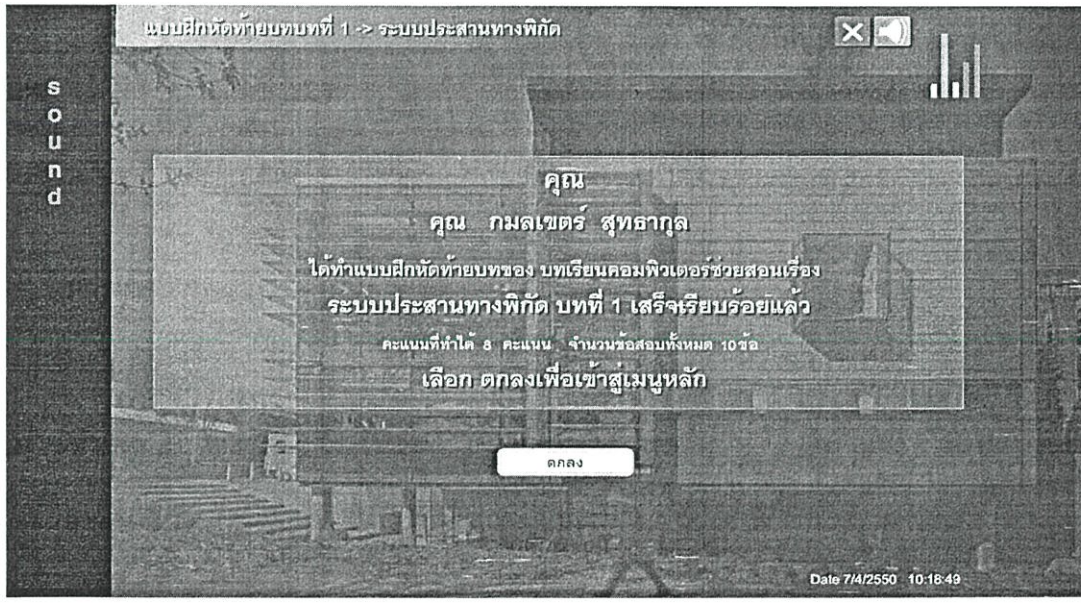

**ภาพที่ จ.11** แสดงภาพหน้าบทเรียนที่5 ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด



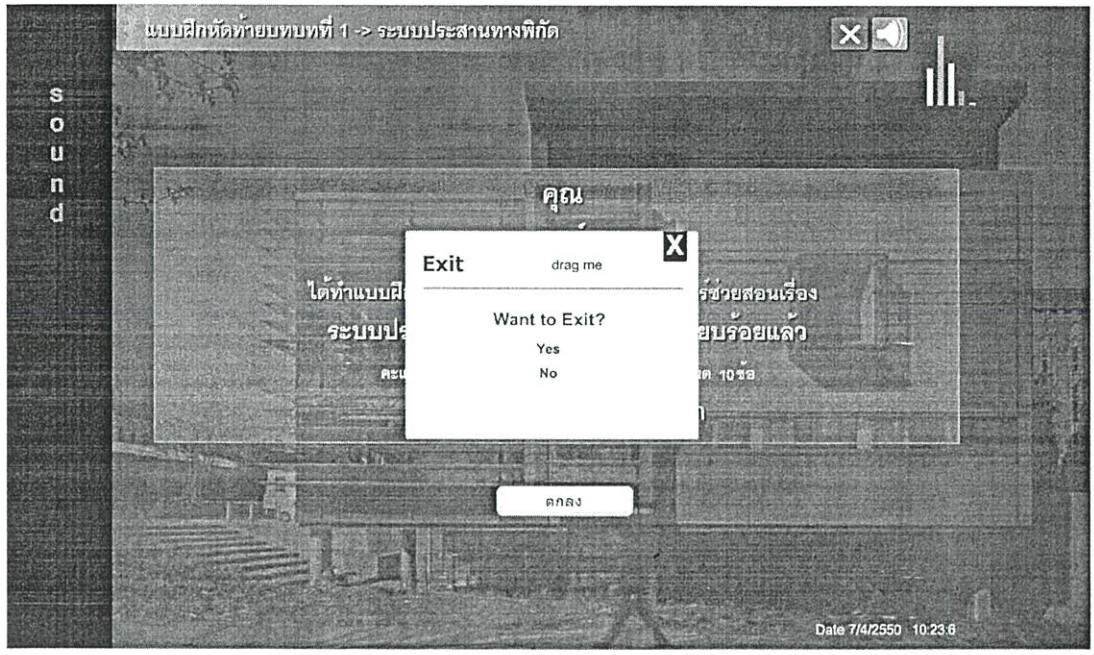

**ภาพที่ จ.12** แสดงภาพหน้าแบบทดสอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด




ภาพที่ จ.13 แสดงภาพแบบทดสอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบประสานทางพิกัด เมื่อตอบถูก



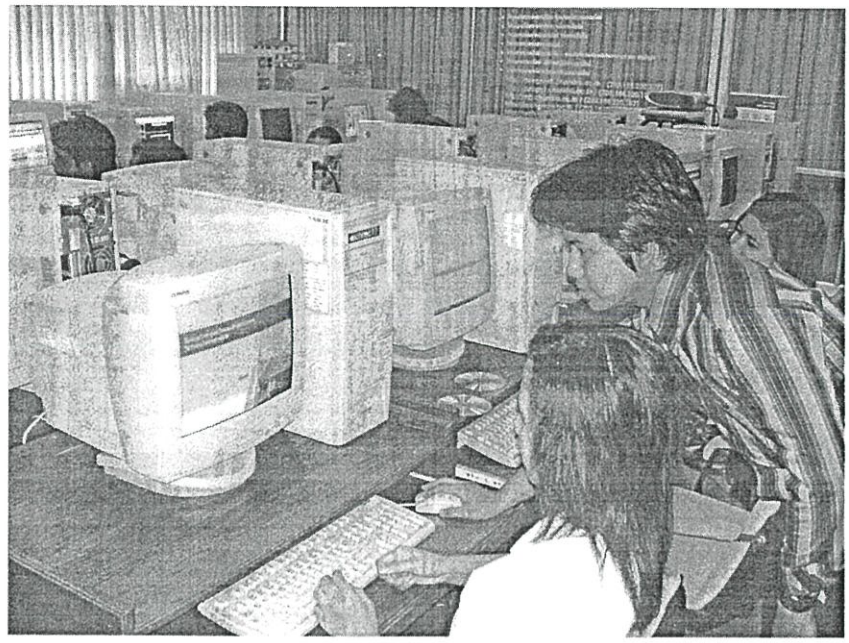

ภาพที่ จ.14 แสดงภาพผลการทดสอบแบบทดสอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด




**ภาพที่ จ.15** แสดงภาพออกจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด

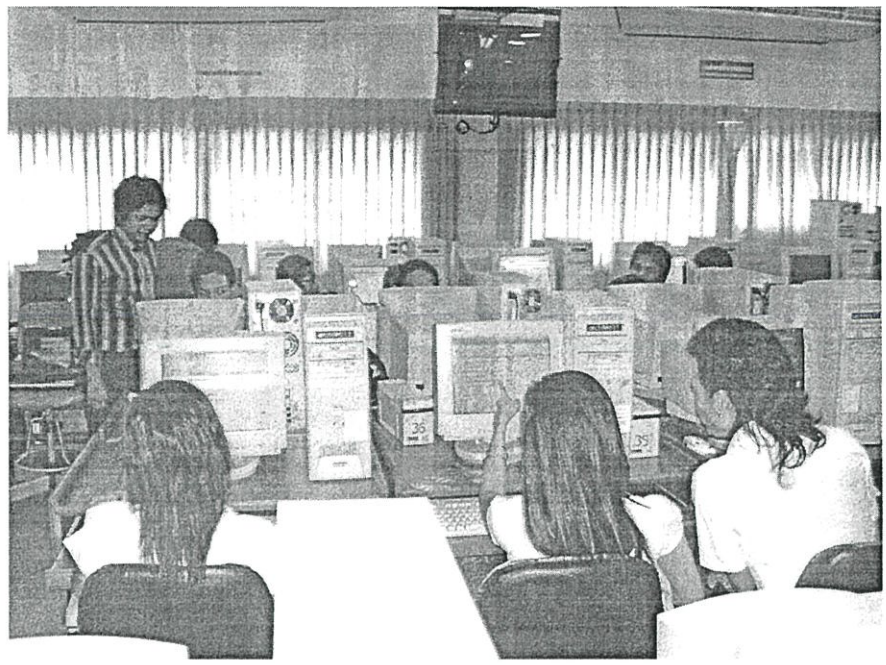
# ภาคผนวก ฉ

# ภาพการทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

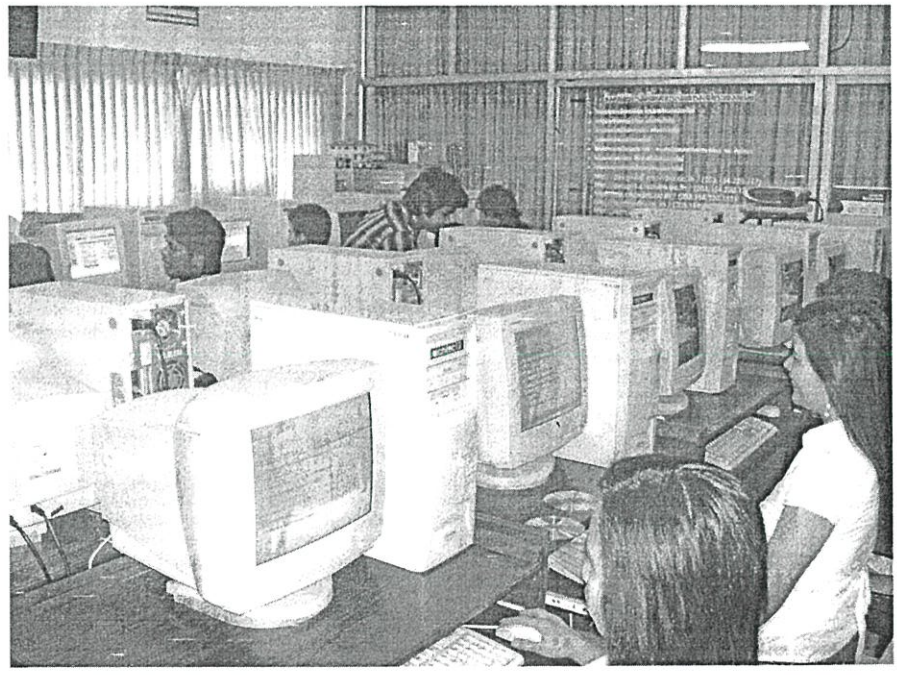


**ภาพที่ ฉ.1** แสดงภาพผู้เรียนกำลังทำการลงทะเบียนเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด

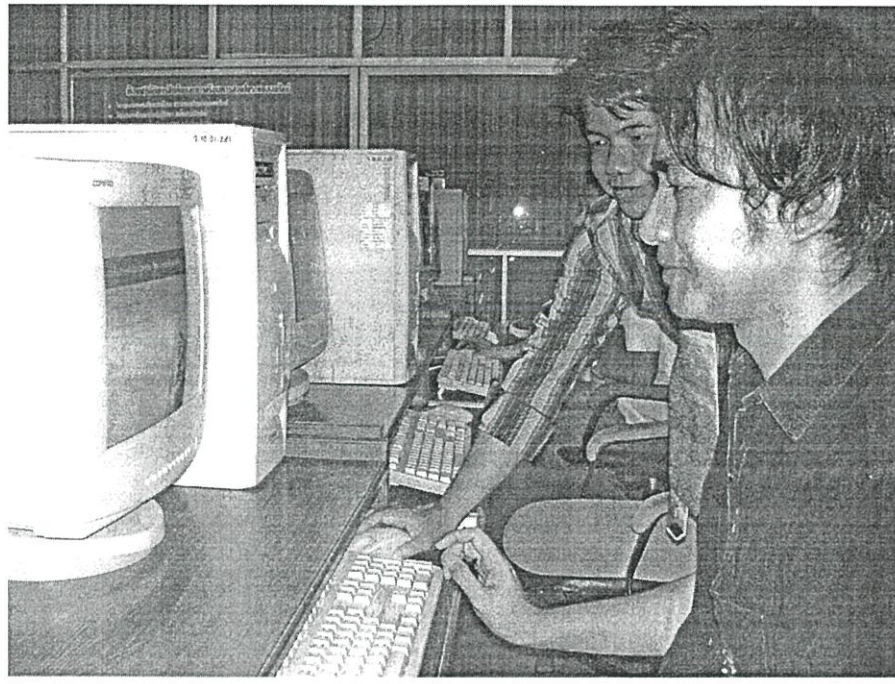
**ภาพที่ ฉ.2** แสดงภาพผู้วิจัยทำการสาธิตการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด แก่ผู้เรียน



**ภาพที่ ฉ.3** แสดงภาพการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง



**ภาพที่ ฉ.4** แสดงภาพกลุ่มตัวอย่างทำการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัด



**ภาพที่ ฉ.5** แสดงภาพผู้วิจัยทำการอธิบายการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบประสานทางพิกัดแก่ผู้เรียน

# ประวัติผู้เขียน

## ประวัติส่วนตัว


| | |
|---|---|
| เกิด | เมื่อวันที่ 4 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2523 |
| ภูมิลำเนา | บ้านเลขที่ 5/1 หมู่ที่ 5 ตำบลบ้านเก่า อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี 20160 |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | บ้านเลขที่ 5/1 หมู่ที่ 5 ตำบลบ้านเก่า อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี 20160 |
| โทรศัพท์ | 083-605-2542 (มือถือ) |
| E-MAIL | KHET_9@HOTMAIL.COM |


## ประวัติการศึกษา

| | |
|---|---|
| ระดับอนุบาลศึกษา | โรงเรียนเพลินจิตวิทยา |
| ระดับประถมศึกษา | โรงเรียนเพลินจิตวิทยา |
| ระดับมัธยมศึกษา | โรงเรียนเมรี่อิมมาคุเลตคอนแวนต์ |
| ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ | วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี กรมอาชีวะ<br>สาขาวิชาช่างก่อสร้าง<br>คณะช่างอุตสาหกรรม |
| ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง | วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี กรมอาชีวะ<br>สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม<br>คณะช่างอุตสาหกรรม |
| ระดับปริญญาตรี | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร<br>สาขาช่างอุตสาหกรรม<br>แขนงวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม |
| ระดับปริญญาโท (พ.ศ.2550) | หลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม<br>คณะบัณฑิตวิทยาลัย<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร<br>ลาดกระบัง |